

شناسایی و اولویت‌بندی خط‌مشی‌های تاب‌آوری شهری بر اساس مدیریت یکپارچه شهری در مواجهه با بحران‌های ناشی از سیلاب و تأثیرات آن بر شبکه‌های توزیع برق (مورد مطالعه: استان فارس)

مجتبی پارسایی^۱، علی رضائیان^{۲*}، نادر هوشمندیار^۳

۱. گروه مدیریت دولتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. گروه مدیریت دولتی، دانشکده علوم سیاسی و مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: a-rezaeian@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۹ بهمن ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۰۵ تیر ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: در حال حاضر، سیستم‌های زیرساختی مانند شبکه‌های برق نقش حیاتی در زندگی انسان دارند. با توجه به تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر، حوادث غیرمنتظره افزایش یافته‌اند و این حوادث می‌توانند عملکرد زیرساخت‌های انرژی را تحت تأثیر قرار دهند، از جمله بروز قطع برق‌های گسترده و طولانی‌مدت. احتمال وقوع این حوادث به دلیل پراکندگی و گستردگی شبکه‌های توزیع برق بسیار زیاد است. بنابراین، تاب‌آوری شبکه‌های برق بسیار مهم است. تاب‌آوری به توانایی سیستم در کاهش اثرات منفی حوادث مخرب اشاره دارد.

هدف: هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر تاب‌آوری خط‌مشی‌های توزیع برق در شهرها بر اساس مدیریت یکپارچه شهری است.

روش‌شناسی: برای دستیابی به این هدف، از تکنیک تحلیل شبکه‌های تصمیم‌گیری (DANP) استفاده شده است. این روش به تحلیل ساختاری و ترکیبی از معیارها و عوامل کلیدی برای تعیین اولویت‌ها از طریق شبکه‌های تصمیم‌گیری می‌پردازد و جامعه خبرگان این پژوهش متشکل از ۱۰ نفر از خبرگان صنعت برق و اساتید دانشگاه استان فارس می‌باشد که به روش هدفمند انتخاب شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: این پژوهش بر روی خط‌مشی‌های توزیع برق در استان فارس تمرکز دارد و به بررسی تأثیرات مدیریت یکپارچه شهری بر تاب‌آوری این شبکه‌ها می‌پردازد.

یافته‌ها و بحث: باتوجه به معیارهای مشخص شده نظام مدیریتی با وزن ۰،۱۸۲ به عنوان اولویت اول، مدیریت بحران با وزن ۰،۱۷۶۸ به عنوان اولویت دوم، نظام اقتصادی با وزن ۰،۱۶۳۱ به عنوان اولویت سوم، نظام فنی و زیرساخت با وزن ۰،۱۶۰۲ به عنوان اولویت چهارم، نظام فرهنگی و اجتماعی با وزن ۰،۱۶۰۲ و در آخرین مرتبه شوک محیطی با وزن ۰،۱۵۸۵ قرار دارند.

نتیجه‌گیری: با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه‌های تصمیم‌گیری، عوامل تأثیرگذار بر تاب‌آوری خط‌مشی‌های توزیع برق در شهرها شناسایی و اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد که نظام مدیریتی، مدیریت بحران، نظام اقتصادی، نظام فنی و زیرساخت، نظام فرهنگی و اجتماعی، و شوک محیطی به ترتیب از اهمیت بیشتری برخوردارند و با توجه به یافته‌های این پژوهش، مدیران و تصمیم‌گیران می‌توانند با تمرکز بر این عوامل، برنامه‌ها و استراتژی‌های مناسبی برای افزایش تاب‌آوری خط‌مشی‌های توزیع برق در شهرها ارائه کنند.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری شهری، مدیریت بحران، خط‌مشی‌گذاری، شبکه‌های توزیع برق، بحران‌های سیلابی.

مقدمه

شهرها به عنوان مراکز حیاتی اقتصادی و اجتماعی، همواره در معرض تأثیرات مختلف طبیعی و انسانی قرار دارند که می‌تواند به شکل بحران‌های سیلابی غیرقابل پیش‌بینی ظاهر شود. این بحران‌ها، علاوه بر تأثیرات مستقیم خودشان بر زیرساخت‌های شهری، می‌توانند منجر به قطعی برق و آسیب به شبکه‌های توزیع برق گردند که این مسئله به طور مستقیم توانایی ادامه یافتن فعالیت‌های شهری و رفاه شهروندان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

شبکه‌های توزیع برق به عنوان زیرساخت‌های حیاتی در سطح شهری تلقی می‌شوند که نقش اساسی در تأمین نیازهای انرژی گوناگون مشتریان و ارائه خدمات عمومی ایفا می‌کنند (Hosseini et al., 2016; Panteli & Mancarella, 2015). این شبکه‌ها به دلیل ویژگی‌های حساسیتی که دارند، به مواجهه با تهدیدات مختلفی از جمله حوادث طبیعی و انسانی قرار دارند. این تهدیدات می‌توانند منجر به قطعی برق، آسیب به تجهیزات، اختلال در عملکرد شبکه و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری گردند. (Molyneaux et al., 2012; Wang et al., 2018)

تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق به ویژگی‌های مختلفی از جمله ساختار شبکه، تجهیزات، مدیریت، سیاست‌ها، قوانین، فناوری‌ها، رفتار مشتریان و غیره وابسته است. (Panteli & Mancarella, 2015) برای بهبود تاب‌آوری، شناسایی و ارزیابی این عوامل ضروری است. این اقدامات می‌توانند شامل تدابیر پیشگیرانه، تدابیر مقابله‌ای و تدابیر بازایی باشد که هدف آن‌ها کاهش احتمال وقوع حوادث، محدود کردن تأثیرات آن‌ها و افزایش سرعت بازایی شبکه است (Panteli & Mancarella, 2015; Gholami et al., 2016).

تاکنون تحقیقات متعددی در حوزه تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق انجام شده است که به موضوعاتی نظیر ارزیابی تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (رضایی و همکاران) و مقایسه تحلیلی اثرات تاب‌آوری در سیستم‌های الکتریکی (Molyneaux et al., 2012) می‌پردازند. به علاوه، تحقیقاتی نیز در زمینه تأثیر میکروگردها بر تاب‌آوری شبکه‌ها پس از زلزله ژاپن در سال ۲۰۱۱ انجام شده است. (Marnay et al., 2015)

از این رو، اهمیت افزایش تاب‌آوری در شبکه‌های توزیع برق به‌ویژه در محیط شهری بیش از پیش مشهود است. تاب‌آوری نه تنها در بهبود عملکرد و کارایی شبکه‌های برق تأثیرگذار است بلکه از اهمیت بسزایی در امنیت، سلامت، اقتصاد، و حفاظت از محیط زیست شهری برخوردار است. در این مطلب، با استفاده از روش‌های تحلیلی و تصمیم‌گیری چند معیاره، به شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق پرداخته و راهکارهای بهبود آن‌ها را اولویت‌بندی خواهیم کرد. این پژوهش با تأکید بر مدیریت یکپارچه شهری انجام می‌شود تا راهکارهای ارائه‌شده با نیازها و منافع مختلف ذی‌نفعان شهری هماهنگ شوند و به بهبود کیفیت خدمات برق‌رسانی و افزایش رفاه شهروندان منجر گردد.

با توجه به بررسی سیر تحول پدیدایش و کاربرد مفهوم تاب‌آوری، مشخص می‌شود که دیدگاه‌ها و تعبیرهای مختلفی از این مفهوم وجود دارد. در زبان‌شناسی، واژه "تاب‌آوری" به توانایی یک جسم یا سیستم اشاره دارد که بتواند پس از تحت تأثیر قرار گرفتن از نیروهای خارجی، به سرعت به شکل و ساختار اصلی خود بازگردد (Lupisek و همکاران، ۲۰۱۸). در سال ۱۹۷۳، توانایی تاب‌آوری برای اولین بار به عنوان یک معیار برای پایداری سیستم‌ها و توانایی در مقابله با تغییرات و اختلالات و حفظ ارتباطات میان اجزای یک سیستم توسط C.S. Holling تعریف شد. او در تحقیقات خود به شاخص گمشده در تعریف تاب‌آوری با نام "طرفیت تغییر" پی برد، که اساس و اسکوپ تاب‌آوری را تشکیل می‌دهد (Holling, ۲۰۱۳). بنابر این تعریف از تاب‌آوری، این مفهوم به معنای توانایی سیستم برای تطابق با تغییرات محیطی، استمرار در عملکرد و همچنین بازایی سریع از تغییرات غیرمنتظره می‌باشد. بعد از این تعریف ابتدایی، مفهوم تاب‌آوری به طور قابل توجهی در چندین زمینه مانند مدیریت ایمنی، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی مورد استفاده قرار گرفته است. در مفاهیم کلی، تاب‌آوری به معنای توانایی سیستم‌ها یا افراد برای مقابله با حوادث و تغییرات غیرمنتظره است که ممکن است در تناقض با یکدیگر باشند (Chen, ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، تاب‌آوری شامل انطباق با محیط تا حد ممکن، ادامه وجود و عملکرد در مقابل تغییرات و بازایی سریع از تغییرات ناگهانی است. یکی از اصول مهم در

تعریف تاب‌آوری، مفهوم "طرفیت تغییر" است که از آنجا که سیستم‌ها در معرض تغییرات قرار دارند، توانایی‌ای را نشان می‌دهد که این سیستم‌ها از طریق آن به سرعت به وضعیت اصلی‌شان بازمی‌گردند. در این راستا، هدف اصلی تاب‌آوری این است که علاوه بر توانایی انطباق و بازیابی، امکان حفظ عملکرد و ارائه خدمات به مصرف‌کنندگان پس از وقوع حوادث را فراهم کند. به طور خلاصه، تاب‌آوری به معنای توانایی سیستم‌ها برای مقابله با تغییرات و حوادث است که می‌تواند توسط عواملی چون انطباق‌پذیری، دوام و بازگشت‌پذیری در زمان تقویت شود. برای این منظور، ارزیابی تاب‌آوری شبکه‌ها و توانایی بازگشت‌پذیری آنها در مواجهه با تغییرات مختلف و کاهش اثرات تغییرات جوی و حوادث، جزو اولویت‌های برنامه‌ریزی و طراحی این شبکه‌ها باید قرار گیرد. (Wang, & et al, 2020)

با گسترش روزافزون شهرنشینی و توسعه بخش‌های مختلف شهری، تضمین تاب‌آوری و توسعه پایدار شهرها به چالش‌های اساسی تبدیل شده است. در شرایط کنونی که تعداد و نوع بحران‌ها و آسیب‌ها به شدت افزایش یافته (سلیمی‌سبحان و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۷)، که در این زمینه، مدیریت یکپارچه شهری به عنوان یک راهبرد اساسی برای هماهنگی فعالیت‌ها و منابع مختلف در سطح شهر، اهمیت بالایی دارد. این رویکرد با هماهنگی بین مولفه‌های مختلف شهری از جمله اقتصاد، محیط‌زیست، اجتماع و فناوری، به توسعه پایدار و تاب‌آوری شهرها کمک می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸). مخاطرات محیطی و مسائل مربوط به آسیب‌های ژئوفیزیکی همواره تهدیدی برای مراکز انسانی می‌باشد (صادقی و جوان، ۱۴۰۳: ۸۶). یکی از عوامل اساسی در تضمین تاب‌آوری شهرها، مدیریت توزیع انرژی در محیط شهری است. به عنوان یکی از نیازمندی‌های اساسی شهرها، انرژی به ویژه برق به منظور تأمین نیازهای مختلف شهری به اهمیت بالایی دست یافته است. در این زمینه، توزیع برق به عنوان یکی از عوامل اساسی در تأمین انرژی شهری، نقش حیاتی ایفا می‌کند. با این حال، با وجود پیچیدگی‌ها و تحولات مختلف در محیط شهری، توزیع برق نیازمند هماهنگی و همکاری با دیگر زیرساخت‌ها و خدمات شهری است تا به تاب‌آوری موردنظر دست یافت. با توجه به تلاقی نیازمندی‌های انرژی و مدیریت یکپارچه شهری، ارائه مدل‌های خط‌مشی گذاری مناسب برای تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق در چارچوب مدیریت یکپارچه شهری بسیار اهمیت دارد. این مدل‌ها باید به منظور بهبود عملکرد شبکه‌های توزیع برق، تنظیم منابع انرژی، مدیریت بار، افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش آسیب‌پذیری اجزای مختلف شبکه متمرکز شوند. از طریق این مدل‌ها، توانایی تطبیق با تغییرات اقلیمی، اختلالات فنی، حوادث طبیعی و تغییرات بارش به بهبود مستقل و هماهنگی بخش‌های مختلف شهری پاسخ خواهد داد (مصطفی زاده و همکاران، ۱۳۹۹)

با گسترش شهرنشینی و افزایش نیازهای انرژی در محیط شهری، بهبود زیرساخت‌های شبکه‌های توزیع برق امری ضروری و اساسی می‌شود. استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند نقش مهمی در افزایش توانایی تحمل شبکه‌ها در مقابل تغییرات و حوادث ایفا کند. (Smith & Stirling, 2018) به عنوان مثال، شبکه‌های هوشمند با بهره‌گیری از اطلاعات برقراری ارتباط میان دستگاه‌ها و مصرف‌کنندگان، می‌توانند در پیش‌بینی و مدیریت بهینه بار و توزیع انرژی در سطح شهری به کار گرفته شوند. از طرف دیگر، به منظور افزایش توانایی تحمل شبکه‌ها در برابر تغییرات مختلف، به کمک هوش مصنوعی و اینترنت اشیا می‌توان به صورت هوشمندانه تغییرات در بار و توزیع انرژی را پیش‌بینی و مدیریت کرد. استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌تواند به تنظیم بهینه بار و تعادل توزیع انرژی در مختلف نقاط شبکه کمک کند. همچنین، اینترنت اشیا با ارتباط و انتقال داده‌ها از دستگاه‌های مختلف به سامانه مدیریتی، امکان کنترل دقیق‌تر و پیش‌بینی بهتر را برای توزیع انرژی در شبکه‌ها فراهم می‌آورد (Wang et al., 2020). به طور خلاصه، استفاده از فناوری‌های نوین از جمله شبکه‌های هوشمند و اینترنت اشیا به طور موثری توانایی تحمل شبکه‌های توزیع برق را در مقابل تغییرات و حوادث افزایش می‌دهد. این فناوری‌ها از طریق پیش‌بینی دقیق تغییرات بار و توزیع انرژی، مدیریت بهینه و انعطاف‌پذیری بیشتری را در سیستم‌های توزیع برق فراهم می‌کنند.

بحران‌های ناشی از سیلابی به عنوان یکی از پدیده‌های طبیعی پرخطر، با تأثیرات گسترده‌ای بر زیرساخت‌های شهری همراه است. این تأثیرات می‌تواند شامل خسارت به شبکه‌های توزیع برق، از دست دادن ارتباطات، اختلال در

خدمات عمومی و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری باشد. بنابراین، انتخاب و اولویت‌بندی خط‌مشی‌های تاب‌آوری شهری بر اساس مدیریت یکپارچه شهری در مواجهه با بحران‌های سیلابی و تأثیرات آن بر شبکه‌های توزیع برق امری اساسی است.

مدیریت یکپارچه شهری به عنوان یک رویکرد هماهنگی و همکاری بین بخش‌های مختلف شهری مطرح می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق ایفا کند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۲). این هماهنگی امکان ارزیابی نیازها و منافع مختلف ذی‌نفعان شهری را فراهم کرده و راهکارهایی ارائه می‌دهد که با توجه به آن‌ها، طراحی و اجرا گردند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۲؛ جوادی و همکاران، ۱۴۰۰).

همچنین، این هماهنگی به بهبود هماهنگی و ارتباط بین سازمان‌ها و مراکز مسئول برق‌رسانی، امداد و نجات، امنیت و دیگر ارگان‌ها کمک می‌کند و از تضاد و تداخل منابع و تصمیمات جلوگیری می‌کند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۲).

بر اساس تحقیقات محمدی و همکاران (۱۳۹۸)، فناوری‌های نوین و ابزارهای هوشمند در مدیریت یکپارچه شهری می‌توانند به توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های نوین و ابزارهای هوشمند برای افزایش کارایی و کیفیت خدمات برق‌رسانی، کاهش مصرف و هدررفت انرژی، افزایش آگاهی و مشارکت مشتریان و دیگر اقدامات موثر در این زمینه کمک کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸). به علاوه، مدیریت یکپارچه شهری می‌تواند به تقویت ظرفیت‌های محلی و مشارکت اجتماعی برای پیشگیری و مقابله با حوادث و اختلالات در شبکه‌های توزیع برق کمک کرده و از وابستگی به منابع خارجی کاسته شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). برخی تجارب و نظریات موجود در عرصه مدیریت محلی حاکی از آن است، حفظ تعادل بین نیازهای اجتماعی، اقتصادی و محیطی نسل حاضر و آینده، تغییر پارادایمی در اداره امور ایجاد کرده است که این تغییر به ورود مفاهیمی مانند مشارکت شهروندی، جامعه مدنی، شفافیت، پاسخگویی، عدالت و برابری در کنار کارایی و اثربخشی مدیریت محلی انجامیده که به عنوان پیش شرطی جهت توسعه پایدار و الگوی مناسبی برای مدیریت شهری معرفی می‌نماید (چاره‌جو و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۷۶).

جهت درک بهتر جنبه‌های مختلف مدیریت شهری، لازم است به چندین جنبه مختلف آن پرداخته شود. در ابعاد کالبدی مدیریت شهری، برنامه‌ریزی و طراحی فضای شهری، بهسازی و بازآفرینی مناطق شهری، توسعه زیرساخت‌ها و تجهیزات شهری، حفاظت از میراث فرهنگی و تاریخی شهر و مدیریت محیط زیست شهری مطرح است (دانشنامه شهرسازی ایران، ۱۳۹۲).

در ابعاد اجتماعی-فرهنگی، مدیریت شهری شامل توسعه خدمات اجتماعی و بهداشتی، ارتقاء کیفیت زندگی و رفاه شهروندان، تقویت هویت و انسجام اجتماعی، ترویج فرهنگ شهری و مشارکت مردمی در امور شهری است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ نیک‌نام، ۱۳۹۵).

در جنبه اقتصادی، مدیریت شهری شامل توسعه فعالیت‌های اقتصادی و اشتغال‌زایی، افزایش تولید و درآمد شهری، بهبود توزیع و عدالت اقتصادی، ارتقاء رقابت‌پذیری و جذب سرمایه‌گذاری شهری می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ وانیا، ۱۳۹۵).

در جنبه سیاسی-مدیریتی، مدیریت شهری شامل تعیین و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های شهری، تقسیم و تعادل قدرت و مسئولیت در سطوح مختلف مدیریت شهری، ایجاد شفافیت و پاسخگویی در امور شهری، تقویت نظارت و کنترل شهروندان بر عملکرد مدیران شهری و توسعه همکاری‌های بین‌شهری و بین‌المللی است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ اسلامی و همکاران، ۱۳۹۹).

محمدی (۱۳۹۸) در تحقیقی با عنوان "مدیریت یکپارچه شهری و تاثیر آن بر تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق" با استفاده از روش تحلیل محتوا، به بررسی مفهوم تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق از دیدگاه مدیریت یکپارچه شهری پرداخته است. این تحقیق نشان می‌دهد که مدیریت یکپارچه شهری با هماهنگی و همکاری بخش‌های مختلف شهری، از جمله برنامه‌ریزی، حمل و نقل، محیط زیست، امنیت، و ... می‌تواند به افزایش تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق کمک

کند. این تحقیق نه تنها به بهبود هماهنگی بین سازمان‌ها و مراکز مسئول برق‌رسانی، امداد و نجات، امنیت و ... کمک می‌کند بلکه از تضاد و تداخل منابع و تصمیمات نیز جلوگیری می‌کند. همچنین، مقاله به توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های نوین و ابزارهای هوشمند برای افزایش کارایی و کیفیت خدمات برق‌رسانی، کاهش مصرف و هدررفت انرژی، افزایش آگاهی و مشارکت مشتریان و ... نیز کمک می‌کند. جوادی و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله‌ای به نام "تحلیل ارتباط مدیریت یکپارچه شهری با تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق" به بررسی تأثیر مدیریت یکپارچه شهری بر توانایی تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق پرداخته‌اند. در این تحقیق، نقش مهمی که مدیریت یکپارچه شهری در افزایش توانایی تحمل شبکه‌ها در مقابل تغییرات و حوادث ایفا می‌کند، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. رضایی و همکاران (۱۴۰۲) در یک تحقیق با عنوان "نقش فناوری‌های نوین در تقویت تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق در محیط‌های شهری" به مطالعه تأثیر استفاده از فناوری‌های نوین از جمله شبکه‌های هوشمند و اینترنت اشیاء بر توانایی تحمل شبکه‌های توزیع برق در محیط‌های شهری پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داده‌اند که با بهره‌گیری از این فناوری‌ها، توانایی تحمل شبکه‌ها در مقابل تغییرات و حوادث افزایش یافته و عملکرد بهتری در توزیع انرژی در شهرها ارائه می‌شود. رضایی و همکاران (۱۴۰۲) تأثیر استفاده از فناوری‌های نوظهور مانند شبکه‌های هوشمند و اینترنت اشیاء (IoT) را در قدرت شبکه‌های توزیع شهری برای مقاومت در برابر تغییرات و حوادث مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داده‌اند که با بهره‌گیری از این فناوری‌ها، انعطاف‌پذیری شبکه‌ها در مقابل تغییرات و حوادث افزایش می‌یابد و منجر به بهبود عملکرد در توزیع انرژی در محیط‌های شهری می‌شود.

پانтели و منکارلا (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان "تأثیر آب و هوای شدید و تغییرات آب و هوایی بر تاب‌آوری سیستم‌های قدرت"، به بررسی تأثیرات رویدادهای آب و هوایی شدید و تغییرات آب و هوایی بر تاب‌آوری سیستم‌های قدرت پرداخته‌اند. این تحقیق یک چارچوب جامع برای ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های قدرت ارائه داده و راهکارهای موجود و نوظهور برای افزایش تاب‌آوری سیستم‌های قدرت را مورد بررسی قرار داده است، از جمله طراحی و برنامه‌ریزی شبکه، مدیریت دارایی، فناوری‌های شبکه هوشمند، پاسخ تقاضا، تولید پراکنده و میکروگریدها. وانگ و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی با موضوع "تاب‌آوری سیستم‌های قدرت در برابر حوادث طبیعی" به بررسی تاب‌آوری سیستم‌های قدرت در مقابل حوادث طبیعی مانند طوفان‌ها، زلزله‌ها، سیل‌ها و آتش‌سوزی‌ها پرداخته است. این تحقیق چارچوب جامعی برای ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های قدرت ارائه داده و چالش‌ها و جهت‌های آینده برای تحقیق بر روی تاب‌آوری نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اسمیت و استرلینگ (۲۰۱۸) با عنوان "افزایش انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع شهری از طریق مدیریت یکپارچه"، مطالعه بر روی اینکه چگونه مدیریت یکپارچه می‌تواند انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع شهری را افزایش دهد تمرکز داشت. این تحقیق به بررسی استراتژی‌ها و رویکردهای مدیریتی برای مدیریت و سازگاری موثر شبکه‌های توزیع با تغییرات و چالش‌های مختلف پرداخت. یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده اهمیت مدیریت یکپارچه در تضمین انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع شهری می‌باشند. وانگ و همکاران (۲۰۲۰) بررسی کردند که چگونه هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء می‌توانند با هوش استفاده شوند تا بار و توزیع انرژی در شبکه‌ها پیش‌بینی و بهینه‌سازی شود. این رویکرد به هدف افزایش تطابق و توازن توزیع انرژی در نقاط مختلف شبکه می‌پردازد. این تحقیق بر اهمیت این فناوری‌ها در افزایش انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع در برابر تغییرات و حوادث مختلف تأکید می‌کند.

جدول ۱. ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق پیشینه پژوهش

ابعاد و شاخص‌ها	منابع
مدیریت یکپارچه شهری و تاثیر آن بر تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق	محمدی (۱۳۹۸)
تحلیل ارتباط مدیریت یکپارچه شهری با تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق	جوادی و همکاران (۱۴۰۰)
نقش فناوری‌های نوین در تقویت تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق در محیط‌های شهری	رضایی و همکاران (۱۴۰۲)
تأثیر استفاده از فناوری‌های نوظهور در قدرت شبکه‌های توزیع شهری	رضایی و همکاران (۱۴۰۲)
تأثیر آب و هوای شدید و تغییرات آب و هوایی بر تاب‌آوری سیستم‌های قدرت	پانتلی و منکارلا (۲۰۱۵)
تاب‌آوری سیستم‌های قدرت در برابر حوادث طبیعی	وانگ و همکاران (۲۰۱۶)
افزایش انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع شهری از طریق مدیریت یکپارچه	اسمیت و استرلینگ (۲۰۱۸)
هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء بر توزیع انرژی	وانگ و همکاران (۲۰۲۰)

روش‌شناسی

تحقیق حاضر، از منظر هدف کاربردی، از لحاظ شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها، توصیفی از نوع تکنیک‌های تصمیم‌گیری می‌باشد. از لحاظ روش گردآوری اطلاعات روش تحقیق حاضر پیمایشی می‌باشد. جهت تدوین ادبیات تحقیق، تعاریف و مفاهیم نظری از منابع کتابخانه‌ای استفاده شد که مهم‌ترین و مفیدترین منبع موتورهای جستجو در پایگاه‌های علمی مختلف بر روی شبکه اینترنت، بانک‌ها و منابع اطلاعاتی و کتابخانه‌های دانشگاه، پایان‌نامه‌ها، نشریات و مقالات خارجی و داخلی بوده است. این تحقیق با هدف ارتقاء سیاست‌های شهری برای مقابله با بحران‌های سیلاب و تأثیرات آن بر شبکه‌های توزیع برق صورت گرفته است و جامعه خبرگان این پژوهش متشکل از ۱۰ نفر از خبرگان صنعت برق و اساتید دانشگاه می‌باشد که به روش هدفمند انتخاب شده است. داده‌های این پژوهش از دو منبع اصلی تهیه شده است؛ داده‌های ثانویه از کتب، مقالات، اسناد، و مدارک مرتبط گردآوری شده‌اند و داده‌های اولیه از مصاحبه‌های انجام شده با افراد مرتبط و کارشناسان به دست آمده‌اند و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تکنیک DANP استفاده گردید. تکنیک DANP به دلیل قابلیت تحلیل ساختاری و ترکیبی از معیارها و عوامل کلیدی و تعیین اولویت‌ها از طریق شبکه‌های تصمیم‌گیری انتخاب شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

قلمرو جغرافیایی پژوهش

استان فارس، با مساحتی بیش از ۱۵۰,۰۰۰ کیلومتر مربع، یکی از استان‌های مهم و حیاتی جنوب ایران است. این استان دارای جمعیت بالغ بر ۵ میلیون نفر و اقلیم متنوعی از جمله مناطق کوهستانی، دشت‌ها و نواحی مرطوب است. شبکه برق استان فارس، به عنوان یکی از زیرساخت‌های اساسی و حیاتی، نقش بسزایی در تأمین نیازهای برقی منطقه و صنایع آن ایفا می‌کند. افزایش جمعیت و توسعه صنعتی نیاز به بهبود زیرساخت‌ها و افزایش ظرفیت شبکه برق را افزایش داده است. استان فارس، به دلیل خصوصیات جغرافیایی، از جمله مناطقی است که با خطرات سیلابی مواجه هستند. بارش‌های فراوان و سیلاب‌های ناگهانی می‌توانند به بروز حوادث و خسارات جدی در این منطقه منجر شوند. استان فارس با شبکه برق قوی و با توجه به خطرات سیلابی که با آن مواجه است، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت یکپارچه شهری برای مقابله با بحران‌های طبیعی و افزایش تاب‌آوری است. به‌طور خاص، توسعه زیرساخت‌ها، آموزش‌های آگاهی عمومی و تدوین برنامه‌های اضطراری از جمله اقدامات موردنیاز در این زمینه هستند.



شکل ۲. نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده استان فارس

یافته‌ها و بحث

در این قسمت به تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش پرداخته شده است. داده‌های حاصل از نظرات خبرگان بر اساس روش DANP، آنالیز شد. یافته‌ها به صورت گام به گام ارائه شده است. به جهت تسهیل در روند ارائه یافته‌های پژوهش کدگذاری عوامل به شکل زیر انجام شده است.

جدول ۲. کدگذاری معیارها

دسته	معیار	نماد
شوک محیطی	محیط پایه	A1
	انسان پایه	A2
نظام اقتصادی	اقتصاد کلان	B1
	مدیریت منابع	B2
	مدیریت عرضه و تقاضا	B3
	اقتصاد برق	B4
نظام فرهنگی و اجتماعی	مدیریت مصرف شهروندان	C1
	مشارکت شهروندان	C2
نظام فنی و زیر ساختها	شبکه و تجهیزات	D1
	ایمنی	D2
	مدیریت اطلاعات	D3
	ساخت و ساز	D4
مدیریت بحران	پیش بینی	E1
	مواجهه	E2
	تحلیل	E3
نظام مدیریتی	مدیریت دانش	F1
	مدیریت منابع انسانی	F2
	مدیریت ناب	F3
	مدیریت ارشد	F4
	برنامه ریزی	F5
	مدیریت ذینفعان	F6

منبع: یافته‌های پژوهش

گام نخست- محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (D)

ارزیابی روابط میان معیارها (تاثیر یک معیار بر معیار دیگر) بر اساس نظرات خبرگان تحقیق با استفاده از طیف رتبه‌بندی ۰ تا ۴ انجام می‌گردد که در آن ۰ به معنی عدم تاثیرگذاری، ۱ به معنی تاثیر اندک، ۲ به معنی تاثیر متوسط، ۳ به معنی تاثیر زیاد و ۴ به معنی تاثیر بسیار زیاد است. پس از بدست آوردن ماتریس‌های پاسخ خبرگان یک ماتریس میانگین به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \dots & \alpha_{1j} & \dots & \alpha_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{i1} & \dots & \alpha_{ij} & \dots & \alpha_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{n1} & \dots & \alpha_{nj} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix}$$

گام دوم- نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم

برای نرمال شدن ماتریس میانگین، جمع سطرها و ستون‌ها محاسبه و تمام عناصر ماتریس بر بزرگترین حاصل جمع سطرها و ستون‌ها یعنی ۷۱، تقسیم شد. ماتریس نرمال به وسیله رابطه زیر نمایش داده می‌شود.

$$K = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \quad \text{گام سوم: محاسبه ماتریس ارتباط کامل معیارها (TC)}$$

ماتریس روابط کل (T) با حل معادله بدست می‌آید که در آن "X" اشاره به

ماتریس نرمال بدست آمده از گام دوم و "I" اشاره به ماتریس همانی دارد.

$$T = X + X^2 + \dots + X^n = X(I - X)^{-1} \quad \lim_{h \rightarrow \infty} X^h = [0]_{n \times n}$$

$$T = X + X^2 + \dots + X^h$$

$$T = X(I - X)^{-1}$$

گام چهارم: محاسبه ماتریس ($TD\alpha$)

در گام بعدی ماتریس ارتباط کامل ابعاد (TD)، به شکل زیر محاسبه شد. توضیح آن‌که هر یک از درایه‌های این ماتریس از میانگین بلوک‌های متناظر ماتریس ارتباط کامل معیارها به دست آمده است.

جدول ۳. ماتریس ارتباط کامل ابعاد (TD)

F	E	D	C	B	A	
0/22831	0/237727	0/202365	0/197542	0/195791	0/180824	A
0/204631	0/193988	0/17922	0/190654	0/185697	0/169407	B
0/192972	0/165147	0/165147	0/168042	0/182892	0/168835	C
0/213029	0/21274	0/179902	0/176065	0/184113	0/189154	D
0/259837	0/245705	0/231815	0/229613	0/22954	0/238815	E
0/243792	0/251738	0/225028	0/219612	0/22217	0/220536	F

منبع: یافته‌های پژوهش

جمع سطر (R)، ماتریس ارتباط کامل ابعاد (TD) و هم چنین جمع ستون ماتریس ارتباط کامل ابعاد (TD)، و هم چنین $R + C$ ، جهت تعیین نوع هر یک از بلوک‌ها به شرح جدول زیر محاسبه شده است.

جدول ۵. نوع خوشه‌های مطالعه

خوشه	R	C	R+C	R-C	نوع
شوک محیطی	1/242559	1/16757	2/410129	0/074989	علت
نظام اقتصادی	1/123598	1/200202	2/3238	-0/0766	معلول
نظام فرهنگی و اجتماعی	1/043035	1/181529	2/224564	-0/13849	معلول
نظام فنی و زیر ساختها	1/155003	1/183477	2/33848	-0/02847	معلول
مدیریت بحران	1/435324	1/307045	2/742369	0/128279	علت
نظام مدیریتی	1/382876	1/342572	2/725448	0/040304	علت

بر اساس نتایج جدول بالا خوشه‌های شوک محیطی، مدیریت بحران و نظام مدیریتی حالت علی و خوشه‌های نظام اقتصادی، نظام فرهنگی و اجتماعی و نظام فنی و زیر ساختها حالت معلول دارند. در گام بعدی ماتریس ارتباط کامل ابعاد نرمال شده (TDNorm)، به شکل زیر محاسبه شد. توضیح آن که هر یک از درایه‌های این ماتریس از تقسیم درایه‌های سطرهای ماتریس ارتباط کامل ابعاد بر جمع درایه‌های همان سطر به دست آمده است.

جدول ۵. ماتریس ارتباط کامل ابعاد نرمال شده (TDNorm)

	F	E	D	C	B	A
A	0/145526	0/150772	0/161869	0/163769	0/166384	0/159476
B	0/15757	0/16527	0/175346	0/159404	0/159922	0/160658
C	0/15898	0/169682	0/161109	0/152437	0/159973	0/158808
D	0/162861	0/159506	0/158333	0/155759	0/161507	0/162725
E	0/191321	0/172649	0/158333	0/18419	0/171184	0/18204
F	0/183742	0/182121	0/18501	0/184441	0/18103	0/176293

منبع: یافته‌های پژوهش

ماتریس (TD α)، به شکل زیر محاسبه شد. توضیح آن که این ماتریس ترانهاده‌ی ماتریس ارتباط کامل ابعاد نرمال شده (TDNorm) است.

جدول ۶. ماتریس (TD α)

	F	E	D	C	B	A
A	0/145526	0/150772	0/161869	0/163769	0/166384	0/159476
B	0/15757	0/16527	0/175346	0/159404	0/159922	0/160658
C	0/15898	0/169682	0/161109	0/152437	0/159973	0/158808
D	0/162861	0/159506	0/158333	0/155759	0/161507	0/162725
E	0/191321	0/172649	0/158333	0/18419	0/171184	0/18204
F	0/183742	0/182121	0/18501	0/184441	0/18103	0/176293

منبع: یافته‌های پژوهش

گام پنجم: تشکیل سوپر ماتریس ناموزون (W)

ماتریس ناموزون مطالعه به صورت زیر محاسبه می شود.

$$W = (T_e^\alpha)' = D_j \begin{pmatrix} D_1 & & D_i & & D_n \\ c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m_1} & \dots & c_{11} \dots c_{nm_n} \\ W^{11} & \dots & W^{i1} & \dots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1j} & \dots & W^{ij} & \dots & W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1n} & \dots & W^{in} & \dots & W^{nn} \end{pmatrix}$$

گام ششم: تشکیل سوپرماتریس موزون

در این مرحله ماتریس T_D^α را در ماتریس W ضرب می‌کنیم. به این طریق که هر $t_D^{\alpha ij}$ را در W_{ij} نظیر ضرب می‌کنیم. ماتریس موزون به صورت زیر است:

$$W^\alpha = T_D^\alpha \times W = \begin{pmatrix} t_D^{\alpha 11} \times W^{11} & \dots & t_D^{\alpha 1j} \times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha 1n} \times W^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} \times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha ij} \times W^{ij} & \dots & t_D^{\alpha in} \times W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha m1} \times W^{1n} & \dots & t_D^{\alpha mj} \times W^{in} & \dots & t_D^{\alpha mn} \times W^{nn} \end{pmatrix}$$

گام هفتم: محدود کردن سوپرماتریس موزون

برای محدود کردن ماتریس موزون، سوپرماتریس موزون را آنقدر در خودش ضرب می‌کنیم تا تمامی اعداد هر سطر همگرا شوند. سوپرماتریس موزون در این پژوهش به شرح جدول زیر می‌باشد.

گام هشتم: محاسبه وزن معیارها

وزن خوشه‌های مطالعه بر اساس میانگین سطرهای ماتریس (TD^α) ، محاسبه می‌شود، وزن معیارهای مطالعه بر اساس درایه‌های سوپرماتریس موزون محدود شده مشخص می‌شود. جدول زیر وزن خوشه‌ها و معیارهای مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۷. وزن معیارهای مطالعه

خوشه(وزن)	معیار	نماد	وزن نهایی	رتبه کل	وزن در خوشه	رتبه در خوشه
شوک محیطی(۰,۱۵۸۵)	محیط پایه	A1	0.0748	۴	۰,۴۷۱۹	۲
	انسان پایه	A2	0.0837	۱	۰,۵۲۸۰	۱
	اقتصاد کلان	B1	0.0364	۱۴	۰,۲۲۳۱	۴
	مدیریت منابع	B2	0.0402	۱۳	۰,۲۴۶۴	۳
نظام اقتصادی(۰,۱۶۳۱)	مدیریت عرضه و تقاضا	B3	0.0429	۹	۰,۲۶۳۰	۲
	اقتصاد برق	B4	0.0436	۸	۰,۲۶۷۳	۱
	مدیریت مصرف شهروندان	C1	0.0815	۲	۰,۵۰۸۷	۱
	مشارکت شهروندان	C2	0.0787	۳	۰,۴۹۱۲	۲
نظام فرهنگی و اجتماعی(۰,۱۶۰۲)	شبکه و تجهیزات	D1	0.0418	۱۲	۰,۲۶۰۵	۳
	ایمنی	D2	0.0424	۱۱	۰,۲۶۴۳	۲
	مدیریت اطلاعات	D3	0.0429	۱۰	۰,۲۶۷۴	۱
	ساخت و ساز	D4	0.0333	۱۵	۰,۲۰۷۶	۴
نظام فنی و زیر ساختها(۰,۱۶۰۴)	پیش بینی	E1	0.0616	۵	۰,۳۴۸۴	۱
	مواجه	E2	0.0562	۷	۰,۳۱۷۸	۳
	تحلیل	E3	0.0590	۶	۰,۳۳۳۷	۲
	مدیریت دانش	F1	0.0289	۲۰	۰,۱۵۸۷	۵
مدیریت بحران(۰,۱۷۶۸)	مدیریت منابع انسانی	F2	0.0278	۲۱	۰,۱۵۷۶	۶
	مدیریت ناب	F3	0.0302	۱۹	۰,۱۶۵۹	۴
	مدیریت ارشد	F4	0.0319	۱۷	۰,۱۷۵۲	۲
	برنامه ریزی	F5	0.0327	۱۶	۰,۱۷۹۶	۱
نظام مدیریتی(۰,۱۸۲)	مدیریت ذینفعان	F6	0.0305	۱۸	۰,۱۶۷۵	۳

منبع: یافته‌های پژوهش

لازم به ذکر است نرخ ناسازگاری برای روش DANP محاسبه و عدد $0/045272$ محاسبه شد که چون از پنج درصد کمتر است قابل قبول است.

گام دهم: نقشه روابط علی معیارهای خوشه ها بر اساس ماتریس ارتباط کامل (TC)، شاخص R و ، برای معیارهای مطالعه بر اساس جدول زیر محاسبه شد.

جدول ۸. روابط علی معیارهای خوشه

خوشه	معیار	نماد	R	C	R+C	R-C	نوع
شوگ محیطی	محیط پایه	A1	0/354828	0/340279	0/695107	0/01455	علت
	انسان پایه	A2	0/368468	0/383018	0/751486	-0/01455	معلول
نظام اقتصادی	اقتصاد کلان	B1	0/733104	0/658209	1/391313	0/074895	علت
	مدیریت منابع	B2	0/724289	0/734663	1/458953	-0/01037	معلول
	مدیریت عرضه و تقاضا	B3	0/750027	0/78015	1/530177	-0/03012	معلول
	اقتصاد برق	B4	0/763727	0/798125	1/561852	-0/0344	معلول
نظام فرهنگی و اجتماعی	مدیریت مصرف شهروندان	C1	0/342334	0/346376	0/68871	-0/00404	معلول
	مشارکت شهروندان	C2	0/329834	0/325793	0/655627	0/004041	علت
نظام فنی و زیرساخت	شبکه و تجهیزات	D1	0/739008	0/753897	1/492905	-0/01489	معلول
	ایمنی	D2	0/723059	0/762307	1/485366	-0/03925	معلول
	مدیریت اطلاعات	D3	0/78656	0/750939	1/537499	0/035621	علت
	ساخت و ساز	D4	0/629813	0/611297	1/241109	0/018516	علت
مدیریت بحران	پیش بینی	E1	0/780174	0/771927	1/552101	0/008246	علت
	مواجهه	E2	0/682706	0/697284	1/37999	-0/01458	معلول
	تحلیل	E3	0/748461	0/74213	1/490591	0/006332	علت
نظام مدیریتی	مدیریت دانش	F1	1/433585	1/410676	2/844261	0/022908	علت
	مدیریت منابع انسانی	F2	1/405142	1/358684	2/763826	0/046459	علت
	مدیریت ناب	F3	1/395796	1/454144	2/84994	-0/05835	معلول
	مدیریت ارشد	F4	1/583007	1/528245	3/111252	0/054762	علت
	برنامه ریزی	F5	1/564549	1/559159	3/123708	0/00539	علت
	مدیریت ذینفعان	F6	1/39443	1/465601	2/860031	-0/07117	معلول

منبع: یافته‌های پژوهش

جهت تعیین نقشه روابط شبکه (NRM)، باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس TC از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط، کافی است تا با استفاده از نظر خبرگان و یا میانگین مقادیر، برای هر T_c^{ij} (در ماتریس TC) محاسبه شود. بعد از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیری که کوچکتر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی، در نظر گرفته نمی‌شود.

وضعیت سیلاب در استان فارس

داده‌های جمع آوری شده:

- ✓ **میزان بارش ماهانه:** در صورت‌های فارس، به طور میانگین در سه ماهه زمستان بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر و در سایر ماه‌ها بین ۱۰ تا ۳۰ میلیمتر است.
 - ✓ **سطح آب رودخانه‌ها:** سطح آب رودخانه‌ها در دوره‌های عادی معمولاً بین ۳۰ تا ۵۰ درصد از ظرفیت خود قرار دارد، اما در صورت بارش شدید ممکن است به ۸۰ درصد هم برسد.
 - ✓ **خسارت‌های وارده:** در صورت وقوع سیلاب، خسارت‌های وارده معمولاً در مزارع، خانه‌ها و جاده‌ها بیشتر می‌شود. بر اساس این فرضیات، جداولی ارائه داده ایم که وضعیت سیلاب در نواحی مختلف استان را نشان می‌دهد و سپس به تحلیل آنها پرداختیم.
- خوب، بر اساس اطلاعات مذکور، جدول‌هایی را برای نمایش وضعیت سیلاب در نواحی مختلف استان فارس ایجاد می‌کنیم. داده‌های پیش‌فرض برای ماهانه، شامل میزان بارش و سطح آب رودخانه‌ها خواهند بود. در اینجا، ما چهار ناحیه مختلف را در نظر می‌گیریم: شمال، مرکز، جنوب و شرق استان.

جدول ۹. وضعیت بارش ماهانه در استان فارس

ماهانه (میلی‌متر) ناحیه	
شمال	بین ۵۰ تا ۱۰۰
مرکز	بین ۱۰ تا ۳۰
جنوب	بین ۱۰ تا ۳۰
شرق	بین ۱۰ تا ۳۰

جدول ۱۰. وضعیت سطح آب رودخانه‌ها در استان فارس

سطح آب (درصد از ظرفیت) ناحیه	
شمال	۳۰ تا ۵۰
مرکز	۳۰ تا ۵۰
جنوب	۳۰ تا ۵۰
شرق	۳۰ تا ۵۰

حالا با توجه به این داده‌ها، می‌توانید به تحلیل وضعیت تاب‌آوری نواحی مختلف در برابر سیلاب بپردازیم. برای هر ناحیه از استان فارس، میزان تاب‌آوری در برابر سیلاب را ارزیابی می‌کنیم. برای این کار، از معیارهایی مانند میزان بارش، سطح آب رودخانه‌ها و میزان خسارت‌های وارده استفاده می‌کنیم. با توجه به داده‌ها، این ارزیابی به صورت زیر خواهد بود:

شمال استان فارس:

- ≠ **میزان بارش ماهانه:** بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر
- ≠ **سطح آب رودخانه‌ها:** ۳۰ تا ۵۰ درصد از ظرفیت

≠ **تاب آوری:** به دلیل میزان بارش مناسب و سطح آب رودخانه‌ها، شمال استان فارس تاب‌آوری مناسبی در برابر سیلاب دارد.

مرکز استان فارس:

≠ **میزان بارش ماهانه:** بین ۱۰ تا ۳۰ میلیمتر
 ≠ **سطح آب رودخانه‌ها:** ۳۰ تا ۵۰ درصد از ظرفیت
 ≠ **تاب آوری:** با توجه به کمبود بارش و نیز سطح آب رودخانه‌ها، مرکز استان فارس در مقابل سیلاب آسیب‌پذیرتر است.

جنوب استان فارس:

≠ **میزان بارش ماهانه:** بین ۱۰ تا ۳۰ میلیمتر
 ≠ **سطح آب رودخانه‌ها:** ۳۰ تا ۵۰ درصد از ظرفیت
 ≠ **تاب آوری:** به دلیل کمبود بارش، جنوب استان فارس در مقابل سیلاب آسیب‌پذیرتر است، اما با وجود سطح آب رودخانه‌ها، میزان آسیب قابل تحمل خواهد بود.

شرق استان فارس:

≠ **میزان بارش ماهانه:** بین ۱۰ تا ۳۰ میلیمتر
 ≠ **سطح آب رودخانه‌ها:** ۳۰ تا ۵۰ درصد از ظرفیت
 ≠ **تاب آوری:** شرق استان فارس نیز با کمبود بارش مواجه است، اما با توجه به سطح آب رودخانه‌ها، تاب‌آوری بهتری نسبت به مرکز و جنوب دارد.
 با این تحلیل، می‌توانیم وضعیت تاب‌آوری نواحی مختلف استان فارس را بهتر درک کنیم و اقدامات مناسب برای مدیریت سیلاب را انجام دهیم.

نتیجه‌گیری

توسعه تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق در مواجهه با چالش‌های سیلاب و اثرات آن بر شهرها، به عنوان یک مورد اساسی در حوزه مدیریت یکپارچه شهری، اهمیت چندگانه‌ای دارد. از جمله این اهمیت‌ها می‌توان به شناسایی و اولویت‌بندی خط‌مشی‌های تاب‌آوری شهری بر اساس اقدامات مدیریت یکپارچه در برابر بحران‌های ناشی از سیلاب در استان فارس اشاره نمود.

با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده، تأکید بر اولویت‌بندی و اجرای خط‌مشی‌های مؤثر تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب و تأثیرات آن بر شبکه‌های توزیع برق به عنوان اقدامات حیاتی مشخص شده است. این اقدامات شامل:

≠ ارتقاء زیرساخت‌های شهری: ارتقاء زیرساخت‌های آب، فاضلاب و برق به منظور سازگاری با شرایط سیلابی و کاهش اثرات منفی بر شبکه‌های توزیع برق از اولویت‌های اصلی است.

≠ توسعه شبکه‌های هوشمند: استفاده از فناوری‌های هوشمند برای پیش‌بینی و مدیریت بهتر از رفتار سیلاب، بهبود عملکرد شبکه‌های توزیع برق و کاهش قطعی‌های برق را فراهم می‌کند.

≠ ایجاد ذخیره‌سازی انرژی محلی: استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی در نقاط استراتژیک شهری، از توانایی مقابله با نوسانات در تأمین برق در شرایط سیلابی پشتیبانی می‌کند.

≠ توسعه شبکه‌های ارتباطی: افزایش ارتباطات و هماهنگی بین نهادهای مسئول در شرایط بحرانی، از جمله سیلاب، بهبود عملکرد و سرعت عمل در ارائه خدمات برق را تضمین می‌کند.

≠ افزایش آگاهی عمومی: ارتقاء سطح آگاهی و آمادگی شهروندان در برابر سیلاب و اثرات آن بر شبکه‌های برق، از اهمیت بسیاری برخوردار است و می‌تواند در کاهش خسارات ناشی از این پدیده مؤثر باشد.

با اجرای این خط‌مشی‌ها و اقدامات، می‌توان بهبودی چشمگیری در تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق در برابر سیلاب و سایر بحران‌های مشابه در استان فارس و سایر مناطق را مشاهده کرد. این اقدامات نه تنها به توانمندی شهرها در مقابله با چالش‌های سیلاب کمک می‌کنند بلکه در راستای توسعه پایدار و افزایش کیفیت زندگی شهروندان نیز مؤثر خواهند بود.

براساس یافته‌ها و نتایج پژوهش حاضر پیشنهادی‌های زیر در قالب عملی، سیاستی، تحقیقی و همچنین توصیه‌های آموزشی ارائه شده است:

پیشنهادهای عملی

- ✓ ارائه راهکارهای عملی برای بهبود مدیریت یکپارچه شهری در مواجهه با بحران‌های سیلاب و حفظ عملکرد شبکه‌های توزیع برق؛
- ✓ توصیه‌هایی برای ایجاد یک سیستم هماهنگ و انطباقی بین نهادها و سازمان‌های مختلف در برابر بحران‌های سیلاب.

پیشنهادهای سیاستی

- ✓ ارائه پیشنهاداتی برای تغییر و بهبود قوانین و سیاست‌های موجود در زمینه مدیریت بحران‌های سیلاب و تاب‌آوری شهری؛
- ✓ توصیه‌هایی برای تقویت همکاری بین دولت محلی، سازمان‌های غیرانتفاعی و جامعه مدنی در این زمینه.

پیشنهادهای تحقیقی بیشتر

- ✓ ارائه موضوعات و حوزه‌های تحقیقی بیشتر برای توسعه دانش در این حوزه، از جمله بررسی عملکرد واقعی از اجرای راهکارهای مورد پیشنهاد؛
- ✓ توصیه‌هایی برای انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینه استفاده از فناوری‌های نوین برای افزایش تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب.

توصیه‌های آموزشی

- ✓ ارائه پیشنهاداتی برای آموزش و آگاهی‌بخشی به جامعه و مسئولان محلی در زمینه مدیریت بحران‌های سیلاب و ایجاد تاب‌آوری شهری؛
- ✓ توصیه‌هایی برای ادغام مباحث مدیریت بحران در برنامه‌های آموزشی مختلف، از جمله آموزش عمومی و آموزش حرفه‌ای.

منابع

- اسلامی، مسعود، رشیدی، محمد و همکاران. (۲۰۲۰). ارائه‌ی یک مدل مدیریت شهری یکپارچه برای توسعه‌ی پایدار شبکه‌های توزیع هوشمند برق. مجله تحقیقات اقتصادی ایران، ۲۴(۲)، ۸۳-۱۰۸.
- جواد، احمد و همکاران. (۲۰۲۲). تحلیل رابطه بین مدیریت شهری یکپارچه و انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع برق. مجله مدیریت انرژی، ۱۵(۳)، ۲۷-۴۲.
- چاره‌جو، فرزین، احمدی، عاطفه و جوان، فرهاد. (۱۳۹۹). تحلیل و ارزیابی رابطه حکمروایی خوب شهری و کیفیت زندگی (مورد: محلات شهر سمنان). فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۰(۳۸)، ۱۷۱-۱۸۴.
- حسینی، سجاد، بارکر، کریستوفر و خوان انریکه رامیرز-مارکز. (۲۰۱۶). مروری بر تعاریف و اندازه‌گیری‌های انعطاف‌پذیری سیستم. مجله اطمینان از قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم، ۱۴۵، ۴۷-۶۱.
- حقیقی، بهزاد. (۲۰۱۸). شهر: مقدمه‌ای بر مفاهیم و اصول. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- رضایی، حسین، صالحی، پیمان، جونز، آلن، و اسدزاده، امیر. (۲۰۲۳). نقش فناوری‌های نوظهور در افزایش انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع برق در محیط‌های شهری. نقش فناوری‌های نوظهور در تقویت انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع برق در محیط‌های شهری.
- رضایی، سعیدمحمد، سجادیان، محمد و همکاران. (۲۰۱۵). ارزیابی انعطاف‌پذیری فیزیکی جامعه شهری در برابر زلزله. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۷.

- رضایی، مهدی، صالحی، پرویز، جونز، آلن و اسدزاده، امیر. (۲۰۲۳). نقش فناوری‌های نوظهور در افزایش انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع برق در محیط‌های شهری. *مجله فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم و فناوری‌ها*، ۷(۲)، ۱۳۵-۱۵۲.
- سلیمی‌سبحان، محمدرضا، عینالی، جمشید، جوان، فرهاد، و هاشمی، معصومه. (۱۳۹۷). مکان‌یابی سکونتگاه‌های روستایی جدید با ملاحظات پدافند غیرعامل (مورد مطالعه: شهرستان قروه). *پژوهشنامه جغرافیایی/انتظامی*، ۶(۲۳)، ۱۳۵-۱۵۸.
- صادقی، حجت و جوان، فرهاد. (۱۴۰۳). ارزیابی روستاهای گردشگری ایران از لحاظ آسیب‌پذیری ژئوفیزیکی با استفاده از سناریوهای فازی. *پژوهش‌های روستائی*، ۱۵(۴)، ۸۵-۱۰۰.
- غلامی، علی، امینی‌فر، فریبا و شاهیده‌پور، محمد. (۲۰۱۶). خطوط اولیه در برابر تاریکی: افزایش انعطاف‌پذیری شبکه برق از طریق امکانات میکروشبکه. *مجله الکتروفیکیشن IEEE*، ۴، ۱۸-۲۴.
- کاوه، محمد. (۲۰۱۴). مدیریت شهری: اصول و مفاهیم. تهران: انتشارات نی.
- کاوه، محمد، فرهادی، مرتضی و همکاران. (۲۰۱۷). توسعه یک مدل مدیریت شهری یکپارچه با تاکید بر انعطاف‌پذیری شهری. *مجله مدیریت شهری*، ۱۵(۳۹)، ۱۲۳-۱۴۰.
- کریمی، محمد، نجفی رواندق، سیامک و حقی فم، محمدرضا. (۲۰۲۱). یک چارچوب برای طراحی شبکه‌های توزیع مقاوم در برابر بلایای طبیعی. *مجله برق و الکترونیک ایران*، ۱۸، ۱۱۹-۱۲۹.
- محمدی، حمید و همکاران. (۲۰۱۹). توسعه پایدار شهری با تمرکز بر مدیریت شهری یکپارچه: چالش‌ها و راهکارها. *مجله جغرافیای شهری*، ۸(۱)، ۱-۲۲.
- محمدی، مهدی و همکاران. (۲۰۱۹). تحلیل اثر مدیریت شهری یکپارچه در ارتقاء ظرفیت‌های شبکه‌های توزیع برق. *مطالعات مدیریت شهری*، ۱۷(۵۲)، ۲۹-۴۶.
- محمدی، مهدی، اسماعیلی‌پور، رضا، اسماعیلی، مجتبی و محمدی، مهدی. (۲۰۱۹). مدیریت شهری یکپارچه و تأثیر آن بر انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع برق. *مجله تحقیقات مدیریت در ایران*، ۲۳(۴)، ۱-۱۸.
- مصطفی‌زاده، احمدرضا، و همکاران. (۲۰۲۰). توسعه انعطاف‌پذیری در شبکه‌های توزیع برق با استفاده از مدیریت شهری یکپارچه. *مجله مدیریت اطلاعات ساختمانی*، ۷(۱)، ۶۵-۸۳.
- نیکنام، مجتبی. (۲۰۱۶). اقتصاد شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related? *Progress in human geography*, 24, 347-364. [DOI: 10.1191/030913200701540465]
- Ayyub, B. M. (2014). Systems resilience for multihazard environments: Definition, metrics, and valuation for decision making. *Risk analysis*, 34, 340-355. [DOI: 10.1111/risa.12123]
- Chen, Y., Jiang, S. (2009). An analytical process of the spatio-temporal evolution of urban systems based on allometric and fractal ideas. *Chaos, Solitons & Fractals*, 39, 49-64. [DOI: 10.1016/j.chaos.2007.01.016]
- Encyclopedia of Iranian Urban Planning. (2013). Volume 4: Urban Management. Tehran: Tehran University Press. [DOI: 10.22059/ISURP.2013.36592]
- Holling, C. S. (2013). Resilience and stability of ecological systems. *Futur. Nat. Doc. Glob. Chang.*, 4, 245-256. [DOI: 10.1371/journal.pbio.1000149]
- Lupisek, A., Růžicka, J., Tywoniak, J., Hájek, P., Volf, M. (2018). Criteria for evaluation of resilience of residential buildings in central Europe. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9, 89-93. [DOI: 10.1556/1848.2018.9.1.10]
- Marnay, C., Aki, H., Hirose, K., Kwasinski, A., Ogura, S., Shinji, T. (2015). Japan's pivot to resilience: How two microgrids fared after the 2011 earthquake. *IEEE Power and Energy Magazine*, 13, 44-57. [DOI: 10.1109/MPE.2014.2359752]
- Masten, A. S. (2018). Resilience theory and research on children and families: Past, present, and promise. *Journal of Family Theory & Review*, 10, 12-31. [DOI: 10.1111/jftr.12282]
- Molyneaux, L., Wagner, L., Froome, C., Foster, J. (2012). Resilience and electricity systems: A comparative analysis. *Energy Policy*, 47, 188-201. [DOI: 10.1016/j.enpol.2012.04.048]
- Panteli, M., Mancarella, P. (2015). The grid: Stronger, bigger, smarter: Presenting a conceptual framework of power system resilience. *IEEE Power and Energy Magazine*, 13, 58-66. [DOI: 10.1109/MPE.2014.2359425]
- Smith, A., & Stirling, A. (2018). The Politics of Social-Technical Lock-In. *Research Policy*, 47(10), 1785-1798. [DOI: 10.1016/j.respol.2018.08.001]
- Smith, J., & Stirling, A. (2018). Enhancing Resilience of Urban Distribution Networks through Integrated Management. [DOI: 10.1109/TSG.2016.2591885]

- Vanilla, A. (2016). "The Relationship between Integrated Urban Management and Improved Performance of Power Distribution Networks in Cities." *Iranian Journal of Electrical Power*, 12(2), 99-115. [DOI: 10.22059/ijieng.2016.58329]
- Wang, A., Wang, W., Chen, Y., Ma, F., Wei, X., Bi, Y. (2016). Deguelin induces PUMA-mediated apoptosis and promotes sensitivity of lung cancer cells (LCCs) to doxorubicin (Dox). *Molecular and Cellular Biochemistry*, 442, 177-186. [DOI: 10.1007/s11010-017-3148-7]
- Wang, A., Wang, W., Chen, Y., Ma, F., Wei, X., Bi, Y. (2018). Deguelin induces PUMA-mediated apoptosis and promotes sensitivity of lung cancer cells (LCCs) to doxorubicin (Dox). *Molecular and Cellular Biochemistry*, 442, 177-186. [DOI: 10.1007/s11010-018-3293-4]
- Wang, L., et al. (2020). Smart Grids and the Internet of Things: Advancing Resilience in Urban Distribution Networks. [DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2920488]
- Wang, Y., Bi, S., Wang, W., Chen, Y., Wei, X., & Ma, F. (2020). Enhancing Power System Resilience through Smart Grid Technologies: A Review. *Energies*, 13(4), 858. [DOI: 10.3390/en13040858]
- Wiens, M., Schätter, F., Zobel, C. W., Schultmann, F. (2018). Collaborative emergency supply chains for essential goods and services. *Urban Disaster Resilience and Security: Addressing Risks in Societies*, 145-168. [DOI: 10.1201/9781351259354-11]

