



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری، سال یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، شماره پیاپی ۲۵

## ارزیابی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله (مطالعه موردی: اسلام‌آباد غرب)

شهلا حاصلی (دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران)

shallahassli@gmail.com

حمید رضا پورخباز (دانشیار محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران، نویسنده مسئول)

pourkhabbaz@yahoo.com

آئیژ عزمی (دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران)

a.azmi@razi.ac.ir

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۱/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

صص ۱۵۹-۱۳۹

### چکیده

یکی از شناخته‌شده‌ترین و مخرب‌ترین سوانح طبیعی در دنیا و به‌خصوص در کشور ایران، زلزله می‌باشد. بر همین اساس مسئله ارزیابی تاب‌آوری شهری در مقابل خطر زلزله که در مطالعات شهری و شهرسازی یک مفهوم نسبتاً جدید است، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. طی دو دهه اخیر جهت ارزیابی تاب‌آوری شهری در مقابل خطر زلزله، روش‌های متعدد تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) توسعه یافته است. همچنین در سال‌های اخیر، تئوری منطق فازی در مطالعات مربوط به مخاطرات طبیعی مانند زلزله، کارایی زیادی داشته و به کمک آن می‌توان عدم قطعیت موجود در تشخیص الگوها را مدل‌سازی نمود و تا حد ممکن به شیوه تشخیص انسانی نزدیک شد. بر همین اساس مسئله ارزیابی تاب‌آوری شهری در مقابل خطر زلزله بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این پژوهش که با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل خطر زلزله انجام شده، از دو مدل تلفیقی ترکیب خطی وزنی (WLC) و عملگر فازی گاما (Gamma) استفاده شد. همچنین جهت وزن‌دهی متغیرها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. جهت ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل زلزله با استفاده از دو مدل تلفیقی ترکیب خطی وزنی و عملگر گاما با مقادیر ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹، نقشه‌هایی در پنج کلاس با میزان تاب‌آوری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه شد. از طرفی جهت ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های ایجاد شده توسط مدل‌های مذکور از نتایج شاخص مجموع کیفیت (QS) استفاده شد. نتایج محاسبات ارزیابی دقت نشان داد که، مقدار شاخص مجموع کیفیت (QS) نقشه‌های تولید شده توسط عملگرهای گامای ۰/۳، ۰/۵، ۰/۹ و مدل WLC به ترتیب ۰/۰۵۲، ۰/۱۳۸ و ۰/۶۱۱ می‌باشد. با توجه به بیشتر بودن مقدار QS مدل WLC نسبت به مقدار QS عملگرهای گامای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹، نتیجه‌گیری می‌شود که کارآمدترین و دقیق‌ترین مدل برای ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل زلزله،

مدل WLC می‌باشد. همچنین نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری تولید شده توسط مدل WLC نشان داد که نواحی غربی و جنوبی شهر اسلام‌آبادغرب از بیشترین میزان تاب‌آوری در مقابل زلزله برخوردار است و کمترین میزان تاب‌آوری مربوط به نواحی شرقی و شمال شرقی شهر می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** زلزله، تاب‌آوری، WLC، AHP، منطق فازی، شهر اسلام‌آبادغرب

#### ۱. مقدمه

اثرپذیری از خطراتی همچون زلزله بسته به شرایط می‌باشد، به‌عنوان مثال زمین‌لرزه نابودی زندگی و حیات کسانی است که به علت فقر مجبور به احداث ساختمان‌های با میزان مقاومت و ارزش کم می‌باشند. در کل اقتصاد و معیشت خانوار معین می‌کند عمر، سلامتی و کیفیت زندگانی بشر چقدر باشد. در کشور بحران‌خیزی همچون ایران، مردم فقیر مجبور به پذیرش مخاطرات مختلفی از جمله زلزله می‌باشند. برای بهتر شدن وضعیت در هنگام زلزله لازم است که آن‌ها را به‌خوبی بشناسیم، چرا که شناخت زلزله راهی برای بهتر شدن شرایط است. با توجه به خطوط قرمزی که این شناخت ایجاد می‌کند، توسعه شهری، تعیین عملکردها در ساخت‌وسازها و توزیع کاربردهای شهری با توجه به تاریخچه‌ای که زلزله در ایران دارد، متوجه خواهیم شد که هر ۵ سال یکبار زمین‌لغزش مخربی در ایران ایجاد می‌شود که باعث به وجود آمدن خسارات مالی و جانی بسیاری می‌گردد. در کل دنیا، تشویش درباره‌ی بروز بلایای طبیعی زیان‌بار، هم‌روزه در حال افزایش است (بریکامن<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷، ص. ۲۳). در بسیاری از موارد انسان این توانایی و علم را دارد که بلایای طبیعی را پیش‌بینی و همچنین تا حد امکان کنترل کند، اما در مورد زلزله این واقعیت وجود دارد که نه تنها قدرت پیش‌بینی را از ما سلب کرده بلکه نیروی فراوانی برای ویرانگری دارد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۱۵). نقشه پهنه‌بندی زلزله ایران نشان می‌دهد که اکثر نواحی شهری و غیر شهری با خطر وقوع زلزله روبرو می‌باشند (سرور و کاشانی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶، ص. ۹۰). سرزمین ایران بر روی کمر بند زلزله خیز قرار دارد که همین عامل باعث شده بسیار آسیب‌پذیر شود، بنابراین هرگونه سنجش علمی بسیار با اهمیت می‌باشد (غفوری-آشتیانی<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹، ص. ۱۷). زمین‌لرزه‌های امروزی، بیانگر تغییرات ژئودینامیکی در حال حاضر پسته ایران و نبود تعادل در آن می‌باشد (قائدرحمتی و همکاران، ۱۳۹۰، ص. ۱۱۸). البته عواملی همچون فاصله از گسل بیشترین قشر را در آسیب‌ها ایفا می‌کنند (کمالی و همکاران، ۱۴۰۰، ص. ۱۶). بنابر وضعیت زلزله‌خیز کشور هیچ نقطه‌ای از ایران را نمی‌توان مصون از زلزله دانست (حسین‌زاده<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴، ص. ۶۲). بنابراین، کشور ایران از نظر قرار گرفتن در معرض خطر وقوع زلزله دارای استعداد بسیار زیادی است (رضائی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۲۸). زلزله تا حد زیادی مکانیسم‌های شهری را برای مدتی تحت تأثیر قرار خواهد داد (محمدی سرین، ۱۳۹۶، ص. ۶۹). در مطالعات شهری و شهرسازی، تاب‌آوری

1. Birkaman
2. Sarvar & Kashani
3. Ghafory Ashtyani
4. Hosseinzadeh
5. Rezaei

شهری یک مفهوم نسبتاً جدید است (جبارین<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۳۳). تاب‌آوری برگرفته از نظم و انضباط بیولوژیکی است که توانایی ارگانیسم یک سیستم برای مقاومت در برابر یک شوک، فاجعه، بیماری و بهبود یافتن از آن تعیین می‌گردد (عارفی و همکاران، ۱۳۹۲، ص. ۳۲). با توجه به رشد سریع جمعیت تغییراتی بسیاری در کاربری شهرها ایجاد شده است این تغییرات در کاربری اراضی نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی بیشتری می‌باشد (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۵، ص. ۱۷۰). یکی از عوامل محدودکننده، که باعث بروز مسائل بسیاری شده است توسعه شهری می‌باشد (حسین‌زاده و پناهی، ۱۳۹۴، ص. ۱۶). به صورت کلی از منظر بحران شهری، می‌توان تاب‌آوری یا «انعطاف‌پذیری» شهری را به توانایی یک منطقه یا نظام شهری جهت مقاومت در برابر سیل گسترده‌ای از شوک و تنش معنا کرد (چراغی و همکاران، ۱۳۹۲، ص. ۵۳). یک شهر تاب‌آور، شبکه‌ای از سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، سیاسی، روانی و کالبدی پایدار جامعه است (نبوی رضوی و طیبیان، ۱۴۰۰، ص. ۷۰). براساس مطالعات انجام شده در دنیا، میزان آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن در نواحی خطرپذیر شهر، بسته به سطح زندگی و شرایط اجتماعی و فیزیکی آن‌ها در نقاط مختلف متفاوت است (احدنژاد روشتی و همکاران، ۱۳۸۹، ص. ۱۷۳). بنابراین، تحلیل و افزایش تاب‌آوری در مقابل مخاطرات طبیعی به حوزه مهم و گسترده‌ای در حیطه برنامه‌ریزی و مدیریت مخاطرات تبدیل شده است (قدیری و همکاران، ۱۳۹۴، ص. ۸). رویارویی و ایستادگی در برابر حوادث و بلایای طبیعی یکی از پرچمدال‌ترین و اصلی‌ترین موضوعات برای بیشتر کشورهای است (کاتر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶، ص. ۳۲). ضرورت بازنگری در ساختار شهری به جهت افزایش تاب‌آوری از اهمیت زیادی برخوردار است (پوراحمد و حاتمی<sup>۳</sup>، ۲۰۲۲، ص. ۳۹). این بازنگری در دسترسی به شبکه معابر اصلی، دسترسی به نهادهای امدادرسان، ضوابط فنی و الگوهای ساخت‌وساز، دسترسی به آتش‌نشانی، استحکام بناهای عمومی، توزیع خدمات، بازسازی و به‌سازی ساختمان‌های ناپایدار، کاربری زمین، کلاس دانه‌بندی، حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی و نسبت راه به ساختمان ضروری است. با توجه به اهمیت زلزله ۷/۳ ریشتر در استان کرمانشاه و حادثه ۲۱ آبان‌ماه ۱۳۹۶ و همچنین به این دلیل که این استان بر روی تعدادی گسل قرار داشته و منطقه از این نظر زلزله‌خیز می‌باشد، بنابراین ارزیابی میزان تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل خطر وقوع زلزله اهمیت و ضرورت دارد. با اهمیت دادن به موارد مطرح شده، این ضرورت احساس می‌شود که با ایجاد کردن یک مدل مناسب و استفاده کردن از انواع داده‌های مکانی و غیرمکانی و انجام دادن تحلیل‌های مربوط در سیستم اطلاعات جغرافیایی و از همه مهم‌تر با استفاده از تجارب جهانی موجود در این زمینه می‌توان به نقشه خطرپذیری شهرهای ایران در این پژوهش به ارزیابی میزان تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل خطر زلزله پرداخته شده است در برابر زلزله رسید و در کنار این موضوع با کسب آمادگی‌هایی که لازم می‌باشد، این سانحه را به یک فرآیند برنامه‌ریزی شده در مدیریت بحران ناشی

1. Jabareen

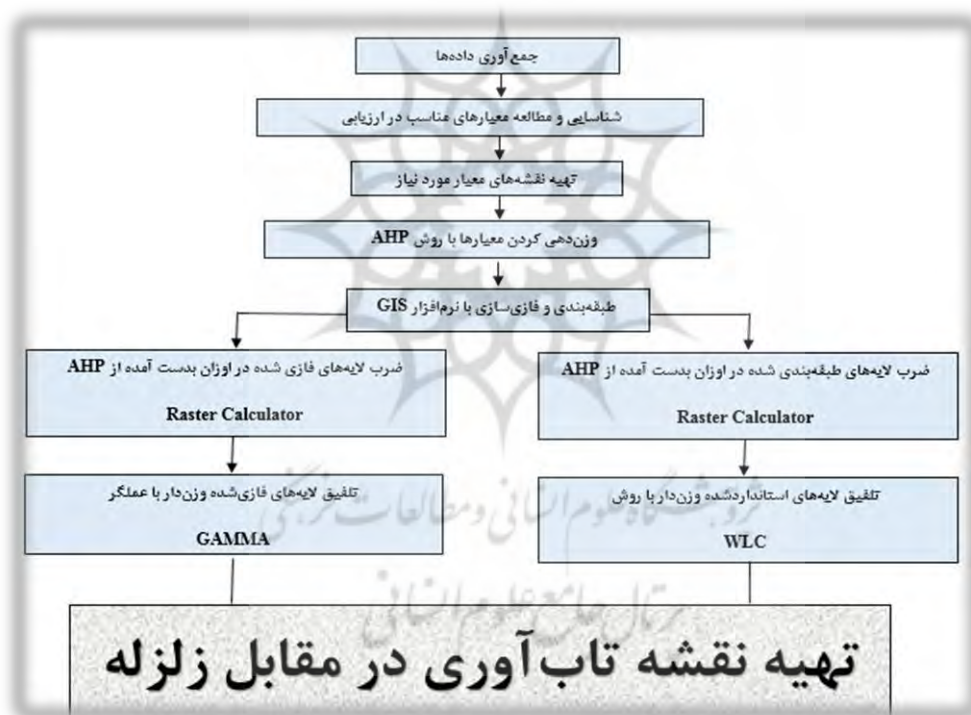
2. Cutter

3. Pourahmad &amp; Hatami

از مخاطرات طبیعی رسانند (جهان‌بخشی، ۱۳۹۳، ص. ۲۳). بنابراین، به سادگی می‌توان دریافت که بررسی و ارزیابی پتانسیل شهر در مقابله با بلایای طبیعی (مانند زلزله) و برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب جهت کاهش آثار مخرب آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (اسمیت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳، ص. ۲۳). مسئله تاب‌آوری در نظام‌های شهری لازم و ضروری است (فورگته و وان‌بوئینگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹، ص. ۶).

## ۲. روش شناسی

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی و از نظر روش توصیفی و تحلیلی است. در این تحقیق از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، از داده‌ها و اطلاعات شهرداری شهر اسلام‌آبادغرب، گزارش‌های موجود شامل مطالعات قبلی انجام شده در منطقه و مطالعات و طرح‌هایی که توسط معاونت برنامه‌ریزی استانداری انجام گرفته، استفاده شده است. شکل ۱، روند اجرایی انجام این پژوهش را نشان می‌دهد.



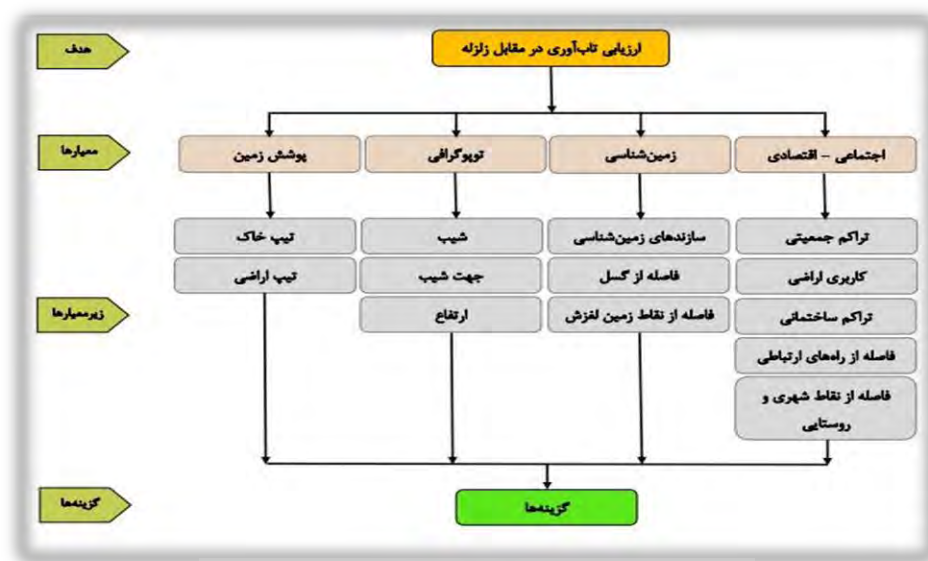
شکل ۱. فرآیند پژوهش جهت ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)<sup>۳</sup>: مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) روشی سیستماتیک برای ارزیابی مجموعه‌ای از گزینه‌های تصمیم‌گیری براساس چندین معیار است. طی دو دهه گذشته رشد قابل

1. Smith  
2. Forgette & Van Boening  
3. Multi Criteria Decision Making

توجهی در برنامه‌های MCDM وجود داشته است (والینوس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸، ص. ۱۳۴۲). از مسائل تصمیم‌گیری یا ارزیابی‌هایی که شامل داده‌های جغرافیایی (مکانی) است، به عنوان موضوعات تصمیم‌گیری مکانی یاد می‌شود. این نوع مسائل معمولاً با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)<sup>۲</sup> برطرف می‌شوند. با این حال، GIS توانایی محدودی در مدیریت اطلاعاتی که نیازمند اولویت‌بندی است، دارد. این محدودیت را می‌توان با تلفیق GIS و MCDM برطرف کرد (مالزئوسکی<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹، ص. ۴). طی دو دهه اخیر روش‌های متعدد MCDM مبتنی بر GIS توسعه یافته است. از جمله این روش‌ها، می‌توان به روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP)<sup>۴</sup> و ترکیب خطی وزنی (WLC)<sup>۵</sup> اشاره کرد. در تحقیق حاضر، از دو روش هم‌پوشانی نقشه‌های معیار جهت ایجاد نقشه نهایی تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آباد غرب انتخاب شده است. وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش AHP و سپس هم‌پوشانی نقشه‌های معیار طبقه‌بندی شده وزن‌دار با استفاده از مدل WLC در محیط نرم‌افزار GIS ۲- وزن‌دهی معیارهای تحقیق با روش AHP و سپس هم‌پوشانی نقشه‌های معیار فازی شده وزن‌دار با استفاده از عملگر گامای (GAMMA) فازی در محیط نرم‌افزار GIS. به این ترتیب با استفاده از دو مدل فوق، به صورت جداگانه نقشه ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آباد غرب تهیه می‌شود و نتایج این دو روش مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در این پژوهش برای استفاده از نظرات و تجربیات کارشناسان، جهت وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. پس از تعیین معیارها و زیرمعیارها و همچنین تهیه پرسشنامه و توزیع و جمع‌آوری آن‌ها، اقدام به وارد کردن اطلاعات این پرسشنامه در نرم‌افزار Expert Choice شد که هر معیار و زیرمعیار در این نرم‌افزار با توجه به اهمیتی که کارشناسان در پرسشنامه مشخص کرده بودند، وزن‌دهی شدند. در این تحقیق پارامترهای تعیین شده، زیرمجموعه‌ای از چهار معیار اصلی زمین‌شناسی، پوشش زمین، توپوگرافی و اجتماعی - اقتصادی می‌باشند. شکل ۲، ساختار سلسله مراتبی تهیه شده برای روش AHP را نشان می‌دهد.

1. Wallenius
2. Geographic Information System
3. Malczewski
4. Analytic Hierarchy Process
5. Weighted Linear Combination



شکل ۲. ساختار سلسله مراتبی تهیه شده برای روش AHP

جداول مقایسه زوجی برای ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله شهر اسلام‌آبادغرب: پس از رسم ساختار سلسله مراتبی جداول مقایسه زوجی آماده شد. زیرمعیارهای هر معیار اصلی با هم و معیارهای اصلی نیز با هم تشکیل یک جدول مقایسه زوجی می‌دهند.

### ۱.۲. جداول مقایسه زوجی برای ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله شهر اسلام‌آبادغرب

پس از رسم ساختار سلسله مراتبی جداول مقایسه زوجی آماده شد. زیرمعیارهای هر معیار اصلی با هم و معیارهای اصلی نیز با هم تشکیل یک جدول مقایسه زوجی می‌دهند. در ادامه جداول مقایسه زوجی برای ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله شهر اسلام‌آبادغرب نشان داده

#### جدول ۱. مقایسه زوجی معیارها

| وزن   | اجتماعی - اقتصادی | توپوگرافی | پوشش زمین | زمین‌شناسی | معیارها           |
|-------|-------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| ۰/۵۴۹ | ۵                 | ۵         | ۳         | ۱          | زمین‌شناسی        |
| ۰/۲۴۸ | ۳                 | ۳         | ۱         | ۰/۳۳۳۳     | پوشش زمین         |
| ۰/۱۲۹ | ۳                 | ۱         | ۰/۳۳۳۳    | ۰/۲        | توپوگرافی         |
| ۰/۰۷۴ | ۱                 | ۰/۳۳۳۳    | ۰/۳۳۳۳    | ۰/۲        | اجتماعی - اقتصادی |
|       |                   | ۰/۰۷      |           |            | ضریب ناسازگاری    |

جدول ۲. مقایسه زوجی زیرمعیارهای پوشش زمین

| وزن   | تیب اراضی | تیب خاک | زیرمعیارهای پوشش زمین |
|-------|-----------|---------|-----------------------|
| ۰/۸۳۳ | ۵         | ۱       | تیب خاک               |
| ۰/۱۶۷ | ۱         | ۰/۲     | تیب اراضی             |
|       | ۰/۰۰      |         | ضریب ناسازگاری        |

جدول ۳. مقایسه زوجی زیرمعیارهای اجتماعی - اقتصادی

| وزن   | فاصله از نقاط شهری و روستایی | فاصله از راه‌های ارتباطی | تراکم ساختمانی | کاربری اراضی | تراکم جمعیتی | زیرمعیارهای اجتماعی - اقتصادی |
|-------|------------------------------|--------------------------|----------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| ۰/۴۶۲ | ۵                            | ۷                        | ۳              | ۳            | ۱            | تراکم جمعیتی                  |
| ۰/۲۵۲ | ۵                            | ۳                        | ۳              | ۱            | ۰/۳۳۳۳       | کاربری اراضی                  |
| ۰/۱۶۱ | ۵                            | ۳                        | ۱              | ۰/۳۳۳۳       | ۰/۳۳۳۳       | تراکم ساختمانی                |
| ۰/۰۷۸ | ۳                            | ۱                        | ۰/۳۳۳۳         | ۰/۳۳۳۳       | ۰/۱۴۲۸       | فاصله از راه‌های ارتباطی      |
| ۰/۰۴۷ | ۱                            | ۰/۳۳۳۳                   | ۰/۲            | ۰/۲          | ۰/۲          | فاصله از نقاط شهری و روستایی  |
|       |                              | ۰/۰۸                     |                |              |              | ضریب ناسازگاری                |

جدول ۴. مقایسه زوجی زیرمعیارهای توپوگرافی

| وزن   | ارتفاع | جهت شیب | شیب    | زیرمعیارهای توپوگرافی |
|-------|--------|---------|--------|-----------------------|
| ۰/۶۳۷ | ۵      | ۳       | ۱      | شیب                   |
| ۰/۲۵۸ | ۳      | ۱       | ۰/۳۳۳۳ | جهت شیب               |
| ۰/۱۰۵ | ۱      | ۰/۳۳۳۳  | ۰/۲    | ارتفاع                |
|       |        | ۰/۰۴    |        | ضریب ناسازگاری        |

جدول ۵. مقایسه زوجی زیرمعیارهای زمین‌شناسی

| وزن   | فاصله از نقاط زمین لغزش | فاصله از گسل | سازندهای زمین‌شناسی | زیرمعیارهای زمین‌شناسی  |
|-------|-------------------------|--------------|---------------------|-------------------------|
| ۰/۶۳۷ | ۵                       | ۳            | ۱                   | سازندهای زمین‌شناسی     |
| ۰/۲۵۸ | ۳                       | ۱            | ۰/۳۳۳۳              | فاصله از گسل            |
| ۰/۱۰۵ | ۱                       | ۰/۳۳۳۳       | ۰/۲                 | فاصله از نقاط زمین لغزش |
|       |                         | ۰/۰۴         |                     | ضریب ناسازگاری          |

ارزش‌گذاری و روی‌هم‌گذاری نقشه‌های معیار جهت تهیه نقشه نهایی تاب‌آوری در مقابل زلزله به روش WLC: در روش WLC جهت تهیه نقشه نهایی تاب‌آوری در مقابل زلزله، ابتدا نیاز به طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری نقشه‌های معیار از نظر میزان تاب‌آوری در مقابل زلزله می‌باشد. بنابراین، بعد از انتخاب معیارها و زیرمعیارهای مورد نیاز پژوهش که با توجه به نظر کارشناسان طراحی شده‌است و ۱۵ تا پرسشنامه طراحی گردید که با نظر کارشناسان

پاسخ داده شد و تعیین وزن آن‌ها از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی، با استفاده از منابع علمی و نظرخواهی از متخصصین طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری عددی هریک از زیرمعیارها از نظر میزان تاب‌آوری گردید. جهت بررسی تاب‌آوری شهر اسلام‌آباد غرب در مقابل زلزله از ۴ معیار اجتماعی-اقتصادی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین استفاده شده است که شامل ۱۳ زیرمعیار می‌باشد این معیارها شامل، فاصله از خطوط گسل، فاصله از نقاط زمین لغزش، واحدهای زمین‌شناسی، واحدهای خاک‌شناسی، شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، تراکم جمعیت، تراکم واحدهای مسکونی، کاربری اراضی، تیپ اراضی، قابلیت جابه‌جایی در شرایط بحرانی و فاصله از نقاط شهری و روستایی می‌باشند. برای این کار از ۵ طیف لیکرت استفاده شد که به شرح زیر است:

جدول ۶. ارزش‌گذاری زیرمعیارها از نظر میزان تاب‌آوری در مقابل زلزله

| تاب‌آوری خیلی کم | تاب‌آوری کم | تاب‌آوری متوسط | تاب‌آوری زیاد | تاب‌آوری خیلی زیاد |
|------------------|-------------|----------------|---------------|--------------------|
| ۱                | ۳           | ۵              | ۷             | ۹                  |

جدول ۷. طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری زیرمعیارهای توپوگرافی از نظر میزان آسیب‌پذیری در مقابل زلزله

| معیار     | زیرمعیار   | طبقه‌بندی زیرمعیارها | میزان آسیب‌پذیری |    |       |      |
|-----------|--|----------------------|------------------|----|-------|------|
|           |  |                      | خیلی کم          | کم | متوسط | زیاد |
| توپوگرافی | شیب  | ۰ - ۲                | *                |    |       |      |
|           |  | ۲ - ۷                | *                |    |       |      |
|           |  | ۷ - ۱۲               | *                |    |       |      |
|           |  | ۱۲ - ۲۰              | *                |    |       |      |
|           |  | > ۲۰                 | *                |    |       |      |
|           | جهت شیب (به تناسب اسکان جمعیت در شهر اسلام‌آباد غرب) | شمال                 |                  |    |       |      |
|           |  | جنوب                 |                  |    |       |      |
|           |  | بدون جهت             |                  | *  |       |      |
|           |  | غرب                  |                  | *  |       |      |
|           |  | شرق                  |                  | *  |       |      |
| ارتفاع    | ۱۳۳۱ - ۱۳۴۵  |                      |                  |    |       |      |
|           | ۱۳۴۵ - ۱۳۶۰  |                      | *                |    |       |      |
|           | ۱۳۶۰ - ۱۳۷۵  |                      | *                |    |       |      |
|           | ۱۳۷۵ - ۱۳۹۰  |                      | *                |    |       |      |
|           | ۱۳۹۰ - ۱۴۰۴  |                      | *                |    |       |      |



جدول ۸. طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری زیرمعیارهای اجتماعی - اقتصادی از نظر میزان آسیب‌پذیری در مقابل زلزله

| میزان آسیب‌پذیری |      |       |    |         | طبقه‌بندی زیرمعیارها | زیرمعیار                        | معیار                |
|------------------|------|-------|----|---------|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| خیلی زیاد        | زیاد | متوسط | کم | خیلی کم |                      |                                 |                      |
| ۱                | ۳    | ۵     | ۷  | ۹       |                      |                                 |                      |
|                  |      |       |    | *       | ۰ - ۵۰               | تراکم جمعیتی                    | اجتماعی -<br>اقتصادی |
|                  |      |       | *  |         | ۵۰ - ۱۰۰             |                                 |                      |
|                  |      | *     |    |         | ۱۰۰ - ۱۵۰            |                                 |                      |
|                  | *    |       |    |         | ۱۵۰ - ۲۰۰            |                                 |                      |
| *                |      |       |    |         | ۲۰۰ - ۲۶۳            |                                 |                      |
|                  | *    |       |    |         | زراعات آبی و دیم     | کاربری اراضی                    |                      |
|                  |      | *     |    |         | جنگل تنک             |                                 |                      |
|                  |      |       | *  |         | محدوده شهری          |                                 |                      |
|                  |      |       |    | *       | ۰ - ۱۵               | تراکم ساختمانی                  |                      |
|                  |      |       | *  |         | ۱۵ - ۲۵              |                                 |                      |
|                  |      | *     |    |         | ۲۵ - ۳۵              |                                 |                      |
|                  | *    |       |    |         | ۳۵ - ۴۵              |                                 |                      |
| *                |      |       |    |         | > ۴۵                 |                                 |                      |
|                  |      |       |    | *       | ۰ - ۱۰               | فاصله از راه‌های<br>ارتباطی     |                      |
|                  |      |       | *  |         | ۱۰ - ۲۰              |                                 |                      |
|                  |      | *     |    |         | ۲۰ - ۵۰              |                                 |                      |
|                  | *    |       |    |         | ۵۰ - ۱۰۰             |                                 |                      |
| *                |      |       |    |         | > ۱۰۰                |                                 |                      |
| *                |      |       |    |         | ۰ - ۱۰۰              | فاصله از نقاط<br>شهری و روستایی |                      |
|                  | *    |       |    |         | ۱۰۰ - ۲۵۰            |                                 |                      |
|                  |      | *     |    |         | ۲۵۰ - ۵۰۰            |                                 |                      |
|                  |      |       | *  |         | ۵۰۰ - ۱۰۰۰           |                                 |                      |
|                  |      |       |    | *       | > ۱۰۰۰               |                                 |                      |

جدول ۹. طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری زیرمعیارهای زمین‌شناسی از نظر میزان آسیب‌پذیری در مقابل زلزله

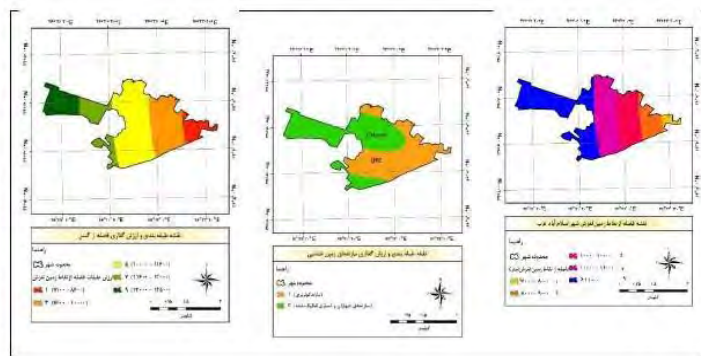
| میزان آسیب‌پذیری |      |       |    |         | طبقه‌بندی زیرمعیارها | زیرمعیار               | معیار      |
|------------------|------|-------|----|---------|----------------------|------------------------|------------|
| خیلی زیاد        | زیاد | متوسط | کم | خیلی کم |                      |                        |            |
| ۱                | ۳    | ۵     | ۷  | ۹       |                      |                        |            |
| *                |      |       |    |         | Qft2                 | سازندهای<br>زمین‌شناسی | زمین‌شناسی |
|                  | *    |       |    |         | EMas-sb              |                        |            |

| میزان آسیب پذیری |      |       |    |         | طبقه بندی زیرمعیارها | زیرمعیار                | معیار |
|------------------|------|-------|----|---------|----------------------|-------------------------|-------|
| خیلی زیاد        | زیاد | متوسط | کم | خیلی کم |                      |                         |       |
| ۱                | ۳    | ۵     | ۷  | ۹       | ۱۹۵۳ - ۳۰۰۰          | فاصله از گسل            |       |
| *                |      |       |    |         | ۳۰۰۰ - ۴۵۰۰          |                         |       |
|                  | *    |       |    |         | ۴۵۰۰ - ۶۵۰۰          |                         |       |
|                  |      | *     |    |         | ۷۵۰۰ - ۹۰۰۰          |                         |       |
|                  |      |       |    | *       | ۷۱۰۰ - ۸۶۰۰          | فاصله از نقاط زمین لغزش |       |
| *                |      |       |    |         | ۸۶۰۰ - ۱۰۰۰۰         |                         |       |
|                  | *    |       |    |         | ۱۰۰۰۰ - ۱۱۶۰۰        |                         |       |
|                  |      | *     |    |         | ۱۱۶۰۰ - ۱۳۰۰۰        |                         |       |
|                  |      |       | *  |         | ۱۳۰۰۰ - ۱۴۵۰۰        |                         |       |

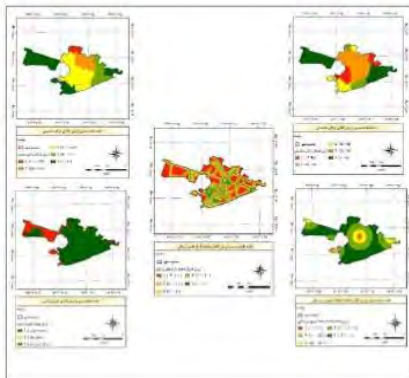
جدول ۱۰. طبقه بندی و ارزش گذاری زیرمعیارهای زمین شناسی از نظر میزان آسیب پذیری در مقابل زلزله

| میزان آسیب پذیری |      |       |    |         | طبقه بندی زیرمعیارها        | زیرمعیار  | معیار     |
|------------------|------|-------|----|---------|-----------------------------|-----------|-----------|
| خیلی زیاد        | زیاد | متوسط | کم | خیلی کم |                             |           |           |
| ۱                | ۳    | ۵     | ۷  | ۹       |                             | تیپ خاک   | پوشش زمین |
|                  |      |       |    | *       | تیپ یک                      |           |           |
|                  |      |       | *  |         | تیپ دو                      |           |           |
|                  |      |       |    | *       | مناطق مسکونی و صنعتی        | تیپ اراضی |           |
|                  |      |       | *  |         | تپه                         |           |           |
|                  |      | *     |    |         | دشت های آبرفتی و رودخانه ای |           |           |
| *                |      |       |    |         | دشت های دامنه ای            |           |           |

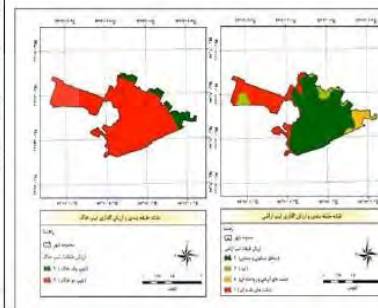
شکل ۱



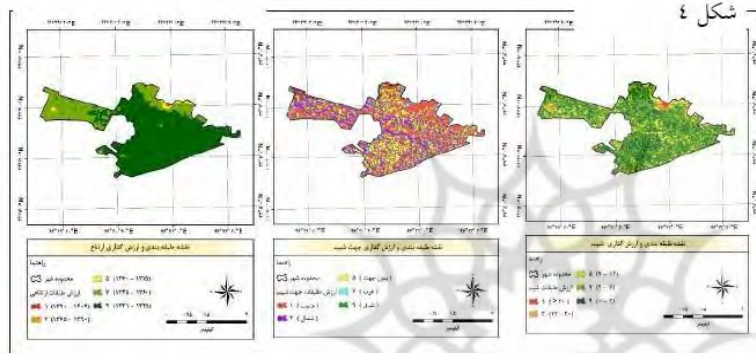
شکل ۲



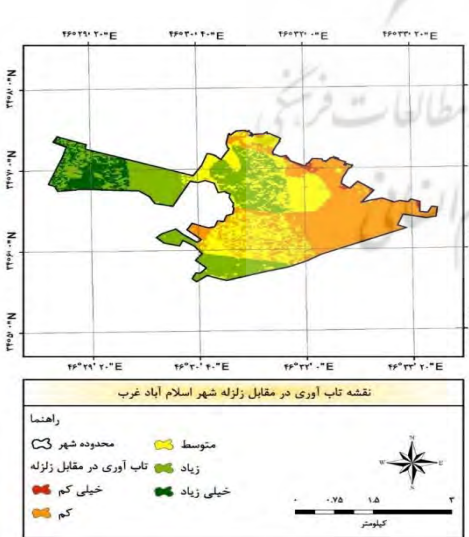
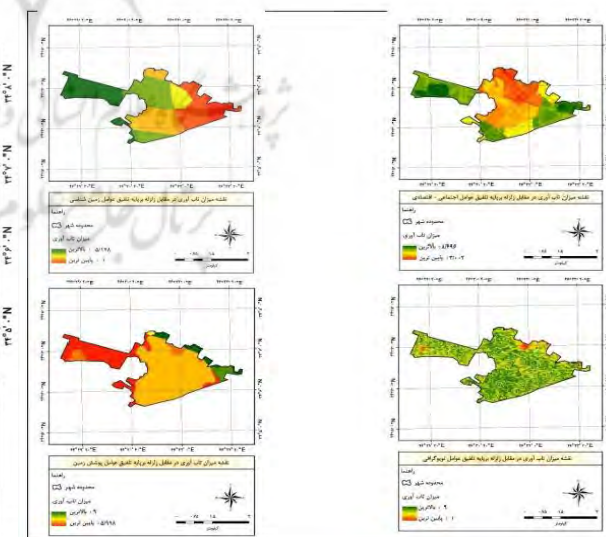
شکل ۳



شکل ۴



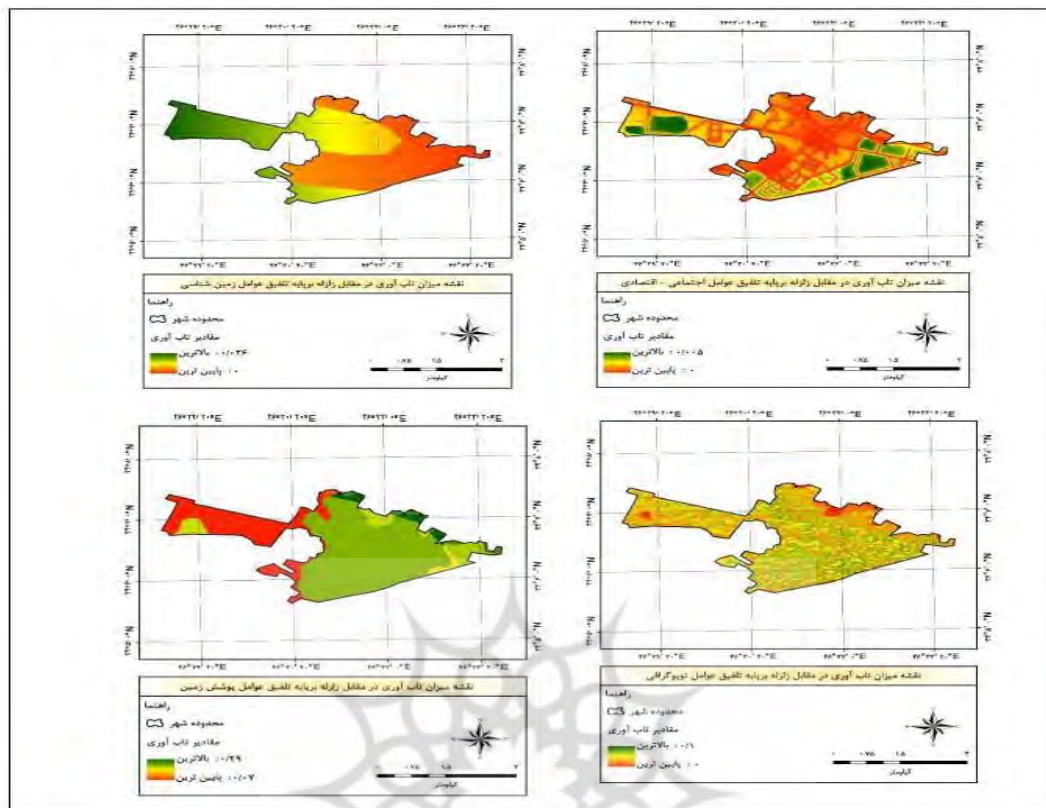
شکل ۳. نقشه‌های طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری شده زیرمعیارهای، معیارهای ۱- زمین‌شناسی ۲- اجتماعی - اقتصادی ۳- پوشش زمین ۴- توپوگرافی



شکل ۴. نقشه‌های تاب‌آوری در مقابل زلزله بر پایه معیارهای اجتماعی - اقتصادی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین به روش هم‌پوشانی WLC

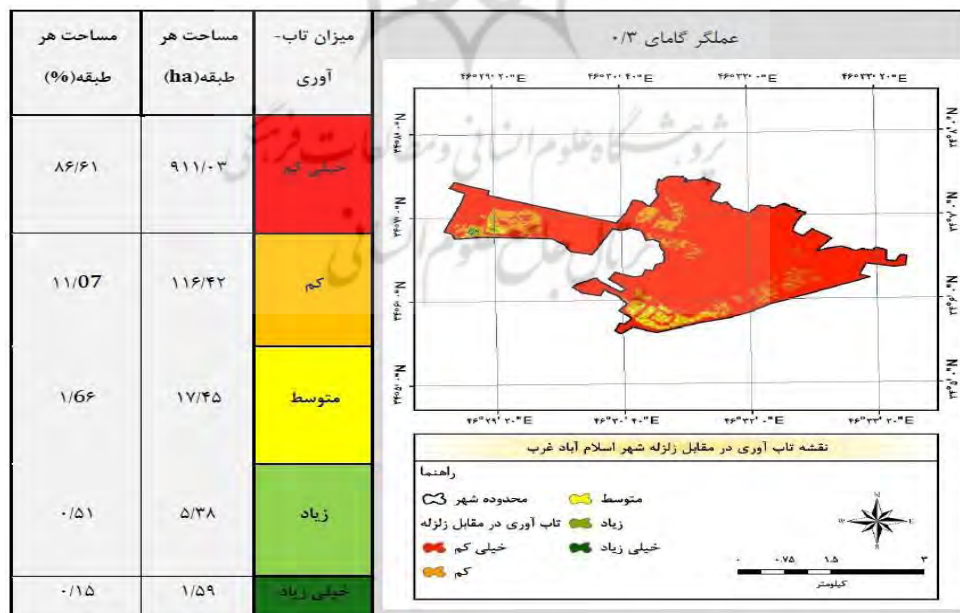
شکل ۵. نقشه تاب‌آوری در مقابل زلزله شهر اسلام‌آباد غرب با روش WLC

استانداردسازی و روی هم گذاری نقشه های معیار جهت تهیه نقشه نهایی تاب آوری در مقابل زلزله به روش روی هم گذاری فازی GAMMA: در این پژوهش جهت تهیه نقشه نهایی تاب آوری در مقابل زلزله از طریق روش فازی، ابتدا با استفاده از توابع عضویت دهی فازی در نرم افزار Arc GIS، هر کدام از نقشه های زیرمعیار از نظر میزان تاب آوری در مقابل خطر وقوع زلزله استانداردسازی و عضویت دهی فازی شدند. استاندارد نمودن داده ها به معنی همسان کردن تغییرات داده ها در دامنه ۰ تا ۱ است، زیرا معیارهای مورد استفاده در فرآیند ارزیابی ممکن است در واحدهای اندازه گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند. در نتیجه نمی توان عملیات ریاضی همچون جمع و تفریق را بر روی آنها انجام داد (کاظمی & س، ۱۳۹۵). سپس با ضرب کردن لایه های فازی شده در وزن به دست آمده از روش AHP، نقشه های استاندارد شده وزن دار تهیه گردید. در گام بعد هر کدام از پنج زیرمعیار اجتماعی - اقتصادی، سه زیرمعیار زمین شناسی، سه زیرمعیار توپوگرافی و دو زیرمعیار پوشش زمین که در مرحله قبل به شکل استاندارد شده وزن دار حاصل شده اند، به صورت مجزا با هم تلفیق و نقشه های تاب آوری در مقابل زلزله براساس چهار معیار مذکور تهیه شد. در نهایت برای تهیه نقشه نهایی از اپراتور فازی گاما جهت هم پوشانی چهار معیار اصلی اجتماعی - اقتصادی، زمین شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین استفاده گردید. تلفیق نقشه های معیار و تهیه نقشه نهایی تاب آوری در مقابل زلزله با استفاده از روش فازی: در این مرحله هر کدام از پنج زیرمعیار اجتماعی - اقتصادی، سه زیرمعیار زمین شناسی، سه زیرمعیار توپوگرافی و دو زیرمعیار پوشش زمین که در مرحله قبل به شکل استاندارد شده وزن دار حاصل شده اند، به صورت مجزا با استفاده از عملگر فازی گامای ۰/۵ با یکدیگر تلفیق و نقشه های تاب آوری در مقابل زلزله براساس چهار معیار مذکور تهیه شد. پس از ایجاد چهار نقشه معیار اجتماعی - اقتصادی، زمین شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین، برای تهیه نقشه نهایی تاب آوری در مقابل زلزله از طریق روش روی هم گذاری فازی گاما، چهار نقشه معیار اجتماعی - اقتصادی، زمین شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین نیز با استفاده از مقادیر گامای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹ با یکدیگر تلفیق و سه نقشه تاب آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام آباد غرب ایجاد شد. در نهایت نقشه های مذکور از نظر میزان تاب آوری در مقابل زلزله به پنج کلاس با تاب آوری خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم طبقه بندی شد.



شکل ۶. نقشه‌های تاب‌آوری در مقابل زلزله بر پایه معیارهای اجتماعی - اقتصادی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و

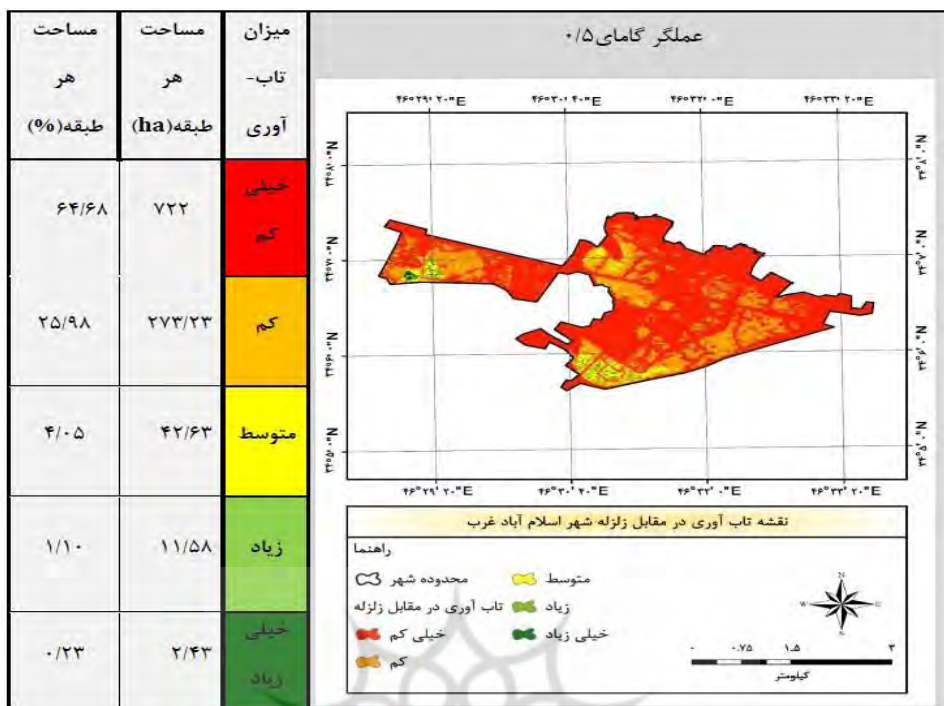
پوشش زمین به روش هم‌پوشانی فازی GAMMA



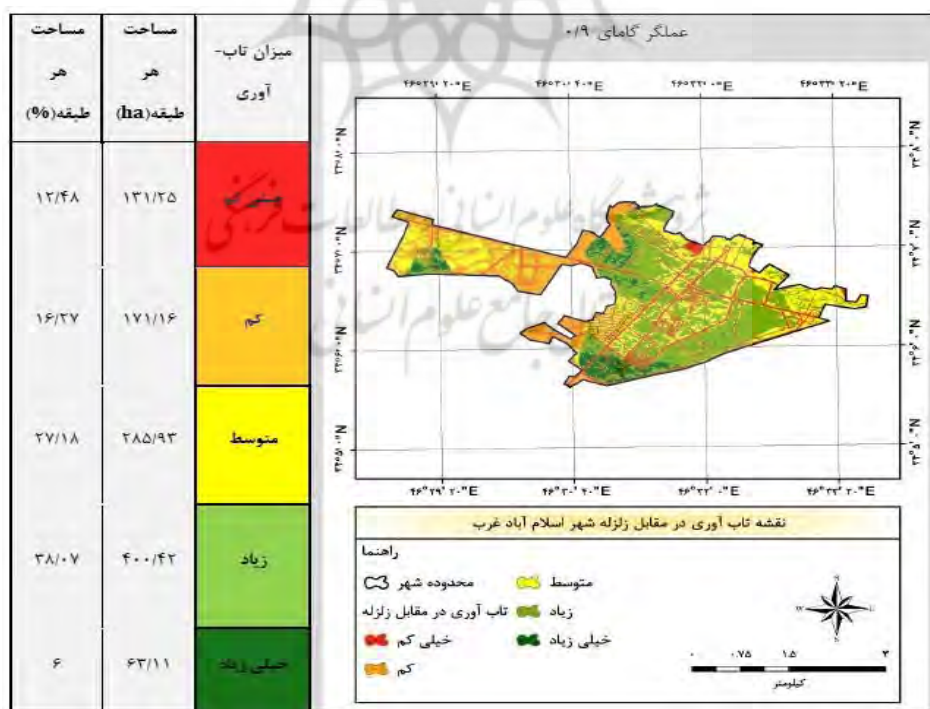
شکل ۷. نقشه تاب‌آوری در مقابل زلزله شهر اسلام‌آباد غرب با روش رویهم‌گذاری فازی گامای ۰/۳ به همراه

مساحت کلاس‌های تاب‌آوری





شکل ۸. نقشه تاب آوری در مقابل زلزله شهر اسلام آباد غرب با روش رویهم گذاری فازی گامای ۰/۵ به همراه مساحت کلاس های تاب آوری



شکل ۹. نقشه تاب آوری در مقابل زلزله شهر اسلام آباد غرب با روش رویهم گذاری فازی گامای ۰/۹ به همراه مساحت کلاس های تاب آوری

در این تحقیق جهت بررسی دقت و صحت مدل‌های WLC و عملگرهای فازی گامای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹ در تهیه نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری در مقابل زلزله از شاخص مجموع کیفیت (QS) استفاده شده است. هرچه مقدار QS برای یک مدل یا روش پهنه‌بندی بیشتر باشد، محاسبات و پیش‌بینی‌ها برای نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری با دقت بیشتری انجام گرفته است. با استفاده از شاخص QS علاوه بر این که می‌توان دقت محاسبات انجام شده مربوط به مدل WLC و عملگرهای فازی گاما را محاسبه کرد، می‌توان مقدار QS هر کلاس تاب‌آوری مربوط به هر کدام از مدل‌های مذکور را به صورت جداگانه به دست آورد و دقت و صحت محاسبات انجام گرفته برای هر کلاس تاب‌آوری را با سایر کلاس‌های تاب‌آوری مقایسه کرد. مقدار QS محاسبه شده برای هر یک از کلاس‌های تاب‌آوری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مربوط به نقشه پهنه‌بندی ایجاد شده توسط مدل WLC به ترتیب، ۰/۰۰۷، ۰/۲۹۳، ۰/۰۰۱، ۰/۲۴۷ و ۰/۰۶۳ می‌باشد. مقدار QS مربوط به کلاس تاب‌آوری «کم» با میزان ۰/۲۹۳ بیشتر از سایر کلاس‌های تاب‌آوری است. بنابراین، محاسبات مربوط به مساحت کلاس تاب‌آوری کم با دقت و صحت بیشتری نسبت به سایر کلاس‌های تاب‌آوری انجام گرفته است. مقدار QS کلاس‌های تاب‌آوری زیاد، خیلی زیاد، خیلی کم و متوسط در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین مقدار مجموع کیفیت (QS) به دست آمده برای مدل WLC، حاصل جمع جبری مقادیر QS به دست آمده برای کلاس‌های تاب‌آوری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. بنابراین، بر مبنای شاخص مجموع کیفیت (QS)، دقت و صحت مدل WLC در تهیه نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آبادغرب، مقدار ۰/۶۱۱ به دست آمده است. ارزیابی دقت روش پهنه‌بندی تاب‌آوری در مقابل خطر زلزله با استفاده از مدل WLC: با توجه به شکل ۷، ملاحظه می‌شود که مقدار QS مربوط به طبقه با تاب‌آوری کم با میزان ۰/۲۹۳ بیشتر از سایر طبقات می‌باشد. بنابراین، محاسبات مربوط به میزان مساحت این طبقه با بیشترین دقت و صحت انجام گرفته است. طبقه با تاب‌آوری زیاد نیز با مقدار QS برابر با ۰/۲۴۷ در رتبه بعدی قرار دارد. همچنین مقدار شاخص کیفیت (QS) برای نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری تهیه شده با مدل WLC، در مجموع ۰/۶۱۱ محاسبه شده است.

جدول ۱۱. جدول ارزیابی دقت نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری توسط عملگر گامای ۰/۳ و طبقات تاب‌آوری به دست

آمده توسط این مدل با استفاده از روش مجموع مطلوبیت (QS)

| ردیف | مساحت مناطق با حساسیت لغزش بسیار کم در هر طبقه تاب‌آوری (Si) | مساحت هر طبقه تاب‌آوری (Ai) | نسبت تراکمی (Dr) | مقدار QS در هر طبقه | مجموع کیفیت (QS) |
|------|--|-----------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| ۱    | ۰/۰۵   | ۸/۰۳                        | ۰/۰۱۲            | ۰/۰۰۷               | ۰/۶۱۱            |
| ۲    | ۱۲/۲۰  | ۳۵۳/۳                       | ۰/۰۶۶            | ۰/۲۹۳               |                  |
| ۳    | ۱۴۴/۷۷   | ۲۹۶/۹۲                      | ۰/۹۳۲            | ۰/۰۰۱               |                  |
| ۴    | ۳۱۳/۵۷   | ۳۱۳/۹۴                      | ۱/۹۱۰            | ۰/۲۴۷               |                  |
| ۵    | ۷۹/۶۲  | ۷۹/۶۸                       | ۱/۹۱۰            | ۰/۰۶۳               |                  |

| ردیف | مساحت مناطق با حساسیت لغزش بسیار کم در هر طبقه تاب آوری (Si) | مساحت هر طبقه تاب آوری (Ai) | نسبت تراکمی (Dr) | مقدار QS در هر طبقه | مجموع کیفیت (QS) |
|------|--|-----------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| جمع  | ۵۵۰/۲۱   | ۱۰۵۱/۸۷                     | -                | ۰/۶۱۱               |                  |

جدول ۱۲. جدول ارزیابی دقت نقشه پهنه‌بندی تاب آوری توسط عملگر گامای ۰/۵ و طبقات تاب آوری به

دست آمده توسط این مدل با استفاده از روش مجموع مطلوبیت (QS)

| شماره طبقه | میزان تاب آوری | مساحت مناطق با حساسیت لغزش بسیار کم در هر طبقه تاب آوری (Si) | مساحت هر طبقه تاب آوری (Ai) | نسبت تراکمی (Dr) | مقدار QS در هر طبقه | مجموع کیفیت (Q) (S) |
|------------|----------------|--|-----------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| ۱          | خیلی کم        | ۳۳۱/۸۵   | ۷۲۲                         | ۰/۸۷۹            | ۰/۰۱۰               | ۰/۰۵۲               |
| ۲          | کم             | ۱۶۴/۴۴   | ۲۷۳/۲۳                      | ۱/۱۵۱            | ۰/۰۰۶               |                     |
| ۳          | متوسط          | ۳۹/۸۲  | ۴۲/۶۳                       | ۱/۷۸۶            | ۰/۰۲۵               |                     |
| ۴          | زیاد           | ۱۱/۶۱  | ۱۱/۵۸                       | ۱/۹۱۷            | ۰/۰۰۹               |                     |
| ۵          | خیلی زیاد      | ۲/۴۹   | ۲/۴۳                        | ۱/۹۵۹            | ۰/۰۰۲               |                     |
| ۶          | جمع            | ۵۵۰/۲۱   | ۱۰۵۱/۸۷                     | -                | ۰/۰۵۲               |                     |

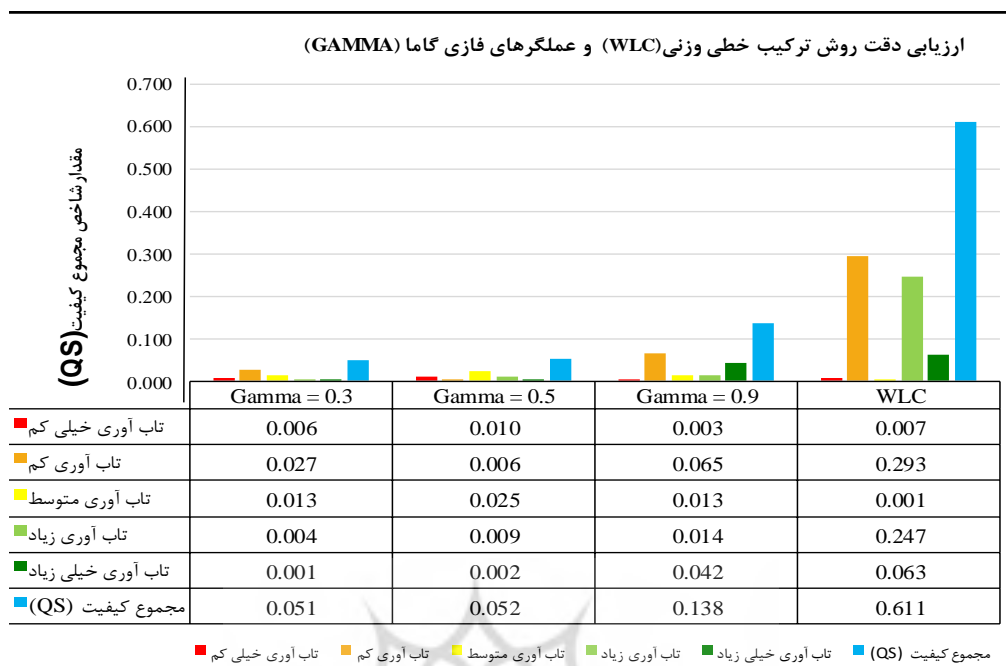
جدول ۱۳. ارزیابی دقت نقشه پهنه‌بندی تاب آوری توسط عملگر گامای ۰/۹ و طبقات تاب آوری به دست آمده

توسط این مدل با استفاده از روش مجموع مطلوبیت (QS)

| شماره طبقه | میزان تاب آوری | مساحت مناطق با حساسیت لغزش بسیار کم در هر طبقه تاب آوری (Si) | مساحت هر طبقه تاب آوری (Ai) | نسبت تراکمی (Dr) | مقدار QS در هر طبقه | مجموع کیفیت (QS) |
|------------|----------------|--|-----------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| ۱          | خیلی کم        | ۵۷/۹۹  | ۱۳۱/۲۵                      | ۰/۸۴۵            | ۰/۰۰۳               | ۰/۱۳۸            |
| ۲          | کم             | ۱۴۵/۹۸   | ۱۷۱/۱۶                      | ۱/۶۳۱            | ۰/۰۶۵               |                  |
| ۳          | متوسط          | ۱۱۶/۶۱   | ۲۸۵/۹۳                      | ۰/۷۸۰            | ۰/۰۱۳               |                  |
| ۴          | زیاد           | ۱۶۸/۸۸   | ۴۰۰/۴۲                      | ۰/۸۰۶            | ۰/۰۱۴               |                  |
| ۵          | خیلی زیاد      | ۶۰/۷۴  | ۶۳/۱۱                       | ۱/۸۴۰            | ۰/۰۴۲               |                  |
| ۶          | جمع            | ۵۵۰/۲۱   | ۱۰۵۱/۸۷                     | -                | ۰/۱۳۸               |                  |

با توجه به نتایج حاصل از جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲، مشاهده می‌شود که مقدار مجموع کیفیت (QS) مربوط به نقشه‌های پهنه‌بندی تاب آوری در مقابل زلزله با استفاده از عملگرهای فازی گامای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹ به ترتیب ۰/۰۵۱، ۰/۰۵۲ و ۰/۱۳۸ می‌باشد. بنابراین، در میان مدل‌های فازی، بیشترین دقت و صحت در تهیه نقشه پهنه‌بندی تاب آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آبادغرب، مربوط به عملگر فازی گامای ۰/۹ می‌باشد.





شکل ۱۰. ارزیابی دقت و مقایسه روش‌های WLC و عملگرهای فازی گامای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹ با استفاده از

### شاخص مجموع کیفیت QS

### ۳. بحث

در مقایسه بین یافته‌های این تحقیق با باقری‌مراغه و همکاران (۱۴۰۱) تحقیقی با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهر شیروان در مواجهه با زلزله انجام دادند و همانند تحقیق حاضر با استفاده از چهارمعیار کالبدی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی شهر شیروان را مورد ارزیابی تاب‌آوری قرار دارند و به نتایج مطلوبی رسیدند که از آن جمله می‌توان به تاثیر گذاری و تاثیرپذیری تاب‌آوری از عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اشاره کرد. همچنین یافته‌های این تحقیق همانند کبیر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند چهار معیار و زیرمعیارهایی که شامل گسل، نقاط زمین لغزش، واحدهای زمین‌شناسی، خاک، شیب، جهت‌شیب، ارتفاع، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی، کاربری اراضی، تپ اراضی، فاصله از نقاط شهری و روستایی، تراکم جمعیت و تراکم ساختمان‌های مسکونی می‌باشد هر کدام همانند تحقیق حاضر نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزیابی تاب‌آوری شهر دارند. از طرفی فریدی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۱) همانند تحقیق حاضر به این نتیجه رسیدند که علم و فناوری می‌تواند نقش اساسی در توانایی کاهش تلفات جانی، کمتر شدن خسارات و زیرساخت‌های حیاتی داشته باشد. همچنین در یافته‌های ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان تحقیقی با هدف ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر پیرانشهر) می‌توان دید که همانند پژوهش حاضر از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرده‌اند و به نتایج مطلوبی جهت ارزیابی شهر

1. Kabir  
2. Freddi

پیرانشهر دست پیدا کرده اند که قابل توجه می باشد. در نهایت صالحی پور میلانی و همکاران (۱۴۰۰) تحقیقی با هدف ارزیابی آسیب پذیری و تاب آوری شهر رزن در برابر زلزله انجام دادند که همانند تحقیق حاضر میزان تاب آوری و آسیب پذیری شهر رزن را در برابر زلزله سنجیدند.

#### ۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج ارزیابی دقت، نقشه پهنه بندی تاب آوری تولید شده توسط عملگر فازی گامای ۰/۹ دارای دقت و صحت بیشتری نسبت به نقشه پهنه بندی تولید شده توسط عملگرهای گامای ۰/۵ و ۰/۳ می باشد. دومین مدل تلفیقی مورد استفاده در این پژوهش جهت تهیه نقشه پهنه بندی تاب آوری در مقابل زلزله، روش ترکیب خطی وزنی (WLC) می باشد. از جمله موارد قابل توجه و مزیت های این روش نسبت به روش گاما دقت، سهولت و سرعت انجام کار آن می باشد و این که جزئیات بیشتری را نشان می دهد. با توجه به طیف وسیع کلاس بندی که در روش WLC استفاده می گردد، قدرت تصمیم گیری مدیران و برنامه ریزان را بالاتر برده و می توان با نتایج به دست آمده در جهت کاهش هزینه ها اعم از هزینه های اقتصادی، اقدامات مناسبی را به خصوص در ارتباط با حوادث طبیعی مانند زلزله اعمال نمود. روش WLC علاوه بر این که همه پارامترها یا معیارها را با هم تلفیق می کند، اهمیت هر یک از معیارها را براساس وزن نیز مد نظر قرار می دهد. همانطور که اشاره شد، جهت وزن دهی به معیارها و زیرمعیارهای پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی در این پژوهش نیز کاربرد این مدل را کارا و قابل اجرا برای حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره نشان داد. همچنین لحاظ نمودن وزن و اهمیت نسبی معیار و زیرمعیار، موجب بالا رفتن کارایی این مدل شده است. با بررسی و مقایسه روش WLC و عملگر فازی گاما در این تحقیق، مشخص گردید که روش WLC علی رغم سادگی آن، دارای کارایی بسیار بالایی است و این قدرت را به تصمیم گیر می دهد که برای عوامل مختلف برحسب میزان اهمیت آنها، وزن های متفاوتی را اختصاص دهد. در اثر این برتری، نتیجه حاصل از ارزیابی تاب آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام آباد غرب به روش WLC دارای دقت و تفکیک بیشتری نسبت به مدل تلفیقی گامای فازی می باشد. همچنین با توجه به این که موضوع تاب آوری تا حد زیادی وابسته به استدلال تصمیم گیری می باشد، روش WLC نسبت به عملگر فازی گاما دارای کارایی بیشتری است. همچنین نقشه پهنه بندی تاب آوری تولید شده توسط مدل WLC نشان داد که نواحی غربی و جنوبی شهر اسلام آباد غرب از بیشترین میزان تاب آوری در مقابل زلزله برخوردار است و کمترین میزان تاب آوری مربوط به نواحی شرقی و شمال شرقی شهر می باشد.

با توجه به تجربیات و نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر پیشنهاد های زیر برای انجام مطالعات آینده ارائه می شود:

۱- در این مطالعه با توجه به محدودیت های موجود در جمع آوری لایه های اطلاعاتی، از میان عوامل موثر جهت تهیه نقشه پهنه بندی تاب آوری در مقابل زلزله در مجموع از ۱۳ عامل در قالب معیارهای اقتصادی - اجتماعی،

زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین استفاده شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی در صورت امکان از سایر عوامل مانند کیفیت بنا، قدمت بنا، نوع مصالح، تعداد طبقات ساختمان و تراکم تجاری در قالب معیار کالبدی نیز مورد توجه قرار گیرد، زیرا افزایش تعداد عوامل و وارد کردن آن‌ها به مدل‌ها سبب افزایش دقت در مطالعه ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله در منطقه مورد مطالعه می‌شود. ۲- با توجه به روند تکاملی GIS در ایران، بهتر است برای تهیه نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل زلزله، از سایر مدل‌ها و روش‌های تحلیلی پیشرفته مبتنی بر تلفیق GIS و MCDM نیز استفاده شود و با مدل‌های پیشنهاد شده در این تحقیق مقایسه شود. یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) که می‌تواند بستری مناسب را برای تعریف سناریوهای مختلف ارزیابی، تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی استراتژی‌های تصمیم‌گیری فراهم کند، روش میانگین وزنی مرتب شده (OWA)<sup>۱</sup> می‌باشد. ۳- از آنجایی که نواحی شرقی و شمال شرقی شهر اسلام‌آبادغرب دارای تاب‌آوری پایینی در مقابل زلزله می‌باشد، بنابراین ضروری است که طرح‌های مربوط به مدیریت بحران زلزله که توسط ارگان‌ها و سازمان‌های مربوطه انجام می‌شود، حتی المقدور در این نواحی از شهر اسلام‌آبادغرب سرمایه‌گذاری شود. ۴- با توجه به پایین بودن تاب‌آوری نواحی شرقی و شمال شرقی شهر اسلام‌آبادغرب در مقابل زلزله، لازم است که از احداث و ساخت و سازها در نزدیکی این مناطق جلوگیری شود. ۵- یکی از محدودیت‌های این پژوهش کمبود یا نبود اطلاعات جامع مکانی از تمامی جزئیات و عناصر شهری در ادارات و سازمان‌های مربوطه در شهر اسلام‌آبادغرب می‌باشد. بنابراین ضروری است تا سازمان‌ها و ادارات مربوطه به ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع و مدونی از تمام جزئیات و عناصر شهری بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام کنند و همچنین اطلاعات مکانی مربوط به این شهر در بازه‌های زمانی مختلف تهیه و بروزرسانی شود. ۶- از آنجایی که بافت شهر اسلام‌آبادغرب نسبتاً قدیمی و فرسوده است، بنابراین لازم است که بر ساخت‌وسازها در بافت‌های فرسوده شهر نظارت و کنترل اصولی وجود داشته باشد و در بهبود شرایط این بافت‌ها در قالب طرح‌های بهسازی و نوسازی اقدامات لازم انجام شود. ۷- فرهنگ ایمنی و آمادگی مردم در برابر حوادث طبیعی به‌ویژه خطر زلزله گسترش داده شود تا مردم در اقدامات، آمادگی و ایمن‌سازی در برابر سوانحی مانند زلزله مشارکت کنند.

### کتاب‌نامه

۱. ابراهیم‌زاده، ع.، کاشفی‌دوست، د.، و حسینی، س.ا. (۱۳۹۸). ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر پیرانشهر). *مخاطرات محیط طبیعی*، ۸(۲۰)، ۱۳۱-۱۴۶.
۲. احدنژاد روشتی، م.، قرخلو، م.، و زیاری، ک.ا. (۱۳۸۹). مدل سازی آسیب پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: شهر زنجان. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، ۱۹(۱)، ۱۷۱-۱۹۸.
۳. اسمیت، ک. (۱۳۹۸). *مخاطرات محیطی*. ترجمه: ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی نژاد. تهران: انتشارات سمت.

۴. باقری مراغه، ن.، معتمدی، م.، و مافی، ع.ا. (۱۴۰۱). ارزیابی تاب آوری شهر شیروان در مواجهه با زلزله. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۴)، ۳۲۹-۳۴۷.
۵. چورا احمد، ا.، و حاتمی، ا. (۱۴۰۱). ارزیابی میزان تاب آوری بافت تاریخی شهر کرمان در برابر زلزله و ارائه راهبردهای ارتقاء آن. فصلنامه جغرافیا، ۲۰(۷۲)، ۳۷-۵۹.
۶. جهان بخشی، م. (۱۳۹۳). تحلیل انطباق کاربری اراضی شهر اسلام آباد غرب با نظریات نوشهرگرایان. ایلام: موسسه آموزش عالی باختر ایلام.
۷. چراغی، م.، ملک جعفریان، ز.، عباسی، ج.، و بدری، س.ع. (۱۳۹۲). ارزیابی اثربخشی اجرای طرح هادی روستایی در آفرینش سکونتگاه های روستایی سرزنده (مطالعه موردی: دهستان غنی بیگلر، شهرستان زنجان). فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه ریزی توسعه کالبدی، ۲(۴)، ۵۰-۵۹.
۸. حسین زاده، م. م.، و پناهی، ر. (۱۳۹۴). بررسی محدودیت های ژئومورفولوژیک توسعه فیزیکی و مکان یابی جهت های توسعه آینده شهر سنقر. جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۲(۱)، ۱۵-۲۸.
۹. رضایی، م.ر. (۱۳۹۲). ارزیابی تاب آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی، مطالعه موردی: زلزله محله های شهر تهران. دوفصلنامه مدیریت بحران، ۲۷(۳)، ۲۷-۳۸.
۱۰. سرور، ه.، کاشانی اصل، ا. (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله. آمایش محیط، ۹(۳۴)، ۸۷-۱۰۸.
۱۱. صاحی پورمیلانی، ع. ر.، زمانی، م.، و صدوق، س.ح. (۱۴۰۰). ارزیابی آسیب پذیری و تاب آوری شهر رزن در برابر زلزله. مدیریت مخاطرات محیطی، ۸(۳)، ۲۶۷-۲۸۲.
۱۲. عارفی، م.، ساکی، ا.، و فنائی، س. (۱۳۹۲). طراحی شهرهای تاب آور، برون داد منتج از یک کارگاه درسی. هفت شهر، ۴(۴۷-۴۸)، ۹۸-۱۱۱.
۱۳. فرجی، ا.، محمود، آ.، و آتش افروز، ن. (۱۳۹۷). بررسی تاب آوری منطقه ای با استفاده از تحلیل فضایی و مدل ترکیبی WASPAS (مطالعه موردی: شهرستان های استان خوزستان). آمایش سرزمین، ۱۰(۱)، ۱-۲۹.
۱۴. قائد رحمتی، ص.، باستانی فر، ا.، و سلطانی، ل. (۱۳۹۰). بررسی تأثیرات تراکم بر آسیب پذیری ناشی از زلزله در شهر اصفهان (با رویکرد فازی). مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۲(۱)، ۱۰۷-۱۲۲.
۱۵. قدیری، م.، شهر بابکی، ص.، و شاهی، ص. (۱۳۹۴). تحلیل رابطه سرمایه اجتماعی و تعلق مکانی با میزان رضایتمندی از بازسازی پس از زلزله؛ مطالعه موردی: خانوارهای محلات شهر بم. فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس، ۷(۲۴)، ۶۹-۸۷.
۱۶. کاظمی، س. (۱۳۹۵). پهنه بندی خطر سیلاب با تلفیق رویکرد سلسله مراتبی فازی و GIS (مطالعه موردی: رودخانه خیابوچای مشکین شهر). تبریز: دانشگاه تبریز، دانشکده فنی مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران - آب.
۱۷. کمالی، م.، طیبیان، م.، و الهی، م. (۱۴۰۰). تحلیلی بر تاب آوری کالبدی مسکن اجتماعی در برابر زلزله با استفاده از فن سیستم پشتیبان تصمیم گیری فازی غیر ساختاری (NSFDSS) (نمونه موردی مسکن مهر زنجان). مطالعات مدیریت شهری، ۱۳(۴۷)، ۱-۱۹.
۱۸. محمدی سرین، د. (۱۳۹۶). تحلیل تاب آوری فیزیکی - کالبدی نواحی شهری بر مبنای سناریو در زمان وقوع زلزله - مورد مطالعه: شهر زنجان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱(۶۰)، ۶۵-۸۵.

۱۹. محمودزاده، ح.، دیده‌بان، خ.، و صادق‌زاده سادات، س.ع. (۱۳۹۵). کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی با هدف شبیه‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر مهاباد). *جغرافیا و توسعه فضای شهری*، ۳(۲)، ۱۶۱-۱۷۵.
۲۰. نبوی رضوی، ن.، ه. س.، و طیبیان، م. (۱۴۰۰). سنجش و ارزیابی تاب‌آوری ساختار کالبدی-فضایی محلات شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: محله مینودر شهر قزوین). *مطالعات مدیریت شهری*، ۱۳(۴۶)، ۶۷-۸۰.

21. Birkaman, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental hazards*, 7(1), 20-31.
22. Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2016). Urban-rural differences in disaster resilience. *Annals of the American Association of Geographers*, 106(6), 1236-1252.
23. Forgette, R., & Van Boening, M. (2009). Measuring and modeling community resilience: SERP and DyME, For Internal Distribution Only. *Final SERRI/DHS distribution review pending*.
24. Freddi, F., Galasso, C., Cremen, G., Dall'Asta, A., Di Sarno, L., Giaralis, A., Petrone, C. (2021). Innovations in earthquake risk reduction for resilience: Recent advances and challenges. *International journal of disaster risk reduction*, 60, 102267.
25. Ghafory Ashtiani, M. (1999). Rescue operation and reconstruction of recent earthquakes in Iran. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 8(1), 5-20.
26. Hosseinzadeh, S. (2004). Environmental crises in the metropolises of Iran. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 72, 179-187.
27. Jabareen, Y. (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229.
28. Kabir, M. H., Sato, M., Habbiba, U., & Yousuf, T. B. (2018). Assessment of urban disaster resilience in Dhaka North City Corporation (DNCC), Bangladesh. *Procedia Engineering*, 212, 1107-1114.
29. Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
30. Wallenius, J., Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Zionts, S., & Deb, K. (2008). Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead. *Management science*, 54(7), 1336-1349.