نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۳، شماره ۷۰، زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۸۸-۱۶۹

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۲۰

پهنه بندی خطر وقوع ناپایداری دامنه ای در حوضه آبریز بالقلو چای اردبیل با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی

شهرام روستایی [۱]
کریستینه جانانه [۲]

چکیده

زمین لغزش‌ها و ناپایداری‌های دامنه از جمله مخاطرات طبیعی مهمی هستند که همه ساله موجب خسارت‌های جانی و مالی و از دست رفتن منابع اقتصادی می‌شوند. این مخاطرات بیشتر در شیب‌های طبیعی یا تغییر یافته به دست انسان اتفاق می‌افتد. پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش از جمله روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان مناطقی را که در معرض خطر وقوع زمین لغزش هستند تعیین کرد و با استفاده از نقشه‌های پهنه بندی شده جهت تقلیل خسارات ناشی از آن برنامه ریزی و مدیریت انجام داد. در این تحقیق به بررسی پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز بالقلو چای پرداخته شده است. در این تحقیق ابتدا عوامل مهم هشت گانه شیب، جهت شیب، زمین شناسی، خاک، اقلیم، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و کاربری اراضی تشخیص داده شدند. مواد و روش مورد استفاده در این تحقیق سلسله مراتبی فازی در محیط GIS می‌باشد به این صورت که پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از پارامترهای فوق و وزن دهی به آن‌ها در محیط GIS نقشه پتانسیل خطر با روش سلسله مراتبی (AHP) تهیه شد و طبقه بندی با روش فازی در محیط GIS انجام شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین درصد در سطح حوضه به ترتیب مربوط به پتانسیل پایین (۳۲,۲۱٪) و کمترین درصد مربوط به پتانسیل بسیار بالا

۱ – استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز(نویسنده مسئول)
Email: roostaei@tabrizu.ac.ir-Tel: 09143134410
۲ – دانشجوی دکتری مخاطرات محیطی– ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز

www.SID.ir

(۱۳,۵٪) می‌باشد. مناطق با پتانسیل بسیار بالا و بالا برای وقوع زمین لغزش با مساحت ۳۲۷,۳۹ کیلومتر مربع در شمال غرب و قسمت‌های کوچکی در جنوب و شرق حوضه واقع شده‌اند و پتانسیل بسیار پایین و پایین با مساحت ۵۰۴,۰۶ بیشتر قسمت‌های میانی تا شمال شرق و جنوب حوضه را در بر می‌گیرند.

واژگان کلیدی: پهنه بندی خطر، زمین لغزش، مدل AHP فازی، حوضه بالقلو.

مقدمه

بنا به تعریف انجمن زمین شناسی مهندسی، زمین لغزش عبارت است از جابجایی به سمت پایین تودهایی از مواد بر روی یک شیب (نصیری، ۱:۱۳۸۳). کشور ما با توپوگرافی عمدتا کوهستانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین لغزش‌ها داراست (نیک‌اندیش، ۲۵:۱۳۸۰). حرکات توده‌ای، از مهم ترین و گسترده ترین مخاطرات مناطق کوهستانی است که حیطه فعالیت آن‌ها از تپه‌های ملایم تا کوهستان‌های شیب‌دار است (Gruber et al, 2009:530). در این زمینه زمین لغزش‌ها از پدیده‌های مخرب طبیعی هستند که هر ساله خسارات زیادی به بار می‌آورند. بنابراین، شناسایی قابلیت وقوع زمین لغزش برای برنامه ریزی و مدیریت ضروری است (Kanungo et al, 2006:352). بر اساس برآوردهای اولیه، سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق زمین لغزش‌ها بر کشور وارد می‌شود (ایزانلو، ۲:۱۳۷۶). بنابراین شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های موجود در یک منطقه و پهنه بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکاره‌ای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب ترین و کاربردی ترین گزینه موثر می‌باشد (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶ :۱۱۹)

اگرچه وقوع لغزش در یک منطقه، درکل با شدت و میزان بارش کنترل می‌شود، اما تفاوت‌های محلی و ناحیه‌ای مانند توپوگرافی، ساختار زمین شناسی، عوامل مورفولوژی، پوشش گیاهی و عوامل اقلیمی نیز، در ابعاد زمین لغزش‌ها مؤثر هستند (روستایی و احمدزاده، ۱۳۹۱). پهنه بندی خطر زمین لغزش و دیگر حرکات توده‌ای دامنه‌ای که خود جزو

www.SID.ir

مخاطرات ژئومورفیک محسوب می‌گردند، از طریق مدل‌هایی چون AHP فازی می‌تواند در شناسایی وتعیین حدود مناطق پرخطر و یا نواحی با پتانسیل حرکات توده‌ای برای برنامه ریزان محلی مفید باشد (بهنیافر و قنبر زاده، ۱۳۸۶: ۱۴۱). پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ها معمولا بر اساس خطر وقوع آن یا خطر آفرینی (بالفعل) و یا احتمال وقوع خطر (بالقوه) و نحوه آسیب پذیری صورت می‌گیرد (رجایی، ۱۳۸۲: ۲۴۹). با استفاده از مدل‌ها می‌توان ارزیابی دقیقی از خطر وقوع زمین لغزش انجام داد، به ویژه در روش سلسله مراتبی یا AHP، معیارهای ژئومورفولوژیکی موثر در ناپایداری دامنه‌ها توسط یک ماتریس زوجی امتیاز بندی و وزن گذاری می‌شوند (مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷:۶۰).

در مورد پهنه بندی لغزش‌ها و حرکات توده‌ای تاکنون کارها و بررسی‌های زیادی در سراسر جهان انجام شده است و محققان مختلف با استفاده از انواع روش‌ها، طبقه بندی‌های متعددی را ارائه داده‌اند. روستایی و همکاران (۱۳۹۴)، از روش تحلیل شبکه و تحلیل چند معیارهٔ مکانی برای بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در محدودهٔ سد قلعهٔ چای استفاده کردند، آن‌ها به منظور بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش هشت فاکتور شیب، جهت دامنه، لیتولوژی، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از جاده را مشخص کردند ول‌ایه‌های مربوط ه را در محیط ArcGIS تهیه کردند. بر اساس مدل‌های مورد استفاده مشخص شد که از میان هشت فاکتور مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه عامل کاربری اراضی جهت دامنه بیشترین تأثیر را در وقوع زمین لغزش داشته است بیشترین لغزش‌ها در شریب‌های شرقی و جنوبی و در ارتفاع ۱۷۴۱ تا ۱۸۸۶ به وقوع پیوسته‌اند و در سال‌های اخیر فعالیت‌های انسانی از جمله جاده سازی و سایر ساخت و سازهای انسانی و کشت دیم در این منطقه افزایش یافته است. نتایج حاصل ازای تحقیق نشان داد که روش تحلیل چند معیاره مکانی یا اکتشافی در شناس‌ایی مناطق خطر و پهنه بندی آن در منطقه مورد مطالعه نسبت به روش تحلیل شبکه از عملکرد مناسب تری برخوردار است. عابدینی و فتحی (۱۳۹۳) از ترکیب مدل‌های منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی (Fuzzy AHP) برای پهنه بندی حساسیت خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز خلخال چای در استان اردبیل استفاده کردند و اقدام به شناسایی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی

www.SID.ir

مناطق مستعد خطر وقوع زمین لغزش نمودند. نتایج به دست آمده از تحقیق نشان داد که عواملی نظیر شیب، لیتولوژی، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، زمین شناسی، کاربری اراضی، گسل و جهت شیب به ترتیب اولویت به عنوان مهم ترین عوامل موثر در لغزش به منظور پهنه‌بندی شناس‌ایی گردیده و مورد مطالعه قرار گرفتند و یافته‌های تحقیق نشان داد که حدود(۲۱/۸۲) درصد از زمین لغزش‌ها با مساحتی حدود (۴۶/۳۰) کیلومترمربع در زمره مناطق با لغزه خیزی زیاد و خیلی زیاد و در مناطق شرق و شمال شرق حوضه واقع شده‌اند. آسیایی و همکاران (۱۳۹۲)، برای پهنه بندی وقوع زمین لغزش در حوضه بهشت آباد چهارمحال و بختیاری به ارزیابی دو روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی پرداختند و دو روش سلسله مراتبی (AHP) و سلسله مراتبی فازی (FAHP) را با هم مقایسه کردند به این منظور ابتدا نقشه پهنه بندی خطر با ارائه پرسشنامه با استفاده از روش AHP با نرح ناسازگاری ۰/۰۷ تهیه شد، سپس با مشخص کردن تابع عضویت فازی برای هر یک از پارامترها، نقشه پهنه بندی خطر با روش FAHP تهیه شد و دو نقشه نهایی با روش جمع مطلوبیت با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که دقت روش FAHP در مقایسه با روش تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی بهتر می‌باشد ولی این اختلاف زیاد معنادار نیست. روستایی (۱۳۸۳)، در روستای نصیرآباد ورزقان با استفاده از روش‌های کمی عوامل ایجاد زمین لغزش بزرگ این منطقه در سال ۱۳۷۴ را مورد بررسی قرار داد. وی داده‌های زمین شناسی و عوامل ژئومورفولوژیکی موثر در ناپایداری‌های دامنه‌ای را بررسی کرد و با بررسی-های میدانی و داده‌های جمع آوری شده در رابطه با زمین شناسی، اقلیم، پوشش گیاهی، نوع خاک و با به کار گیری روش‌های مورفومتری نشان داد که بارش‌های ناگهانی شدید و نفوذ آب‌های سطحی در بالادست دامنه به داخل مواد نهشته‌ای و ضخامت زیاد نهشته‌های سطحی در روی دامنه‌های با شیب متوسط، غلت اصلی وقوع رانش زمین بوده است. در مورد حوضه مورد مطالعه در این تحقیق نیز چندین پیشینه تحقیق وجود دارد که در این جا به دو مورد از آن‌ها اشاره می‌گردد: قاسمی و همکاران (۱۳۹۳) در حوضه رودخانه بالقلو چای به بررسی سیل خیزی و عوامل موثر بر آن پرداختند و از روش‌های GIS و AHP,RS استفاده کردند در این مطالعه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافی‌ایی (GIS)، تصاویر

www.SID.ir

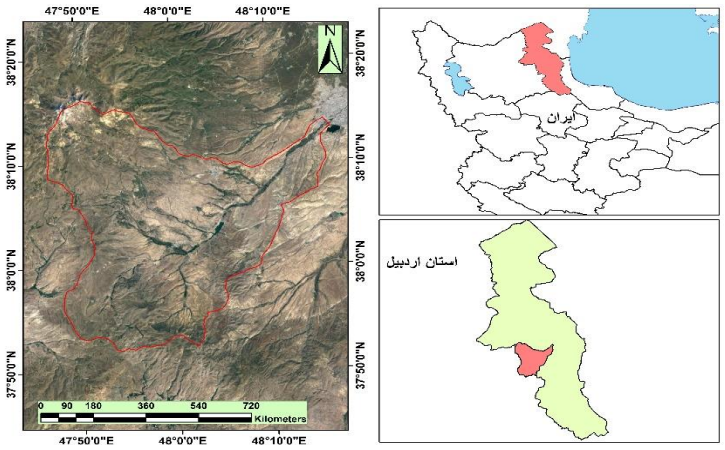
ماهوارهای، دادههای ستگاه باران سنجی و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی کارآمد برای نقشهٔ خطر سیل خیزی حوضه و زیرحوضههای رودخانهٔ بالقلو چای ارائه شده است. نقشهٔ خطر سیل خیزی بر پایهٔ تأثیرات ترکیبی عوامل فیزیکی و اقلیمی تهیه و از ۸ عامل فیزیکی شامل مساحت، شیب، جهت، زمان تمرکز، تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، ضریب شکل و شمارهٔ منحنی و ۲ عامل اقلیمی شامل متوسط بارندگی سالانه و متوسط حداکثر بارندگی روزانه استفاده شد. از GIS برای تولید لایههای عوامل و از بازدید میدانی و تصاویر ماهوارهای به منظور اصلاحات مورد نیاز لایههای تهیه شده استفاده شد. سپس، از طریق توزیع پرسش نامه و جمع آوری نظرهای کارشناسی با استفاده از روشAHPبه هر یک از معیارها و زیرمعیارها وزنی اختصاص یافت. با همپوشانی لایههای وزن دار شده در محیط GIS نقشهٔ خطر سیل خیزی تهیه شد. نتایج نشان داد که قسمتهای جنوبی و شمال غرب حوضه از نظر تولید سیلاب بسیار مستعد هستند. همچنین زیر حوضه سقز چای در قسمت جنوبی حوضه بالقلو چای از نظر سیل خیزی در رتبه اول و زیر حوضه لاطران چای در رتبه آخر قرار دارد. اسمعلی و همکاران (۱۳۸۶) در حوضه بالقلو چای به مدل سازی فرسایش و تولید رسوب و تهیه نقشه خطر فرسایش آبی پرداختند در این تحقیق رابطه بین مقدار تولید رسوب محاسبهای در سطح واحدهای کاری با تغییرات عوامل زیست محیطی ثابت و متغیر، از طریق بررسیهای آماری به دست آمد و مؤثرترین عوامل در تولید رسوب و فرسایش منطقه مشخص شدند. سپس یک ساختار تجربی برای مدل سازی فرسایش و تولید رسوب منطقه تبیین شد که با الگو گرفتن از مدلMPSIAC به انجام رسید. در فرمولبندی مدل جدید، از هشت عامل مؤثر در فرسایش آبی منطقه استفاده شد که شامل عوامل حساسیت به فرسایش سازند زمین شناسی، فرسایش پذیری خاک، فرسایندگی باران، فرسایندگی رواناب، پستی و بلندی، تراکم آبراههها، شاخص تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و وضعیت زمینی فرسایش میباشند. سپس از بین عوامل انتخاب شده، پارامترهایی انتخاب شدند که در نهایت میتوان با استفاده از آنها، ساختار مدل را بدست آورد، از مجموع امتیازات عوامل هشت گانه، مقدار M به دست آمد که با استفاده از رابطه نمایی آن با مقدار رسوب، در نهایت مقدار فرسایش و رسوب تولیدی منطقه محاسبه شد. همچنین ارزیابی دقت مدل در

www.SID.ir

حوزه آبخیز "نیر" به انجام رسید که نتایج حاصله نشان دهنده دقت نسبتاً بالای مدل بود. در آخر نیز نقشه خطر فرسایش آبی منطقه با استفاده از مدل جدید، تهیه و ارائه شد

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه شده درقسمت جنوب شرقی کوه‌های سبلان در استان اردبیل بین طول های جغرافی‌ایی ´۴۸ °۴۷ تا ´۱۲ °۴۸ و عرض‌های جغرافیایی ´۵۱ °۳۷ تا ´۱۶ °۳۸ شمالی واقع شده است. رودخانه اصلی آن بالقلو چای می‌باشد که از طریق رود قره سو و دره رود به رود ارس و در نهایت به دری‌ای خزر می‌ریزد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز بالقلو چای را در شمال غرب‌ای ران، غرب استان اردبیل و شرق استان آذرب‌ایجان شرقی نشان می‌دهد. اقلیم این منطقه نیمه خشک تا مدیترانه‌ای است که متوسط بارش سالانه آن بین ۳۵۰ تا ۹۷۶ میلی متر است که با افزایش ارتفاع بارندگی‌ها تبدیل به برف می‌شوند و بعضا داری یخچال‌های طبیعی است. مرتفع‌ترین نقطه حوضه ۴۸۱۱ متر ارتفاع دارد که مربوط به قله کوه سبلان در قسمت شمال غربی حوضه و پست ترین نقطه حوضه با ۱۴۳۲ متر ارتفاع در قسمت خروجی حوضه در سمت شمال شرقی واقع شده است.



شکل(۱): موقعیت جغرافی‌ایی حوضه آبریز بالقلو چای

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

روش جمع آوری اطلاعات درای ن تحقیق مبتنی بر مطالعات میدانی می‌باشد. در این راستا، ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل ارث، زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند و سپس با مراجعه به منطقه به صورت میدانی و با استفاده از دستگاه GPS، ارتفاع و موقعیت زمین لغزش‌ها ثبت گردید و با زمین لغزش‌های شناسایی شده در گوگل ارث تطبیق داده شد. علاوه بر این، زمین لغزش‌های دیگری را که در گوگل ارث قادر به شناسایی نبودند، به صورت میدانی شناسایی و ثبت شدند. در مرحله بعد اقدام به شناسایی و مطالعه عوامل تاثیرگذار در وقوع این زمین لغزش‌ها شد. درای ن پژوهش از ۸ پارامتر طبیعی و انسانی (شیب، جهت شیب، زمین شناسی، خاک، اقلیم، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و کاربری اراضی)، جهت اجرای مدل و پهنه بندی حساسیت زمین لغزش استفاده شده است. جهت تهیه داده‌ها از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه استفاده شد که در محیط Arc GIS رقو می‌گردید و برای هر یک از پارامترهای موثر لایه‌ای جداگانه ایجاد شد. سپس هر یک از لایه‌ها به صورت مجزا وزن دهی شدند و با روی هم گذاری لایه‌های موجود نقشه نهایی به دست آمد.

بعد از تهیه نقشه عوامل موثر بر خطر لغزش و نقشه پراکنش لغزش‌ها، هر یک از عوامل و کلاس‌های مربوط به آن وزن دهی شدند. درای ن تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که یکی از مدل‌های چند معیاره تصمیم گیری است برای وزن دهی عوامل موثر بر وقوع لغزش و معیاره‌ای هر یک از آن‌ها استفاده شده است. AHP یک روش نیمه کیفی در مطالعه زمین لغزش است که شامل یک ماتریس وزن دهی بر مبن‌ای مقایسات زوجی بین عوامل بوده و میزان مشارکت هر یک از عوامل را در وقوع زمین لغزش مشخص می‌کند (Ayalew et al, 2005:441)

روش کار بدین صورت است که ابتدا به منظور تعیین ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی از نظر کارشناسی بر مبن‌ای مقایسات زوجی استفاده می‌شود، به طوری که تصمیم گیرنده ارجحیت یک عامل را نسبت به علل دیگر بر اساس جدول (۱) در نظر می‌گیرد وای ن نظرات کارشناسی را به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل می‌کند. اگر شاخص

www.SID.ir

محاسبه شده کمتر از ۰,۱ باشد نتایج قابل قبول بوده و در غیراین صورت باید دوباره در وزن دهی تجدید نظر شود.

برای محاسبه معیارها با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی نیز مانند روش تحلیل سلسله مراتبی پارامترها وزن دهی شده و توسط ماتریس مقایسه، دو به دو با هم سنجیده می‌شوند و سپس معیاره‌ای کمی و کیفی تبدیل به فازی می‌شوند و در وزن بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی ضرب می‌شوند و نقشه نهایی سلسله مراتبی فازی به دست می‌آید.

جدول(۱): مقایسه زوجی عوامل مؤثّر در وقوع لغزش

وزن نهایی	فاصله از جاده	خاک	شیب	کاربری اراضی	اقلیم	زمین شناسی	جهت شیب	فاصله از رودخانه	CR= 0
۰/۰۷۷۳	۰/۳۳۳	۲	۰/۲	۴	۰/۳۳۳	۰/۵	۳	۱	فاصله از رودخانه
۰/۰۴۰۸	۰/۵	۰/۵	۰/۱۶۶۷	۳	۰/۲۵	۰/۲	۱	۰/۳۳۳	جهت شیب
۰/۱۴۷۲	۴	۳	۰/۲۵	۴	۰/۵	۱	۵	۲	زمین شناسی
۰/۱۷۵۶	۴	۳	۰/۲	۴	۱	۲	۴	۳	اقلیم
۰/۰۲۸۷	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۱۶۶۷	۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۰/۲۵	کاربری اراضی
۰/۳۸۸۲	۶	۵	۱	۶	۵	۴	۶	۵	شیب
۰/۰۶۸۵	۲	۱	۰/۲	۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۲	۰/۵	خاک
۰/۰۷۳۶	۱	۰/۵	۰/۱۶۶۷	۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۲	۳	فاصله از جاده

مقدار CR برابر با ۰ به دست آمد و چون کمتر از ۰/۱ است بنابراین ارزشی که به عوامل داده ایم درست می‌باشد.

فازی کردن داده‌ها

پس از وزن دهی و اولویت بندی ۸ لایه حوضه مورد مطالعه با روش سلسله مراتبی، آن‌ها در محیط Arc GIS 10 تبدیل به نقشه‌هایی با منطق فازی شدند. به این ترتیب که تمام لایه‌ها با سیستم مختصات مشترک تهیه شده و برای استفاده در مدل منطق فازی

www.SID.ir

استانداردسازی شدند. لایه‌های وکتوری پلیگونی نیز با دادن کدهای بین ۰ تا ۱ و تبدیل به لایه رستری به حالت فازی تبدیل می‌شوند. عضویت در روش فازی بر اساس یک مقیاس گروه بندی شده از ۱ (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) بیان می‌شود (حیدری نژاد و رنجبر، ۷:۱۳۹۱). هر کدام ازای ن لایه‌ها به تنهایی با توجه به ضابطه و نوع تابعی که برای آن در نظر گرفته شده است، محدودیت و امکانات‌ای جاد زمین لغزش را بیان می‌کند. مدل منطق فازی روشی نوین جهت بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره می‌باشد. مجموعه‌های فازی از طریق تابع عضویت تعریف می‌شوند (مهدوی و همکاران، ۷۰:۱۳۹۰).

بعد از به دست آوردن نقشه‌های نه‌ایی عناصر موثر در فرایند زمین لغزش بر اساس مدل تلفیقی، در نهایت برای همپوشانی و به دست آوردن نقشه نهایی پتانسیل حساسیت و خطـر زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه، نقشه‌های‌ای جاد شده را در محـیط Fuzzy overlay تلفیق کرده و نقشه نه‌ایی پهنه بندی زمین لغزش را با استفاده از مدل سلسله مراتبی فـازی (Fuzzy AHP) به دست آوردیم.

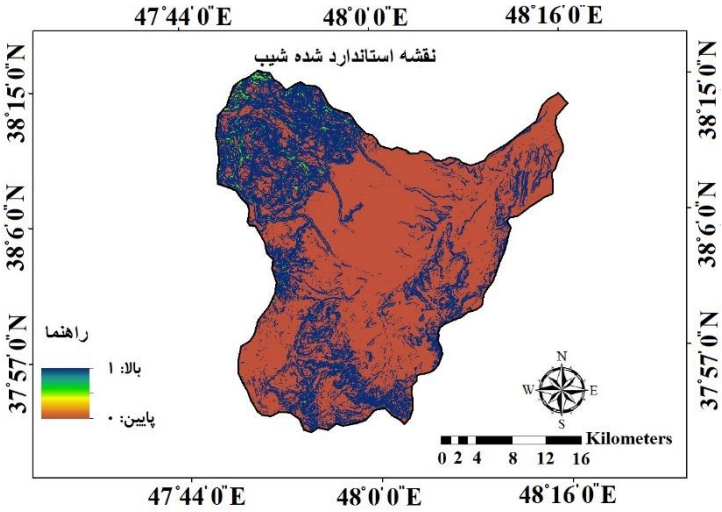
نتایج و بحث

نقشه‌های فازی شده عوامل هشتگانه موثر در احتمال وقوع زمین لغزش و نقشه نهایی پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه بالقلو چای در شکل‌های ۲ تا ۱۰ ارائه شده‌اند. با توجه به نقشه نه‌ایی پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش (شکل ۱۰)، موقعیت پهنه‌های دارای پتانسیل وقوع بسیار بالا و بالا در شمال غرب و قسمت‌هایی از جنوب محدوده، پهنه‌های دارای پتانسیل متوسط و پایین در قسمت‌های مرکزی حوضه و مناطق دارای پتانسیل وقوع بسیار پایین در غرب و شمال شرق منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند. با بررسی نقشه شیب (شکل ۲) مشاهده می‌شود که پتانسیل وقوع زمین لغزش‌ها ارتباط کاملا مستقیمی با مناطق پر شیب حوضه دارد به طوری که شیب در شمال غرب و جنوب منطقه بسیار زیاد بوده و در قسمت‌های مرکزی و شمال شرق شیب کم و بسیار کم است. همچنین بر اساس جدول ۱، وزن نهایی عامل شیب با ۰/۳۸۸۲ بیشتر از سایر عوامل موثر است که این نشان می‌دهد مهم ترین عامل تعیین کننده و موثر در پتانسیل وقوع زمین لغزش در منطقه، شیب می‌باشد. بعد از عامل شیب، عامل اقلیم با وزن نهایی۰/۱۷۵۶ دومین عامل موثر در پتانسیل وقوع زمین لغزش‌های منطقه است، به طوری که از بررسی

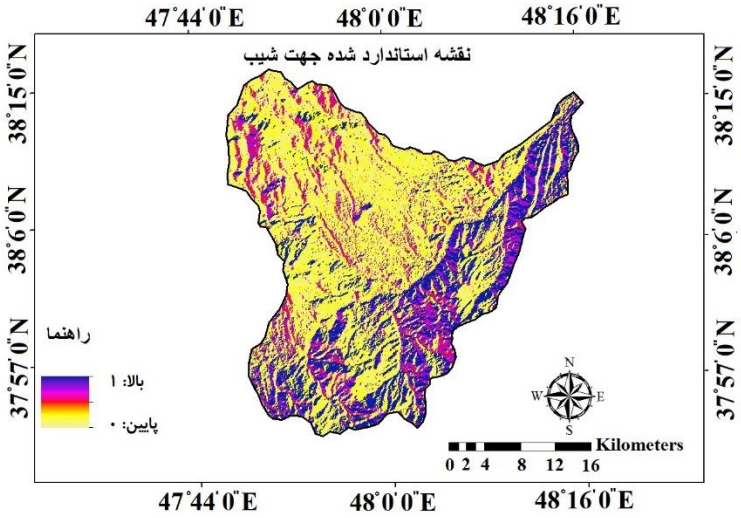
www.SID.ir

نقشه اقلیم حوضه (شکل ۵) نیز مشاهده می‌شود که بخش‌های شمال غرب و جنوب حوضه با دریافت بارش زیاد و قسمت مرکزی و شمال شرق با بارش کم کاملا منطبق بر پتانسیل زیاد و کم وقوع زمین لغزش‌ها هستند. در مورد نقشه‌های فاصله از رودخانه و جاده (شکل‌های ۶ و ۷) لازم به ذکر است که طی بررسی‌های صورت گرفته، هر چقدر فاصله از عوامل ذکر شده بیشتر می‌شود پتانسیل وقوع زمین لغزش‌ها کمتر می‌شود که این امر تا حدی (نه کاملا) با نقشه نهایی پتانسیل وقوع همخوانی دارد. در جدول شماره ۱ نیز این دو عامل دارای وزن‌های نهایی به ترتیب ۰/۰۷۷۳ و ۰/۰۷۳۶ می‌باشند که در حد متوسط اهمیت قرار می‌گیرند. با بررسی نقشه زمین شناسی (شکل ۴) در می‌یابیم که هر جا جنس سنگ‌ها سست تر است پتانسیل وقوع زمین لغزش‌ها در آن قسمت‌ها بیشتر می‌باشد؛ نقشه خاک حوضه نیز کاملا مشابه مورد ذکر شده است (شکل ۸). با توجه به نقشه کاربری اراضی (شکل ۹)، در قسمت‌های شمال غرب و جنوب حوضه میزان کاربری بیشتر است که این عامل نیز منطبق بر نقشه نهایی پتانسیل وقوع زمین لغزش‌های حوضه می‌باشد. اما با بررسی نقشه جهت شیب (شکل ۳) متوجه شدیم که جهت شیب در این حوضه ارتباط مستقیمی با پتانسل وقوع ندارد. در همین راستا با توجه به جدول ۱، کاربری اراضی با وزن نهایی ۰/۰۲۸۷ و جهت شیب با وزن نهایی ۰/۰۴۰۸ کمترین تاثیر را در پتانسیل وقوع زمین لغزش‌های حوضه مورد مطالعه دارند. در مجموع، نتایج بدست آمده از نقشه نهایی پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با تعداد لغزش‌های به وقوع پیوسته در منطقه بر پایه مشاهدات میدانی مطابقت کامل نشان دادند.

www.SID.ir

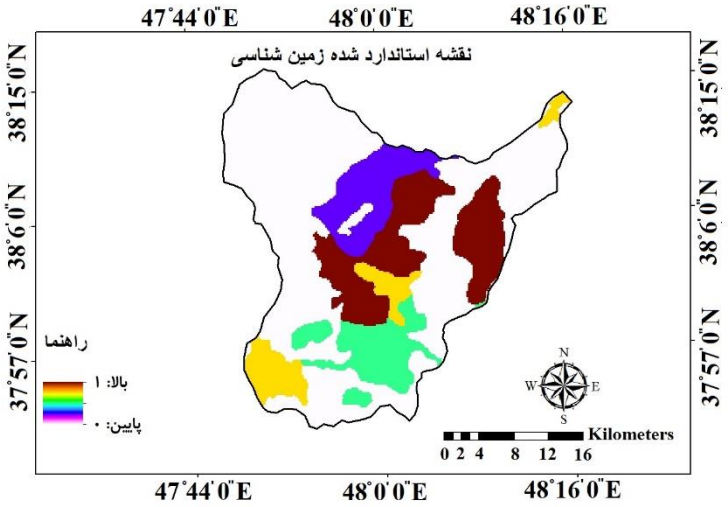


شکل(۲): نقشه فازی شده شیب حوضه آبریز بالقلو چای

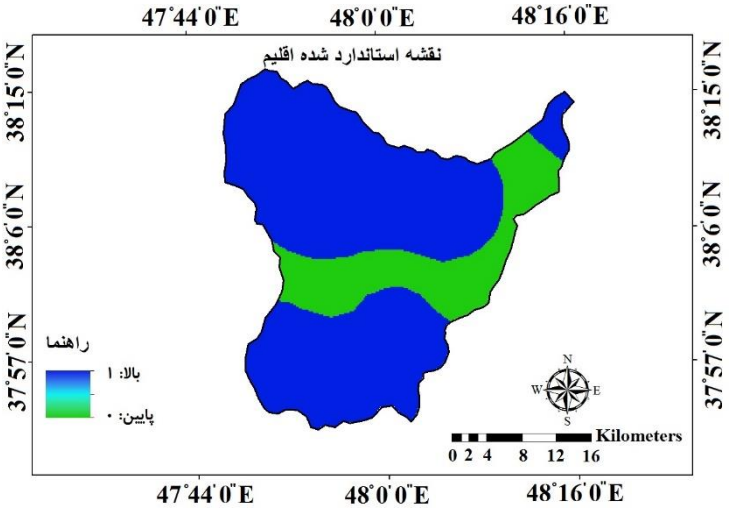


شکل (۳): نقشه فازی شده جهت شیب حوضه آبریز بالقلو چای

www.SID.ir

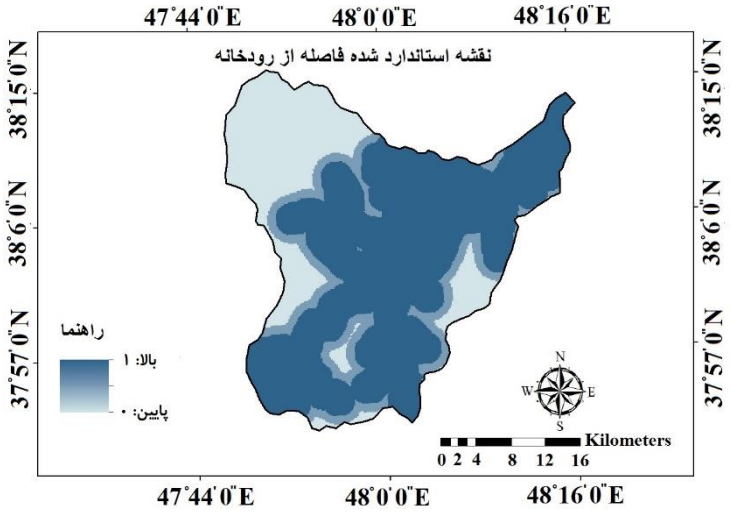


شکل(۴): نقشه فازی شده زمین شناسی حوضه آبریز بالقلو چای

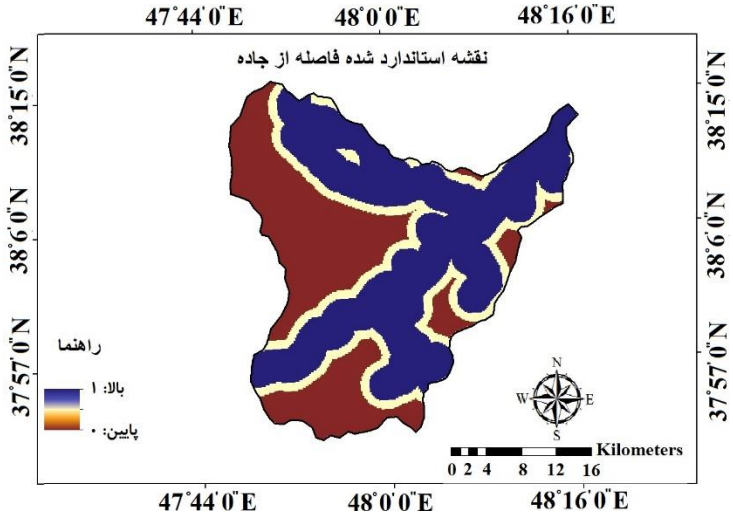


شکل (۵): نقشه فازی شده اقلیم حوضه آبریز بالقلو چای

www.SID.ir

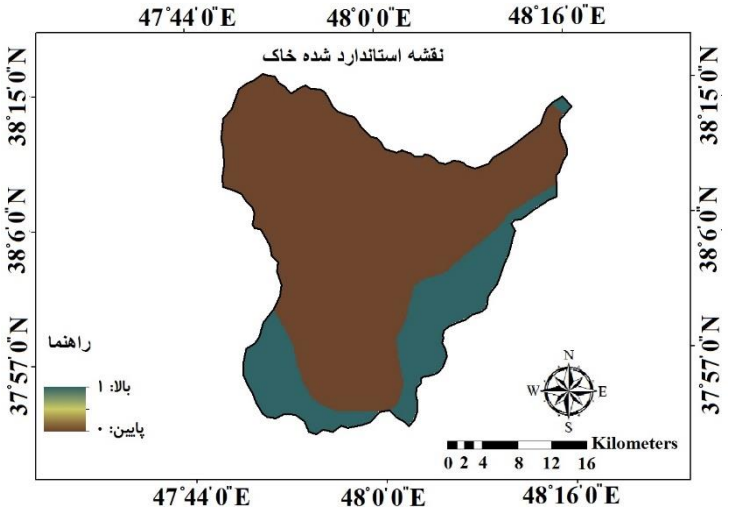


شکل(۶☺ نقشه فازی شده فاصله از رودخانه حوضه آبریز بالقلو چای

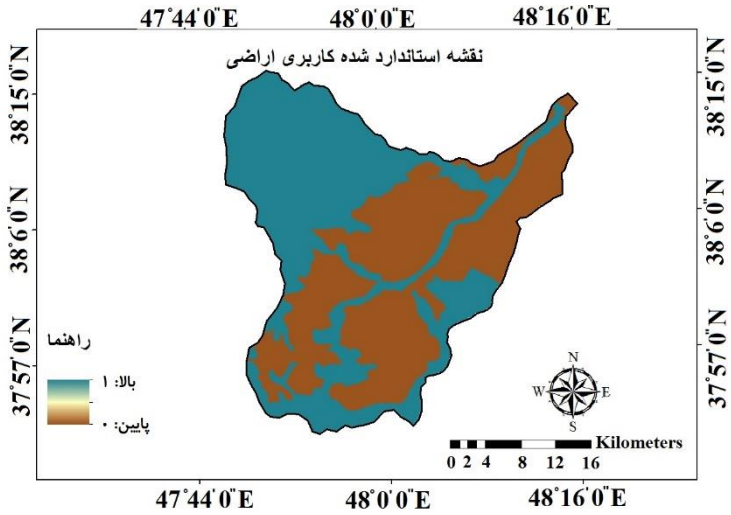


شکل(۷): نقشه فازی شده فاصله از جاده حوضه آبریز بالقلو چای

www.SID.ir

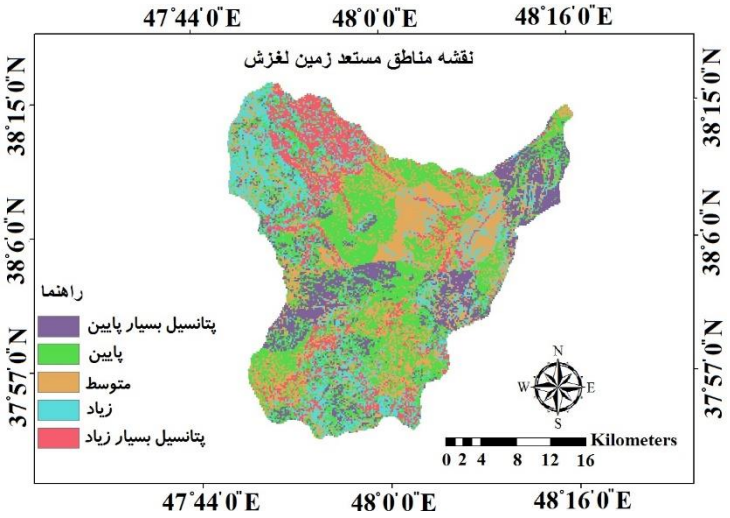


شکل(۸): نقشه فازی شده خاک حوضه آبریز بالقلو چای



شکل(۹): نقشه فازی شده کاربری اراضی حوضه آبریز بالقلو چای

www.SID.ir



شکل(۱۰): نقشه نهایی پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش، طبقه بندی شده در پنج طبقه، با استفاده از مدل (Fuzzy AHP)

از آن جایی که طبق بررسی‌های به عمل آمده، تحقیقات قبلی بر روی منطقه مورد مطالعه صورت نگرفته، لذا به منظور اطمینان از کارایی این مدل، نتایج این تحقیق با کارهای مشابه انجام شده در حوضه‌های دیگر مقایسه گردید. عابدینی و فتحی (۱۳۹۲) در پژوهشی در خصوص پهنه بندی حساسیت خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز خلخال چای با استفاده از مدل‌های منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی (Fuzzy AHP) دریافتند که شیب و لیتولوژی به ترتیب مهم ترین عوامل در وقوع زمین لغزش‌های منطقه هستند. بررسی نقشه پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش‌ها همچنین مشخص کرد که حدود ۲۱/۸۲ درصد زمین لغزش‌ها (مساحت حدود ۴۶/۳۰ کیلومتر مربع) در زمره مناطق با لغزه خیزی زیاد و خیلی زیاد و در مناطق شرق و شمال شرق حوضه واقع شده‌اند و مناطق با حساسیت کم و خیلی کم نیز با ۵۸/۷ درصد (مساحت حدود ۱۲۴/۵۴ کیلومتر مربع) در جنوب غرب حوضه قرار گرفته‌اند.

یمانی و همکاران (۱۳۹۳)، در تحقیقی به پهنه بندی خطر زمین لغزش در مسیر آزاد راه خرم آباد- پل زال با روش تحلیل سلسله مراتبی- فازی پرداخته‌اند، که نتایج به دست

www.SID.ir

آمده از مدل و تطبیق آن با لغزش‌های روی داده در مسیرآزاد راه، ضمن نشان دادن کارائی مناسب مدل در شناسائی پهنه‌های با خطر زیاد (۴۲ درصد) و خیلی زیاد (۱۵ درصد)، بیانگر آن است که در کنار عامل شیب و سنگ شناسی به عنوان عوامل اصلی رخداد لغزش، احداث جاده وقوع لغزش‌ها را تشدید نموده است.

آسیایی و همکاران (۱۳۹۲) برای پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه بهشت آباد چهارمحال و بختیاری از دو روش تحلیلی سلسله مراتبی و فازی استفاده کرده‌اند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داده روش سلسله مراتبی فازی جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش از دقت بالاتری نسبت به روش سلسله مراتبی برخوردار است. لذا با توجه به نقشه نهایی به دست آمده از روش فازی ۱۱/۶۳ درصد حوضه با خطر زیاد، ۴/۵۱ درصد حوضه خطر خیلی زیاد، ۸/۷۶ درصد منطقه بی خطر و ۲۱/۸۳ درصد با خطر ناچیز مواجه است. علاوه بر این، با روی هم گذاری نقاط لغزشی، بیشترین لغزش‌های منطقه در شیب‌های ۳۰-۱۲ درصد و جهت‌های رو به جنوب (به علت پوشش گیاهی ضعیف تر) رخ داده است.

نتیجه گیری

در این مقاله از روش سلسله مراتبی فازی برای پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز بالقلو چای استفاده شد و هشت عامل تاثیر گذار در احتمال وقوع زمین لغزش در منطقه به ترتیب شیب، اقلیم، زمین شناسی فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، خاک، جهت شیب، و کاربری اراضی تشخیص داده شدند که عامل شیب با ۰/۳۸۸۲ بیشترین وزن و کاربری اراضی با ۰/۰۲۸۷کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. با توجه به نقشه نهایی پهنه بندی شده زمین لغزش، حوضه مورد مطالعه از نظر پتانسیل وقوع زمین لغزش به ۵ طبقه تقسیم شد (پتانسیل بسیار بالا، پتانسیل بالا، پتانسیل متوسط، پتانسیل پایین، پتانسیل بسیار پایین) و مناطق با احتمال خطر وقوع زمین لغزش بسیار زیاد تا خیلی کم شناس‌ایی شدند. با توجه به جدول (۲) بیشترین درصد در سطح حوضه به ترتیب مربوط به پتانسیل پایین (۳۲٪/۲۱) و کمترین درصد مربوط به پتانسیل بسیار بالا (۱۳٪/۵) می‌باشد. مناطق با پتانسیل بسیار بالا و بالا برای وقوع زمین لغزش با مساحت ۳۲۷/۳۹ کیلومتر مربع در شمال غرب و قسمت‌های کوچکی در جنوب و شرق حوضه واقع شده‌اند و پتانسیل بسیار

www.SID.ir

پایین و پایین با مساحت ۵۰۴/۰۶ بیشتر قسمت‌های میانی تا شمال شرق و جنوب حوضه را در بر می‌گیرند.

جدول (۲): سطح و درصد اشغال هریک از پهنه‌ها در حوضه آبریز بالقلو چای

پهنه‌های خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (هکتار)	درصد
پتانسیل بسیار بالا	۱۴۶/۸۱	۱۴۶۸۱	۱۳٪/۵
پتانسیل بالا	۱۸۰/۵۸	۱۸۰۵۸	٪۱۶/۶۲
پتانسیل متوسط	۲۵۵/۵۴	۲۵۵۵۴	٪۲۳/۵۱
پتانسیل پایین	۳۵۰/۰۵	۳۵۰۰۵	٪۳۲/۲۱
پتانسیل بسیار پایین	۱۵۴/۰۱	۱۵۴۰۱	٪۱۴/۱۶
کل	۱۰۸۶/۹۹	۱۰۸۶۹۹	٪۱۰۰

www.SID.ir

منابع

- آسیایی، مجید، تاج‌بخش، سیدمحمد، خاشعی سیوکی، عباس، متولی، علیرضا، (۱۳۹۲)، ارزیابی دو روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی در پهنه بندی وقوع زمین لغزش (منطقه مورد بررسی حوزه بهشت آباد چهارمحال و بختیاری)، ***فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی***، سال سوم، شماره ۱۱، صص ۱۴-۱.
- اسمعلی، اباذر، احمدی، حسن، فیض نیا، سادات، قدوسی، جمال، (۱۳۸۶)، مدلسازی فرس‌ایش و تولید رسوب و تهیه نقشه خطر فرس‌ایش آبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بالغلی چای، اردبیل)، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز، صص ۲۶۰-۲۷۱.
- ایزانلو، اسماعیل، (۱۳۷۶) بررسی قابلیت داده‌های سنجش از دور و GIS برای پهنه بندی خطر حرکات توده‌ای در حوضه رودخانه بیدوار، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریائی، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۱۲۵-۱.
- بهنیافر، ابوالفضل، قنبر زاده،هادی، (۱۳۸۶)، اثرات اقتصادی- اجتماعی خشکسالی‌های دوره ۱۳۷۵-۱۳۸۵ بر دهستان شاندیز مشهد، طرح پژوهشی، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، ***فصل‌نامه چشم‌انداز جغرافیایی***، سال چهارم، شماره۹، صص۱۶۳-۱۳۹.
- پرهیزکار، اکبر، ***(۱۳۸۵)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری***، انتشارات سمت، تهران، صص۲۰۷ -۲۰۴.
- حیدری نژاد، سمیه، رنجبر، حسین، (۱۳۹۱)، مکانیابی گمانه‌های اکتشافی درکانسار دره زار با استفاده از منطق فازی، مجموعه مقالات پانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک‌ای ران، صص ۹-۵.
- رجایی، عبد الحمید، (۱۳۸۲)، ***کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی***، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت، صص ۴۰۶-۱.
- روستایی، شهرام (۱۳۸۳)، بررسی وقوع زمین لغزش در روستای نصیرآباد ورزقان (استان آذربایجان شرقی) با استفاده از روش‌های کمی، ***فصلنامه علوم انسانی***، دوره ۸، شماره ۱، صص ۴۳-۲۳.
- روستایی، شهرام، احمد زاده، حسن، (۱۳۹۱)، پهنه بندی مناطق متاثر از خطر زمین لغزش در جاده تبریز- مرند با استفاده از سنجش از دور و GIS، ***مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی***، شماره ۱، صص ۵۸-۴۷.

www.SID.ir

- روستایی، شهرام، خدائی قشلاق، لیلا، خدائی قشلاق، فاطمه، (۱۳۹۴)، ارزیابی روش‌های تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل چند معیاره مکانی در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در محدوده محور مخزن سدها (مطالعه موردی: سد قلعه چای)، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، دورهٔ ۴۶، شماره ۴، صص ۵۰۸-۴۹۵.
- شادفر، صمد، یمانی، مجتبی، قدوسی، جمال، غیومیان، جعفر (۱۳۸۶) پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیلی سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه، آبخیزچالکرود تنکابن)، پژوهش و سازندگی، دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۱۲۶-۱۱۸.
- عابدینی، موسی، فتحی، محمد حسین، (۱۳۹۳)، پهنه بندی حساسیت خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز خلخال چای با استفاده از مدل‌های چند معیاره، ***مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی***، سال دوم، شماره ۴، صص ۸۵-۷۱.
- قاسمی، علی، سلاجقه، علی، ملکیان، آرش، اسمعل یعوری، اباذر، (۱۳۹۳)، بررسی سیل خیزی و تعیین عوامل مؤثر در آن در حوضهٔ رودخانهٔ بالقلو چای با استفاده از تکنیکAHP و RS ،GIS، محیط شناسی، دورهٔ ۴۰، شمارهٔ ۲، صص ۴۰۰-۳۸۹.
- محمد خان، شیرین،(۱۳۸۰)، تهیه مدل برای پهنه بندی خطر زمین لغزش(مطالعه موردی، حوزه آبخیز طالقان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران صص ۱۲۰-۱.
- مقیمی، ابراهیم، علوی پناه، سید کاظم، جعفری، تیمور، (۱۳۸۷)، ارزیابی و پهنه بندی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ (مطالعه موردی: حوضه - زهکشی چناران در استان خراسان شمالی)، ***مجله پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۶۴، صص ۷۵-۵۳.
- مهدوی، عاطفه، نوری امامزاده، محمدرضا مهدوی نجف آبادی، رسول و سیدحسن طباطبائی، (۱۳۹۰) مکان یابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی سفره‌ای زیرزمینی به روش منطق فازی در حوضه آبریز دشت شهرکرد ،***مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی***، شماره ۵۶، صص ۷۶-۶۳
- نصیری، شهرام، (۱۳۸۳)، نگرشی بر زمین لغزش‌های‌ای ران (بررسی موردی ناپایداری شیب‌ها در جاده هراز)، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، صص ۶-۱.
- نیک‌اندیش، نسرین، (۱۳۸۰)، بررسی نقش زمین ساخت جنبا در ایجاد زمین لغزش‌های منطقه بهاباد، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، صص ۲۹-۲۴.

www.SID.ir

- یمانی، مجتبی، شمسی پور، علی اکبر، گورابی، ابولقاسم، رحمتی، مریم، (۱۳۹۳) تعیین مرز پهنه-های خطر زمین لغزش در مسیرآزادراه خرم آباد- پل زال با روش تحلیل سلسله مراتبی- فازی، ***نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم***، شماره۳۲ ، صص ۱۹-۱۲.

-Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T., 2005. Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. Engineering Geology 81(4): 432-445.

-Esmaili, A., Ahmadi, H., 2003. Using GIS & RS in mass movements hazard zonation: A case study in Germichay watershed, Ardebil, Iran, Map Asia Conference, 10:18-23.

-Gruber, S., Huggel, C., Pike, R., 2009. Modeling mass movements and Landslide susceptibility. Developments in Soil Science, 33: 527-550.

-Kanungo, D. P., Arora, M. K.,Sarkar, S., Gupta,R. P., 2006. A comparative study of conventional, ANN, black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas, Engineering Geology, 85: 347-366.

-Sarolee, K., 2001. Statistical analysis of landslide susceptibility at Yonging, Korea, Environmental Geology, 40, 1095-1113.

www.SID.ir