

## سنجش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام در برابر زلزله

سعیدملکی<sup>۱</sup>  
علیرضا پرویزیان<sup>۲</sup>  
مهدی‌علیزاده<sup>۳</sup>

## چکیده

یکی از حوادث طبیعی و غیرمترقبه‌ای که انسان‌های گذشته و امروز با آن مواجه بوده و همیشه سعی کرده‌اند به طرق مختلف آن را مدیریت کنند، زلزله است. هنگام وقوع بلایای طبیعی، سکونتگاه‌های انسانی به‌ویژه در شهرها با خطرهای بیشتری مواجه هستند. تاب‌آوری توانایی بازیابی پس از شرایط یا رویدادهای غیرمنتظره و شدت اختلالی است که سیستم می‌تواند آن را جذب کند قبل از اینکه ساختار سیستم از طریق تغییر متغیرها و فرایندهایی که رفتار آن را کنترل می‌کنند، به ساختار متفاوتی تبدیل شود. این تحقیق با هدف سنجش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام در برابر زلزله انجام شد. سؤال اصلی تحقیق نیز عبارت بود از: وضعیت سنجش تاب‌آوری در برابر زلزله در دهستان‌های استان ایلام چگونه است؟ این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی بود و اطلاعات مورد نیاز در دو مرحله، از طریق مطالعه منابع موجود و در دسترس و آراء خبرگان گردآوری شد و با استفاده از روش دلفی ادغام گردید. پس از استخراج شاخص‌ها، وزن شاخص‌ها با استفاده از مدل چندمتغیره AHP-FUSSY به دست آمد؛ سپس به وسیله نرم‌افزار GIS مدل CoKriging، تجزیه و تحلیل شد. تحلیل یافته‌ها نشان داد که سنجش گسل اصلی با وزن ۰/۵۰۷ بیشترین ارزش وزنی را در بین سنجش‌های تحقیق دارد. سنجش‌های گسل فرعی و کانون زلزله نیز به ترتیب با اوزان ۰/۲۵۲ و ۰/۲۴۱ اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل کوکریجینگ نشان داد که مورموری، آب‌انبار، بیجنوند، شباب، سراب‌باغ و هندمینی، آسیب‌پذیرترین و هجدان‌دشت، زردلان، ابو گویر، زرنه و سید نصرالله ایمن‌ترین دهستان‌ها هستند و از آسیب‌پذیری کمتری برخوردارند. برنامه‌ریزی اصولی و منطقی با توجه به ویژگی‌ها و امکانات منطقه که به کاهش آسیب‌پذیری و تلفات جانی و مالی منجر شود، امری ضروری و حائز اهمیت به نظر می‌رسد، همچنین با برنامه‌ریزی صحیح بر روی کاربری زمین و توجه به ضوابط تفکیک زمین، تعیین کاربری‌ها با توجه به مشخصات زمین‌ساختی ناحیه، جلوگیری از ساخت و ساز در حریم گسل و ... می‌توان از شدت آسیب‌ها و تلفات کاست.

واژگان کلیدی: سنجش، تاب‌آوری، دهستان، زلزله، ایلام.

## مقدمه و بیان مسئله

یکی از حوادث طبیعی و غیرمترقبه‌ای که انسان‌های گذشته و امروز با آن مواجه بوده و همیشه سعی کرده‌اند به طرق مختلف آن را مدیریت کنند، زلزله است؛ حادثه‌ای که هیچ‌یک از مناطق جهان خود را از وقوع آن ایمن نمی‌دانند و هریک به تناسبی با آن روبه‌رو بوده‌اند (شهین‌باهر و وظیفه‌شناس، ۱۳۹۱: ۵۷). آسیب‌پذیری تابعی از میزان در معرض خطر بودن و حساسیت یک سیستم است نسبت به درجه‌ای که مکان‌ها و افراد آسیب می‌بینند (کاترا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۳۰۱). حوادث و سوانح طبیعی و غیرمترقبه از دو بعد قابل بررسی و تحلیل هستند: یکی تهدید و دیگری فرصت. زلزله هم تهدید است و هم فرصت؛ تهدید است اگر تحولات و رخداد‌های طبیعی فهم نشوند و راهبردها و راهکارهای اجرایی مناسبی برای مقابله با آنها در درازمدت تهیه و تدوین نگردد و فرصت است اگر پس از شناخت این تحولات و رخدادها، راهبردها و راهکارهای مدیریت بحران در تمامی سطوح اجرایی و تصمیم‌گیری تهیه و تدوین شود، سیاست‌های متناسب با آن طراحی گردد، ابزارهای سیاست‌گذاری تعریف شوند و اهرم‌های اجرایی شناسایی گردند (شهین‌باهر و وظیفه‌شناس، ۱۳۹۱: ۵۷). زلزله سال ۲۰۰۴ سوماترا بیش از ۳۰۰ هزار و زلزله مارس ۲۰۱۱ ژاپن حدود ۳۰ هزار تلفات و کشته داشت. بلایای اتفاق افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیرتر شده و ریسک‌ها افزایش یافته‌اند؛ با این حال، کاهش ریسک و آسیب‌پذیری اغلب تا بعد از وقوع سوانح نادیده انگاشته می‌شود (عین‌الدین و روترای<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲: ۲۶). استراتژی بین‌المللی کاهش خطر<sup>۳</sup> در تعریفی جامع، تاب‌آوری برابر بلایای طبیعی را توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض خطر برای مقاومت در برابر یک مخاطره (خطر) و جذب، تطبیق و بهبود اثرات آن به طرز کارآمد و به موقع از طریق حفاظت و ترمیم ساختارها و کارکردهای ضروری و اساسی خود می‌داند. درحقیقت تاب‌آوری مفهومی است که به راحتی با تمام مراحل و فازهای مدیریت بحران ارتباط پیدا می‌کند (استوار ایزدخواه، ۱۳۹۲: ۱). ویژگی‌های اصلی در نظر گرفته شده برای تاب‌آوری عبارتند از: آستانه‌های تغییر، سازمان‌دهی مجدد ظرفیت مقاومت، کنار آمدن یا بهبود پس از شوک و تنش واردشده برای یادگیری و تطبیق با آن. واحد در معرض قرار گرفتن (واحد تحلیل) تاب‌آوری، اکوسیستم‌های طبیعی یا سیستم‌های انسانی و محیطی در نظر گرفته می‌شود (نلسون<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳).

با توجه به واقع بودن ایران بر روی یکی از دو کمربند زلزله‌خیز جهان و وجود گسل‌های فراوان در آن، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. ایران، که زلزله سبب بیشترین تلفات انسانی در آن است، جزء ۱۰ کشور بلاخیز و ششمین کشور زلزله‌خیز دنیاست. کمربند زلزله ۹۰ درصد از خاک کشور ما را در بر گرفته است. آنچه حائز اهمیت است، وضعیت اسفبار شهرها و کلان‌شهرهایی چون: تهران، تبریز و ... است که بر روی گسل‌ها قرار دارند یا در مجاورت آنها ساخته شده‌اند و در معرض خطر زلزله هستند. ایران از جمله کشورهایی است که گسل‌های فراوان دارد و حرکت این گسل‌ها باعث رها شدن انرژی ذخیره‌شده و بروز

1. Cutter

2. Ainnuddin &amp; Routray

3. UNISDR

4. Nelson



زلزله‌های مکرر می‌شود و تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوانی را به دنبال دارد (نگارش، ۱۳۸۲: ۹۳). استان ایلام (قلمرو پژوهش حاضر) به دلیل قرارگیری بر روی گسل اصلی و فرعی و وجود کانون‌های زلزله از پتانسیل زلزله‌خیزی بالایی برخوردار است و جمعیت ۵۵۷ هزار و ۵۹۹ نفری در سال ۱۳۹۰، در کنار موقعیت ژئواستراتژیک، حساس و مرزی، ضرورت توجه به اصول و راهبردهای ایمنی در مقابل زلزله، در قالب شهرسازی پایدار را در این استان گریزناپذیر کرده است. بر این اساس، ضرورت به کارگیری اصول و راهبردهای ایمنی در مقابل زلزله در استان ایلام ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. پژوهش حاضر با رویکردی کاربردی به دنبال پاسخگویی به سؤالات زیر می‌باشد:

- مهمترین سنجه‌های مؤثر بر سنجش تاب‌آوری در برابر زلزله در دهستان‌های استان ایلام کدامند؟

- وضعیت سنجش تاب‌آوری در برابر زلزله در دهستان‌های استان ایلام چگونه است؟

- مهمترین راهکارها برای افزایش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام در برابر زلزله کدامند؟

### پیشینه تحقیق

در زمینه آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی در برابر بلایای طبیعی مطالعات مختلفی صورت گرفته است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

آيسان و دیویس<sup>۱</sup> (۱۹۹۴) با بررسی کاهش بلایای طبیعی در دهه ۱۹۹۴ به این نتیجه رسیدند که امکان استفاده از تجارب حاصل از مطالعات بلایای طبیعی به منظور کاهش خطر و دستیابی به مدل‌های گوناگون کاملاً امکان‌پذیر است.

آنتونی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی ارزیابی کمی احتمال خطر حوادث بزرگ ناشی از زمین‌لرزه، به این نتیجه رسیدند که میزان تاب‌آوری تأسیسات صنعتی موجود با کیفیت ساخت فعلی در ارتباط با میزان آسیب‌پذیری پیش‌بینی شده است.

آلن و بریانت<sup>۳</sup> (۲۰۱۰) تاب‌آوری شهرها و نقش فضاهای باز در تاب‌آوری در برابر زمین‌لرزه را مطرح نمودند و بر نقش برنامه‌ریزی شهری و برنامه‌بازتوانی در بازسازی تاب‌آور تأکید کردند. آماراتونگا و هیق<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) با جمع‌آوری مقالات و نظرات افراد مختلف در یک مجموعه، بازسازی محیط‌های ساخته‌شده را پس از سوانح به منظور افزایش تاب‌آوری بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تاب‌آوری را باید در زمره ملزومات بازسازی قلمداد کرد.

حبیبی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «تهیه یک مدل پیش‌بینی ناپایداری بافت‌های کهن شهری در برابر زلزله با منطق سلسله‌مراتبی وارون و سامانه اطلاعات جغرافیایی»، شاخص‌های کالبدی-فضایی مؤثر بر آسیب‌پذیری شهرها در قالب مدل‌های برنامه‌ریزی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که نه تنها مدل فازی برای تعیین آسیب‌پذیری و ناپایداری شهرهایی چون بسم کاربرد دارد؛ بلکه با استفاده از این مدل می‌توان میزان تاب‌آوری شهر را در برابر زلزله و دیگر بحران‌های طبیعی محاسبه کرد.

1. Aysan, Y. & Davis

2. Antonioni, G

3. Allan, P and Bryant, M

4. Amaratunga D. and Haigh R

نیکمرد نمین و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری (نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران)»، شاخص‌های بعد اجتماعی را در زمان وقوع زلزله با روش توصیفی و تحلیلی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های سن، دلبستگی به مکان، مشارکت و ... در درک دانش خطر در بین افراد مختلف متفاوت است.

### روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی است. داده‌های نظری پژوهش با استفاده از روش کتابخانه‌ای و مطالعه طرح‌های تحقیقاتی، آمارنامه‌ها، کتب موجود، مقالات و طرح‌های شهری جمع‌آوری شد. اطلاعات میدانی نیز به روش مشاهده و مصاحبه با ابزار پرسشنامه گردآوری گردید و با استفاده از روش دلفی ادغام شد. پس از استخراج سنججه‌ها، وزن سنججه‌ها با استفاده از مدل چندمتغیره AHP- FUSSY به دست آمد؛ سپس اصول و معیارهای همجواری مد نظر استخراج و شناسایی گردید و با استفاده از نرم‌افزار GIS ابزار Euclidean Distance از مجموع ابزارهای Distance، نقشه‌های همجواری شهرستان‌ها با گسل اصلی و فرعی و کانون زلزله (نقشه فواصل) طراحی شد. در مرحله بعد با استفاده از ابزار Fuzzy overly با گامای ۰/۹ از مجموع ابزارهای spatial Analyst Tool، نقشه‌های فواصل همپوشانی گردید. در انتها نیز از طریق ابزار CoKriging از مجموع ابزارهای Geostatistical analyst تحلیل مکانی انجام شد.

### مبانی نظری

#### ۱. مفهوم‌شناسی تاب‌آوری

مفهوم تاب‌آوری در سیستم‌های اجتماعی و زیست‌محیطی از دهه ۱۹۸۰ مطرح گردید (نلسون و همکاران، ۲۰۰۸: ۲). این مفهوم را نخستین بار هولینگ در مطالعات اکولوژیکی به عنوان راهی برای درک پویایی غیر خطی در سیستم‌های بوم‌شناسی مطرح کرد (آدگر، ۲۰۰۰: ۳۴۹). تاب‌آوری به ظرفیت سیستم‌های اکولوژیکی برای جذب اختلالات و حفظ بازخوردها، فرایندها و ساختارهای لازم و ذاتی سیستم اطلاق می‌شود (همو، ۲۰۰۵: ۱۰۳۶). به تعریفی دیگر، عبارت است از توانایی بازیابی پس از شرایط یا رویدادهای غیر منتظره و شدت اختلالی که سیستم می‌تواند آن را جذب کند قبل از اینکه ساختار سیستم از طریق تغییر متغیرها و فرایندهایی که رفتار آن را کنترل می‌کنند، به ساختار متفاوتی تبدیل شود (هولینگ و گاندرسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲: ۲۰۰). سطح بالاتر تاب‌آوری باعث می‌شود که جامعه پس از شرایط مخاطره‌آمیز، قادر به بازیابی باشد (مایونگا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶: ۴۹). تاب‌آوری به عنوان ظرفیت بالقوه سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض مخاطرات، برای سازگاری با تغییرات یا مقاومت در برابر در برابر آنها به منظور رسیدن به سطح مناسبی از عملکرد و ساختار یا حفظ آن شناخته می‌شود (تحقیقات توسعه دبیرخانه بین‌سازمانی سازمان ملل متحد، ۲۰۰۴: ۲۴). در شرایطی که ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها در حال

1. Holling & Gunderson

2. Mayunga



رشد باشند، تاب‌آوری به عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافلگیری‌ها و تغییرات معرفی می‌شود (میشل<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲: ۲).

## ۲. استراتژی‌های مواجهه با سوانح طبیعی

دو نوع استراتژی برای مواجهه با سوانح وجود دارد که عبارتند از: استراتژی‌های پیش‌بینی و استراتژی‌های تاب‌آوری؛ اولی برای روبه‌رو شدن با مشکلات و معضلات شناخته‌شده و دومی برای مقابله با مشکلات ناشناخته به کار می‌رود (نورماندین<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱: ۲). آنچه در این میان ضروری است پذیرش این حادثه انکارناپذیر (وقوع زلزله) در بین مردم و مدیران است؛ چراکه هرگونه نادیده گرفتن آن، نه تنها صورت مسئله را حل نخواهد کرد؛ بلکه بر شدت آسیب‌پذیری فضاها خواهد افزود که نتیجه آن جز هلاکت انسان‌ها و نابودی شهرها نخواهد بود (شهین‌باهر و وظیفه‌شناس، ۱۳۹۱: ۵۷). جامعه تاب‌آور باید همانند اکوسیستم‌ها توانایی مقاومت در برابر اختلالات و سازگاری با تغییرات را در هنگام نیاز داشته باشد (آدگر، ۲۰۰۰: ۳۴۹). با تشخیص و تشریح آسیب‌هایی که در بلندمدت بر دارایی‌ها و زندگی انسان وارد می‌شود، امکان آن وجود دارد که بتوان مصیبت‌ها و پیامدهای ناشی از بلایای طبیعی را کاهش داد (ویزner<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۴: ۸۷). تبیین رابطه تاب‌آوری در برابر تهدیدات و کاهش اثرات آن، با توجه به نتایجی که در بر خواهد داشت و تأکیدی که این تحلیل بر بعد تاب‌آوری دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است. در واقع هدف از این رویکرد، کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تقویت توانایی‌های شهروندان برای مقابله با خطرات ناشی از تهدیداتی نظیر وقوع سوانح طبیعی است (میشل<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲: ۳).

## ۳. برنامه‌ریزی پایدار کاربری زمین؛ استراتژی برای مواجهه با خطر زلزله

برنامه‌ریزی کاربری زمین می‌بایست به رابطه مطلوبی بین انسان، محیط طبیعی و محیط انسان‌ساخت دست یابد. امروزه نیز موانع سیاسی، قانونی و اجتماعی بسیاری بر سر راه اعمال شیوه‌های برنامه‌ریزی کاربری زمین در ایمنی سکونتگاه‌های انسانی وجود دارد (باربی<sup>۵</sup>، ۱۹۹۹: ۲۵۰). در مناطق آسیب‌پذیر، جهت کاهش آسیب‌پذیری باید از ساخت و ساز بر روی گسل جلوگیری شود. به این منظور در محدوده‌ای به فاصله ۱۵ متر از طرفین گسل ساخت و ساز ممنوع است (آفریدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۲). اجتناب از ساخت و ساز روی نواحی بالقوه پرخطر می‌تواند شکل سالم شهر را عرضه کند. چنین مدیریتی روش کاهش زیان است که اگر مکان‌یابی به درستی و در زمین‌های با سازند مطلوب توسعه شهری صورت پذیرد، در جهت افزایش ضریب سلامت و تاب‌آوری، نیازی به صرف هیچ نوع سرمایه مستقیم وجود ندارد (اسپنس و کوبرن<sup>۶</sup>، ۱۹۹۲: ۱۵۰). با توجه به این انگاره، نزدیکی کاربری‌ها به فضاهای باز شهری با افزایش دسترسی سریع به آنها و امکان پناه‌گیری، سبب افزایش تاب‌آوری مناطق می‌گردد (سلمانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۷). کاربری مسکونی مهمترین و حساس‌ترین عرصه در هر شهری است که به طور متوسط

1. Mitchell

2. Normandin

3. Wisner

4. Mitchell

5. Burby

6. Spence and Coburn

حدود ۵۰ درصد از سطح کاربری‌های شهری را در برمی‌گیرد؛ بنابراین شرایط فیزیکی و غیر فیزیکی (تراکم انسانی و ...) حاکم بر آن، در پیامدهای رویدادهایی مانند زلزله بسیار تعیین‌کننده است؛ لذا پذیرش رابطه افزایش تلفات با افزایش تراکم پذیرفتنی است (سعیدنیا، ۱۳۷۸: ۶۹).

### روش‌های آنالیز داده‌ها

#### رابطه ۱: وزن‌بخشی با استفاده از مدل AHP- FUSSY

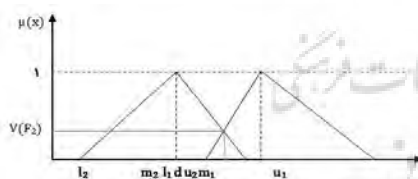
چانگ در سال ۱۹۹۲ روشی را با عنوان روش تحلیل توسعه‌ای ارائه داد و بعدها به سال ۱۹۹۶ آن را بهبود بخشید. از روش گسترش‌یافته چانگ، بیش از همه روش‌های دیگر، برای محاسبات تحلیل سلسه‌مراتبی فازی استفاده شده است (قدسی‌پور، ۱۳۹۸: ۶۷). اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. او جهت تعمیم تکنیک AHP به فضای فازی، از مفهوم درجه امکان‌پذیری استفاده کرد. منظور از درجه امکان‌پذیری آن است که مشخص شود چقدر احتمال دارد یک عدد فازی بزرگتر از یک عدد فازی دیگر باشد. پیش از بیان الگوریتم پیشنهادی چانگ، باید مفهوم درجه امکان‌پذیری یا درجه احتمال بزرگتر بودن تشریح شود:

یک عدد فازی دیگر باشد. پیش از بیان الگوریتم پیشنهادی چانگ، باید مفهوم درجه امکان‌پذیری یا درجه احتمال بزرگتر بودن تشریح شود:

دو عدد فازی مثلثی  $F1 = (l_1, m_1, u_1)$  و  $F2 = (l_2, m_2, u_2)$  را در نظر بگیرید.

اگر  $m_1 \geq m_2$  باشد، احتمال اینکه  $F1$  از  $F2$  بزرگتر باشد برابر ۱ است.

احتمال بزرگتر بودن  $F2$  نسبت به  $F1$  برابر است با ارتفاع ناحیه اشتراک بین  $F1$  و  $F2$ .



رابطه ۲: به دست آوردن فواصل با استفاده از ابزار Euclidean Distance

رابطه ۳: همپوشانی با استفاده از ابزار Fuzzy overly با گامی ۰/۹

رابطه ۴: تحلیل مکانی با استفاده از مدل CoKriging

کوکریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزنی استوار می‌باشد و در مورد آن می‌توان گفت که بهترین تخمین‌گر نارایب (BLUE) است این تخمین‌گر با استفاده از فرمول ارائه‌شده توسط کریج<sup>۲</sup> (۱۹۵۱) تعیین گردید:

$$z(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i)$$

1. Best Linear Unbiased Estimator

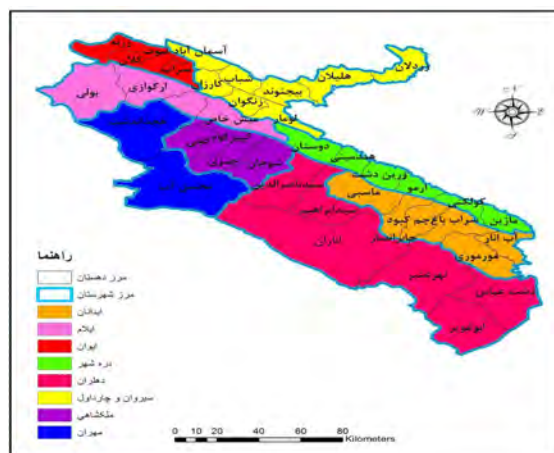
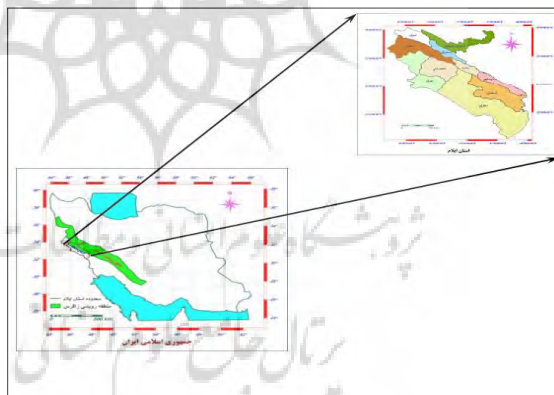
2. Krige



$n$  وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه  $n$  می‌باشد. بهترین تخمین روشی است که بهترین شیوه وزن را برای متغیر  $Z(x)$  پیدا کند و بایستی ناریب و دارای حداقل واریانس خطا باشد. در انتها روش مکانی چندجمله‌ای در توان دوم اجرا شد. کوکریجینگ با وجود اینکه از نظر تئوریک، توانایی تحلیل چندین متغیر را همزمان دارد؛ ولی در عمل تنها برای دو متغیر (در اینجا کاربری‌های سازگار و ناسازگار) می‌تواند جواب مناسبی به دست دهد.

### قلمرو جغرافیایی تحقیق

استان ایلام در باختر کشور ایران و در ناحیه‌ای کوهستانی و نیمه‌گرم قرار گرفته است، مرکز آن، شهر ایلام است و از غرب با کشور عراق، از جنوب با استان خوزستان، از شرق با استان لرستان و از شمال با استان کرمانشاه همسایه است. استان ایلام با ۱۹۰۴۴ کیلومتر مربع، که حدود ۱/۲ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد، در غرب کشور، بین ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا واقع است و برابر جدیدترین تقسیم‌بندی، ۸ شهرستان دارد که عبارتند از: ایلام، آبدانان، ایوان، دره‌شهر، سیروان، چرداول، مهران و ملکشاهی. استان ایلام از استان‌های کمابیش جنگلی ایران است و جمعیت آن در سال ۱۳۹۰ برابر با ۵۴۷ هزار و ۷۹۵ نفر بوده است (پورتال استانداری ایلام، ۱۴۰۱). شکل (۱) موقعیت دهستان‌های شهرستان‌های استان ایلام و جدول شماره (۱) جمعیت شهرستان‌های این استان را نشان می‌دهد.



شکل (۱). موقعیت دهستان‌های شهرستان‌های استان ایلام (نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول شماره (۱). جمعیت شهرستان‌های استان ایلام

ردیف	شهرستان	جمعیت	ردیف	شهرستان	جمعیت
۱	آبدانان	۴۷۸۵۱	۶	سیروان	۱۴۴۰۴
۲	ایلام	۲۳۵۱۴۴	۷	ملکشاهی	۲۱۱۳۸
۳	ایوان	۴۹۴۹۱	۸	مهران	۲۲۹۷۹۷
۴	دره‌شهر	۴۳۷۰۸	۹	چرداول	۵۷۳۸۱
۵	دهلران	۶۵۶۳۰	۱۰	بدره	۱۵۶۱۴

مأخذ: (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)

### بحث اصلی

#### ۱. گام اول؛ وزن‌بخشی سنجه‌های منتخب با روش AHP- FUSSY

با توجه به ضریب متفاوت هریک از سنجه‌های منتخب در سنجش تاب‌آوری در برابر زلزله، از روش وزن‌بخشی چندمتغیره AHP- FUSSY برای تعیین وزن‌بخشی به سنجه‌ها (شاخص‌ها) استفاده شد (رابطه ۱). در این مرحله، خبرگان با استفاده از عبارات زبانی و بر اساس روش چانگ برتری یک معیار بر معیار دیگر (یا یک کلاس بر کلاس دیگر) را بیان کردند؛ بر این اساس ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد. جدول شماره (۲) عبارات زبانی مقایسات زوجی شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۲). عبارات زبانی مقایسات زوجی شاخص‌ها

برتری مطلق	عالی	خیلی خوب	نسبتاً خوب	خوب	برتر	کمی برتر	برتری خیلی کم	برابر
۱۰،۹۸	۹،۸۷	۸،۷۶	۷،۶۵	۶،۵۴	۵،۴۳	۴،۳۲	۱،۲۳	۱،۱۱

مأخذ: (محمدی ده‌چشمه و حیدری‌نیا، ۱۳۹۴: ۶۰)

ابتدا ارزش وزنی شاخص‌های منتخب با بهره‌گیری از مقایسات زوجی در مدل AHP-FUSSY محاسبه شد؛ به این منظور، جدول مقایسه دو-دوئی (جدول شماره ۳) ترسیم گردید و میانگین وزنی حاصل از نظرسنجی با روش دلفی در آن گنجانده شد.

جدول شماره (۳). مقایسات زوجی سنجه‌ها با اعداد فازی

	گسل فرعی	گسل اصلی	کانون زلزله
گسل فرعی	۱،۱،۱	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱،۱،۱
گسل اصلی	۴، ۵، ۶	۱،۱،۱	۳، ۴، ۵
کانون زلزله	۳، ۴، ۵	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱/۴، ۱/۵، ۱/۶

مأخذ: (محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۴)

بر این اساس مقدار  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  برای هریک از سطرها این ماتریس برابر است با:

$$= (۱+۱/۳+۳)، (۱+۱/۴+۴)، (۱+۱/۵+۵) = (۴/۳)، (۵/۳)، (۶/۲)، \dots$$





بر این اساس مقدار  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  برای هر یک از سطرهاى این ماتریس برابر است با:

$$\text{کانون زلزله} = (1+1/3+3), (1+1/4+4), (1+1/5+5) = (4/3), (5/3), (6/2), \dots$$

در ادامه برای محاسبه  $s_1$  برای هر یک از سطرها از رابطه ریاضی  $\sum_{i=1}^n \times \sum_{j=1}^m m_{gi}^j$  استفاده شده است:

$$\sum_{i=1}^n \times \sum_{j=1}^m m_{gi}^j \Rightarrow (4/3+8+1/6), (5/3+10+1/5), (6/2+12+1/4) = (13/917), (16/700), (19/570)$$

بنابراین مقدار  $(\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^m m_{gi}^{j-1})$  پس از استانداردسازی برابر است با:

$$(\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^m m_{gi}^{j-1}) \Rightarrow (\frac{1}{13.971} \cdot \frac{1}{16.700} \cdot \frac{1}{19.570}) = (0/0719), (0/0599), (0/0511)$$

بر این اساس، مقدار  $s_1$  برای هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسات زوجی برابر است با:

$$s_1 = (4.3, 5.3, 6.2) * (0.0719, 0.0599, 0.0511) = (0.312, 0.314, 0.317), \dots$$

در نهایت، درجه بزرگی هر یک از مقادیر S نسبت به همدیگر به دست آمد. تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل AHP- FUSSY نشان می‌دهد که بیشترین ارزش وزنی در بین سنجه‌های تحقیق مربوط به سنجه گسل اصلی با وزن ۰/۵۰۷ است. سنجه‌های گسل فرعی و کانون زلزله نیز به ترتیب با اوزان ۰/۲۴۱ و ۰/۲۵۲ اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند.

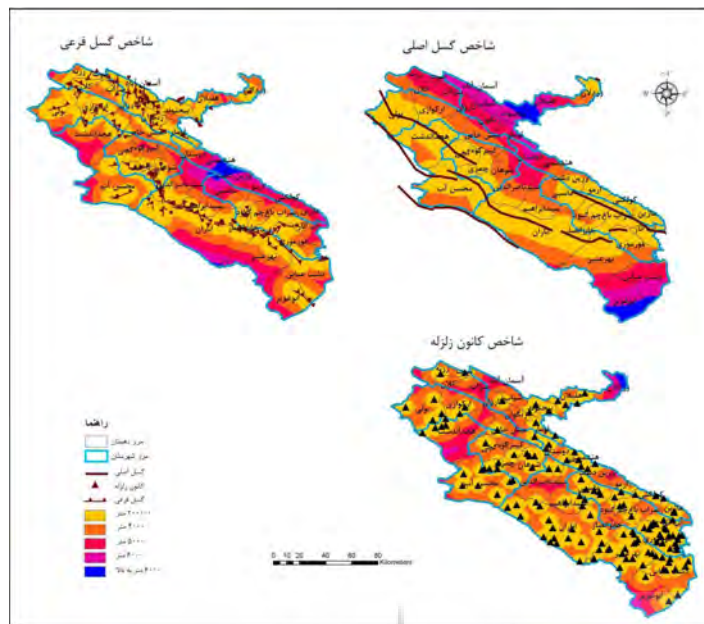
## ۲. گام دوم؛ ترسیم نقشه فواصل

نقشه فواصل مکانی هر کدام از کاربری‌ها با توجه به استانداردهای موجود در همجواری با سنجه‌های تحقیق ترسیم شده است؛ بنابراین فاصله اقلیدوسی هر پارامتر با در نظر گرفتن معیارها و ضوابط ارائه گردید و دستوراتی در نرم‌افزار GIS و با استفاده از ابزار Raster Calculator نوشته شد و اجرا گردید (رابطه ۲). جدول شماره (۴) استانداردهای ارزیابی شاخص‌های مورد مطالعه و شکل (۲) نقشه فواصل پارامترهای سنجش تاب‌آوری را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۴). استانداردهای ارزیابی شاخص‌های مورد مطالعه

زیر معیار	آسیب‌پذیری خیلی کم	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری خیلی زیاد
۲۰۰۰ متر					*
۴۰۰۰ متر				*	
۵۰۰۰ متر			*		
۶۰۰۰ متر		*			
۶۰۰۰ متر و بیشتر	*				

ماخذ: (رحمانی لیر، ۱۳۹۴: ۹۹)

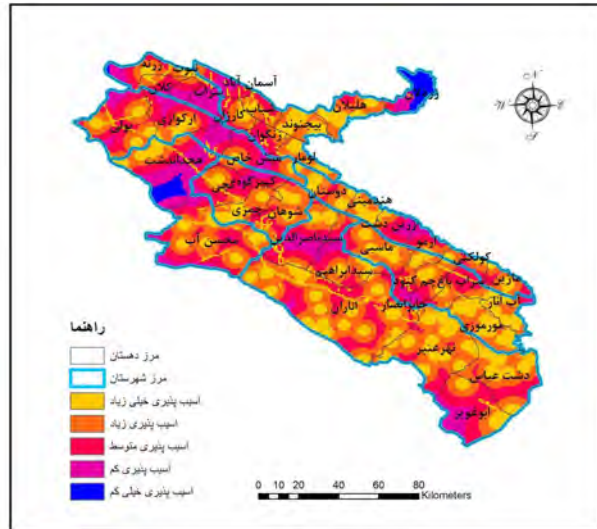


شکل (۲). نقشه فواصل پارامترهای سنجش تاب‌آوری (نگارندگان، ۱۳۹۴)

با توجه به شکل (۲)، در محدوده مورد مطالعه، بجز دهستان‌های شهرستان‌هایی چون: ایوان، سیروان، چرداول و دره‌شهر، باقی دهستان‌ها بر روی گسل اصلی قرار گرفته‌اند و از کمترین فاصله همجواری برخوردارند. کل دهستان‌های شهرستان‌های محدوده مورد مطالعه بجز شهرستان دره‌شهر نیز بر روی گسل فرعی قرار گرفته‌اند و از کمترین فاصله برخوردارند. دهستان‌های شهرستان‌های دهلران، سیروان، چرداول و ایوان آسیب‌پذیرترین نواحی از نظر همجواری با گسل فرعی هستند. کمترین تعداد کانون زلزله در شهرستان‌های ایوان، مهران و ایلام وجود دارد و در بقیه شهرستان‌ها، به‌ویژه شهرستان‌های آبدانان و دهلران بیشترین تعداد زلزله به وقوع پیوسته است.

### ۳. گام سوم؛ تحلیل فضایی پهنه‌های خطر

از آنجا که نقشه‌های فواصل فاقد واحدهای همگن هستند، جهت استانداردسازی و همگن کردن و افزایش انعطاف‌پذیری آنها از روش استانداردسازی فازی با دامنه عددی بین ۰ تا ۱ استفاده شده است. صفر معادل بیشترین رعایت اصول همجواری نسبت به سنجه‌های منتخب تحقیق (گسل اصلی، گسل فرعی و کانون زلزله) و ۱ معادل کمترین رعایت اصول می‌باشد. در گام یک، ارزش وزنی هر یک از سنجه‌های تحقیق با روش AHP- FUSSY به دست آمد (رابطه ۳). شکل (۳) تحلیل فضایی پهنه‌های خطر را با توجه به استانداردسازی فازی نشان می‌دهد.

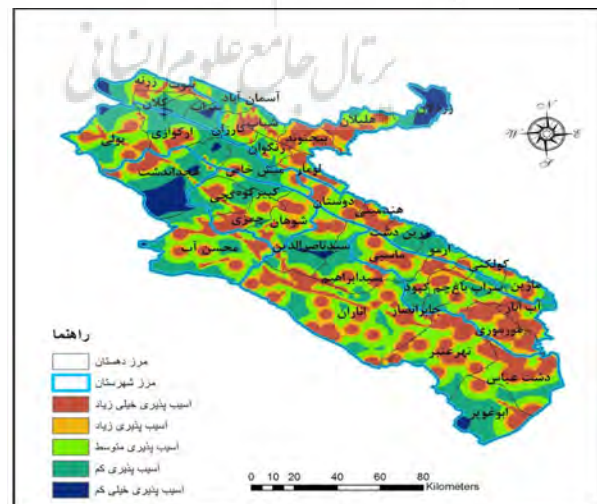


شکل (۳). تحلیل فضایی پهنه‌های خطر با توجه به استانداردسازی فازی (نگارندگان، ۱۳۹۴)

#### ۴. گام چهارم؛ سنجش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام با استفاده از مدل CoKriging

گام آخر تحلیل فضایی - منطقه‌ای با استفاده از رابطه (۴) است؛ شکل (۴) تحلیل فضایی - منطقه‌ای تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام با استفاده از کوکریجینگ را نشان می‌دهد. تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل کوکریجینگ بر اساس طیف رنگی ارائه شده است؛ بر اساس ارزش وزنی مدل AHP- FUSSY نواحی قهوه‌ای رنگ از لحاظ تاب‌آوری در برابر زلزله نامناسب هستند و هرچه این طیف رنگی به آبی تغییر پیدا می‌کند، نواحی از وضعیت مناسب‌تری برخوردار می‌شوند؛ بنابراین مورموری، آب‌انبار، بیجنوند، شهاب، سراب‌باغ و هندمینی، آسیب‌پذیرترین و هجدان‌دشت، زردلان، ابو گویر، زرنه و سید نصرالله ایمن‌ترین دهستان‌ها هستند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی



شکل (۴). رستر سنجش تاب‌آوری استان ایلام با استفاده از مدل CoKriging (نگارندگان، ۱۳۹۴)

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تکرر وقوع زلزله در سطح استان ایلام و وجود گسله‌های فعال متعدد در استان نشان می‌دهد که ناآرامی بستر سکونت انسان در این محدوده شرایطی واقعی است و زندگی در این شرایط، نیازمند تمهیدات خاصی است. میزان این ناآرامی در همه جای استان یکسان نیست و مناطق مختلف ضریب خطرپذیری یکسانی ندارند. در مقاله حاضر برآورد نسبی وقوع زلزله به عنوان مهمترین و مخرب‌ترین نوع ناآرامی زمین از طریق پهنه‌بندی خطر نسبی وقوع زلزله انجام شد. مهمترین سنجه‌های تأثیرگذار در وقوع زلزله استخراج و بررسی شد. این سنجه‌ها در سه سطح گسل اصلی، گسل فرعی و کانون زلزله دسته‌بندی گردید و تأثیر هر سنجه بر دهستان‌های استان ایلام مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. ابتدا نقشه فواصل با استفاده از استانداردهای موجود در همجواری ترسیم شد. نتایج اهمیت و ارزش وزنی شاخص‌ها با استفاده از نظر کارشناسان خبره با استفاده از تکنیک دلفی ادغام گردید و با مدل AHP- FUSSY تحلیل شد. تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل مذکور نشان می‌دهد که در بین سنجه‌های تحقیق بیشترین ارزش وزنی را سنجه گسل اصلی با وزن  $0/507$  دارد. سنجه‌های گسل فرعی و کانون زلزله به ترتیب با اوزان  $0/252$  و  $0/241$  اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند؛ بنابراین تأثیرگذارترین عامل در وقوع زلزله گسل اصلی است؛ به عبارت دیگر، در محدوده مورد مطالعه بجز دهستان‌های شهرستان‌هایی چون: ایوان، سیروان، چرداول و دره‌شهر، باقی دهستان‌ها بر روی گسل اصلی قرار گرفته‌اند و از کمترین فاصله همجواری برخوردارند. کل دهستان‌های شهرستان‌های محدوده مورد مطالعه بجز شهرستان دره‌شهر نیز بر روی گسل فرعی قرار گرفته‌اند و از کمترین فاصله برخوردارند. دهستان‌های شهرستان‌های دهلران، سیروان، چرداول و ایوان آسیب‌پذیرترین نواحی از نظر همجواری با گسل فرعی هستند. کمترین تعداد کانون زلزله در شهرستان‌های ایوان، مهران و ایلام وجود دارد و در بقیه شهرستان‌ها، به‌ویژه شهرستان‌های آبدانان و دهلران بیشترین تعداد زلزله به وقوع پیوسته است.

گسل اصلی: در شهرستان دره‌شهر، دهستان‌های ماژین، کولکنی، ارمو، زرین‌دشت، هندمینی و دوستان؛ در شهرستان‌های سیروان و چرداول، دهستان‌های هلیلان، بیجنوند، شباب، آسمان‌آباد، لومار، زنگوان و کارزان؛ در شهرستان ایوان، دهستان‌های سراب، نبوت، کلان و زرنه؛ در شهرستان ایلام، دهستان‌های میشخاص، ارکوازی و ده‌پایین؛ در شهرستان دهلران: دهستان‌های سید ابراهیم، سید نصرالله، دشت عباس و ابوغویر و در شهرستان ملکشاهی، دهستان شوهان بر روی گسل اصلی قرار نگرفته‌اند و از این نظر ایمن‌تر هستند. گسل فرعی: در شهرستان آبدانان، دهستان‌های سراب‌باغ، چم‌کبود و ماسبی و در شهرستان دره‌شهر، دهستان‌های ماژین، کولکنی، ارمو، دوستان و زرین‌دشت بر روی گسل فرعی قرار نگرفته‌اند و از این نظر ایمن‌تر هستند. کانون زلزله: در شهرستان‌های سیروان و چرداول، دهستان‌های زردلان، شباب و آسمان‌آباد؛ در شهرستان ایوان، دهستان‌های سراب و کلان و در شهرستان ایلام، دهستان ده‌پایین، بدون کانون زلزله‌اند. بقیه دهستان‌ها آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی زیاد دارند. تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل کوکرچینگ نشان می‌دهد که مورموری، آب‌انبار، بیجنوند، شباب، سراب‌باغ و هندمینی، آسیب‌پذیرترین و هجدان‌دشت، زردلان، ابو غویر، زرنه و سید نصرالله، ایمن‌ترین دهستان‌ها هستند. پس از



سنجش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام با توجه به استراتژی‌های بعد، قبل و هنگام وقوع زلزله، راهکارهای راهبردی زیر ارائه شد:

- با برنامه‌ریزی صحیح بر روی کاربری زمین و توجه به ضوابط تفکیک زمین، تعیین کاربری‌ها با توجه به مشخصات زمین‌ساختی ناحیه، جلوگیری از ساخت و ساز در حریم گسل و ... می‌توان از شدت آسیب‌ها و تلفات کاست.

- در برنامه‌ریزی شهری باید از جانمایی کاربری آموزشی بر روی گسل یا در حریم آن جلوگیری کرد؛

- مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، به‌ویژه ساختمان‌های پرتراکم در نزدیکی گسل‌ها و مسیل‌ها مد نظر باشد؛

- لایروبی رودخانه‌ها در جهت انتقال بهتر آب به هنگام شکستن سد و جلوگیری از تجمع و انباشت مواد و بالآمدن سطح آب؛

- با ساخت سیل‌بند از روانه شدن آب رودخانه به داخل شهر جلوگیری شود؛

- با توجه به ویژگی‌ها و امکانات منطقه، در جهت کاهش آسیب‌پذیری و تلفات جانی و مالی، برنامه‌ریزی اصولی و منطقی انجام شود؛

- با دستیابی به اطلاعات جزئی‌تری درباره نوع و میزان فعالیت گسل‌ها، میزان مقاومت یا پایداری قنات‌ها، بررسی مقاومت لرزه‌ای خطوط حمل و نقل و ... می‌توان در فرآیند مقابله با بحران به نتایج مطلوب‌تری دست یافت.

## الف) فارسی

- آفریدی، صنم، اسماعیل صالحی و مهران سیدرزاقی (۱۳۹۰)، «ارزیابی کاربری زمین شهری با توجه به خطرات زلزله (نمونه موردی: ناحیه ۴، منطقه ۲۰)»، پژوهش‌های محیط زیست، سال ۲، شماره ۳، صص ۷۷-۸۶.
- استوار ایزدخواه، یاسمین (۱۳۹۲)، «مفاهیم و مدل‌های تاب‌آوری در سوانح طبیعی»، دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۲، شماره ۲، صص ۱۴۵-۱۵۳.
- حبیبی، کیومرث، مصطفی بهزادفر، ابوالفضل مشکینی و سعید نظری (۱۳۹۲)، «تهیه یک مدل پیش‌بینی ناپایداری بافت‌های کهن شهری در برابر زلزله با منطق سلسله مراتبی وارون و GIS»، علوم زمین، سال بیست و دوم، شماره ۸۷، صص ۸۳-۹۲.
- رحمانی لیر، پیروز (۱۳۹۴)، «سنجش ضریب آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مطالعه موردی: دهستان دهدشت غربی)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- سعیدنیا، احمد (۱۳۷۸)، کاربری زمین شهری، ج دوم، تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری.
- سلمانی مقدم، محمد، ابوالقاسم امیراحمدی و فرزانه کویسان (۱۳۹۳)، «کاربرد برنامه‌ریزی کاربری اراضی در افزایش تاب‌آوری شهری در برابر زمین‌لرزه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر سبزوار)»، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره هفدهم، صص ۱۷-۳۴.
- شهین‌باهر، ایرج و رسول وظیفه‌شناس (۱۳۹۱)، «بررسی میزان تاب‌آوری ساختار فضایی و کالبدی شهرها (نمونه موردی: شهر وان ترکیه)»، شمس شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور، تیر و خرداد، صص ۵۷-۶۱.
- قدسی‌پور، حسن (۱۳۹۸)، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- محمدی ده‌چشمه، مصطفی و سعید حیدری‌نیا (۱۳۹۴)، «مدل‌سازی مکانی همجواری کاربری‌های ویژه از دیگانه پدافند غیرعامل در کلان‌شهر اهواز»، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره نوزدهم، شماره ۲، صص ۲۱۱-۲۳۶.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵)، سالنامه آماری ایران، شهرستان‌های استان ایلام، تهران.
- نگارش، حسین (۱۳۸۲)، «زلزله، شهرها و گسل»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲.
- نیکمرد نمین، سارا، ناصر برک‌پور و مجید عبداللی (۱۳۹۳)، «کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری (نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران)»، مدیریت شهری، شماره ۳۷، صص ۱۹-۳۴.

## ب) انگلیسی

- Adger, W.N. (2000). Social and Ecological Resilience: are they related? *Progress in Human Geography* 3(24), PP. 364-347.
- Adger, W.N. (2005). Social – Ecological Resilience to coastal disasters. *Science* -309:1036 1039
- Ainuddin, S., Routray, Jayant Kumar. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2 36-25.
- Allan, P. Bryant, M. (2010). The Critical Role of Open Space in Earthquake Recovery: A Case Study. *NZSEE Conference*.
- Amaratunga D. Haigh R. (2011). *Post Disaster Reconstruction of The Built Environment - Building for Resilience*, Wiley-Blackwell. U.K.
- Antonioni, G., Gigliola. S. Valerio, C. (2007). A methodology for the quantitative risk assessment of major accidents triggered by seismic events. *Journal of Hazardous Materials*. Article in press.
- Aysan. Y. Davis. I. (1994). Conclusions and recommendations for the international decade for natural disaster reduction (IDNDR). *Disasters and the small dwelling: Perspective for the UN IDNDR* (James and James Science). 260-256 .1992.
- Burby, R. J. (1999). Unleashing the power of planning to create disaster-resistant communities, *J. of the American Planning Association*, 259- 247 : (3) 65.
- Cutter, Susan L., and Christina Finch. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings US National Academy of Sciences*: (7) 105 2306-2301.

- Holling, C.S., L.H., Gunderson. (2002). Resilience and adaptive cycles. In: L H Gunderson and C Sholling (editors). Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems.
- Mayunga, Joseph S. (2006). Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A capital-based approach, Department of Landscape Architecture and Urban Planning, Hazard Reduction & Recovery Center, Texas A&M University
- Mitchell, T., Harris, K. (2012). Resilience: a risk management approach, background note, ODI.P3-2
- Nelson Valerie, Lamboll Richard 2 and Arendse Adele (2008). Climate Change Adaptation, Adaptive Capacity and Development, Discussion Paper, DSADFID Policy Forum.
- Normandin J.-M, Therrien M.-C, Tanguay G.A. (2011). City strength in times of turbulence: strategic resilience indicators, Urban Affairs Association 41st Conference, New Orleans.P2
- Spence, R. And Coburn, A. (1992). Earthquake Protection, Wiley and Son: 153 -151.
- UN/ISDR. (2004). Living with Risk –A global review of disaster reduction initiatives, Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction.
- Wisner, B.; Balaikie, p.; Cannon, T. And Davis, I. (2004). At risk: Natural hazards People Vulnerability and Disasters, London, Routledge.p65

