



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و هفتم، بهار ۱۴۰۰

صص ۲۱-۳۹

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67235.0>

مقاله پژوهشی

کارایی مدل ویکور در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام

فتح‌الله نادری^۱ - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

بهروز ناصری - استادیار گروه منابع طبیعی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

نعمت اله بسطامی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۲

چکیده

پدیده زمین‌لغزش یکی از مخاطرات طبیعی است که همواره با خسارات مالی و جانی همراه است. شناخت عوامل ایجاد و گونه‌های مختلف آن برای ما از اهمیت بالایی برخوردار است. شناسایی و تعیین مناطق حساس و مستعد زمین‌لغزش می‌تواند ضمن جلوگیری از بروز خسارت‌ها، زمینه را برای اجرای طرح‌های پایدارسازی دامنه‌ها فراهم آورد. در پژوهش حاضر ارزیابی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه ویکور انجام شده است. بر این اساس، از بین عوامل مختلف تعداد ۸ پارامتر زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه، تشخیص داده شدند، سپس ضریب اهمیت هرکدام از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، با روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها به دست آمد که معیارهای زمین‌شناسی، شیب و بارش بیشترین ضریب اهمیت را کسب کردند. سپس بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی ویکور، درجه سودمندی و پشیمانی انتخاب گزینه‌های برتر (زیر حوضه‌ها)، مشخص و در پایان با محاسبه میزان شاخص بهینه ویکور (Q)، زیر حوضه‌ها برحسب درجه حساسیت پذیری به زمین‌لغزش در سه کلاس کیفی حساسیت‌پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد زیر حوضه‌های بان سوهان، پلکانه و حاجی بختیار بیشترین حساسیت پذیری و زیرحوضه های چگان، داره میرناصر و چگاه دارای کمترین حساسیت‌پذیری به وقوع زمین‌لغزش هستند. از انطباق

نقشه‌های پهنه‌بندی و زمین‌لغزش‌های منطقه می‌توان به صحت نقشه حاصل پی برد و همچنین مشخص شد که مدل ویکور مورد استفاده در این پژوهش روش کاملاً مناسبی جهت پهنه‌بندی خطر احتمال وقوع زمین‌لغزش در حوضه مورد مطالعه است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، تصمیم‌گیری چند شاخصه، ویکور، سد گلال، ایلام.

۱- مقدمه

بلایای طبیعی به‌عنوان بزرگ‌ترین دشمن انسان باعث کشته و مجروح شدن سالانه صدها هزار نفر و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در سراسر جهان می‌شود. کشور ایران یکی از ۱۰ کشور در معرض تهدید مخاطرات طبیعی، تقریباً همه‌ساله شاهد وقوع انواع مخاطرات ناشی از وقوع زمین‌لغزش‌ها است (فیض‌نیا و احمدی، ۱۳۸۰). از این رهگذر زمین‌لغزش یکی از معضلات جهانی پیش روی انسان دارای اهمیت خاص است که با توجه به اینکه زمین‌لغزش‌ها نسبت به سایر بلایای طبیعی مدیریت پذیرتر هستند؛ لذا شناخت این پدیده در راستای جلوگیری از خسارات ناشی از آن از اهمیت زیادی برخوردار است. کشور ایران نیز به دلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی و فقدان مدیریت جامع محیطی و عدم رعایت آستانه‌های محیطی به‌عنوان یک کشور پرخطر به‌شمار می‌آید و هر ساله این پدیده زمین‌لغزش در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور خسارات و صدمات قابل‌توجهی به بار می‌آورد. عوامل طبیعی به وجود آورنده زمین‌لغزش‌ها شامل وجود یک شیب کافی برای لغزش، قرار داشتن یک قشر کم نفوذ در عمقی از خاک، وجود آب کافی برای اشباع قسمتی از خاک که بلافاصله روی قشر کم قرار دارد. همچنین عوامل انسانی شامل کارهایی که انسان‌ها از روی بی‌احتیاطی انجام می‌دهند. شناسایی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش باعث می‌شود با اطمینان بالاتری به نتایج، برای پیشگیری یا بهبود شرایط، اقدامات لازم انجام شود. اهمیت این نقشه‌ها در مراحل، برنامه‌ریزی، فعالیت‌های عمرانی، حفاظت خاک و... باعث شده است تا گروه زیادی از محققین، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را مورد توجه قرار دهند. با استفاده از نتایج چنین تحقیقاتی می‌توان نقشه‌های خطر زمین‌لغزش را رسم کرده و از آن‌ها در بررسی و مطالعه راه‌های پیشگیری و کنترل زمین‌لغزش استفاده کرد.

تاکنون تحقیقات محدود و انگشت‌شماری در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با مدل ویکور در داخل و خارج کشور انجام گرفته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان مطالعات زیر را برشمرد. سپهر و همکاران (۱۳۹۲)، نقشه حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور تهیه کردند که نتایج این تحقیق داد که زیر حوضه‌های گلمکان، اسجیل و اندرزی بیشترین حساسیت‌پذیری و زیر حوضه‌های خیرآباد، اقبال و چایش دارای کمترین حساسیت‌پذیری به وقوع زمین‌لغزش هستند. سوری و همکاران (۱۳۹۲) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در حوضه کسمت خرم‌آباد را انجام دادند. نتایج

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که بیش از ۵۷ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت. نوجوان و حیاتی (۱۳۹۲) در تحقیقی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز سیاه خور اسلام‌آباد غرب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را انجام دادند. تحلیل نتایج تحلیل سلسله مراتبی در این حوزه نشان می‌دهد فاکتورهای زمین‌شناسی، کاربری اراضی و بارش مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش به شمار می‌روند. میرنظری و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سرپل ذهاب (استان کرمانشاه) انجام دادند. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل فازی گامای ۰/۷ از دقت بیشتری نسبت به مدل AHP در تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز مورد مطالعه برخوردار است. کریمی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی مدل‌های مختلف برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز زنگوان ایلام را مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. بعد از تهیه عوامل مؤثر در زمین‌لغزش در محیط GIS با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، موقعیت دقیق زمین‌لغزش‌ها تعیین کردند و سپس پهنه‌بندی با چهار روش ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح، تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها و روش پیشنهادی گوپتا و جوشی انجام گرفت. نهایتاً به منظور بررسی و انتخاب مناسب‌ترین مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از شاخص زمین‌لغزش استفاده شد. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۴) پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از مدل ویکور را انجام دادند طبق نتایج به دست آمده، عوامل شیب، ارتفاع و فاصله از شبکه آبراهه، بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در حوضه آق لاقان چای دارند. مددی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبخیز آق لاقان چای مورد ارزیابی و پهنه‌بندی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از مجموعه‌های فازی و روش ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعه زمین‌لغزش حوضه آق لاقان چای برخوردار است. علوی و همکاران (۱۳۹۴) پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور در شهرستان تالش را انجام دادند که نتایج تحقیق نشان داد که از بین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مدل ویکور مناسب‌ترین تکنیک در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش است. مددی و همکاران (۱۳۹۴)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش با استفاده از مدل VIKOR در حوضه آبخیز آق لاقان چای را انجام دادند که نتایج مطالعه نشان می‌دهد که حوضه آق لاقان چای دارای توان بسیار بالا از لحاظ رخداد حرکات ریزشی است. حجازی و همکاران (۱۳۹۸)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبریز حاجیلرچای را انجام دادند. نتایج پژوهش نشان دهنده این است که در حدود ۲۰/۲۲ درصد از مساحت حوضه حاجیلرچای، احتمال وقوع زمین‌لغزش خیلی زیاد بوده است. انتظاری و همکاران (۱۳۹۵)، در ارزیابی خطر ریسک زمین‌لغزش حوضه طالقان رود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی ویکور، به این نتیجه رسیدند که با

توجه به نقشه حساسیت پذیری زیر حوضه‌های طالقان رود بیش از ۶۰ درصد از مساحت حوضه را زیر حوضه‌هایی با شرایط حساسیت پذیری بالا و متوسط نسبت به وقوع زمین‌لغزش احاطه کرده است. بنی حبیب و چیت‌ساز (۱۳۹۵)، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب را اجرا کردند که نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان پارامتر ویکور، حساسیت مدل نسبت به تغییر پارامتر ویکور افزایش یافته است. عابدینی و همکاران (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین‌شهر با استفاده از مدل ویکور را انجام دادند. نتایج مطالعه نشان داد، عوامل ارتفاع، لیتولوژی، بارش و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند. زنگنه شهرکی و همکاران (۱۳۹۶)، در تحقیقی ارزیابی و تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور را انجام دادند. شریفی کیا و همکاران (۱۳۹۷)، طبقه‌بندی زیرحوضه های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS, SAW و VIKOR را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان داد مدل VIKOR با دقت بیشتری نسبت به مدل‌های دیگر به اولویت‌بندی و طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها پرداخته است. امیری و همکاران (۱۳۹۷)، در تحقیقی اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR انجام دادند. خدادادی و همکاران (۱۳۹۸)، تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک (لغزش و سیل) استان البرز با استفاده از مدل‌های VIKOR-AHP و FR انجام دادند. طبق نتایج نهایی حاصل از نقشه‌های پهنه‌بندی هر یک از مخاطرات، ۳۳/۰۹ درصد سطح استان در پهنه با خطر زیاد زمین‌لغزش و ۲۱/۲۱ درصد از سطح استان در پهنه خطر متوسط سیل قرار دارند که شناسایی و پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل خطر وقوع این‌گونه مخاطرات اهمیت بسیاری دارد. کماک^۱ (۲۰۰۶) در تحقیقی مدل‌سازی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و چند متغیره در پیرلپین اسلوونی انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد شیب، سنگ‌شناسی، زبری زمین و نوع پوشش نقش مهمی در حساسیت به رانش زمین دارد. یلسین^۲ (۲۰۰۸) پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و آمارهای دو متغیره مبتنی بر GIS در آردسن (ترکیه) را انجام داد. در این مطالعه از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، شاخص آماری (Wi) و روش ضریب وزن (Wf) برای تهیه نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش استفاده شده است. نتایج نشان داد که روش AHP تصویری واقع‌بینانه‌تر از توزیع واقعی حساسیت به لغزش زمین نسبت به روش‌های Wi و Wf ارائه می‌دهد. هوانگ^۳ و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل اصلاح شده VIKOR برای تصمیم‌گیری با چند معیار با دیدگاه نظریه پشیمانی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند از نتایج مثال‌ها می‌توان نتیجه گرفت که مدل پیشنهادی برای مقابله با مشکلات واقع بینانه MCDM نسبت به مدل‌های VIKOR و پشیمانی

1 Komac

2 Yalcin

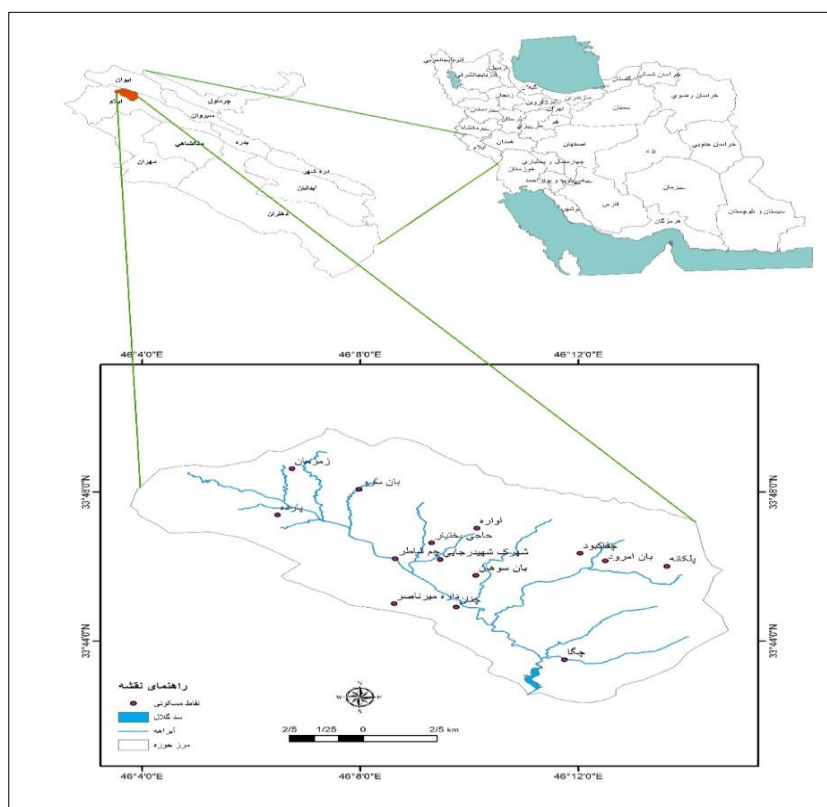
3 Huang

مناسب‌تر است. دمیر^۱ و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی پهنه‌بندی حساسیت به لغزش با نسبت احتمال فرکانس و روش تحلیل سلسله مراتبی در قسمت شرقی منطقه گسل آناتولی شمالی (ترکیه) را انجام دادند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از داده‌های مکانی زمین لغزش تأیید و با مدل احتمال مقایسه گردید. خان لین^۲ و همکاران (۲۰۱۸) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه لیویی^۳ ویتنام با استفاده از ارزیابی چند معیاره مبتنی بر GIS. این مطالعه به منظور تعیین وزن عوامل مؤثر بر زمین لغزش از طریق الگوریتم فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) انجام شد. ون فان^۴ و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی حساسیت زمین لغزش با استفاده از ضریب اطمینان و روش تحلیل سلسله مراتبی را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که فاصله از رودخانه، فاصله از گسل و سنگ‌شناسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در زمین لغزش هستند. ال بچاری^۵ و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از آنالیز GIS در منطقه ساحلی صفی (مراکش) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که پارامترهای شیب، ساختار زمین‌شناسی و شکستگی از همبستگی قوی برخوردار است و ۷۵٪ از ناپایداری‌های موجود را شامل می‌شود. استان ایلام به دلیل خصوصیات زمین‌شناسی نظیر لیتولوژی، تکنونیک، لرزه‌خیزی و شرایط آب و هوایی از جمله مناطق دارای پتانسیل زمین لغزش در کشور است. به‌طور مثال تناوب لایه‌های سخت آهکی و لایه‌های سست مازنی-شیلی در یال طاقدیس‌های بزرگ در سرتاسر این استان شرایط مساعدی را برای ناپایداری بخش‌های بزرگی از دامنه‌های طبیعی به وجود آورده است. زمین لغزش‌ها معمولاً در ارتباط با مناطق کوهستانی شکل می‌گیرند، اما در مناطق کم ارتفاع نیز امکان رخداد آن‌ها وجود دارد. در مناطق کم ارتفاع، زمین لغزش‌ها ممکن است در اثر خطای خاکبرداری و خاک‌ریزی (در حفاری‌های راه‌سازی و ساختمان‌سازی و ...) نیز رخ دهند. تهیه نقشه برنامه‌ریزی زمین لغزش‌ها بسیار با اهمیت است، چراکه این‌گونه نقشه‌ها چیزی فراتر از شناسایی محض زمین لغزه‌های موجود است و می‌توان به کمک آن بروز خطر را در مناطقی که امکان برهم زدن تعادل دامنه‌ای ظاهر کنونی وجود دارد، تشخیص داد. کنترل زمین لغزش در حال وقوع، اغلب امکان‌پذیر نبوده و در صورت امکان بسیار پرهزینه است، اما وقوع آن را در مناطق مستعد می‌توان پیشگیری کرد؛ کنترل لغزش‌هایی که در اثر عوامل طبیعی شکل می‌گیرند اغلب به‌سادگی میسر نیست. در صورتی که زمین لغزش‌های ناشی از عوامل مصنوعی، مدیریت‌پذیرتر هستند با این وجود با توجه به اثرات مرکب عوامل طبیعی و مصنوعی در وقوع این پدیده طبیعی در مناطق مختلف می‌توان از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین مناطق حساس به فرسایش و به تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش با استفاده از نرم‌افزار GIS به تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش پرداخت.

1 Demir
2 Khanh Linh
3 Luoi
4 Wen Fan
5 El Bchari

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سد گلال به‌عنوان یکی از حوضه‌های آبخیز مرزی استان ایلام در ۸/۲ کیلومتری شرق شهر ایوان و در ۶/۶ کیلومتری شمال غرب شهر چوار و در محدوده دهستان چوار از توابع شهرستان ایلام واقع شده است. این حوضه آبخیز در مختصات جغرافیایی ۴۷° ۰۳' ۰۰" تا ۴۶° ۳۸' ۱۴" طول شرقی و ۱۹° ۴۲' ۰۰" تا ۳۳° ۴۲' ۰۰" عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت کل حوضه آبخیز ۱۱,۸۲۳ هکتار و حداکثر ارتفاع آن ۱۰۴۰ و حداقل ۹۴۰ متر می‌باشد. از نظر اقلیمی این حوضه آبخیز تحت تأثیر جریانات غربی است که عمده فعالیت آن‌ها در فاصله آبان تا فروردین ماه است و فصل خشک کاملاً منطبق بر فصل گرم است که طول این فصل در حدود ۴ ماه می‌باشد. متوسط بارش سالانه آن ۶۰۰ میلیمتر و نوع اقلیم بر اساس طبقه‌بندی دمارتن نیمه خشک متوسط تا شدید است. موقعیت حوضه آبخیز سد گلال در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان

مطالعه حاضر با هدف تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام انجام شد. بدین منظور ابتدا مبانی نظری و تئوریک پژوهش بر اساس مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و مراجعه به سازمانها و ارگانهای

مربوطه انجام گرفت. سپس معیارها و زیر معیارهای مورد استفاده به منظور تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش شناسایی شد که این معیارها شامل: زمین شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، خاک و کاربری اراضی می باشند. لایه های تهیه شده از معیارهای تأثیرگذار در نرم افزار Arc GIS ۱۰،۳ مورد پردازش و تحلیل فضایی قرار گرفتند. به منظور وزن دهی و تعیین اهمیت نسبی هر یک از معیارها، از روش تصمیم گیری تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار Choice Expert استفاده شد.

۳- مواد و روش ها

۳-۱- مواد

حوضه آبخیز سد گلال دارای پتانسیل بالای زمین لغزش می باشد و زمین لغزش های زیادی در آن به وقوع پیوسته است. جهت به نقشه در آوردن زمین لغزش به وقوع پیوسته در حوضه مورد مطالعه، عکس های هوایی منطقه به روش استریوسکوپی تفسیر و مناطق مشکوک به لغزش تعیین گردید. سپس با بررسی های میدانی و استفاده از دستگاه GPS با دقت بسیار بالا موقعیت دقیق زمین لغزش ها شناسایی شد و در نهایت ۲۶ زمین لغزش در منطقه ثبت گردید (شکل ۲). با توجه به نتایج به دست آمده از پرسشنامه های که توسط معاونت آبخیزداری استان ایلام تهیه شده اند و همچنین استفاده از تجربیات افراد بومی منطقه ۸ عامل زمین شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی به عنوان عوامل مؤثر اولیه تشخیص داده شدند.

۳-۲- روش ها

روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)^۱ به دو دسته تصمیم گیری چند هدفه (MODM)^۲ و تصمیم گیری چند شاخصه (MADM)^۳ تقسیم می شوند. هدف از تصمیم گیری انتخاب بهترین گزینه یا وزن دهی به عوامل تصمیم گیری است. هر روش تصمیم گیری وظیفه خاصی دارد یکی هدف وزن دهی به معیارها، یکی هدفش رتبه بندی گزینه ها و دیگری هدف ارزیابی معیارها می باشد که در اینجا به بررسی یک مورد از پرکاربردترین روش های تصمیم گیری چند شاخصه خواهیم پرداخت.

مدل ویکور (VIKORE)^۴

روش تصمیم گیری چند معیاره ویکور یکی از مدل های تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. این مدل توسط اپریکویک به سال ۱۹۸۴ ارائه شد. تکنیک ویکور یک روش سازشی است و به تصمیم گیری

1 Multi-Criteria Decision Making

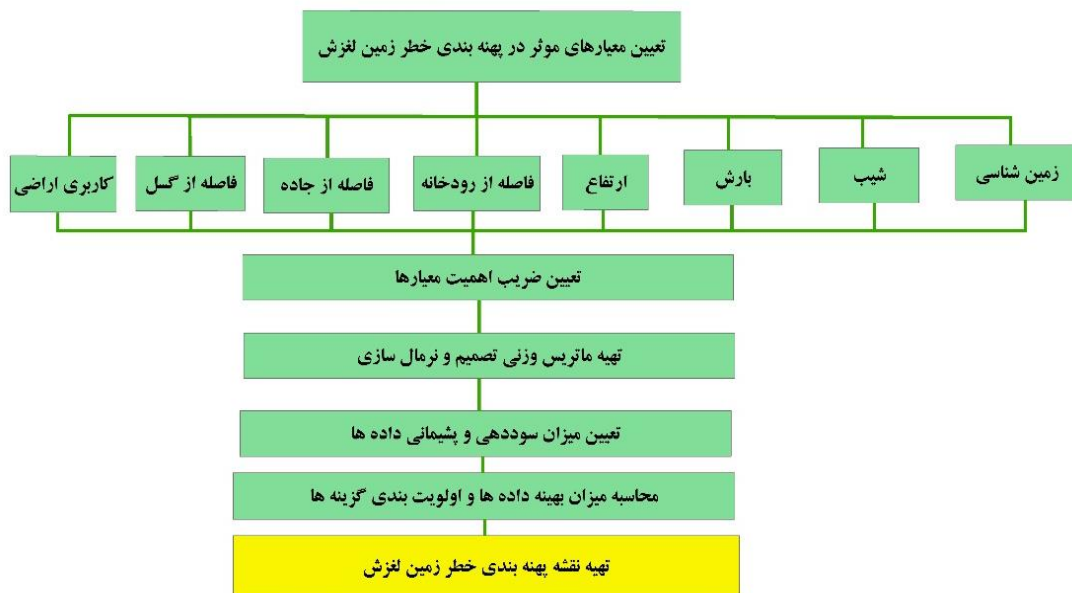
2 Multi-Purpose Decision Making

3 Multiple Attribute Decision Making

4 Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje

پیرامون گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف کمک می‌کند. منظور از جواب سازشی نزدیکترین جواب موجه به جواب ایده آل است. کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد. روش ویکور از طریق ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارها، گزینه‌ها را اولویت بندی یا رتبه بندی می‌کند. در تکنیک ویکور معیارها وزن دهی نمی‌شوند بلکه معیارها از طریق روش‌های دیگر ارزیابی می‌شود و سپس گزینه‌ها بر اساس معیارها و با ترکیب در ارزش معیارها، ارزیابی شده و رتبه بندی می‌شوند. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه بندی می‌گردند. مراحل روش ویکور به صورت خلاصه عبارت از:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم ۲- تعیین بردار وزن معیارها (به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP، نظر خبرگان و ...) ۳- تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی ۴- محاسبه مقدار سودمندی (Si) و مقدار تأسف (Ri) برای هر راهکار ۵- محاسبه شاخص ویکور (Qi) برای هر راهکار ۶- مرتب کردن راهکارها بر اساس مقادیر Si، Ri و Qi ۷- پیشنهاد راهکار سازشی با توجه به دو شرط: ۱) مزیت قابل قبول: به این معناست راهکار سازشی می‌بایست با راهکار بعدی خود تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. ۲) ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری: به این معناست که راهکار سازشی انتخاب شده باید حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأثیر فردی را داشته باشد. در صورتی که شرایط بالا برای راهکار سازشی برقرار نباشد به جای یک راهکار یک مجموعه راهکار سازشی ارائه می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار روش مطالعاتی انجام گرفته برای رسیدن به نقشه حساسیت پذیری زمین لغزش

۴- نتایج و بحث

پس از تهیه معیارهای انتخابی، ضریب اهمیت معیارهای مذکور از نقطه نظر درجه اهمیت در وقوع زمین لغزش و حساسیت پذیری حوضه‌ها به این پدیده، به کمک الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی AHP تعیین می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱- ضریب اهمیت معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش در حوضه مطالعاتی با کمک روش AHP

معیار	زمین شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
ضریب اهمیت	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴

به منظور وزن دهی گزینه‌ها بر اساس نقش هر معیار در گزینه مورد نظر (نقش هر عامل مؤثر در زمین لغزش زیرحوضه)، از بازه وزن دهی قطعی یک تا ده استفاده شده است؛ به گونه‌ای که وزن ۱ کمترین تأثیر و ۱۰ بالاترین تأثیر را در خطر زمین لغزش نشان می‌دهد. پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها، ماتریس تصمیم اوزان برای انجام الگوریتم ویکور، بر اساس رابطه (۱) تهیه شد. همانطور که مشخص است، ۸ معیار در ارزیابی شش گزینه نقش دارند که معرف حوضه‌های آبریز منطقه مطالعاتی هستند. جدول (۲) تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس پارامترهای مؤثر را در زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_9 \\ A_1 & a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ A_6 & a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول ۲- ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش

معیار زیرحوضه	زمین شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
زمزمان	۶	۶	۸	۵	۵	۵	۵	۵
حاجی بختیار	۴	۵	۶	۵	۶	۶	۶	۶
داره میرناصر	۸	۳	۵	۷	۴	۴	۴	۴
بان سوهان	۵	۶	۷	۶	۸	۸	۸	۸
پلکانه	۶	۴	۲	۵	۷	۷	۷	۷
چگا	۹	۵	۳	۴	۵	۵	۵	۵
چگان	۷	۲	۶	۶	۴	۴	۴	۴

پس از انجام وزن دهی و تهیه ماتریس وزنی، مقادیر ماتریس با استفاده از رابطه (۲) نرمال شدند. جدول (۳)، مقادیر نرمال شده یا به گفته‌ای ماتریس وزنی نرمال شده را نشان می‌دهد.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

جدول ۳- مقادیر نرمال شده اوزان گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش

معیار زیرحوضه	زمین شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
زمزمان	۳۶	۳۶	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
حاجی بختیار	۱۶	۲۵	۳۶	۲۵	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶
داره میرناصر	۶۴	۹	۲۵	۴۹	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
بان سوهان	۲۵	۳۶	۴۹	۳۶	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴
پلکانه	۳۶	۱۶	۴	۲۵	۴۹	۴۹	۴۹	۴۹
چگا	۸۱	۲۵	۹	۱۶	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
چگان	۳۰۷	۱۵۱	۲۲۳	۲۱۲	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱
جمع	۴۹	۴	۳۶	۳۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶

در مرحله بعد عدد هر ماتریس را تقسیم بر مجذور مجموع هر ستون کرده و در جدول (۴) نوشته می‌شود.

جدول ۴- مقادیر نرمال شده اوزان گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش

معیار زیرحوضه	زمین شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
زمزمان	۰/۳۴۲	۰/۴۸۸	۰/۵۳۶	۰/۳۴۳	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹
حاجی بختیار	۰/۲۲۸	۰/۴۰۷	۰/۴۰۲	۰/۳۴۳	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵
داره میرناصر	۰/۴۵۷	۰/۲۴۴	۰/۳۳۵	۰/۴۸۱	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳
بان سوهان	۰/۲۸۵	۰/۴۸۸	۰/۴۶۹	۰/۴۱۲	۰/۵۲۶	۰/۵۲۶	۰/۵۲۶	۰/۵۲۶
پلکانه	۰/۳۴۲	۰/۳۲۶	۰/۱۳۴	۰/۳۴۳	۰/۴۶۱	۰/۴۶۱	۰/۴۶۱	۰/۴۶۱
چگا	۰/۵۱۴	۰/۴۰۷	۰/۲۰۱	۰/۲۷۵	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹
چگان	۰/۴۰۰	۰/۱۶۳	۰/۴۰۲	۰/۴۱۲	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳

بعد از نرمال سازی و تهیه ماتریس نرمال وزنی، برای بدست آوردن مقادیر سودمندی و پشیمانی بر اساس الگوریتم بهینه سازی ویکور، مراحل زیر روی ماتریس وزنی نرمال انجام گرفت. جهت وزن دار کردن، مقادیر

ماتریس نرمال هر یک از گزینه‌ها بر وزن معیارها (که قبلاً از روش‌های دیگر به دست آمده بود) ضرب می‌گردد (جدول ۵).

جدول ۵- وزن دار کردن مقادیر نرمال شده اوزان گزینه‌ها براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش

معیار زیرحوضه	زمین شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
Eliz	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴
زمنان	۰/۰۶۲	۰/۱۰۷	۰/۰۵۴	۰/۰۸۶	۰/۰۸۲	۰/۴۱۱	۰/۷۴۰	۱/۰۶۹
حاجی بختیار	۰/۰۴۱	۰/۰۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۸۶	۰/۰۹۹	۰/۴۹۳	۰/۸۸۸	۱/۲۸۳
داره میرناصر	۰/۰۸۲	۰/۰۵۴	۰/۰۳۳	۰/۱۲۰	۰/۰۶۶	۰/۰۳۲۹	۰/۵۹۲	۰/۸۵۵
بان سوهان	۰/۰۵۱	۰/۱۰۷	۰/۰۴۷	۰/۱۰۳	۰/۱۳۲	۰/۶۵۸	۱/۱۸۴	۱/۷۱۱
پلکانه	۰/۰۶۲	۰/۰۷۲	۰/۰۱۳	۰/۰۸۶	۰/۱۱۵	۰/۵۷۶	۱/۰۳۶	۱/۴۹۷
چگا	۰/۰۹۲	۰/۰۹۰	۰/۰۲۰	۰/۰۶۹	۰/۰۸۲	۰/۴۱۱	۰/۷۴۰	۱/۰۶۹
چگان	۰/۰۷۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۱۰۳	۰/۰۶۶	۰/۳۲۹	۰/۵۹۲	۰/۸۵۵

تعیین مقادیر بالاترین و پایین‌ترین ارزش ماتریس نرمال وزنی

بزرگ‌ترین و کوچکترین عدد هر ستون تعیین می‌گردد. در اینجا منظور از بزرگترین عدد، یعنی عددی که بیشترین ارزش مثبت را داراست و کوچکترین، یعنی بیشترین ارزش منفی. پس اگر معیار ما از نوع منفی باشد، بزرگ‌ترین عدد برعکس می‌شود یعنی می‌شود کمترین مقدار و کوچک‌ترین می‌شود بیشترین مقدار و بالعکس (جدول ۶).

$$f_i^* = \max_j f_{ij}; \quad f_i^- = \min_j f_{ij}$$

رابطه ۳:

جدول ۶- بیشترین و کمترین مقادیر نرمال شده هر یک از معیارها

معیار	زمین شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
f max	۰/۰۹۲	۰/۱۰۷	۰/۰۵۴	۰/۱۲۰	۰/۱۳۲	۰/۶۵۸	۱/۱۸۴	۱/۷۱۱
f min	۰/۰۴۱	۰/۰۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۶۹	۰/۰۶۶	۰/۰۳۲۹	۰/۵۹۲	۰/۸۵۵
fi-fj*	۰/۰۵۱	۰/۰۷۲	۰/۰۴۰	۰/۰۵۲	۰/۰۶۶	۰/۳۲۹	۰/۵۹۲	۰/۸۵۵

محاسبه مقدار سودمندی و تأسّف معیارها

در این مرحله با توجه به مقادیر مثبت و منفی محاسبه شده در مرحله قبل، فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل و سپس حاصل جمع آن‌ها برای ارزش نهایی براساس رابطه ۴ محاسبه شد. به بیانی در این مرحله سودمندی^۱ و پشیمانی^۲ حاصل از انتخاب یک گزینه، به منزله رتبه برتر محاسبه می‌شود. مقادیر حداقل برای هر دو مقدار معرف کمترین فاصله از راه حل ایده آل (گزینه برتر) است که کمترین پشیمانی و بیشترین سودمندی را به همراه دارد.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}; \quad R_j = \max_i \left[w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right]$$

رابطه ۴:

f^* = بزرگ‌ترین عدد ماتریس نرمال وزنی برای هر ستون f_{ij} = عدد گزینه مورد نظر برای هر معیار در ماتریس

نرمال وزنی f = کوچک‌ترین عدد ماتریس نرمال وزنی برای هر ستون W = ضریب AHP

طبیعتاً برای گزینه به ازای هر معیار یک شاخص مطلوبیت به دست می‌آید که مجموع آن‌ها شاخص نهایی S_j گزینه را مشخص می‌کند. بزرگ‌ترین S_j هر گزینه به ازای هر معیار، شاخص نارضایتی (R_j) آن گزینه می‌باشد. برترین و بدترین رتبه براساس ارزش S_j و R_j به دست می‌آید (جدول ۷).

جدول ۷- شاخص مطلوبیت (S_j) و شاخص نارضایتی (R_j)

Rj	Sj	کاربری اراضی	فاصله از گسل	فاصله از جاده	فاصله از رودخانه	ارتفاع	بارش	شیب	زمین‌شنا سی	معیار مناطق
-	-	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۹	a_{ij}
۲/۴۳۸	۵/۵۲۵	۲/۴۳۸	۱/۶۸۸	۰/۹۳۸	۰/۱۸۸	۰/۱۶۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۸	زمرمان
۱/۶۲۵	۳/۹۳۵	۱/۶۲۵	۱/۱۲۵	۰/۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۶۷	۰/۰۳۳	۰/۰۵۵	۰/۱۸۰	حاجی بختیار
۳/۲۵۰	۷/۲۵۱	۰/۲۵۰	۲/۲۵۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۰	۰/۱۶۵	۰/۰۳۶	داره میرناصر
۰/۱۴۴	۰/۲۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۸۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۰	۰/۱۴۴	بان سوهان
۰/۸۱۳	۲/۲۳۵	۰/۸۱۳	۰/۵۶۳	۰/۳۱۳	۰/۰۶۳	۰/۱۶۷	۰/۱۰۰	۰/۱۱۰	۰/۱۰۸	پلکانه
۲/۴۳۸	۵/۶۳۸	۲/۴۳۸	۱/۶۸۸	۰/۹۳۸	۰/۱۸۸	۰/۲۵۰	۰/۰۸۳	۰/۰۵۵	۰/۰۰۰	چگا
۳/۲۵۰	۷/۴۰۹	۳/۲۵۰	۲/۲۵۰	۱/۲۵۰	۰/۲۵۰	۰/۰۸۳	۰/۰۳۳	۰/۲۲۰	۰/۰۷۲	چگان

محاسبه شاخص ویکور (Q) و رتبه بندی نهایی گزینه‌ها

در نهایت پس از محاسبه مقادیر سودمندی و پشیمانی شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه (زیرحوضه مطالعاتی)

به صورت مجزا و براساس رابطه (۵) محاسبه شد (جدول ۸).

1 Utility measure

2 Regret measure

$$Q_j = v \cdot \frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} + (1 - v) \cdot \frac{R_j - R^-}{R^* - R^-} \quad \text{رابطه ۵:}$$

$V =$ عدد ثابت ۰/۵

$S_j =$ مجموع مقدار S برای هر گزینه $S^- =$ بزرگ‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه

$S^* =$ کوچک‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه $R_j =$ مقدار R برای هر گزینه

$R^- =$ بزرگ‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه $R^* =$ کوچک‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه

جدول ۸- مقادیر شاخص ویکور در زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی آبخیز سد گلال استان ایلام

زیر حوضه	زمان	حاجی بختیار	داره میرناصر	بان سوهان	پلکانه	چگا	چنان
مقدار Q	۰/۲۶۲	۰/۵۰۴	۰/۰۱۱	۰/۲۸۹	۰/۰۷۴	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰

در این مرحله بر اساس مقادیر Q محاسبه شده در گام قبل، گزینه‌ها رتبه بندی و تصمیم بهینه در ارتباط با انتخاب گزینه برتر (حساسیت پذیری بالاتر به زمین لغزش) انجام گرفت؛ به گونه‌ای که در این مرحله مقادیر S، R و Q در سه گروه برای هر گزینه تعیین و مشخص شد. در نهایت گزینه‌های که در هر سه گروه مناسب شناخته شد، با عنوان گزینه برتر انتخاب شد (جدول ۹).

جدول ۹- رتبه بندی مقادیر Q، R و S برای زیر حوضه‌های مطالعاتی آبخیز سد گلال استان ایلام

منطقه (زیر حوضه)	سودمندی (S)	رتبه	پشیمانی (R)	رتبه	شاخص ویکور (Q)	رتبه
زمان	۵/۵۲۵	۴	۲/۴۳۸	۴	۰/۲۶۲	۴
حاجی بختیار	۳/۹۳۵	۳	۱/۶۲۵	۳	۰/۵۰۴	۵
داره میرناصر	۷/۲۵۱	۶	۳/۲۵۰	۵	۰/۰۱۱	۲
بان سوهان	۰/۲۴۴	۱	۰/۱۴۴	۲	۱/۰۰۰	۷
پلکانه	۲/۲۳۵	۲	۰/۸۱۳	۱	۰/۷۵۳	۶
چگا	۵/۶۳۸	۵	۲/۴۳۸	۴	۰/۲۵۴	۳
چگان	۷/۴۰۹	۷	۳/۲۵۰	۵	۰/۰۰۰	۱

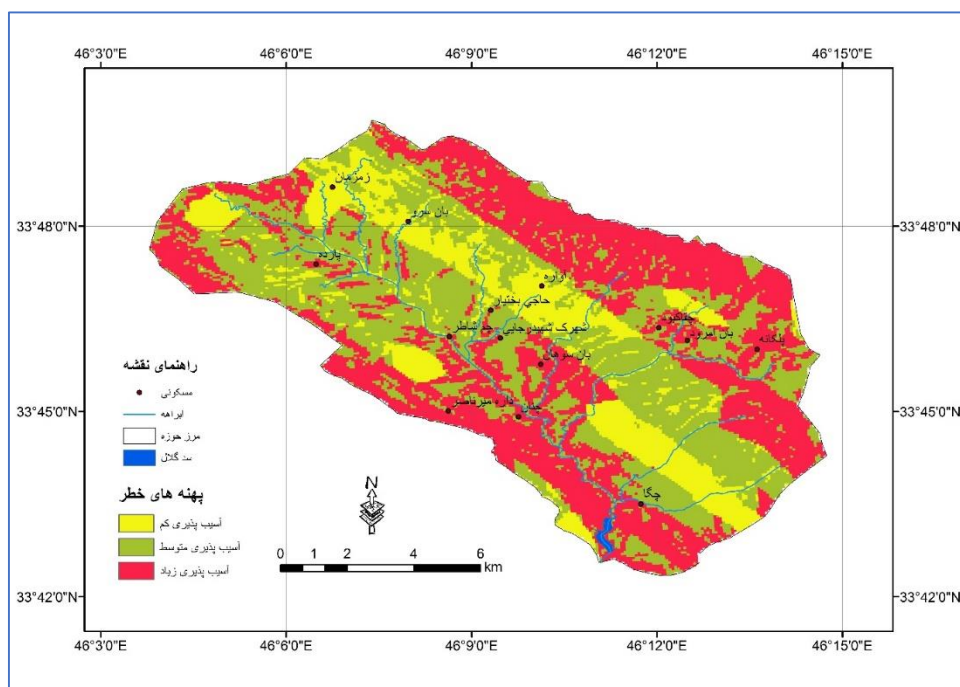
رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q

پس از تعیین رتبه Q و دسته بندی مقادیر R و S برای تهیه نقشه حساسیت پذیری زیر حوضه‌های مطالعاتی به زمین لغزش بر پایه مقادیر شاخص بهینه سازی ویکور (Q)، مناطق در سه کلاس کیفی حساسیت پذیری کم، حساسیت پذیری متوسط و حساسیت پذیری زیاد طبقه‌بندی شدند (جدول ۱۰). در نهایت بر اساس طبقات

حساسیت و مقادیر کمی Q، نقشه حساسیت پذیری منطقه مطالعاتی به زمین لغزش در محیط GIS تهیه می شود (شکل ۳).

جدول ۱۰- کلاس بندی کمی و کیفی درجه حساسیت پذیری زمین لغزش

مقدار کمی ویکور (Q)	کلاس (طبقه)	درجه حساسیت پذیری
> 0.6	I	کم
$0.3 - 0.6$	II	متوسط
< 0.3	III	زیاد



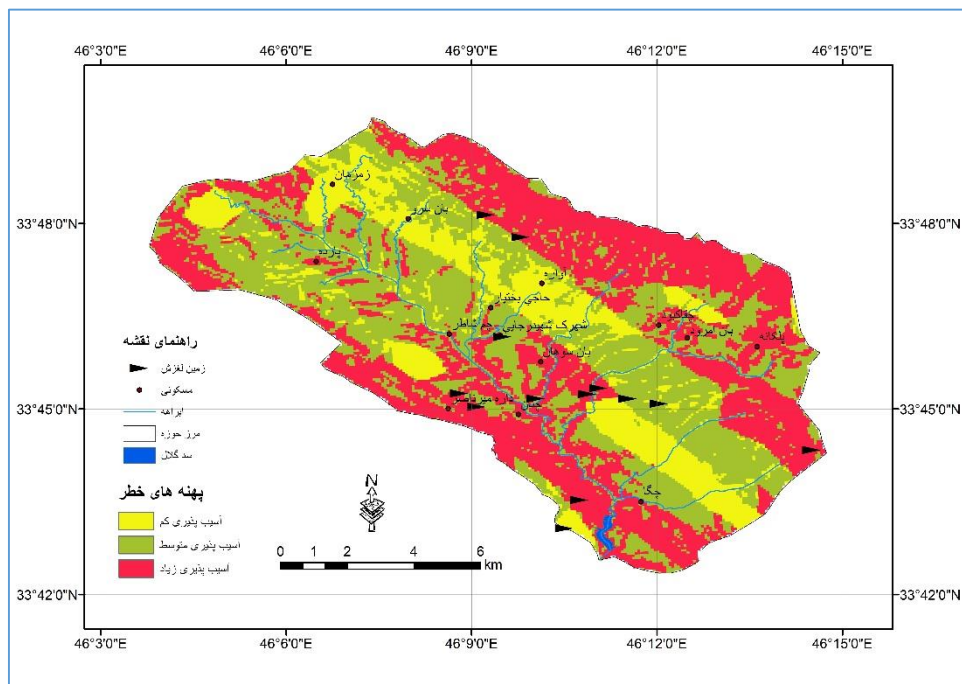
شکل ۳- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد گلال با استفاده از روش ویکور

جدول ۱۱- مساحت و درصد پهنه های خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد گلال

ردیف	طبقه خطر	مساحت پهنه (هکتار)	مساحت پهنه (درصد)
۱	خطر کم	۲۰۶۶	۱۷/۵
۲	خطر متوسط	۵۰۱۷	۴۲/۴
۳	خطر زیاد	۴۷۴۰	۴۰/۱
	مجموع	۱۱۸۲۳	۱۰۰

صحت سنجی نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش

به منظور صحت سنجی نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش، اقدام به تطبیق نقشه زمین لغزش ها بر روی نقشه پهنه بندی گردید. از انطباق این دو نقشه می توان نتیجه گرفت که از همخوانی نقشه پهنه بندی تهیه شده و لغزشهای موجود می توان به صحت نقشه حاصل پی برد و همچنین مشخص شد که مدل ویکور مورد استفاده در این پژوهش روش کاملاً مناسبی جهت پهنه بندی خطر احتمال وقوع زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه می باشد (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد گلال با استفاده از روش ویکور

۵- نتیجه گیری

زمین لغزش پدیده ای طبیعی است که از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه ها رخ می دهد. سرعت عملکرد و وسعت آن اغلب پدیده های دیدنی و فاجعه باری به وجود می آورد و ممکن است ده ها و صدها هزار مترمکعب سنگ و خاک را یکجا تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به مطالب گفته شده می توان گفت که مهم ترین عامل ایجاد زمین لغزش، ناپایداری در شیب ها به واسطه آب است و بیشترین زمین لغزش ها در لغزشهای قدیمی دیده می شود. بهترین اقدام در این زمینه، شناسایی این مناطق و دوری گزیدن از آنهاست و این امر هم، تنها زمانی ممکن می شود که نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش تهیه شود.

در پژوهش حاضر ارزیابی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) انجام شده است. بر این اساس، از بین عوامل مختلف تعداد ۸ پارامتر زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه، تشخیص داده شدند، در نهایت با توجه به عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و انجام مراحل مدل با استفاده از نرم افزارهای Choices Expert به تعیین اهمیت معیارها پرداخته شد و در نهایت نقشه نهایی پهنه‌بندی تهیه شد.

به‌طور کلی مراحل روش ویکور طی مراحل ذیل انجام گرفت: ۱- تشکیل ماتریس تصمیم ۲- تعیین بردار وزن معیارها (به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP، نظر خبرگان و ...) ۳- تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی ۴- محاسبه مقدار سودمندی (Si) و مقدار تأسف (Ri) برای هر راهکار ۵- محاسبه شاخص ویکور (Qi) برای هر راهکار ۶- مرتب کردن راهکارها بر اساس مقادیر Si، Ri و Qi ۷- پیشنهاد راهکار سازشی. بعد از بدست آوردن مقدار Q نقشه پهنه‌بندی در سه طبقه خطر کم، خطر متوسط، و خطر زیاد تشکیل شده است که طبقه خطر متوسط با مساحت ۵۰۱۷ هکتار و طبقه خطر زیاد با مساحت ۴۷۴۰ هکتار و طبقه خطر کم با مساحت ۲۰۶۶ هکتار به ترتیب سطح حوضه را تشکیل می‌دهند. نتایج تحقیق نشان داد که از بین عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، عوامل زمین‌شناسی، شیب و بارش بترتیب با ۰/۲۹، ۰/۲۰ و ۰/۱۶ امتیاز بیشترین تأثیر و عوامل کاربری اراضی و خاک بترتیب با ۰/۰۳ و ۰/۰۴ امتیاز کمترین تأثیر در وقوع زمین‌لغزش منطقه را دارا هستند. بیشترین تعداد زمین‌لغزش‌ها عمدتاً منطبق بر پادگانه‌های آبرفتی Qt2 و آبرفت‌های کوآترنری و آهک‌های خاکستری با میان لایه‌های شیل و در فواصل ۵۰۰ متری از رودخانه اصلی و همچنین اراضی شیب دار واقع شده‌اند. بر پایه الگوریتم پهنه‌سازی ویکور، درجه سودمندی و پشیمانی انتخاب گزینه‌های برتر (زیرحوضه‌ها)، مشخص و در پایان با محاسبه میزان شاخص پهنه ویکور (Q)، زیر حوضه‌ها برحسب درجه حساسیت پذیری به زمین‌لغزش در سه کلاس کیفی حساسیت پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شدند. بر اساس مدل ویکور با افزایش مقدار شاخص ویکور (Q)، توان و استعداد و یا به عبارتی حساسیت به زمین‌لغزش کاهش می‌یابد و بالعکس با کاهش مقدار شاخص ویکور (Q)، توان و استعداد و یا به عبارتی حساسیت به زمین‌لغزش افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین زیرحوضه‌های چگان و داره میرناصر کمترین مقدار Q (بیشترین حساسیت به زمین‌لغزش) و زیرحوضه‌های بان سوهان و پلکانه بیشترین مقدار Q (کمترین حساسیت به زمین‌لغزش) هستند.

از انطباق نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمی‌مگیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعه زمین‌لغزش حوضه آبخیز مورد مطالعه برخوردار است که با نتایج تحقیقات مددی و همکاران (۱۳۹۴)، سپهر و همکاران

(۱۳۹۲)، امیری و همکاران (۱۳۹۷)، حجازی و همکاران (۱۳۹۸)، بنی حبیب و چیت ساز (۱۳۹۵)، انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) و حجازی و همکاران (۱۳۹۸) که کارایی بالای مدل ویکور در تحقیقات خود را نشان دادند مطابقت و همخوانی دارد. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از توان بالای حوضه از لحاظ رخداد حرکات لغزشی می باشد. لذا اراضی بسیار پرخطر و پرخطر اراضی هستند که باید اقدامات حفاظتی و آبخیزداری در آن انجام گیرد. همچنین نباید تخریب و کارهای غیراصولی از قبیل تخریب پوشش گیاهی در اثر تبدیل اراضی مرتعی به زراعی و کاهش کمی و کیفی پوشش گیاهی در اثر چرای بی رویه دامها، کشت دیم در اراضی شیب دار، عدم رعایت تناوب زراعی و احداث غیراصولی جاده انجام گیرد. از نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در آبخیز سد گلال ایلام می توان در برنامه ریزی های آتی مدیریت منابع طبیعی (حفاظت خاک، ممانعت از تخریب جنگل ها و مراتع، درختکاری، عملیات آبخیزداری و ...)، برنامه ریزی توسعه فیزیکی (شناخت نواحی مستعد ساخت و ساز، نواحی مستعد انتقال و جابجایی روستاها، نواحی مستعد عبور خطوط و مسیرهای انتقال نیرو (انرژی)، شناخت نواحی مستعد برای راه سازی و همچنین برنامه ریزی توریستی مورد استفاده بسیاری از سازمان ها و نهادهای مرتبط با مدیریت و برنامه ریزی منابع طبیعی و برنامه ریزی توسعه فیزیکی قرار گیرند. در پایان با شناسایی مناطق آسیب پذیر و پهنه بندی زمین لغزش به منظور کاهش خسارات ناشی از حرکات توده ای در منطقه مورد مطالعه اقدامات زیر پیشنهاد می شود: جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و کاشت گیاهان بومی، کاهش سطوح شیب دار و احداث دیواره های حائل، جلوگیری از احداث غیر اصولی جاده ها، ممانعت از فعالیت های ناصحیح انسانی و در نهایت مدیریت یکپارچه حوضه آبخیز مورد مطالعه.

به عنوان نتیجه اصلی از این مدل در پهنه بندی خطر زمین لغزش می توان گفت که روش ویکور با بهره گیری از توافق و نظر جمعی دقت و قدرت زیادی داشته و در عین سادگی روابط ریاضی قوی برای تصمیم گیری در اختیار دارد و در موارد متنوعی از تصمیم گیری مورد استفاده قرار می گیرد.

کتابنامه

- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ پیروزی، الناز؛ زینالی، بتول؛ ۱۳۹۴. پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از مدل ویکور. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. سال ۴. شماره ۳. صص ۲۴۵-۲۳۱.
- امیری، مهدیس؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ عرب عامری، علیرضا؛ ۱۳۹۷. اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهای مورفومتریکی و مدل تصمیم گیری VIKOR. کوهیدرولوژی. دوره ۵. شماره ۳. صص ۸۲۷-۸۱۳.
- انتظاری، مژگان؛ خدادادی، فاطمه؛ رستمی، اکبر؛ ۱۳۹۵. ارزیابی خطر ریسک زمین لغزش حوضه آبخیز طالقان رود بر پایه الگوریتم بهینه سازی توافقی ویکور. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۱۷. صص ۳۴-۵.

- بنی حبیب، محمدابراهیم؛ چیت ساز، نسترن؛ ۱۳۹۵. مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب. *مهندسی آبیاری و آب ایران*. دوره ۶. شماره ۲۵. صص ۶۸-۸۲
- حجازی، سید اسدالله؛ روستایی، شهرام؛ رنجبریان شاداباد، مریم؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبریز حاجیلرچای. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال دوازدهم. شماره ۴۴. صص ۵۱-۶۵
- خدادادی، فاطمه؛ انتظاری، مژگان؛ ساسان پور، فرزانه؛ ۱۳۹۸. تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک (لغزش و سیل) استان البرز با استفاده از مدل‌های VIKOR-AHP و FR. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)*. دوره ۵۱. شماره ۱. صص ۱۸۳-۱۹۹
- زنگنه شهرکی، سعید؛ زیاری، کرامت‌اله؛ پوراکرمی، محمد؛ ۱۳۹۶. ارزیابی و تحلیل میزان تاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور. *نشریه جغرافیا*. دوره ۱۵ (دوره جدید). شماره ۵۲. صص ۸۱-۱۰۱
- سپهر، عادل؛ بهنیافر، ابوالفضل؛ محمدیان، عباسعلی؛ عبدالهی، ابوالفضل؛ ۱۳۹۲. تهیه نقشه حساسیت پذیری زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال دوم. شماره ۱. ۱۹-۳۶
- سوری، سلمان؛ بهاروند، سیامک؛ احمدیان مقدم؛ رضا و مریم دهبان؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه کسمت). *نشریه زمین‌شناسی ژئوتکنیک (زمین‌شناسی کاربردی)*. شماره ۲. صص ۱۰۱-۱۱۰
- شریفی کیا، محمد؛ شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ عرب عامری، علیرضا؛ ۱۳۹۷. طبقه‌بندی زیرحوضه های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ی TOPSIS, SAW و VIKOR. *اکوهیدرولوژی*. دوره ۵. شماره ۱. صص ۶۹-۸۳
- عابدینی، موسی؛ پیروزی، ناز؛ آقایاری، لیلا؛ استادی، ناز؛ ۱۳۹۶. پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین شهر با استفاده از مدل ویکور. *جغرافیای سرزمین*. دوره ۱۴. شماره ۵۶. صص ۲۱-۳۴
- فیض نیا، سادات؛ احمدی، حسن؛ ۱۳۸۰. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (حوضه آبریز شلمانرود در استان گیلان). *مجله منابع طبیعی ایران*. شماره ۳. صص ۵۰-۵۸
- کریمی، حاجی؛ نادری، فتح‌اله؛ ناصری، بهروز؛ سلاجقه، علی؛ ۱۳۹۳. مقایسه مدل‌های مختلف برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز زنگوان ایلام. *نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)*. دوره ۳. شماره ۶۷. صص ۴۷۴-۴۵۹
- مددی، عقیل؛ غفاری گیلانده، عطا؛ پیروزی، ناز؛ ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لاقان چای). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. شماره ۴. صص ۱۴۱-۱۲۴

- مددی، عقیل؛ غفاری، عطا؛ پیروزی، الناز؛ ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش با استفاده از مدل VIKOR (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لافان چای). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. شماره ۶۰. صص ۸۰-۶۳.
- میرنظری، جواد؛ شهابی، هیمن؛ خضری، سعید؛ ۱۳۹۳. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سرپل ذهاب (استان کرمانشاه). *نشریه جغرافیا و توسعه*. شماره ۱۲. صص ۷۰-۵۳.
- نوجوان، محمدرضا؛ حیاتی، غلامرضا؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز سیاه خور اسلام‌آباد غرب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). *نشریه جغرافیایی سرزمین*. شماره ۳۸. صص ۹۲-۸۱.

- Demir G, Aytakin M, Akgun A, et al., 2013. A comparison of landslide susceptibility mapping of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by likelihood-frequency ratio and analytic hierarchy process methods. *Natural Hazards*, 65(3): 1481–1506.
- El Bchari. F., Theilen-Willige, B., Ait Malek, H., 2019. Landslide hazard zonation assessment using GIS analysis at the coastal area of Safi (Morocco). *International Cartographic Association (ICC)*, 2: 1-7.
- GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations
- Huang, J. J, Tzeng, G. H., Liu, H. H., 2009. A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making - The Perspective of Regret Theory, *Communications in Computer and Information Science*, 35:761-768
- Khanh Linh, N. H. Degener, J., Bich Ngoc, N., Minh Chau, T., 2018. Mapping Risk of Landslide at A Luoi District, Thua Thien Hue Province, Vietnam by GIS-Based Multi-Criteria Evaluation, *Asian Journal of Agriculture and Development (AJAD)*. 15: 1-12.
- Komac, M., 2006. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology.*, 74(1):17-28.
- Wen Fan, Xin-sheng Wei, Yan-bo Cao & Bin Zheng., 2017. Landslide susceptibility assessment using the certainty factor and analytic hierarchy process, *Journal of Mountain Science*, 14: 906–925.
- Yalcin, A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, *CATENA*, 72: 1-12.