فصلنامه زمین ساخت
تابستان ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۶

پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و زمین‌لغزش به روش آنالیز شبکه(ANP) در رشته کوه باقران (جنوب بیرجند)

سیدمرتضی موسوی[1*]، مهدی حسین‌آبادی[2]

۱ گروه زمین شناسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲ گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، طبس، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۸/ ۰۹/ ۹۶
تاریخ پذیرش: ۱۲/ ۰۲/ ۹۷

چکیده

هدف از پهنه بندی خطر زمین‌لرزه و زمین‌لغزش تقسیم بندی سطح زمین به پهنه‌های مجزا بر اساس درجه واقعی بروز این خطرها می‌باشد. در این تحقیق پس از تهیه نقشه زمین لغزش‌ها با استفاده از کارهای میدانی و نقشه‌های زمین شناسی، عوامل موثر در وقوع زمین لرزه و زمین لغزش در کوه باقران تهیه شد و تراکم سطح آنها (وزن داخلی) محاسبه گردید. مقایسات زوجی بین این پارامترها صورت گرفت در این زمینه پارامترهای موثر، اولویت بندی شد. در مرحله بعدی با استفاده از منطق فازی، درجه عضویت پارمترها مشخص شد و در پایان با هم تلفیق شدند. از بین عوامل موثر بر زمین لرزه، پارامتر هم شتاب بیشترین وزن را به خود اختصاص داد و از بین عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش پارامتر هم شتاب لرزه‌ای و فاصله از گسل بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. در پایان پس از تلفیق نقشه‌های حاصل از زمین لغزش و زمین لرزه مشخص شد که به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۳۵، ۰/۱۹،۰/۲ و ۰/۱ از منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد نهایی حاصل از تلفیق زمین لرزه و زمین لغزش قرار دارد.

کلید واژه‌ها: مقایسات زوجی، آنالیز شبکه، کوه باقران

* نویسنده مسئول: mmoussavi@birjand.ac.ir

مقدمه:

۱-بیان مسئله و سوالات تحقیق

زمین لرزه‌ها و زمین لغزش‌ها از جمله مخاطرات طبیعی هستند که همه ساله زیان‌های جانی و مالی هنگفتی را در کشورهای مختلف به بار می‌آورد. حدود ۴۳ درصد خطر طبیعی در سطح زمین شناسایی شده است که به طور انفرادی یا در ترکیب با یکدیگر جان و مال افراد و برنامه‌های مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به طور کلی به دلیل مساعد بودن شرایط زمین شناسی، جغرافیایی، فقدان مدیریت جامع محیط و عدم رعایت آستانه‌های محیطی، ایران به عنوان یک کشور پرخطر محسوب می‌شود. بخش بزرگی از کشور ایران را مناطق کوهستانی تشکیل می‌دهد، فعالیت‌های زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد همراه با شرایط متنوع زمین شناسی و اقلیمی موجب شده تا کشور مستعد وقوع طیف عظیمی از زمین لغزش‌ها باشد. قدم اول و مهم در تجزیه و تحلیل خطر لرزه ای، راهبرد کاهش استقرار جمعیت در مناطق پرخطر است. هر چند پیش بینی دقیق این مخاطره ی بزرگ طبیعی بصورت قطعی ممکن نیست ولی تعیین احتمالی مکان رخداد یک زلزله یا مکان‌های احتمالی وقوع زمین لغزش امکان پذیر است لذا ضرورت پهنه بندی آشکار می‌شود. قابلیت اعتماد این نقشه تا حد زیادی به کیفیت داده‌های در دسترس، مقیاس مطالعه، انتخاب یک روش و مدلسازی مناسب بستگی دارد. این نقشه‌ها ممکن است به روش‌های کمی یا کیفی تهیه شود. روش‌های کیفی عموما مبتی بر عقیده کارشناسی هستند اما در برخی از روش‌های کیفی از اصول رتبه دهی و وزن دهی به پارامترها بهره گرفته شده است این روشها طبیعی شبه کمی دارند. نمونه‌هایی از این روش‌ها استفاده از روش ANP و یا منطق فازی می‌باشد (کوره پزان دزفولی، ۱۳۸۴).

با توجه به تراکم جمعیت روستایی و ساخت و ساز انبوهی که در این منطقه در حریم گسلهای فعال صورت گرفته است برای جلوگیری از تلفات جانی، اهمیت این پهنه بندی آشکار می‌گردد. نقشه‌های نهایی این برآورد خطر بر مبنای مهمترین عوامل موثر بر وقوع زمین لرزه و زمین لغزش در منطقه، صورت می‌گیرد. در این تحقیق سوالات زیر مطرح می‌شود:

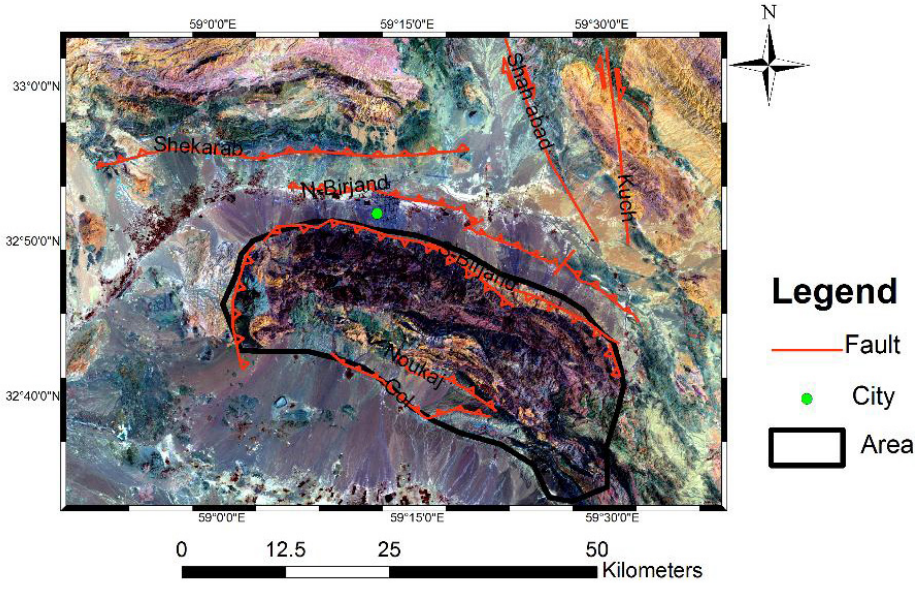
۱-آیا ارتباطی بین زمین لغزش‌ها و زمین لرزه در منطقه وجود دارد؟به عبارتی آیا مناطق با لغزش بالا منطبق با مناطق با لرزه خیزی بالاست؟

۲- کدام یک از عوامل، مهمترین نقش را در وقوع زمین‌لغزش در منطقه را ایفا می‌کنند؟

۳-چند درصد منطقه در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد؟

۲-جایگاه زمین شناختی:

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 نشان دهنده ی زمین درز برخوردی قطعه ی لوت و افغان است (Tirrul et al, 1983) وجود سیستم گسلی نهبندان در مرز بین این ایالت ساختاری و پهنه ی لوت موجب دگرشکلی واحدهای سنگی در حاشیه و درون ایالت ساختاری سیستان شده است. سیستم گسل نهبندان با سازوکار غالب امتداد لغز راستگرد و روند کلی شمالی- جنوبی دارای سرشاخه‌های فرعی زیادی است. فعالیت این سیستم گسلی در مراحل مختلف و



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

جدا شدن اریب‌های پایانه‌ای در هر یک از این مراحل، عامل ایجاد خمیدگی‌های ساختاری در نیمه شمالی لوت هستند و خمیدگی‌های اصلی ساختاری محل فعالیت خمیدگی‌های این سیستم گسلی می‌باشد (خطیب،۱۳۷۷). 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 (خطیب،۱۳۶۸).

۳-پیشینه تحقیق:

منصوری و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله خود تحت عنوان پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق بولین در کوه باقران (جنوب بیرجند) عنوان کردند که فاکتورهای فرسایش، فاصله از گسل و شتاب مهم ترین نقش را در وقوع زمین لغزش‌ها در منطقه بیرجند ایفا می کنند. همچنین بیش از۹۵ درصد زمین لغزش‌ها در رده سنگ‌های با مقاومت ضعیف و خیلی ضعیف در برابر فرسایش قرار دارند. بر اساس نتایج پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب۱۲،۱۵، ۲۵، ۲۹ و ۱۹ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم،کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت.

بررسی گسلش فعال در بیرجند شمال شرق ایران، گسل محدوده ی جلویی کوه باقران در اواخر کواترنری فعال می‌باشند (Walker and Khaib, 2006).

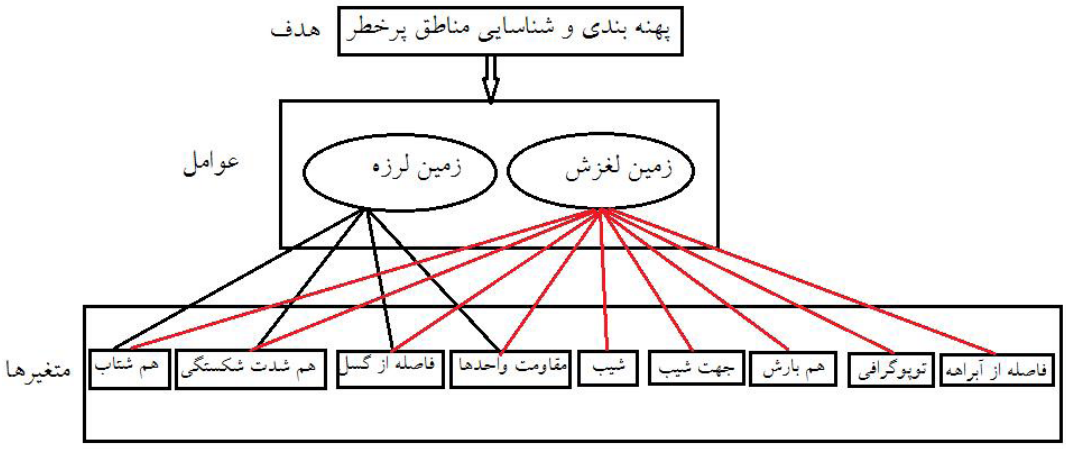
حیدری آقاگل(۱۳۹۴) نیز با با استفاده از پنج فاکتور گشتاور لرزه ای، هم شتاب، هم شدت شکستگی، فاصله از شکستگی و عمق آبرفت به تحلیل لرزه خیزی منطقه اردکول قائن پرداخت که نشان داد نرخ فعالیت گسل اردکول از شمال به جنوب منطقه افزایش می‌یابد و قسمت جنوب منطقه را به عنوان منطقه با خطر زیاد و خیلی زیاد از نظر لرزه خیزی معرفی کرد.

قهرمانی (۱۳۹۵) با استفاده از ۶ فاکتور گشتاور لرزه ای، هم شتاب، هم شدت شکستگی، فاصله از گسل، مقاومت واحدها و عمق آبرفت به تحلیل لرزه خیزی منطقه دهک(جنوب غرب سربیشه)پرداخت که عنوان کرد بر اساس پارامتر شتاب لرزه ای، شتابی که گسل دهک به روستاهای آن منطقه وارد می کند معادل ۰/۵۸ شتاب ثقلی زمین است. نقشه‌های خروجی بدست آمده بر اساس اپراتورهای فازی نشان می‌دهد که نقشه حاصل از جمع جبری فازی(sum)، بیشترین انطباق را با واقعیت دارد که به ترتیب ۲۰، ۲۸، ۲۶، ۱۶ و ۱۰ درصد از منطقه در کلاسهای خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. در این نقشه قسمت اعظم منطقه دهک (۷۰درصد) در کلاس خطر زیاد و خیلی بالا قرار دارد.

بحث:

۱- فرایند آنالیز شبکه (ANP):

فرایند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن است، بنابراین تمام ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف پذیری، به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا است. فرایند تحلیل شبکه (ANP)هر موضوع و مسئله‌ای را به مثابه شبکه‌ای از معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند در نظر می گیرد. در روش AHP از یک ماتریس واحد صحبت می‌شود که درآن گزینه‌ها نسبت به هم مقایسه می‌شوند در حالیکه ANP گزینه‌ها (در اینجا منظور رسترها همچون هم شتاب) با توجه به تک تک معیارها نسبت به هم مقایسه می‌شوند. در شکل ۲، نحوه ارتباط شبکه‌ای بین فاکتورهای موثر در وقوع زلزله و زمین لغزش آورده شده است، به عبارتی در اینجا با چندین ماتریس(سوپرماتریس) سر و کار داریم.

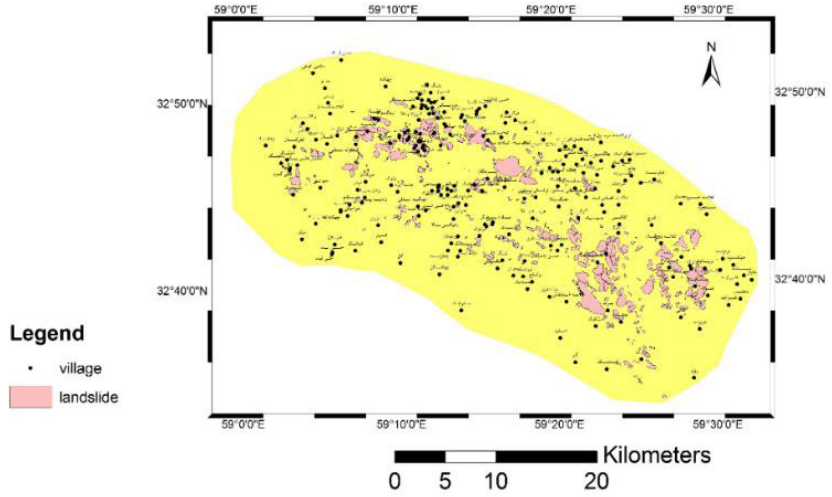


شکل۲. نحوه ارتباط بین فاکتورهای موثر در وقوع زمین لرزه و زمین لغزش و ارتباط شبکه‌ای آنها (مقایسات زوجی هم بین متغیرها و هم بین عوامل صورت می گیرد. به عبارتی در اینجا ما سه بار مقایسه زوجی انجام می‌دهیم.

۲-داده‌های مورد نیاز:

پس از بررسی منابع و یافته‌های علمی مرتبط با موضوع، با استفاده از عکس‌های گوگل ارث و همراه با بازدید میدانی، نقشه پراکنش زمین لغزشها در منطقه تهیه شد (شکل۳) در این مطالعه برای بررسی خطر زمین‌لرزه از چهار پارامتر نقشه هم شتاب لرزه‌ای، هم شدت شکستگی، فاصله از گسل و مقاومت واحدها استفاده شد. همچنین برای بررسی خطر زمین لغزش از ۹ پارامتر همشتاب لرزه ای، هم‌شدت شکستگی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، مقاومت واحدها، توپوگرافی، شیب، جهت شیب و بارش استفاده گردید. در معرفی پارامترها، منظور از وزن داخلی برای زمین لرزه، درصد کلاس خطر را نشان می‌دهد و برای زمین لغزش بیان کننده تراکم سطح لغزش می‌باشد که از رابطه زیر استفاده شده است.

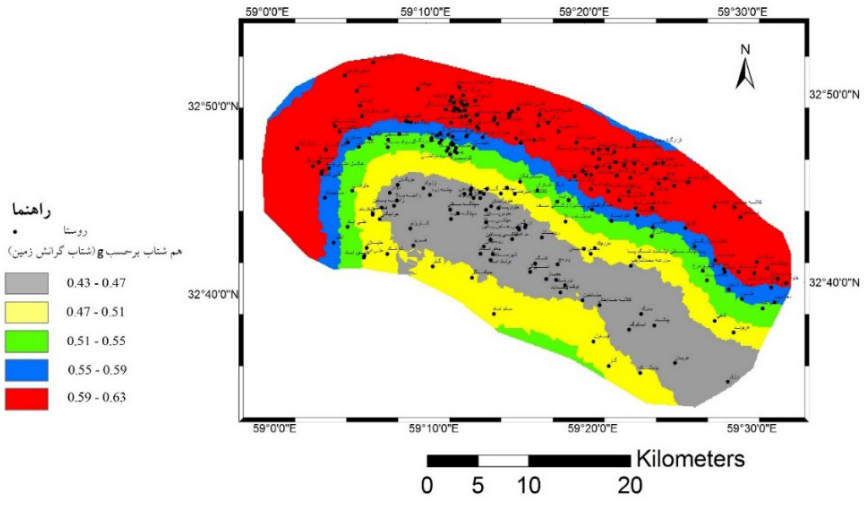
$$\text{تراکم سطح زمین‌لغزش} = \frac{\left(\frac{\text{مساحت لغزش در آن کلاس}}{\text{مساحت آن کلاس}}\right)\left(\frac{\text{مساحت لغزش در آن کلاس}}{\text{مساحت آن کلاس}}\right)}{\left(\frac{\text{مساحت کل زمین لغزشها}}{\text{مساحت کل منطقه}}\right)\left(\frac{\text{مساحت کل زمین لغزشها}}{\text{مساحت کل منطقه}}\right)}$$



شکل۳. نقشه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه

۲-۱- پارامتر هم‌شتاب لرزه ای:

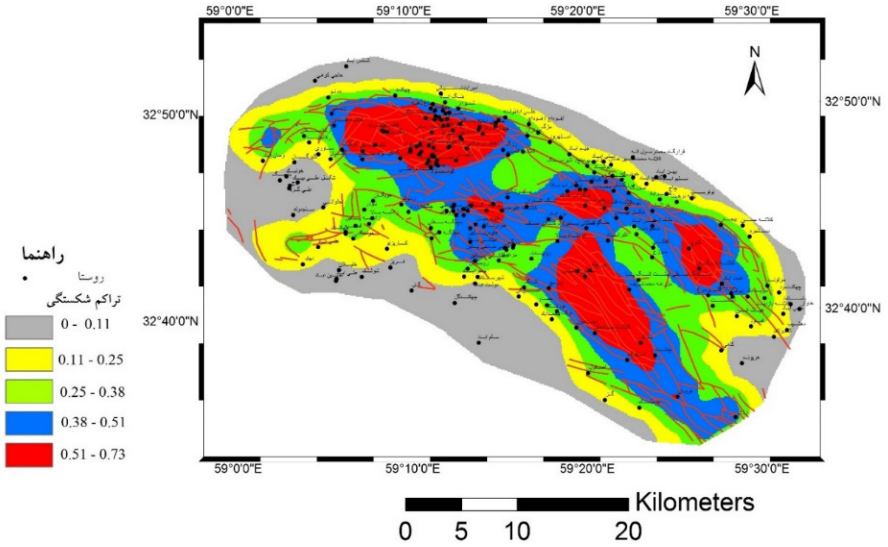
به منظور تهیه نقشه هم شتاب لرزه‌ای ابتدا گسل‌های اصلی کواترنری منطقه از طریق نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰بیرجند مشخص شد. سپس مقادیر بیشینه شتاب ثقل افقی وارده از طرف گسل‌های فعال نسبت به یک نقطه خاص اندازه گیری شد. بر این اساس بیشینه شتابی که از گسل‌های فعال بر روستاهای اطراف وارد می‌شود ۰/۶۳ g (شتاب جاذبه زمین) برآورد شده است (شکل۴).



شکل۴. نقشه هم شتاب لرزه‌ای منطقه مورد مطالعه

۲-۲-پارامتر هم‌شدت شکستگی:

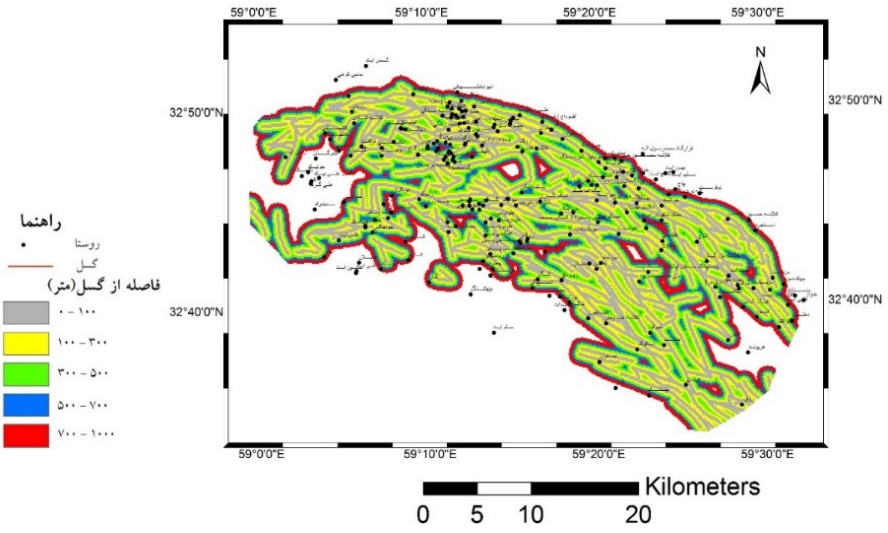
برای تهیه نقشه هم شدت شکستگی ابتدا نقشه شکستگی‌های کواترنری و غیر کواترنری منطقه از طریق نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بیرجند و تصاویر ماهواره‌ای تهیه گردید سپس شبکه‌ای به ضلع ۲ کیلومتری بر روی این شکستگی‌ها طراحی شد و در هر واحد شدت شکستگی در نرم افزار GIS و با استفاده از ابزار XTools محاسبه گردید. سپس با استفاده از ابزار Geostatistical Analyst در برنامه Arc Map و از روش کریجینگ ساده با مدل برازش گوسی، نقشه شدت شکستگی برای کواترنری و غیرکواترنری تهیه گردید. از نظر آماری حدود ۷۰ درصد زمن لغزش‌ها در کلاس‌های تراکم زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. (شکل۵)



شکل۵. نقشه هم‌شدت شکستگی منطقه مورد مطالعه

۲-۳- فاصله از گسل:

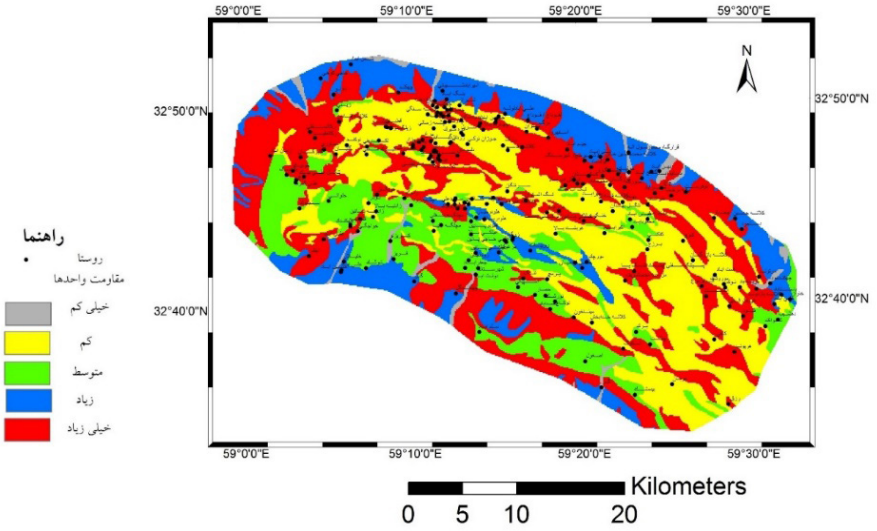
در اثر عملکرد یک گسل علاوه بر محدوده خود گسل، محدوه خارج از خود گسل که به نام حریم گسل شناخته می‌شود را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در هنگام بروز زمین لرزه بیشترین خسارات وارد به منطقه در بخش حریم گسل قرار دارد، لذا تعیین حریم گسل و شکستگی‌های کواترنری حاصل از آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل با توجه به شیب گسل‌های محدوده، حریم برای گسل‌های منطقه ۱۰۰۰ متری در نظر گرفته شد. براساس نتایج بدست آمده، بیش از ۹۵ درصد زمین‌لغزش‌ها در فاصله کمتر از ۷۰۰ متری گسل قرار دارند (شکل۶).



شکل۶. نقشه فاصله از گسل در منطقه مورد مطالعه

۲-۴- مقاومت واحدها:

مقاومت واحدها نیز یک پارامتر موثر دیگر در لرزه خیزی است. این تقسیم بندی برمبنای مقاومت واحدها در برابر هوازدگی و میزان صلبیت واحد سنگی می‌باشد، طوری که واحدهای کواترنری در رده خیلی ضعیف و سنگ‌هایی همچون بازالت در رده مقاومت زیاد قرار می گیرند. براساس نتایج بدست آمد قسمت عمده زمین لغزش‌ها در کلاس‌های خطر پایین و متوسط قرار دارد (شکل۷).

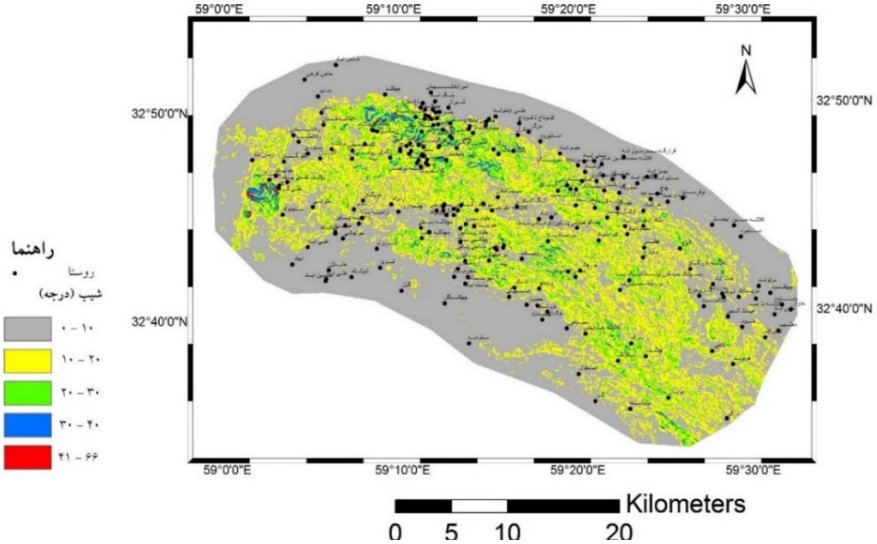


شکل۷. نقشه مقاومت واحدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه

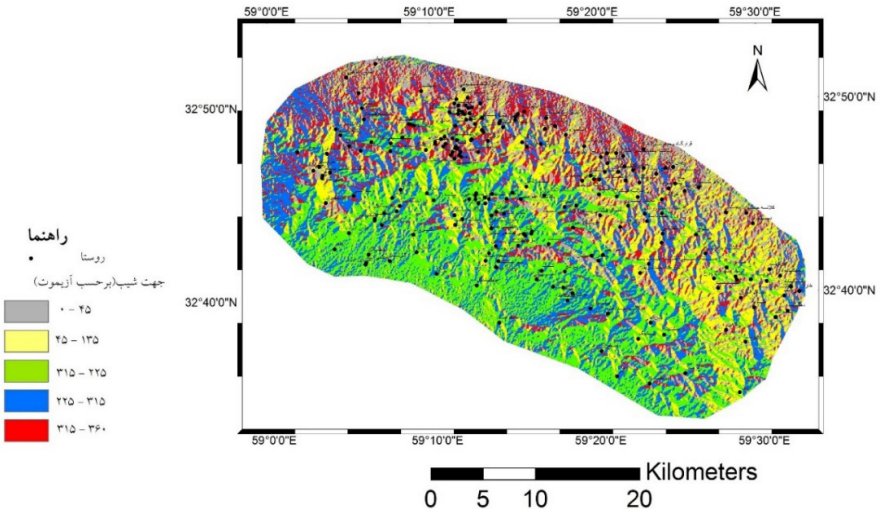
پارامترهایی که در بالا اشاره شد هم در وقوع زمین لغزش و هم زمین لرزه تاثیر دارند. اما در ادامه پارامترهایی که فقط در وقوع زمین لغزش تاثیر دارند بیان می‌شود.

۲-۵- نقشه شیب و جهت شیب:

این پارمترها به نوبه خود نقش مهمی در وقوع زمین لغزش ایفا می کنند. براساس نتایج حاصله بیش از ۸۰ درصد زمین لغزش‌ها در نشیب توپوگرافی ۱۰-۴۰ درجه تشکیل می گردد (شکل۸). درصد پراکنش زمین‌لغزش بر اساس پارامتر جهت شیب حاکی از پراکنش تقریبا یکسان در تمامی راستاها می‌باشد لذا این عامل تاثیر زیادی در شکل گیری زمین لغزش نداشته و از نظر اولویت بندی در پارامترهای پایانی قرار می گیرد.



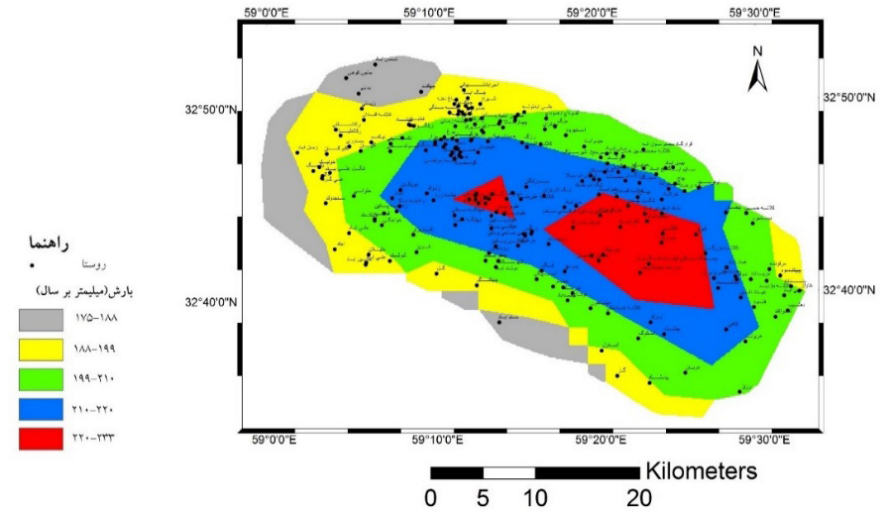
شکل۸. نقشه شیب توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه



شکل۹. نقشه جهت نشیب توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه

۲-۶- بارش:

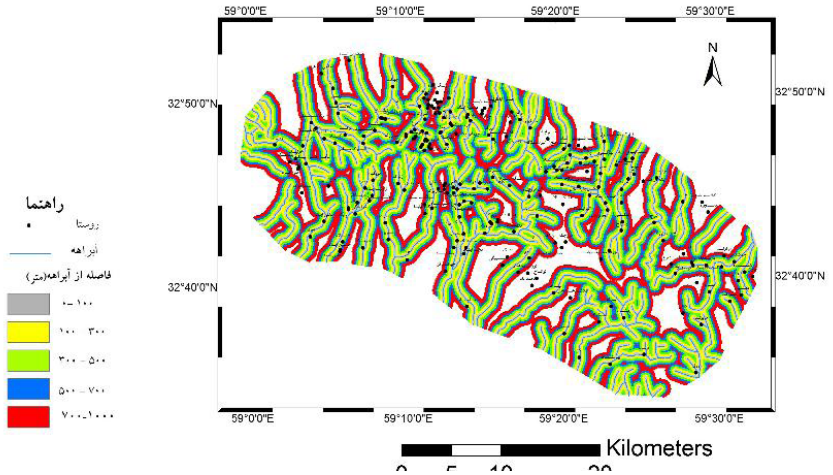
براساس نتایج حاصله در منطقه مورد مطالعه در محدوده بارش‌های بالای ۲۰۰ میلیمتر در سال را شامل می‌شود.



شکل۱۰. نقشه هم بارش در منطقه مورد مطالعه

۲-۷- فاصله از آبراهه:

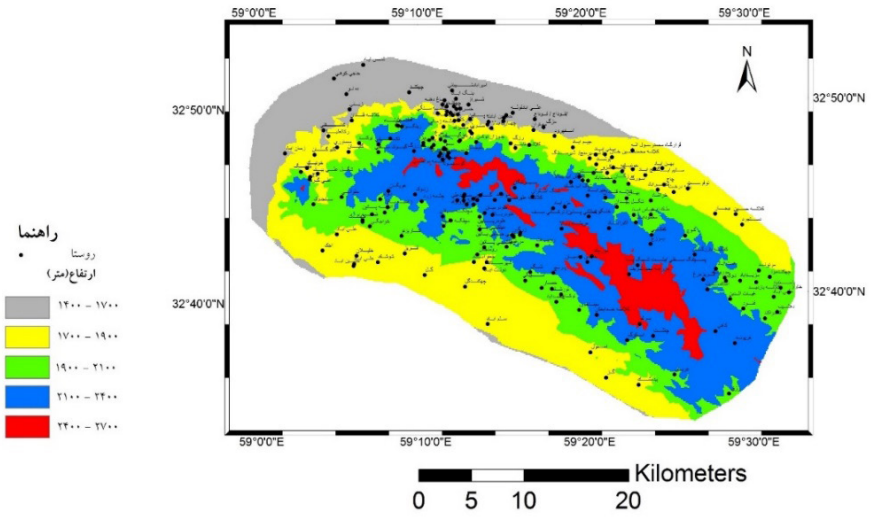
براساس نتایج بدست آمده قسمت عمده زمین لغزش‌ها در فاصله صفر تا ۷۰۰ متری از آبراهه‌ها قرار دارند.



شکل ۱۱. نقشه فاصله از آبراهه در منطقه مورد مطالعه

۲-۸- توپوگرافی:

نتایج بدست آمده حاکی از وقوع قسمت عمده زمین لغزش‌ها در ارتفاعات بالای ۱۹۰۰ متر است که می‌تواند به دلیل بارش در ارتفاعات باشد.



شکل ۱۲. نقشه توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه

۳-روش کار:

در روش ANP، پارامترها نسبت به همدیگر در یک سوپرماتریس با توجه به جدول مقایسات زوجی (جدول ۱) مقایسه می‌شوند و در پایان وزن هر پارامتر محاسبه می‌شود، در ادامه با استفاده از GIS رسترها را وزن دار کرده و در پایان با هم تلفیق می‌شوند تا نقشه نهایی پهنه بندی به حاصل شود. از بین عوامل موثر بر زمین لرزه، پارامتر هم شتاب بیشترین وزن را به خود اختصاص داد و از بین عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش پارامتر هم شتاب لرزه‌ای و فاصله از گسل بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند (جدول ۲ و ۳)

جدول ۱. مقایسات زوجی استفاده شده برای پارامترهای مورد استفاده

معیارها	وزن‌های استاندارد
هم شتاب	۰/۲۹۲
فاصله از گسل	۰/۲
هم شدت شکستگی	۰/۱۴۱
شیب	۰/۱۰۳
بارش	۰/۰۸۳
توپوگرافی	۰/۰۶۵
فاصله از آبراهه	۰/۰۵۲
مقاومت واحدها(فرسایش)	۰/۰۳۵
جهت شیب	۰/۰۲۹

جدول ۳. وزن پارامترهای موثر در زمین لغزش

معیارها	وزن‌های استاندارد
هم‌شتاب	۰/۲۹۲
فاصله از گسل	۰/۲
هم‌شدت شکستگی	۰/۱۴۱
شیب	۰/۱۰۳
بارش	۰/۰۸۳
توپوگرافی	۰/۰۶۵
فاصله ازآبراهه	۰/۰۵۲
مقاومت آبراهه‌ها (فرسایش)	۰/۰۳۵
جهت شیب	۰/۰۲۹

جدول ۲. وزن پارامترهای موثر در زمین لرزه

معیارها	وزن‌های استاندارد
هم شتاب	۰/۴۶۷
فاصله از گسل	۰/۲۷۷
هم شدت شکستگی	۰/۱۶۰
مقاومت واحدها(فرسایش)	۰/۰۹۵

در ادامه باضرب کردن وزن داخلی در وزن خارجی، وزن نرمال به دست می‌آید که بر اساس همین وزن نرمال است که رستر‌ها را وزن دار کرده و درنهایت با هم تلفیق می‌کنیم (شکل۱۳). همان طور که در شکل۱مشاهده کردید سه تا ماتریس مقایسات زوجی انجام می‌شود۱-مقایسه متغیرهای موثر بر زلزله۲- مقایسه متغیرهای موثر بر زمین لرزه۳-مقایسه خود عوامل زمین لرزه و زمین لغزش با همدیگر (در جداول زیر کلاس‌های ۱ تا ۵، نشان دهنده کلاس خیلی کم تا خیلی زیاد در آن فاکتور می‌باشد).

جدول ۴. وزن نرمال عوامل موثر در زمین لغزش

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	فاصله از گسل
۰/۰۱۸۷۲	۰/۲۶	۱
۰/۰۱۸	۰/۲۵	۲
۰/۰۱۷۲۸	۰/۲۴	۳
۰/۰۱۴۴	۰/۲	۴
۰/۰۰۳۶	۰/۰۵	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	هم شتاب
۰/۰۱۶۸۱۹	۰/۱۶	۱
۰/۰۱۵۷۶۸	۰/۱۵	۲
۰/۰۲۸۳۸۲	۰/۲۷	۳
۰/۰۳۷۸۴۳	۰/۳۶	۴
۰/۰۰۶۳۰۷	۰/۰۶	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	توپوگرافی
۰	۰	۱
۰/۰۰۰۴۶۸	۰/۰۲	۲
۰/۰۰۴۴۴۶	۰/۱۹	۳
۰/۰۰۷۴۸۸	۰/۳۲	۴
۰/۰۱۰۹۹۸	۰/۴۷	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	بارش
۰/۰۰۰۲۹۹	۰/۰۱	۱
۰/۰۰۱۱۹۵	۰/۰۴	۲
۰/۰۰۵۶۷۷	۰/۱۹	۳
۰/۰۱۰۱۵۹	۰/۳۴	۴
۰/۰۱۲۵۵	۰/۴۲	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	شیب
۰/۰۰۲۵۹۶	۰/۰۷	۱
۰/۰۱۰۰۱۲	۰/۲۷	۲
۰/۰۱۱۱۲۴	۰/۳	۳
۰/۰۰۸۵۲۸	۰/۲۳	۴
۰/۰۰۴۸۲	۰/۱۳	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	هم شدت شکستگی
۰/۰۰۲۰۳۰۴	۰/۰۴	۱
۰/۰۰۳۵۵۳۲	۰/۰۷	۲
۰/۰۰۹۶۴۴۴	۰/۱۹	۳
۰/۰۱۰۱۵۲	۰/۲	۴
۰/۰۲۵۳۸	۰/۵	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	مقاومت واحدها
۰	۰	۱
۰/۰۰۷۰۵۶	۰/۵۶	۲
۰/۰۰۲۱۴۲	۰/۱۷	۳
۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۵	۴
۰/۰۰۲۷۷۲	۰/۲۲	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	فاصله از آبراهه
۰/۰۰۳۹۳۱۲	۰/۲۱	۱
۰/۰۰۴۳۰۵۶	۰/۲۳	۲
۰/۰۰۴۳۰۵۶	۰/۲۳	۳
۰/۰۰۳۵۵۶۸	۰/۱۹	۴
۰/۰۰۲۶۲۰۸	۰/۱۴	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زمین لغزش	جهت شیب
۰/۰۰۱۸۷۹۲	۰/۱۸	۱
۰/۰۰۲۷۱۴۴	۰/۲۶	۲
۰/۰۰۱۸۷۹۲	۰/۱۸	۳
۰/۰۰۱۷۷۴۸	۰/۱۷	۴
۰/۰۰۲۱۹۲۴	۰/۲۱	۵

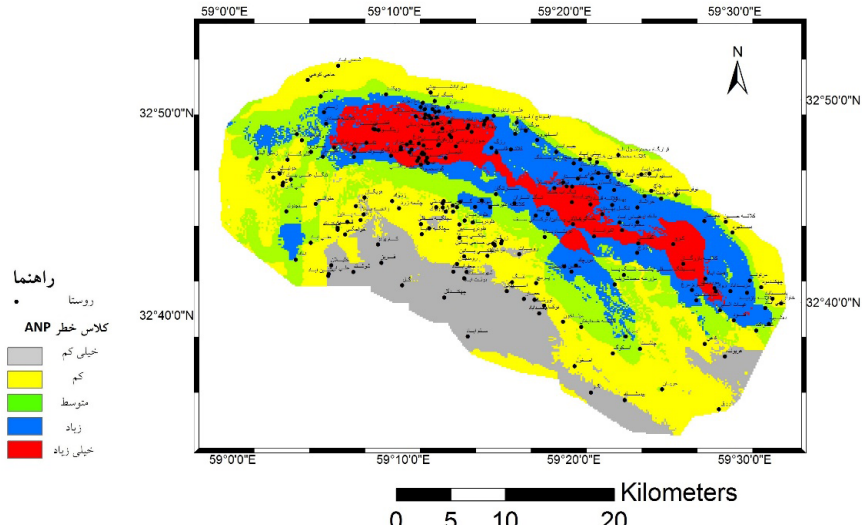
جدول۵. وزن نرمال عوامل موثر بر زلزله

وزن نرمال	وزن داخلی زلزله	فاصله از گسل
۰/۰۵۳۱۸۴	۰/۳	۱
۰/۰۴۴۳۲	۰/۲۵	۲
۰/۰۳۵۴۵۶	۰/۲	۳
۰/۰۲۶۵۹۲	۰/۱۵	۴
۰/۰۱۷۷۲۸	۰/۱	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زلزله	همشتاب
۰/۰۲۹۸۸۸	۰/۱	۱
۰/۰۴۴۸۳۲	۰/۱۵	۲
۰/۰۵۹۷۷۶	۰/۲	۳
۰/۰۷۴۷۲	۰/۲۵	۴
۰/۰۸۹۶۶۴	۰/۳	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زلزله	مقاومت واحدها(فرسایش)
۰/۰۰۶۰۸	۰/۱	۱
۰/۰۰۹۱۲	۰/۱۵	۲
۰/۰۱۲۱۶	۰/۲	۳
۰/۰۱۵۲	۰/۲۵	۴
۰/۰۱۸۲۴	۰/۳	۵

وزن نرمال	وزن داخلی زلزله	همشدت شکستگی
۰/۰۱۰۲۴	۰/۱	۱
۰/۰۱۵۳۶	۰/۱۵	۲
۰/۰۲۰۴۸	۰/۲	۳
۰/۰۲۵۶	۰/۲۵	۴
۰/۰۳۰۷۲	۰/۳	۵



شکل۱۳. نقشه نهایی پهنه‌بندی به روش تحلیل شبکه

۴-نتیجه گیری:

از بین عوامل موثر بر زمین لرزه، پارامتر هم شتاب بیشترین وزن را به خود اختصاص داد و از بین عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش پارامتر هم شتاب لرزه‌ای و فاصله از گسل بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج بدست آمده از نقشه خروجی هر یک از پارامترها مشخص شد که به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۳۵، ۰/۲، ۰/۱۹ و ۰/۱ از منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد نهایی حاصل از تلفیق زمین لرزه و زمین لغزش قرار دارد. بر اساس نتایج بدست آمده از نقشه‌های درجه عضویت فازی هر یک از پارامترها مشخص شد که همبستگی مستقیمی بین گسل و زمین‌لغزش وجود دارد به طوری که حدود ۹۵ درصد زمین لغزش‌های منطقه در فاصله ۰ تا ۷۰۰ متری گسل قرار دارند که دال بر ارتباط مستقیم با تنش ناحیه‌ای می‌باشد.

منابع:

اوهانیان، ت.، طاووسیان، ش.، افتخارنژاد، ج۱۹۷۸.، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی بیرجند، ورقه بیرجند.

-حیدری آقاگل، م.، ۱۳۹۴. بررسی ساختاری زیرکوه با نگرشی بر لرزه خیزی منطقه (حاجی آباد- شرق ایران)، پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند، ۱۸۶ ص.

-تاناکا،ک.،۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر منطق فازی برای کاربردهای عملی آن، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۱ص.

-پورکرمانی، م.، آرین، م.، ۱۳۷۶. لرزه‌خیزی ایران. دانشگاه شهید بهشتی .

- خطیب،م م.، ۱۳۶۸. تحلیل ساختاری کوه‌های جنوب بیرجند، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

- خطیب، مم.، ۱۳۷۷. هندسه پایانه گسلهای امتدادلغز، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۲۴ ص.

-مؤمنی، م.، شریفی سلیم، ع.، ۱۳۹۰. مدلها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، نشر مؤلفین. صفحه ۲-۵.

- قهرمانی، م.، ۱۳۹۵. تحلیل هندسی-جنبشی و برآورد خطر زمین‌لرزه پهنه گسلی دهک در غرب سهل آباد (جنوب شرق بیرجند)، پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند، ۱۱۹ ص.

-کوره پزان دزفولی، ا.، ۱۳۸۴. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدلهای مسایل مهندسی آب، دانشگاه امیرکبیر، جلد ۱، ۲۶۱ص.

- منصوری، ه.، وکیلی اوندری، ف.، خطیب، مم.، ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق بولین در کوه باقران(جنوب بیرجند)، مجله یافته‌های نوین زمین شناسی کاربردی همدان، دوره دهم، شماره ۲۰، ص ۶۹-۴۱.

Reference:

-Tirrule, R., Bell, L.R., Griffis, R.J., Camp, V.E , 1983. The Sistan suture zone of eastern Iran., G.S.A, 94, 134-156.

-Walker, R.and Jackson, J2004 ,.. Active tectonic and late Cenozoic strain distribution in central and eastern Iran. Tectonics 23.

-Walker, R., Jackson J. & Baker, C., 2004- Active faulting and seismicity of the Dasht-e-Bayaz region, eastern Iran, Geophys. J. Int., 157, 265 – 282.

- Walker, R. & Khatib. M.M., 2006. Active faulting in the Birjand region of NE Iran, Tectonics, 25, 1-17.

-Allen, M., Walker, R., Jackson, J., Talebian, M. , Ghasemi, M., 2006. Contrasting styles of convergence in the Arabia-Eurasia collision: Why escape tectonics does not occur in Iran, Mem. Geol. Soc. Am., Special paper. 409, 579-589.

-Champati-ray, P.K., Dimri, S., Lakhera, R.C., and Sati, S., 2007. Fuzzy- based method for landslide hazard assessment in active seismic zone of Himalaya, Landslides. 4, 101-111.

-Neaupane, K.M., Piantanakulchai, M., 2006. Analytic network process model for landslide hazard zonation, Engineering Geology, 85, 281-294.

Tectonics
August 2018, Vol:6

University of Birjand

Earthquake and landslide hazard zonation by network analysis (ANP) in Bagheran mountain (south of Birjand)

Seyed Morteza Moussavi*[1], Mahdi Hoseinabadi[2]

1 Assistant Professor, Department of Geology, University of Birjand, Birjand, Iran.

2 Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Tabas, Iran.

Abstract:

The purpose of zoning the risk of earthquakes and landslides is to divide the earth's surface into separate zones based on the actual degree of occurrence of these hazards.
In this research first map of landslides distribution in Bagheran Mountain was prepared by aerial photos, geological maps and field surveys. Then effective factors in both earthquake and landslide occurrence are identified, their class density and binary comparison were calculated, effective parameters will prioritize, then determine fuzzy membership degree of parameters by fuzzy logic and finally combined together. Zoning studies suggest that seismic Is acceleration factor has the highest weight in the occurrence of earthquakes in the region. After a combination of landslide and earthquake maps combination was showed respectively16, 35, 20, 19 and 10% of the area are at very high-risk class, high, medium, low and very low.

Key words: Binary comparison, Analysis network process, Bagheran Mountain

* mmoussavi@birjand.ac.ir