

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق بولین در کوه باقران (جنوب بیرجند)

هاشم منصوری^{۱*}، فاطمه وکیلی اوندیری^۲ و محمد مهدی خطیب^۳

۱، ۲ و ۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند

نویسنده مسئول: *mahmoodmansouri1@yahoo.com

دریافت: ۹۴/۳/۳ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۱

چکیده

زمین‌لغزش یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی است که هر ساله باعث ایجاد خسارت‌های جانی و مالی فراوانی در سطح کشور شده است. در این تحقیق ابتدا به وسیله عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و بررسی‌های میدانی، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها در کوه باقران (جنوب بیرجند) به مساحت حدود ۱۱۰۰ کیلومتر مربع تهیه گردید. در این زمینه پارامترهای موثر، اولویت‌بندی شد. در مرحله بعدی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و منطق بولین، وزن پارامترها مشخص گردید و در پایان با استفاده از ARC GIS پارامترها با هم تلفیق شدند مطالعات پهنه‌بندی حاکی از آن است که فاکتورهای فرسایش، فاصله از گسل و شتاب مهم‌ترین نقش را در وقوع زمین‌لغزش‌ها در منطقه ایفا می‌کنند. بر این اساس شواهد صحرایی حاکی از آنند که عمده زمین‌لغزش‌ها از نوع ریزشی بوده و بیش از ۸۵ درصد در فاصله ۰-۷۰۰ متری از گسل‌ها رخ داده‌اند که دال بر ارتباط مستقیم با زمین‌ساخت منطقه دارد. بررسی درصد شیب نشان می‌دهد که بیش‌تر زمین‌لغزش‌ها در شیب ۱۵ تا ۴۰ درجه (شیب موثر) به وقوع می‌پیوندد. هم‌چنین بیش از ۹۵ درصد زمین‌لغزش‌ها در رده سنگ‌های با مقاومت ضعیف و خیلی ضعیف در برابر فرسایش اتفاق می‌افتد. بر اساس نتایج پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب ۱۵، ۱۲، ۲۵، ۲۹ و ۱۹ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی خطر زمین لغزش، تحلیل سلسله مراتبی، منطق بولین، تراکم سطح، کوه باقران

۱- مقدمه

خصوصیات ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی مشابه که عمدتاً استعداد وقوع لغزش دارند استفاده می‌شود. اما در برخی از روش‌های کیفی از اصول رتبه‌دهی و وزن‌دهی به پارامترها بهره گرفته شده است این روش‌های طبیعی شبه کمی دارند. نمونه‌هایی از این روش‌ها استفاده از روش AHP و یا منطق بولین می‌باشد. در این تحقیق، سوالات زیر دنبال می‌شود:

۱. عوامل موثر بر زمین‌لغزش‌های منطقه کدام است و کدام عوامل در اولویت قرار دارند؟
۲. چه رابطه‌ای بین فاصله از گسل و شدت شکستگی با نقشه پراکنش زمین‌لغزش چگونه است؟
۳. زمین‌لغزش‌های منطقه بیش‌تر از کدام نوع است؟
۴. کدام یک از نقشه‌های خروجی تحلیل سلسله مراتبی و منطق بولین، بیش‌ترین تطابق را با نقشه پهنه‌بندی واقعی (ارزش مطالعاتی) دارد؟

پتانسیل لغزش زمین تحت عنوان استعداد زمین جهت وقوع لغزش تعریف می‌شود که عموماً با استفاده از روش‌های کارتوگرافی بیان می‌گردد. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش احتمال وقوع لغزش در مناطق مختلف در آینده را از طریق بررسی ارتباط بین عوامل موثر بر وقوع لغزش و پراکندگی مکانی لغزش‌های رخ داده بیان می‌کند [۲۱]. این نقشه یک ابزار پایه جهت برنامه‌ریزی در امر کاربری اراضی به ویژه در مناطق کوهستانی محسوب می‌شود. قابلیت اعتماد این نقشه تا حد زیادی به کیفیت داده‌های در دسترس، مقیاس مطالعه، انتخاب یک روش و مدل‌سازی مناسب بستگی دارد. این نقشه ممکن است به روش‌های کمی یا کیفی تهیه شود. روش‌های کیفی عموماً مبتنی بر تجربه کارشناسی هستند یا به بیان ساده‌تر در روش‌های کیفی معمول از ارزیابی لغزش‌های رخ داده در منطقه جهت شناسایی مناطق با

۵. بر پایه نقشه‌های خروجی، چند درصد منطقه در معرض خطر بالای لغزش قرار دارد؟

برخی از مطالعات قبلی

نقشه خطر زمین‌لغزش ترکیه با بهره‌گیری از روش آماری و تحلیل سلسله مراتبی، با استفاده از زمین‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده به عنوان عامل‌های اصلی موثر در لغزش معرفی می‌کند [۳۰].

در بخشی از مناطق چامولی واقع در هندوستان از هفت فاکتور شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از گسل، اختلاف ارتفاع، لیتولوژی و نقشه سیستم آبراهه‌ها استفاده کردند و در نهایت پهنه‌بندی لغزشی بدست آمده مطابقت خوبی با مناطق لغزشی واقعی داشتند [۲۳].

مهم‌ترین عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه کشوری به ترتیب اولویت به ترتیب اولویت شیب، لیتولوژی، گسل، آبراهه، جهت شیب، کاربری اراضی، ارتفاع، بارش، زمین‌لرزه، جاده قرار داد و مشاهده نمود که فاصله از جاده تاثیر زیادی روی زمین‌لغزش ندارد [۱۳].

تطبیق مناطق زلزله خیز بر مناطق وقوع زمین‌لغزش‌ها نشان‌دهنده، رشته کوه‌های فعال تکتونیکی جوان و در طول گسل‌های فعال و بطور عمده در طول پهنه‌های حاشیه‌ای فعال بلوک‌های قاره‌ای اتفاق می‌افتد. و هم‌چنین ویژگی جالب زمین‌لغزش رزگ مساحت سطح لغزش محدود به همان منطقه و هم‌چنین توسعه حرکت در مسیر حرکت و نحوه، از هم پوشیدگی توده به شکل خاص می‌باشد [۱۱].

زمین‌لغزش هاوانان به صورت لغزش دوارنی و موضعی است که توده‌های سست و تجمع آن‌ها در نواحی پایین دست قرار دارد [۱۶].

بررسی گسلش فعال در بیرجند شمال شرق ایران، گسل محدوده‌ی جلویی کوه باقران در اواخر کواترنری فعال می‌باشند [۲۹].

فخاری و خطیب با بررسی تغییرات نرخ برخاستگی در افیولیت ملانژهای جنوب بیرجند به کمک تحلیل فرکتالی آبراهه به بیش‌تر بودن نرخ برخاستگی دامنه جنوبی نسبت به شمالی پی بردند [۱۲].

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد نظر به وسعت حدود ۱۱۰۰ کیلومتر مربع در جنوب بیرجند واقع است (شکل ۱). کوه باقران یکی از

شاخه‌های تمایل یافته از پهنه سیستان به داخل پهنه لوت می‌باشد. ایالت ساختاری سیستان در شرق ایران با روند کلی شمالی جنوبی نشان‌دهنده‌ی زمین‌درز برخوردی قطعه‌ی لوت و افغان است [۲۷]. وجود سیستم گسلی نه‌بندان در مرز بین این ایالت ساختاری و پهنه‌ی لوت موجب دگرشکلی واحدهای سنگی در حاشیه و درون ایالت ساختاری سیستان شده است [۴]. سیستم گسل نه‌بندان با سازوکار غالب امتداد لغز راستگرد و روند کلی شمالی - جنوبی دارای سرشاخه‌های فرعی زیادی است. پایانه شمالی این گسل با چرخش به سمت غرب روندی شمال‌غرب - جنوب‌شرق، شرقی - غربی، شمال شرق - جنوب غرب نشان می‌دهد. لذا پهنه‌ی سیستان در بخش شمالی با تغییر جهت به طرف غرب به صورت تداخلی وارد قطعه لوت می‌شود. در واقع افیولیت ملانژ جنوب بیرجند یکی از پایانه‌های زمین‌درز سیستان است [۹]. بنابراین از نظر ویژگی‌های کلی مشابه این ایالت ساختاری می‌باشد. آمیزه‌های افیولیتی حدود ۶۰ درصد رخنمون‌های سنگی را در این ناحیه به خود اختصاص می‌دهند و به دلیل تحمل برش زیاد و مخلوط شدن تکتونیکی، نظم بخش‌های مختلف آن از بین رفته است که شامل سنگ‌های اولترامافیک، سنگ‌های رسوبی و سنگ‌های دگرگون می‌باشد [۸].

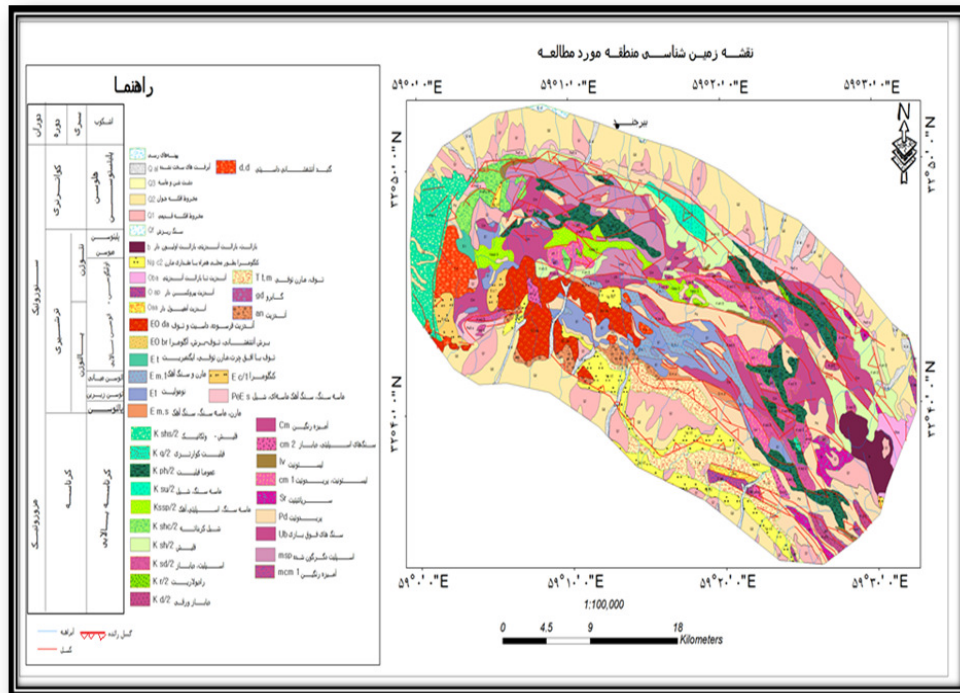
از گسل‌های فعال تاثیرگذار و مهم در منطقه می‌توان به گسل‌های زیر اشاره کرد که در شکل ۶ موقعیت این گسل‌ها در منطقه مورد مطالعه آمده است.

گسل تراستی جنوب بیرجند: این گسل با طولی حدود ۸۰ کیلومتر حد شمالی رشته کوه باقران را از دشت بیرجند جدا می‌کند. روند این گسل تقریباً شرقی - غربی می‌باشد. این گسل در محل دره خراشاد رخنمون دارد، تراس‌های قدیمی را بریده و توسط رسوبات جدید رودخانه‌ای و سنگ ریزش‌ها پوشیده می‌شوند.

گسل گل: گسلی با روند تقریباً شرقی - غربی و شیب به سمت شمال می‌باشد که بیش از ۳۰ کیلومتر نیز طول دارد این گسل نیز حد جنوبی رشته کوه باقران را از دشت مختاران جدا کرده و موجب رانده شده واحدهای افیولیت‌ملانژ و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن بر روی رسوبات آبرفتی کواترنری شده است. جدیدترین فعالیت لرزه‌خیزی این گسل مربوط به سال ۱۹۸۷ است که طی آن منازل مسکونی روستاهای گل و فریز و چهکنند آسیب

لرزه‌های این زمین‌لرزه به مدت دو ماه ادامه داشت و بزرگی این زمین‌لرزه حدود ۴/۷ ریشتر است.

کلی دیده و کاریزنو به کلی ویران شد. زمین‌لرزه فوق دارای ساز و کار فشاری چپگرد می‌باشد پس



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۳- بحث

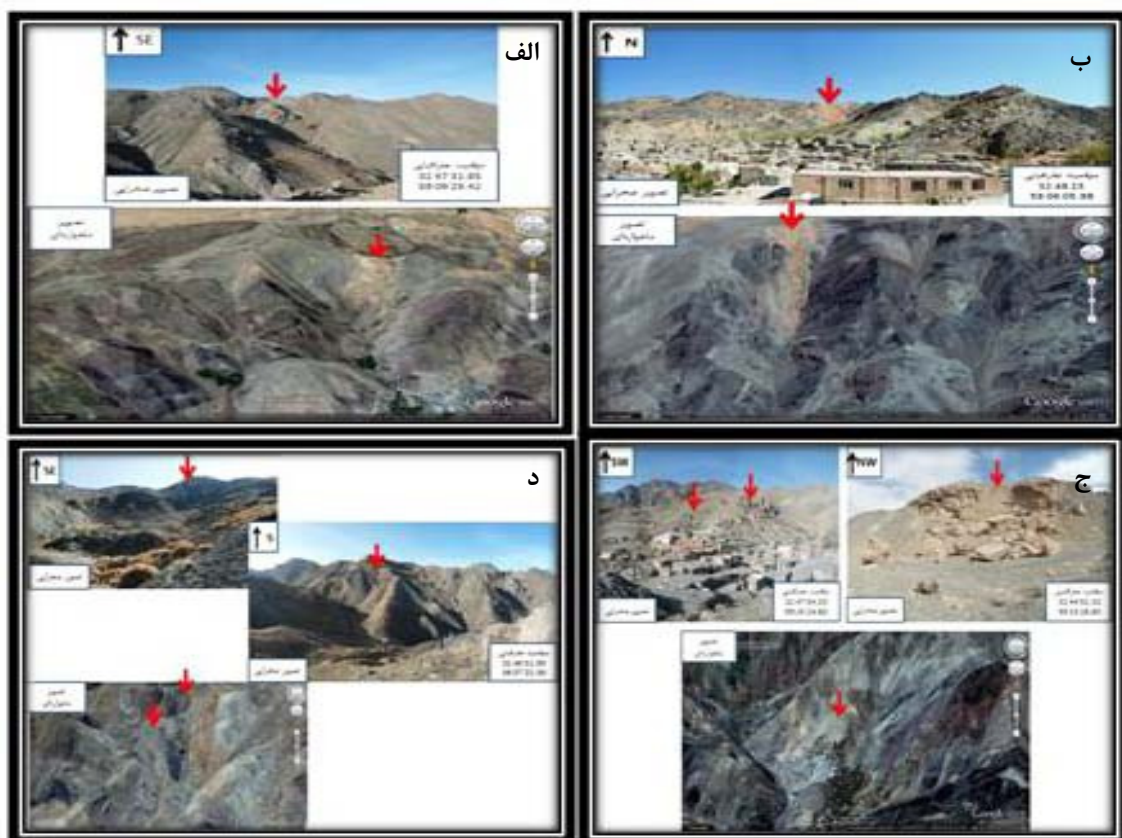
فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۱: روش AHP توسط فردی به نام توماس الساعتی در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد شد این روش برای حل مسایل بدون ساختار در زمینه‌های مختلف مدیریت، سیاست، اقتصاد، جغرافیا و ... به کار می‌رود [۱۷]. AHP از طریق تقسیم هدف در قالب چند قسمت ساده (معیار) به تجزیه و تحلیل آن می‌پردازد و پس از آن که گزینه‌ها و شاخص‌ها مشخص شد به منظور یافتن ارزش بیرونی (کلی) و در گام بعد به منظور یافتن ارزش درونی هر شاخص در بین مشاهدات مقایسات زوجی انجام می‌دهد. یکی از روش‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری چند عامله است. تجزیه (ایجاد سلسله مراتب)، قضاوت مقایسه‌ای (به صورت زوجی با رعایت ساختار سلسله مراتب [ضمن محاسبه نرخ ناسازگاری]) و ترکیب اولویت‌ها (مبتنی بر نسبت-مقیاس در سطوح مختلف سلسله مراتب)ی مسئله مورد تصمیم؛ اصول سه‌گانه فرایند تحلیل سلسله مراتبی است [۱۵]. در نهایت ماتریس زوجی تشکیل می‌شود که نسبت به اهمیت عوامل از شماره ۱ تا ۹ می‌باشد (جدول ۱) [۲۶].

بررسی موردی تعدادی از حرکات توده‌های شناسایی شده

روستای سررزگ: زمین‌لغزش رخ داده در روستای سررزگ با پی‌سنگ فیلیتی از نوع لغزش انتقالی (نوعی حرکت توده خاک یا سنگ بر روی یک سطح مستوی، و شیب آن جهت حرکت لغزشی انتقالی را نشان می‌دهد) به طول ۸۹۷ متر و عرض ۴۲۹ متر، حجم عظیمی از مواد را انتقال داده است (شکل ۲).

روستای نوکند: زمین‌لغزش رخ داده در روستای نوکند باقران، بر روی واحدهای آمیزه‌رنگین از نوع ریزش که نوعی حرکت یک توده در دامنه پرتشیب یا پرتگاهی، بدون وجود سطح برشی و دارای سطح جدایشی باشد.

روستای رزگ: زمین‌لغزش روی داده در روستای رزگ بر روی واحدهای آمیزه رنگین و از نوع مرکب است. روستای گیوک سفلی: زمین‌لغزش رخ داده در نزدیکی روستای گیوک سفلی، بر روی واحدهای آمیزه‌های رنگین، از نوع انتقالی دورانی که نوعی حرکت توده خاک در امتداد یک منحنی کمابیش مدور حرکت می‌کند.



شکل ۲. الف) نمای از زمین‌لغزش روستای سررزگ، ب) نمای از زمین‌لغزش در روستای نوکند باقران، ج) نمای از زمین‌لغزش در روستای رزگ، د) نمایی از زمین‌لغزش در نزدیکی روستای گیوک سفلی

جدول ۱. مقایسات زوجی

مقدار عددی	ترجیحات
۹	کاملاً مرجح
۷	ترجیح خیلی قوی
۵	ترجیح قوی
۳	کمی مرجح
۱	ترجیح یکسان
۸ و ۲، ۴ و ۶	ترجیحات بین فواصل فوق

نقشه‌های ورودی با استفاده از عملگرهای بولین AND و OR یا با یکدیگر تلفیق می‌شوند و یک نقشه خروجی دودویی به وجود می‌آورند. اگر تلفیق نقشه‌ها با استفاده از عملگر AND انجام گرفته باشد، پیکسل‌های حاوی ارزش یک در نقشه خروجی، مکان‌هایی را نشان می‌دهد که کلیه معیارهای مربوط به کاربرد مورد نظر را تأمین می‌نمایند و در صورتی که نقشه‌های ورودی با استفاده از عملگر OR ترکیب شوند، پیکسل‌های حاوی ارزش یک در نقشه خروجی، مکان‌هایی را مشخص می‌کند که یک یا چند معیار در آن‌ها صدق می‌کند [۱۴ و ۲۴].

منطق بولین

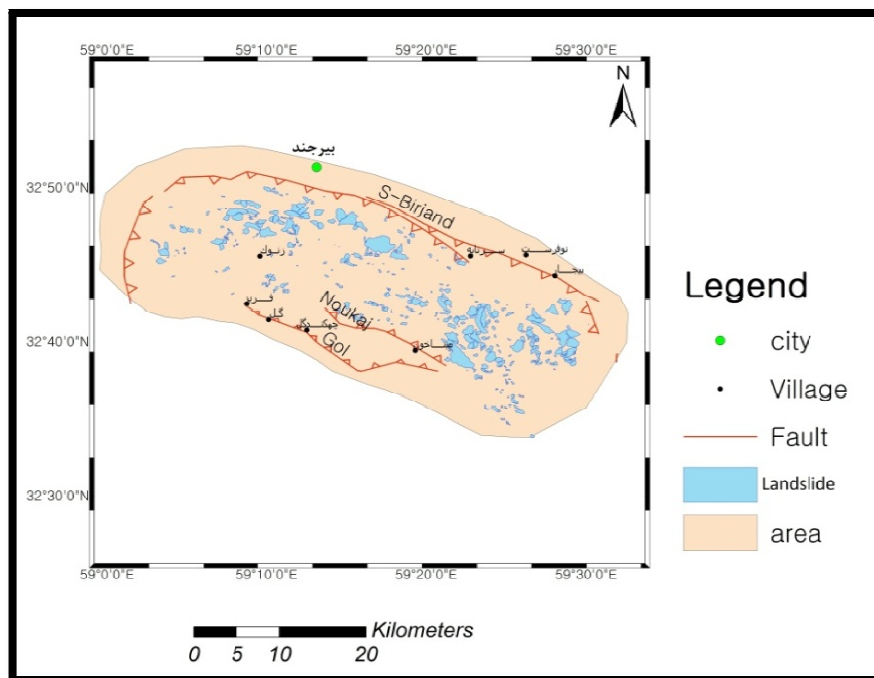
این مدل از ساده‌ترین و معروف‌ترین مدل‌های مورد استفاده جهت تلفیق اطلاعات در GIS می‌باشد. در این مدل ابتدا به ازای هر عامل، یک نقشه ورودی به صورت دو دویی بر اساس ضوابط و شرایط تهیه می‌شود. به این صورت که مقدار یک در هر واحد پیکسلی از یک نقشه ورودی نشان دهنده‌ی مناسب بودن و مقدار صفر نشان دهنده‌ی نامناسب بودن موقعیت مکانی آن پیکسل جهت فعالیت مورد نظر با توجه به مفهوم آن نقشه (عامل) می‌باشد.

۴- روش تلفیق داده‌ها

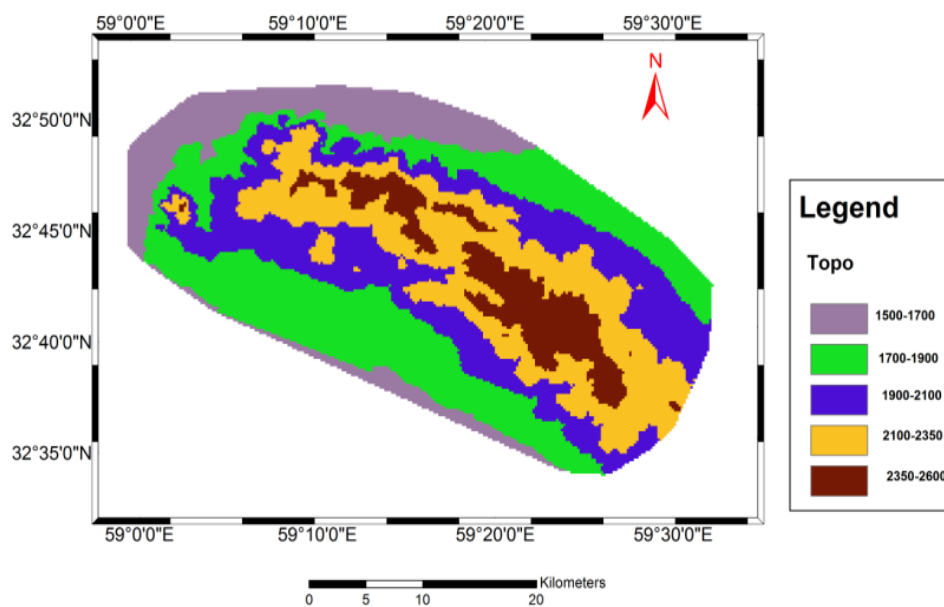
۴-۱- داده‌های مورد نیاز

پس از بررسی منابع و یافته‌های علمی مرتبط با موضوع، با استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ همراه با بازدید میدانی، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها در منطقه تهیه شد (شکل ۳). بر اساس سابقه تحقیق،

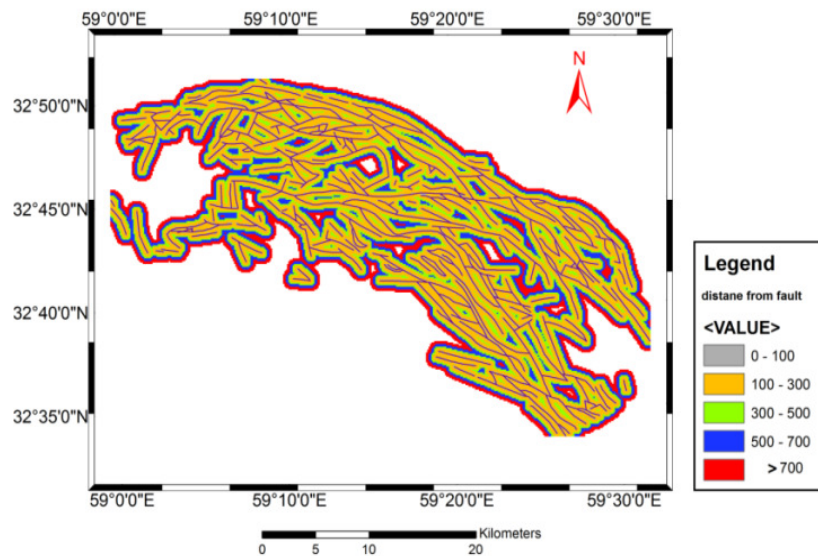
موقعیت منطقه، مقیاس و روش‌های پهنه‌بندی مورد استفاده، مجموعاً ۸ عامل توپوگرافی، فاصله از گسل، هم‌شتاب، شیب، جهت شیب، بارش، فاصله از آبراهه و فرسایش مورد استفاده و مطالعه قرار گرفته است (شکل‌های ۴ تا ۱۱).



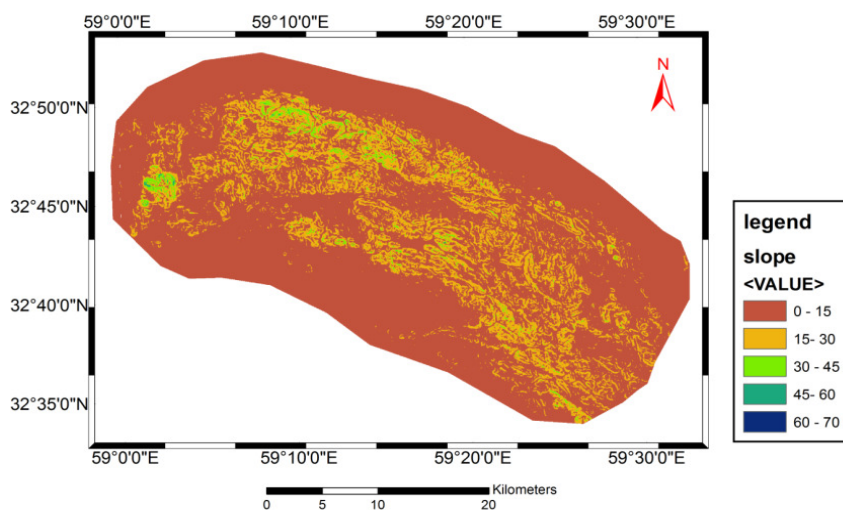
شکل ۳. نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها در منطقه مورد مطالعه



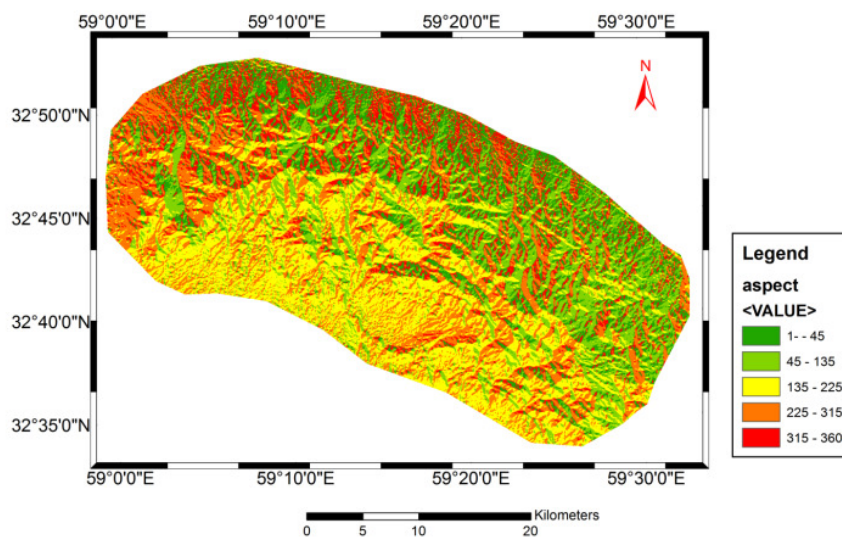
شکل ۴. نقشه توپوگرافی و طبقات آن



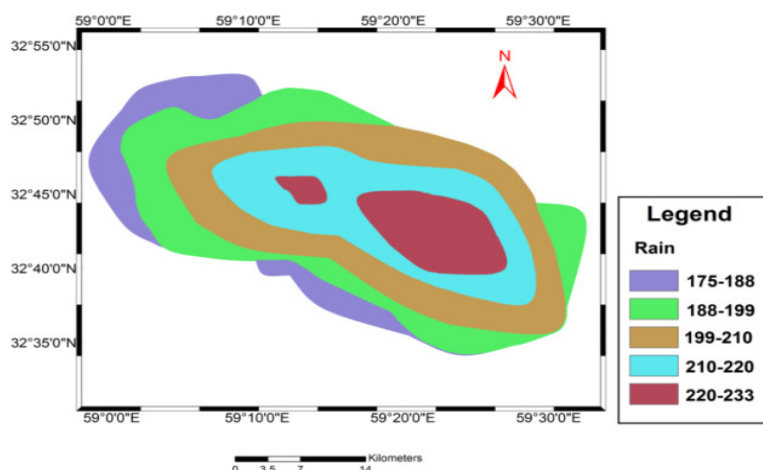
شکل ۵. نقشه فاصله از گسل و طبقات آن



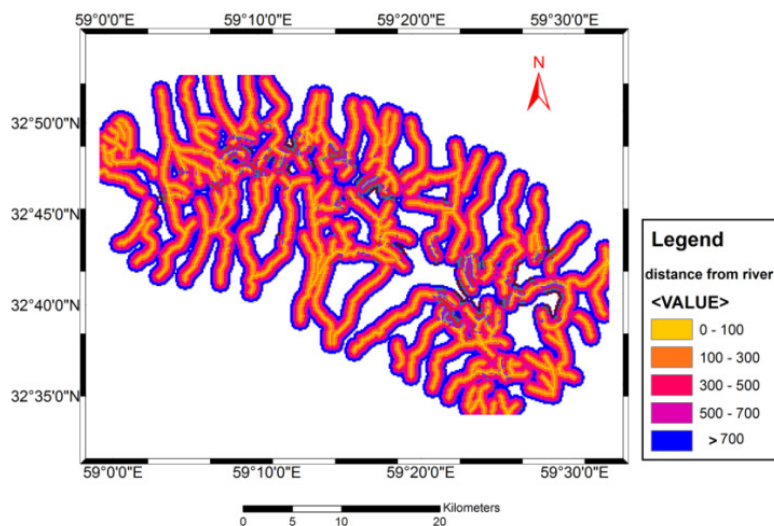
شکل ۶. نقشه شیب و طبقات آن



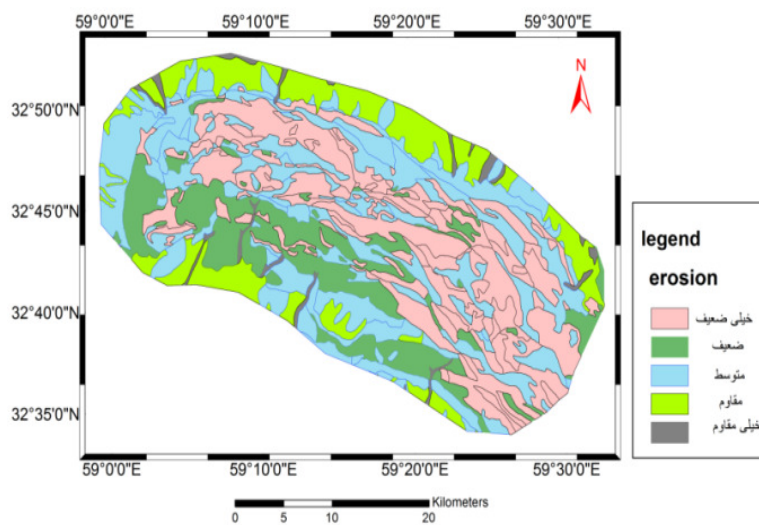
شکل ۷. نقشه جهت شیب و طبقات آن



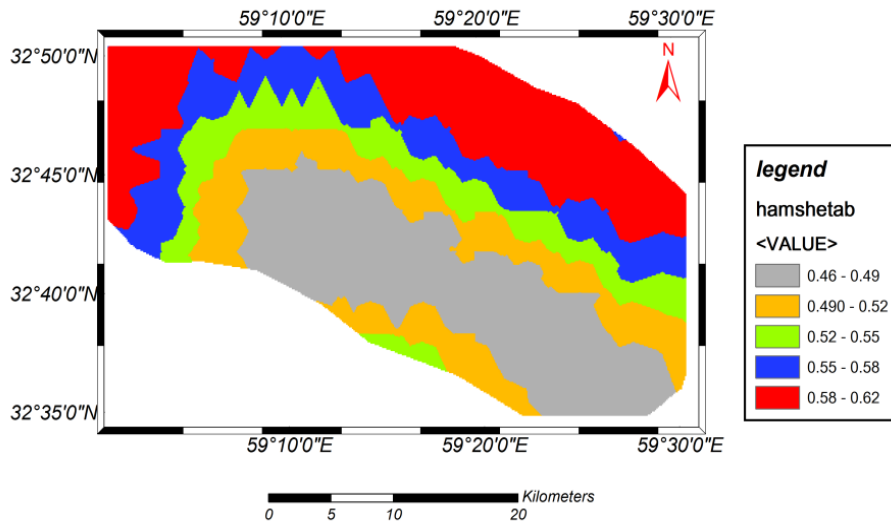
شکل ۸. نقشه بارش و طبقات آن



شکل ۹. نقشه فاصله از رودخانه و طبقات آن



شکل ۱۰. نقشه فرسایش و طبقات آن



شکل ۱۱. نقشه هم‌شتاب و طبقات آن

۳-۴- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

در این تحقیق، برای پهنه‌بندی از دو روش بولین و AHP استفاده شده است. در روش AHP برای محاسبه وزن کلاسه‌های هر یک از عوامل (آلترناتیو)، از تراکم سطح لغزش‌ها در کلاسه مورد نظر استفاده شد. سپس وزن هر عامل که از ماتریس وزن‌دهی به دست آمد در وزن کلاسه‌های آن ضرب شده و وزن نرمال کلاسه آن عامل به دست آمد (جدول ۲). رسترهای وزن‌دار تهیه شده در محیط ARC GIS با هم تلفیق می‌شوند و خروجی‌های پهنه‌بندی بر اساس منطق بولین و روش AHP تهیه می‌شود (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).

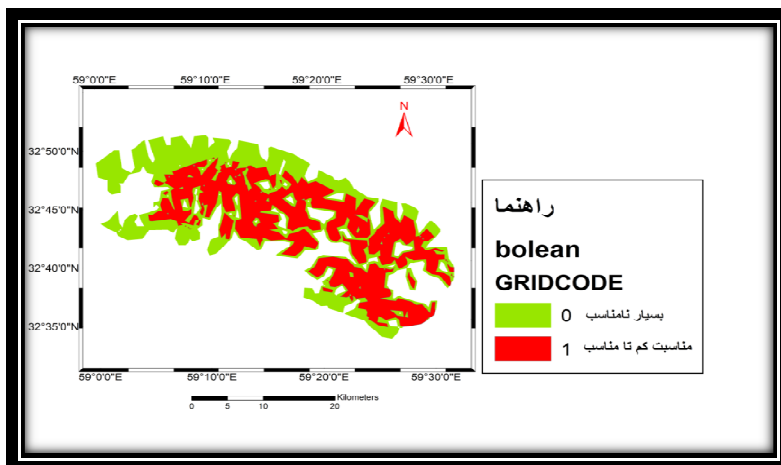
نقشه‌های خروجی نشان می‌دهد که مناطق با خطر شدید وقوع زمین‌لغزش منطبق با مناطق با شکستگی بالا هستند که این امر دال بر اهمیت گسل و شکستگی‌ها در وقوع لغزش در منطقه مطالعاتی است (شکل ۱۵).

۲-۴- اولویت‌بندی عوامل موثر بر زمین‌لغزش

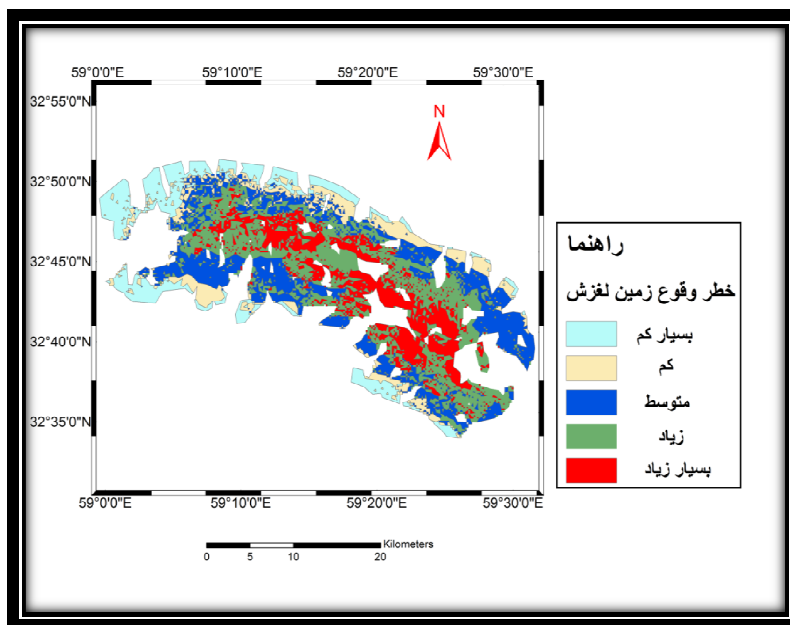
برای وزن‌دهی به هر عامل، قسمت‌هایی که به طور تقریبی از نظر ویژگی‌های دیگر مشابه بوده و عامل مورد نظر تغییر می‌کند در نظر گرفته می‌شود و با مشاهده تغییرات این عامل و تاثیر آن بر وقوع لغزش‌ها، با استفاده از جدول ۱ بر اساس نظر و دید کارشناس نسبت به منطقه عوامل به صورت دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و یکی از وزن‌های جدول انتخاب می‌شود که بستگی به دقت عمل، تجربه و میزان آشنایی کارشناس با منطقه دارد. نتایج این مقایسه‌ها به صورت یک ماتریس به نرم‌افزار Expert choice وارد شد و در خروجی آن وزن هر پارامتر تعیین شد (شکل ۱۲). از بین عوامل، پارامتر فرسایش بیش‌ترین وزن و پارامتر جهت شیب کمترین وزن را به خود اختصاص دادند.

	erosion	fault	slope	topo	rain	river	aspect
erosion		2.0	3.0	4.0	4.0	6.0	8.0
fault			3.0	3.0	3.0	5.0	7.0
slope				2.0	2.0	4.0	6.0
topo					2.0	3.0	5.0
rain						3.0	4.0
river							2.0
aspect							

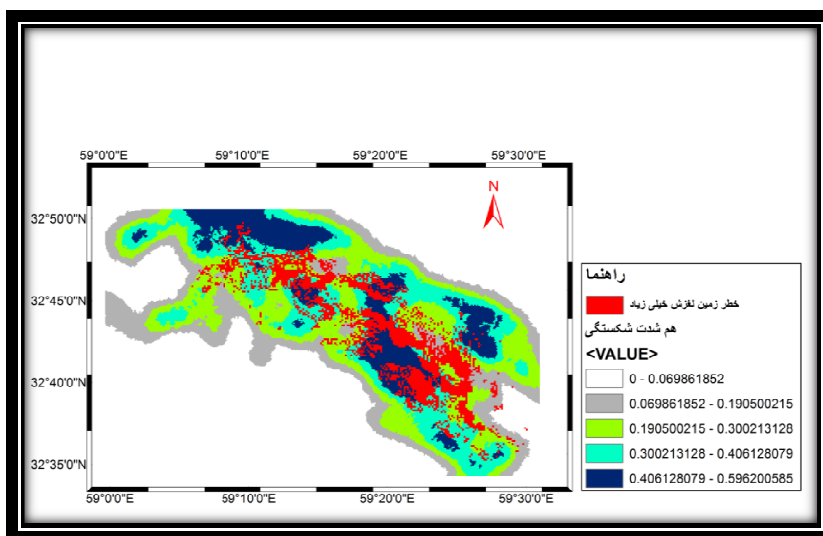
شکل ۱۲. مقایسه زوجی پارامترها در Expert choice



شکل ۱۳. نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (بر اساس منطق بولین)



شکل ۱۴. نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (بر اساس AHP)



شکل ۱۵. تطابق مناطق با خطر زمین‌لغزش خیلی شدید با مناطق با تراکم شکستگی بالا

جدول ۲. محاسبه وزن‌ها در روش بولین و AHP به منظور اضافه شدن به بانک اطلاعاتی

پارامتر	آلترناتیو	روش بولین	روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)		
			وزن پارامترها	وزن آلترناتیو	وزن نرمال
فرسایش	۱	۱	۰/۳۱۵	۰/۶۳	۰/۱۹۸
	۲	۱		۰/۲۵	۰/۰۷۸
	۳	۱		۰/۱۲	۰/۰۳۷
	۴	۰		۰	۰
	۵	۰		۰	۰
فاصله از گسل	۱	۱	۰/۲۳۱	۰/۲۰۵	۰/۰۴۷
	۲	۱		۰/۲۱۰	۰/۰۴۸
	۳	۱		۰/۲۱۸	۰/۰۵
	۴	۱		۰/۲۱۸	۰/۰۵
	۵	۰		۰/۱۴۶	۰/۰۳۳
همشتاب	۱	۱	۰/۱۷۱	۰/۲۰۷	۰/۰۳۵
	۲	۱		۰/۲۱۵	۰/۰۳۶
	۳	۱		۰/۲۲۳	۰/۰۳۸
	۴	۱		۰/۲۲۵	۰/۰۳۸
	۵	۰		۰/۱۵۹	۰/۰۲۷
شیب	۱	۱	۰/۱۱۷	۰/۱۴۰	۰/۰۱۶
	۲	۱		۰/۴۶۶	۰/۰۵۴
	۳	۱		۰/۳۲۸	۰/۰۳۸
	۴	۰		۰/۰۶۴	۰/۰۰۷
	۵	۰		۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲
توپوگرافی	۱	۰	۰/۰۸۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۶
	۲	۰		۰/۰۳۸	۰/۰۰۰۳
	۳	۱		۰/۲۰۵	۰/۰۱۶
	۴	۱		۰/۳۳۵	۰/۰۲۶
	۵	۱		۰/۴۱۱	۰/۰۳۲
بارش	۱	۰	۰/۰۵۳	۰/۰۱	۰/۰۰۵
	۲	۰		۰/۰۴	۰/۰۰۲
	۳	۱		۰/۱۸	۰/۰۰۹
	۴	۱		۰/۳۵	۰/۰۱۸
	۵	۱		۰/۴۲	۰/۰۲۲
فاصله از رودخانه	۱	۱	۰/۰۲۲	۰/۱۹	۰/۰۴۱
	۲	۱		۰/۲۲	۰/۰۰۴
	۳	۱		۰/۲۴	۰/۰۰۵
	۴	۱		۰/۱۹	۰/۰۰۴۱
	۵	۰		۰/۱۴	۰/۰۰۳
جهت شیب	۱	۱	۰/۰۱۲	۰/۱۸	۰/۰۰۲۱
	۲	۱		۰/۳۹	۰/۰۰۳۴
	۳	۱		۰/۱۴	۰/۰۰۱۶
	۴	۱		۰/۱۳	۰/۰۰۱۵
	۵	۱		۰/۳۴	۰/۰۰۲

۵- نتیجه‌گیری

[۳] افتخارنژاد، ج.، اشتوکلین، ج. (۱۳۶۹) نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار گوش بیرجند، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۴] آقائباتی، ع (۱۳۸۵) زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

[۵] اوهانیان، ت.، طاوسی، ش و افتخارنژاد، ج (۱۹۷۸) نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی بیرجند، ورقه بیرجند.

[۶] بهنیا، ا.، منصور، م. ر (۱۳۸۹) پهنه‌بندی آمایشی با رویکرد ارزیابی چند عامله و استفاده از AHP به منظور توسعه گردشگری در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز گلمکان)، فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط، شماره ۳، ص ۱۸-۱.

[۷] بهنیا، ا.، منصور، م. ر (۱۳۸۹) کاربرد مدل AHP و منطق فازی در منطقه‌بندی خطرات زمین لغزش (نمونه موردی: حوضه آبریز فریزی، دامنه شمالی کوه‌های بینالود)، فصلنامه جغرافیایی طبیعی، شماره ۹، ص ۸۹-۱۰۰.

[۸] خطیب، م. م (۱۳۶۸) تحلیل ساختاری کوه‌های جنوب بیرجند، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

[۹] خطیب، م. م (۱۳۷۷) هندسه پایانه گسل‌های امتدادلغز، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۲۴ ص.

[۱۰] رضایی، ب.، ابراهیمی، ه (۱۳۸۸) شناخت عوامل موثر در زمین لغزش در حوضه آبخیز سد برنجستانک قائم شهر، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیایی انسانی، سال اول، شماره چهارم.

[۱۱] دروی، ق (۱۳۷۲) مطالعه و بررسی سازوکار زمین لغزش در روستای رزگ، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند.

[۱۲] فخاری، س.، خطیب، م. م (۱۳۸۶) بررسی تغییرات نرخ برخاستگی در افیولیت‌ملانژهای جنوب بیرجند به کمک تحلیل فرکتالی آبراهه‌ها، دهمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.

[۱۳] سوری، س (۱۳۹۰) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوضه کشوری (نوژیان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی

[۱۴] عظیمی حسینی، م.، نظری‌فر، م. ه. و مومنی، م (۱۳۸۹) کاربرد GIS در مکان‌یابی، انتشارات مهرگان قلم، ص ۲۶۹-۲۳۹.

[۱۵] مالچفسکی، ی (۱۳۸۵) سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. ترجمه: اکبر پرهیزکار و

• در نقشه خروجی منطق بولین، نمی‌توان مناطق انتخاب شده را بر اساس میزان مناسبت آن‌ها برای فعالیت مورد نظر اولویت‌بندی نمود. به عبارتی در این مدل، مناطق منتخب نیز دارای ارزش یکسان هستند. از اینرو از این خروجی فقط می‌توان به عنوان یک نقشه پایه اولیه خطر لغزش استفاده کرد.

• با توجه به ویژگی‌های منطقه عوامل فرسایش، فاصله از گسل و هم‌شتاب، مهم‌ترین عوامل در وقوع لغزش شناخته شد.

• بررسی درصد شیب نشان می‌دهد که بیش‌تر لغزش‌ها در شیب ۱۵-۴۰ درجه (شیب موثر) تشکیل می‌شود که نشان می‌دهد در شیب‌های زیاد به دلیل عدم تجمع خاک، لغزش رخ نمی‌دهد.

• بررسی ارتفاع نشان می‌دهد که بیش‌تر زمین لغزش‌ها بین ۲۱۰۰-۲۶۰۰ متری قرار دارند که می‌تواند به دلیل بارش زیاد در ارتفاعات باشد.

• بیش‌تر زمین لغزش‌ها در فاصله ۷۰۰ تا ۲۰ متری گسل‌ها قرار دارند. هم‌چنین بیش‌تر زمین لغزش‌ها منطبق بر مکان‌های با تراکم شکستگی بالا هستند که دال بر ارتباط تشکیل آن‌ها با توجه به تکتونیک منطقه می‌باشد.

• بر اساس نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب ۱۵، ۱۲، ۲۵، ۲۹ و ۱۹ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت

تراکم بالای زمین لغزش‌ها در نیمه جنوبی کوه باقران می‌تواند در ارتباط با نرخ برخاستگی بالای این قسمت نسبت به نیمه شمالی باشد.

منابع

[۱] احمد ثانی، ن (۱۳۹۰) بررسی امکان فعالیت اکتوتوریسمی از نظر اکولوژیک در جنگل‌های زاگرس شمالی با کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. آمایش سرزمین. سال سوم، شماره ۴، ص ۶۴-۴۵.

[۲] اشتوکلین، ی.، افتخارنژاد، ج. و هوشمندزاده، ع (۱۳۵۲) بررسی مقدماتی زمین‌شناسی در لوت مرکزی، شرق ایران، گزارش شماره ۲۲ ف، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- Zonation Awareness & GIS in Europe, pp: 9-13.
- [29] Walker, R.T., and Khatib, M.M (2006) Active faulting in the Birjand region of in eastern Iran. *Tectonics*, V.25, p.1-17.
- [30] Yalcin, A (2008) GIS-based landslide susceptibility zonation using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. *CATENA*, Vol: 72, p: 1-12.
- [31] Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A.C. & Yomralioglu, T (2011) A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility zonation in Trabzon, NE Turkey, *Catena*, Vol: 85, NO:3, p: 274-287.
- عطا غفاری گیلانده. تهران، انتشارات سمت. ص ۳۷۰-۳۶۴.
- [۱۶] محمدی، م.، مرادی، م.ر.، فیض‌نیا، س. و پورقاسمی، ح.ر (۱۳۸۸) اولویت‌بندی عوامل موثر بر زمین‌لغزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: بخشی از حوضه آبخیز هراز)، فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۴، ص ۲۷-۳۲
- [۱۷] مؤمنی، م.، شریفی سلیم، ع (۱۳۹۰) مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، نشر مؤلفین. ص ۲۱۸
- [۱۸] نصرآبادی، ع (۱۳۷۹) پهنه‌بندی احتمال زمین‌لغزش شهرستان بیرجند، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم.
- [19] Anbalagan, R (1997) Landslide hazard evaluation and donation zonation in mountainous terrain. *Engineering Geology*, vol32.
- [20] Ayalew, L., Yamagishi, H., Marul, H. & Kannoo, T (2005) Landslides in Sado island of japan: Part II. GIS-based susceptibility zonation with comparisons, *Engineering Geology*, vol:81, NO:4, p:432-445.
- [21] Brabb, E.E (1984) Innovative Approaches to landslide hazard risk zonation. *Proc., Fourth International Symposium on Landslide, Canadian Geotechnical Society*, vol:1, No:1, p:307-324.
- [22] Carrara, A (1983) A multivariate model for landslide hazard evaluation. *Mathematical Geology* 15, 403-426.
- [23] Chauhan, S., Sharma, M., Arora, M.K., Gupta, N.K (2010) Landslide susceptibility zonation through ratings derived from Artificial neural network, *International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation*, 12:340-350.
- [24] Eastman, R. J (2003) *Idrisi for windows user guide*, Clark University. New York.
- [25] Gee, M. D (1995) Classification of landslides hazard Zonation methods and a test of predictive Capability. *Proceedings 6 th International Symposium on Landslide*, p: 48 - 56.
- [26] Schreyer, A. & Malczewski, J (2004) Multicriteria evaluation using Analytical Hierarchy Process and ordered weighted averaging. *WWW.AHP*.
- [27] Tirrule, R., Bell, L.R., Griffis, R.J., and Camp, V.E (1983) The Sistan suture zone of eastern Iran., *G.S.A*, V.94, p.134-156.
- [28] Van Westen C. J., Soeters R., and Renger, N (1993) *Geographic Information Systems as applied to Landslide Hazard Zonation*,

Landslide hazard zonation by using Analytical hierarchy process (AHP) and Boolean logic in Bagheran Mountain (south of Birjand)

H. Mansouri^{*1}, F. Vakili² and M.M. Khatib³

1,2,3- Dept. of Geology, University of Birjand, Birjand

* mahmoodmansouri1@yahoo.com

Recieved: 2015/5/23 Accepted: 2016/3/1

Abstract

Landslide is a geological event which causes enormous human and financial losses in country every year. In this paper, first map of landslides distribution in Bagheran Mountain (south of Birjand that occupied about 1100 km²) was prepared by aerial photos, geological maps and field surveys. In this topic, effective parameters will prioritize. Then with Analytical hierarchy process (AHP) and Boolean logic, the weight of parameters were determined and finally combined together by ARC GIS. The results of Landslide hazard zonation indicate erosion, distance from fault and accelerate factors are most importance in creating landslides in this area. Base on field evidence, rock fall landslides are more abundance in area and results indicate that more %85 of landslides are within 0-700 meters of faults, which indicates a direct correlation with regional tectonic. The percent of slope show most of landslides are formed in 15-40 degrees of slope. Also more %95 of landslides are in low and very low resistance to erosion. The results of landslide hazard zonation based on analytical hierarchy process, Respectively 15, 12, 25, 29 and 19 % of the area were at very low risk class, low, medium, high and very high.

Keywords: Landslide hazard zonation, Analytical hierarchy process, Boolean logic, area density.