نشریه‌ی علمی-پژوهشی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

تحلیلی بر تاب‌آوری زیرساخت شریانی برق در کلان‌شهر مشهد

داود عباسی گوجانی[۱]؛ احمد خادم الحسینی[۲*] ؛ مهدی مدیری[۳]؛ حمید صابری[۴]؛ امیر گندمکار[۵]

۱- دانشجوی دکترا، گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۲و۵- دانشیار گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۳-دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

۴-استادیار گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

واژگان کلیدی

تاب آوری
زیرساخت شریانی
زیرساخت برق
کلان شهر مشهد
روش دلفی
FTOPSIS

چکیده

تاب آوری مفهومی راهبردی برای افزایش تحمل پذیری دارایی های شهری می باشد که در این بین زیرساخت های شریانی انرژی از جمله برق در این زمینه حساسیت و ضرورت دو چندانی دارد. چرا که هرگونه ایجاد شوک و تهدید بیرونی برای آن می تواند زندگی در شهرها را با توجه به ماهیت امروزی شهرنشینی و شهرگرایی با اختلال جدی مواجه سازد. در این راستا در پژوهش حاضر با رویکرد کاربردی و روش شناسی توصیفی- تحلیلی تلاش شده است تا به هدف آن که تحلیل تاب آوری زیرساخت شریانی برق در کلانشهر مشهد می باشد، پرداخته شود. با توجه به نامشخص بودن شاخصه های تبیینی و عدم پهنه بندی مناطق پر خطر در این فرآیند برای گردآوری شاخص های تبیین کننده تاب آوری از روش دلفی به صورت هدفمند و برای تحلیل فضایی این مسأله از نرم افزار Arc GIS 10,3 و همچنین مدل تاپسیس فازی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می دهد که اولاً شاخص های تبیین کننده تاب آوری در زیرساخت شریانی برق به صورت الگوی تراکم مصرف شبکه، الگوی طراحی شبکه و همچنین الگوی قرارگیری در بافت شبکه می باشد و ثانیاً پهنه شمالی و شرقی شهر با توجه به تحلیل فازی و تحلیل فضایی آن در محیط نرم افزار Arc GIS 10,3 نشان دهنده آسیب پذیری و متعاقباً تاب آوری پایین تری نسبت به سایر پهنه های شهر برای زیرساخت شریانی برق می باشد.

-مقاله حاضر مستخرج از رسالهٔ دکترا با موضوع" ارائه مدل تاب‌آوری زیرساخت‌های شریانی از منظر پدافندغیرعامل درکلان شهر مشهد"می باشد.

[۲*] آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.khademolhoseiny@yahoo.com

۱- مقدمه

شهرها پیچیده ترین سیستم های اجتماعی می باشند که نیازمند پویا ترین رویکردها برای توسعه و تعالی خود می باشند (*Meerow et al.,2016: 39*). این مکان ها علیرغم شتاب در نوآوری و تلاش برای توسعه با چالش های زیربنایی و روبنایی متعددی نیز مواجه هستند. این آسیب ها می تواند در فرآیند توسعه پذیری شهری به صور مختلفی شهرها را با تهدید و بحران مواجه سازد(*Berke & Campanella, 2006: 193*). آسیب های یاد شده در دو بخش انسانی و طبیعی می تواند قابلیت زندگی[۱]در شهرها را با بحران مواجه ساخته و شرایط زیست را در این مکان ها مختل سازد (*فرزاد بهتاش و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۴*). تهدیدهایی که متوجه زیرساخت ها هستند می تواند در قالب حملات تروریستی (فیزیکی یا سایبری)، بلاهای طبیعی، اختلالات فناورانه، سوانح و حوادث و ... دسته بندی شوند. به عنوان مثال سیستم ارتباط مخابراتی، اینترنت و تعداد فزاینده اکسترانت، زیرساخت های بسیاری را پشتیبانی می کند که از جمله می توان به خدمات اضطراری، شبکه های مالی، سامانه های فرماندهی و کنترل نظامی، خطوط نفت وگاز، حمل و نقل و سامانه های آموزشی اشاره کرد(*Hellstrom,2007*). بنابراین در این راستا داشتن نگرش های نو و مواجه شونده در برابر تهدیدات و ارائه تمهیدات راهبردی امری ضروری می باشد. آن چه امروزه به عنوان مفهومی دربرگیرنده و برنامه ریزی شده برای مواجهه پذیری شهرها و ساختارهای شهری در برابر تهدیدات انسانی و طبیعی مطرح می شود مقوله تاب آوری[۲]می باشد(*Gonzales & Ajmani,2017: 128*). به اعتقاد محققان امروزه جهت مواجهه با تهدیدات و آسیب‌های ناشی آن در شهرها دو نوع استراتژی وجود دارد. استراتژی های پیش بینی کننده و استراتژی های مربوط به تاب آوری(*صالحی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۰؛ فرزاد فرتاش و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۵*).

عدم توازن در پایایی زیرساخت‌های شریانی در مناطق شهری کلان‌شهر مشهد، نبود مطالعات مدون و راهبردی مورد نظر برای ارزیابی تاب آوری در حوزه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی؛ نبود نهادهای تصمیم گیر در این راستا با توجه به عملکرد نامناسب آن در بروز بحران‌ها ضرورت مطالعه حاضر را مورد تأیید قرار می دهد. بنابراین پیگیری و ضرورت شناسی موضوع مقاله از دو جنبه اهمیت خود را نشان می دهد(موضعی و موضوعی). در پژوهش حاضر کلان‌شهر مشهد به عنوان بستر مورد نظر انتخاب شده است. این کلان شهر علاوه بر موقعیت ژئواستراتژیک و ژئوپلیتیکی آن و شرایط ماهوی اهمیت آن برای ارزیابی مقوله تاب آوری از یک طرف و کمبودها، نواقص و ضعف های موجود در فرآیند برخورداری از ظرفیت تحمل پذیری مؤلفه های تاب آوری آن در مواقع بحرانی مانند آن چه در شرایط بحران های طبیعی و تهدیدات انسانی احتمالی مشاهده می شود، پیگیری مفهومی و عملیاتی رویکرد تاب آوری به عنوان یکی از راهکارهای استراتژیک دفاع غیر عامل شهری در حساس ترین دارایی های آن یعنی زیرساخت های شریانی انرژی به خصوص در حوزه برق در این کلان شهر را ضروری جلوه می‌سازد. چرا که این زیرساخت در صورت وجود هر گونه اختلال می تواند سایر زیرساخت های شهری از جمله آب و گاز و عملکرد نهاد های مدیریتی و انتظامی را با مشکل مواجه نماید. بنابراین پیگیری مبحث تاب آوری و تهیه شاخص ها و ارزیابی آنها می تواند چشم انداز روشنی از نقاط قوت وضعف تحلیل فضایی این زیرساخت از منظر تاب آوری را در کلانشهر مشهد نمایان سازد.

بنابراین دو سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که:

نخست: شاخص ها و استانداردهای تبیین کننده تاب آوری در زیرساخت برق کدامند؟

---

[۱] - Livability

[۲] - Resilience

دوم: پهنه های فضایی آسیب پذیر و ناتاب‌آور برای زیرساخت شریانی برق در کلانشهر مشهد چگونه است؟

هدف اصلی مقاله، تحلیل فضایی پهنه های تاب‌آور از منظر دفاع غیرعامل برای زیرساخت های شریانی برق در کلان‌شهر مشهد می باشد.

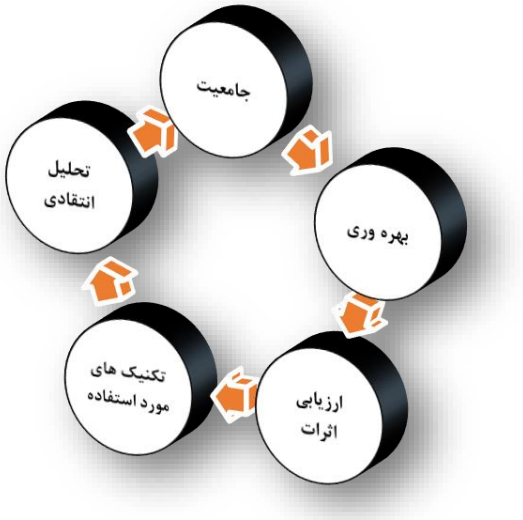
۱- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

تاب آوری ظرفیت مانایی و تحمل پذیری را در برابر خطرات و سوانح در نظر دارد. این فرایند در چهارچوبی خاص برای تحلیل کارکرد سیستم ها در برابر حوادث و بلایا مورد ارزیابی قرار می گیرد تا بتوان تاب آوری را در راستای آن برای آن نظام یا سیستم در نظر گرفت. نکته مهم بعدی کارکرد این چهارچوب در سطح یا مقیاس مکانی- فضایی خاص آن می باشد. که می تواند از سطح محلی یعنی شهری و روستایی تا سطح ملی متغیر باشد(*Cimellaro,2016: 20*). مرکز آمادگی در برابر سانحه آسیا ، به علت طبیعت اجتماعی پویای جوامع و رویه افزایش و ایجاد تاب آوری درونی و ما بین جوامع، توجه به مفهوم تاب آوری به عنوان یک محصول نهایی کافی نیست و این مقوله باید به صورت یک فرآیند در نظر گرفته شود(*Cuter et al., 2008: 599*). بنابراین در ساختارشناسی و چهارچوب شناسی تاب آوری باید انعطاف و تغییرات پویا را همواره در نظر گرفت. پنج عامل اصلی در فرایند چهارچوب عملکردی تاب آوری: جامعیت (به معنای همه شمولی نه قطعیت)؛ سودمند بودن یا بهره وری ، ارزیابی اثرات ، تکنیک های مورد استفاده و تحلیل انتقادی در راستای بهبود هر چه بهتر شرایط موجود در راستای پایداری می باشد(*Cimellaro,2016: 20*). مقوله مهم دیگر در بحث ارزیابی کارکرد تاب آوری شناخت نوع شوک یا تهدید، نظام هدف و نوع بازیابی یا پوشش می باشند. نوع شوک یا تهدید می تواند طبیعی یا انسانی باشد. حملات نظامی، تروریستی و به عبارتی دیگر تهدیدات نرم و سخت که در حوزه تهدیدات انسانی قرار می گیرد و تهدیدات طبیعی از جمله سیل، زلزله، خشکسالی و نوسانات شدید آب و هوایی، لغزش و رانش زمین، آتشفشان ها و طوفان ها و سایر تهدیدات از جمله تهدیدات طبیعی می باشد که نیازمند عملکرد خاصی از جانب سیستم هدف در قالب تاب آوری آن در برابر این حوادث می باشد(*Yamagata & Maruyama, 2016: 5-6*).

۲- روش شناسی

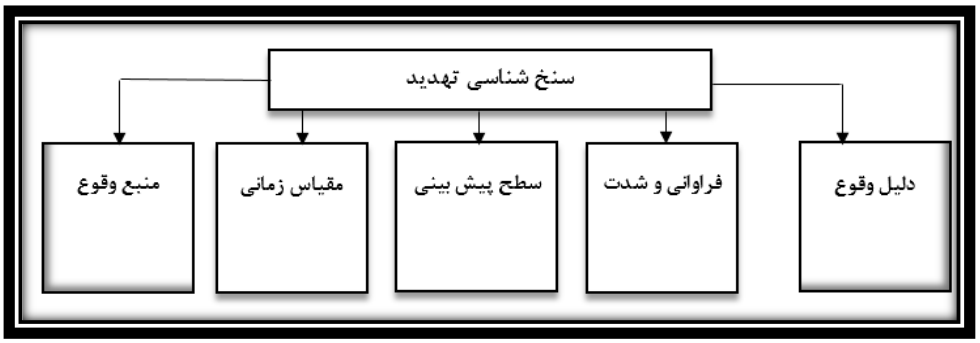
پژوهش حاضر به لحاظ هدف شناسی، کاربردی- توسعه ای و به لحاظ روش شناسی به صورت توصیفی-تحلیلی می‌باشد. برای گردآوری داده‌های توصیفی پژوهش (آن چه که در بخش کلیات، چهارچوب نظری و پیشینه مطالعاتی پژوهش آمد) از روش اسنادی به صورت مراجعه به اسناد علمی و پژوهشی کتابخانه‌ای یا آرشیو مجلات علمی - پژوهشی داخلی و خارجی استفاده شده است. برای گردآوری اطلاعات تحلیلی پژوهش با توجه به ماهیت پژوهش از روش پیمایشی به صورت ابزار پرسشنامه و همچنین میدانی استفاده گردیده است. علت این مسأله داشتن ماهیت کیفی پیشران‌ها و سنجه‌های عملیاتی پژوهش در بخش تدوین شاخص‌های عملیاتی برای وزن‌دهی و تحلیل لایه‌ها با استفاده از نظرات کارشناسی از یک سو و تأمین لایه‌های اطلاعاتی مربوط به تحلیل فضایی تاب‌آوری زیرساخت‌های شریانی برق در کلان شهر مشهد از سوی دیگر بوده است.

برای این منظور یعنی تدوین شاخص های تبیین کننده تاب آوری در زیرساخت شریانی برق در کلانشهر مشهد از دیدگاه ۳۰ نفر از اساتید و کارشناسان مربوط به موضوع پژوهش در حوزه شهرسازی، برنامه ریزی شهری، مهندسی برق و پدافند غیر عامل به روش دلفی و نمونه گیری هدفمند انتخاب شد تا از طریق اجماع و اشباع نظری به تدوین شاخص ها و استانداردهای تاب آوری در زیرساخت شریانی برق در کلانشهر مشهد پرداخته شود. برای تحلیل داده ها نیز از مدل تاپسیس فازی و همچنین نرم افزار Arc GIS استفاده شد.



شکل ۱: مفاهیم کلیدی در تحلیل چهارچوب عملکردی تاب آوری

منبع: *Cimellaro,2016: 21*



شکل ۲: سنخ شناسی تهدید در سیستم های تاب آور

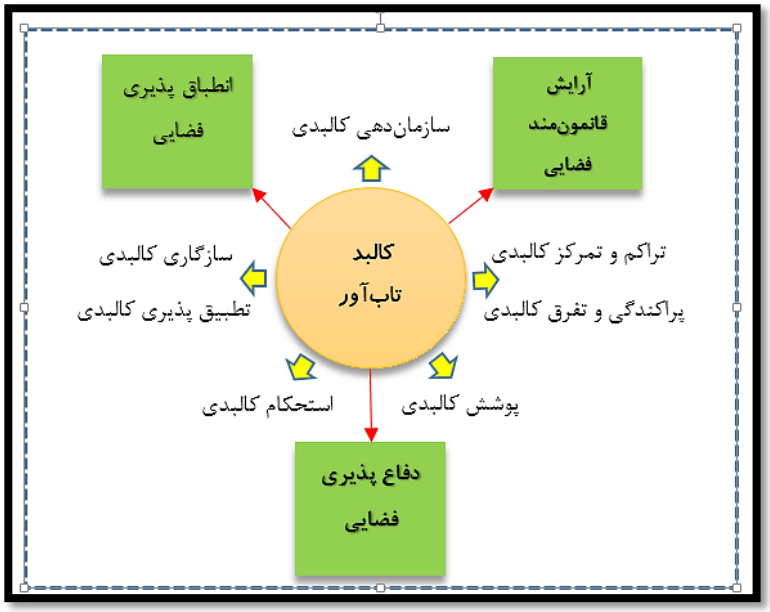
منبع: *Yamagata & Maruyama, 2016: 5-6*

مطابق شکل ۱و۲، در فرایند ارزیابی چهارچوب کارکردی تاب-آوری، جامعیت و همه شمولی به ارزیابی اندازه جامعه، سنخ شناسی تهدیدات، فرایند بازیابی زمان در مقیاس‌های مختلف و وابستگی متقابل اجزای کارکردی سیستم در برابر حوادث و بلایا می پردازد. بهره وری یا سودمندی به توانمندی به کارگیری و یادگیری کاربران یا سیستم، ارزش آن در فرایند برنامه ریزی پیشگیرانه و درجه سازگاری مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد. تأثیرات فیزیکی و زمان بازیابی، تأثیرات اقتصادی و زمان بازیابی و تأثیرات اجتماعی و زمان های بازیابی در بخش تحلیل اثرات مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرد. تکنیک‌ها و فنون تحلیل، تکنولوژی کاربستی برای ارتقاء ساختارها، و نوآوری و یادگیری کاربست ابزارهای نو در مرحله

تکنیک‌ها و فنون مورد استفاده مورد ارزیابی قرار می‌گردد. در فرایند تحلیل انتقادی که از آن به عنوان شایستگی علمی و یادگیری نیز یاد می شود میزان بهره‌مندی از دانش برای تشخیص نواقص و ناکارآمدی‌ها و پیشنهاد چهارچوب های سازنده و نو مورد تحلیل و ارزیابی قرار می-گردد(*Cimellaro,2016: 21*).

در بسیاری از منابع از کالبد شهری به عنوان مهم ترین دارایی این سیستم کلان نام برده است. چرا که بدون کالبد و منابع فیزیکی نمی‌توان ظرفیت و کارکردی هم برای شهرها قائل بود. در واقع ساخت و پرداخت کالبد و فیزیک شهرها به عنوان یکی از مهم ترین سیاست های برنامه ریزان و طراحان شهری است. در این فرایند با توجه به چالش ها و آسیب‌های متعددی که شهرها با آن می‌توانند چه به صورت طبیعی و چه به صورت انسانی دست به گریبان باشد لزوم تاب‌آور نمودن کالبد شهرها را به لحاظ ساخت و طراحی و پشتیبانی از آن‌ها مورد تأکید قرار می‌دهد. کالبد شهرها بیان کننده نوع سازمان فضایی شهرها نیز می‌باشد که با جمع نمودن عملکردهای انسانی سازمان کلان به نام شهرها را پدید می‌آورد. در این فرایند بسیاری از محققان کالبد شهری را به بخش‌های طبیعی؛ انسانی و زیرساختی و یا به صورت دیگر به دو بخش زیربنایی و روبنایی تقسیم می کنند(*فرزاد فرتاش و همکاران،۱۳۹۱: ۴۶*).

توجه به نوع مکان یابی، فرایند همجواری؛ سازگاری؛ انطباق محیطی؛ آرایش فضایی مبتنی بر تراکم و تمرکز به خصوص برای کاربری های اراضی که نقش حیاتی و حساس دارند بسیار مهم می باشد. در این فرایند همچنین به نوع ساخت با استحکام سازه ها متناسب با آیین نامه ها و اصول مبتنی بر دفاع غیر عامل و رویکرد راهبردی تاب آوری برای اهمیت مواجهه آن ها با بلایا و حوادث در جهت بازیابی و انعطاف-پذیری مجدد در کوتاه ترین زمان ممکن تأکید شده است(*رضایی،۱۳۸۹: ۴۶*).



شکل ۳ : ویژگی‌های تاب‌آوری دارایی‌های کالبدی

منبع: *استنباط از رضایی،۱۳۸۹؛ Yamagata & Maruyama,2016*

مطابق شکل(۳)، انطباق پذیری کالبدی در ابتدا در سازگار کالبد انسان محور با ویژگی های طبیعی بستر می تواند تعریف گردد. این فرایند می تواند در آرایش قانون مند فضایی شکل نظام مند به خود بگیرد. آرایش منظم و قانون مند فضایی کاربرهای شهری اعم از حیاتی و حساس و مهم در شهرها بحث اساسی در تاب‌آوری شهرها به خصوص تاب‌آوری کالبدی است. تراکم و تمرکز فضایی از یک سو و پراکنش و تفرق فضایی برای پرهیز از آسیب‌های درون شبکه‌ای در کالبد شهری در این راستا می‌تواند تعریف گردد(*Mauriz et al.,2017:2*). دفاع-پذیری فضایی در شهرها که مبتنی بر کالبد آن باشد علاوه بر استحکام ساخت و ساز که از اصول اولیه دفاع‌پذیری است می-تواند به عملکرد پوشش‌یابی و پوشش پذیری فضاها و کالبد شهری از یک سو، اختفا و استتار کالبدی به خصوص تک بناهای حساس در شهرها تعریف گردد. این مقوله بر امنیت فضایی و در نتیجه امنیت کالبدی بسیار تأثیرگذار خواهد بود(*Cozens & Hillier,2012:302*).

در این بین، پر واضح است که زیرساخت ها به خصوص زیرساخت های شریانی تا چه میزان در حیات، رونق و پویایی شهرها تأثیر دارند. در حقیقت جوامع مدرن به طور فزاینده‌ای وابسته به زیرساخت‌های شریانی برای ارائه خدمات ضروری هستند که از رونق اقتصادی و کیفیت زندگی در این جوامع حمایت می‌کنند. امروزه این زیرساخت‌ها به عنوان یک شبکه به هم پیوسته عمل کرده و دارای طراحی‌های هوشمندانه‌ای نیز می‌باشند. بنابراین تاب‌آور نمودن زیرساخت‌های شریانی و افزودن ثبات و توانمندی و بازیابی سریع بعد از اختلال می‌تواند گره گشای بسیاری از بحران‌ها و تهدیدات انسانی و طبیعی پیش روی آن‌ها باشد. با توجه به شبکه ای عمل کردن زیرساخت‌های شریانی شناخت زمان اختلال اولیه و کاهش زمان بازیابی و به خصوص پایش اثرات و حذف ناکارآمدی‌ها در ادامه حیات این زیرساخت‌ها برای تاب آوری بسیار مهم می باشد. (*Ouyang et al.,2012: 23*).

مطالعه پیشینهٔ موضوعی پژوهش به طور مشخص در مواردی مانند: حامد گوهری پور (۱۳۹۱)؛ سلمانی مقدم(۱۳۹۳)؛ ضرغامی و همکاران(۱۳۹۵)؛ پرتوی و همکاران(۱۳۹۵)؛ حاتمی نژاد و همکاران(۱۳۹۶)؛ امیری و همکاران(۱۳۹۶)؛ ابوطالب مولویان و همکاران(۱۳۹۷)؛ مرو و همکاران(۲۰۱۶)؛ گراشما و کومار(۲۰۱۶) ؛ پاتل و گلاسون(۲۰۱۷) ؛ اسپانس و واترهوت(۲۰۱۷) و آجیبید (۲۰۱۷)؛ نشان می‌دهد که تاب آوری شهری به عنوان بنیانی نو در راستای تحقق بخشی به برنامه ریزی استراتژیک در حوزه ارزیابی، تحلیل ، کنترل و مدیریت بحران ها و چالش های ناشی از بلایای انسانی و طبیعی می‌باشد که استراتژی های برنامه ریزی شده پیش-گیرانه را با هدف ظرفیت مانایی زیرساخت ها و منابع توسعه در شهرها در نظر دارد. این رویکرد با بهره گیری از مؤلفه‌ها و پیشران های تبیین کننده سعی در ارتقای شرایط کنونی منابع و امکانات توسعه در عرصه های توسعه فضایی شهرها برای مواجهه با آسیب ها و بلایا دارد.

۳- بحث اصلی

همانطور که گفته شد؛ جامعه آماری پژوهش حاضر متشکل از مدیران و کارشناسان حوزه برق و اساتید دانشگاه در راستای موضوع مورد مطالعه انتخاب گردید که برای سنجش، ارزیابی و رتبه بندی شاخص ها از آن ها استفاده شد و با توجه به ماهیت پژوهش و نبود شاخص های تبیین کننده تاب آوری در زیرساخت شریانی برق، به روش دلفی اقدام به تدوین این شاخص ها و استانداردهای تبیین کننده گردید تا بتوان به تحلیل تاب آوری در زیرساخت شریانی برق اقدام نمود.

در جدول(۱) شاخص ها و استاندارد های تبیین کننده تاب آوری استخراج شده از پرسشنامه آمده است.

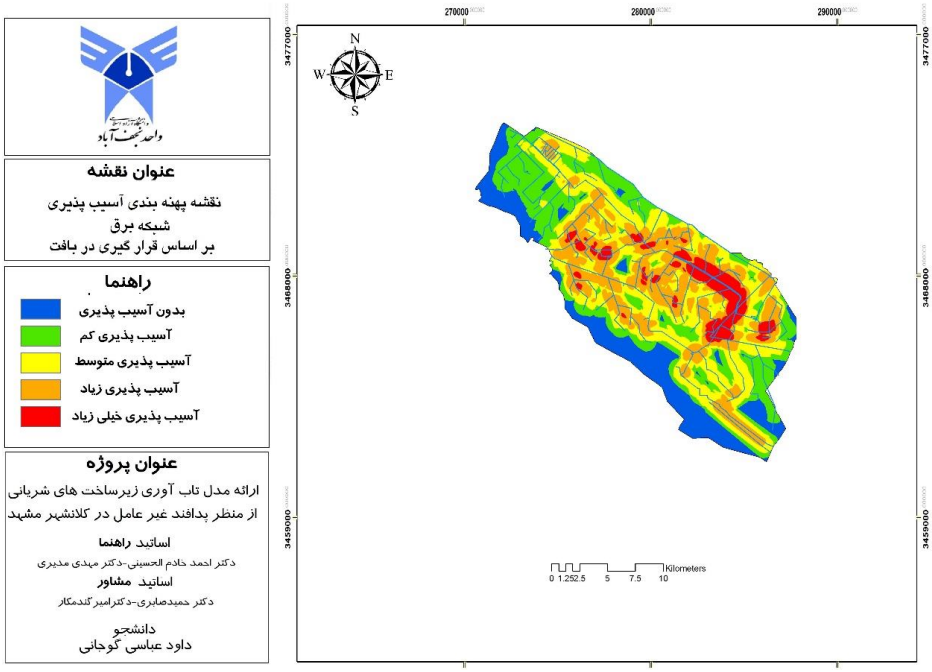
جدول۱- شاخص ها و استانداردهای تبیین کننده تاب‌آوری دارایی های زیرساخت برق

شاخص	معیار اندازه گیری (استاندارد)	میزان ارزش ارائه شده	درصد کسب شده در اجماع اولیه	درصد کسب شده در اجماع نهایی
قرار گیری در بافت	بافت کاملاً نوساز(قدمت تا ۵ سال)	۵	٪۹۱	٪۱۰۰
	بافت نوساز(۵ تا ۱۰ سال)	۴	٪۸۹	٪۹۶
	بافت نیمه فرسوده(۱۰ تا ۲۰ سال)	۳	٪۸۶	٪۹۳
	بافت فرسوده(۲۰ تا ۳۰ سال)	۲	٪۹۱	٪۱۰۰
	بافت کاملاً فرسوده(بیش از ۳۰ سال)	۱	٪۹۴	٪۱۰۰
الگوی طراحی شبکه	طراحی پهن و گشاده با گره قوی	۵	٪۷۹	٪۹۷
	طراحی شطرنجی با فاصله گره	۴	٪۸۱	٪۹۸
	طراحی نیمه شطرنجی	۳	٪۷۵	٪۹۱
	طراحی شعاعی	۲	٪۷۹	٪۹۴
	طراحی ارگانیک یا فاقد طرح هندسی منظم	۱	٪۸۷	٪۹۶
میزان تراکم مصرف	جمعیت تا پوشش تا ۱۰ هزار نفر	۵	٪۸۸	٪۹۷
	جمعیت تحت پوشش از ۱۰ تا ۲۵ هزار	۴	٪۸۳	٪۹۷
	جمعیت تحت پوشش از ۲۵ تا ۵۰ هزار	۳	٪۹۱	٪۱۰۰
	جمعیت تحت پوشش ۵۰ تا ۷۵ هزار	۲	٪۹۱	٪۱۰۰
	جمعیت تحت پوشش ۷۵ تا ۱۰۰ هزار و بیشتر	۱	٪۸۹	٪۹۸

با توجه به شاخص ها و استانداردهای تدوین شده، در ادامه به پهنه بندی تاب آوری شهر بر اساس دارایی زیرساختی شبکه ای برق بر اساس شاخص‌های استاندارد و تبیین کننده تاب آوری یعنی قرار گیری در بافت، الگوی طراحی شبکه و تراکم مصرف شبکه پرداخته شده است.

در این فرایند ابتدا به تشریح پهنه بندی تاب آوری شهری دارایی زیرساختی برق بر اساس شاخص قرارگیری در بافت اقدام شده است.

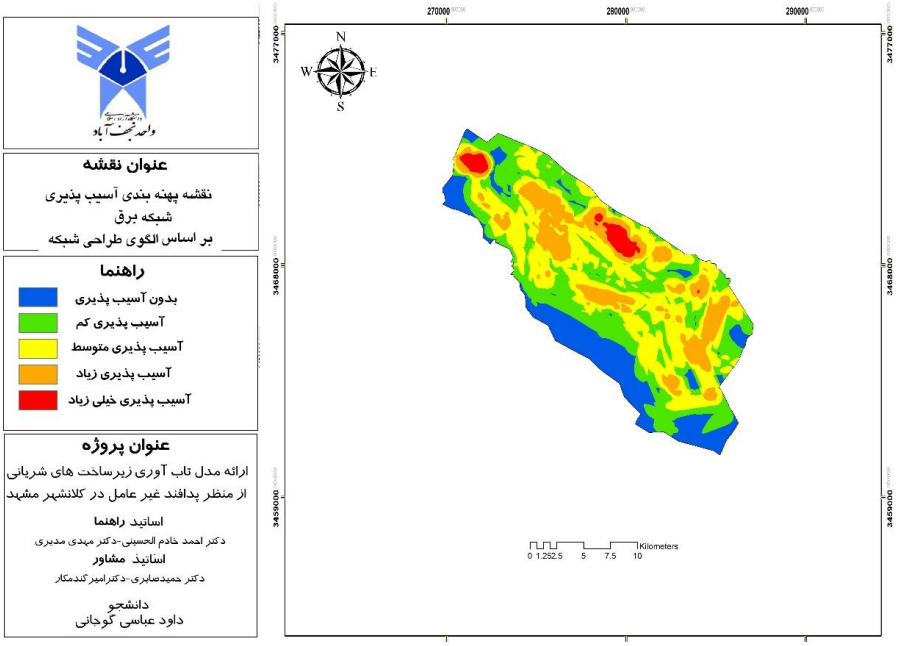
در این فرایند اطلاعات یاد شده در قالب لایه ها و داده های اطلاعاتی زمین مرجع شده در محیط نرم افزار GIS مورد بازخوانی و تحلیل و طبقه بندی قرار گرفته است. در ادامه نقشه های تولید شده تشریح شده است.



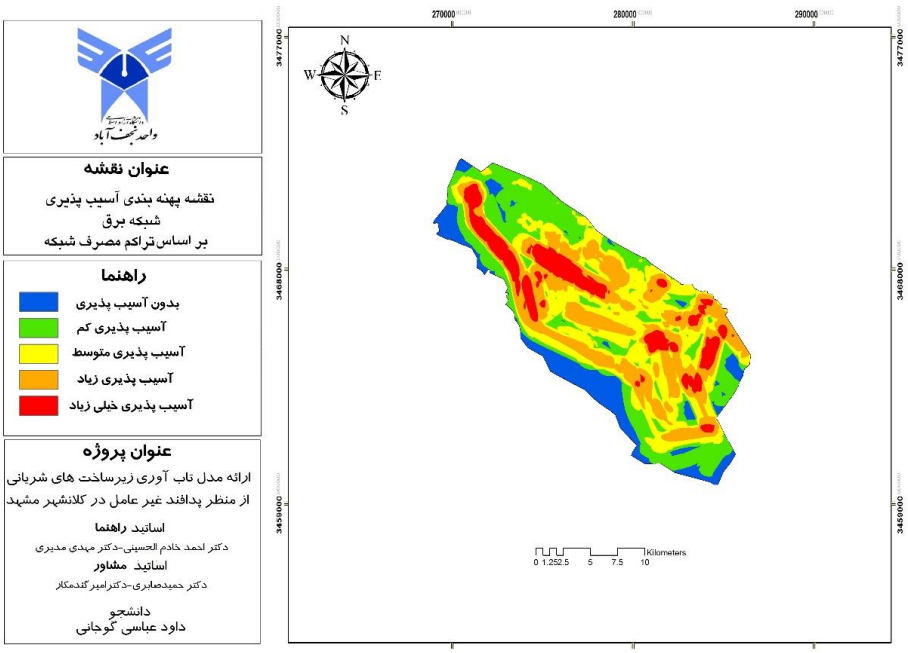
نقشه ۱- نقشه تاب آوری زیرساخت برق بر اساس شاخص قرارگیری در بافت شبکه

نقشه (۱)، نشان می دهد که بر اساس شاخص قرار گیری در بافت سراسر بخش های شرقی بافت و بخش های مرکزی بافت در شهر مشهد دارای تاب آوری خیلی ضعیفی در این شاخص برای شبکه برق می باشد.

در ادامه در نقشه (۲)، پهنه بندی تاب آوری شهری برای دارایی زیرساختی برق بر اساس شاخص الگوی طراحی شبکه تشریح شده است. نقشه پهنه بندی تاب آوری شهری بر اساس شاخص الگوی طراحی شبکه نشان می دهد که برای دارایی زیرساختی برق، به غیر از بخش های شمال شهر و قسمت هایی از شرق شهر بقیه بخش های شهر دارای تاب آوری نسبتاً مناسبی می باشد. علت این مسأله در موقعیت های با تاب آوری ضعیف طراحی غیر منظم و ارگانیک یا شعاعی برای شبکه برق رسانی می باشد که این بخش ها را با تاب آوری ضعیفی نشان داده است.



نقشه ۲- نقشه تاب آوری زیرساخت برق بر اساس شاخص الگوی طراحی شبکه



نقشه ۳- نقشه تاب آوری زیرساخت برق بر اساس شاخص تراکم مصرف شبکه

در نقشه (۳)، پهنه بندی تاب آوری شهری برای دارایی زیرساختی برق بر اساس شاخص تراکم مصرف شبکه ذکر شده است. بر اساس شاخص تراکم مصرف، پهنه بندی تاب آوری شهری برای دارایی زیرساختی برق، مناطقی را که دارای پوشش جمعیتی ۷۵ تا ۱۰۰ هزار و بیشتر می باشند در پهنه های با تاب آوری خیلی ضعیف قرار داده است. در بخش های شرقی شهر و نوار شمال غربی دارای تراکم مصرف بالا به علت جمعیت و یا کاربری های پر مصرف شناسایی شده اند. در ادامه متناسب با شاخص‌های ارائه شده برای تبیین تاب آوری زیرساخت های شریانی برق، به پهنه‌بندی نهایی تاب آوری شهری برای دارایی های زیرساختی برق در کلانشهر مشهد اقدام شده است. در این راستا با استفاده از مدل شباهت به گزینه ایده‌آل فازی (FTOPSIS) تلاش شد تا برای تولید نقشه نهایی برای هر کدام از دارایی‌های زیرساختی به وزن گذاری نهایی برای شاخص های استاندارد پرداخته شود. نتایج این مرحله در جدول (۲) تشریح شده است.

جدول ۲ : وزن نهایی شاخص های تبیین کننده تاب آوری در زیرساخت شریانی برق

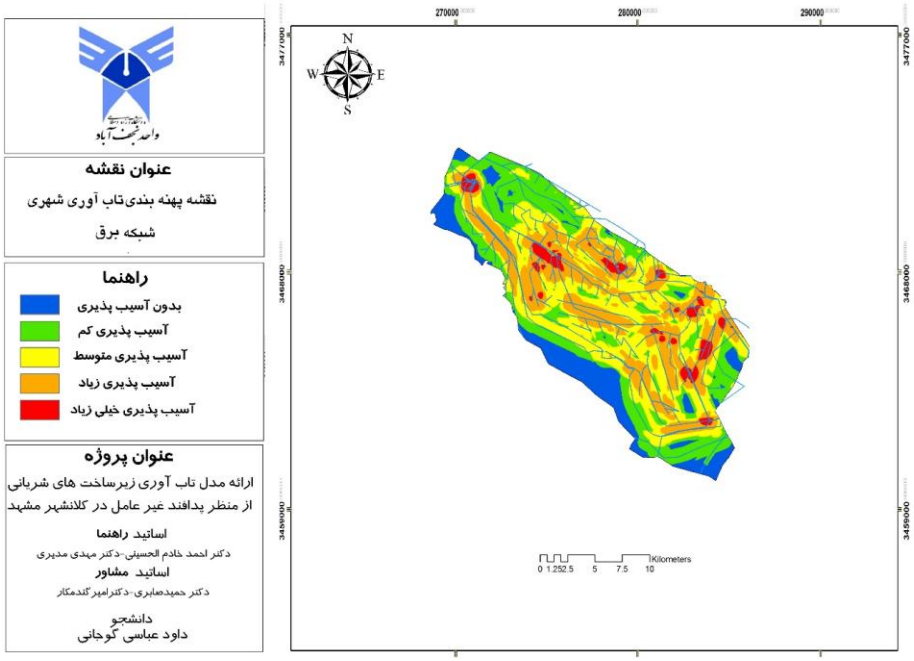
منبع: یافته های تحلیلی پژوهش

زیرساخت شریانی	شاخص تبیین کننده	S^+	S^-	CC_i	Rank
زیرساخت شریانی برق	قرارگیری در بافت	2.009	2.091	0.510	3
	الگوی طراحی شبکه	2.456	3.014	0.551	1
	تراکم مصرف	2.801	3.119	0.526	2

(S^+: فاصله از ایده آل مثبت- S^- : فاصله از ایده آل منفی- CC_i : شاخص شباهت)

مطابق با جدول (۲)، بر اساس مدل شباهت به گزینه ایده آل فازی(FTOPSIS)، متناسب با یافته‌های پژوهش و بر اساس نظر کارشناسان در زیرساخت شریانی برق در کلانشهر مشهد، شاخص تبیین کننده الگوی طراحی شبکه رتبه اول را به خود اختصاص داده و تراکم مصرف در رتبه دوم و قرار گیری در بافت حائز رتبه سوم شده است.

با این نتایج و تلفیق وزن‌های به دست آمده برای شاخص‌های پژوهش در قالب بسته تحلیل فضایی نرم افزار Arc GIS 10.3 اقدام به ارائه نقشه های نهایی تحلیل فضایی پهنه‌های تاب-آوری برای این زیر ساخت در کلانشهر مشهد گردید که نتایج آن در نقشه ذیل تشریح شده است.



نقشه ۴- نقشه نهایی پهنه بندی تاب آوری زیرساخت شریانی برق در کلان‌شهر مشهد

آن‌چه از نقشه نهایی پهنه بندی تاب آوری شهری بر اساس دارایی زیرساختی برق در گستره فضایی کلان‌شهر مشهد مشاهده می‌شود در بخش‌های شرقی و شمالی شهر کلان‌شهر مشهد در وضعیت ضعیف و در موقعیت نامناسبی می باشد.

علت اصلی این مسأله در درجه نخست به عدم طراحی مناسب شبکه در بخش‌های یاد شده و از سوی دیگر تراکم بالای مصرف و همچنین قرار گیری در بافته های ناکارآمد می باشد.

۴- نتیجه‌گیری

پر واضح است که ظرفیت تحمل پذیری و پایداری شرایط در برابر حوادث، تهدیدات و چالش‌ها در تاب‌آوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این شرایط می تواند در قالب مؤلفه های متعددی چون اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی، کالبدی، فرهنگی و زیست محیطی در وجهه کلان آن تصور گردد. تاب آوری رویکردی استراتژیک برای حفاظت و ارتقای مقاومت و تحمل پذیری دارایی های یک سیستم به خصوص دارایی های زیرساختی بسیار حائز اهمیت می باشد. در حقیقت، هر کدام از این زیرساخت های شریانی به خصوص دارایی زیرساختی برق به نوعی هدایت کننده جریان فعالیت‌ها، کنش و واکنش های جوامع شهری می باشند که تصور آسیب و نقصان در فرایند عملکردی هرکدام از این شریان های توسعه می تواند به تصور بحران عمیق در شهرها منتهی گردد. عمده این زیرساخت‌ها در راستای تبیین مفهومی تاب آوری آن ها با تهدیدات طبیعی مانند سیل و زلزله و تهدیدات انسانی مانند جنگ یا تهدیدات سایبری مواجه می‌باشد. در این راستا، در این مطالعه تلاش شد تا به تحلیل تاب آوری زیر ساخت شریانی برق در کلانشهر مشهد پرداخته شود. بنابراین مهم ترین مسأله گردآوری شاخص های تبیین کننده تاب آوری در زیرساخت شهریانی برق در کلانشهر مشهد بود که در این زمینه از دیدگاه کارشناسان و متخصصان مرتبط با موضع استفاده شد و نتایج حاصل از دلفی هدفمند در این مرحله، به سوالات پاسخ داده شد؛ **نخست،** مشخص شد که سه شاخص اصلی یعنی قرار گیری در بافت شبکه با ۹۲ درصد اجماع نهایی، الگوی طراحی شبکه با ۰/۹۳ اجماع نهایی و تراکم مصرف شبکه با ۸۹ درصد اجماع نهایی با استانداردهای تشکیل دهنده آن‌ها مورد شناسایی قرار گرفت که الگوهای مهمی برای شناسایی تاب آوری پهنه ای این زیرساخت در کلانشهر مشهد بود. در این فرایند بعد از شناسایی پیشران‌ها، اولویت سنجی آنها نشان داد که الگوی طراحی شبکه دارای اولویت اصلی در شناسایی پهنه‌های ناتاب‌آور در کلان‌شهر مشهد می‌باشد. این مقوله نشان می‌دهد که تا چه اندازه طراحی دفاع پذیر و مانایی شبکه زیرساختی برق در تاب آوری آن مهم می‌باشد. **دوم،** نتایج پژوهش نشان داد بخش های شمالی و بخش های شرقی شهر مشهد در این زمینه ناتاب آور می باشند. از سوی دیگر قرارگیری در بافت شبکه با شناسایی پهنه‌های فرسوده از پهنه های نوساز در شناسایی قدمت شبکه و آسیب پذیری و متعاقباً تاب آوری ضعیف آن بسیار مهم هست که در این فرایند پهنه های ناتاب آور شهری مورد شناسایی قرار گرفت. تراکم مصرف شبکه نیز نشان داد که هر چه میزان تراکم مصرف جمعیت بالاتر باشد تاب آوری زیرساخت برق کاهش می یابد که در این مورد بخش های جنوبی و شمالی شهر دارای وضعیت ناتاب آوری در بودند. به هر حال این نتایج نشان می داد که در کلانشهر مشهد برای تاب آوری زیرساخت شریانی برق سه مؤلفه؛ قرار گیری در بافت شبکه، الگوی طراحی شبکه و تراکم مصرف شبکه می تواند بسیار حائز اهمیت بوده و کلیدی باشد. این فرایند می تواند به برنامه ریزی صحیح در راستای افزایش مانایی و تحمل پذیری شبکه برق رسانی کلانشهر مشهد در برابر تهدیدات و شوک های وارد شده بر آن باشد.

۵- راهکار ها

۱. تدوین طرح ایجاد منابع پایدار تامین برق در شهر با توجه به وسعت عرصه ی موجود
۲. ارزیابی ایمن سازی و پایداری پست ها و خطوط انتقال برق
۳. برنامه‌ریزی جهت بکارگیری و تقویت فن‌آوری روز در جهت پایش، کنترل و حفاظت فیزیکی تأسیسات نیروگاهی و مرکز دیسپاچینگ (کنترل و توزیع)
۴. روش های خودکفایی و یا کاهش وابستگی به شبکه ی برق شهر در زیرساخت های اصلی(مراکز ثقل)
۵. تدوین برنامه ی عملکرد حوزه ی برق (پرسنل- تجهیزات) در مواقع بروز بحران
۶. بررسی نقش سرمایه گذاری در بخش انرژی های نو و تجدید پذیر در کاهش آسیب پذیری های ناشی از وابستگی به شبکه ی تامین برق موجود و روش های توسعه ی آن

۶- منابع

۱. امیری، محمدجواد؛ سپهرزاد، بهناز؛ معرب، یاسر و اسماعیل صالحی؛ (۱۳۹۶). ارزیابی تاب‌آوری ساختاری- طبیعی کاربری اراضی شهرها (نمونه موردی: منطقه ۱ تهران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و دوم، شماره ۱، صص ۱۴۸-۱۳۷.

۲. پرتوی، پروین ؛ بهزادفر، مصطفی و زهرا شیرانی؛ (۱۳۹۵). طراحی شهری و تاب آوری اجتماعی(بررسی موردی: محله جلفا اصفهان)، نشریه نامه معماری و شهرسازی، شماره ۱۷، صص ۱۱۶-۹۹.

۳. پریور، پرستو؛ فریادی، شهرزاد؛ یاوری، احمدرضا؛ صالحی، اسماعیل؛ هراتی، پگاه؛ (۱۳۹۲). بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب آوری محیط زیست شهری (نمونه موردی: مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران)، فصلنامه محیط شناسی، دوره ۳۹، شماره ۶۵، صص ۱۳۲-۱۲۳

۴. حاتمی نژاد، حسین ؛ فرهادی خواه، حسین؛ آروین، محمود و نگار رحیم پور؛ (۱۳۹۶). بررسی ابعاد موثر بر تاب آوری شهری با استفاده از مدل ساختاری تفسیری (نمونه موردی: شهر اهواز)، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، سال هفتم، شماره ۱، ص ۲.

۵. داداش پور، هاشم و مرضیه عادلی؛ (۱۳۹۴). سنجش ظرفیت‌های تاب آوری در مجموعه‌ی شهری قزوین، دوفصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۸، صص: ۸۴-۷۳.

۶. رضایی، محمد رضا ؛ رفیعیان، مجتبی ؛ حسینی، سیدمصطفی؛ (۱۳۹۶). ارزیابی طیف تاب‌آوری کالبدی شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی (نمونهٔ موردی شهر ایلام)، فصلنامه علمی ـ پژوهشی برنامه ریزی توسعه کالبدی، دوره ۴، پیاپی ۵، صص ۹-۲۰.

۷. رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی و حسینی، سید مصطفی؛ (۱۳۹۳). سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی اجتماع های شهری در برابر زلزله(مطالعه موردی: محله های شهر تهران)، پژوهش های جغرافیای انسانی، شماره ۴ ، صص۶۲۱-۶۰۳.

۸. صالحی، اسماعیل؛ اقابابایی، محمد تقی؛ سرمدی، هاجر؛ فرزاد بهتاش، محمد رضا؛ (۱۳۹۰). بررسی میزان تاب آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت، فصلنامه محیط شناسی، شماره ۵۹ ، صص ۱۱۲-۹۹.

۹. ضرغامی سعید و دیگران؛ (۱۳۹۵). سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری محله های شهری در برابر زلزله، مطالعه موردی بخش مرکزی شهر زنجان، فصلنامه جغرافیای اجتماعی شهر، شماره ۲۱، صص ۳۰-۱۷.

۱۰. فردوسی، سجاد و شکری فیروزجاه، پری؛ (۱۳۹۳). بررسی میزان تاب آوری شبکه معابر شهری، مطالعه موردی شهر دامغان، فصلنامه پدافند غیر عامل، شماره ۳، صص ۵۱-۶۲.

۱۱. فرزاد بهتاش، محمد رضا؛ کی نژاد، محمد علی؛ پیربابایی، محمد تقی و اصغری، علی؛ (۱۳۹۲). ارزیابی و تحلیل مؤلفه های تاب آوری کلان شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۱۸، شماره ۳، صص ۴۲-۳۳.

۱۲. عباسی گوجانی، داود؛ (۱۳۹۸). ارائه مدل تاب آوری زیرساخت های شریانی از منظر پدافند غیر عامل در کلان شهر مشهد، رساله مقطع دکتری، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد اصفهان.

13. Ajibade, I., (2017). ***Can a future city enhance urban resilience and sustainability? A political ecology analysis of Eko Atlantic city, Nigeria***. *International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol, 26, pp:85-92.*
14. *Berke, Ph., and Campanella, T., (2006).* ***Planning for Postdisaster Resiliency***. *The annal of the American Academy of Political and Social Science. vol,604, pp: 192-207.*

15. *Callaghan, G & Colton, J., (2008).* ***Building sustainable & resilient communities: a balancing of community capital.*** *Environment, Development and Sustainability. Vol, 10, pp: 931–942.*
16. *Chaffin B. C, and Scown M., (2018).* ***Social-ecological resilience and geomorphic systems. Geomorphology,*** *Volume 305, pp: 221-230.*
17. *Dhar, T., & Khirfan, L., (2017).* ***A multi-scale and multi-dimensional framework for enhancing the resilience of urban form to climate change***. *Urban Climate. Vol, 19, pp: 72-91.*
18. *Francis, M., & Whitworth, R., (2016).* ***Lifeline infrastructure and the UN disaster resilience scorecard.*** *Lowland Technology International, Vol.18, pp: 165-172.*
19. *Gonzales, P., and Ajami, N., (2017).* ***An Integrative Regional Resilience Framework for the Changing Urban Water Paradigm.*** *Sustainable Cities and Society, Vol. 30, pp: 128-138.*
20. *Greeshma P., and Kumar, K., (2016).* ***Disaster Resilience in Vulnerable cities through Neighborhood Development: A case of Chennai***. *Procedia Technology, Vol, 24, pp: 1827 – 1834.*
21. *Gunderson, L. H., (2003).* ***Adaptive Dancing. In Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change***, *Cambridge: Cambridge University Press.*
22. *Meerow, S., Newell, J., and Stults, M., (2016).* ***Defining urban resilience: A review.*** *Landscape and Urban Planning. Vol, 147,pp: 38-49.*
23. *Oliva,S, and Lazzeretti, L., (2018).****Measuring the economic resilience of natural disasters: An analysis of major earthquakes in Japan***. *City, Culture and Society. Volume 15, pp: 53-59.*
24. *Patel, R. and Gleason, K., (2017).* ***The association between social cohesion and community resilience in two urban slums of Port au Prince, Haiti***. *International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol,27,pp: 161-167.*
25. *Schlör, H., Venghaus, S., and Hake. F., (2017).* ***The FEW-Nexus city index – Measuring urban resilience.*** *Applied Energy. Vol. 210, pp: 382-392.*
26. *Spaans, M., & Waterhout, B., (2017).* ***Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme***. *Cities. Vol,61, pp:109-116.*
27. *Zhang, X., and Li, H., (2018)* ***Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know?*** *Cities, Volume 72, pp: 141-148.*