

جغرافیا و توسعه شماره ۵۳ زمستان ۱۳۹۷

وصول مقاله: ۹۶/۰۴/۱۷

تأیید نهایی: ۹۶/۱۰/۲۴

صفحات: ۱۲۵-۱۴۰

تحلیل لرزه‌خیزی بخش آپبخش با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله‌مراتبی

دکتر محسن پورخسروانی^{۱*}، سیده الهام موسوی^۲

چکیده

برنامه‌ریزی با هدف مدیریت بحران، ارزیابی شدت و میزان لرزه‌خیزی مناطق مختلف به‌منظور مقابله با خسارت‌های ناشی از لرزه‌خیزی، همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران شهری بوده است. بخش آپبخش یکی از لرزه‌خیزترین بخش‌های استان بوشهر است که به‌علت وجود گسل‌های متعدد و فعال قطر-کازرون، برازجان، رگ سفید و زاگرس، همواره در معرض زمین‌لرزه‌های متعدد و گهگاه شدید با حداکثر بزرگای ۵ ریشتر قرار گرفته است. به همین علت پژوهش حاضر پس از تهیه نقشه‌های پایه لرزه‌خیزی مانند عمق کانون‌های لرزه‌خیزی، توان لرزه‌خیزی، شتاب و شدت زمین‌لرزه و عمق خاک اقدام به وزن‌دهی پارامترها کرده و در نهایت با استفاده از سه مدل سیستم تحلیل سلسله‌مراتبی، Dematel و میانگین رتبه‌ها به بررسی، ارزیابی وضعیت لرزه‌خیزی بخش آپبخش و ترسیم نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی در این ناحیه پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که توان لرزه‌زایی گسل و شدت زلزله به ترتیب با (۰/۰۸۶ و ۰/۰۶۳) تأثیرگذارترین عوامل و لیتولوژی و عمق خاک با (۰/۱۱۰) و شیب با (۰/۱۰۳) متعامل‌ترین پارامترها در زمینه توان لرزه‌خیزی بخش آپبخش هستند. به عبارت دیگر، در این ناحیه هرچه شیب زمین کمتر، مواد مادری مقاوم‌تر و عمق خاک کمتر باشد، تأثیر کمتری از پارامترهای توان لرزه‌زایی گسل و شدت زلزله خواهد پذیرفت و در نتیجه اراضی دارای این شرایط در بخش آپبخش در برابر زلزله مقاوم‌تر خواهند بود. بر این اساس و مطابق با نتایج، هرچه به سمت شمال غرب این بخش پیشروی کنیم، بر شدت لرزه‌خیزی افزوده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، مدل سلسله‌مراتبی، لرزه‌خیزی، آپبخش.

مقدمه

شناخت سرشت لرزه‌ای منطقه ایران از دیدگاه لرزه زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی به علت قرارگرفتن این کشور در کمربند آلپ- هیمالیا به عنوان یکی از لرزه‌خیزترین مناطق جهان که به طور متوسط هر ۵ سال یکبار یک زلزله مخرب در آن روی می‌دهد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. زلزله یکی از مخاطرات طبیعی است که آسیب‌های ناشی از آن در کشورهای درحال توسعه به مراتب بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است. به طوری که آمارها نشان می‌دهد که ۹۵ درصد از کل قربانیان بلایای طبیعی در جهان از کشورهای درحال توسعه می‌باشند و تلفات ناشی از زلزله در این کشورها ۲۰ برابر بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است (سلیمانی، ۱۳۹۵: ۳)؛ از این رو شناخت وضعیت تکتونیکی، نحوه رفتار و عملکرد گسل‌ها و همچنین وضعیت لرزه‌خیزی مناطق مختلف تأثیر زیادی در بکارگیری راهبردهای مناسب درجهت به حداقل رساندن خسارات ناشی از این حرکات خواهد داشت. به همین دلیل دستیابی به روش‌های قابل اعتماد درجهت پیش‌بینی مکانی، زمانی و بزرگای زمین‌لرزه‌ها هدف اصلی پژوهش‌های اخیر بوده است.

گسترش علوم زمین و تلفیق آن با ریاضیات، موجب شناخت دقیق‌تر شرایط محیطی و در نتیجه آگاهی بیشتر از مقاومت محیط طبیعی در برابر زمین‌لرزه می‌شود (3: Masashi, 2003) به طور مثال نرخ یا شمار زمین‌لرزه‌های رخ داده طی یک سال در یک ناحیه می‌تواند یکی از متغیرهای مناسب برای جدا کردن پهنه‌هایی با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت از یکدیگر باشد (رزاقیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۹). همچنین تعیین چشمه‌های بالقوه زمین‌لرزه، یکی از عناصر اساسی در ارزیابی خطر لرزه‌ای است که در شروع ارزیابی خطر، جایگاه منحصربه‌فردی دارد (بوستان و طاهرنیا، ۱۳۹۳: ۲۸).

با توجه به اهمیت ارزیابی لرزه‌خیزی مناطق مختلف در کنترل و پایش خسارات ناشی از زلزله، تاکنون مطالعات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته است؛ از جمله:

ادیب و همکاران (۱۳۹۵) ضمن پهنه‌بندی لرزه‌ای شرق استان یزد براساس زلزله‌ها و گسل‌های کواترنری و با استفاده از مدلسازی فرکتالی، نتیجه می‌گیرند که این روش در مطالعات پهنه‌بندی نسبی حرکت زمین و تعیین ارتباط طول، تراکم و تقاطع گسل‌ها با چشمه‌های بالقوه زمین‌لرزه کاربرد داشته و می‌تواند در کاهش هزینه مطالعات شناخت پهنه‌های لرزه‌ای مفید باشد.

بنینی و همکاران^۱ (۲۰۰۳) در پژوهشی با استفاده از کار مدلسازی و آزمایشگاهی برای ایران بیان می‌کنند که فعالیت‌های لرزه‌ای هم از دید سازوکار و هم از دید پراکندگی، هماهنگی مناسبی با موقعیت کمربندهای تغییر شکل‌یافته در پهنه ایران نشان می‌دهند و با دور شدن از این کمربندها و کاهش تغییر شکل‌ها، فعالیت‌های لرزه‌ای نیز کاهش می‌یابد.

در پژوهشی دیگر صیامی و همکاران (۱۳۹۴) ضمن آسیب‌شناسی لرزه‌ای شهر گرگان با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی بیان می‌کنند که با حرکت از سمت جنوب به مرکز شهر، بر میزان آسیب‌پذیری افزوده می‌شود. به این علت که جنوب شهر نسبت به شمال آن داری معابر با عرض کافی، ساختمان‌های مقاوم و با قدمت کم است. به طور کلی شدت لرزه‌خیزی مناطق مختلف موجب بروز زلزله، تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوان می‌شود. در این راستا مدل‌های فضایی چندمعیاره که دارای ساختاری تحلیلی بر مبنای مکان است، می‌تواند به طور نامحدود متغیرهای رخداد زمین‌لرزه را با ارائه وزن‌های درون‌گروهی و بین گروهی بررسی کند (شهابی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۶).

مبانی نظری

جغرافیا با تکیه بر اصول فلسفی و جهان‌بینی سیستمی، بر آن است که ضمن گویا کردن مکانیسم‌های حاکم بر محیط به‌گونه‌ای عمل کند که عملکردهای بشری در تقابل و تعارض با محیط قرار نگیرد. پس هنر یک جغرافیدان به‌عنوان یک برنامه‌ریز و مدیر محیط آن است که با اشراف و آگاهی بر عوامل مورفودینامیک طبیعی، عکس‌العمل محیط در برابر عملکردهای بشری را پیش‌بینی کرده و براساس آن و با دیدی جامع‌تر، نسبت به حل مسائل و تدوین خط‌مشی و سیاست و راهبردهای برخورد با محیط مبادرت کند. پدیده‌های مختلفی مانند زلزله، سیل، توفان و... جزئی از ذات طبیعت بوده و رخ دادن آن‌ها نشانه‌ای از شادابی و شکوفایی طبیعت است؛ اما نحوه برخورد و رفتار انسان با طبیعت و تأثیر پدیده‌های طبیعی بر زندگی انسان باعث شده که بسیاری از این پدیده‌ها را در زمره بلایای طبیعی قلمداد کند؛ بنابراین باید توجه کرد که تنها درایت و رفتار صحیح انسان است که می‌تواند از آثار زیانبار این رویدادهای طبیعی جلوگیری کرده و از مواهب آن نهایت استفاده را به‌عمل آورد (رامشت و شاهزیدی، ۱۳۹۰: ۹).

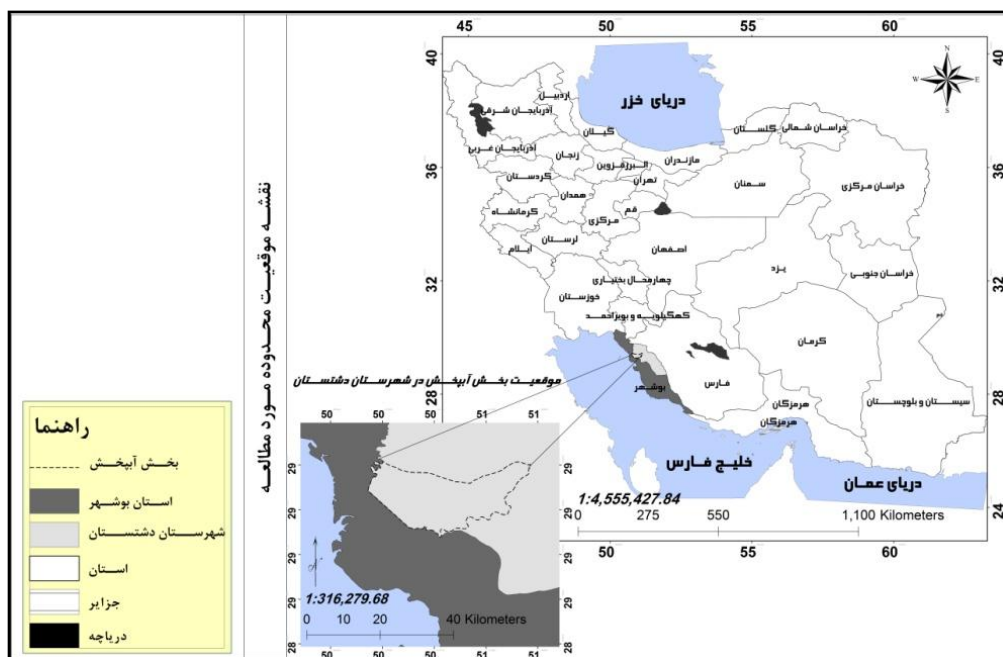
زمین‌لرزه‌ها همواره جزء مهمترین مخاطرات طبیعی هستند که هر ساله تعداد بسیار زیادی از مردم جهان گرفتار آثار نامطلوب آن می‌شوند. برای کاهش تلفات جانی و اقتصادی و تبعات اجتماعی آن‌ها ضروری است که براساس دانش‌کنونی و آخرین فناوری‌های قابل اعتماد، از خطر وقوع زمین‌لرزه در نقاط مختلف شناختی دقیق به‌دست آورد (Kolat et al, 2012: 13). زمین‌لرزه یا زلزله، لرزش و جنبش زمین است که به‌علت آزاد شدن انرژی ناشی از گسیختگی سریع در گسل‌های پوسته زمین در مدتی کوتاه روی می‌دهد. هرچند پیش‌بینی دقیق این مخاطره بزرگ طبیعی به‌صورت ۱۰۰ درصد قطعی ممکن نیست؛ ولی تعیین

احتمالی مکان رخداد یک زلزله و ارزیابی شدت لرزه‌خیزی مناطق مختلف با استفاده از روش‌های مختلف امکان‌پذیر است. تجزیه و تحلیل خطر لرزه‌ای به ارزیابی ماهیت و پتانسیل زمین‌لرزه‌ها نیاز دارد؛ بنابراین تخمین بیشینه بزرگی و همچنین رخداد مجدد صفاتی که به‌ویژه به‌وسیله گسل‌های فعال ایجاد می‌شود، لازم و ضروری است. تعیین چشمه‌های بالقوه زمین‌لرزه یکی از عناصر اساسی در ارزیابی خطر لرزه‌ای است که در شروع ارزیابی خطر، جایگاه منحصر به‌فردی دارد. تعریف و مشخص کردن چشمه‌های بالقوه زمین‌لرزه، قسمت اصلی تحلیل خطر زمین‌لرزه است که نیاز به اطلاعات منطقه‌ای و ناحیه‌ای، زمین‌شناسی، لرزه‌خیزی و زمین‌ساختی دارد (بوستان و طاهرنیا، ۱۳۹۳: ۲۸). باید توجه داشت که قدم اول در تجزیه و تحلیل خطر لرزه‌ای، شناخت ساختار زمین‌شناسی و میزان لرزه‌خیزی مناطق مختلف در جهت مقابله با آثار مخرب آن در مناطق سکونت‌گاهی است. در همین راستا به‌منظور ارزیابی شدت لرزه‌خیزی در هر محل، روش‌های متعددی وجود دارد که تحلیل خطر زلزله تابع نوع داده‌ها و دقت موردنیاز، دوره آماری و کیفیت داده‌هاست. روش‌های تحلیلی و آماری از جمله مهم‌ترین این روش‌ها می‌باشند. در روش تحلیلی با استفاده از توانایی لرزه‌خیزی گسل‌ها، اقدام به برآوردی مقدار بزرگی، شدت، شتاب و سرعت ناشی از هر گسل در سایت مورد نظر می‌شود. روش آماری ارزیابی دوره بازگشت رویداد زمین‌لرزه به روش‌های مختلف است. اساس کار برای تخمین خطر زمین‌لرزه، آنالیز آماری داده‌های زمین‌لرزه است که منجر به تعیین میزان احتمال وقوع مجدد زمین‌لرزه‌ها با بزرگی‌های مختلف یا به‌عبارت دیگر، فاصله زمانی اعمال شتاب‌های متفاوت می‌شود؛ بنابراین در یک دوره زمانی طبق روابط ریاضی می‌توان بزرگی زمین‌لرزه‌ها را برای دوره بازگشت‌های متفاوت برآورد کرد.

موقعیت محدوده مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی، در واحد زاگرس چین خورده واقع شده و از لحاظ جغرافیایی در محدوده طول‌های جغرافیایی $51^{\circ}8'58,70''$ تا $50^{\circ}45'11,96''$ شرقی

(E) و $29^{\circ}26'14,73''$ تا $29^{\circ}22'34,20''$ شمالی (N) واقع شده است. این منطقه از شمال به گناوه و از سمت غرب به حوضه آبخیز شاپور- دالکی و از جنوب به اهرم محدود می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

روش تحقیق

روش تحقیق در پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی، از نوع کاربردی است. در این پژوهش با استفاده از روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای به گردآوری اطلاعات موردنیاز پژوهش پرداخته و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای AutoCad, Excel, Arc Gis, Google Earth و روش‌های AHP, Dematel و میانگین رتبه‌ها در دو مرحله به بررسی موضوع مورد مطالعه پرداخته شده است؛ بدین صورت که در مرحله اول با استفاده از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی و نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی، سری k753، برگ 6248IV و

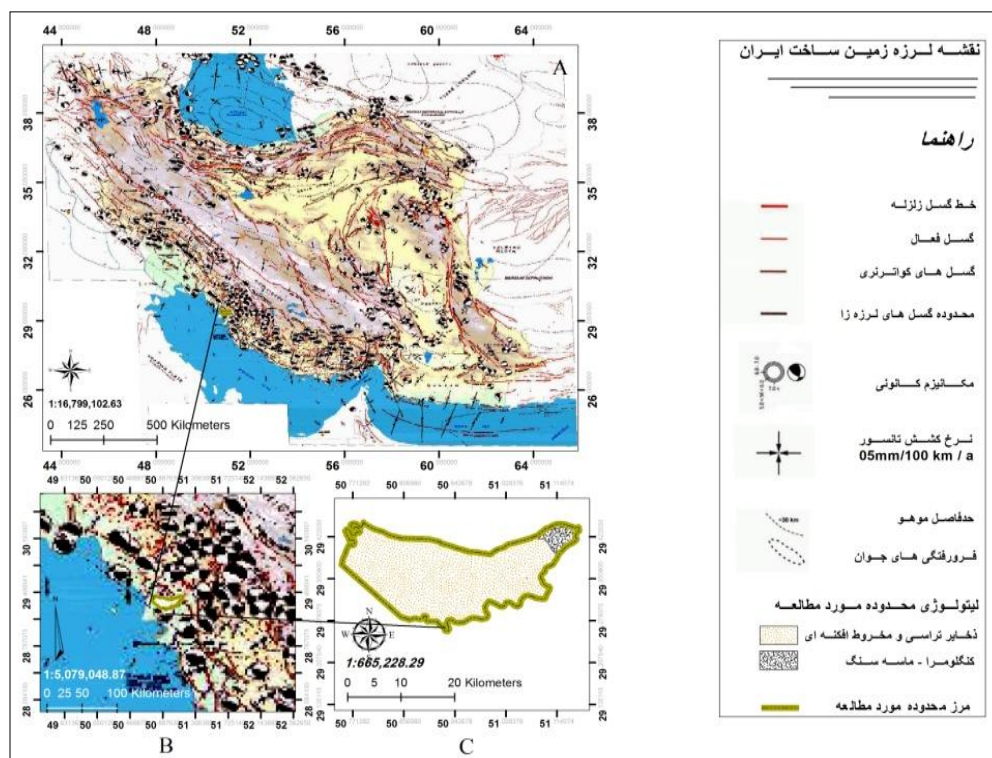
سری k753، برگ 6148I، نقشه عمق خاک (برگرفته از طرح جامع و تفصیلی شهر آبخیز و برگرفته از سازمان جغرافیایی کشور) مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، تصاویر ماهواره‌ای، گردآوری ۱۱۱۲ کانون لرزه‌خیزی ثبت‌شده در شعاع ۶۰۰ کیلومتری محدوده مطالعاتی، به تهیه نقشه‌های مبنا پرداخته شد و سپس در مرحله دوم با استفاده از روش AHP به وزن‌دهی زیرمعیارها و با روش‌های DEMATEL و AHP به وزن‌دهی معیارهای اصلی پژوهش و در نهایت به ترسیم تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی لرزه‌خیزی در بخش آبخیز پرداخته شد.

یافته‌های پژوهش

زمین‌شناسی

استان بوشهر با واقع شدن در بخش جنوبی ایالت زمین‌ساختی - رسوبی زاگرس، با سنگ‌شناسی رسوبی از نوع تبخیری و تخریبی تشکیل شده است (فخری و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۹۱). بخش بیشتر استان بوشهر مورفولوژی بلند و کوهستانی دارد. با این حال، در بخش‌های ساحلی سیمای فیزیوگرافیک استان دشتگونه است؛ به همین دلیل، استان دو ریختار متفاوت دارد. واحد مورفولوژیک کوهسار، همانند سایر نواحی زاگرس، روند شمال باختر جنوب خاور دارد که شامل تناوبی از تاقدیس‌های نامتقارن و ناودیس‌های فشرده به سمت جنوب است. دشت ساحلی استان زایش فرسایشی دارد که نواحی کوهپایه‌ای تا سواحل دریا را زیر پوشش دارند. بخش شمال باختری استان، از برازجان تا گناوه، قسمتی از گودال خوزستان است که کهن‌ترین رخنمون سنگی آن بخشی از ردیف‌های آواری گروه فارس است که رخساره توالی‌های همزمان با کوهزایی دارند و ساخت‌های رسوبی آن‌ها، معرف انباشت در یک حوضه رسوبی پسرونده به سمت جنوب است (آقانباتی، ۱۳۸۹: ۱۰) که بخش عمده‌ای از شهرستان دشتستان از جمله بخش آبخش را شامل می‌شود. به‌طور کلی ساختار این محدوده از نوع ذخایر تراسی و مخروط‌افکنه‌ای کوهپایه‌ای جدید کم‌ارتفاع است

(شکل ۲). علاوه بر آن، با توجه به قرار گرفتن شهرستان دشتستان و دیگر شهرستان‌های استان بوشهر در محدوده زون زمین‌ساختی زاگرس، وجود پلاتفرم پرکامبرین عربستان در جنوب و جنوب غرب ناحیه و حرکات فرورانش آن در امتداد تراست زاگرس، احتمال رخداد زلزله‌های خطرناک که دارای منشأ ساختمانی هستند، در این مناطق زیاد است. همچنین با توجه به خصوصیات زمین‌شناختی، مهم‌ترین عوارض زمین‌ساختی و مورفولوژیکی که طی تکوین ساختمان زمین‌شناسی در این محل به چشم می‌خورند عبارت‌اند از: گسل‌ها، چین‌خوردگی و گنبد‌های نمکی. این فعالیت‌های ساختمانی در طی ادوار مختلف زمین‌شناختی شامل پیدایش حوضه‌های رسوبی مجزا و فرونشینی آن‌ها و بالآمدگی بخش‌های مجاور را موجب شده و این امر به نوبه خود باعث ایجاد عدم تعادل و زلزله‌خیزی در منطقه شده است. با توجه به سهم نسبی رویداد زلزله‌های زون ساختمانی زاگرس که حدود ۵۰ درصد از زلزله‌های روی داده در زون‌های مختلف ساختمانی ایران را شامل می‌شود و همچنین با توجه به آمار موجود که بزرگی زلزله‌های کمتر از ۴ ریشتر را در حدود ۱/۵ درصد در این زون ساختمانی ذکر می‌کنند، می‌توان به بالابودن میزان مخاطرات جانی و مالی ناشی از ناآرامی پوسته زمین ناحیه و در نتیجه حرکات زمین‌لرزه پی برد (شرکت مهندس مشاور پارسوماش، ۱۳۸۸: ۷۸).



شکل ۲: نقشه موقعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در نقشه لرزه زمین ساخت ایران

تهیه و ترسیم: نگارنده با اقتباس از سازمان اکتشافات و زمین شناسی معدنی کشور، ۱۳۹۴

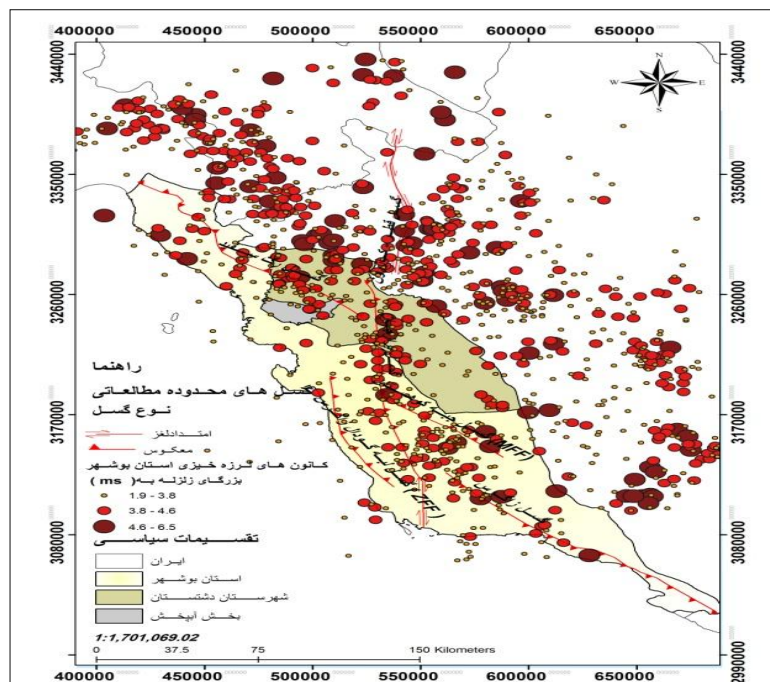
توضیحات: (A: نقشه لرزه زمین ساخت ایران، B: موقعیت زمین شناسی بخش آبپخش در نقشه

لرزه زمین ساخت ایران، C: نقشه زمین شناسی بخش آبپخش)

شمال شهر سعدآباد است. همچنین سایر رخدادهای لرزه خیزی تاریخی در این محدوده بنا به داده های گردآوری شده و گزارش زمین لرزه پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۲ به صورت خلاصه به ترتیب عبارت اند از: ۳۸۷ هـ.ش. سیراف با بزرگای Ms ۶/۵ و ۳۰ آذر ۱۲۴۱ هـ.ش. شیراز با بزرگای Ms ۶/۲.

پیشینه لرزه خیزی محدوده مورد مطالعه

مطابق با ۱۱۱۲ کانون لرزه خیزی ثبت شده در شعاع ۲۰۰ کیلومتری محدوده مورد مطالعه قدیمی ترین لرزه خیزی در این محدوده، مربوط به زلزله سال ۳۵۷ هـ.ش. در بندر سیراف با بزرگای Ms ۵/۳ در مقیاس امواج سطحی Ms و جدیدترین لرزه خیزی مربوط به زلزله سال ۱۳۹۶ با بزرگای Ms ۳/۴ در ۶ کیلومتری



شکل ۳: کانون‌های لرزه‌خیزی و گسل‌های تأثیرگذار بر منطقه مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

بسیار ضروری است که همه روابط یکسان‌سازی شوند؛ از این رو در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از روش تبدیل بزرگای پیشنهادی علیزاده، چناری و پورزینلی به تبدیل انواع بزرگا در ایران به Ms پرداخته و بعد از آن جهت، تهیه نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی در محدوده مورد مطالعه از روابط ۱ تا ۸ استفاده شد.

بخش آبپخش یکی از لرزه‌خیزترین بخش‌های استان بوشهر به‌شمار می‌رود. این منطقه، به‌علت وجود گسل‌های متعدد و فعال قطر-کازرون، برازجان، رگ سفید و زاگرس، همواره در معرض زمین‌لرزه‌های متعدد و گهگاه شدید با حداکثر بزرگای ۵ ریشتر قرار گرفته است. از آنجا که بزرگای زمین‌لرزه‌ها از دیرباز تاکنون در این ناحیه اکثراً در مقیاس‌های مختلف

جدول ۱: روش تبدیل انواع بزرگا به Ms پیشنهادی علیزاده، چناری و پورزینلی برای ایران

Magnitude	$M \leq 5$	$5 < M < 7$
ML	$0/671ML + 0/879$	$0/272ML^2 - 1/641ML + 5/711$
Mb	$MS = 1/14mb - 1/136$	$MS = 0/334mb^2 - 1/93mb + 5/831$
MW	$1/136MW - 2/403$	

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

گسل‌ها در محدوده مطالعاتی تفاوت چندانی با هم ندارند. با این حال، مطابق با محاسبات گسل برازجان با طول ۱۸۸ کیلومتر و توان لرزه‌زایی ۵ دارای بیشترین توان لرزه‌زایی و گسل جبهه کوهستان (MFF) با طول ۷۴/۴۰ کیلومتر و توان لرزه‌زایی

الف- تعیین حداکثر توان لرزه‌زایی گسل در محدوده مورد مطالعه (A)

در این مرحله با استفاده از روابط زیر حداکثر توان لرزه‌زایی گسل‌های محدوده مورد مطالعه محاسبه شد. بر این اساس، توان لرزه‌زایی همه

۴/۷۳ از کمترین توان لرزه‌زایی برخوردار است. مطابق با روابط ۱ تا ۴ و محاسبات (جدول ۲) میان طول گسل و توان لرزه‌زایی روابط مستقیمی وجود دارد؛ به طوری که هرچه طول گسل در محدوده مورد مطالعه کمتر می‌شود، از توان لرزه‌زایی آن نیز کاسته می‌شود.

رابطه ۱:

$$M = \log L + 5/4$$

رابطه ۲:

$$\log LR = 0.7 M - 3/24$$

رابطه ۳:

$$\log L = -0.126 + 0.675 Ms$$

رابطه ۴:

$$Ms = 1/404 + 1/169 \log L$$

توضیحات: در این روابط، M : بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر و در روابط ۱ و ۲: L : طول گسل به کیلومتر است. همچنین در روابط ۳ و ۴: L : نصف طول کل گسل به متر است.

جدول ۲: حداکثر توان لرزه‌زایی گسل‌های تأثیرگذار بر محدوده مورد مطالعه

ریشتر					طول گسل به کیلومتر	نام گسل
میانگین (A)	LogL	Ms	LogLR	M		
۴/۹	۲/۰۸	۳/۲۶	۴	۱۰/۴۶	۱۵۷	رگ سفید
۵	۲/۰۹	۳/۲۸	۴	۱۰/۶۴	۱۸۸	برازجان
۴/۷	۲/۰۳	۳/۲۰	۴	۹/۹۰	۹۰	گسل لبه گودال زاگرس (ZFF)
۴/۹	۲/۰۸	۳/۲۷	۴	۱۰/۵۱	۱۶۵	گسل زاگرس
۴/۸	۲/۰۵	۳/۲۲	۴	۱۰/۰۶	۱۰۶	گسل کازرون
۴/۷	۲/۰۲	۳/۱۸	۴	۹/۷۱	۷۴/۴۰	گسل جبهه کوهستان (MFF)

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

ب- تعیین حداکثر شدت زلزله‌های ایجاد شده در کانون‌های زلزله

در این مرحله، ابتدا با استفاده از روابط جدول (۱) انواع بزرگای زمین‌لرزه (M_w, M_b و M_l) در محدوده مورد مطالعه به بزرگای M_s تبدیل و سپس با استفاده از روابط ۵ و ۶ میزان شدت زلزله برای هر کانون محاسبه شد. مطابق با محاسبات، حداکثر شدت زلزله در کانون‌های لرزه‌خیزی محدوده مورد مطالعه ۵، حداقل ۳/۹ ریشتر و به صورت میانگین ۴/۶ ریشتر است.

رابطه ۵:

$$I = 1.7 Ms - 2.8 \quad (B)$$

نوروزی- اشجعی

رابطه ۶:

$$I = 1.3 Ms - 0.09 \quad (C)$$

در این روابط I شدت زلزله در مقیاس مرکالی و M_s بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر است.

پ- تعیین حداکثر شتاب زلزله‌های ایجاد شده به وسیله گسل‌ها در محدوده مورد مطالعه

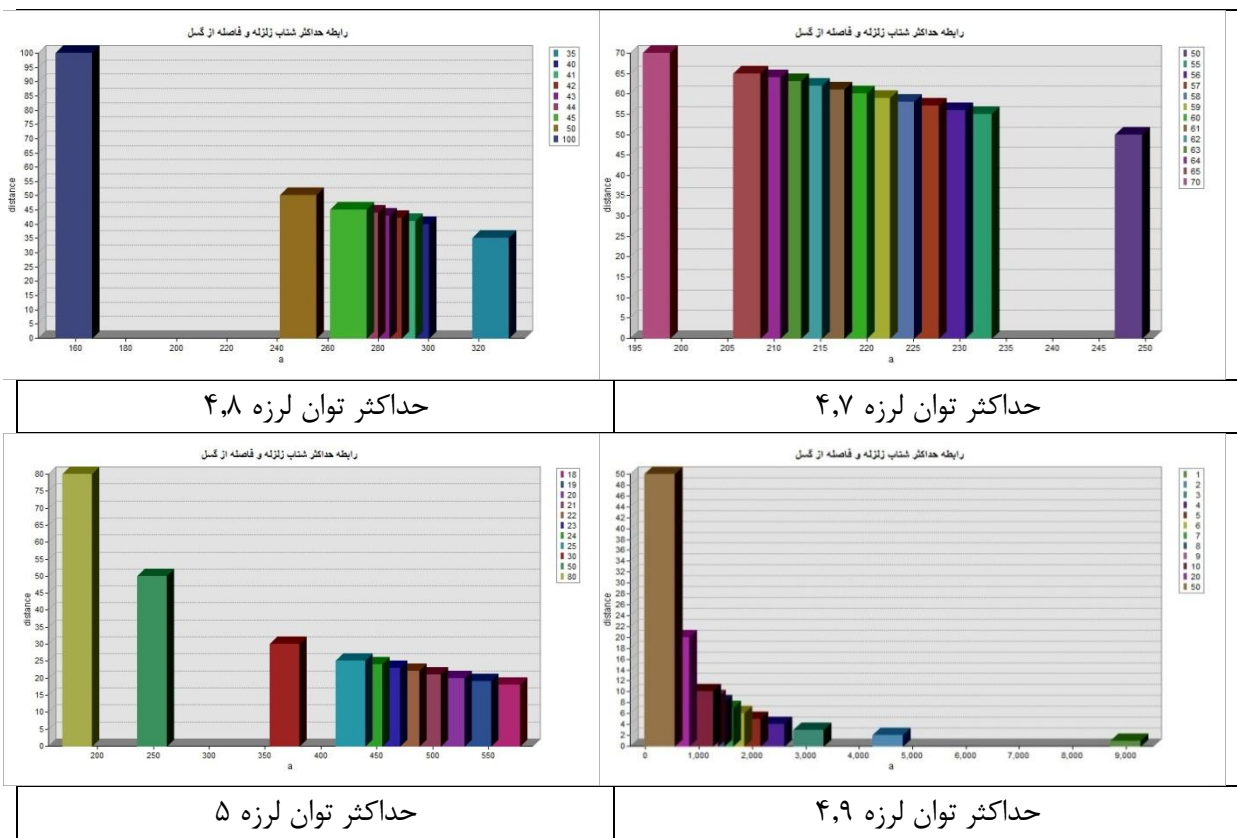
در این مرحله ابتدا با استفاده از ابزار Multiple Ring Buffer در محیط نرم‌افزار ArcGis اقدام به تهیه نقشه فواصل گسل برحسب توان لرزه‌زایی شد و سپس با استفاده از رابطه ۷ حداکثر شتاب برای هر یک از گسل‌ها در محدوده مطالعاتی محاسبه شد (جدول ۲).

نکته: در این رابطه، a : حداکثر شتاب در مقیاس گال، c : ضریب ثابت و معادل $۲/۷۱۸$ ، M : بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر و R : فاصله از گسل برحسب کیلومتر است. بر این اساس با افزایش فاصله از گسل‌های محدوده مطالعاتی، میزان شتاب نیز در این محدوده کاهش می‌یابد (شکل ۴).

توضیحات: به دلیل حجم بالای داده‌ها نتایج این محاسبات به طور خلاصه در این جدول درج شده است.
رابطه ۷:

$$a = \frac{1080e^{0.5M}}{(R+25)^{1.32}}$$

دونووان (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۲)



شکل ۴: نمودار حداکثر شتاب زلزله‌های گسل‌ها

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

جدول ۳: شدت زلزله در کانون‌های لرزه‌خیزی تاریخی و دستگاهی

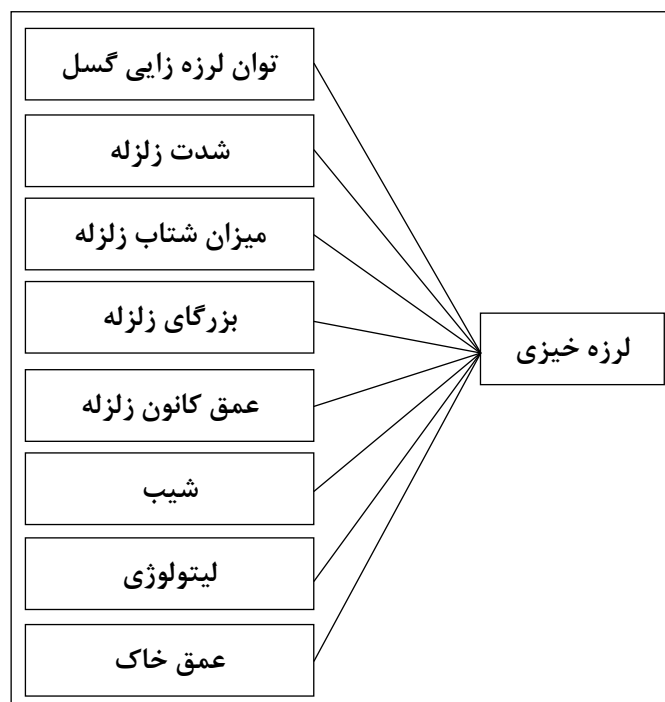
I	C	B	Ms بزرگا به ریشتر	نوع داده	تاریخ رخداد	عرض	طول
۴/۵۹	۵/۲۴	۳/۹۴	۳/۹	دستگاهی	۲۰۱۷	۲۹/۶	۵۰/۹۱
۳/۹۸	۴/۷۲	۳/۲۵	۳/۵	دستگاهی	۲۰۱۶	۲۹/۴۸	۵۰/۵۸
۵	۵/۸۱	۴/۶۸	۴/۴	تاریخی	۲۰۰۳	۲۹/۵۳	۵۰/۹۳
۳/۳۸	۴/۱۹	۲/۵۷	۳/۴	تاریخی	۱۹۰۵	۲۹/۴۳	۵۱/۱۵
۶/۵۹	۶/۹۸	۶/۲۱	۵/۳	تاریخی	۹۷۸	۲۷/۷	۵۰/۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

تکنیک AHP

مرحله اول: تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی
 مرحله دوم: تهیه پرسشنامه و تشکیل ماتریس
 مقایسات زوجی: این مرحله شامل تهیه پرسشنامه

برپایه ساختار سلسله‌مراتبی (شکل ۵) و جدول درجه اهمیت مقایسات زوجی (جدول ۴) می‌شود.



شکل ۵: ساختار سلسله‌مراتبی نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی بخش آبخش تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

جدول ۴: درجه اهمیت مقایسات زوجی

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

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

دست آمده معرف وزن هر عامل است (عظیمی‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۴).

مرحله سوم (محاسبه وزن): برای محاسبه وزن عوامل میانگین هر ردیف محاسبه می‌شود که عدد به

مرحله چهارم: محاسبه نرخ ناسازگاری: این

مرحله شامل سه مرحله می‌شود:

الف: بردار ویژه (λ_{max}) :

ب: محاسبه مقدار شاخص ناسازگاری $(I.I)$: این

مرحله مطابق با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$I.I = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1} \quad \text{فرمول ۱:}$$

پ: محاسبه نرخ ناسازگاری (RI) : این مرحله از

تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ناسازگاری

ماتریس تصادفی، مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$I.I = \frac{I.I}{R.I} \quad \text{فرمول ۲:}$$

جدول ۵: شاخص تصادفی بودن

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	<i>n</i>
۱/۴۹	۱/۴۵	۱/۴۱	۱/۳۲	۱/۲۴	۱/۱۲	۰/۹	۳/۵۸	۰	<i>RI</i>

مأخذ: حکمت‌نیا، ۱۳۹۲: ۳۵۳

جدول ۶: وزن پارامترها براساس روش AHP

رتبه	وزن	شاخص‌ها
۱	۰/۲۵۹	توان لرزه‌زایی گسل
۲	۰/۲۵۱	شدت زلزله
۳	۰/۱۵۵	بزرگای زلزله
۴	۰/۱۵۴	میزان شتاب زلزله
۵	۰/۱۱۶	عمق کانون زلزله
۶	۰/۰۲۴	مواد مادری
۷	۰/۰۲۰	عمق خاک
۸	۰/۰۱۷	شیب

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

روش Dematel: اثرات روش تصمیم‌گیری (Dematel) در فهم و حل و فصل مسائل پیچیده به اثبات رسیده است (Bacudio, 2016:3). این روش با استفاده از اصول تئوری گراف‌ها در ایجاد ساختار سیستم به صورت گراف‌های جهت‌دار و عناصر تشکیل‌دهنده آن براساس نظر خبرگان، ساختار سلسله‌مراتبی و از روابط تأثیرپذیری و تأثیرگزاری عوامل تشکیل می‌شود.

مرحله اول (تشکیل ماتریس ارتباطات مستقیم): در

این مرحله از قضاوت خبرگان استفاده می‌شود

(Celik, 2015:245) و از متخصصان خواسته شده تا

مطابق با جدول زیر پارامترها را اولویت‌بندی کنند.

جدول ۷: درجه اهمیت مقایسات براساس روش Dematel

تأثیر خیلی زیاد	تأثیر زیاد	تأثیر کم	تأثیر خیلی کم	بدون تأثیر	ترجیحات
۴	۳	۲	۱	۰	مقدار عددی

مأخذ: (Bacudio, 2016)

همچنین k از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$k = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad \text{فرمول ۳:}$$

مرحله دوم: محاسبه ماتریس شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم: (در این مرحله ابتدا هر متغیر را در معکوس بیشترین مجموع ردیفی (k) ضرب می‌کنیم.

جدول ۸: جدول ماتریس اولیه ارتباطات مستقیم (M)

شاخص‌ها	توان لرزه‌زایی گسل	شدت زلزله	میزان شتاب زلزله	بزرگای زلزله	عمق کانون زلزله	شیب	مواد مادری	عمق خاک
توان لرزه‌زایی گسل	۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
شدت زلزله	۰/۰۲	۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
میزان شتاب زلزله	۰/۰۱	۰/۰۲	۰	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
بزرگای زلزله	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
عمق کانون زلزله	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
شیب	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰/۰۲	۰/۰۲
مواد مادری	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۸	۰	۰/۰۴
عمق خاک	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۴	۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

ماتریس واحد در واقع ماتریسی است که همه درایه‌ها سلول‌های اصلی آن، عدد ۱ و به سایر سلول‌های آن صفر تعلق می‌گیرد.

$$M \times (I - M)^{-1} \quad \text{فرمول ۵:}$$

$$k = \frac{1}{23} = 0/04 \quad \text{فرمول ۴:}$$

مرحله سوم: محاسبه ماتریس شدت نسبی ممکن از کلیه روابط مستقیم و غیرمستقیم: این مرحله از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود. در این فرمول، I ماتریس واحد است.

جدول ۹: ماتریس شدت نسبی ممکن از همه روابط مستقیم و غیرمستقیم

شاخص‌ها	توان لرزه‌زایی گسل	شدت زلزله	میزان شتاب زلزله	بزرگای زلزله	عمق کانون زلزله	شیب	مواد مادری	عمق خاک	R
توان لرزه‌زایی گسل	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۱۸	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۵۲	۰/۰۸۶۹
شدت زلزله	۰/۰۰۰۳	۰	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۸۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۷۰۷
میزان شتاب زلزله	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۵۸	۰/۰۱۹۲	۰/۰۲۱۴	۰/۰۲۱۴	۰/۰۶۹۴
بزرگای زلزله	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۳	۰	۰/۰۰۵۸	۰/۰۱۹۲	۰/۰۲۱۴	۰/۰۲۱۴	۰/۰۶۹۴
عمق کانون زلزله	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰	۰/۰۲۰۵	۰/۰۲۲۸	۰/۰۲۲۸	۰/۰۶۸۰
شیب	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۹
مواد مادری	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۸	۰	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۷۵
عمق خاک	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۱۳	۰	۰/۰۰۷۵
J	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۲۰۳	۰/۰۰۲۰۳	۰/۰۰۲۴۶	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲۳	۰/۱۰۲۳	۰/۳۸۰۳

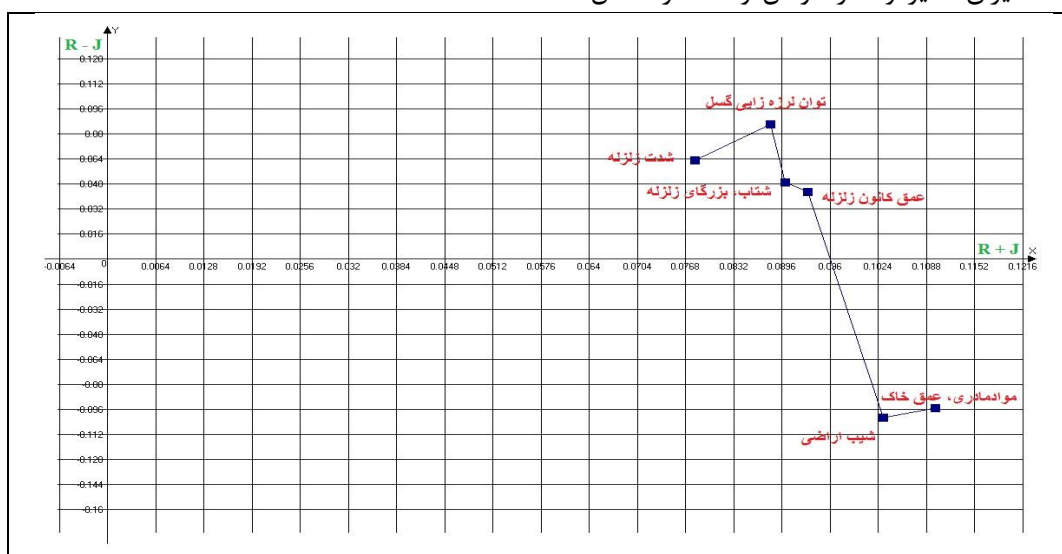
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

مرحله چهارم: ایجاد نمودار علی

- ۱- (R): جمع عناصر هر سطر و نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است.
- ۲- (J): جمع عناصر هر ستون و نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عوامل سیستم است.
- ۳- (R+J): میزان تأثیر و تأثر عوامل و نشانگر تعامل

هر عامل با دیگر عوامل است. به عبارت دیگر، هرچه مقدار (R+J) هر پارامتر بیشتر باشد، بیانگر تعامل بیشتر آن عامل با سایر عوامل است.

۴- (R-J): مقدار نهایی اثرگذاری هر عامل بر سایر عوامل است.



شکل ۷: گراف نهایی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

جدول ۱۰: وزن پارامترها براساس روش Dematel

رتبه	R-J	R+J	J	R	شاخص‌ها
۱	۰/۰۸۶	۰/۰۸۸	۰/۰۰۱	۰/۰۸۷	توان لرزه‌زایی گسل
۲	۰/۰۶۳	۰/۰۷۸	۰/۰۰۸	۰/۰۷۱	شدت زلزله
۳	۰/۰۴۹	۰/۰۹۰	۰/۰۲۰	۰/۰۶۹	میزان شتاب زلزله
۴	۰/۰۴۹	۰/۰۹۰	۰/۰۲۰	۰/۰۶۹	بزرگای زلزله
۵	۰/۰۴۳	۰/۰۹۳	۰/۰۲۵	۰/۰۶۸	عمق کانون زلزله
۸	-۰/۱۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۲	۰/۰۰۱	شیب
۶	-۰/۰۹	۰/۱۱۰	۰/۱۰۲	۰/۰۰۷	مواد مادری
۷	-۰/۰۹	۰/۱۱۰	۰/۱۰۲	۰/۰۰۷	عمق خاک

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

می‌توان از روش‌های ادغام گوناگون مانند (روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا و روش کپلند) استفاده کرد. روش ادغام در پژوهش حاضر روش میانگین رتبه‌هاست.

استراتژی‌های اولویت‌بندی

ممکن است با توجه به تکنیک‌های مختلفی که در بالا ذکر شد، رتبه‌بندی‌های متفاوتی برای یک مسأله واحد به دست آید؛ بنابراین برای حل این مشکل

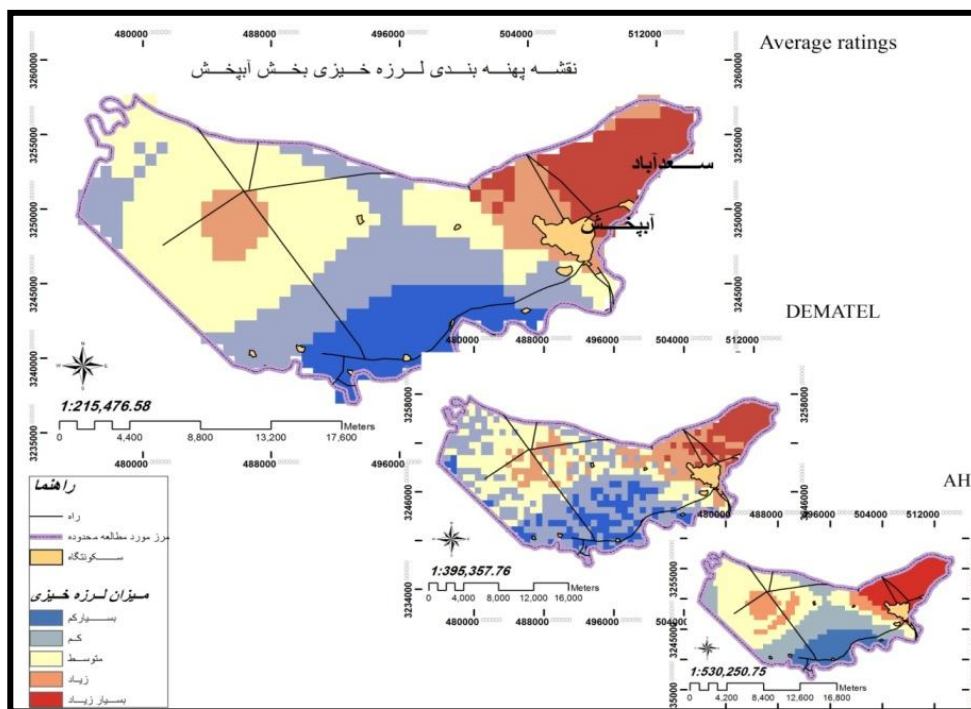
جدول ۱۱: رتبه بندی شاخص‌ها با استفاده از روش میانگین

وزن نهایی					
رتبه نهایی	میانگین رتبه‌ها	جمع	DEMATEL	AHP	شاخص‌ها
۱	۰/۱۷۳	۰/۳۴۵۱	۰/۰۹	۰/۲۵۹۰	توان لرزه‌زایی گسل
۲	۰/۱۵۷	۰/۳۱۴۶	۰/۰۶	۰/۲۵۱۶	شدت زلزله
۳	۰/۱۰۲	۰/۲۰۴۲	۰/۰۵	۰/۱۵۵۰	بزرگای زلزله
۴	۰/۱۰۲	۰/۲۰۳۹	۰/۰۵	۰/۱۵۴۸	میزان شتاب زلزله
۵	۰/۰۸۰	۰/۱۶۰۱	۰/۰۴	۰/۱۱۶۷	عمق کانون زلزله
۶	-۰/۰۳۵	-۰/۰۷۰۰	-۰/۰۹	۰/۰۲۴۸	مواد مادری
۷	-۰/۰۳۷	-۰/۰۷۳۹	-۰/۰۹	۰/۰۲۰۹	عمق خاک
۸	-۰/۰۴۲	-۰/۰۸۳۹	-۰/۱۰	۰/۰۱۷۱	شیب

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

در هر روش، نقشه توان لرزه‌خیزی مجزا در محیط نرم‌افزار ArcGis تهیه شد (شکل ۸). لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر همهٔ اوزان با استفاده از نرم‌افزار اکسل محاسبه شده است.

مرحلهٔ نهایی (تلفیق نقشه‌ها و تولید نقشهٔ نهایی): این مرحله از همپوشانی نقشه‌های وزن‌دار با روش‌های AHP Dematel و میانگین رتبه‌ها به دست می‌آید؛ به طوری که از تلفیق لایه‌های وزن‌دهی شده



شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی بخش آببخش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

نتیجه

شرایط در بخش آپبخش در برابر زلزله مقاوم‌تر خواهند بود.

۲- هرچند دو مدل Dematel و روش تحلیل سلسله‌مراتبی هر دو به مقایسه زوجی هر عنصر نسبت به سایر پارامترها می‌پردازد، با این حال تفاوت‌هایی میان این دو روش وجود دارد؛ مدل Dematel صرفاً به تأثیرگذاری و تأثیرپذیری یک عنصر نسبت به سایر پارامترها پرداخته و مدل Ahp به مقایسه وزن طبقات هر معیار براساس ترجیح یک طبقه نسبت به تمام طبقات آن معیار می‌پردازد، از این رو مدل تحلیل سلسله‌مراتبی به دلیل عدم تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری، نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. در این پژوهش با توجه به تضاد نتایج نهایی وزن‌دهی پارامترها، در این نوشتار به ادغام اوزان با استفاده از روش میانگین رتبه‌ها پرداخته شد؛ در نتیجه با استناد به بررسی‌ها و (شکل ۸)، هرچه به سمت شمال غرب این بخش پیشروی کنیم، بر شدت لرزه‌خیزی محدوده افزوده می‌شود.

منابع

- ادیب، احمد؛ پیمان افضل؛ معصومه زارع (۱۳۹۵). پهنه‌بندی لرزه‌ای شرق استان یزد براساس زلزله‌ها و گسل‌های کواترنر با استفاده از مدل‌سازی فرکتالی، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته. دانشگاه شهید چمران اهواز. شماره ۲۲. صفحات ۷۸-۸۸.
- اسفندیاری، فریبا؛ عطا غفای‌گیلانده؛ خداداد لطفی (۱۳۹۳). بررسی توان لرزه‌زایی گسل‌ها و برآورد تلفات انسانی ناشی از زلزله در مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر اردبیل)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال دوم. شماره ۴. صفحات ۳۶-۱۷.
- آقانباتی، سیدعلی (۱۳۸۹). زمین‌شناسی و توان معدنی استان بوشهر، مجله رشد آموزش زمین‌شناسی. شماره ۶۲. صفحات ۱۷-۱۰.
- حکمت‌نیا، حسن؛ میرنجف موسوی (۱۳۹۲). کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای، چاپ سوم. تهران. انتشارات آزادپیما.

بخش آپبخش یکی از لرزه‌خیزترین بخش‌های استان بوشهر به‌شمار می‌رود. این منطقه، به‌علت وجود گسل‌های متعدد و فعال قطر-کازرون، برازجان، رگ سفید و زاگرس، همواره در معرض زمین‌لرزه‌های متعدد و گهگاه شدید با حداکثر بزرگای ۵ ریشتر قرار گرفته است؛ از این رو در پژوهش حاضر پس از تهیه نقشه‌های پایه لرزه‌خیزی چون: عمق کانون‌های لرزه‌خیزی، توان لرزه‌خیزی، شتاب و شدت زمین‌لرزه و عمق خاک اقدام به وزن‌دهی پارامترها کرده و در نهایت با استفاده از سه مدل سیستم تحلیل سلسله‌مراتبی، Dematel و میانگین رتبه‌ها به بررسی، ارزیابی وضعیت لرزه‌خیزی بخش آپبخش و ترسیم نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی در این ناحیه پرداختیم. همچنین نکته حائز اهمیت در این پژوهش یکسان‌بودن پارامترها برای هر سه مدل است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که:

۱- براساس بررسی‌های انجام‌شده با روش Dematel هرچه مقدار R-J هر پارامتر بیشتر باشد، آن عنصر تأثیرگذارترین پارامتر نسبت به سایر پارامترها بوده و بیشترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین هرچه میزان R+J بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل دارد. بر این اساس و مطابق با محاسبات انجام‌شده، توان لرزه‌زایی گسل و شدت زلزله به ترتیب با R-J: (۰,۰۸۶ و ۰,۰۶۳) تأثیرگذارترین عوامل و مواد مادری و عمق خاک با R+J: (۰,۱۱۰) و شیب با R+J: (۰,۱۰۳) متعامل‌ترین پارامترها در زمینه توان لرزه‌خیزی بخش آپبخش هستند. به عبارت دیگر در این ناحیه هرچه شیب زمین کمتر، لیتولوژی مقاوم‌تر و عمق خاک کمتر باشد، تأثیر کمتری از پارامترهای توان لرزه‌زایی گسل و شدت زلزله خواهد پذیرفت و در نتیجه اراضی دارای این

- بوستان، الهام؛ نادیا طاهرنیا (۱۳۹۳). پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر کرج و نواحی مجاور، فصلنامه زمین. سال نهم. شماره ۳۴. صفحات ۲۷-۴۱.
- رامشت، محمدحسین؛ سمیه‌السادات شاهزیدی (۱۳۹۰). کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی (ملی، منطقه‌ای، ناحیه‌ای)، تهران. انتشارات سمت.
- رزاقیان، غزاله؛ علی بیت‌الهی؛ محسن پورکرمانی؛ مهران آرین (۱۳۹۲). پهنه‌بندی گستره ایران بر پایه ضرایب لرزه‌خیزی، مجله علوم زمین. سال ۲۳. شماره ۹۰. صفحات ۱۰۴-۹۰.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۹۴). نقشه لرزه‌زمین‌ساخت ایران، وزارت صنعت، معدن و تجارت.
- سلیمانی‌ساردو، مهدیه (۱۳۹۵). ارزیابی وضعیت لرزه‌خیزی و آسیب‌پذیری کالبدی و جمعیتی شهر رفسنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- شهابی، هیمن؛ محمدحسین قلی‌زاده؛ هادی نیری (۱۳۹۰). پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با روش تحلیل چندمعیاره فضایی، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲۱. صفحات ۸۰-۶۵.
- صیامی، غدیر؛ کاظم تقی‌نژاد؛ علی زاهدی‌کلاکی (۱۳۹۴). آسیب‌شناسی لرزه‌ای پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی معکوس و GIS (مطالعه موردی: شهر گرگان)، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی شهری. سال سوم. شماره نهم. صفحات ۴۳-۶۳.
- عظیمی‌حسینی، محمد (۱۳۹۰). کاربرد GIS در مکان‌یابی، تهران. انتشارات مهرگان قلم. چاپ دوم.
- فخری، فرهاد؛ سیدمحمی‌الدین جعفری؛ محمد خسروشاهی (۱۳۸۶). بررسی عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر تشکیل بیابان‌های استان بوشهر و تعیین قلمرو آن، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. سال چهاردهم. شماره سوم. صفحات ۴۰۲-۳۹۱.
- Bonini, M, Giacomo, C., Sokoutis, D., Vannucci, G., Gasperini, P. & Cloetingh, S (2003). Insights from scaled analogue modelling into theseismotectonics of the Iranian region, *Tectonophysics* 376, 137-149.
- Bacudio, L.R (2016). Analyzing barriers for implementing industrial symbiotic, *Sustainable Production and Consumption*, PP. 1-9
- Celik, Erkan, Akyuz, Emre (2015). A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol.38, PP. 243-253.
- Kolat, C. Ulusay, R., Lutfi Suzen, M (2012). Development of geotechnical micro zonation model for Yenisehir (Bursa, Turkey) located at a seismically active region. *Original. Engineering Geology*, Vol.127, 24,36-53.
- Masashi, M & Saburoh. M (2003). GIS based integrated seismic hazard mapping for a large metropolitan area, *proceeding of earthquake engineering spin*, 302-225.

Geography and Development
16nd Year-No.53–Winter 2019
Received: 08/07/2017 Accepted: 14/01/2018

Seismic Analysis in Abpakhsh Region by Using Analytical Hierarchy Models

Dr. Mohsen Pourkhosravani

Assistant Professor of Geography&Urban Planning
University of Shahid Bahonar, Kerman

S. Elham Mousavi

M.Sc of Geography & Urban Planning
University of Payam Noor, Ahvaz

Introduction

Programming with the aim of crisis management and evaluate severity and the rate of seismicity of different regions for counting against the damage caused by seismicity has always been one of the main concerns of planners and urban management .Earthquake is one of the natural disasters which its side effects are more in the developing countries than the developed ones. Regarding the statistics 95% of the total victims of earthquakes are in the developing and the casualties are 20 times more than the developed countries (Soleimani, 2016: 3). So the recognition of the situation of tectonic plates, the behavior and performance fault , and also the status of the seismicity of different regions have a large impact on the strategies appropriate direction caused by movement to minimize the damages. The spread of earth science and the incorporation with mathematics thereby more recognition of the natural environmental stringent and thus it makes more awareness about the resistance of the natural environment in the face of the earthquake (Masashi, 2003: 3). AS an example determine the potential earthquake fountain is one of the basic element for evaluating assessing seismic is hazard at the start of the risk. (Boostan and Tahernia, 2014: 28). For this reason getting a reliable method to forecast place, time and intensity has been the main goal in recent research. In this regard according to the position of the structural and physical condition and the physical Abpakhsh region .this research is trying to use the amount of seismic to assess analysis hierarchical.

Methods and Material

Research method here is (descriptive-analytical) and applied in this study. field and library is used to collect required information and then by using of excel, Autocad, Arc GIS, google, software and using of Dematel and AHP model and average rating in 2 stage to investigate the subject. In the first by using of available resources such as topographic map and geological model, digital elevation and recorded earthquake in the range study at the last map that was prepared and then in the second stage by using the AHP method in weighting the substandard and by method of Dematel and AHP weight the original research substandard and ultimately to draw the last map of the final zoning seismicity in Abpakhsh research.

Results and Discussion

According to 1112 epicenter of the recorded seismicity in the radius 200 km from the studying scope, most seismicity in this rage related to the earthquake 357 Hejri at the region of Siraf in a large scale 5.3 surface waves, ms scale, and the recent seismicity related to the earthquake of the 1396 with a large scale 3.4 Richter at 6 km north Saadabad city .Evaluating the power of fault seismic show that they are all alike with no important different. However calculation show that the Borazjan fault with a length of 188 km and quake power 5 has the most seismic power and fault mountain from (mff) with length of 74.40 km and quake 4.73 has the least seismic power. Research finding shows that there is a direct relation between the fault and power quake.so that if the fault length be small it has little power, so based on this what we get the most powerful earthquake in this study is 5 and at least 3.9 and as the result with the average of 4.6 Richter so by addition the distance from the fault the earthquake power will be less.

Conclusion

Abpakhsh region due to the numerous active fault like Qatar-Kazeron ,Borazjan, Rag sefid and Zagross are the most seismicity part of Bushehr and most of the time many earthquake happened in this regions and sometime they are very powerful with the power about 5 Richter. The result indicate that fault seismicity and earthquake intensity in rang (0.086 and 0.063) and the most effective parameter, lithography and depth of soil with (0.110) and (0.103) gradient and the most important parameters in Abpakhsh. In other word if the slope of the land is less and the main material be more resistant and also the depth of soil is less and the earthquake power will have little effect on it and so the lands around Abpakhsh are more resistant against earthquake. According to it and based on the result if we go toward northwest the earthquake are more powerful .although both AHP and Dematel model compare every factor with the other parameters the metal model only study on impress and impressible factor on the others and AHP model compare the classes with based on which one that is better. Thus the hierarchical analysis model because of impress and impressible have better outcomes so in this study with respect to the contradiction of the waiting parameter final result combines the wait by using the average rating.at last we conclude that in the north west of the region the earthquake are more and powerful.

Keywords: Zoning, Hierarchical Model, Seismicity, Abpakhsh.

References

- Adib, A, Peyman, A, Zare, M (2016). Seismic zonation of East of Yazd province based on earthquakes and Quaternary faults using fractal modeling, *Advanced Applied Geology Journal*, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran, No. 22, PP.78-88.
- Aghanabati, SA (2010). Geology and Mineral Power of Bushehr Province, *Journal of Growth of Geological Education*, No. 62, PP: 10-17.
- Azimi Hoseini, M (2011). GIS Application in Locating, Mehregan Ghalam Publications, Tehran, second edition.

- Bacudio, L. R (2016). Analyzing barriers for implementing industrial symbiotic, Sustainable Production and Consumption, Pages 1-9.
- Bonini, M., Giacomo, C., Sokoutis, D., Vannucci, G., Gasperini, P. & Cloetingh, S (2003). Insights from scaled analogue modelling into theseismotectonics of the Iranian region, *Tectonophysics* 376,137-149.
- Boustan. E, Tahernia, N (2014). Seismic zoning of the city of Karaj and adjoining regions, *Quarterly Journal of Earth*, No. 34, PP: 27-41.
- Celik, Erkan, Akyuz, Emre (2015). A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 38, PP. 243-253.
- Esfandyari, F, Lotfi, KH (2013). Investigating the Seismicity of Faults and Estimating Human Impact of Earthquakes in Urban Areas (Case Study: Ardabil City), *Journal of Geomorphological Research*, No.4, PP. 17-36.
- Esmaeili, A (2013). Preliminary Report of the earthquake of 2013.1.21, Kaki, Bushehr province, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, Iran, PP: 1-20.
- Geological Survey & Iran Mineral Exploration (2015). Iran earthquake map, Ministry of Industry, Mine and Trade.
- Hekmatnia, H, Mousavi, M (2013). Application of the model in geography with emphasis on urban and regional planning, Azadeh Peyma Publishing, Tehran.
- Kolat, C. Ulusay, R., Lutfi Suzen, M (2012). Development of geotechnical micro zonation model for Yenisehir (Bursa, Turkey) located at a seismically active region Original. *Engineering Geology*, Vol.127, 24, 36-53.
- Masashi, M. and Saburoh. M (2003). GIS based integrated seismic hazard mapping for a large metropolitan area, proceeding of earthquake engineering spin, 302-225.
- Ramesht, MH, SHahzeydi, S (2011). Application of geomorphology in planning (national, regional, regional). Tehran, Samt Publication.
- Razaghian, GH, Beytolahi, A, Pourkermani, M, Arian, M (2013). the zonation of Iran's range based on seismic coefficients, *Journal of Earth Sciences*, No. 90, PP. 90-104.
- Shahabi, H, Gholizadeh, MH, Nayeri, H (2011). Seismic hazard zonation by multi-criteria spatial analysis, *Journal of Geography and Development*, No. 21, PP. 65-80.
- Shayan, S, Zare, GH (2013). Determination of earthquake risk areas in active conifer cones by spatial analysis method of Berberian (Case study: Garmsar's Fan delta), *Journal of Space planning*, No. 2, PP. 93-121.
- Siyami, GH, Taghi Nejad, K, Zahedi Kalaki, A (2015). Seismic Pathology of Urban Areas Using Inverse Hierarchy Analysis and GIS (Case Study: Gorgan City), *Quarterly Urban Planning Studies*, No. 9, PP. 43-63.
- Soleimani Sardo, M (2017). Seismicity and vulnerability assessment, population of Rafsanjan using GIS, A Thesis Submitted as a Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Art in Geography and Urban Planning (M. A.), Shahid Bahonar University of Kerman.