جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱٤۰۳، دوره۷، شماره۲، صص٤٦۳-٤٤۰

بررسی زمین‌لغزش حوضه آبخیز زیارت با مدل ahp

عقیل مددی* ۲- زهرا نظری گزیک

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی. اردبیل،ایران

Aghil48madadi@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی.اردبیل

تاریخ دریافت:۱٤۰۲/۰۷/۲٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۰/۰۲

چکیده

ارزیابی زمین به منظور شناخت و پهنه‌بندی عرصه‌های حساس به حرکات دامنه‌ای به ویژه زمین‌لغزش از پژوهش‌های مربوط به جغرافیدانان طبیعی به ویژه ژئومورفولوژیست‌ها است. مطالعه و بررسی پدیده زمین‌لغزش در مناطق شمالی کشور به خصوص نواحی کوهستانی شیبدار، به دلیل بارش‌های فراوان، کاربری‌های ناصحیح و سازندهای حساس به فرسایش، دارای اهمیت زیادی می‌باشد. شناسایی و تعیین مناطق حساس و مستعد لغزش می‌تواند ضمن جلوگیری از بروز خسارت ها، زمینه را برای اجرای طرح های پایدار سازی دامنه ها فراهم آورد. در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز زیارت از مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP) استفاده شد، متغیر های مورد استفاده در این پژوهش شامل شیب، جهت‌شیب، زمین‌شناسی،کاربری اراضی، فاصله از جاده ، فاصله از آبراهه و نقاط هم باران می‌باشد همچنین به منظور شناخت بهتر زمین‌لغزش‌های منطقه ارتباط آنها با عامل فاصله از گسل مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد این عامل تاثیر زیادی در زمین‌لغزش‌های منطقه نداشته‌است . عوامل طبیعی منطقه مهم ترین تاثیر را در رخداد زمین‌لغزش حوضه داشتند. به ترتیب اهمیت این عوامل، شامل فاصله از آبراهه، کاربری زمین که اکثر لغزش‌ها در اراضی جنگلی اتفاق افتاده اند و عامل زمین‌شناسی حوضه می‌باشد که در بین سازندهای مختلف، سازند جیرود بخاطر شرایط لیتولوژی آن دارای بیش‌ترین زمین‌لغزش بوده‌است. در بررسی ارتباط زمین‌لغزش‌ها با عوامل طبیعی دریافتیم که بیشتر لغزش‌های صورت گرفته در ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری در طبقه شیب ۱۵ تا ۳۰ درجه و همچنین در جهت های شرق و غرب حوضه اتفاق افتاده است و بیشتر مساحت حوضه آبخیز زیارت (حدود 34 درصد) در محدوده با خطر زیاد قرار گرفت .

کلمات کلیدی: زمین‌لغزش،ahp، حوضه زیارت، پهنه‌بندی، لیتولوژی

doi: 10.22034/GAHR.2023.421379.1970 شاپا الکترونیکی:645-3851

مقدمه

ارزیابی حساسیت و خطر زمین‌لغزش مهمترین گام در تهیه نقشه زمین‌لغزش است (رجبی و همکاران،۱۳۹۵). لذا شناخت مکانیزم و پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در مدیریت بحران نقش مهمی ایفا می کند (عابدینی و همکاران،۱۳۹۸) .

لغزش در ایران به عنوان بلایای طبیعی، سالانه خسارات جانی ومالی فراوانی به کشور وارد می سازد. این پدیده هر ساله در اکثر استان های کشور موجب خسارت‌های حیاتی به شهرها و روستاها، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، دریاها و دریاچه‌ها، جنگل‌ها و مراتع و بویژه مزارع و مناطق مصنوعی گشته و یا آنها را مورد تهدید قرار می‌دهد. از جمله خسارت مهم زمین‌لغزش می‌توان به فاجعه دفن شدن روستای فتلک در خرداد ماه 69 در رودبار، زمین‌لغزش‌های سال 73 ناشی از بارندگی‌های شدید در استان گیلان با 6 کشته و تخریب 16 خانه مسکونی اشاره نمود(جعفری و همکاران ،1395) . یکی از وظایف عمده دانش ژئومورفولوژی کاربردی ، بررسی موقعیت و ارزش محیط‌های انسانی آسیب‌پذیر در برابر انواع مخاطرات ژئومورفولوژیک است. پدیده مخاطرات در ژئومورفولوژی، ناشی از ناپایداری ویژگی‌های سطح زمین است که به دلیل، دخالت انسان و زیرساخت‌های بشری به حوادثی مخاطره آمیز تبدیل می‌شوند (مقیمی و همکاران ،1392). مددی و همکاران(1392) در ارزیابی خطر زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از مدل LIM و به کارگیری تکنیک GIS در حوزه آبخیز گیوی چای، اردبیل مناطقی با بارش 375 تا 405 میلی‌متر بیشتر از مناطق دیگر برای وقوع زمین‌لغزش مساعد می‌باشد طبقه ارتفاعی بین 1512 تا 1927 متر از سطح دریا بیشتر از طبقات ارتفاعی دیگر بهترین شرایط را برای ایجاد زمین‌لغزش مهیا می‌کند. هم چنین مناطقی با پوشش گیاهی کم، مناطق با نفوذپذیری زیاد خاک ،دامنه‌های رو به شرق و شمال‌شرق به دلیل اینکه امکان یخبندان طولانی مدت و در آنها بیشتر است در بلند مدت یخبندان طولانی مدت نسبت به دامنه‌های دیگر مواد هوازده بیشتر فراهم می‌کند و کاربری زمین به صورت باغات به طریق افزایش وزن ناشی از رشد درختان در باغات و افزایش تنش‌برشی دامنه ها، مناطق مستعد برای زمین‌لغزش است. واحدهای سنگی سازند کرج مرکب از سنگ‌های ولکانیکی و توفی ،طبقات شیب 17 تا 33 بیش‌ترین تاثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌ها داشتند.

بن و همکاران (2013)، در استان سیچوان چین جریان واریزه غول پیکر سال 2010 را بررسی نمودند. آن ها با اندازه‌گیری آستانه بارش برای وقوع جریان واریزه در سال‌ها و مکان‌های مختلف نتیجه‌گیری نمودند که آستانه بارش برای رخ داد جریانات واریزه‌ای بعد از زلزله به شدت کاهش می‌یابد. آنبالگان و همکاران(2015)، در مقاله ای به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در دره لاچونگ، در منطقه سیکیم هند پرداختند. آنها در این پژوهش از فراوانی نسبی زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه و روش منطق فازی در محیط GIS استفاده نمودند.در اینجا شیب، جهت‌شیب، و امتداد نسبی از مدل رقومی ارتفاعی DEM استخراج شدند و از روش منطق فازی برای ادغام عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش به‌منظور ترسیم مناطق حساس به خطر زمین‌لغزش استفاده شد.بر این اساس ، مناطق دارای شیب بین۳۵ تا 45 درجه، با جهت های جنوب، جنوب شرق وجنوب‌غرب ، با جنس زمین لوم شنی–راک، و سنگ کوارتزیت و میگماتیت از لحاظ رخداد زمین‌لغزش، نسبت به مناطق دیگر مستعدتر و آسیب‌پذیرند.از این رو می‌توان نتیجه گرفت

که ادغام عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش با استفاده از منطق‌فازی، ررای دره لاچونگ نتایج خوبی را بدست می‌دهد. یاراحمدی و همکاران(۱۳۹٤) درمقاله خود تحت عنوان شناسایی و پایش ناپایداری دامنه‌ای به روش پردازش اینترفرومتری تفاضلی(DInSAR) مطالعه موردی حوضه آبریز گرمی‌چای میانه دریافتند که برخی دامنه‌های حوضه آبریز گرمی‌چای همچنان ناپایدار بوده و انطباق موقعیت مکانی زمین‌لغزش‌های شناسایی با برخی مناطق لغزشی قدیمی بیانگر فعال بودن پهنه‌های لغزشی پیشین منطقه است. از نظر توزیع مکانی، مناطق لغزشی شناسایی شده عمدتا" در مجاورت شبکه زهکشی حوضه قرار داشته‌است. یافته‌های این تحقیق از طریق شاهدات صحرایی و تعیین موقعیت مکانی توده لغزشی از طریق GPS و اندازه‌گیری‌های مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفته است . کرنژادی و همکاران (۱۳۹٤) در مقاله پهنه‌بندی خطر و خسارت زمین‌لغزش مطالعه ی موردی: حوضه ی آبخیز زیارت، استان گلستان برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از دو روش آماری چند متغیره (رگرسیون لجستیک) و مدل LNRF استفاده کردند. پس از اعمال نر خ به طبقات پارامترها، نقشه ی شدت خطر زمین‌لغزش برای هر یک از مدل‌ها تهیه شد. مدل برتر به وسیله چهار شاخص جمع کیفیت ها(Qs)، دقت نتایج پیشبینی شده (P,ROC)و آزمون کای‌اسکوئر انتخاب شد و مبنای تهیه ی نقشه ی خسارت قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که مدل رگرسیون لجستیک برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش کارایی بیشتری دارد و ٦۲/۱۳ درصد و ۰٤/۹ درصد از حوضه ی آبخیز زیارت ـ شامل روستای زیارت ـ به ترتیب در پهنه ی خطر و خسارت زیاد و خیلی‌زیاد قرار می گیرند. کالیموتو و همکاران (۲۰۱۵) یک ارزیابی و پهنه‌بندی از استعداد زمین‌لغزش در ارتفاعات کامرون کشور مالزی از طریق روش نسبت فراوانی انجام دادند. نتایج حاصل نشان داد که شیب های ۰٤ تا ۹٤ درجه، ارتفاعات بالای ۱٤٤٤ متر، مناطق نزدیک جاده ها و مناطق با بارندگی بیش از ۲٤٤ میلیمتر، جزو متغیرهای اصلی مؤثر بر زمین‌لغزش هستند. مختاری اصل و همکاران(۱۳۹۵)در مقاله خود تحت عنوان" ارزیابی و پهنه‌بندی احتمال خطرزمین‌لغزش در حوزه آبخیز بایجیلو با مدل AHP به تحلیل داده‌ها و نقشه‌ها با استفاده از نرم افزارGIS و مقایسه وجی انها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش AHP به دلیل استواری بر مبنای مقایسه زوجی می‌تواند موجب دقت در محاسبات گشته و ۲/۳٦ درصد از حوضه دارای احتمال وقوع زمین‌لغزش خیلی زیاد بوده و ۳/۲۱ درصد دارای احتمال وقوع خیلی کم می‌باشد. عقلمند و همکاران (۱۳۹۵) درمقاله خود تحت عنوان ارزیابی عوامل تأثیر گذار در ناپایداری دامنه‌های جنوب استان اردبیل دریافتند ویژگی‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه مانند شرایط ترکیب سنگ و خاک ، فعالیت‌های تکتونیکی، شرایط اقلیمی و پستی و بلندی‌ها بستر مناسبی را برای وقوع زمین‌لغزش بوجود آورده‌است. چناری و همکاران (۱۳۹۵) در پهنه‌بندی خطر و خسارات زمین‌لغزش حوزه آبخیز زیارت استان گلستان دو مدل رگرسیون لجستیک و Lnrf را مقایسه نمودندکه بر اساس نتایج مدل برتر(رگرسیون لجستیک) ،عوامل زمین‌شناسی و فاصله از رودخانه و شیب مهم‌ترین عوامل طبیعی و فاصله از جاده مهم‌ترین عامل انسانی موثر در وقوع زمین‌لغزش در حوزه آبخیز زیارت است. الوندی و همکاران (۱۳۹٦) در مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و GIS مطالعه موردی: حوضه آبخیز زیارت استان گلستان به بررسی سازگاری بین کاربری‌های موجود در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان پرداخته شده‌است. با توجه به نتایج بدست آمده از مدل‌سازی تناسب زمین, وسعت مناطق دارای شرایط توسعه شهری با استفاده از تکنیک‌های TOPSIS و SAW به ترتیب ۳۷ و۷۹/٤ هکتار از کل مساحت حوضه آبخیز زیارت محاسبه

شده‌است, اما در حال حاضر وسعت مناطق مسکونی در این حوضه ۱۴۱/۳ هکتار می‌باشد. در مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری با توجه به وجود وابستگی‌های مکانی میان نقشه‌های معیار, بهترین روش در تلفیق معیارها و محاسبه میزان تناسب کاربری, استفاده از تکنیک TOPSIS است. نتایج سازگاری کاربری‌ها نشان داد, کاربری اراضی مسکونی با میزان سازگاری ۰/۱۱۸۲۴۵ کم‌ترین سازگاری را بین کاربری‌های فعلی موجود در این حوضه دارد. اکبری و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از مدل تلفیقی فازی-فرآیند تحلیل شبکه ای به تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه فاروب رومان پرداختند. نتایج نشان‌دهنده کارآیی بالای این روش در مدل‌سازی حساسیت زمین‌لغزش این حوضه بوده‌است. متخصصین ژئومورفولوژی تکتونیکی به ویژه شاخه مخاطرات آن لازم است آنالیز مقدماتی خطر (AHPرا به عنوان اولین گام در تحلیل ایمنی سامانه و طبقه بندی خطرات بالقوه فرآیندی و کارکردی زیرسامانه ها مدنظر قرار دهد و بر پایه ارزیابی و مستندسازی ریسک خطرات سامانه های پایه ریزی شده جدید یا تغییریافته از طریق تحلیل و ارزیابی گروهی از خطرات عمومی تحت تاثیرقرار دهنده سامانه و ارایه پیشنهادات پایش خطرات عمل نماید. در مناطق احداث شده در جنوب صحرای آفریقا شامل کشورهای اتیوپی، کنیا، اوگاندا، نیجر و سنگال را که از لحاظ ویژگیهای جغرافیایی و میزان توسعه متفاوت میباشند، ریسک زمین لغزش با استفاده از سه عامل خطر زمینلغزش، عوارض در معرض خطر و درجه آسیب پذیری ارزیابی و نتایج بیانگر آنست که شهرسازی و توسعه و زیرساخت های آسیب پذیر در کالس‌های خطر کم تا متوسط باعث افزایش ریسک زمین لغزش این محدوده‌ها شده‌است (ردشاو و همکاران، ۲۰۱۷). عبدالله زاده و همکاران (۱۳۹۷) در مقایسه ی دو روش تعیین مناطق مستعد خطر زمین‌لغزش در آبخیز زیارت استان گلستان در مدل دو متغیره حدود ٤/٤ درصد مساحت منطقه در پهنه‌ی خطر خیلی‌زیاد و ١٤/٥ درصد در پهنه‌ی خیلی‌کم، و در مدل غیروزنی LNRF حدود ١٤/٦ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌ی خطر خیلی‌زیاد و ۸/۸ درصد در پهنه‌ی خیلی‌کم قرار می‌گیرند. مقایسه‌ی پهنه‌های خطر در هر دو روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، با استفاده از شاخص نسبت تراکمی (DR)، نشان داد که با افزایش درجه‌ی خطر، قابلیت تفکیک میان پهنه‌های خطر افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده‌ی قابلیت شاخص مذکور در مقایسه‌ی نتایج است. ارزیابی صحت مدل بر اساس شاخص جمع مطلوبیت (QS) و شاخص دقت (P) به ترتیب در مدل آماری دو متغیره‌ی وزنی AHP به میزان ۰/۸۱ و ۰/۹٦ در مدل غیروزنی LNRF حدود ۰/۲۷ و ۰/۸۹ است، که بر این اساس مدل آماری دو متغیره‌ی وزنی AHP به‌منزله‌ی مدل برتر معرفی گردید. زندی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از مدل آنتروپی در ارزیابی مخاطره زمین لغزش در مسیر جاده پیشنهادی طرقبه-درود (مشهد – نیشابور) به این نتیجه رسیدند که عوامل کاربری اراضی، نوع شیب و بارش به عنوان موثرترین عوامل و شاخص توان ابراهه و حمل رسوب کم تاثیر ترین عامل در رخداد زمین لغزش در منطقه برآورد گردیدند. نقشه تهیه شده به چهار کلاس حساسیت کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد تقسیم گردید. بیش از ۵۰ درصد منطقه دارای حساسیت لغزش بالا و خیلی بالا بوده که نشان از پتانسیل زمین‌لغزش بالای منطقه دارد. نقشه تهیه شده با استفاده از منحنی ROC و سطح زیر منحنی مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص گردید دقت پیش بینی بسیار خوبی در وقوع رخداد زمین لغزش دارد. پیامدهای تهدیدساز و زیانبار پدیده زمین‌لغزش در قبال محیط زیست ما را بر آن می‌دارد تا به فکر مقابله و تخفیف خطرات و آسیب‌های ناشی از این مخاطره برآییم. در این راستا، تهیه نقشه پهنه‌بندی حساسیت یا خطر زمین‌لغزش ضرورت می‌یابد. حساسیت زمین‌لغزش عبارت است

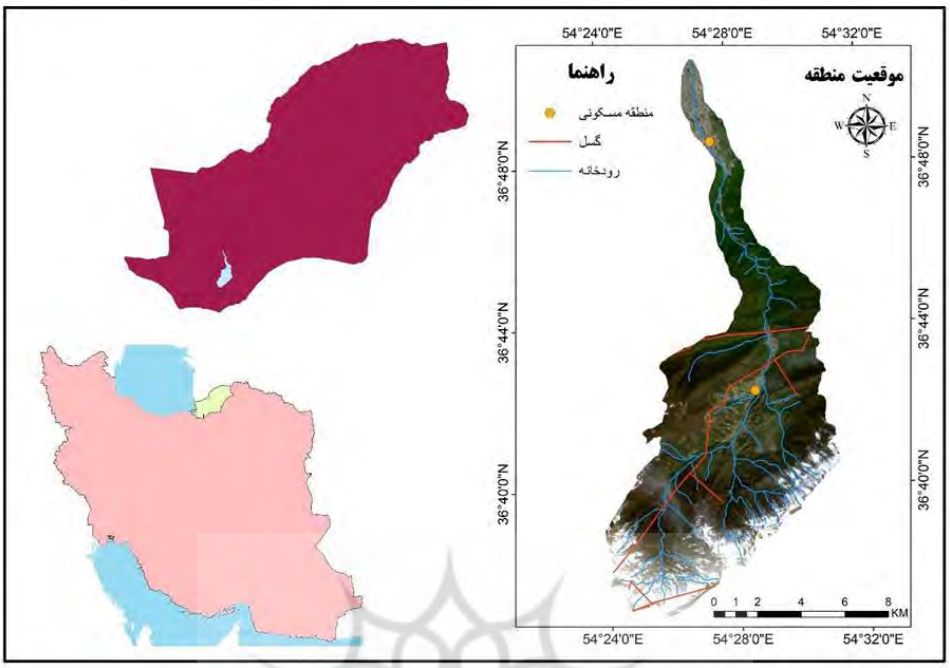
از احتمال وقوع زمین‌لغزش در یک منطقه بسته به شرایط محیطی که در نهایت، به برآورد کجایی احتمال رخداد زمین‌لغزش می‌انجامد (ریچنباچ و همکاران، ۲۰۱۸). روبک و همکاران (۲۰۱۸) طی بررسی خصوصیات حوادث زمین‌لغزشی ناشی از بروز یک زمین‌لرزه بزرگ در کشور نپال به این نتیجه رسیدند که تراکم زمین‌لغزش‌ها از طریق ترکیبی از خصوصیات منبع زمین‌لرزه، توزیع شیب، و تأثیر بارندگی روی مقاومت سنگ تعیین می شود.

در ایران به دلیل شرایط خاص توپوگرافی، تکتونیک فعال، چینه‌شناسی و اقلیم، زمین‌لغزش‌ها همه ساله در اکثر استان‌های کشور موجب وارد آمدن خسارت‌های اقتصادی به راه‌های ارتباطی ،خطوط انتقال نیرو،کانال‌های آبیاری و آبرسانی ، مراکز صنعتی و مناطق مسکونی ، اراضی کشاورزی و همچنین تصریح فرسایش می‌گردند . علاوه بر این عوامل ، در دهه‌های گذشته به دلیل دخالت انسان در محیط طبیعی و به خصوص دامنه‌ها، رخداد این پدیده تشدید شده‌است. حوضه آبخیز زیارت در جنوب شهرستان گرگان واقع در استان گلستان دارای پوشش‌گیاهی اراضی جنگلی و از نوع انبوه و متراکم است و بدلیل دریافت نزولات جوی کافی، جنگل‌زدایی، ایجاد ترانشه ، سازه‌های مسکونی، تاثیر زلزله و شسته‌شدن پاشنه دامنه‌های توسط رود، مستعد وقوع زمین‌لغزش است که علاوه بر این عوامل، در ارتفاعات این منطقه به سبب وجود شیب‌های تند ، فعالیت های تکتونیکی، وجود زون‌های خرد شده ، بارندگی و وجود رواناب ،خطر وقوع انواع ناپایداری‌ها عموماً بسیار زیاد است. از سوی دیگر، فعالیت زمین‌لغزش‌ها معمولا در اثر وقوع زلزله تشدید شده که این مسئله میتواند در بر خسارات ناشی از آن بی‌افزاید. در مجموع هدف ازاین تحقیق ارزیابی مدل AHP در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز زیارت گرگان می‌باشد.

منطقه

حوضه آبخیز زیارت با مساحت 102 کیلومتر مربع، یکی از زیر حوضه‌های رودخانه قره سو که در بالادست جنوب شهر گرگان قرار دارد. این آبخیز در محدوده جغرافیایی ″10 ′36 °36 تا ″55 ′51 °36 عرض شمالی و ″47 ′23 °54 تا ″11 ′31 °54 طول شرقی واقع شده‌است. میانگین بارش سالانه منطقه 575 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن 17 درجه سانتی‌گراد است. شیب متوسط حوضه 23/18 درصد است، پائین‌ترین ارتفاع آن 139 متر و بالاترین ارتفاع آن 3050 متر از سطح دریاهای آزاد است(شکل ۱). این حوضه از لحاظ تقسیمات سیاسی در جنوب شهرستان گرگان قرار گرفته و یکی از زیر حوضه‌های رودخانه قره سو به شمار می‌رود. دسترسی به این حوضه از طریق بلوار ناهارخوران گرگان میسر است. آبراهه اصلی حوضه آبخیز زیارت در جهت کلی شمالی – جنوبی می‌باشد در این حوضه میانگین بارندگی سالیانه در دوره آماری 1379 – 1393، 95.506 میلی‌متر بوده‌است در آذرماه بیش‌ترین میزان بارندگی و در مردادماه کم‌ترین میزان ارتفاع بارندگی در این حو ضه ثبت شده‌است متو سط دما نیز در همین بازه زمانی 1.14 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شیب متوسط حوضه 3.35 درصد است که بالا بودن آن در رسوب‌دهی و ایجاد انواع فرسایش و حرکات توده‌ای نقش زیادی دارد. محدوده مورد مطالعه، تماماً از بخش کوهستانی و ارتفاعات تشکیل شده‌است. گونه‌های مرتعی چون بروموس–آچیلا، جانیچروس سابین و گونه‌های جنگلی مانند توسکا، ممرز، بلوط، راش و انجیلی این پوشش گیاهی حوضه را تشکیل داده‌اند و سطح حوضه آبخیز را از کاربری‌های جنگل مرتع، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی پوشیده‌است. از مهم‌ترین منابع تامین آب کشاورزی و آشامیدنی این

حوضه ، رودخانه‌ها و چشمه‌ها می‌باشند.(گزارش مهندسین مشاور پژوهاب شرق سازمان منابع طبیعی و منطقه و آبخیزداری استان گلستان)



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش ها

در این پژوهش ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات به روش کتابخانه‌ای از کتب و مقالات و سایت‌های مختلف پرداختیم، همچنین جهت شناسایی و درک بهتر منطقه مورد مطالعه یک بازدید میدانی نیز صورت گرفت .سپس به وسیله نرم‌افزارهای IDRISI SILVA و ARC GIS به تجزیه و تحلیل داده‌های مورد نیاز این پژوهش پرداختیم.

ابتدا به وسیله نرم افزار Arc GIS با استفاده از نقشه رقومی ۳۰ متر نقشه‌های مورد نیاز مانند: نقشه شیب و جهت‌شیب و هیپسومتری از طریق ابزار spatial analyz tools تهیه شد و سپس با ابزار Clip از مسیر analyz tools نقشه‌های آبراهه، جاده، کاربری‌اراضی، زمین‌شناسی برای مدل AHP تهیه گردید .همچنین از دو نقشه گسل و نقاط همباران نیز برای شناسایی بهتر نقاط زمین‌لغزشی استفاده گردید. سپس نقشه‌های تولید شده را در نرم‌افزار IDRISI SILVA مورد بررسی قرار دادیم و از طریق جدول ماتریسی این نرم افزار، اطلاعات وزنی هر لایه را بدست آورده و در نرم افزار Arc GIS وزن هر لایه را در خودش ضرب و حاصل ضرب همه لایه ها را با هم جمع کردیم تا نرم افزار یک نقشه نهایی خروجی دهد، که میزان خطرپذیری لغزش را در پهنه‌های مختلف به ما نشان می‌دهد.فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP یکی از معروف‌ترین و کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند منظوره است که اولین بار توسط توماس. ال. ساعتی، عراقی الاصل در دهه 1970 ابداع گردید. این روش در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبرو است می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌توانند کمّیّ و

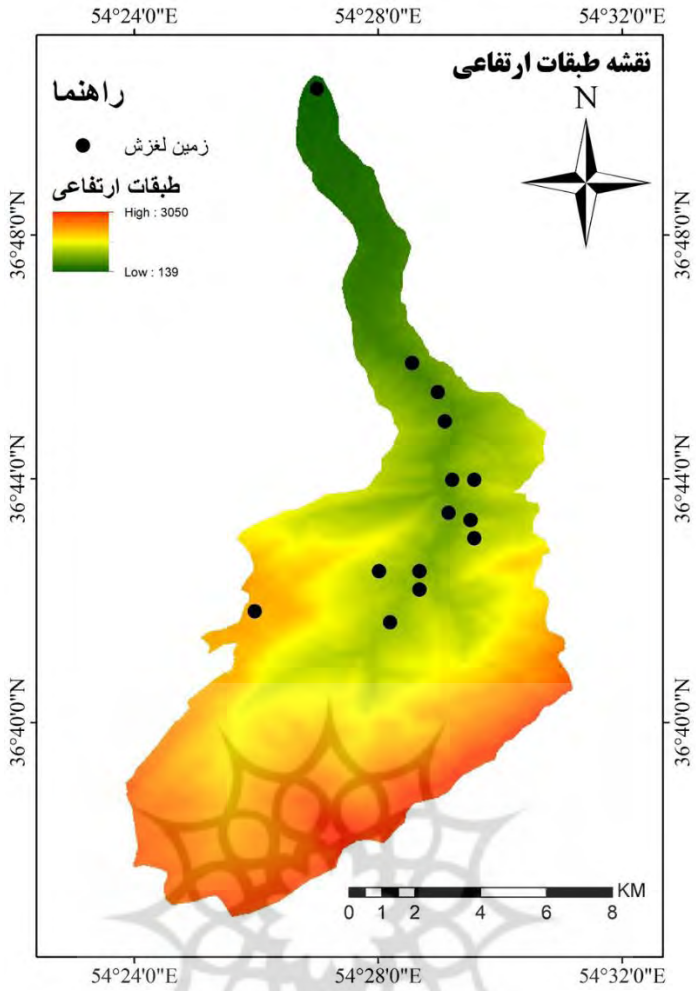
کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است .تصمیم گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم، آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم ،عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات ، وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه های رقیب مشخص می‌سازد. در نهایت منطق AHP به گونه ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با هم‌دیگر تلفیق می سازد که تصمیم بهینه حاصل آید.

یافته ها

به منظور تهیه نقشه‌های موضوعی در محیط نرم افزار GISو تهیه نقشه آسیب‌پذیری، تعداد ۷ فاکتور کنترل‌کننده بر اساس ارتباط نزدیک آنها در وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبریز مورد مطالعه انتخاب شد که این فاکتورها شامل شیب، جهت‌شیب، بارش، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از گسل و آبراهه و طبقات ارتفاعی می‌باشند و همچنین بعد از انتخاب فاکتورها، هر فاکتور به چندین کلاس طبقه‌بندی شد. برای تهیه لایه‌های مربوط به فاکتورهای مختلف و تهیه نقشه‌های موضوعی در محیط GIS از نقشه های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های بارش، استفاده شد. نقشه‌های موضوعی شیب، جهت‌شیب و ارتفاع به طور مستقیم با فرمت رستری از DEM منطقه به دست آمد ولی دیگر نقشه های موضوعی از قبیل نقشه گسل، فاصله از گسل و آبراهه، سنگ‌شناسی، کاربری‌اراضی با فرمت وکتوری تهیه و سپس به منظور تلفیق لایه‌ها به فرمت رستری تبدیل گردید. در مرحله بعدی مقادیر وزن ها به ترتیب به لایه‌های رستری و کلاس‌های هر یک از لایه‌ها اختصاص داده شد که برای این منظور از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. سپس بر اساس هم‌پوشانی نقشه‌های موضوعی، نقشه آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه با استفاده از وزن‌های به دست آمده تهیه گردید.

نقشه طبقات ارتفاعی :

ارتفاع از عوامل مهم کنترل‌کننده ناپایداری یک دامنه می‌باشد. در دو دامنه مشابه و با مقدار شیب ثابت دامنه‌ای که مرتفع‌تر است از پتانسیل ناپایداری بیشتری برخوردار است. سطوح ارتفاعی منطقه از ۱۳۹ متر در خروجی حوضه تا ۳۰۵۰ متر در ارتفاعات حوضه متغیر است. با توجه به چهارده نقطه لغزشی که در حوضه مورد مطالعه رخ داده‌است و ارتفاع حوضه، نتایج زیر به دست آمد: تا ارتفاع 500 متری یک زمین‌لغزش، از ارتفاع 500 تا 1000 متری هفت زمین‌لغزش ،ارتفاع 1000 تا1500 متری پنج زمین‌لغزش و بالاتر از آن فقط یک زمین‌لغزش داشتیم . بیشترین خطر زمین‌لغزش در ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر وجود دارد.(شکل۲)



شکل ۲: طبقات ارتفاعی و ارتباط آن با زمین‌لغزش‌های حوضه آبخیز زیارت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نقشه شیب

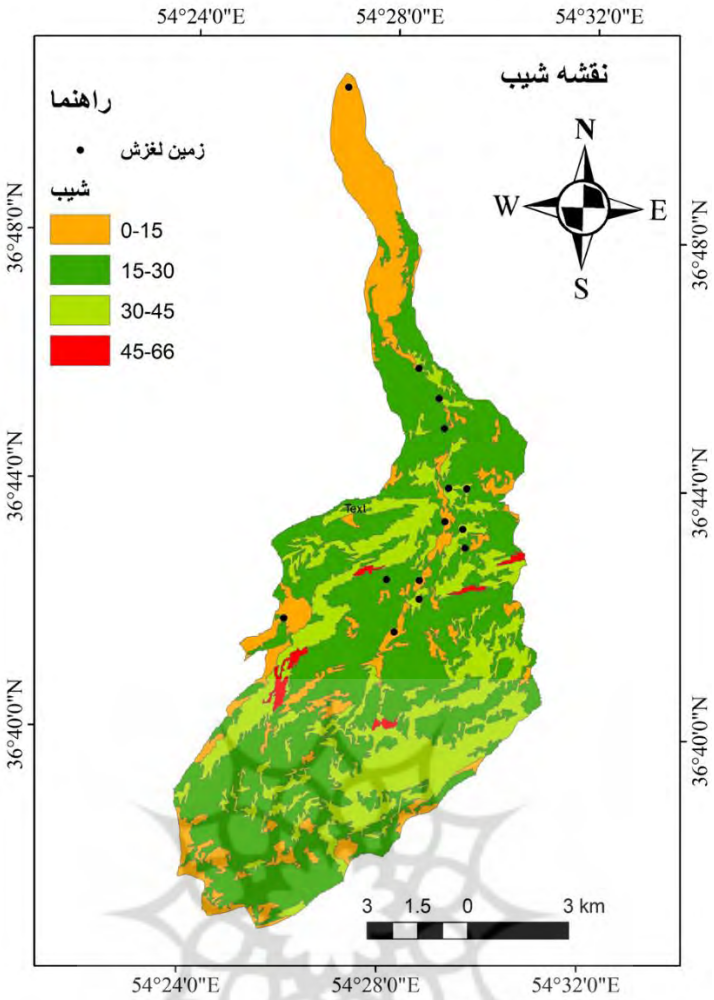
شیب دامنه تأثیر بسیار زیادی در وقوع زمین لغزش دارد و در صورت ثابت بودن دیگر عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش، هرقدر دامنه ای پرشیب‌تر باشد، بیشتر مستعد ناپایداری است. جهت بررسی عامل شیب با استفاده از فایل DEM ، نقشه شیب را بر حسب درجه در محیط ARC GIS تولید کردیم که شیب منطقه از ۰ تا ٦٦ درجه بوده و به چهار طبقه تقسیم‌بندی کردیم . بیش‌ترین مساحت مربوط به طبقه شیب ۱۵ تا ۳۰ درجه می‌باشد که بیش از نیمی از حوضه را شامل می‌شود و کم‌ترین مساحت نیز به شیب ٤٥ تا ٦٦ درجه اختصاص دارد .(جدول۱)

جدول۱: طبقات شیب حوضه و نسبت مساحت تشکیل دهنده حوضه آبخیز زیارت

طبقات شیب (درجه)	درصد مساحت تشکیل دهنده حوضه	مساحت km^2
۰-۱۵	۱۶.۵۲	۱۸.۶۲
۱۵-۳۰	۵۷.۰۶	٦٤.۳۲
۳۰-٤٥	۲۵.٤۳	۲۸.٦۷
٤٥-٦٦	۰.۹۹	۱.۱۲
مجموع	۱۰۰	۱۱۲.۷۳

با توجه به نقشه شیب منطقه و زمین‌لغزش‌های موجود در حوضه(شکل۳) تعداد چهار زمین‌لغزش در طبقه شیب ۰ تا ۱۵ درجه، در طبقه شیب ۱۵ تا ۳۰ درجه شش زمین‌لغزش، درطبقه شیب ۳۰ تا ٤٥ درجه چهار زمین‌لغزش داشتیم و در طبقه شیب ٤٥ تا ٦٦ نیز زمین‌لغزشی صورت نگرفته است. در مجموع طبقه شیب ۱۵ تا ۳۰ درجه که اکثر زمین‌لغزش‌ها در آن اتفاق افتاده است بیش از طبقات شیب دیگر مستعد خطر زمین‌لغزش می‌باشد .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل۳: ارتباط طبقات شیب منطقه با زمین‌لغزش‌های حوضه آبخیز زیارت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نقشه جهت‌شیب

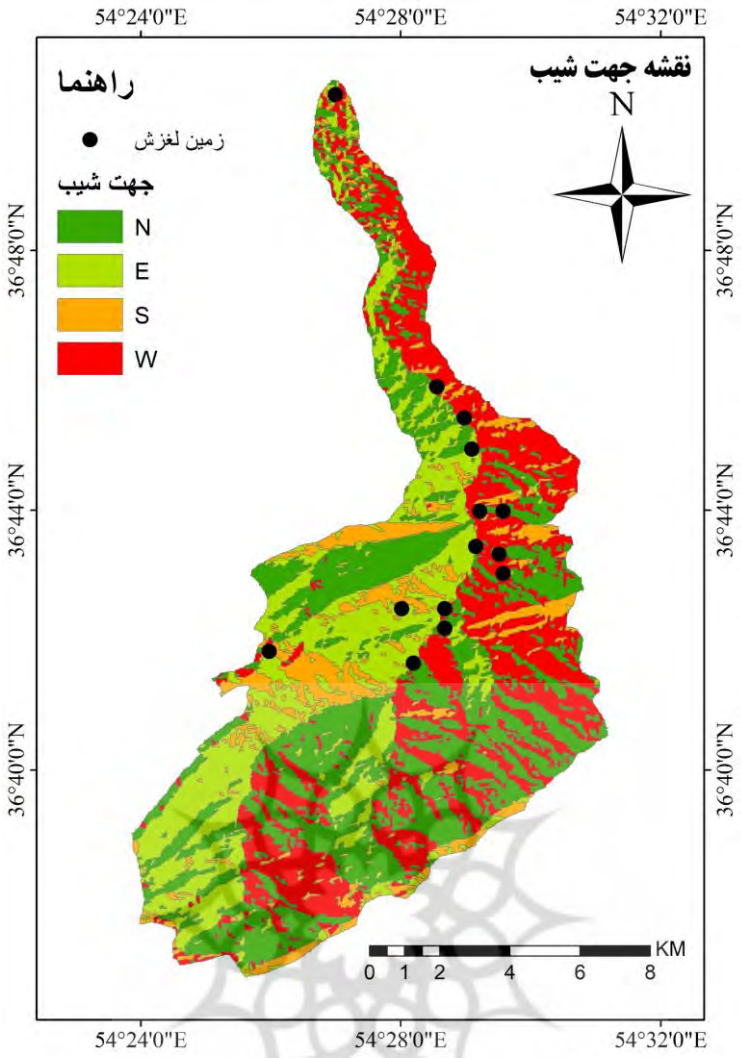
جهت‌شیب به علت اینکه در ارتباط با پارامترهایی نظیر درصد جذب نورخورشید، بادهای خشک‌کننده و باران می‌باشد به عنوان یک فاکتور مهم در تهیه نقشه آسیب‌پذیری زمین لغزش در نظر گرفته می‌شود در این بررسی با استفاده از فایل DEM، نقشه جهت‌شیب را بر اساس چهار جهت اصلی جغرافیایی (شمال، جنوب، شرق ،غرب) در محیط ARC GIS ساختیم.(جدول۲) بر این اساس جهت شمال حوضه با 39 کیلومتر مربع که 35 درصد از حوضه را تشکیل می‌دهد، بیش‌ترین مساحت حوضه را در بر دارد. همچنین جهت جنوب که تنها 12 کیلومتر مساحت دارد و 10 درصد از حوضه را شامل می‌شود کم‌ترین مساحت حوضه را تشکیل می‌دهد .

جدول۲: جهات شیب و نسبت مساحت تشکیل دهنده حوضه آبخیز زیارت

جهت شیب	درصد تشکیل دهنده حوضه	مساحت جهات km^2
شمال	۳۵.۱۱	۳۹.۵۸
شرق	۲۵.۰٦	۲۸.۲۵
جنوب	۱۰.۸۵	۱۲.۲۳
غرب	۲۸.۹۷	۳۲.٦٦
مجموع	۱۰۰	۱۱۲.۷۲

بر اساس نقشه جهت‌شیب و نقاط لغزشی (شکل٤) از مجموع چهارده زمین‌لغزش سطح حوضه دو زمین‌لغزش در جهت شمال، پنج زمین‌لغزش در جهت شرق، دو زمین‌لغزش در جهت جنوب و پنج زمین‌لغزش نیز در جهت غرب حوضه اتفاق افتاده است که بدین ترتیب جهت‌های شرق و غرب حوضه با توجه به اینکه دارای بیش‌ترین تعداد زمین‌لغزش رخداده بوده‌اند، خطر پذیری بیشتری نسبت به دیگر جهت‌ها دارا می‌باشند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



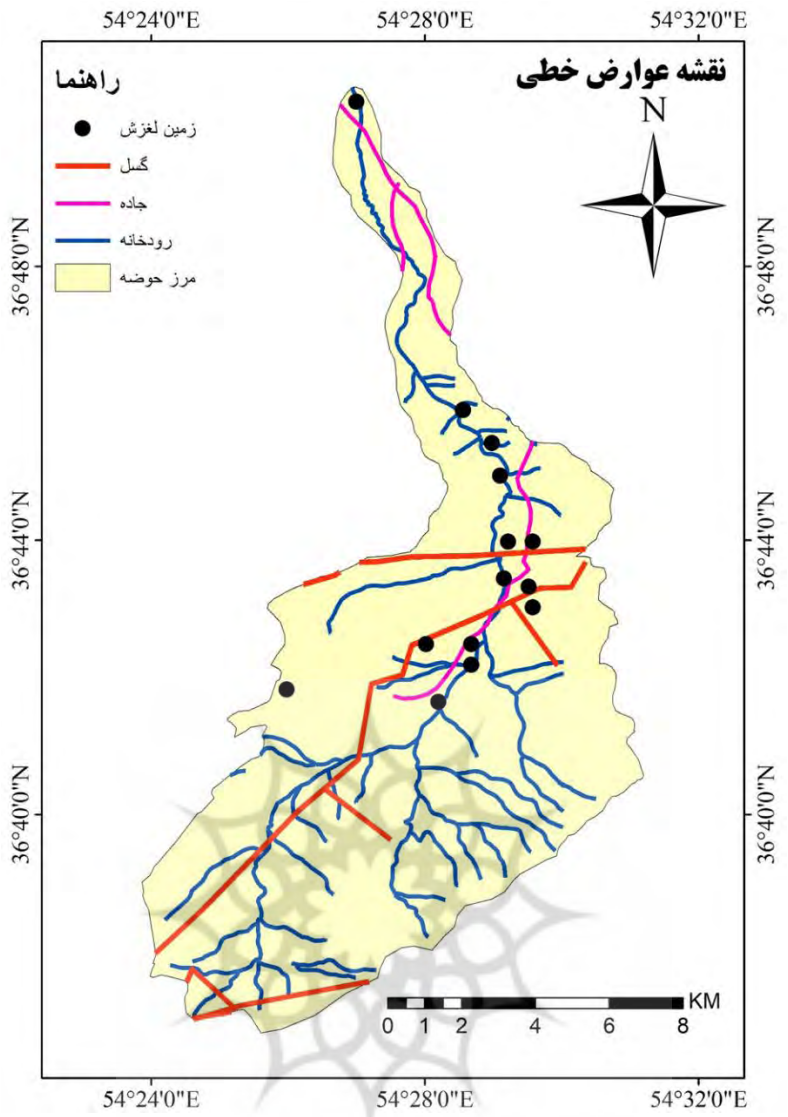
نقشه۴-۳ ارتباط جهت شیب و زمین لغزش های رخ داده در سطح حوضه

شکل٤: ارتباط بین جهت‌شیب و زمین‌لغزش‌های رخ داده حوضه آیخیز زیارت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نقشه عوارض خطی

عوارض خطی این پژوهش همچون (گسل، جاده و آبراهه) را در قالب یک نقشه نشان دادیم و ارتباط نقاط زمین‌لغزشی را با این عوارض بررسی نمودیم. (شکل۵) طبق نقشه بیشتر زمین‌لغزش‌ها در راستای شبکه آبراهه می‌باشد و تعداد اندکی از زمین‌لغزش‌ها در نزدیکی جاده و گسل اتفاق افتاده است. بنابراین نواحی اطراف شبکه آبراهه حوضه، مستعدترین نواحی خطر زمین‌لغزش را تشکیل می‌دهند.



شکل۵:ارتباط بین عوارض خطی با زمین‌لغزش‌های حوضه آبخیز زیارت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

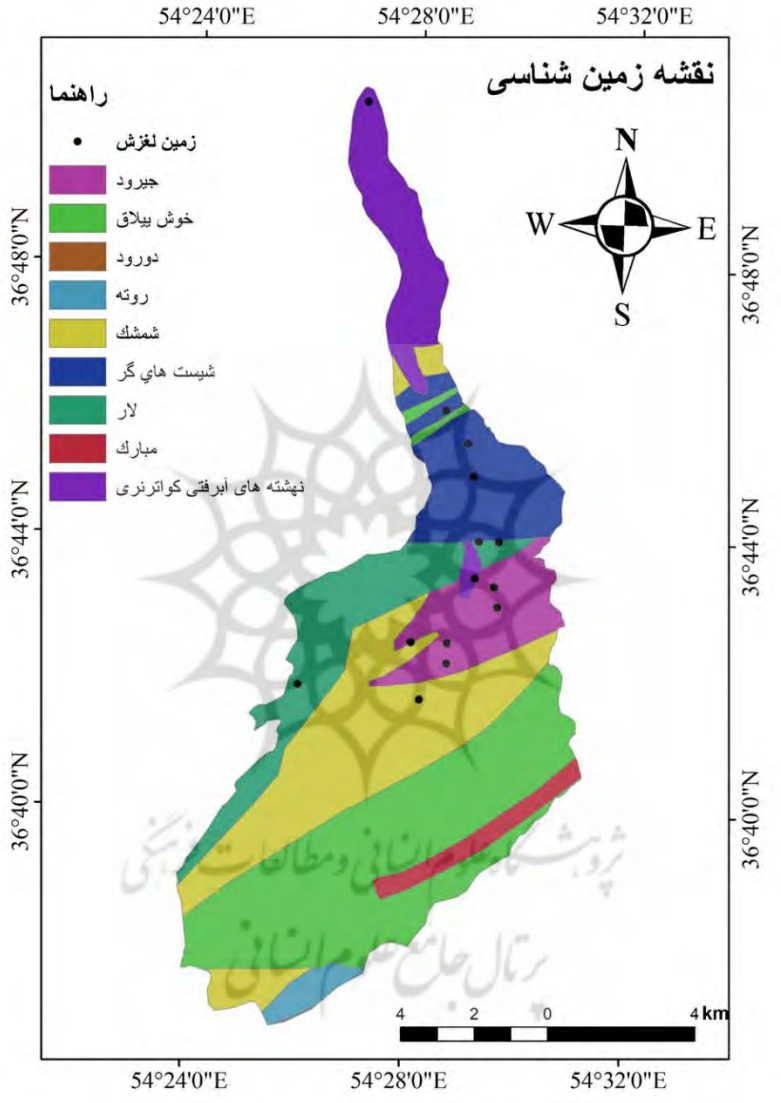
نقشه زمین‌شناسی

سازندهای تشکیل‌دهنده حوضه آبخیز زیارت شامل (جیرود، خوش ییلاق، دورود، شمشک، شیست گرگان ،لار، مبارک و نهشته های آبرفتی کواترنری) می‌باشد که در این بین سازند خوش ییلاق بیش‌ترین مساحت از حوضه را در برمی‌گیرد و حدود 30 درصد از حوضه زیارت را تشکیل می‌دهد. همچنین سازند درود کم‌ترین مساحت و درصد تشکیل دهنده حوضه را داراست. سایر سازندها نیز مطابق جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳: سازندهای تشکیل دهنده حوضه آبخیز زیارت و نسبت مساحت آنها

نوع سازند	مواد تشکیل دهنده سازند	درصد تشکیل دهنده حوضه	مساحت km^2
درود	درود	۰.۰۳	۰.۰۳
روته	کلسیم و منیزیم – آهن، منگنز، سدیم و استرانسیم – مخلوط کلسیت– آراگونیت	۱.۹۵	۱.۷۳
مبارک	مبارک	۳.۲۱	۲.٤۸
شمشک	ماسه ای/ شیلی، ماسه های کانالی، شیل سیاه ، ماسه پایینی، شیل دریایی و ماسه بالایی.	۲۷.٦۱	۲٤.۵۲
لار	لار	۱۳.۷۱	۱۲.۱۸
جیرود	کنگلومرا, کوارتزیت, ماسه سنگ, سیلتستون, شیل, و سنگ های کربناته	۹.٦٦	۸.۵۸
شیست گرگان	شیست گرگان	۱۱.۹	۱۰.۵۷
خوش ییلاق	شیل، ماسه سنگ، و لایه های زغال	۳٤.۸۲	۳۰.۹۳
نهشته های آبرفتی	نهشته آبرفتی	۹.۷	۸.٦۲
مجموع		۱۱۲.۵۹	۱۰۰

بعد از قرار دادن نقاط زمین‌لغزشی بر روی نقشه زمین‌شناسی حوضه (شکل٦)دریافتیم، که بیش‌ترین تعداد زمین‌لغزش در سازند جیرود رخ داده که با توجه به خصوصیات لیتولوژی آن که از جنس آهک است ، بیشتر تحت تاثیر فرسایش آبی قرار می‌گیرد و باعث رخداد زمین‌لغزش می‌شود. اکثر زمین‌لغزش‌های دیگر حوضه نیز در سازندهای شیست گرگان، لار و شمشک رخداده‌است.



شکل ٦: ارتباط بین زمین‌لغزش با نوع سازند حوضه آبخیز زیارت

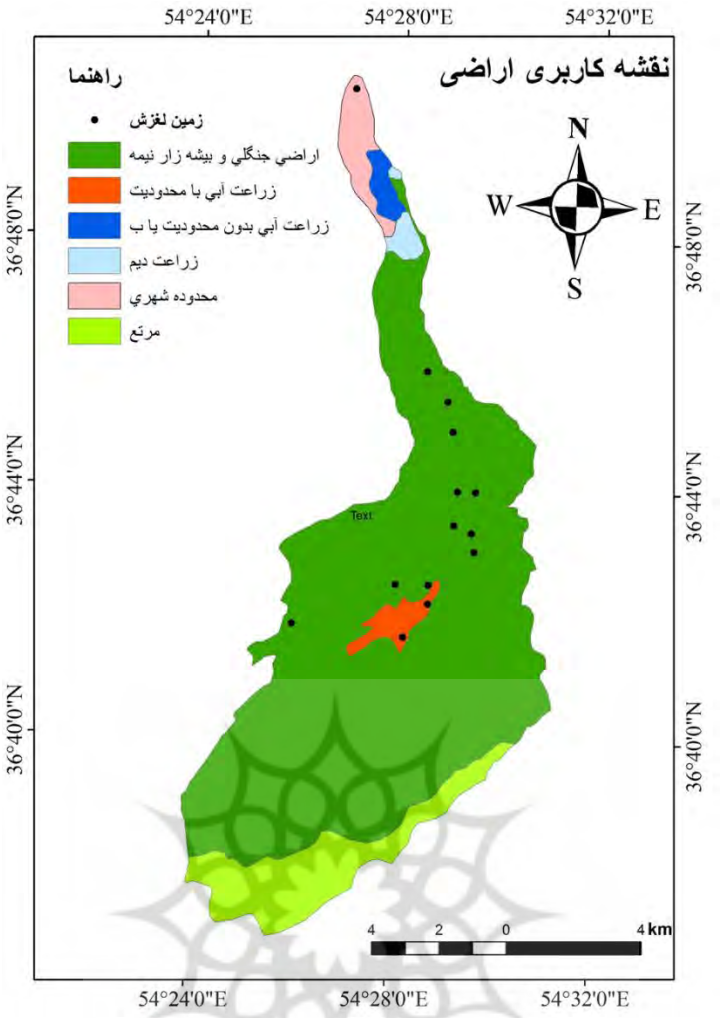
نقشه کاربری اراضی

کاربری زمین یکی از شاخص‌های اصلی در مطالعه زمین لغزش ها و پهنه‌بندی خطر آنها در یک ناحیه می‌باشد. با توجه به کاربری‌های حوضه آبخیز زیارت دریافتیم که بیشتر حوضه تحت پوشش کاربری از نوع اراضی جنگلی و بیشه زار نیمه می‌باشد که حدود 80 درصد حوضه را تشکیل می‌دهد. و همچنین کاربری زراعت دیم کم‌ترین مساحت از حوضه را در بر می‌گیرد که کمتر از 1 درصد می‌باشد .(جدول٤)

جدول ٤: کاربری اراضی حوضه آبخیز زیارت و نسبت مساحت تشکیل دهنده آن ها

نوع کاربری	درصد تشکیل دهنده	مساحت زمین km^2
مرتع	۱۰.۹٤	۱۲.۳۷
اراضی جنگلی و بیشه زار	۸۲.۲۹	۹۳.۰٤
زراعت آبی با محدودیت	۱.۸	۲.۰۳
زراعت دیم	۰.۹٦	۱.۰۹
محدوده شهری	۲.۵۸	۳.۲۲
زراعت آبی بدون	۱.۱۷	۱.۳۲
مجموع	۱۰۰	۱۱۳.۷۰

با توجه به نقشه ساخته شده در محیط نرم‌افزار ARC GIS شش نوع کاربری برای حوضه آبخیز زیارت در نظر گرفتیم و زمین‌لغزش‌های سطح حوضه را در ارتباط با این نوع کاربری‌ها بررسی نمودیم که ببینیم در کدام یک از کاربری‌های حوضه بیش‌ترین زمین‌لغزش‌ها صورت گرفته‌است(شکل۷). اکثر این زمین‌لغزش‌ها در محدوده کاربری، اراضی جنگلی و بیشه زار نیمه رخداده‌است. و سایر زمین‌لغزش‌ها در کاربری‌های مربوط به محدوده شهری و زراعت آبی با محدودیت اتفاق افتاده‌است. بر این اساس اراضی جنگلی و بیشه‌زار مستعدترین کاربری رخداد زمین‌لغزش می‌باشند.

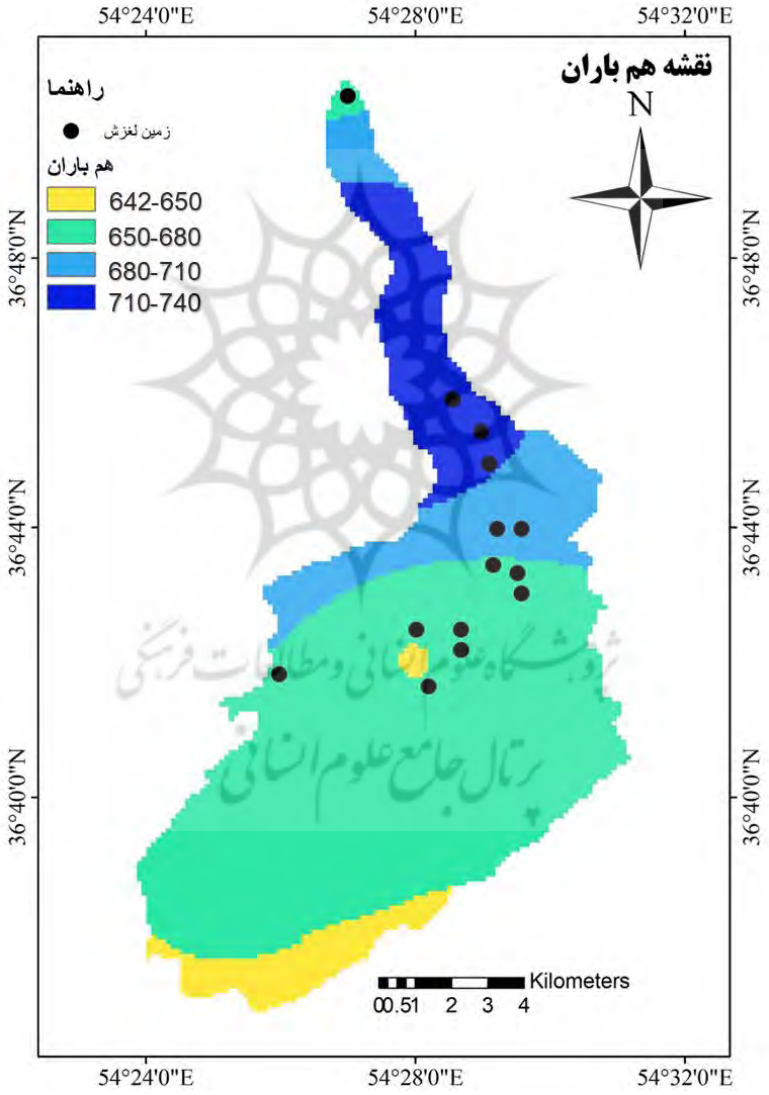


شکل۷: ارتباط بین زمین‌لغزش با کاربری‌های مختلف حوضه آبخیز زیارت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نقشه نقاط هم باران

الگوی مکانی بارش وابستگی بسیار نزدیکی با زمین‌لغزش دارد به وسیله تأثیر فشار آب بر دامنه‌های ناپایدار که از طریق نفوذ بارش ایجاد می‌گردد با توجه به اهمیت نقش بارش در اشباع خاک و بروز ناپایداری دامنه‌ای، این عامل مورد بررسی قرارگرفته است. نقشه بارش منطقه با توجه به داده‌های اقلیمی و گرادیان بارش در رابطه با ارتفاع منطقه در فرمت رستری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی استخراج گردید. بیش‌ترین میزان بارش در سطح حوضه آبخیز زیارت 739 میلی‌متر و کم‌ترین مقدار بارش 642 میلی‌متر وهمچنین میانگین بارش منطقه زیارت 575 میلی‌متر می‌باشد (شکل۸).بر اساس داده‌های باران سنجی ایستگاه زیارت نقشه هم باران حوضه آبخیز زیارت را در محیط نرم‌افزار ARC GIS تولید کردیم. طبق این نقشه بیشتر زمین‌لغزش‌ها در محدوده بارشی بین 650 تا 680 میلی‌متر رخداده‌است و همچنین در محدوده بارشی 642 تا 650 میلی‌متر هیچ زمین‌لغزشی نداشتیم.



شکل ۸: ارتباط بین طبقات بارش و زمین‌لغزش‌های حوضه آبخیز زیارت

نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با مدل AHP

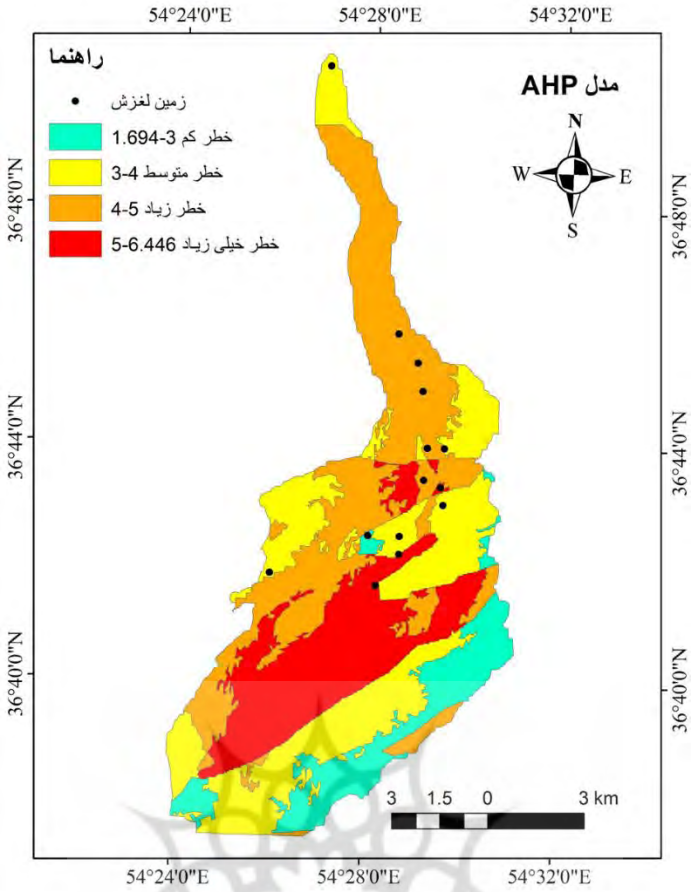
حوضه مورد مطالعه خود را به چهار منطقه با خطرپذیری (کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تقسیم نمودیم (جدول۵)که به این قرار می‌باشد: بیش‌ترین مساحت خطر پذیری حوضه آبخیز زیارت با ۳۷ کیلومتر مربع که ۳۰ درصد از حوضه را شامل می‌شود، به محدوده با خطر زیاد اختصاص دارد و از شمال تا جنوب منطقه ادامه می یابد. با توجه به اینکه محدوده با خطر پذیری کم مساحت کمتری (۱۳ کیلومتر مربع) را نسبت به سایر محدوده های دیگر دارد و درقسمت جنوبی قرار دارد،محدوده با خطر پذیری خیلی زیاد در قسمت مرکزی قرار گرفته و حدود ٢٤ کیلومتر مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می شود بنابراین می‌توان دریافت که حوضه آبخیز زیارت در مجموع دارای پتانسیل خطر پذیری بالایی نسبت به رویداد زمین‌لغزش می‌باشد.

جدول۵: مساحت تشکیل دهنده محدوده های خطرپذیری حوضه آبخیز زیارت

خطر پذیری	درصد مساحت تشکیل دهنده	مساحت km^2
خطر کم	۱۲.۲۳	۱۳.۲۸
خطرمتوسط	۳۱.۷۳	۳٤.٤٤
خطرزیاد	۳٤.۲	۳۷.۱۲
خطر خیلی زیاد	۲۱.۸٤	۲۳.۷۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۸.۵۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بعد از تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر حوضه آبخیز زیارت در محیط ARC GIS و قرار دادن نقاط لغزشی بر روی این نقشه دریافتیم که از مجموع چهارده لغزش مورد نظر در سطح حوضه، در محدوده خطر پذیری کم یک زمین‌لغزش، در محدوده با خطر متوسط چهار زمین‌لغزش، در محدوده با خطر زیاد شش زمین‌لغزش و در محدوده خطر خیلی زیاد سه زمین‌لغزش رخداده‌است. بدین ترتیب با توجه به نقشه پهنه‌بندی و زمین‌لغزش‌های حوضه مشخص شد که اکثر زمین‌لغزش‌ها در حوضه آبخیز زیارت در محدوده با خطر زیاد اتفاق افتاده است که این امر صحت و درستی مدل AHP را در پهنه‌بندی خطر منطقه مورد مطالعه تایید می نماید.(شکل۹)



شکل۹: پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز زیارت با مدل AHP

شکل ۱۰:نمونه از زمین‌لغزش های منطقه

نتیجه گیری

طبق مطالعات انجام گرفته در این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که در واقع در حوضه آبخیز زیارت عوامل طبیعی منطقه مانند شیب، زمین‌شناسی، آبراهه و... دارای تاثیر خیلی بیشتری نسبت به عوامل انسانی در وقوع خطر زمین‌لغزش هستند. در بررسی ارتباط زمین‌لغزش‌ها با عوامل طبیعی دریافتیم که بیشتر لغزش‌های صورت گرفته در ارتفاع 500 تا 1000 متری در طبقه شیب 15 تا 30 درجه و همچنین در جهت های شرق و غرب حوضه اتفاق افتاده است. ارتباط معناداری نیز بین لغزش‌های صورت گرفته در سطح حوضه با شبکه آبراهه وجود داشت بدین صورت که اکثر زمین‌لغزش‌ها در راستای شبکه آبراهه پراکنده شده اند و بعنوان مهم ترین عامل زمین‌لغزش در منطقه شناخته شد. در بررسی ارتباط بین زمین‌لغزش‌ها و زمین‌شناسی حوضه به این نتیجه رسیدیم در سازند جیرود بیشتر لغزش صورت گرفته است که بدلیل لیتولوژی آن می‌باشد که از نوع آهک است. از لحاظ کاربری زمین بیشتر زمین‌لغزش‌ها در محدوده اراضی جنگلی رخداده‌است. اگر بخواهیم زمین‌لغزش‌های حوضه را از نظر میزان بارش نیز در نظر بگیریم باید گفت که بیشتر لغزش‌ها در محدوه بارشی 650 تا 680 میلی‌متر اتفاق افتاده است. در کل با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر حوضه آبخیز زیارت اکثرا زمین‌لغزش‌ها در محدوده با خطر زیاد اتفاق افتاده‌است که این امر صحت و درستی مدل AHP را در پهنه‌بندی خطر منطقه مورد مطالعه تایید می‌نماید.

در منطقه زیارت جهت کنترل و کاهش مخاطرات دامنه‌ای بویژه زمین‌لغزش میتوان اقدامات زیر را انجام داد:

۱- با توجه به اینکه منطقه زیارت جزء مناطق با خطر زیاد از نظر رویداد زمین‌لغزش محسوب می‌شود لذا باید توسعه شهر و ساختمان سازی را در نواحی با خطر پایین و کم انجام دهیم.

۲- از عملیات خاک برداری جهت احداث جاده در مناطقی که در محدوده خطر پذیری زیاد و بسیار زیاد زمین‌لغزش قرار گرفته اند خودداری شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- اکبری ،الهه، درویشی،علی، نیسانی،نجمه(۱۳۹٦). تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل تلفیقی فازی- فرآیند تحلیل شبکه ای.نشریه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. دوره ۸، شماره ۳ - شماره پیاپی ۲۸.صفحه ۷۳-۸۸

- الوندی، احسان، فروتن دانش، مهتاب، و دهمرده قلعه نو، محمدرضا. (۱۳۹٦). مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و GIS مطالعه موردی: حوضه آبخیز زیارت استان گلستان. اطلاعات جغرافیایی، ۲٦(۱۰۱)، ۱۸۱-۱٦۹.

- جعفری ،محسن ،آقاطاهر، رضا ، فلاح زرولی، محمد، زرافشار ،مهرداد (۱۳۹۵). ارائه نقشه پهنه‌بندی مراکز مستعد دفاعی در مناطق جنگلی با تکیه بر AHP و GIS مطالعه موردی: علی آباد کتول-استان گلستان. نشریه: اطلاعات جغرافیایی.دوره:۲٤ شماره:۹۵.صفحات :۹۲-۸۱

- خضری ،سعید،احمدی ،محمد، محمدی مطلق، احمد(1394).تحلیل و پهنه‌بندی خطر جریانات واریزه ای و مخروط های آن در منطقه کوهستانی پاوه .پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی،سالسوم ،شماره 4، بهار 1394.صص.16-1.

- رجبی، علی محمد، و خسروی، حسین. (۱۳۹۵). انتخاب مدل بهینه در پهنه‌بندی زمین‌لغزش های ناشی از زلزله (مطالعه موردی: منطقه چلکاسر و چهارمحل).همایش انجمن زمین شناسی ایران.

- زندی،رحمان، امیراحمدی،ابوالقاسم، محمدنیا،ملیحه(۱۳۹۷). استفاده از مدل آنتروپی در ارزیابی مخاطر ه زمین لغزش در مسیر جاده پیشنهادی طرقبه-درود (مشهد – نیشابور). جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ،۱۳۹۷ دوره،۱ شماره ۲.

– زنگنه تبار، زهرا ، عبدالله زاده، اصغر ، بهمنی، سیران ۱۳۹۷. پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP)مطالعه موردی: بخش جنوبی حوضه آبریز خرم آباد). چهارمین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست .تعداد صفحات: ۱۳.

– سازمان آب منطقه ای استان گلستان؛ 1395؛ داده‌های هیدرومتری ایستگاه زیارت.

– شفقتی ، مهدی ،مصلحت جو ، عطاء الله .1391. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش آنبالاگان در محیط ArcGIS. مطالعه موردیحوضه آبخیز چاکرود- گیلان .فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال نهم،شماره 45.

- صابرچناری،کاظم، شیخ،واحد، سلمانی،حسین 1395.ارزیابی مدلLNRF در تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش با استفاده از GIS درحوزه آبخیز زیارت گرگان. پژوهش های آبخیز داری)پژوهش و سازندگی(.شماره112، پاییز1395.

- عابدینی،موسی،پیروزی،الناز(۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تلفیق روش های Hot Spot، ANP و WLC (مطالعه موردی: شهرستان خلخال).جغرافیا و مخاطرات محیطی. دوره ۸، شماره ٤ – شماره پیاپی ۳۲، صفحه ۳٦-۱۹.

- عبدالله زاده ،علی، اونق،مجید().مقایسه ی دو روش تعیین مناطق مستعد خطر زمین‌لغزش در آبخیز زیارت استان گلستان.فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران.شماره نهم.

- عقلمند، مجید، طلایی، رضا، مخبری، مهدی.1395 . ارزیابی عوامل تاثیرگذار در ناپایداری دامنه‌های جنوب استان اردبیل. دومین همایش ملی توسعه پایدار در راهسازی با رویکرد حفظ محیط زیست .20 آبان 1395–شیراز . کاویانی، محمد رضا؛ علیجانی، بهلول؛ 1385؛ مبانی آب و هوا شناسی، انتشارات سمت.

- کرنژادی، آیدینگ .1392. در ارزیابی خطر، خسارت و مدیریت زمین‌لغزش(مطالعه موردی: آبخیز زیارت ،استان گلستان)، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

– مددی، عقیل ، نوعی ، بهنام،اسمعلی،اباذر . 1392 . ارزیابی خطر زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از مدل LIM و بکار گیری تکنیک GIS . مطالعه موردی حوضه آبخیز گیوی چای–اردبیل . نشریه علمی–پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی دانشکده جغرافیا،سال17، شماره 43 ، صفحات326-307

– مختار یاصل،ابوالفضل، رنجبریان شادباد،مریم۱۳۹۵. ارزیابی و پهنه‌بندی احتمال خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز یایجیلو با مدل AHP . پژوهش های ژئومورفولوژی کمی سال چهارم بهار ۱۳۹۵ شماره ٤ (پیاپی ١٦).

– مقیمی، ابراهیم، یمانی، مجتبی ؛ رحیمی هرآبادی، سعید(۱۳۹۲). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهر رودبار با استفاده ازفرایند تحلیل شبکه. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی – شماره ٤.صص۱۱۸–۱۰۳.

– یار احمدی، جمشید، روستایی، شهرام، شریفی کیا ،محمد، روستایی، مه آسا(1394). شناسایی و پایش ناپایداری دامنه‌ای به روش پردازش اینترفرومتری تفاضلی. مطالعه موردی حوضه آبریز گرمی چای میانه .

- Anbalagan, R., Kumar, R., Lakshmanan, K., Parida, S and Neethu, S. 2015. Landslide hazard zonation mapping using frequency ratio and fuzzy logic approach, a case study of Lachung Valley, Sikkim, Geo environmental Disasters, 1 – 17.

- Bin, Y., Yu, M. and Yufu, W., 2013, Case study of a giant debris flow in the Wenjia Gully, Sichuan Province, China, Nat Hazards. Vol. 65, pp. 835-849.

- Kalimuthu H, Tan, WN, Lim SL, Fauzi MFA., 2015. Assessing frequency ratio method for landslide susceptibility mapping in Cameron Highlands, Malaysia. In 2015 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD) (pp. 93-99). IEEE.

- Redshaw, P., Dijkstra, T., Free, M., Jordan, C., Morley, A., & Fraser, S. 2017. Landslide risk assessment for the built environment in Sub -Saharan Africa. In Workshop on World Landslide Forum (pp. 5 -12). Springer, Cham.

- Reichenbach P, Rossi M, Malamud BD, Mihir M, Guzzetti F., 2018. A review of statisticallybased landslide susceptibility models. Earth-Science Reviews, 180, 60-91.

- Roback K, Clark MK, West AJ, Zekkos D, Li G, Gallen SF, Godt JW., 2018. The size, distribution, and mobility of landslides caused by the 2015 Mw7. 8 Gorkha earthquake, Nepal. Geomorphology, 301, 121-138.

- Shariat Jafari, M. 1996. Landslide principles of natural slope stability. Sazeh.

Press, 218p. (In Persian)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی