تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۱۶

پهنه بندی زلزله‌خیزی پیش از بحران با استفاده از تکنیک FAHP مطالعه موردی استان خوزستان

الیاس مودت
دانشجوی دکترا جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
رضا نظرپور*، سعید حیدری نیا
کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده:
رشد جمعیت و گسترش سکونت‌گاه‌ها بر روی نواحی پرمخاطره، اثر حوادث طبیعی را در جوامع مختلف به ویژه در حال توسعه، افزایش داده است. با توجه به قرارگیری استان خوزستان در محل برخورد صفحه عربستان و فلات ایران، زلزله‌خیز بودن و عدم مکان گزینی درست سکونت‌گاه‌های آن و رشد و توسعه آن‌ها بر روی گسل‌های فعال، پهنه‌بندی این استان برای شناسایی مناطق نامساعد از نظر خطر زلزله و جلوگیری از عدم استقرار سکونتگاه‌های انسانی در این مناطق برای کاهش خطرات احتمالی در آینده را ضروری نموده است. پژوهش حاضر با ماهیت توسعه‌ای – کاربردی با هدف پهنه بندی خطر زلزله شهرستان‌های استان خوزستان برای مقابله با خطرات احتمالی ناشی از این بلای طبیعی صورت گرفته است. همچنین ابتدا ۷ پارامتر موثر در تشخیص مناطق زلزله‌خیز انتخاب، سپس با استفاده از مدل FAHP ترکیب و نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری زلزله حاصل شد. یافته‌ها حاکی از آن است که از نظر خطرپذیری زلزله از کل مساحت استان خوزستان، حدود ۷ درصد در محدوده‌ی (خطرپذیری خیلی کم)، ۱۳ درصد (کم)، ۲۰ درصد (متوسط)، ۲۷ درصد (زیاد) و ۳۳ درصد (خیلی زیاد) است و از میان شهرستان‌ها، اندیمشک و آبادان به ترتیب بیشترین و کمترین خطر پذیری زلزله را داشته‌اند.

کلمات کلیدی: گسل، زلزله، بحران، مدل، خوزستان.

مقدمه و طرح مسئله

رشد جمعیت و گسترش سکونت‌گاه‌ها بر روی نواحی پرمخاطره، اثر حوادث طبیعی را در جوامع صنعتی و به ویژه در حال توسعه، افزایش داده است(مودت و ملکی، ۱۳۹۳: ۹۰). اتخاذ تدبیری به منظور کاهش اثرات بلایا، راهکاری است که اکنون در کشورهای مختلف به کار می‌رود. زلزله از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است. زمین‌لرزه‌ها و تکان‌های شدید زمین، موجب انهدام و ویرانی ناگهانی ساختمان‌ها، شکستگی خطوط لوله، جاری شدن سیلاب ناشی از شکسته شدن سدها و مخازن آب، آتش‌سوزی و انفجار در شهرها و روستاها می‌شوند (جامی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱). با توجه به واقع‌شدن ایران بر روی یکی از دو کمربند مهم زلزله‌خیز جهان و وجود گسل‌های فراوان در آن، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. کمربند زلزله،۹۰ درصد از خاک کشور ما را در بر گرفته است؛

نویسنده مسئول: رضا نظرپور، کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، Mavedate@yahoo.com

اما آنچه حائز اهمیت است، وضعیت اسفبار شهرها و کلان شهرهایی است که بر روی گسل‌ها یا در مجاورت آن‌ها ساخته شده و در معرض خطر زلزله قرار دارند. هرچند پیش‌بینی این مخاطره طبیعی به صورت طبیعی ممکن نیست ولی گسترش علوم زمینی و تلفیق آن با ریاضیات باعث شناخت دقیق‌تر شرایط محیطی شده است. از این رو پهنه بندی چنین محدوده‌هایی در نتیجه تلفیق علوم و مشخص کردن نقاط مساعد در برابر اثرات و تبعات زلزله، از جمله فعالیت‌های بااهمیت و پیچیده به شمار می‌آید (شهابی، قلی‌زاده و نیری،۱۳۹۰: ۶۵ و ۶۶)؛ بنابراین آمادگی و شناخت بحران یکی از وظایف مدیریت است اما از آن مهم‌تر، پیش‌بینی بحران هست، چرا که بدون پیش‌بینی و قدرت نگاه به آینده آن، این بحران خواهد بود که همچون طوفانی ما را به هر سو که خواهد می‌کشاند (فرجی و قرخلو، ۱۳۸۹: ۱۴۴). از این رو در تحقیق حاضر با بررسی ۷ پارامتر به پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله برای شهرهای استان خوزستان پرداخته شده است.

با توجه به دو کمربند زلزله‌خیز ایران، البرز (در شمال) و زاگرس (در غرب و جنوب‌غرب) و براساس آنچه تاکنون مشخص شده، می‌توان گفت پهنه زلزله‌خیز البرز دارای زلزله‌خیزی به نسبت کم، اما همراه با رخداد زمین‌لرزه‌های بزرگ و ویرانگر است که بیشتر با گسل خوردگی سطحی همراه‌اند. در صورتی که پهنه زلزله‌خیز زاگرس دارای زلزله خیزی به نسبت زیاد و پراکنده بوده و رخداد زمین‌لرزه‌های بزرگ در آن نادر است (زمانی و فراحی قصر ابونصر،۱۳۹۰: ۱۶۵) با این حال کمربند زاگرس یکی از فعال‌ترین مناطق گسلی در جهان است که پهنای آن بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر در شمال غربی – جنوب شرقی است (Abdalla and AL-Homoud,2004: 4). اما این دو پهنه زلزله‌خیز کشور به گونه‌ای می‌باشند که کشور ما را جزء ده کشور آسیب‌پذیر از نظر بلایای طبیعی در جهان تبدیل کرده است (پورمحمدی و مصیب‌زاده،۱۳۸۷: ۱۱۷). عدم توجه به مکان‌یابی صحیح شهرها، رشد و توسعه بنیان نهاده شده، همچنین عدم برنامه‌ریزی لازم جهت جلوگیری از رشد لجام‌گسیخته شهرها، مسائل و مشکلات فراوانی از جهت مصونیت شهرها به بار آورده است. این توسعه باعث شده است شهرها روی مسیرهای اصلی گسل و یا حریم رودخانه‌ها و روی مسیل‌ها ساخته شود، بلایای طبیعی حد و مرز نمی‌شناسد و در مقیاس گسترده عمل می‌کند و چه بسا اگر وقوع بعضی از آن‌ها مانند زلزله حتی در نقاط دور از شهر اتفاق بیفتد اثرات آن بر روی شهر خسارت‌های زیادی را به بار می‌آورد (تقوایی و کیانی، ۱۳۸۷: ۳۹). با این حال استان خوزستان قسمتی از ایالت لرزه‌خیزی زاگرس است (اسکندری، رضایی و قیطانچی، ۱۳۸۷: ۱۹۴)؛ که در محل برخورد صفحه عربستان و ایران قرار دارد و یکی از مناطق زلزله‌خیز زاگرس مرکزی محسوب می‌شود از این رو پهنه‌بندی این استان برای شناسایی مناطق نامساعد از نظر خطر زلزله و جلوگیری از استقرار سکونتگاه‌های انسانی در این قسمت‌های برای کاهش خطرات احتمالی در آینده ضروری به نظر می‌رسد.

اهداف، مواد و روش تحقیق

زلزله‌هایی که در ایران رخ می‌دهد معمولا سطحی و یا با عمق نرمال و حدود ۳۳ کیلومتر هستند و بندرت زلزله ای به عمق بیش از ۵۰ کیلومتر حادث می‌شود. چون عمق این زلزله‌ها کم می‌باشند، غالبا باعث خسارات فراوان می‌گردند (عنابستانی، ۱۳۸۷: ۱۹۵). از این رو شناخت و پهنه‌بندی مناطق در خطر زلزله هنگامی حاصل می‌شود که اولا پارامترهای دخیل در لرزه‌زایی و محرک‌های آن به طور کامل شناخته شود و ثانیا تمام عناصر مزبور با همدیگر در یک مدل منسجم مورد ارزیابی قرار گیرند (شهابی، قلی‌زاده و نیری،۱۳۹۰: ۶۶)؛ بنابراین در مقاله حاضر سعی شده است تا با استفاده از ۷ پارامتر موثر و با کمک مدل سلسله مراتبی فازی شهرستان‌های استان خوزستان پهنه‌بندی و مناطق در خطر احتمالی زلزله در آینده شناسایی شوند.

الف: لایه‌های موثر در پهنه بندی

۱- فاصله از خطوط گسل اصلی (فعال) ۲- فاصله از خطوط گسل فرعی (منشعب از خطوط فعال)۳- تراکم زلزله‌های حادثه ۴- زمین شناسی منطقه ۵- سطوح هم عمق زلزله‌های حادثه ۶- سطوح هم شدت زلزله‌های حادثه ۷- زلزله‌های با شدت بیش از ۴ ریشتر.

۱) زمین شناسی

یکی از عوامل موثر در میزان خطر پذیری محل وقوع زلزله، میزان مقاومت لایه‌های زمین در برابر فشارهای وارده ناشی از زلزله می‌باشد. در واقع می‌توان گفت بین میزان خسارات ناشی از وقوع زلزله و مقاومت سنگ بستر، رابطه معکوسی می‌باشد.

۲) بزرگی، شدت و فاصله از زلزله

اگر بزرگی زلزله باپارامتر فاصله از مرکز زلزله در نظر گرفته شود بر اساس تحقیقات انجام شده می‌توان گفت اگر زلزله‌ای به بزرگی ۷/۵ ریشتر[1] مبنا باشد در فواصل بیش از ۶۰ کیلومتر انتظار آسیب‌دیدگی نخواهیم داشت (وجودی،۱۳۸۲: ۱۱). بنابراین این پارامتر در جهت شناخت نقاط آسیب پذیر می‌تواند موثر باشد.

۳) تراکم زمین لرزه

هرچه تراکم زلزله‌های رخداده در یک منطقه بیشتر باشد به نوعی نشانگر وجود گسل فعال و احتمال رخداد زلزله در همان منطقه می‌باشد.

۴) شدت و عمق زلزله‌های حادثه

هر چه عمق زلزله کمتر و شدت آن بیشتر باشد، وسعت و گستردگی و ویرانی حاصل از آن به ویژه در کانون وقوع زلزله بیشتر می‌گردد و بالعکس هر چه عمق زلزله و شدت آن کمتر و در فاصله دورتر از کانون حادث گردد، آسیب‌های ناشی از آن کمتر می‌گردد (پورمحمدی و مصیب زاده،۱۳۸۷: ۱۲۳).

ب: مدل‌های مورد استفاده

۱) مدل منطق فازی (fuzzy logic) یا منطق تار و نامعین

این نظریه برای اولین با توسط دانشمند ایرانی پرفسور عسکر لطفی‌زاده استاد دانشگاه برکلی آمریکا برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌های را که نادقیق و مبهم هستند صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. درجه عضویت پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع وگاما توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند. برای ایجاد لایه‌ها و مجموعه‌های فازی می‌توان توابع ریاضی چون آستانه خطی، سیگموئیدال،S شکل، هایپربولیک و غیره را به کار برد. به عنوان مثال اگر برای مکان یابی تاسیسات شهری چون نیروگاه، چند متغیر مانند نزدیکی به راه‌های ارتباطی و یا گسل مورد بررسی قرار گیرد. تعیین درجه عضویت به شرح زیر خواهد بود.

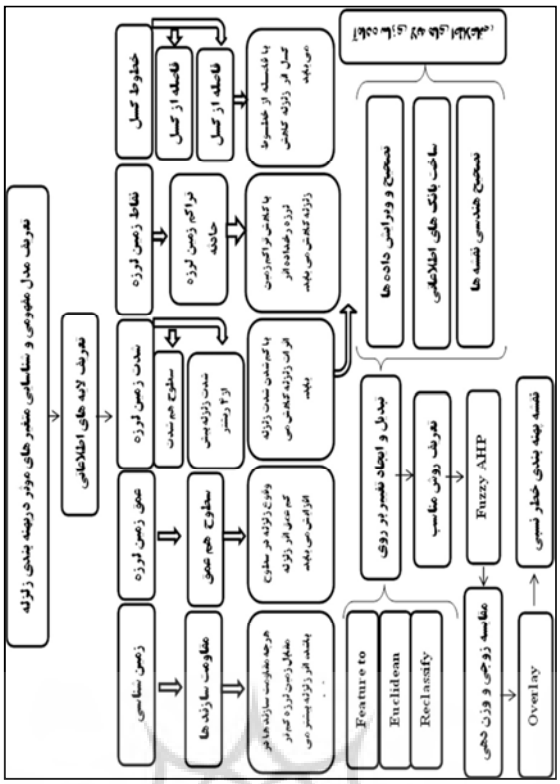
$$F(x)=\begin{cases} if & x \prec 1000 \rightarrow value(1) \\ if & 4000 \prec x \prec 1000 \rightarrow value=\dfrac{X_{MAX}-X}{\Delta x} \\ if & x \succ 4000 \rightarrow value(0) \end{cases}$$

یعنی مقدار فازی نقطه ۱۰۰۰ متری از راه‌های ارتباطی برابر با (۱)، مقدار فازی نقطه ۴۰۰۰ متری از راه برابر (۰) و مقدار فازی نقطه ۱۶۰۰ متری با استفاده از تابع آستانه خطی برابر ۰.۴۶ خواهد بود. برای تمام لایه‌های دیگر همین عملیات را پیاده‌سازی و فضای منطقه ارزش‌گذاری می‌گردد. شاید بتوان بزرگترین ضعف این مدل را وزن‌دهی غیراستاندارد که مبتنی بر آراء و عقاید متفاوتی است، نامید. با این وجود از کاربردی‌ترین مدل‌های تلفیق در علوم مختلف از جمله برنامه‌ریزی شهری است (فرهودی و همکاران،۱۳۸۴: ۱۷ و ۱۸).

۲) مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مدل تحلیل سلسله‌مراتبی به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند متغیره، از مقایسه دو به دوی معیارها استفاده می‌کند تا به درجه بندی اولویت‌های مربوط به گزینه‌های مختلف برسد. تحقیقاتی که توسط Saaty و Vargas (۱۹۹۱) انجام گرفت. یک دامنه برای مقایسه معیارها پیشنهاد شد که شامل مقادیر عددی ۱ تا ۹ می‌شود. هرکدام از این اعداد نشان‌دهنده اهمیت هستند به طوری که مقدار"۱"، نشان‌دهنده «اهمیت برابر» و مقدار "۹" نمایانگر «اهمیت بسیار زیاد» یک شاخص نسبت به دیگری است. به طور کلی می‌توان بیان کرد که روش AHP شامل سه گام اصلی می‌شود: (۱) ایجاد ساختار سلسله مراتبی (۲) مقایسه دو به دوی المان‌های ساختار سلسله مراتبی (۳) ارزش‌دهی معیارها (رجبی، منصوریان و طالعی،۱۳۹۰: ۷۹). در این پژوهش جهت مقایسه زوجی داده‌ها از برنامه (Expert Choice) استفاده شد.

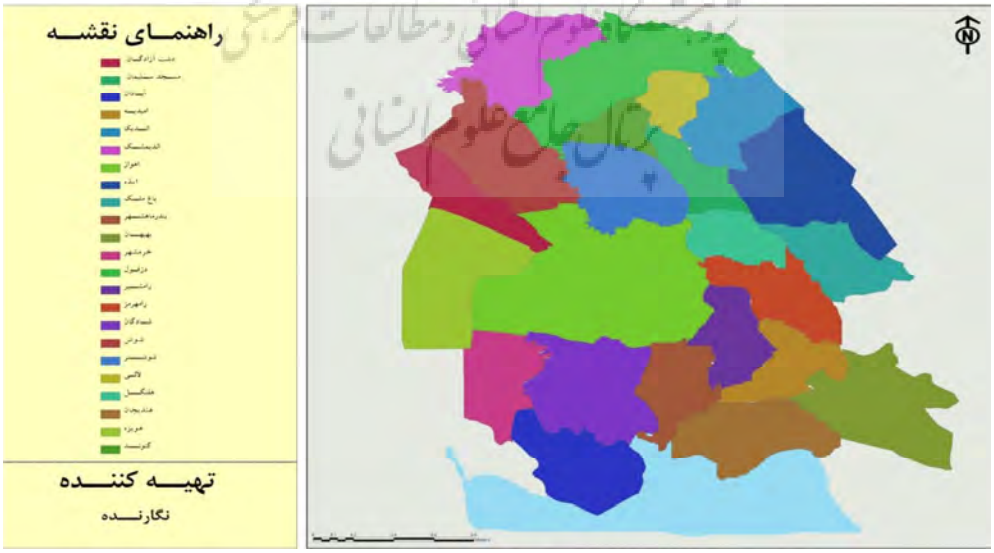
[1] Richter



شکل (۱): مدل مفهومی تحقیق

شناخت منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت، ۶۴۰۵۵ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران در جوار خلیج همیشه فارس و اروندرود قرار دارد. این استان در محدوده ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و در ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی از خط استوا گسترده شده است (امانپور و مودت، ۱۳۹۲: ۸۷ و ابولفتحی و طیوری خواه ۱۳۹۱: ۱)؛ که بر اساس سرشماری سال «۱۳۹۰» جمعیت آن ۴۵۳۱۷۲۰ نفر وتراکم جمعیتی آن ۷۱ نفر در کیلومترمربع بوده است و از لحاظ توزیع نسبی جمعیت ۶.۰۳ درصد جمعیت کشور را دارا هست (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰: ۳۹،۴۴،۴۶).



شکل (۲): موقعیت منطقه مورد مطالعه

ادبیات و پیشینه تحقیق

در این قسمت چند مفهوم کلی از مفاهیم اصلی موضوع مطرح، سپس چرخه مدیریت بحران و جایگاه مرحله پیش بینی و پهنه بندی قبل از بحران توضیح داده می‌شود.

الف) زلزله: زلزله، تکان خوردن زمین در اثر حرکت سریع پوسته سخت خارجی زمین است و زمانی رخ می‌دهد که نیروی کششی ذخیره در درون زمین به طور ناگهانی آزاد شود (پور حیدری، ایوبیان و سادات موسوی، ۱۳۹۰: ۲)

ب)گسل: عبارت است از سطح ناپیوسته‌ای که دو مجموعه را از هم جدا می‌کند (علوی و مسعود،۱۳۸۶: ۲).

ج) بزرگای زلزله: یک مقیاس کمی بر اساس اطلاعات دستگاهی بوده که معرف کل انرژی آزادشده هست که واحد سنجش آن به افتخار مخترع آن «کارلز ریشتر[1]» به همین نام (ریشتر) موسوم است که تا ۸ درجه آن رایج هست (پورکرمانی و آرین، ۱۳۷۶: ۵۱).

د) خطر: تهدید بالقوه برای زندگی و آسایش انسان‌هاست و ممکن است طبیعی یا انسانی باشد (ابوئی اشکذری، ۱۳۹۱: ۲۷)

و) خطرپذیری: احتمال رخ دادن خطر و نتایج احتمالی آن برای مردم و دارایی‌های آنها می‌باشد (همان،۲۸).

ه) بحران: حادثه‌ای که به طور طبیعی و یا به وسیله بشر، ناگهانی و یا به صورت فزاینده به وجود آید و سختی و مشقتی را به جامعه انسانی تحمیل نماید که جهت برطرف کردن آن نیاز به اقدامات اساسی و فوق العاده می‌باشد (مرکز مطالعات و خدمات تخصصی شهری و روستایی، ۱۳۸۵: ۹).

ام. اف. له چات[2]، چرخه مدیریت بحران را به پنج مرحله به شرح زیر تقسیم می‌کند:

۱. مرحله انتظار یا پیش بینی
۲. مرحله اعلام خطر
۳. مرحله نجات
۴. مرحله رهاسازی، عادی سازی و امداد
۵. مرحله بازسازی و نوتوانی

از منظر محقق مذکور، مرحله انتظار یا مرحله پیش‌بینی مهم‌ترین مرحله است در حالی که در دیدگاه سنتی، برامداد و نجات تاکید می‌شود.

در خصوص موضوع مورد مطالعه پژوهش‌هایی به هدف و روش‌های مختلفی انجام گردیده است که برخی از آنها به شرح زیر می‌باشد:

- ملکی و مودت(۱۳۹۲)، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی طیف آسیب‌پذیری در شهرها براساس سناریوهای شدت مختلف با استفاده از مدل‌های TOPSIS[3]،μD و GIS (مطالعه موردی: شهر یزد) به این نتیجه رسیده است در شهر یزد مناطق و محلات شهر یزد در برابر زلزله مقامت و آسیب‌پذیری متفاوتی را دارا می‌باشند. و در نهایت به رتبه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق شهر یزد پرداخته است.

- توکلی و همکاران(۱۹۹۳)، تعیین میزان آسیب پذیری فیزیکی ساختمان‌ها را در ایران انجام داده‌اند، که نتیجه بررسی آنها منجر به برآورد منحنی‌های شکست برای سه نوع مختلف ساختمان‌ها بر ساس زلزله رودبار و منجیل گردیده است. که این سه نوع ساختمان‌ها عبارتند از: ۱) ساختمان‌های مهندسی ساز (فلزی و بتنی). ۲) ساختمان‌های نیمه مهندسی(بنایی و چوبی). ۳) ستاختمان‌های غیر مهندسی(گِل و خشت).

- سیلاوی(۱۳۸۵)، با استفاده از مدل فازی و سلسله مراتبی و در نظر گرفتن جنبه‌های انسانی و فیزیکی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله را در شهر تهران مورد ارزیابی قرار داده است. که در این تحقیق از سناریوهای روز و شب موضوع آسیب‌پذیری لرزه‌ای را مدل‌سازی نموده است.

- اربرت و همکارانش(۲۰۰۸)، آسیب‌پذیری اجتماعی شهر تگوسیگالپا را در کشور هندوراس با استفاده از نمونه برداری زمینی ارزیابی نموده‌اند. در این مقاله از تلفیق سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی با دیدی ریزی بینانه‌تر به بهینه‌سازی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بعد اجتماعی پرداخته‌اند.

[1] Charles Francis Richter
[2] M.F.LECHAT
[3] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution.

- کاتر و همکاران(۲۰۰۳)، به وسیله مدل‌های آماری آسیب-پذیری اجتماعی مناطقی از ایالت متحده آمریکا را در برابر مخاطرات طبیعی مدل‌سازی نموده‌اند. در این مقاله به دلیل وزن‌دهی ساده به معیارها و همچنین آنالیزهای آماری ساده عملاً از کیفیت مناسبی برخوردار نیست.

- عزیزی و اکبری(۱۳۸۷)، با بکارگیری معیارهای شهرسازی و با استفاده از مدل‌های AHP و GIS به بررسی سنجش آسیب-پذیری شهر در برابر زلزله پرداخته‌اند، که نتایج تحقیق آنها نشان داد: با افزایش مقدار متغیرهای چون تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، و فاصله از فضاهای باز میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. و در مقابل افزایش مقدار معیارهای فاصله از گسل، سازگاری کاربری‌ها و دسترسی بر اساس عرض میزان آسیب‌پذیری کاهش می‌یابد.

- حاتمی نژاد و همکاران(۱۳۸۸)، با استفاده از روش تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای و با بهره گیری از AHP و GIS آسیب-پذیری منطقه ۱۰ شهر تهران را بررسی نمود و برای این کار از شاخص‌های نوع مصالح، عمر سازه، تراکم جمعیت و شبکه ارتباطی استفاده نمود.

- گیوینازی(۲۰۰۶)، در پژوهشی ابتدا به بررسی مدل‌های مختلف آسیب پذیری از جمله مدل RISK_UK و سناریوهای مختلف آسیب پرداخته و سپس به ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه لیگوریا در ایتالیا پرداخته است.

- لانتاد و همکاران(۲۰۰۹)، در تحقیقی ضمن مدل‌سازی آسیب پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل RISK_UK به بررسی تخمین خسارت انسانی و اقتصادی در شهر پرداخته است.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

این قسمت تحقیق ابتدا وضعیت بحران در کشور و منطقه مورد مطالعه بررسی و در نهایت به پهنه‌بندی آن پرداخته شده است.

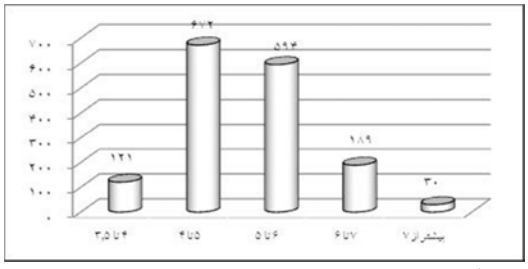
- زلزله‌های رخ داده در ایران

در ایران طی نیم‌قرن اخیر، زلزله‌های زیادی به وقوع پیوسته که از میان آن‌ها می‌توان به زمین‌لرزه‌های طبس در سال ۱۳۵۷، استان‌های زنجان و گیلان در سال ۱۳۶۹، تکان‌های شدید زمین‌لرزه در سال ۱۳۷۲ در استان فارس، زمین‌لرزه استان اردبیل در سال ۱۳۷۵، زمین‌لرزه بم در سال ۱۳۸۲ (جامی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱). زلزله زرند و فیروزآباد در سال ۱۳۸۳، استان لرستان سال ۱۳۸۵، دورود سال ۱۳۸۹، اهر، ورزقان و هریس در سال ۱۳۹۱ و در نهایت زلزله ۱۳۹۲ بوشهر می‌توان اشاره کرد که باعث خسارات جانی و مالی بسیاری در مناطق شهری و به ویژه روستاها شده است.

جدول (۱) توزیع بزرگای زمین‌لرزه‌ها در ایران (۱۹۰۰ تا ۲۰۰۵)

بزرگای امواج سطحی (ریشتر)	تعداد	میزان نسبی رویداد زمین‌لرزه
۳.۵-۴	۱۲۱	٪۷/۵
۴-۵	۶۷۲	٪۴۱/۸
۵-۶	۵۹۴	٪۳۷
۶-۷	۱۸۹	٪۱۱/۸
بیشتر از ۷	۳۰	٪۱/۹

مأخذ: مختاری و همکاران، ۱۳۸۷: ۸



شکل (۳): زلزله‌ها ایران بر اساس شدت ریشتر (۱۹۰۰ تا ۲۰۰۵)

- زلزله‌های رخ داده در شهرستان‌های استان

جدول (۲): زلزله‌های رخ داده شهرستان‌های استانطی ۳۰سال

شهرستان	تعداد زلزله	شهرستان	تعداد زلزله				
دزفول	82	اندیمشک	10				
شوش	62	لالی	7				
هندیجان	48	مسجدسلیمان	6				
اهواز	46	بهبهان	3				
سوسنگرد	45	شوشتر	1				
شادگان	34	امیدیه	1				
خرمشهر	27	باغملک	1				

مأخذ: طرح تفصلی شهر اهواز، ۱۳۸۷.

- مراحل پهنه بندی خطر زلزله استان خوزستان

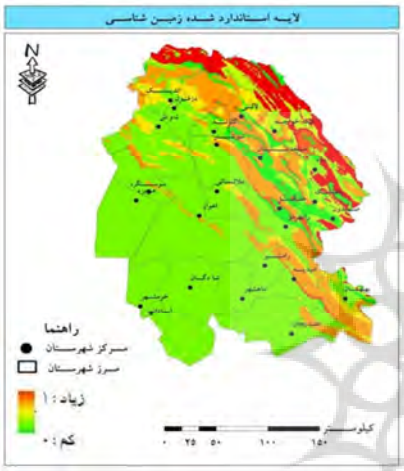
مرحله اول: تصحیح و تغییر فرمت لایه‌ها؛

ابتدا لایه‌های اولیه بر اساس ویژگی خاصی از آن لایه به رستر (Feature to Raster) تبدیل شده و برای لایه‌های دارای حرایم (مانند گسل‌ها) با استفاده از (Euclidean Distance) حریم زده شد.

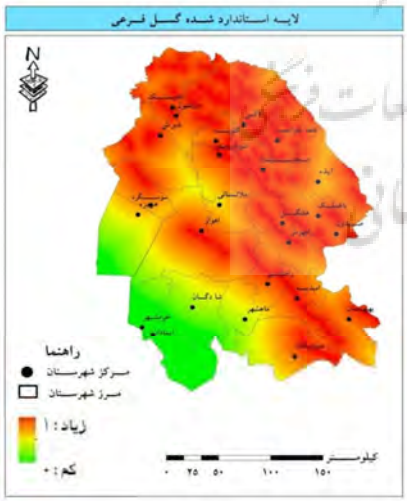
مرحله دوم: استاندارد سازی نقشه‌های معیار؛

در این مرحله نقشه‌های موثر در پهنه‌بندی که در مرحله قبل تولید شده را به خاطر اینکه نقشه‌ها فاقد واحدهای همگن می‌باشند، ابتدا باید به وسیله روش خاصی به نقشه‌های با واحد یکسان تبدیل شوند. در اینجا جهت استانداردسازی لایه‌ها از منطق فازی (FuzzyMembership) استفاده شده است. استانداردسازی فازی در دامنه عددی ۲۵۵-۰ می‌باشد. به این معنا که عدد ۰ دارای کمترین شایستگی و ۲۵۵ دارای بیشترین شایستگی را دارد (معین‌الدینی و همکاران،۱۳۹۰: ۴۷۸). در لایه‌های استاندارد شده ارزش (۰ تا ۲۵۵) به صورت بازه عددی بین (۰ تا ۱) نشان داده شده است بنابراین در دامنه ارزشی (۰ تا ۱) صفر برابر صفر و ۱ برابر ۲۵۵ در دامنه ارزشی (۰ تا ۲۵۵) می‌باشد.

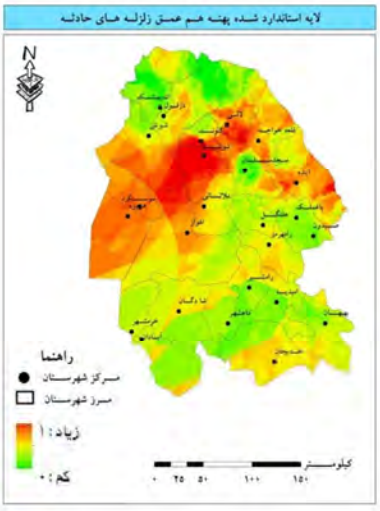
در ادامه لایه‌های استاندارد شده در (FuzzyMembership) آورده شده است:



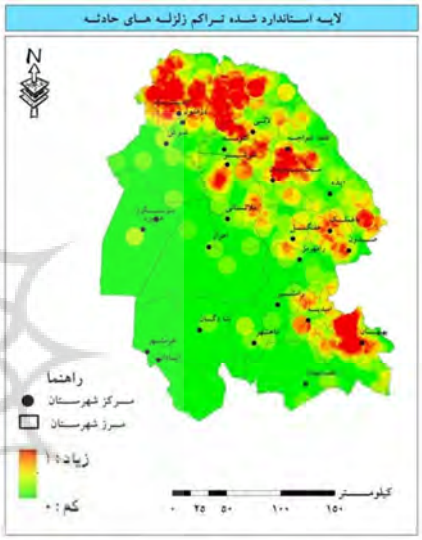
شکل (۴): وضعیت زمین شناسی



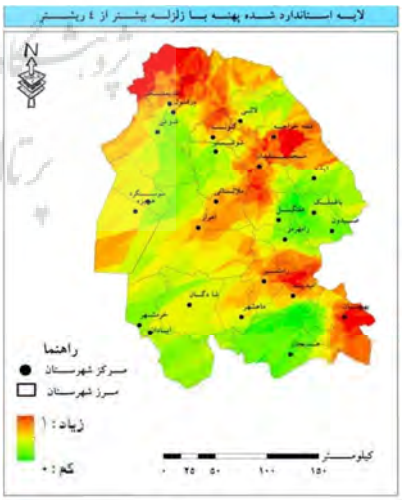
شکل (۵): فاصله از گسل‌های فرعی



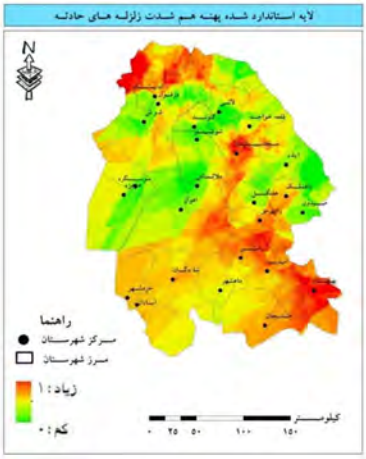
شکل (۶): پهنه عمق زلزله‌های حادثه



شکل (۷): پهنه تراکم زلزله‌های حادثه



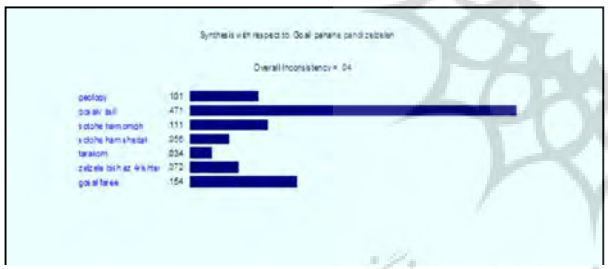
شکل (۸): پهنه زلزله‌های با شدت بیشتر از ۴ ریشتر



شکل (۹): پهنه هم شدت زلزله‌های حادثه

مرحله سوم: همپوشانی یا Overlay کردن لایه‌ها

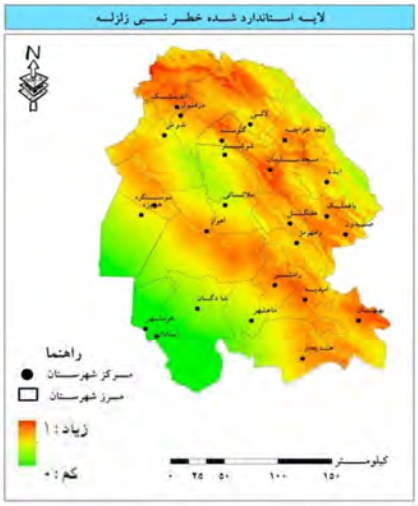
در این مرحله نقشه‌های استانداردشده با مدل منطق فازی در (FuzzyMembership) و وزن‌های به دست آمده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را با استفاده از (Overlay) ترکیب کرده که نقشه خروجی آن نشان دهنده پهنه بندی خطر نسبی زلزله شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



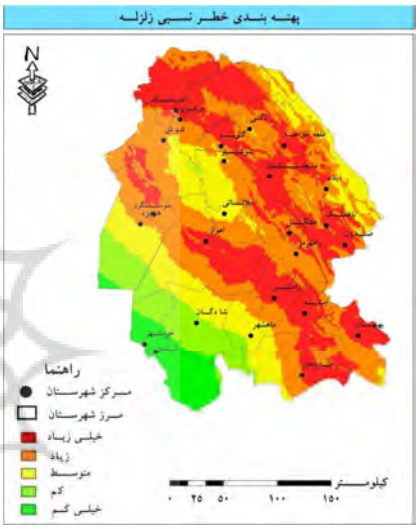
شکل (۱۰): مقایسه زوجی پارامترها در برنامه (Expert Choice)

مرحله چهارم: خروجی گرفتن از عملیات مرحله سوم که نقشه پهنه‌بندی خطرنسبی زلزله شهرهای استان خوزستان با مدل سلسله مراتبی فازی (FAHP) می‌باشند. در نقشه (۹) و (۱۰) وضعیت خطرپذیری ناشی از زلزله در مناطق مختلف نشان داده شده است.

بلایای طبیعی حد و مرز نمی‌شناسند، در مقیاس گسترده عمل می‌کنند و چه بسا اگر وقوع بعضی از آنها مانند زلزله چنانچه در نقاط دور از شهر نیزاتفاق بیفتد، اثرات آن بر روی شهر خسارت‌های زیادی را به بار می‌آورد.



شکل (۱۱): پهنه بندی خطر نسبی زلزله



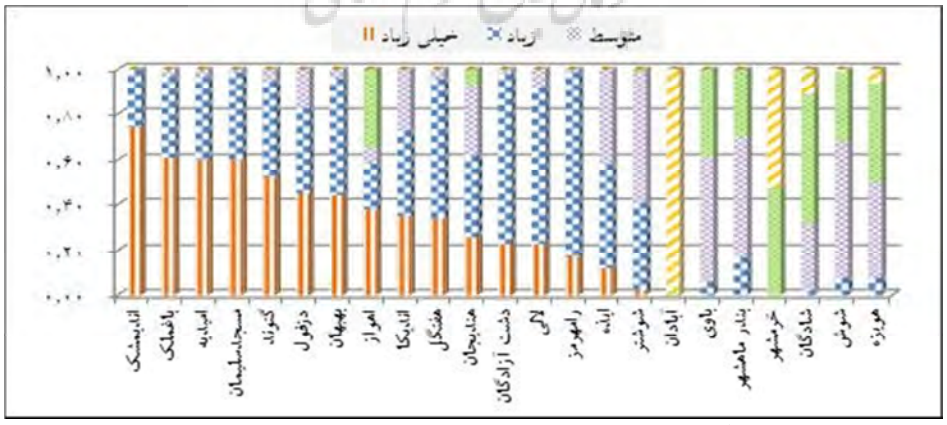
شکل (۱۲): طبقه بندی پهنه‌های خطر نسبی زلزله

درحال توسعه را افزایش داده است. استان خوزستان نیز در زمره‌ی مناطقی است که به خاطر قرارگیری بر محور برخورد صفحه عربستان با فلات ایران، وقوع زلزله در آن امری طبیعی است اما به خاطر اینکه شهرهای این استان بدون برنامه از پیش تعیین شده و تنها براساس نزدیکی به منابع آب رودخانه آن شکل گرفته و اصول مکانیابی نسبت به خطرات ناشی از زلزله رعایت نشده، پهنه‌بندی آن از لحاظ خطرات ناشی از زلزله لازم و ضروری است. در این مقاله سعی شد تا بر اساس ۷ پارامتر میزان خطرپذیری هر شهرستان را بدست آورده تا تدابیری در جهت افزایش ایمنی شهرهای آن صورت گیرد که در صورت وقوع زلزله در آینده میزان خطرات آن به حداقل کاهش یافته و مدیریت بحران عملی را با انجام این کار تجربه کنیم؛ که در نهایت میزان خطرپذیری شهرستان‌ها طبق جدول زیر می‌باشد.

جدول (۳): ارزش پارامترها بعد از مقایسه زوجی

پارامتر	ارزش
زمین شناسی	۰/۱۰۱
فاصله از گسل اصلی	۰/۴۷۱
فاصله از گسل فرعی	۰/۱۵۴
سطوح هم شدت (زلزله‌های رخ داده)	۰/۰۵۶
سطوح هم عمق (زلزله‌های رخ داده)	۰/۱۱۱
تراکم (زلزله‌های رخ داده)	۰/۰۳۴
زلزله‌های بیش از ۴ ریشتر	۰/۰۷۲

از سوی دیگر رشد جمعیت و گسترش سکونت‌گاه‌ها بر روی نواحی پرمخاطره، اثر حوادث طبیعی به ویژه در کشورهای

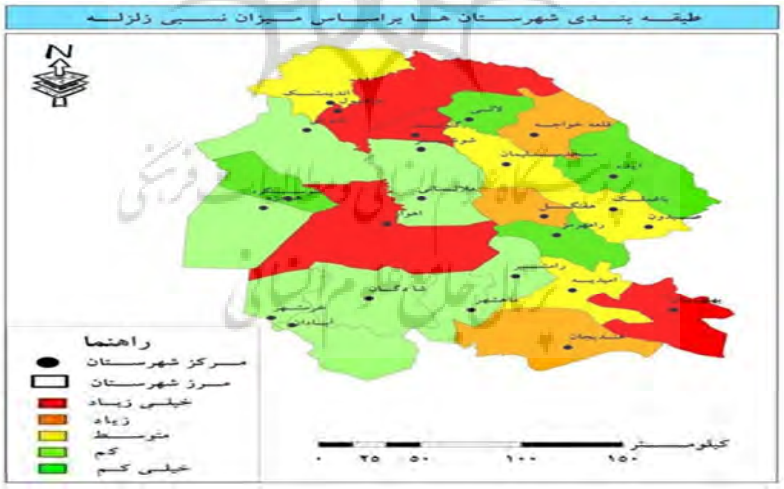


شکل (۱۳): مساحت شهرستان‌ها براساس میزان خطر پذیری زلزله (درصد)

جدول (۴): رتبه بندی و درصد قرارگیری مساحت شهرستان‌ها بر اساس خطر زمین لرزه

نام شهرستان	خیلی کم(درصد)	کم(درصد)	متوسط(درصد)	زیاد(درصد)	خیلی زیاد(درصد)	رتبه	میزان خطرپذیری
اندیمشک	۰	۰	۰	۲۶	۷۴	۱	خیلی زیاد
باغملک	۰	۰	۳	۳۶	۶۱	۲	
مسجدسلیمان	۰	۰	۱	۳۹	۶۰	۳	
امیدیه	۰	۰	۳	۳۷	۶۰	۴	
گتوند	۰	۰	۵	۴۳	۵۲	۵	زیاد
دزفول	۰	۰	۱۷	۳۸	۴۵	۶	
بهبهان	۰	۰	۴	۵۲	۴۴	۷	
اهواز	۰	۳۷	۷	۲۲	۴۰	۸	
اندیکا	۰	۰	۲۷	۳۸	۳۵	۹	متوسط
هفتگل	۰	۰	۴	۶۲	۳۴	۱۰	
هندیجان	۰	۷	۳۱	۳۶	۲۶	۱۱	
دشت آزادگان	۰	۰	۲	۷۵	۲۳	۱۲	کم
لالی	۰	۰	۸	۶۹	۲۳	۱۳	
رامهرمز	۰	۰	۱	۸۲	۱۷	۱۴	
ایذه	۰	۰	۴۲	۴۶	۱۲	۱۵	
شوشتر	۰	۱	۵۸	۳۹	۲	۱۶	خیلی کم
بندر ماهشهر	۰	۳۰	۵۳	۱۷	۰	۱۷	
شوش	۱	۳۱	۶۰	۸	۰	۱۸	
هویزه	۶	۴۴	۴۲	۸	۰	۱۹	
باوی	۰	۳۹	۵۵	۶	۰	۲۰	
شادگان	۱۱	۵۷	۳۰	۲	۰	۲۱	
خرمشهر	۵۳	۴۷	۰	۰	۰	۲۲	
آبادان	۹۹	۱	۰	۰	۰	۲۳	

مآخذ: مطالعات نگارندگان.



شکل (۱۴): میزان خطرپذیری شهرستان‌های استان خوزستان در برابر زلزله

نتیجه‌گیری

هر چند امروزه پیش‌بینی زلزله قبل از وقوع آن به طور دقیق ممکن نیست اما پیشگیری از خسارات بیشتر ناشی از آن امری ممکن و در دسترس بشر است. از این رو برای کاهش خسارات ناشی از آن مدیریت بحران مطرح شد هرچند این مدیریت شامل چندین مرحله بوده و هر مرحله عملیات خاص خود را دارد؛ اما به نظر متخصصین این امر پیش‌بینی، مهم‌ترین مرحله آن می‌باشد؛ زیرا این مرحله به معنای «پیشگری بهتر از درمان»

است. از این رو در این مقاله با توجه به زلزله‌خیز بودن استان خوزستان و عدم مکان گزینی درست سکونت‌گاه‌های آن، به بررسی میزان خطرپذیری شهرستان‌های استان پرداخته شد تا ضمن مشخص شدن میزان خطرپذیری آن‌ها، زمینه‌ساز انجام اقداماتی جهت کاهش خسارات این بلای طبیعی در آینده شود. در این تحقیق ابتدا ۷ پارامتر موثر در پهنه‌بندی را مشخص، سپس آن‌ها را با کمک مدل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) ترکیب نموده، در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل شده‌اند؛ نتایج حاکی از آن می‌باشند که استان خوزستان، پهنه‌ای از زلزله‌خیزی خیلی کم تا خیلی زیاد را شامل می‌شود. درصد مساحت آن از پهنه بندی خطر زمین‌لرزه عبارت است از: خطر زلزله خیزی خیلی کم (۷ درصد)، کم (۱۳ درصد)، متوسط (۲۰ درصد)، زیاد (۲۷ درصد) و خیلی زیاد (۳۳ درصد) می‌باشد. از میان شهرستان‌های آن، اندیمشک با ۷۴ درصد خطرپذیری خیلی زیاد، خطرپذیرترین شهرستان و آبادان با ۹۹ درصد خطرپذیری خیلی کم، کم خطرپذیرترین شهرستان می‌باشد. درکل، استان خوزستان دارای سه کمربند زمین‌لرزه خیزی با خطرخیلی زیاد موازی با جهت شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد. کمربند اول از جنوب‌غربی شوش شروع و در شرق و جنوب شرقی شهرستان‌های هندیجان و بهبهان ختم می‌شود. دو کمربند دیگر از شهرستان اندیمشک شروع شده و موازی باهم پس از در بر گرفتن شهرستان‌های شمال شرقی استان به شهرستان باغملک ختم می‌شوند؛ که در مجموع کمربند اول شهرهای؛ اهواز، کوپال، میانکوه، امیدیه، جایزان، رامشیر، آغاجاری و بهبهان. دو کمربند شمالی استان، شهرهای؛ اندیمشک، دزفول، شوشتر، قلعه خواجه، آبژدان، مسجدسلیمان، صیدون و باغملک را در بر می‌گیرند.

منابع

۱. ابوئی اشکذری، علیرضا (۱۳۹۱)، مدیریت بحران زلزله با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، استاد راهنما: کاظم رنگزن، اساتید مشاور: علی اکبر میر وکیلی و علیرضا سرسنگی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲. ابولفتحی، شبنم و طیوری خواه، نرگس (۱۳۹۱)، برآورد خطر رخداد زلزله به روش قطعی در ساختگاه بهبهان استان خوزستان، دومین کنفرانس ملی سازه، زلزله، ژئوتکنیک، مازندران.

۳. اسکندری، معصومه، رضایی، محمدرضا و قیطانچی، محمد رضا (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی خطر زمین لرزه در استان خوزستان به روش احتمالی، سیزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران.

۴. امانپور، سعید و مودت، الیاس (۱۳۹۲)، سنجش و رتبه‌بندی میزان توسعه و فقر در استان خوزستان ، مجله مطالعات برنامه ریزی شهری، شماره اول.

۵. پور حیدری، غلامرضا؛ ایوبیان، زیبا و اشرف، سادات موسوی (۱۳۹۰)، ماهیت زلزله (اقدامات قبل، حین و بعد از آن) چاپ چهارم، موسسه آموزش عالی علمی کاربردی هلال ایران، تهران.

۶. پورکرمانی، محسن و آرین، مهران(۱۳۷۶)، سایزموتکتونیک لرزه زمین ساخت، چاپ اول، ناشر مهندسین مشاور دزآب، اهواز.

۷. پورمحمدی، محمدرضا، مصیب زاده، علی (۱۳۸۷)، آسیب پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امداد رسانی آنها، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲.

۸. تقوایی، مسعود، کیانی، صدیقه (۱۳۸۷)، فرایند و مراحل مدیریت بحران شهری مجله دو ماهنامه بنا، شماره ۳۵ و ۳۶.

۹. جامی، محسن؛ رادان کوهپایی، محمد یاسر؛ میرزینلی یزدی، سید حسین و کاظمی، عیوض (۱۳۹۱)، هندسه فرکاتلی گسل‌ها و لرزه خیزی در جنوب شرق ایران (مکران)، اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران.

۱۰. رجبی، محمد رضا؛ منصوریان، علی و طالعی، محمد (۱۳۹۰)، مقایسه روشهای تصمیم گیری چند معیاره AHP، AHP-OWA و AHP-OWA Fuzzy برای مکان یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز، محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۵۷، بهار ۹۰.

۱۱. زمانی، احمد، فراحی قصر ابونصر، صدیقه (۱۳۹۰)، اهمیت پارامترهای مورد استفاده در پهنه‌بندی زمین ساختی خود سامانده ایران، مجله علوم زمین، سال بیستم، شماره ۷۹.

۱۲. شهابی، هیمن؛ قلیزاده، محمد و نیری، هادی (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی خطر زمین لرزه با روش تحلیل چند معیاره‌ی فضایی (استان کردستان)، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱، بهار ۱۳۹۰.

۱۳. طرح ایمنی شهرهای استان خوزستان.(۱۳۸۹)، شرکت مهندسی سبز آب.

۱۴. عزیزی، محمدمهدی و اکبری، رضا (۱۳۸۷)، ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴.

۱۵. علوی، سید محسن، مسعود، محمد.(۱۳۸۶)، برنامه ریزی برای کاهش خسارات ناشی از زلزله در نواحی با خطر پذیری بالا، نمونه موردی چیذر تهران، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه.

۱۶. عنابستانی، علی‌اکبر (۱۳۸۷)، گسل درونه و استقرار سکونتگاه‌های انسانی در منطقه کاشمر، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۳.

۱۷. فرجی، امین، قرخلو، مهدی (۱۳۸۹)، زلزله و مدیریت بحران شهری (مطالعه موردی: شهر بابل)، جغرافیا (فصلنامه انجمن جغرافیای ایران)، سال هشتم، شماره ۲۵.

۱۸. فرهودی، رحمت الله؛ حبیبی، کیومرث؛ زندی بختیاری، پروین (۱۳۸۴)، مکان یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS مطالعه موردی: شهرسنندج. نشریه هنرهای زیبا. شماره ۳۳.

۱۹. مختاری، محمد؛ شاه پسندزاده، مجید، یمینی فرد، فرزام؛ مهشادنیا، لیلا؛ شیرزائی، منوچهر و اکبری، مریم (۱۳۸۷)، مقدمه‌ای بر مطالعات پیش بینی زمین لرزه، چاپ اول، انتشارات ناقوس اندیشه، تهران.

۲۰. مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن.

۲۱. مرکز مطالعات و خدمات تخصصی شهری و روستایی، پژوهشکده علوم انسانی و اجتماعی جهاد دانشگاهی (۱۳۸۵)، مدیریت بحران شهری.

۲۲. معین‌الدینی، مظاهر؛ طهاری مهرجردی، محمدحسین؛ خراسانی، نعمت الله؛ دانه کار، افشین؛ درویش صفت، علی اصغر و شاکری، فاطمه (۱۳۹۰)، مکانیابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌ها، مطالعه موردی: استان البرز، مجله سلامت و محیط. دور چهارم. شماره ۴.

۲۳. مودت، الیاس و ملکی، سعید (۱۳۹۳)، طیف‌بندی و سنجش فضایی آسیب فیزیکی – اجتماعی شهرها در برابر زلزله با بکارگیری تکنیکVIKOR و GIS ؛ مورد شناسی شهر یزد، مجله جغرافیا و آمایش شهری – منطقه‌ای، دانشگاه سیستان و بلوچستان، شماره ۱۱.

۲۴. وجودی، مهدی (۱۳۸۲)، بررسی تاثیر زلزله بر سازه‌های زیرزمینی با نگرش ویژه بر تونلها و ایستگاههای زیرزمینی مترو.

25. Cannon T., Twigg J., Rowell J.(2003), Social vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters, London: Department for international development DFID; Government oftheUnited Kingdom.

26. Ebert, A., Kerle, N., Stein, A.(2008), Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spsial metrics derived form air-and spaceborne imagery and gis data, Journal of Nathazards, 48(2).

27. Jamal A. Abdalla and Azm AL-Homoud(2004). Earthquake hazard zonation of eastern Arabia, 13th world conference on earthquake engineering Vancouver, B.C.Canada

28. Japanese standards association. (2001), Jisq 2001: guidelines for development and implementation of risk management system. Japanese standards association, japan.

29. Parker, george. (1995), Dimension of risk management : definition and implication for financial service. Risk management problems and solution journal, Mcgraw hill. Vol 51.