

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

شهلا حاصلی^۱، حمید رضا پورخیاژ^۲، آئیژ عزمی^{۳*}

۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبياء بهبهان، ایران

۲- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبياء بهبهان، ایران

۳- دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه رازی a.azmi@razi.ac.ir

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 $0/3$ ، $0/5$ و $0/9$ ، 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 $0/3$ ، $0/5$ ، $0/9$ و مدل WLC به ترتیب $0/051$ ، $0/052$ ، $0/138$ و $0/611$ می‌باشد. با توجه به بیشتر بودن مقدار QS مدل WLC نسبت به مقدار QS عملگرهای گامای $0/3$ ، $0/5$ و $0/9$ ، 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.

واژگان کلیدی: زلزله، تاب‌آوری، AHP، WLC، 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 آن بلا 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، همه‌روزه در حال افزایش است (بریکامن^۱، 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^۲، ۲۰۱۶، ص. ۹۰). سرزمین ایران بر روی کمربند زلزله‌خیز قرار دارد که همین عامل باعث شده بسیار آسیب‌پذیر شود، بنابراین هرگونه سنجش علمی بسیار با اهمیت می‌باشد (غفوری-آشتیانی^۳، ۱۹۹۹، ص. ۱۷). زمین‌لرزه‌های امروزی، بیانگر تغییرات ژئودینامیکی در حال حاضر پوسته 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 (کهالی و همکاران، ۱۴۰۰، ص. ۱۶). بنابر وضعیت زلزله‌خیز کشور هیچ نقطه‌ای از ایران را نمی‌توان مصون از زلزله دانست (حسین‌زاده^۴، ۲۰۰۴، ص. ۶۲). بنابراین، کشور ایران از نظر قرار گرفتن در معرض خطر وقوع زلزله دارای استعداد بسیار زیادی است (رضائی^۵، 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 شهری یک مفهوم نسبتاً جدید است (جبارین^۶، 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

-
1. Birkaman
 2. Sarvar & Kashani
 3. Ghafory- Ashtiany
 4. Hosseinzadeh
 5. Rezaei
 6. Jabareen

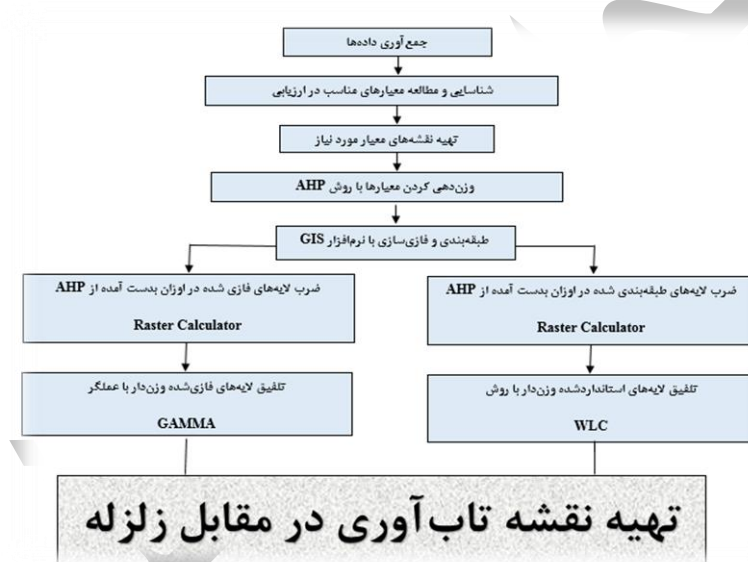
ایجاد شده است این تغییرات در کاربری اراضی نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی بیشتری می‌باشد (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۵، ص. ۱۷۰). یکی از عوامل محدودکننده، که باعث بروز مسائل بسیاری شده است توسعه شهری می‌باشد (حسین‌زاده و پناهی، ۱۳۹۴، ص. ۱۶). به صورت کلی از منظر بحران شهری، می‌توان تاب‌آوری یا «انعطاف‌پذیری» 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^۱ و همکاران، ۲۰۱۶، ص. ۳۲). ضرورت بازنگری در ساختار شهری به جهت افزایش تاب‌آوری از اهمیت زیادی برخوردار است (پوراحمد و حاتمی^۲، ۲۰۲۲، ص. ۳۹). این بازنگری در دسترسی به شبکه معابر اصلی، دسترسی به نهادهای امداد رسانی، 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 از مخاطرات طبیعی رساند (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

-
1. Cutter
 2. Pourahmad & Hatami

آثار مخرب آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (اسمیت^۱، ۲۰۰۳، ص. ۲۳). مسئله تاب‌آوری در نظام‌های شهری لازم و ضروری است (فورگته و وان‌بوئینگ^۲، ۲۰۰۹، ص. ۶).

۲. متدولوژی

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.

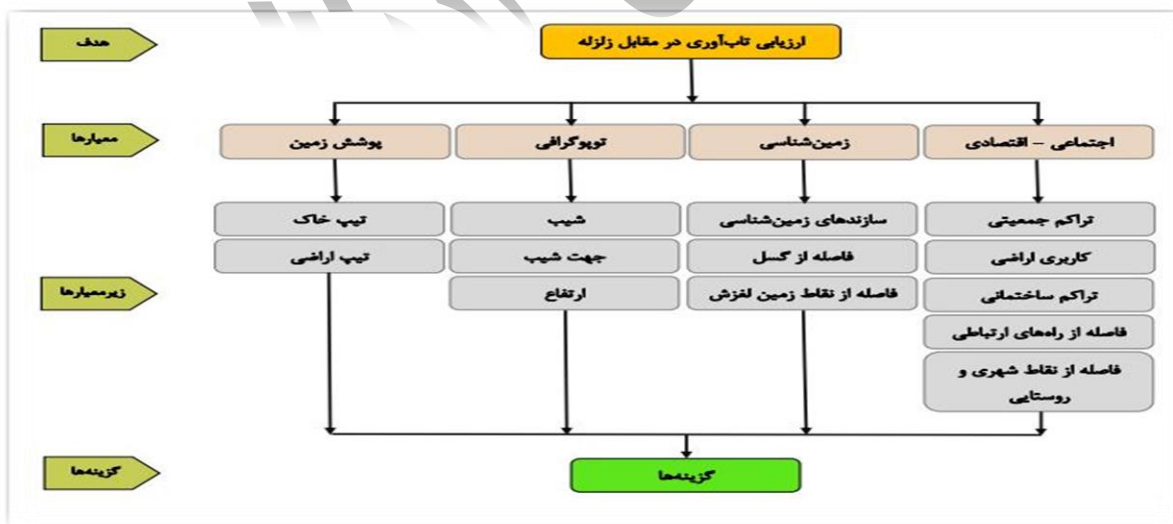


شکل ۱- فرآیند پژوهش جهت ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آبادغرب

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)^۳: مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) روشی سیستماتیک برای ارزیابی مجموعه‌ای از گزینه‌های تصمیم‌گیری براساس چندین معیار است. طی دو دهه گذشته رشد قابل توجهی در برنامه‌های MCDM وجود داشته است (والینوس^۴ 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)^۵ برطرف می‌شوند. با این حال، GIS توانایی محدودی در مدیریت اطلاعاتی که نیازمند اولویت‌بندی است، دارد.

1. Smith
2. Forgette & Van Boening
3. Multi Criteria Decision Making
4. Wallenius
5. Geographic Information System

این محدودیت را می‌توان با تلفیق GIS و MCDM برطرف کرد (مالزئوسکی^۱، 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)^۲ و ترکیب خطی وزنی (WLC)^۳ اشاره کرد. در تحقیق حاضر، از دو روش هم‌پوشانی نقشه‌های معیار جهت ایجاد نقشه نهایی تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آبادغرب انتخاب شده است. وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش AHP و سپس هم‌پوشانی نقشه‌های معیار شده وزن‌دار شده است. 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 اسلام‌آبادغرب 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 تعیین‌شده، 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.



شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی تهیه شده برای روش AHP

1. Malczewski
2. Analytic Hierarchy Process
3. Weighted Linear Combination

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.

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

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

جدول ۲- مقایسه زوجی زیرمعیارهای پوشش زمین

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

جدول ۳- مقایسه زوجی زیرمعیارهای اجتماعی - اقتصادی

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

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 زمین-شناسی	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 هر یک 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

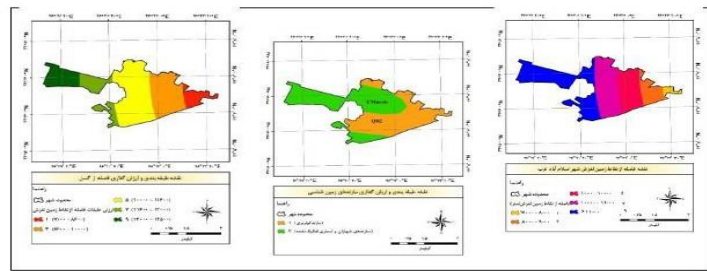
تاب‌آوری خیلی کم	تاب‌آوری کم	تاب‌آوری متوسط	تاب‌آوری زیاد	تاب‌آوری خیلی زیاد
۱	۳	۵	۷	۹

معیار	زیرمعیار	طبقه‌بندی زیرمعیارها	میزان تاب‌آوری				
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
			۹	۷	۵	۳	۱
اجتماعی - اقتصادی	تراکم جمعیتی	۰ - ۵۰				*	
		۵۰ - ۱۰۰				*	
		۱۰۰ - ۱۵۰			*		
		۱۵۰ - ۲۰۰		*			
		۲۰۰ - ۲۴۴	*				
	تراکم ساختمانی	۰ - ۱۵				*	
		۱۵ - ۲۵			*		
		۲۵ - ۳۵		*			
		۳۵ - ۴۵	*				
		> ۴۵	*				
فاصله از راه‌های ارتباطی	۰ - ۱۰				*		
	۱۰ - ۲۰			*			
	۲۰ - ۵۰		*				
	۵۰ - ۱۰۰	*					
	> ۱۰۰	*					
فاصله از نقاط شهری و روستایی	۰ - ۱۰۰				*		
	۱۰۰ - ۲۵۰		*				
	۲۵۰ - ۵۰۰		*				
	۵۰۰ - ۱۰۰۰		*				
	> ۱۰۰۰	*					
زمین‌شناسی	سازندگی زمین - شناسی	Qft2	*				
		EMas-sh		*			
		۱۹۵۳ - ۳۰۰۰	*				
		۳۰۰۰ - ۱۵۰۰۰		*			
		۱۵۰۰۰ - ۴۵۰۰۰			*		
	فاصله از گسل	۷۵۰۰ - ۹۰۰۰				*	
		۷۱۰۰ - ۸۶۰۰	*				
		۸۶۰۰ - ۱۰۰۰۰		*			
		۱۰۰۰۰ - ۱۱۶۰۰			*		
		۱۱۶۰۰ - ۱۳۰۰۰			*		
فاصله از نقاط زمین لرزه	۱۳۰۰۰ - ۱۵۵۰۰				*		

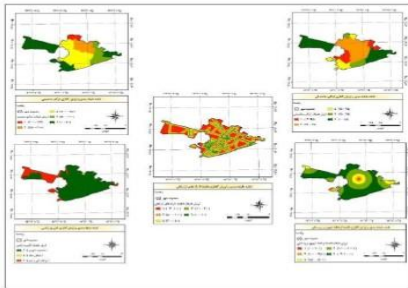
معیار	زیرمعیار	طبقه‌بندی زیرمعیارها	میزان تاب‌آوری				
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
			۹	۷	۵	۳	۱
پوشش زمین	نیپ	نیپ یک				*	
		نیپ دو			*		
		نیپ			*		
		نیپ			*		
		نیپ			*		
	خاک	دشتهای آبرفتی و رودخانه‌ای			*		
		دشتهای دامنه‌ای	*				
توپوگرافی	شیب	۰ - ۲				*	
		۲ - ۷				*	
		۷ - ۱۲		*			
		۱۲ - ۲۰	*				
		> ۲۰	*				
	ارتفاع	جهت شیب (به تناسب استان جمعیت در شهر اسلام‌آباد غرب)	شمال				*
		جنوب	*				
		شرق		*			
		غرب		*			
		شمال		*			
۱۳۳۱ - ۱۳۴۵				*			
۱۳۴۵ - ۱۳۶۰			*				
۱۳۶۰ - ۱۳۷۵			*				
۱۳۷۵ - ۱۳۹۰	*						
۱۳۹۰ - ۱۴۰۴	*						

شکل ۳- طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری زیرمعیارهای، معیارهای ۱- اجتماعی اقتصادی ۲- زمین‌شناسی ۳- توپوگرافی ۴- پوشش زمین از نظر میزان تاب‌آوری در مقابل زلزله

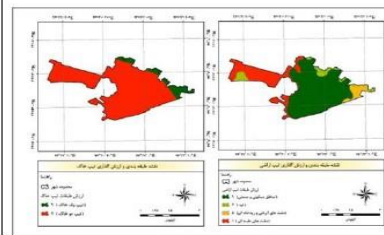
شکل ۱



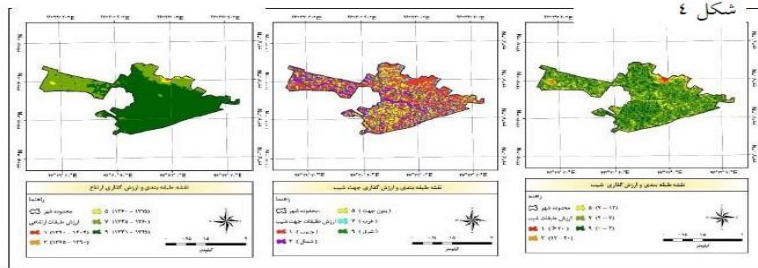
شکل ۲



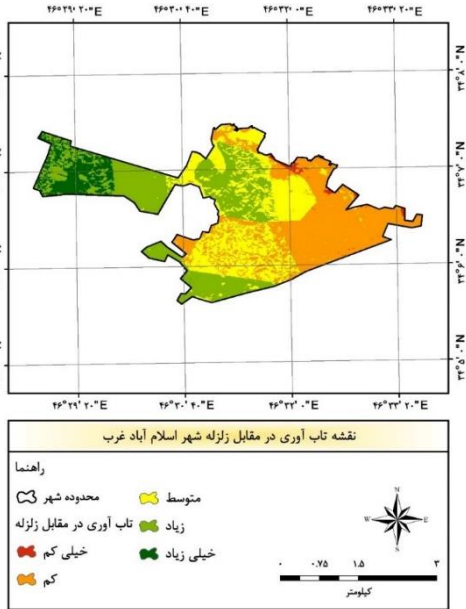
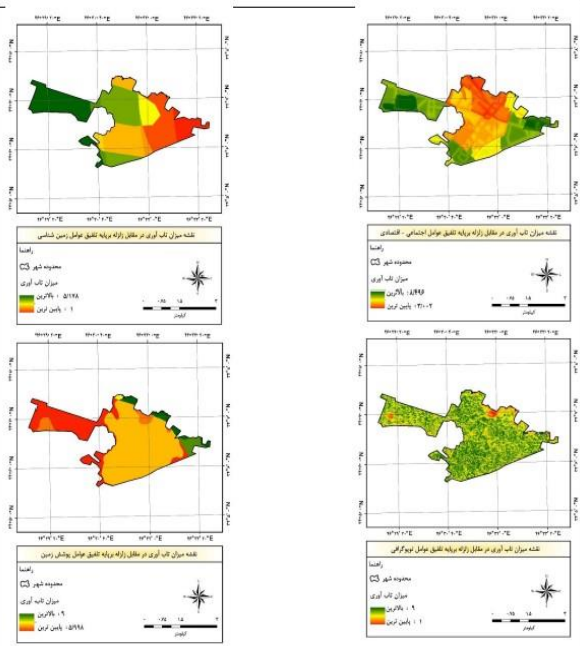
شکل ۳



شکل ۴



شکل ۴- نقشه های طبقه بندی و ارزش گذاری شده زیر معیارهای، معیارهای ۱- زمین شناسی ۲- اجتماعی- اقتصادی ۳- پوشش زمین ۴- توپوگرافی



شکل ۶- نقشه تاب آوری در مقابل زلزله شهر

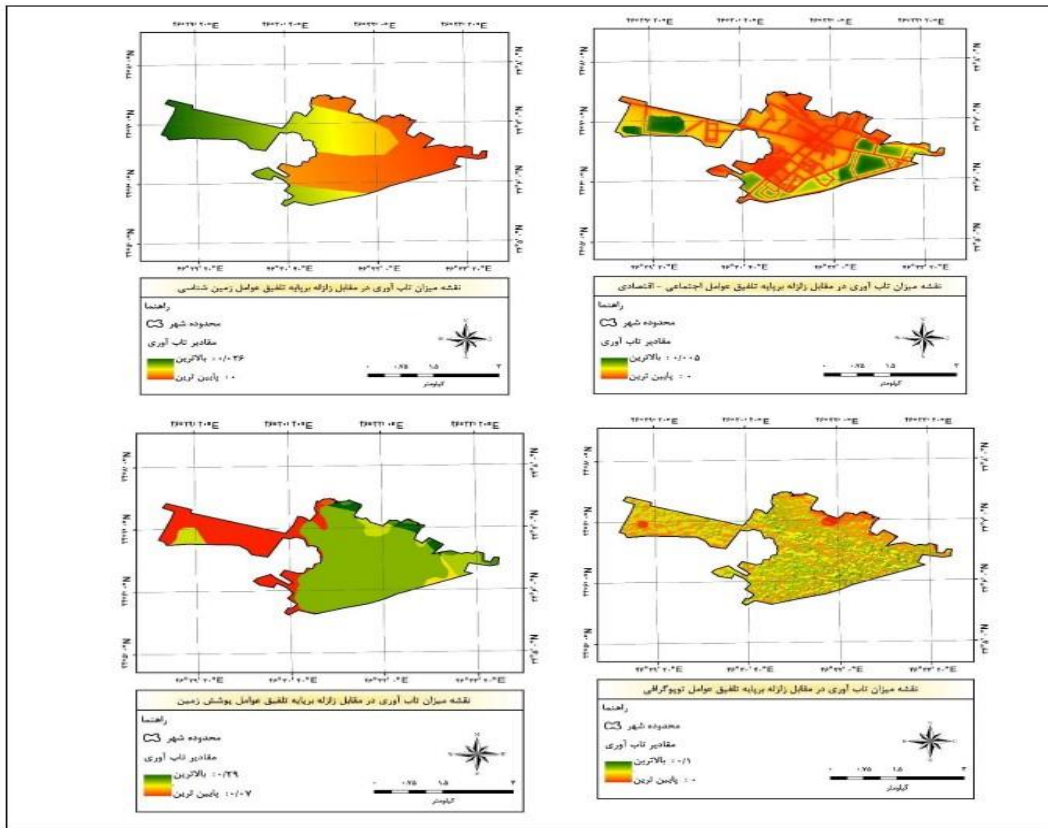
شکل ۵- نقشه های تاب آوری در مقابل زلزله بر پایه معیارهای

اسلام آباد غرب با روش WLC

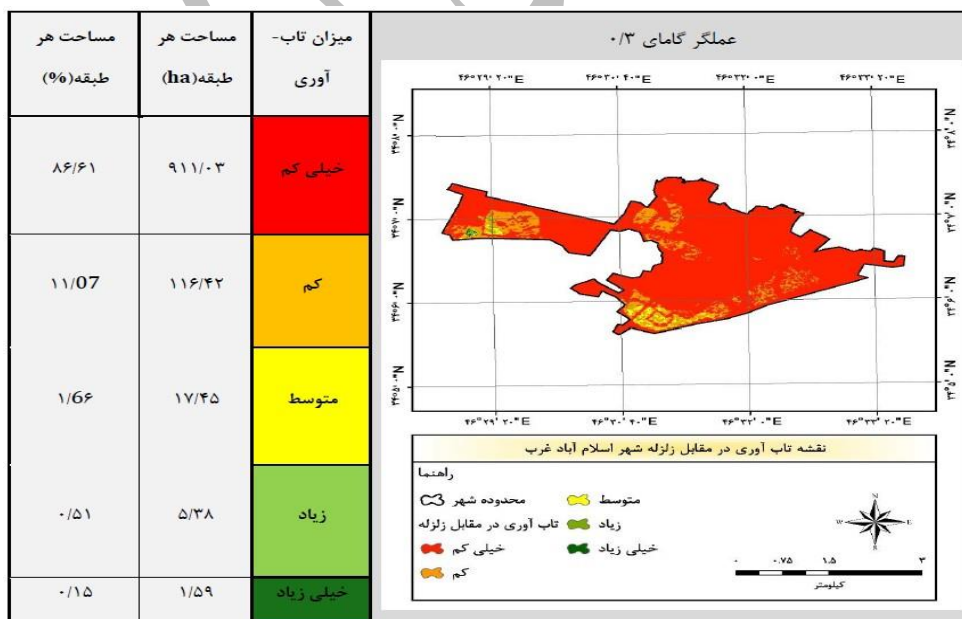
اجتماعی - اقتصادی، زمین شناسی، توپوگرافی و

پوشش زمین به روش هم پوشانی WLC

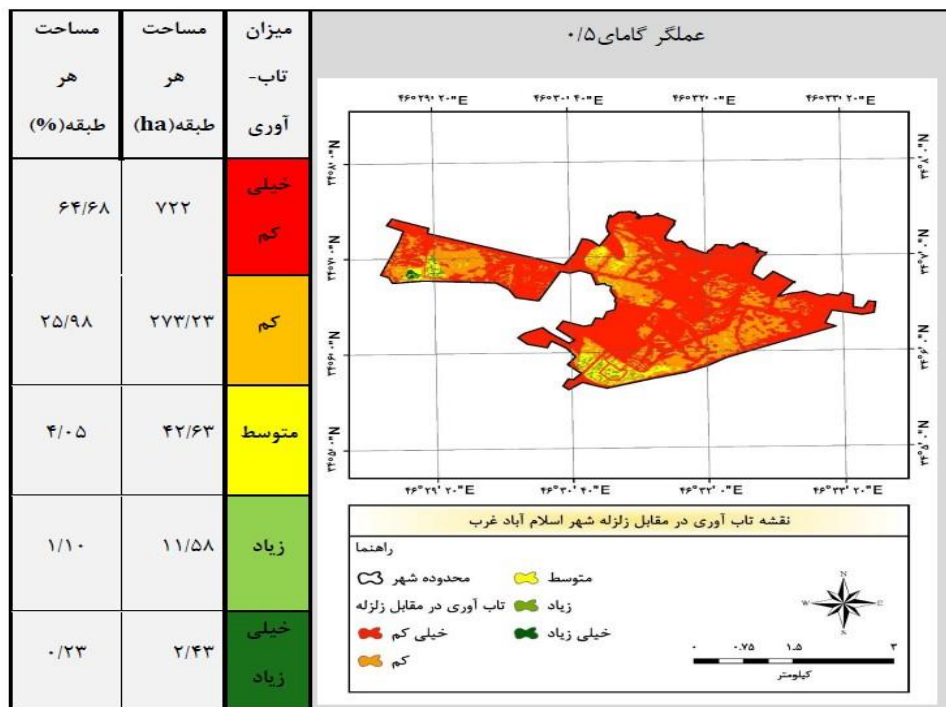
استانداردسازی و روی هم گذاری نقشه های معیار جهت تهیه نقشه نهایی تاب آوری در مقابل زلزله به روش روی هم گذاری فازی GAMMA: در این پژوهش جهت تهیه نقشه نهایی تاب آوری در مقابل زلزله از طریق روش فازی، ابتدا با استفاده از توابع عضویت دهی فازی در نرم افزار Arc GIS، هر کدام از نقشه های زیرمعیار از نظر میزان تاب آوری در مقابل خطر وقوع زلزله استاندارد سازی 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 آن ها 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.



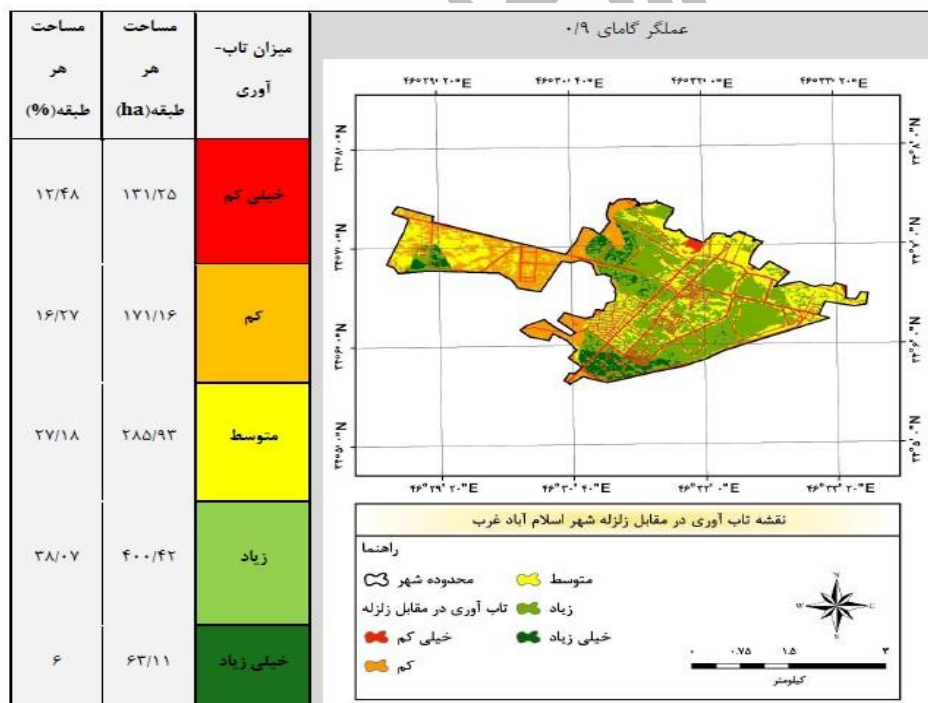
شکل ۷- نقشه‌های تاب آوری در مقابل زلزله بر پایه معیارهای اجتماعی - اقتصادی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش زمین به روش هم‌پوشانی فازی GAMMA



شکل ۸- نقشه تاب آوری در مقابل زلزله شهر اسلام‌آبادغرب با روش رویهم‌گذاری فازی گامای ۰/۳ به همراه مساحت کلاس‌های تاب آوری



شکل ۹- 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 ۱۰- 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

۳. بحث

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 خطر زلزله برای شهر اسلام‌آباد غرب، 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 ۷- 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	

	۰/۲۴۷	۱/۹۱۰	۳۱۳/۹۴	۳۱۳/۵۷	۴
	۰/۰۶۳	۱/۹۱۰	۷۹/۶۸	۷۹/۶۲	۵
جمع	۰/۶۱۱	-	۱۰۵۱/۸۷	۵۵۰/۲۱	

جدول ۸- جدول ارزیابی دقت نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری توسط عملگر گامای ۰/۵ و طبقات تاب‌آوری به دست آمده

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

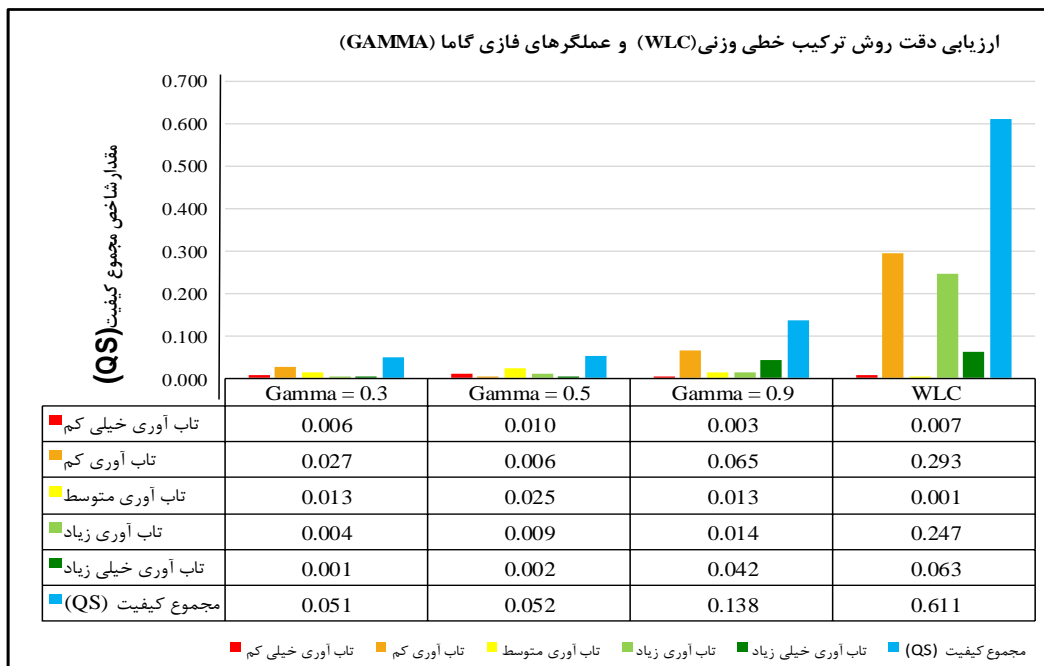
شماره طبقه	میزان تاب‌آوری	مساحت مناطق با حساسیت لغزش بسیار کم در هر طبقه تاب‌آوری (Si)	مساحت هر طبقه تاب‌آوری (Ai)	نسبت تراکمی (Dr)	مقدار QS در هر طبقه	مجموع کیفیت (QS)
۱	خیلی کم	۳۳۱/۸۵	۷۲۲	۰/۸۷۹	۰/۰۱۰	۰/۰۵۲
۲	کم	۱۶۴/۴۴	۲۷۳/۲۳	۱/۱۵۱	۰/۰۰۶	
۳	متوسط	۳۹/۸۲	۴۲/۶۳	۱/۷۸۶	۰/۰۲۵	
۴	زیاد	۱۱/۶۱	۱۱/۵۸	۱/۹۱۷	۰/۰۰۹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

جدول ۹- ارزیابی دقت نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری توسط عملگر گامای ۰/۹ و طبقات تاب‌آوری به دست آمده توسط

این مدل با استفاده از روش مجموع مطلوبیت (QS)

شماره طبقه	میزان تاب‌آوری	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	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 تاب‌آوری 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 تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آبادغرب، مربوط به عملگر فازی گامای ۰/۹ می‌باشد.



شکل ۷- ارزیابی دقت و مقایسه روش های WLC و عملگرهای فازی گامای ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۹ با استفاده از شاخص

مجموع کیفیت QS

۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج ارزیابی دقت، نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری تولید شده توسط عملگر فازی گامای ۰/۹ دارای دقت و صحت بیشتری نسبت به نقشه پهنه‌بندی تولید شده توسط عملگرهای گامای ۰/۵ و ۰/۳ می‌باشد. دومین مدل تلفیقی مورد استفاده در این پژوهش جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری در مقابل زلزله، روش ترکیب خطی وزنی (WLC) می‌باشد. از جمله موارد قابل توجه و مزیت‌های این روش نسبت به روش گاما دقت، سهولت و سرعت انجام کار آن می‌باشد و این که جزئیات بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به طیف وسیع کلاس‌بندی که در روش WLC استفاده می‌گردد، قدرت تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان را بالاتر برده و می‌توان با نتایج به دست آمده در جهت کاهش هزینه‌ها اعم از هزینه‌های 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 می‌کند، اهمیت هر یک از معیارها را براساس وزن نیز مد نظر قرار می‌دهد. همانطور که اشاره شد، جهت وزن‌دهی 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 تصمیم‌گیری 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 علی‌رغم سادگی آن، دارای کارایی بسیار بالایی است و این قدرت را

به تصمیم‌گیر می‌دهد که برای عوامل مختلف برحسب میزان اهمیت آن‌ها، وزن‌های متفاوتی را اختصاص دهد. در اثر این برتری، نتیجه حاصل از ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آباد غرب به روش WLC دارای دقت و تفکیک بیشتری نسبت به مدل تلفیقی گامای فازی می‌باشد. همچنین با توجه به این که موضوع تاب‌آوری تا حد زیادی وابسته به استدلال تصمیم‌گیری می‌باشد، روش WLC نسبت به عملگر فازی گاما دارای کارایی بیشتری است. همچنین نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری تولید شده توسط مدل WLC نشان داد که نواحی غربی و جنوبی شهر اسلام‌آباد غرب از بیشترین میزان تاب‌آوری در مقابل زلزله برخوردار است و کمترین میزان تاب‌آوری مربوط به نواحی شرقی و شمال شرقی شهر می‌باشد.

باقری‌مراغه و همکاران (۱۴۰۱) تحقیقی با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهر شیروان در مواجهه با زلزله انجام دادند و همانند تحقیق حاضر با استفاده از چهار معیار کالبدی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی شهر شیروان را مورد ارزیابی تاب‌آوری قرار دارند و به نتایج مطلوبی رسیدند.

کبیر^۱ و همکاران (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند چهار معیار و زیرمعیارهایی که شامل گسل، نقاط زمین‌لغزش، واحدهای زمین‌شناسی، خاک، شیب، جهت‌شیب، ارتفاع، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی، کاربری اراضی، تیپ 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.

فریدی^۲ 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.

ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) تحقیقی با هدف ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر پیرانشهر) انجام دادند و همانند پژوهش حاضر از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرده‌اند و به نتایج مطلوبی جهت ارزیابی شهر پیرانشهر دست پیدا کرده‌اند که قابل توجه می‌باشد.

صالحی‌پور میلانی و همکاران (۱۴۰۰) تحقیقی با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله انجام دادند که همانند تحقیق حاضر میزان تاب‌آوری و آسیب‌پذیری شهر رزن را در برابر زلزله سنجیدند.

۵. پیشنهادات

با توجه به تجربیات و نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر پیشنهادهای زیر برای انجام مطالعات آینده ارائه می‌شود:

۱- در این مطالعه با توجه به محدودیت‌های موجود در جمع‌آوری لایه‌های اطلاعاتی، از میان عوامل موثر جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی تاب‌آوری 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

1. Kabir

2. Freddi

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) 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، حتی‌المقدور 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.

۶. منابع

1. Birkaman, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental hazards*, 7(1), 20-31.
2. 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.
3. Forgette, R., & Van Boening, M. (2009). *Measuring and Modeling Community Resilience: SERP and DyME, For Internal Distribution Only. Final SERRI/DHS distribution review pending* .

4. 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.
 5. Ghafory- Ashtiany, M. (1999). Rescue operation and reconstruction of recent earthquakes in Iran. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.
 6. Hosseinzadeh, S. (2004). Environmental crises in the metropolises of Iran. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 72.
 7. Jabareen, Y. (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229.
 8. 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.
 9. Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*: John Wiley & Sons.
 10. Pourahmad, A., & Hatami, A. (2022). The Resilience of Kerman's Historical Texture against Earthquakes and Strategies to Improve It. *Journal of Geography*, 20(72).
 11. Rezaei, M. R. (2013). Evaluating the economic and institutional resilience of urban communities to natural disasters using PROMETHE technique. *Journal of emergency Management*, 2(1), 27-38.
 12. Sarvar, H., & Kashani, A. A. (2016). Evaluation of Ahar city's physical vulnerability against earthquake crisis.
 13. Smith, K. (2003). *Environmental risks*, translated by Ebrahim Moghimi and Shahpour Goudarzi Nejad. In: Samt publications.
 14. 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.
۱۵. احدنژاد روشتی، م.، قرخلو، م.، 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)، ۱۷۱-۱۹۸.
 ۱۶. ابراهیمزاده، ع.، کاشفی دوست، د.، حسینی، س.ا. (۱۳۹۸). ارزیابی تاب آوری کالبدی شهر در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر پیرانشهر). مخاطرات محیط طبیعی، ۸(۲۰)، ۱۳۱-۱۴۶.
 ۱۷. باقری مراغه، ن.، معتمدی، م.، مافی، ع.ا. (۱۴۰۱). ارزیابی تاب آوری شهر شیروان در مواجهه با زلزله. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۴)، ۳۲۹-۳۴۷.
 ۱۸. جهانبخشی، م. (۱۳۹۳). تحلیل انطباق کاربری اراضی شهر اسلام آباد غرب با نظریات نوشهرگرایان موسسه آموزش عالی باختر ایلام.
 ۱۹. چراغی، م.، ملک جعفریان، ز.، عباسی، ج.، بدری، س.ع. (۱۳۹۲). ارزیابی اثربخشی اجرای طرح هادی روستایی در آفرینش سکونتگاه های روستایی سرزنده (مطالعه موردی: دهستان غنی بیگلو، شهرستان زنجان). فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه ریزی توسعه کالبدی، ۲(۴)، ۵۰-۵۹.

۲۰. حسین‌زاده، م. م.، پناهی، ر. (۱۳۹۴). بررسی محدودیت‌های ژئومورفولوژیک توسعه فیزیکی و مکان‌یابی جهت‌های توسعه آینده شهر سنقر. جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۲(۱)، ۱۵-۲۸.
۲۱. صاحب‌پورمیلانی، ع. ر.، زمانی، م. م.، صدوق، س. ح. (۱۴۰۰). ارزیابی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله. مدیریت مخاطرات محیطی، ۸(۳)، ۲۶۷-۲۸۲.
۲۲. عارفی، م. م.، ساکی، ا.، فنائی، س. (۱۳۹۲). طراحی شهرهای تاب‌آور، برونداد منتج از یک کارگاه درسی. هفت شهر، ۴(۴۷-۴۸)، ۹۸-۱۱۱.
۲۳. فرجی، ا.، محمود، آ.، آتش‌افروز، ن. (۱۳۹۷). بررسی تاب‌آوری منطقه‌ای با استفاده از تحلیل فضایی و مدل ترکیبی WASPAS (مطالعه موردی: شهرستان‌های استان خوزستان). آمایش سرزمین، ۱۰(۱)، ۱-۲۹.
۲۴. قائدرحمتی، ص.، باستانی‌فر، ا.، سلطانی، ل. (۱۳۹۰). بررسی تاثیرات تراکم بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهر اصفهان (با رویکرد فازی). مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۲(۱)، ۱۰۷-۱۲۲.
۲۵. قدیری، م. م.، شهربابکی، ص.، 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 چشم‌انداز زاگرس، ۷(۲۴)، ۶۹-۸۷.
۲۶. کاظمی، س. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطر سیلاب با تلفیق رویکرد سلسله‌مراتبی فازی و GIS (مطالعه موردی: رودخانه خیاوچای مشکین‌شهر). دانشگاه تبریز، دانشکده فنی مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران - آب.
۲۷. کمالی، م. م.، طیبیان، م. م.، الهی، م. (۱۴۰۰). تحلیلی بر تاب‌آوری کالبدی مسکن اجتماعی در برابر زلزله با استفاده از فن سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری فازی غیر ساختاری (NSFDSS) (نمونه موردی مسکن مهر زنجان). مطالعات مدیریت شهری، ۱۳(۴۷)، ۱-۱۹.
۲۸. محمدی سرین، د. (۱۳۹۶). تحلیل تاب‌آوری فیزیکی-کالبدی نواحی شهری بر مبنای سناریو در زمان وقوع زلزله-مورد مطالعه: شهر زنجان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱(۶۰)، ۶۵-۸۵.
۲۹. محمودزاده، ح.، دیده‌بان، خ.، 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.
۳۰. نبوی رضوی، ن.، ه. س.، 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.

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

مقدمه

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. بنابراین ارزیابی میزان تاب‌آوری شهر اسلام‌آباد غرب 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 اسلام‌آباد غرب 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 از مخاطرات طبیعی رساند در این پژوهش که با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آباد غرب 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.

متدولوژی

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 اسلام‌آباد غرب، گزارش‌های موجود شامل مطالعات قبلی انجام شده در منطقه و مطالعات و طرح‌هایی که توسط معاونت برنامه‌ریزی استانداری انجام گرفته، استفاده شده است. در این پژوهش که با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهر اسلام‌آباد غرب 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 اسلام‌آباد غرب 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

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 اینکه 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 بدست 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) بدست آمده برای مدل WLC، حاصل جمع جبری مقادیر QS بدست 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 خطر زلزله برای شهر اسلام‌آباد غرب، مقدار ۰/۶۱۱ بدست آمده است.

نتیجه‌گیری

با بررسی و مقایسه روش WLC و عملگر فازی گاما در این تحقیق، مشخص گردید که روش WLC علی‌رغم سادگی آن، دارای کارایی بسیار بالایی است و این قدرت را به تصمیم‌گیر می‌دهد که برای عوامل مختلف بر حسب میزان اهمیت آن‌ها، وزن‌های متفاوتی را اختصاص دهد. در اثر این برتری، نتیجه حاصل از ارزیابی تاب‌آوری در مقابل زلزله برای شهر اسلام‌آباد غرب به روش WLC دارای دقت و تفکیک بیشتری نسبت به مدل تلفیقی گامای فازی می‌باشد. همچنین با توجه به این‌که موضوع مکان‌یابی تا حد زیادی وابسته به استدلال تصمیم‌گیری می‌باشد، روش WLC نسبت به عملگر فازی گاما دارای کارایی بیشتری است.

واژگان کلیدی: زلزله، تاب‌آوری، AHP، WLC، منطق فازی، شهر اسلام آباد غرب

Evaluation of urban resilience against earthquakes (case study of Gharb Islam abad)

Introduction

Earthquake is one of the most known and destructive natural disasters in the world, especially in Iran. Based on this, the issue of assessing urban resilience against earthquake risk, which is a relatively new concept in urban studies and urban planning, is very important. Therefore, it is important and necessary to evaluate the resilience of the city of Eslam Abad e Gharb against the risk of an earthquake. By giving importance to the issues raised, this necessity is felt by creating a suitable model and using a variety of spatial and non-spatial data and performing related analyzes in the geographic information system and most importantly by using From the world experiences available in this field, we can reach the risk map of Iranian cities (in this research, the resilience of the city of Islamabad-Gharb against the risk of earthquakes has been evaluated) against earthquakes, and in addition to this, by preparing which is necessary, brought this accident to a planned process in crisis management caused by natural hazards. In this research, which was carried out with the aim of evaluating the resilience of the city of Eslam Abad e Gharb against the risk of earthquake, from two models A combination of weighted linear combination (WLC) and fuzzy gamma operator (Gamma) was used. Analytical Hierarchy Method (AHP) was also used to weight the variables.

Methodology

The current research is practical from the point of view of the goal and descriptive and analytical from the point of view. In this research, from documentary and library studies, from the data and information of the municipality of Eslam Abad e Gharbcity, existing reports including previous studies conducted in the region and studies and plans carried out by the planning deputy of the governorate. Used. In this research, which was carried out with the aim of evaluating the resilience of the city of Islamabad-gharb against the risk of earthquakes, two integrated models of weighted linear combination (WLC) and fuzzy gamma operator (Gamma) were used. Analytical Hierarchy Method (AHP) was also used to weight the variables. In order to evaluate the resilience of the city of Eslam Abad e Gharb in front of the earthquake, using two combined models of weighted linear combination and gamma operator with values of ۰,۳, ۰,۵ and ۰,۹, maps in five classes with a very

high level of resilience Low, low, medium, high and very high levels were prepared. On the other hand, the results of total quality index (QS) were used to evaluate the accuracy of the maps created by the mentioned models.

Results

In this research, in order to check the accuracy of WLC models and gamma fuzzy operators of 0.3, 0.5 and 0.9 in the preparation of earthquake resilience zoning map, total quality index (QS) has been used. The higher the QS value for a zoning model or method, the more accurate the calculations and predictions for the resilience zoning map are. By using the QS index, in addition to calculating the accuracy of the calculations related to the WLC model and gamma fuzzy operators, the QS value of each resilience class related to each of the mentioned models can be obtained separately. and compared the accuracy and accuracy of the calculations made for each resilience class with other resilience classes. The QS value calculated for each of the very low, low, medium, high and very high resilience classes related to the zoning map created by the WLC model, respectively, 0.007, 0.293, 0.001, 0.247 and 0.063. The QS value corresponding to the "low" resilience class is 0.293 higher than other resilience classes. Therefore, the calculations related to the area of the low resilience class have been done with more precision and accuracy than other resilience classes. The QS values of high, very high, very low and medium resilience classes are in the next ranks. Also, the total value of quality (QS) obtained for the WLC model is the algebraic sum of the QS values obtained for very low, low, medium, high and very high resilience classes. Therefore, based on the total quality index (QS), the accuracy and correctness of the WLC model in the preparation of the resilience zoning map against the earthquake risk for the city of Islamabad-gharb has been obtained as 0.611.

Conclusion

By examining and comparing the WLC method and the fuzzy gamma operator in this research, it was found that the WLC method, despite its simplicity, has a very high efficiency and gives the power to the decision maker to determine the importance of different factors. assign different weights. As a result of this superiority, the result of the earthquake resilience assessment for the city of Eslam Abad e Gharb using the WLC method has more accuracy and resolution than the fuzzy gamma integrated model. Also, considering that the issue of location is

largely dependent on decision-making reasoning, the WLC method is more efficient than the gamma fuzzy operator.

Key words: earthquake, resilience, AHP, WLC, fuzzy logic, Eslam Abad e Gharb city

References

- Ahdanjad Roshti, M., Garakhlo, M., Ziari, K.A. (1389). Modeling the structural vulnerability of cities against earthquakes using the Hierarchical Analysis Process method in the geographic information system environment, a case example: Zanjan city. *Geography and Development Quarterly*, (19), 171-198.
- Arefi, M., Saki, A., Fanai, S. (2012). Designing resilient cities, the result of a workshop. *Seven Cities*, 4(47-48), 98-111.
- Bagheri Maragheh, N., Motamedi, M., Mafi, A.A. (1401). Assessing the resilience of Shirvan city in the face of an earthquake. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 22(64), 329-347.
- Birkaman, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental hazards*, 7(1), 20-31.
- Chiraghi, M., Malek Jafarian, Z., Abbasi, J., Badri, S.A. (2012). Evaluating the effectiveness of implementing the rural leader project in creating lively rural settlements (case study: Ghani Biglo village, Zanjan city). *Scientific-Research Quarterly of Physical Development Planning*, 2(4), 50-59.
- 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.
- Ebrahimzadeh, A., Kashfidoost, D., Hosseini, S.A. (2018). Evaluation of physical resilience of the city against earthquakes (case example: Piranshahr city). *Natural Environment Hazards*, 8(20), 131-146.
- Faraji, A., Mahmoud, A., Atashafrouz, N. (2017). Investigating regional resilience using spatial analysis and WASPAS hybrid model (case study: cities of Khuzestan province). *Amish Sarmeen*, 10(1), 1-29.
- Forgette, R., & Van Boening, M. (2009). *Measuring and Modeling Community Resilience: SERP and DyME*, For Internal Distribution Only. Final SERRI/DHS distribution review pending .
- 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.
- Ghafory-Ashtiany, M. (1999). *Rescue operation and reconstruction of recent earthquakes in Iran*. Disaster Prevention and Management: An International Journal.
- Hosseinzadeh, M. M., Panahi, R. (2014). Investigating the geomorphological limits of physical development and locating the future development directions of Sanghar city. *Geography and Urban Space Development*, 2(1), 15-28.

- Hosseinzadeh, S. (2004). Environmental crises in the metropolises of Iran. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 72.
- Jabareen, Y. (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229.
- Jahanbakhshi, M. (2013). Analysis of land use adaptation of the city of Islamabad-Gharb with the ideas of neo-urbanists of Bakhtar Ilam Institute of Higher Education.
- 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.
- Kamali, M., Tabibian, M., Elahi, M. (1400). An analysis on the physical resilience of social housing against earthquakes using the technique of non-structural fuzzy decision support system (NSFDSS) (a case study of Mehr Zanzan housing). *Urban Management Studies*, 13(47), 1-19.
- Kazemi, S. (2015). Flood risk zoning by combining the fuzzy hierarchical approach and GIS (case study: Khiauchai Meshkinshahr river). Tabriz University, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering - Water.
- Mahmoudzadeh, H., Dehdeban, Kh., Sadeghzadeh Sadat, S. A. (2015). Application of telemetry techniques and geographic information system with the aim of simulating urban development (case study: Mahabad city). *Geography and Development of Urban Space*, 3(2), 161-175.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*: John Wiley & Sons.
- Mohammadi Serin, d. (2016). Analysis of the physical-physical resilience of urban areas based on the scenario at the time of the earthquake - case study: Zanzan city. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 21(60), 65-85.
- Nabavi Razavi, N., H. S., Tabibian, M. (1400). Measuring and evaluating the resilience of the physical-spatial structure of urban neighborhoods against earthquakes (case example: Minodar neighborhood of Qazvin city). *Urban Management Studies*, 13(46), 67-80.
- Pourahmad, A., & Hatami, A. (2022). The Resilience of Kerman's Historical Texture against Earthquakes and Strategies to Improve It. *Journal of Geography*, 20(72).
- Qadiri, M., Shahrbabaki, P., Shahi, P. (2014). Analyzing the relationship between social capital and place belonging with the degree of satisfaction with reconstruction after the earthquake; Case study: households in the neighborhoods of Bam city. *Journal of Zagros landscape geography and urban planning*, 7(24), 69-87.
- Quaid Rahmati, S., Bastanifar, A., Soltani, L. (1390). Investigating the effects of density on earthquake vulnerability in Isfahan city (with fuzzy approach). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 22(1), 107-122.
- Rezaei, M. R. (2013). Evaluating the economic and institutional resilience of urban communities to natural disasters using PROMETHE technique. *Journal of emergency Management*, 2(1), 27-38.
- Sahipourmilani, A. R., Zamani, M., Sadouq, S.H. (1400). Assessing the vulnerability and resilience of Rozen city against earthquakes. *Environmental Risk Management*, 8(3), 267-282.
- Sarvar, H., & Kashani, A. A. (2016). Evaluation of Ahar city's physical vulnerability against earthquake crisis.

Smith, K. (2003). Environmental risks, translated by Ebrahim Moghimi and Shahpour Goudarzi Nejad. In: Samt publications.

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.

مجله علمی پژوهشی
فصلنامه علمی پژوهشی
فصلنامه علمی پژوهشی