Archive of SID

استفاده از تلفیق منطق بولین و فازی با وزن‌دهی عوامل مکانی در تحلیل خطر زمین‌لغزش و تولید رسوب در حوزه آبخیز چلگرد چهار محال و بختیاری

علی‌اکبر جمالی[1*]، محمدعلی حکیمی[2]

[1] دانشیار گروه GIS و علوم و مهندسی آبخیزداری، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، یزد،ایران

تاریخ دریافت مقاله: ١٣٩٧/٠٣/٢٣ تاریخ پذیرش مقاله: ١٣٩٧/٠٥/٠٦

چکیده

فرسایش که یکی از آنها زمین لغزش است پدیده ایست که هرساله باعث هدر رفتن بسیاری از منابع آب‌وخاک و تخریب منابع طبیعی می‌شود. زمین لغزش از متداول‌ترین پدیده‌های طبیعی تغییردهنده سطح زمین است وعلاوه بر اینکه همانند فرسایش آبی باعث تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز می‌شود امروزه به عنوان یکی از بلایای طبیعی مورد توجه است و هرساله باعث مشکلات و خسارات زیاد و جبران ناپذیری از جمله هدر رفتن منابع آب‌وخاک و همچنین تخریب منابع طبیعی می‌شود. در این تحقیق نیز هدف تهیه و تحلیل نقشه زمین‌لغزش‌ها و تأثیر آن در تولید رسوب (دوره آماری ١٣٨٥ تا ١٣٩٥) در حوزه آبخیز چلگرد است. برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش لایه‌های اطلاعاتی شیب، ارتفاع از سطح دریا، شاخص پوشش گیاهی، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از چشمه‌ها به عنوان عوامل مؤثر بر خطر زمین‌لغزش منطقه شناسایی و رقومی گردیدند. سپس محدودیت و عوامل به ترتیب استانداردسازی بولین و فازی شده، پس از وزن دهی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تلفیق نهایی فازی انجام شده، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش فازی تهیه گردید. نتایج حاصله نشان داده که ۴۹ درصد از اراضی منطقه مورد مطالعه در پهنه‌های خطر بالا و خیلی بالا قرارگرفته است. در این تحقیق فاصله ۵۰۰ متری از جاده و ۴۰۰ متری از آبراهه، شیب ۵۰-۱۵ درصد، ارتفاع تا۲۶۰۰ مترو کاربری‌های کشاورزی و باغ و همچنین سازندهای خان‌کت و نیریز بیشترین درصد مساحت لغزش‌ها را درخود جای داده‌اند که البته احتمال بروز زمین‌لغزش در حواشی جاده‌ها و آبراهه‌ها با شیب‌های متوسط به مراتب از سایر نقاط بیشتر است که در مدیریت آبخیز با توجه به رسوب و فرسایش باید به این مناطق بیشتر توجه کرد.

کلید واژه‌ها: زمین‌لغزش، پهنه‌بندی، حوزه آبخیز، فرایند تحلیل سلسله مراتبی

* نویسنده عهده دار مکاتبات: jamaliaa@maybodiau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تکوین علم آمایش سرزمین در دو دهه اخیر چشم‌انداز روشنی از استعدادیابی در جهت استفاده بهینه از زمین را فراهم آورده است. به دنبال این تحول مهم مباحث تقسیم‌بندی زمین به واحدهای کاری بر مبنای اهداف قابل‌دسترس جای خود را در علوم زمین به‌ویژه جغرافیای طبیعی و زمین‌شناسی باز نمود. در بررسی زمین‌لغزش‌ها، این مباحث با عنوان "پهنه‌بندی زمین‌لغزش" در کشورهای مختلف مدنظر قرارگرفته است. در این راستا تاکنون روش‌های مختلف تجربی توسط دانشمندان علوم زمین در مناطق مختلف دنیا بکار گرفته‌شده که نتایج متفاوتی حاصل گردیده است.

ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش مؤثری دارد و زمانی که فعالیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار دهد می‌تواند به پدیده‌ای خطرناک تبدیل شود (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۲). براساس مطالعات انجام‌شده توسط شبکه موضوعی ژئوتکنیکی اروپایی[1] زمین‌لغزش به‌تنهایی ۱۷٪ از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده است و میزان مرگ‌ومیر ناشی از این پدیده در طی سال‌های ۱۹۰۳-۲۰۰٤ به ترتیب در آسیا (۲۹٪)، آمریکا (۳۹٪)، اروپا (۳۰٪)، اقیانوسیه (۱٪) و آفریقا (۱٪) است (Koehorst و همکاران ۲۰۰۵). همچنین براساس گزارش کمیته بلایای طبیعی ایران، طی برنامه پنج‌ساله اول، خسارات ناشی از بلایای طبیعی در کشور بالغ بر ۱/٦ میلیارد دلار برآورد شده است که بخش اعظم آن مربوط به خسارات زمین‌لغزش است (باقریان و همکاران، ۱۳۸٤). نظر به تأثیرات سویی که وقوع زمین‌لغزش‌ها بر روی منابع طبیعی، سکونتگاه‌های روستایی، شهری، تأسیسات و تجهیزات دارند و از طرفی دیگر، باعث فرسایش حجم قابل‌توجهی از خاک‌های با ارزش می‌شوند. لذا شناسایی اراضی مستعد و پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش جهت اجتناب از این‌گونه اراضی و اجرای روش‌های کنترل‌کننده بسیار ضروری و با اهمیت است. یکی از اصلی‌ترین اقدامات در این رابطه، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش است. نقشه‌های مذکور می‌توانند برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان را در عرصه‌های مختلف چون مدیریت حفاظت خاک و منابع طبیعی، برنامه‌ریزی‌های عمرانی و توریستی، مکان‌یابی اراضی مناسب برای توسعه شهرها و روستاها، برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی، تعیین مسیر راه‌ها، خطوط انتقال نیرو و انرژی یاری نماید (کرم، ۱۳۸۳; Masoumi et al. 2014; Ding et al. 2017). استراتژی مطالعه زمین‌لغزش شامل شناخت فرآیند، آنالیز خطر و پیش‌بینی زمین‌لغزش درآینده برای کاهش پیشرفت و خسارات ناشی از آن است (Lan و همکاران، ۲۰۰٤). بطورکلی می‌توان گفت هدف نهایی از بررسی و مطالعه زمین‌لغزش‌ها یافتن راه‌های کاهش خسارات ناشی از این پدیده ذکر کرد و همین امر لزوم استفاده از پهنه‌بندی را در زمین‌لغزش تاکیدمی‌کند (Arianpour and Jamali, 2015; Cook and Dourcamp 1990; Jamali et al. 2009).

روش‌های مختلفی جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در نقاط مختلف جهان مورد استفاده قرارگرفته است. از جمله آن می‌توان روش‌های آماری (Lee and Dan 2016؛ Jamali and Abdolkhani 2009; Can et al. 2005)، مدل‌های احتمالی (Jibson و همکاران، ۲۰۰۰؛ Donati و Turrini، ۲۰۰۲)، مدل‌های هوشمند نظیر منطق فازی و شبکه عصبی (Ercanoglu و Gockoglu، ۲۰۰۲، Lee، ۲۰۰۷؛ Kavzoglu،Gomez، ۲۰۰۵، کریمی سنگچینی ۱۳۸۹،

[1] European Geotechnical Thematic Network

www.SID.ir

Archive of SID

حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸ و مصفایی، ۱۳۸۵) و مدل‌های رگرسیون لجستیک نظیر Ayalew و همکاران، ٢٠١٦ و Greco و همکاران، ۲۰۰۷) را نام برد. قابلیت اعتماد به نقشه پهنه‌بندی تا حد زیادی به کیفیت داده‌های در دسترس، مقیاس مطالعه و انتخاب یک روش مناسب بستگی دارد (Nielsen و همکاران، ۱۹۷۹).

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ١٦٥٣٣ کیلومتر مربع در گستره زاگرس میانی قرارگرفته و ویژگیهای زمین ریخت‌شناسی آن عمدتاً معرف زون زمین‌ساختی زاگرس (مرتفع و چین‌خورده) است که در دو دهه اخیر و به‌ویژه همزمان و پس از آغاز فعالیتهای گسترده عمرانی شاهد وقوع انواع حرکات توده‌ای بوده است، بنابراین شناخت عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و تشخیص مناطق مختلف از نظر احتمال به وقوع آن، یکی از مهمترین و ضروری‌ترین اقدامات برای دوری جستن یا کاهش صدمات زمین‌لغزش است (حسن‌زاده وهمکاران، ۱۳۸۹).

در این تحقیق از مدل ارزیابی چند معیاره مکانی (SMCE) به منظور تهیه نقشه ریسک و خطر احتمالی زمین‌لغزش در حوزه آبخیز چلگرد شهرکرد استان چهار محال و بختیاری استفاده گردید تا با شناسایی این مناطق، اقدامات اجرایی برای کنترل در منطقه دارای سمت و سویی منطقی گردد و از اتلاف انرژی و سرمایه جلوگیری شود.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

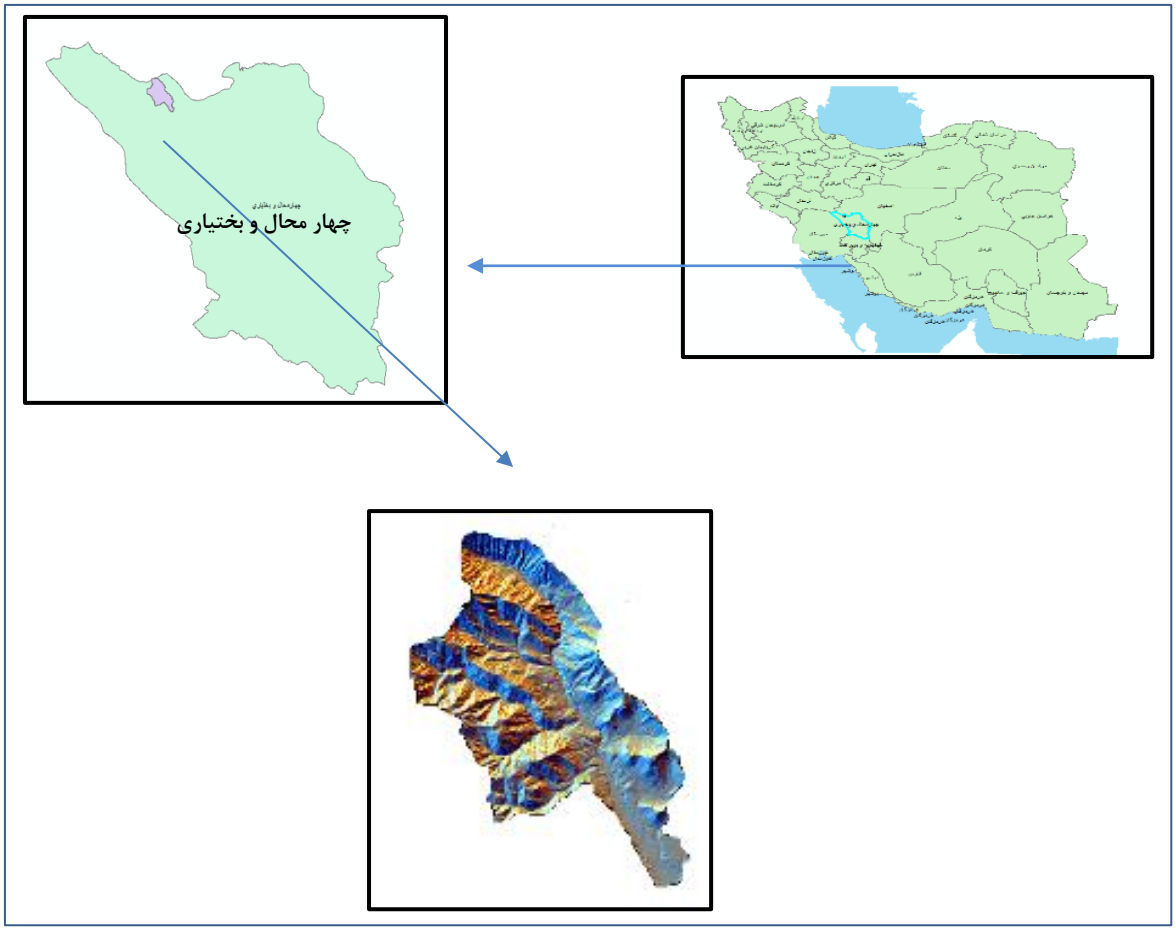
منطقه مورد مطالعه در شمال غرب استان چهار محال بختیاری بین طول جغرافیایی٥٠/٠٤٥ الی٥٠/١٩١ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٢/٤٨٣ الی٣٢/٦٤٢ درجه شمالی قرار دارد. مساحت منطقه حدود ١١٦٩١ هکتار و کمینه و بیشینه ارتفاع آن از سطح دریا به ترتیب ٢٢٦٠ و ٣٩٦٠ متر است. موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه در شکل ١ نشان داده شده است.

داده‌های مورد نیاز

پس از بررسی منابع و یافته‌های علمی مرتبط با موضوع با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی نقشه خطوط تراز ارتفاعی و آبراهه‌ها تهیه گردید. با استفاده از منابع موجود نقشه زمین‌شناسی و کاربری ارضی منطقه و همچنین نقشه عناصر خطی و نقطه‌ای شامل گسل‌ها، جاده و چشمه‌ها نیز تهیه و جمع‌آوری گردید. با استفاده از تصاویر ماهواره لندست نقشه میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) طی دوره سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ فصل‌های دارای پوشش گیاهی تهیه شد. داده‌های رسوب هم طی همین دوره بررسی شد و در مرحله بعد نقشه‌های بالا رقومی و نقشه شیب و طبقات ارتفاعی نیز از روی نقشه‌های توپوگرافی تهیه و در نهایت سیستم مختصات و مقیاس تمام نقشه‌ها در محیط GIS یکسان گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز در استان و ایران

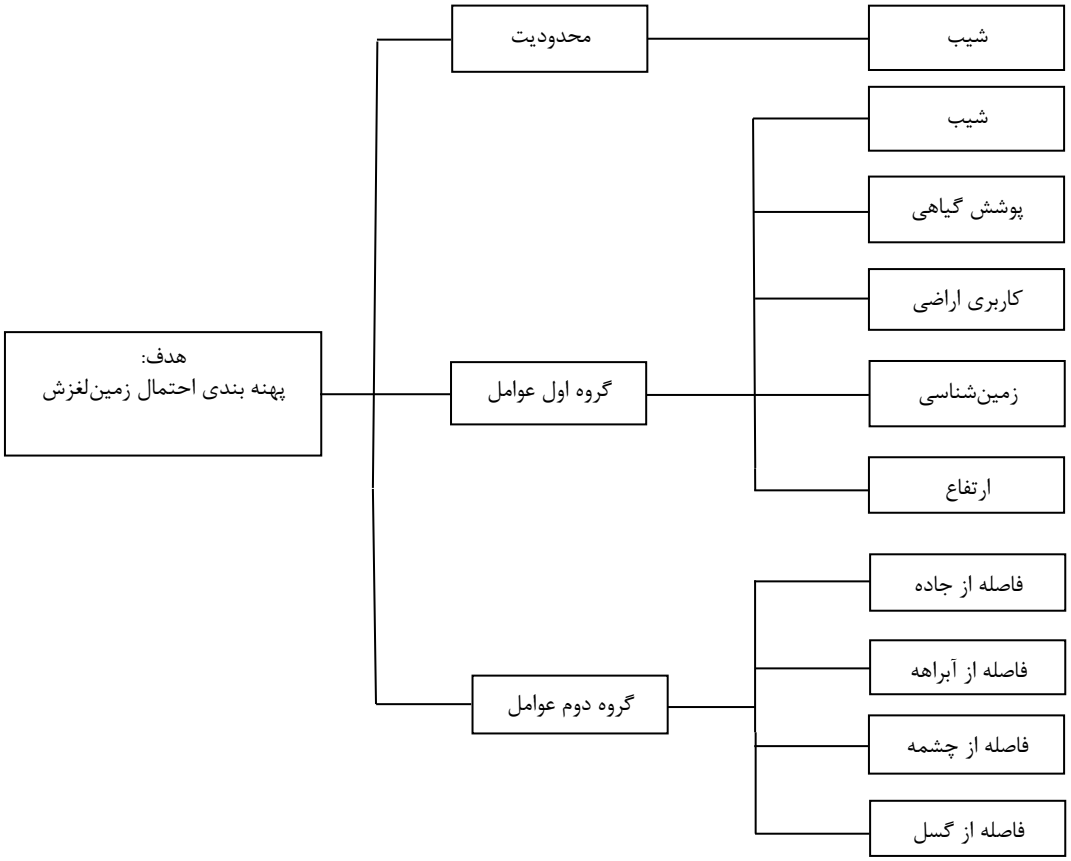
اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش

هدف نهایی از این تحقیق تهیه نقشه خطر احتمالی زمین‌لغزش استاین پژوهش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام‌شده که وزن‌دهی به عوامل نیز با استفاده از روش‌های مقایسه زوجی (AHP) و رتبه‌بندی با توجه به نظر کارشناس انجام گردید (Zoghi, 2017). از مزایای روش AHP این است که اعمال نظر کارشناسی توسط افراد را آسان کرده و احتمال خطا را کاهش می‌دهد. همچنین در این روش می‌توان تعداد زیادی از عوامل را دخالت داده و با استفاده از نظر کارشناسی وزن مراحل را بدست آورد. (جلالی، ۱۳۸۱)

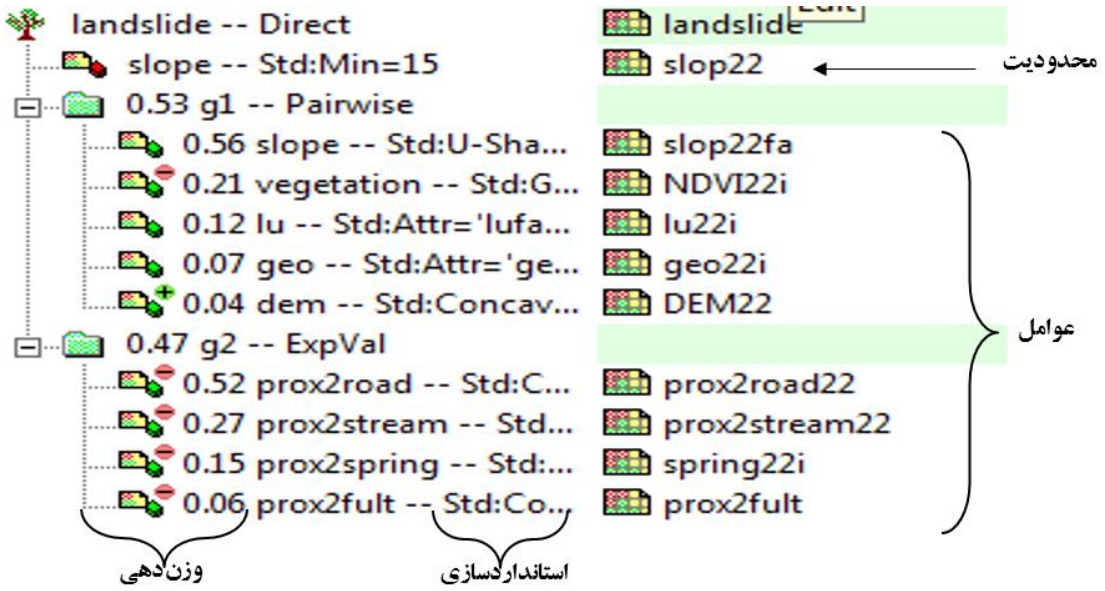
با توجه به بررسی‌های میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای عوامل تأثیرگذار در زمین‌لغزش شامل ۹ عامل شامل شیب، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از چشمه‌ها و همچنین عوامل محدودکننده شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد شناسایی گردید. با توجه به اینکه تعداد عوامل زیاد است آنها در ۲ گروه قرار دادیم (شکل ۲) و محدودیت‌ها را به روش بولین و عوامل را به روش فازی استاندارد شد. لازم به توضیح است که عامل شیب در محدودیت‌ها ابتدا بولین در آن اثر می‌کند و شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد حذف می‌شود سپس به گروه عامل‌ها وارد می‌شود تا قسمت‌های باقی مانده که شیب‌های بیشتر از ۱۵ درصد هستند در عوامل استادندار فازی شده و در اولویت بندی شرکت داده شود. (شکل ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: درخت تصمیم گیری



شکل ۳: وزن‌دهی و استانداردسازی عوامل و محدودیت‌ها

www.SID.ir

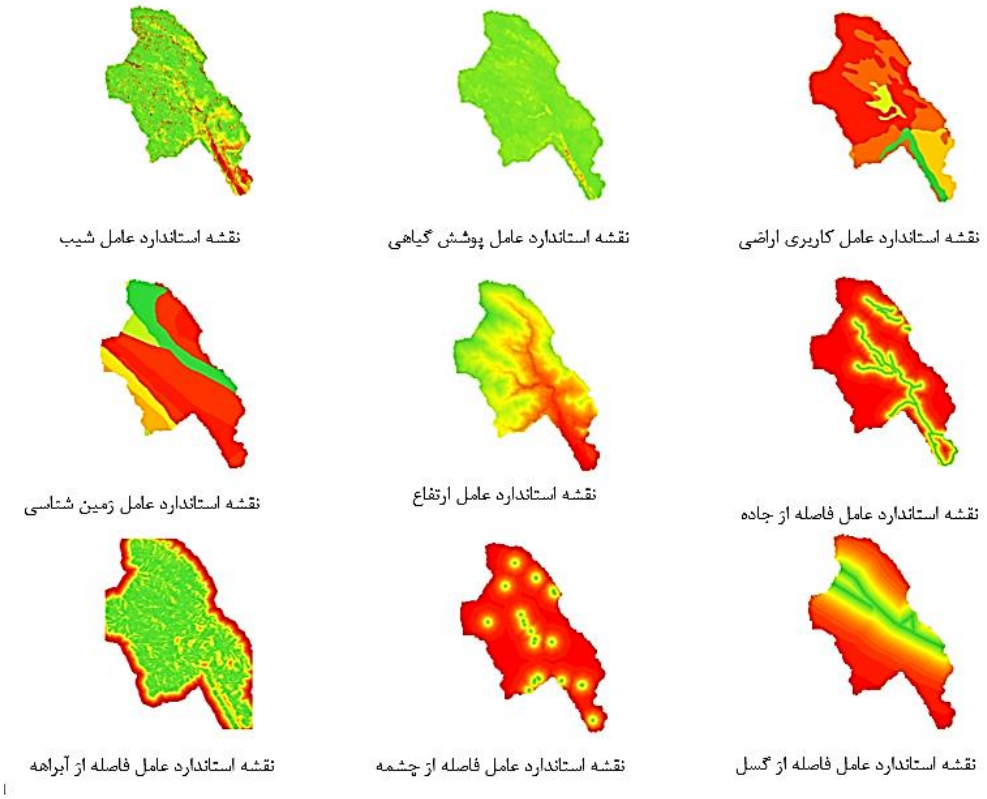
Archive of SID

همچنین عوامل گروه ۱ شامل شیب، پوشش گیاهی، زمین‌شناس، کاربری اراضی، ارتفاع به روش AHP یا مقایسه زوجی وعوامل گروه۲ شامل فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از چشمه‌ها به روش رتبه‌بندی وزن‌دهی گردید (جدول ۱).

جدول ۱: وزن‌دهی به به روش رتبه‌بندیو مقایسه زوجی (AHP)

گروه اول		گروه دوم	
وزن	عامل	وزن	عامل
۰/٥٦	شیب	۰/٥۲	فاصله از جاده
۰/۲۱	پوشش گیاهی	۰/۲۷	فاصله از آبراهه
۰/۱۲	کاربری اراضی	۰/۱٥	فاصله از چشمه
۰/۰۷	زمین‌شناسی	۰/۰٦	فاصله از گسل
۰/۰٤	ارتفاع		

باید دقت شود که در وزن‌دهی ضریب ناسازگاری نبایستی بیشتر از ۰,۱ شود که در این تحقیق ۰,۰۷ است. برای وزن‌دهی از نظرات کارشناسان و مقالات موجود استفاده شده است. ابتدا نقشه مناطق لغزش‌خیز از نظر هر یک از عوامل تهیه گردید (شکل ٤) و نهایتاً با توجه به فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و از تلفیق نقشه تمام عوامل، نقشه نهایی پهنه‌بندی زمین‌لغزش بدست آمد (شکل ٥).



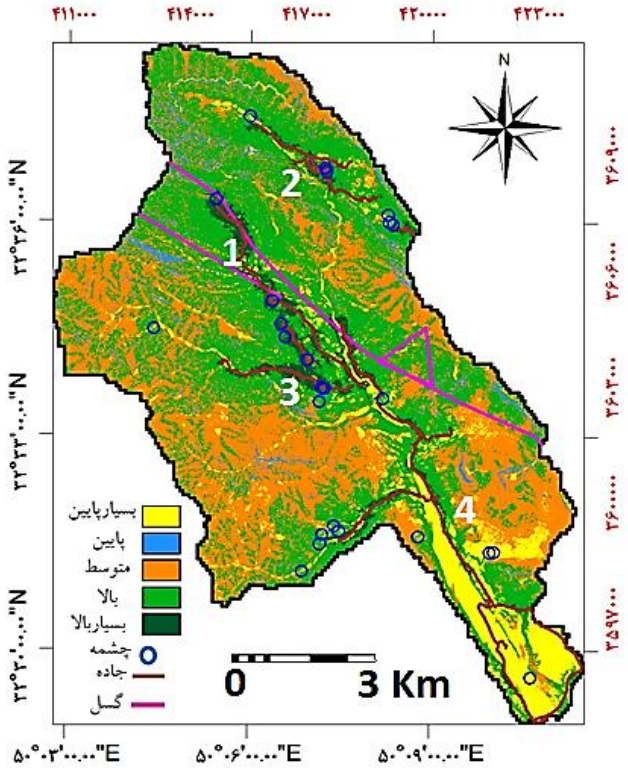
شکل ٤: نقشه های عوامل بعد از اعمال توابع استاندارد فازی

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی بدست آمد که در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ٥: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز چلگرد چهارمحال و بختیاری

نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش نشان می‌دهد که در بین سازندهای زمین‌شناسی سازند خانکت و نیریز (متشکل ازلایه‌های آهکی آرژلیک نازک لایه و شیل و سیلت) بیشترین احتمال زمین‌لغزش در حوزه آبخیز چلگرد وجود دارد. همچنین فاصله ٥٠٠ متری از جاده و ٤٠٠ متری از آبراهه بخاطر بریدگی حاصل از جاده و همچنین افزایش رطوبت اطراف آبراهه‌ها و بر هم خوردن تعادل شیب باعث ناپایداری دامنه‌ها شده و افزایش لغزش را در پی دارد که این نتایج با نتایج تحقیقات محمدی و همکاران (١٣٨٨) مطابقت دارد. همچنین این موضوع با تحقیقات کریمی سنگچینی (١٣٨٩) نیز همخوانی دارد که با استفاده از روش دو متغیره وزنی به این نتیجه رسید که عامل فاصله از جاده و رطوبت در کنار عواملی مانند فاصله از گسل از مهمترین عوامل زمین‌لغزش می‌باشند. Jamali and Abdolkhani (2009) نیز اثر جاده‌سازی را در وقوع زمین‌لغزش تأیید کرده‌اند.

بررسی درصد شیب نیز نشان می‌دهد که شیب ٥٠–٢٥ درصد بیشترین حساسیت را نسبت به زمین‌لغزش دارد که با مطالعات احمدی و همکاران (١٣٨٤) همخوانی دارد. بررسی طبقات ارتفاعی نیز نشان می‌دهد که طبقات حداکثر تا٢٦٠٠ متری منطقه بیشترین حساسیت را نسبت به زمین‌لغزش دارد. در ارتفاعات بالا بدلیل بارش برف و در نتیجه یخبندان در مدت طولانی از سال، پدیده خاک‌زایی کاهش یافته و در نتیجه زمین‌لغزش کاهش می‌یابد. حسین‌زاده و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۱۳۸۸) در بررسی عوامل موثر در زمین‌لغزش در سنندج دهگلان نیز به این نتیجه رسید که عوامل شیب و ارتفاع از عوامل اصلی در ایجاد زمین‌لغزش می‌باشند.

همچنین درخصوص کاربری‌ها نیز کاربریهای باغ و کشاورزی بدلیل دخالت بشر در طبیعت، ساخت و ساز و افزایش بار بر دامنه‌ها و در نتیجه ناپایداری دامنه‌ها بالاترین حساسیت را به وقوع زمین‌لغزش دارند که با نتایج تحقیقات محمدی و همکاران(۱۳۸۸) و Jamali and Abdolkhani (2009) همخوانی دارد. در خصوص گسل‌ها نیز اگر چه تعداد گسل‌ها در منطقه بسیار کم است ولی در نقاطی که گسل با جاده تلاقی دارد احتمال زمین‌لغزش افزایش می‌یابد.

مطابق جدول زیر ٤٩ درصد از منطقه که دارای مساحتی حدود ۵۷/۲ کیلومتر مربع است در معرض خطر بالا و بسیار بالا از نظر زمین‌لغزش قرار دارند. همچنین مطابق شکل ۱۲ در نقاطی که تمام عوامل موثر بر زمین‌لغزش متمرکز شده‌اند بیشترین درصد احتمال زمین‌لغزش وجود دارد (نقاط ۱، ۲ و ۳) و بر عکس در نقاط با شیب کم که در خارج از حریم جاده‌ها و در نقاط با رطوبت کم قرار دارند احتمال وقوع زمین‌لغزش به مراتب کمتر است (نقطه ٤).

جدول ۳:طبقه‌بندی پتانسیل و درصد خطر زمین‌لغزش

خطر زمین‌لغزش	رده	مساحت به متر مربع	درصد مساحت
بسیار پایین	۱	۱۲۲٦٥۳۰۰	۱۰،٤۹
پایین	۲	۳٤۰۳۹۰۰	۲،۹۱
متوسط	۳	٤٤۰٤٥۱۰۰	۳۷،٦۷
بالا	٤	٥۲۱۹۷۷۰۰	٤٤،٦٥
بسیار بالا	٥	٥۰۰۰۹۰۰	٤،۲۸

نتیجه‌گیری

روش ارزیابی چند معیاره مکانی پتانسیل زیادی به منظور کاهش هزینه، زمان و بالا بردن دقت تصمیم‌گیری مکانی در زمینه شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش دارد و به مدیران برای تصمیم‌گیری‌های بهتر جهت برنامه‌ریزی و مدیریت کاربری اراضی کمک می‌کند. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز چلگرد با این روش و مطابقت آن با نقشه واقعیت زمین‌لغزش‌های منطقه نشان‌دهنده دقت بالای این روش جهت شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش است. مطابق نقشه نهایی از لحاظ اولویت‌بندی عوامل مرتبط با انسان اولویت اول در وقوع پدیده زمین‌لغزش مربوط به عامل جاده‌سازی در منطقه است و پس از آن از نظر کاربری اراضی مناطقی که کاربری باغ و کشاورزی دارند بیشترین تأثیر را در ایجاد زمین‌لغزش دارند بطوریکه خاکورزی و لرزاندن دامنه و آبیاری اراضی با افزایش درصد رطوبت خاک و فشار آب منفذی و در نتیجه کاهش چسبندگی و ضریب اصطکاک داخلی خاک، خطر زمین لغزش را افزایش می‌دهد. همچنین وزن ناشی از درختان تنومند در باغات و نیز انتقال نیروی باد از طریق شاخه‌ها به تنه و ریشه درخت و مواد دامنه باعث تسهیل پدیده زمین لغزش می‌گردد (Masoumi et al. 2014). از نظر عوامل طبیعی فاکتورهای شیب، پوشش گیاهی، سازندهای زمین‌شناسی و ارتفاع به ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

اولویت‌های اول تا چهارم را در وقوع پدیده زمین‌لغزش به خود اختصاص می‌دهند. لذا با توجه به نقاطی که در نقشه نهایی (شکل ١٢) مشخص گردیده است بیشترین احتمال زمین‌لغزش مربوط به مناطقی است که دارای شیب متوسط بوده و در مجاورت جاده‌ها و آبراهه‌ها قرار دارند و همچنین به دلیل وجود چشمه‌ها و آبراهه‌ها رطوبت خاک افزایش یافته است. در پایان با توجه به پتانسیل بالا حوزه چلگرد برای وقوع زمین‌لغزش پیشنهاد می‌گردد در مدیریت منطقه خصوصاً اجرای طرح‌های عمرانی و از جمله احداث جاده‌ها این موضوع مد نظر قرار گیرد.

منابع:

احمدی، ح، محمد خان، ش. فیض‌نیا، س؛ و قدوسی، ج. ١٣٨٤، ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)، مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان، مجله منابع طبیعی ایران، ٥٨: ١٤-٣

باقریان، ر، گودرزی، م و غیومیان، ج. ١٣٨٤، بررسی خسارات اقتصادی- اجتماعی زمین‌لغزش (مطالعه موردی: زمین‌لغزش‌های امامزاده علی هراز و باریکان طالقان)، نشریه علمی- پژوهشی آب و آبخیز، شماره ٢، ١٣٨٤

جلالی، ن، ١٣٨١، ارزیابی تعدادی از روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز طالقان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

حسن‌زاده، م. چابک، م؛ و ابراهیمی، ز.١٣٨٩، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی(SMCE) (مطالعه موردی :حوضه آبخیز شلمانرود) مجله پژوهشهای حفاظت آب‌وخاک جلد نوزدهم، شماره اول.١٣٩١

حسین‌زاده، محمد مهدی: ثروتی، محمدرضا: منصوری، عادل: میرباقری، بابک: خضری، سعید ١٣٨٨، پهنه‌بندی ریسک وقوع حرکات توده‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک. مطالعه موردی محدوده مسیر سنندج- دهگلان. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال سوم، شماره ١١، ٢٨-٣٧.

فاطمی عقدا، س.م. غیومیان، ج؛ و اشقلی فراهانی، ع. ١٣٨٢. ارزیابی کارایی روش‌های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین‌لغزش، مجله علوم و زمین، ١١ (٤٧-٤٨)، ٢٨-٤٧.

کرم، ع.ا، ١٣٨٣، کاربرد مدل ترکیب خطی و زین (WLC) در پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش، مطالعه موردی؛ منطقه سرخون در استان چهار محال و بختیاری، مجله جغرافیا و توسعه،١٣١-١٤٦.

کریمی سنگچینی، ابراهیم ١٣٨٩، ارزیابی خطر، خسارت و برنامه مدیریت زمین‌لغزش حوضه آبریز چهل چای استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مرتع و آبخیزداری علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

محمدی م، پورقاسمی، ح ر. مرادی، ح ر. داودی، م. ١٣٨٦، کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی و GIS در شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغرش، پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ٦ تا ٨ اسفند ماه.

Arianpour, M. and Jamali, A.A., 2015. Flood Hazard Zonation using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in GIS (Case Study: Omidieh-Khuzestan). European Online Journal of Natural and Social Sciences, 4(1), p.39.

www.SID.ir

Archive of SID

Atkinson. P.M. and Massari, 1998, Generalized linear modelling of susceptibility to land sliding in the central Apennines, Italy.comput Geosci, 24 (4):373-385

Ayalew, L. H. Yamagishi, H. Marui, T. Kanno. 2016, Landslides in Sado Island of Japan: Part 10. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications.J. Geol. 81: 432-445.

Greco, R. M. Sorriso-Valvo, E. Catalano. 2007, Logistic regression analysis in the evaluation of mass movements' susceptibility: the Aspromonte case study, Calabria, Italy. J. Eng. Geology 89: 47-66.

Can, T. Nefaslioglu, H.A. Gokceoglu, C. Sonmez, H, and Duman, T.Y. 2005, Susceptibility assessment of shallow earthflows triggeredby heavy rainfall at three sub catchments by logistic regression analyses. Geomorphology, 72: 250-271

Cook, Ario. Dourcamp, J. C. 1990, Geomorphology and Environmental Management (Volume I), translated Shapur Goodarzinejad, 1377, Samtpublishing.

Dai, F.C. and Lee, C.F. 2001. Terrain- based mapping of landslide susceptibility using a geographical information system: a case study. Can Geotech J. 38: 911-923

Ding, Q., Chen, W. and Hong, H., 2017. Application of frequency ratio, weights of evidence and evidential belief function models in landslide susceptibility mapping. Geocarto International, 32(6), pp.619-639.

Donati, L. and Turrini, M.C. 2002. An objective method to rank the importance of the parameters predisposing to landslides with the GIS methodology application to an area of the Appennines (Valnering; Perugia, Italy). Eng Geol, 63:277-289

Ercanoglu, M. and Gokceoglu, C. 2002, Assessment of landslide susceptibility for a landslide- prone area (norh of Yenice, NW Turkey) by fuzzy approach. Environ Geol, 41: 720-730.

Jamali, A.A. and Abdolkhani, A., 2009. Preparedness Against Landslide Disasters by GIS and Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) Case Study: Manshad Watershed In Iran. International Journal of Geoinformatics, 5(4), p.25.

Gomez, H. and kavzoglu, T. 2005, Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabanosa River Basin, Venezuela. Eng Geol, 78: 11-27.

Jamali, A.A., Ghoddousi, J. and Zarekia, S., 2009. Multicriteria, decision, analytic hierarchy process and fuzzy standardization techniques to determine the most critical rangelands in watershed. Iranian Journal of Range and Desert Research, 15(4), pp.475-484.

Jibson, W.R. Edwin, L.H. and John, A.M. 2000. A method for production digital probabilistic seismic landslide hazard maps. Eng Geol, 58: 271-289.

Koehorst, B.A.N. O. kjekstad, D. patel, Z. Lubkowski, J.G. Knoeff, G. J. Akkerman, 2005 work package 6 Determination of Socio- Economic Impact of Natural Disasters, Assessing socio economic Impact in Europe, pp. 173.

Lan, H.X. Zhou, C.H. Wang, L.J.Zhang, H.Y. Li, R.H, 2004, landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. Engineering Geology 76: 109-128.

Lee, S. 2007, Application and Verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 50, 847-855

Lee, S. and Dan, N. T. 2016, Probabilistic landslide susceptibility mapping in the Lai Chau province of Vietnam: focus on the relationship between tectonic fractures and landslides. Environ Geol, 48: 778-787.

Masoumi, H., Jamali, A.A. and Khabazi, M., 2014. Investigation of role of slope, aspect and geological formations of landslide occurrence using statistical methods and GIS in some watersheds in Chahar Mahal and Bakhtiari Province. Journal of applied environmental and biological sciences, 4(9), pp.121-129.

Nielsen, T.H.Wright, R.H. Vlasic, T.C. and Spangle, W.E. 1979. Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay region, California. US Geological Survey Professional, 944p.

Zoghi, M., Ehsani, A.H., Sadat, M., javad Amiri, M. and Karimi, S., 2017. Optimization solar site selection by fuzzy logic model and weighted linear combination method in arid and semi-arid region: A case study Isfahan-IRAN. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, pp.986-996.

www.SID.ir