



## Measuring the Impact of Urban Infrastructure on each other in terms of Passive Defense Perspective using Fuzzy DEMATEL, Case Study: Guilan Province

Hamzeh Amin-Tahmasbi<sup>1</sup>, Ali-Khorshidpour<sup>2</sup> & Mohammad-Amjadipour<sup>3</sup>

1-Assistant Prof. Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, East of Guilan, University of Guilan, Iran, amintahmasbi@guilan.ac.ir

2-Master of Industrial Engineering, department of Industrial Engineering, Fouman Faculty of Engineering, university of Tehran, Iran.

3-Bachelor of Industrial Engineering, department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering East Guilan, University of Guilan, Iran.

### Abstract

**Research objectives:** In construction of main urban infrastructures, observing the principles of passive defense in order to maintain safety and reduce vulnerabilities in critical situations is very important. In this study, critical infrastructures were identified and ranked. Finally, the most effective and impressive infrastructures for successful management in non-operating defense were identified.

**Method:** In this study, urban infrastructures evaluated and ranked in relation to each other. Initially, 32 urban infrastructures were identified and introduced in the case study of Guilan province. Then, using the Friedman method, unimportant infrastructure was removed. Finally, most effective and impressive infrastructures of the remaining 23 infrastructures were measured by fuzzy DEMATEL technique.

**Findings:** The infrastructure of the power plant has the least influence on other infrastructures, and the infrastructure of transmission lines and pressure boosting stations has the least influence. Also, airports within urban areas receive the most impact and air and ground cabling infrastructure receive the least impact from others.

**Conclusion:** Power plant infrastructure is the most effective infrastructure that needs to be rebuilt or re-engineered according to the principles of passive defense due to the time it takes to repair and the high cost of repairing it in times of crisis as well as it is need for other infrastructures.

**Keywords:** Evaluation and rating of infrastructure, passive defense, urban infrastructure, fuzzy DEMATEL

► **Citation (APA 6th ed.):** Amin-Tahmasbi H, Khorshidpour A, Amjadipour M. (2020, Spring). Measuring the Impact of Urban Infrastructure on each other in terms of Passive Defense Perspective using Fuzzy DEMATEL, Case Study: Guilan Province. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 10(1), 38-48.

## سنجش اثرگذاری زیرساخت‌های شهری بر یکدیگر از دیدگاه پدافند غیرعامل با استفاده از دیمتل فازی،

### مطالعه موردی: استان گیلان

حمزه امین‌طهماسبی<sup>۱</sup>، علی خورشیدپور نویندگانی<sup>۲</sup> و محمد امجدی پور<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی شرق گیلان، دانشگاه گیلان، رودسر، ایران (نویسنده مسئول). amintahmasbi@guilan.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی فومن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، فومن، ایران. khorshidpour.ali@ut.ac.ir

۳- کارشناسی مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی شرق، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، فومن، ایران. mohammadamjadipoor@gmail.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** در احداث زیرساخت‌های مهم شهری، رعایت اصول پدافند غیرعامل جهت حفظ ایمنی و کاهش آسیب‌پذیری در شرایط بحرانی بسیار اهمیت دارد. در این پژوهش زیرساخت‌های حیاتی شناسایی و رتبه‌بندی گردید که در پی آن تأثیرگذارترین و تأثیرپذیرترین زیرساخت‌ها مشخص شد تا مدیریت موفق در پدافند غیرعامل میسر شود.

**روش:** در این پژوهش به ارزیابی و رتبه‌بندی زیرساخت‌های شهری نسبت به یکدیگر پرداخته شده است. استان گیلان به‌عنوان مورد مطالعه انتخاب و در ابتدا ۳۲ زیرساخت شهری شناسایی و معرفی شد. سپس با استفاده از روش فریدمن، زیرساخت‌های غیرمهم حذف گردید. در نهایت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری ۲۳ زیرساخت باقی‌مانده با تکنیک دیمتل فازی سنجیده شد.

**یافته‌ها:** زیرساخت نیروگاه برق در بین سایر زیرساخت‌ها، بیشترین تأثیرگذاری و زیرساخت خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت فشار کمترین تأثیرگذاری را دارد. همین‌طور زیرساخت فرودگاه‌های واقع در محدوده شهرها بیشترین تأثیرپذیری و زیرساخت کابل‌کشی‌های هوایی و زمینی کمترین تأثیرپذیری را دارند.

**نتیجه‌گیری:** زیرساخت نیروگاه‌های برق، تأثیرگذارترین زیرساخت است که به خاطر زمان‌بر بودن ترمیم و هزینه بالای ترمیم آن با آسیب در مواقع بحران و همچنین به سبب لازم بودن آن برای سایر زیرساخت‌ها، باید طبق اصول پدافندی ساخته شوند و یا مورد مهندسی مجدد قرار گیرند.

**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی و رتبه‌بندی زیرساخت‌ها، پدافند غیرعامل، زیرساخت‌های شهری، دیمتل فازی

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** امین‌طهماسبی، حمزه؛ خورشیدپور نویندگانی، علی؛ امجدی‌پور، محمد. (بهار، ۱۳۹۹). سنجش اثرگذاری زیرساخت‌های شهری بر یکدیگر از دیدگاه پدافند غیرعامل با استفاده از دیمتل فازی، مطالعه موردی: استان گیلان. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*. ۱۰ (۱)، ۳۸-۴۸.

## مقدمه

در شهرها زیرساخت‌هایی وجود دارند که زندگی را برای انسان و سازمان مهیا می‌سازد. این زیرساخت‌ها از اهمیت بالایی در هنگام خطر برخوردار هستند. در سیستم شهری و اخذ تصمیمات کلان باید این زیرساخت‌ها تعیین و اهمیت آنها قبل وقوع حادثه مشخص گردد تا در هنگام بروز حادثه، بسته به نوع اهمیتی که دارد، کمترین آسیب را متحمل شوند (لارسون و گری، ۲۰۱۵).

وجود محدودیت، کمبود منابع و امکانات، مهم‌ترین عاملی است که انسان‌ها را به برنامه‌ریزی دقیق و حساب‌شده در کلیه امور مجبور می‌سازد (اکبری و زاهدی، ۱۳۸۷). بدین ترتیب در ارائه برنامه‌های پدافند غیرعامل نیز محدودیت‌های فوق سبب اتخاذ دیدگاه خاصی می‌گردد که در عین بازدهی مناسب، کمترین هزینه اجرایی را به دنبال داشته باشد که به صورت اولویت‌بندی مراکز آسیب‌پذیر که مراکز ثقل نیز خوانده می‌شوند، تجلی می‌یابد. امروزه شناسایی این مراکز با تجهیزات پیشرفته موجود، کار آسانی است و همین موضوع اهمیت ویژه برنامه‌ریزی، اختفاء، استتار و سایر اصول پدافندی برای این مراکز را آشکار می‌سازد (موحدی‌نیا، ۱۳۸۸). زیرساخت‌ها، کاربری‌های حساس و پراهمیتی هستند که در صورت حمله و بمباران و انهدام آنها، صدمات جدی به نظام اجتماعی، سیاسی و نظامی وارد شده و آنها را در یک مخاطره و بحران جدی قرار می‌دهد (موحدی‌نیا، ۱۳۸۳).

با رعایت اصول و موضوعات پدافند غیرعامل در شهرسازی می‌توان خسارت‌های تهدیدآمیز انسان‌ساز مانند جنگ، بمباران هوایی و همچنین خطرات طبیعی را کاهش داد (قوچانی و همکاران، ۱۳۹۸). در حقیقت توصیف و ارزیابی زیرساخت‌های یک کشور، چهارچوبی جهت مدیریت حملات احتمالی است که با به‌کارگیری پدافند غیرعامل می‌توان اقدامات و تمهیدات غیرمسلحانه‌ای برای مقابله با تهدیدهای دشمن مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرد (حکیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). در مدیریت شهری با توجه به محدودیت منابع، تصمیم بر اینکه منابع برای کدام زیرساخت صرف شود و کدام زیرساخت هنگام حوادث تأثیر بیشتری نسبت به برپا بودن شهر دارد، همواره مشکل بوده است.

برنافر و افرادی (۱۳۹۳) با تقسیم‌بندی زیرساخت‌های شهر بندرانزلی به سه دسته حیاتی، حساس و مهم با شیوه تحلیلی و از طریق ماتریس پیشنهادی اولویت‌بندی، مراکز ثقل را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند؛ و در نهایت به‌وسیله مدل SWOT<sup>۲</sup> راهبردهای دفاعی مناسب را برای این شهر پیشنهاد کردند. توسعه و ایجاد فضاهای امن در مراکز مهم، ایجاد مراکز مهم متعدد به‌جای مراکز حساس منفرد، کاهش ریسک ناشی از کاربری‌های مهم خطرزا و پراکنش مراکز مهم در سطح شهر از جمله این راهبردها هستند.

مدیری و همکاران (۱۳۹۴) با هدف شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید مرتبط با مدیریت بحران، میزان آسیب‌پذیری شهر رشت را بررسی کردند و سپس با طراحی پرسش‌نامه و نظرخواهی از ۱۰ خبره، میزان اهمیت هر یک از عوامل SWOT و راهبردها برای برنامه‌ریزی با روش‌های MCDM<sup>۳</sup> تعیین کردند. نتایج تحقیق نشان داد راهبرد طرح جامع ایمن‌سازی شهر در مقابل بحران‌ها برای برنامه‌ریزی در حوزه‌ی مدیریت شهری می‌تواند بسیار کارآمد باشد.

مدیری و همکاران (۱۳۹۵) مفهوم مدیریت ریسک را در بحران‌های انسان‌ساخت با رویکرد پدافند غیرعامل به‌منظور کاهش ریسک‌پذیری و انحراف پروژه از اهداف تعریف‌شده در شهر تهران، با استفاده از مدل ANP<sup>۴</sup> و HAZOP<sup>۵</sup> مورد مطالعه قرار دادند. در نتیجه مدل تحلیل شبکه، تروریسم و شورش بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و همچنین نتیجه روش HAZOP نشان داد که جنگ، حمله دشمن و تروریسم فاجعه‌بارترین نوع تهدیدات در محیط‌های شهری هستند.

محمدپور و همکاران (۱۳۹۶) به اولویت‌بندی زیرساخت‌های شهری بر اساس پنج معیار اصلی و یازده زیرمعیار با نظر کارشناسان به‌عنوان عناصر و پهنه‌های مهم شهر سمنان پرداختند و برای امتیازدهی به این معیارها از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۶</sup> استفاده نمودند. بیشترین امتیاز مربوط به زیرساخت‌ها مشخص و از طریق نرم‌افزار ArcMap درون‌یابی شد و مناطق آسیب‌پذیر مشخص گردید.

2. Strength, Weakness, Opportunity, Threat  
3. Multiple Criteria Decision Making  
4. Analytic Network Process  
5. Hazard and Operability study  
6. AHP: Analytical Hierarchy Process

1. Larson & Gray

از سیستم‌های رمزگذاری و احراز هویت مناسب، تأثیرگذارترین و جاسوسی سایبری، تأثیرپذیرترین این عوامل می‌باشند.

در این پژوهش با در نظر گرفتن زیرساخت‌های مهم شهری، سعی بر آن است تا ضمن اولویت‌بندی آنها از دیدگاه پدافند غیرعامل، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آنها بر یکدیگر نیز مشخص شود تا با علم و آگاهی کامل از جوانب موضوع، سیاست‌گذاری صحیح‌تری برای تخصیص این منابع محدود انجام شود. نتایج به دست آمده می‌تواند در سطح کلان نیز مورد استفاده مسئولان و مدیران مربوطه قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان گیلان از استان‌های شمالی ایران به مرکزیت کلان‌شهر رشت است. این استان، از شمال به دریای خزر و کشور آذربایجان، از غرب به استان اردبیل، از جنوب به استان زنجان و قزوین و از شرق به استان مازندران محدود می‌شود. مساحت گیلان حدود ۱۴ کیلومترمربع و جمعیت آن طبق سرشماری سال ۱۳۹۱، حدود ۲ میلیون و ۵۰۰ هزار نفر است (استان‌داری گیلان، ۱۳۹۸). با توجه به جمعیت بالا، موقعیت تجاری و اقتصادی این استان بسیار حائز اهمیت است. نتایجی که یک پهنه جغرافیایی (استان) به دست می‌آید، می‌تواند در سطح ملی و منطقه‌ای نیز به راهکاری کارآمد منجر شود (حکیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه، استان گیلان

شاهپوندی (۱۳۹۶) به سنجش میزان آسیب‌پذیری شهر در زمان بروز جنگ پرداخت و برای تحلیل داده‌ها ابتدا زیرساخت‌های اصلی و زیرساخت‌های فرعی شهری را به کمک مدل ANP مقایسه و امتیازدهی کرد. سپس ضریب اهمیت هر یک از زیرساخت‌ها را به کمک مدل فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی سنجید. سپس ارزیابی زیرساخت‌های فرعی و اصلی، در محیط نرم‌افزار ArcGIS<sup>۱</sup> وارد شده و میزان آسیب‌پذیری شهر در ۶ طبقه (آسیب‌پذیری خیلی زیاد، زیاد، متوسط، نسبتاً کم، کم و خیلی کم) مشخص شد.

محمدی ده‌چشمه و همکاران (۱۳۹۶) پس از بازشناسی اصول مکانی پدافند غیرعامل شهری و استخراج استانداردهای مکانی استقرار کاربری‌های ویژه، مدل مکانی استقرار و همچنین وضعیت هم‌جواری این کاربری‌ها در کلان‌شهر اهواز را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، تمامی کاربری‌های حیاتی شامل پنج دسته تأسیسات و تجهیزات شهری، مراکز مدیریتی، نظامی انتظامی، پشتیبانی و حمل‌ونقل کلان‌شهر اهواز با استفاده از فرمول‌های کمی و نرم‌افزار ArcGIS مورد مطالعه قرار گرفته است.

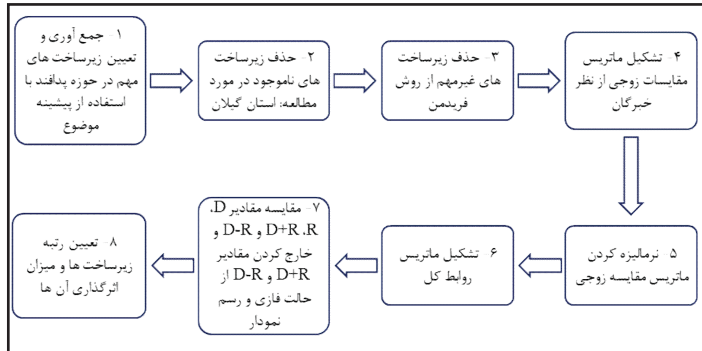
در مطالعه‌ای که زیرکی و سعادت (۱۳۹۷) انجام دادند، به پهنه‌بندی فضایی اردوگاه‌های اسکان موقت منطقه ۸ شهر تهران از منظر شاخص‌های مؤثر در پدافند غیرعامل پرداخته شد تا در مواقع بحرانی، شرایط برقراری سریع امدادسانی برای آسیب‌دیدگان میسر شود. در پژوهش ایشان پهنه‌بندی و تجزیه و تحلیل فضایی اطلاعات با توجه به معیارهای تأثیرگذار (دسترسی به راه‌ها و فضاهای باز، مراکز بهداشتی و درمانی، مراکز نیروی انتظامی، آتش‌نشانی، مراکز مدیریت بحران و...) با بهره‌گیری از روش GIS و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی صورت پذیرفت و در نهایت پهنه‌های فضایی مناسب جهت اسکان موقت آسیب‌دیدگان در منطقه ۸ شهر تهران ارزیابی و پیشنهاد گردید.

امین طهماسبی و آسیابکی (۱۳۹۸) عوامل اصلی تهدیدکننده یک پروژه فناوری اطلاعات را در فضای سایبری از دیدگاه پدافند غیرعامل بررسی کردند. ایشان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، وزن هر یک از تهدیدات را به دست آورده و تأثیرات هر یک از این عوامل بر یکدیگر را با استفاده از روش نقشه‌شناختی فازی<sup>۲</sup> مشخص کردند. براساس نتایج به دست آمده، عدم استفاده

1. Arc Geographic Information System  
2. FCM: Fuzzy Cognitive Mapping approach

روش

مراحل روش پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: فلوچارت مراحل انجام پژوهش

تکنیک دیمتل فازی<sup>۳</sup>

روش دیمتل برای شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین زیرساخت‌ها و ساختن نگاهت روابط به کار گرفته می‌شود. تکنیک دیمتل مبتنی بر نمودارهایی است که می‌تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و رابطه میان آنها را به صورت یک مدل ساختاری قابل درک درآورد. تکنیک دیمتل رتبه‌بندی از زیرساخت‌ها نمی‌دهد و رابطه زیرساخت‌ها را مشخص می‌کند (سی و همکاران، ۲۰۱۸).

تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، موجب ارائه تکنیک دیمتل فازی شد. روش دیمتل فازی با استفاده از متغیرهای زبانی فازی، تصمیم‌گیری را در شرایط عدم قطعیت محیطی آسان می‌کند. افزون بر آن، این تکنیک می‌تواند همه مشکلات پیش روی سازمان‌ها را با به‌کارگیری تصمیم‌گیری گروهی در شرایط فازی حل کند. این روش نیاز به پرسشنامه و کسب نظر خبرگان دارد (لین و وو، ۲۰۰۴). عبارات کلامی مختلفی برای فازی تعریف شده که در این پژوهش از اعداد فازی جدول ۱ استفاده می‌شود.

جدول ۱: عبارات کلامی و معادل فازی آنها (لی، ۱۹۹۹).

عبارت کلامی	عبارت فازی
بدون تأثیر	(۰, ۰, ۰/۲۵)
تأثیر کم	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
تأثیر متوسط	(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)
تأثیر زیاد	(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)
تأثیر خیلی زیاد	(۰/۷۵, ۱, ۱)

3. Fuzzy DEMATEL technique  
4. Si & et al.  
5. Lin & Wu  
6. Li

این پژوهش از منظر هدف، کاربردی محسوب می‌شود. دلیل این امر آن است که به توسعه دانش کاربردی در حوزه زیرساخت‌های شهری با دیدگاه پدافند غیرعامل می‌پردازد. در این پژوهش، ابتدا کلیه زیرساخت‌های مؤثر در پدافند غیرعامل با مطالعه ادبیات موضوع، شناسایی می‌گردد و سپس زیرساخت‌هایی که در مورد مطالعه این پژوهش، یعنی استان گیلان وجود ندارند، از بررسی‌ها کنار گذاشته می‌شود. اهمیت زیرساخت‌های باقی‌مانده با استفاده از طیف‌لیکرت و نظرات خبرگان مشخص شده و بر اساس آزمون فریدمن<sup>۱</sup>، آنهایی که امتیازشان از میانگین کل اعداد موجود کمتر باشد، حذف می‌گردند. فریدمن (۱۹۳۷) برای جلوگیری از فرض عادی بودن ضمنی در تجزیه و تحلیل واریانس، استفاده از آماره را بر اساس ردیف‌ها پیشنهاد کرد. طبق این روش، پرسشنامه‌ای طراحی می‌شود و نظر خبرگان با امتیازدهی بین عدد ۱ تا ۵ به هر زیرساخت، جمع‌آوری می‌گردد. سپس از مجموع نظرات خبرگان میانگین گرفته و زیرساختی که بیش از نیمی از نظر خبرگان را کسب کرده باشد، انتخاب شده و در غیر این صورت حذف خواهد شد. در این راستا از پرسشنامه طیف‌لیکرت ۵ گزینه‌ای استفاده شده است. عدد ۱ در تحلیل‌ها به منزله ضعیف‌ترین اهمیت و عدد ۵ به منزله قوی‌ترین اهمیت است (بادی، ۲۰۱۶). خبرگان نیز براساس تحصیلات حداقل لیسانس، سنوات کاری و سابقه شغلی حداقل ۵ سال در حوزه پدافند انتخاب شده‌اند.

سپس به منظور بررسی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیرساخت‌های باقی‌مانده بر یکدیگر، پرسشنامه‌ای جهت سنجش نظرات خبرگان با تکنیک دیمتل تهیه گردید. با توجه به عدم قطعیت موجود در نظرات خبرگان، از روش دیمتل فازی استفاده شد. ۱۰ پرسشنامه‌ی دیمتل به ۱۰ خبره در دسترس با شاخص‌های پیش‌گفته ارسال گردید. در انتها با جمع‌بندی نظرات خبرگان، درجه اهمیت و تأثیر هر یک از زیرساخت‌های شهری از منظر پدافند غیرعامل مشخص شد. پایایی پرسشنامه‌ها با استفاده از نظرات دو استاد حوزه پدافند مورد تأیید قرار گرفت. جهت تأیید روایی پرسشنامه نیز از آلفای کرونباخ استفاده شد و با توجه به امتیاز به دست آمده روایی پرسشنامه‌ها نیز تأیید گردید.

1. Friedman test  
2. Boddy

پس از آن با استفاده از رابطه (۵)، در ماتریس کل تشکیل شده، کران‌های بالای اعداد فازی هر سطر با هم جمع و از بین آنها، ماکزیم گرفته می‌شود. سپس با توجه به رابطه (۶)، تمامی اعداد ماتریس کل بر ماکزیم به دست آمده تقسیم شده و ماتریس فازی نرمالیزه می‌شود (وو و لی، ۲۰۰۷).

$$r = \max\left(\sum_{j=1}^n u_{ij}, 1 \leq i \leq n\right) \quad (5)$$

$$\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{u'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u''_{ij}}{r}\right) = (l'', m'', u'') \quad (6)$$

$$\tilde{H} = \begin{pmatrix} 0 & \tilde{H}_{12} & \dots & \tilde{H}_{1n} \\ \tilde{H}_{21} & 0 & & \tilde{H}_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{H}_{n1} & \tilde{H}_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

در گام بعدی پس از تشکیل ماتریس نرمالیزه شده (مانند ماتریس رابطه (۷))، ماتریس روابط کل فازی از رابطه (۸) به دست می‌آید (وو و لی، ۲۰۰۷).

$$T = \lim_{p \rightarrow \infty} (\tilde{H}^1 * \tilde{H}^2 * \dots * \tilde{H}^p) \quad (8)$$

$$\tilde{T} = \begin{pmatrix} 0 & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & 0 & & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

درایه‌های ماتریس  $T$  عدد فازی به صورت رابطه (۱۰) است (وو و لی، ۲۰۰۷).

$$\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^t, m_{ij}^t, u_{ij}^t) \quad (10)$$

$$[l_{ij}^t] = H_l \times (I - H_l)^{-1} \quad (11)$$

$$[m_{ij}^t] = H_m \times (I - H_m)^{-1} \quad (12)$$

$$[u_{ij}^t] = H_u \times (I - H_u)^{-1} \quad (13)$$

سپس مقادیر  $D$  که جمع سطرهاى ماتریس روابط کل است و نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم می‌باشد (رابطه (۱۴)) و مقادیر  $R$  که جمع ستون‌های ماتریس روابط کل است و برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است (رابطه (۱۵))، محاسبه می‌شود (وو و لی، ۲۰۰۷).

ماتریس مقایسه زوجی زیرساخت‌ها به خبرگان داده می‌شود و ایشان میزان تأثیر زیرساخت‌ها بر یکدیگر را با اعداد صفر تا ۴ تکمیل می‌کنند. مفهوم اعداد بدین صورت است که صفر بدون تأثیر، ۱ کم تأثیر، ۲ با تأثیر متوسط، ۳ تأثیر زیاد و ۴ بیشترین تأثیر می‌باشد. پس از دریافت نظر خبرگان، به تعداد  $k$  (تعداد خبرگان) ماتریس فازی مانند رابطه (۱) تشکیل می‌شود (وو و لی، ۲۰۰۷).

$$\tilde{Z}^{(K)} = \begin{pmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{(K)} & \dots & \tilde{z}_{1n}^{(K)} \\ \tilde{z}_{21}^{(K)} & 0 & & \tilde{z}_{2n}^{(K)} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{(K)} & \tilde{z}_{n2}^{(K)} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

نظرات خبرگان در رابطه بین دو زیرساخت به صورت اعداد فازی مثلثی رابطه (۲) خواهد بود (وو و لی، ۲۰۰۷).

$$\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (2)$$

که در آن کران پایین، متوسط و بالای نظر خبره در خصوص میزان تأثیر زیرساخت موجود در سطر  $i$  ام نسبت به زیرساخت موجود در ستون  $j$  ام است. در عدد فازی رابطه (۲)،  $l$  بدینانه‌ترین حالت (کران پایین)،  $m$  محتمل‌ترین و  $u$  خوش‌بینانه‌ترین حالت (کران بالا) را نشان می‌دهند.

در مرحله بعد، میانگین حسابی فازی نظرات خبرگان از رابطه (۳) برای تمامی مقایسات زوجی محاسبه شده و یک ماتریس کلی (مانند رابطه (۴)) تشکیل می‌شود (وو و لی، ۲۰۰۷).

$$\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 * \tilde{x}^2 * \dots * \tilde{x}^k}{k} \quad (3)$$

$\tilde{x}^1$ : ماتریس مقایسه زوجی خبره اول را نشان می‌دهد.

$\tilde{x}^2$ : بیانگر ماتریس مقایسه زوجی خبره دوم می‌باشد.

$\tilde{x}^k$ : ماتریس مقایسه زوجی خبره  $k$  ام است.

$\tilde{z}$ : عدد فازی مثلثی است که به صورت  $\tilde{z}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$  نشان داده می‌شود.

$$\tilde{z} = \begin{pmatrix} 0 & \tilde{z}_{12} & \dots & \tilde{z}_{1n} \\ \tilde{z}_{21} & 0 & & \tilde{z}_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1} & \tilde{z}_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$



به‌طور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر، علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، متغیر یک متغیر، معلول محسوب می‌شود. در آخر نتیجه‌گیری مدنظر با اعداد به دست آمده در نمودار، به‌طور عینی قابل مشاهده خواهد بود (چن، ۲۰۱۶).

### یافته‌ها

ابتدا با مطالعه ادبیات موضوع، ۳۲ زیرساخت مورد نظر از مطالعات پیشین، شناسایی شد. در ستون آخر جدول ۲، شماره منابعی که از این زیرساخت‌ها استفاده کرده‌اند، مشخص شده است. سپس دو زیرساخت پالایشگاه گاز طبیعی و ایستگاه‌های مترو به علت عدم وجود در مورد مطالعه یعنی استان گیلان، حذف گردیدند. پس از توزیع پرسشنامه، نظرات خبرگان جمع‌آوری گردید و میانگین نظرات محاسبه شد. در گام بعد با استفاده از روش فریدمن، اهمیت ۳۰ زیرساخت باقی‌مانده مشخص شد (ستون سوم جدول ۲).

$$\tilde{D} = (\tilde{D}_i)_{n \times 1} = \left[ \sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (14)$$

$$\tilde{R} = (\tilde{R}_j)_{1 \times n} = \left[ \sum_{i=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{1 \times n} \quad (15)$$

حال مقادیر D+R و D-R برای هر زیرساخت محاسبه شده و سپس با استفاده از رابطه (۱۶) اعداد به دست آمده از حالت فازی خارج می‌شود (u = m, a<sub>3</sub> = 1, a<sub>2</sub> = a<sub>1</sub>) (چن، ۲۰۱۶).

$$B = \frac{(a_1 + a_3 + 2 \times a_2)}{4} \quad (16)$$

با داشتن مقادیر عددی D-R و D+R نمودار علت و معلول رسم می‌گردد. در این نمودار محور افقی میزان تأثیر و اثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر، هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. محور عمودی (D-R)، قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد.

جدول ۲: اهمیت زیرساخت‌های شناسایی شده از نظر خبرگان

ردیف	نام زیرساخت‌ها	میانگین نظرات	منابعی که این زیرساخت‌ها را استفاده کرده‌اند
۱	استانداری	۴,۸	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۲	فرمانداری	۴,۴	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳)
۳	شهرداری	۴,۲	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳)
۴	اداره برق	۲,۲	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۵	اداره گاز	۱,۸	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۶	اداره آب و فاضلاب	۱	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۷	سازمان صداوسیما	۲	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۸	بیمارستان	۳,۸	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)، (زیرکی و سعادت، ۱۳۹۷)
۹	اورژانس	۳,۸	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۱۰	هلال احمر	۴,۲	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۱۱	آتش‌نشانی	۴	(محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)، (زیرکی و سعادت، ۱۳۹۷)
۱۲	بندرهای دریایی (اسکله‌ها و تجهیزات مرتبط با آن) و گمرکات آن	۵	(میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳)
۱۳	خیابان‌ها و بزرگراه‌ها	۳	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)، (زیرکی و سعادت، ۱۳۹۷)
۱۴	ایستگاه‌های مترو	-	(نیازی تبار، ۱۳۸۷)
۱۵	اتوبوس‌رانی	۳	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۱۶	فرودگاه‌های واقع در محدوده شهرها	۴	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۱۷	دکل‌های مخابراتی	۳,۸	(محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)

**ادامه جدول ۲: اهمیت زیرساخت‌های شناسایی شده از نظر خبرگان**

۱۸	تجهیزات و تأسیسات مخابراتی موجود در داخل بافت شهری	۴	(میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۱۹	تجهیزات و تأسیسات تلفن‌های همراه	۳،۶	(میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۲۰	تصفیه‌خانه‌ها	۴،۴	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۲۱	سیلو گندم و کارخانه تولید آرد گندم	۱،۲	(میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۲۲	پست‌های برق	۳،۶	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۲۳	دکل‌ها	۴،۶	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)
۲۴	مخازن نفت	۱،۶	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۲۵	نیروگاه برق	۴	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۲۶	کابل‌کشی‌های هوایی و زمینی	۳،۲	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)
۲۷	پالایشگاه گاز طبیعی	-	(نیازی تبار، ۱۳۸۷)
۲۸	منابع آب سطحی	۳،۴	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۲۹	شرکت پخش فرآورده‌های نفتی	۱،۴	(محمد پور و همکاران، ۱۳۹۶)، (میر سمیعی، ۱۳۹۵)، (مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۳۰	سدها	۴،۶	(میر سمیعی، ۱۳۹۵)
۳۱	خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت فشار	۳،۶	(مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)
۳۲	ایستگاه‌های تقلیل فشار، خطوط تغذیه و شبکه‌های شهری	۳،۴	(مدیری و همکاران، ۱۳۹۴)، (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۶)، (شاهیوندی، ۱۳۹۶)

بر اساس امتیازات به دست آمده به کمک روش فریدمن، تعداد ۷ زیرساخت غیرمهم که میانگین امتیازشان، پایین‌تر از امتیاز میانگین بود، حذف و تعداد ۲۳ زیرساخت باقی ماند. سپس با توجه به نظر خبرگان، این زیرساخت‌ها در پنج حوزه کلی زیرساخت‌های مراکز تصمیم‌گیری و مدیریت بحران، امداد و نجات، حمل‌ونقل، ارتباطی و مرتبط با تأمین منابع حیاتی تقسیم شدند. اسامی ۵ دسته اصلی و ۲۳ زیرساخت فرعی و علامت اختصاری آنها در جدول ۳ نشان داده شده است. بدین ترتیب سه زیرساخت در دسته مراکز تصمیم‌گیری و مدیریت بحران، چهار زیرساخت در دسته مراکز مهم امداد و نجات، چهار زیرساخت در دسته حمل‌ونقل، سه زیرساخت ارتباطی و ۷ زیرساخت در دسته مراکز تأمین منابع حیاتی جای گرفتند.

**جدول ۳: زیرساخت‌های اصلی و زیرساخت‌های فرعی شهری**

علامت اختصاری	زیرساخت‌های فرعی	زیرساخت‌های اصلی
C1	استاندارداری	زیرساخت‌های مراکز تصمیم‌گیری و مدیریت بحران
C2	فرمانداری	
C3	شهرداری	
C4	بیمارستان	زیرساخت‌های مهم امداد و نجات
C5	اورژانس	
C6	هلال‌احمر	
C7	آتش‌نشانی	
C8	بندرهای دریایی (اسکله‌ها و تجهیزات مرتبط با آن)	زیرساخت‌های حمل‌ونقل
C9	خیابان‌ها و بزرگراه‌ها	
C10	اتوبوس‌رانی	
C11	فرودگاه‌های واقع در محدوده شهرها	
C12	دکل‌های مخابراتی	زیرساخت‌های ارتباطی
C13	تجهیزات و تأسیسات مخابراتی موجود در داخل بافت شهری	
C14	تجهیزات و تأسیسات تلفن‌های همراه	



ادامه جدول ۳: زیرساخت‌های اصلی و زیرساخت‌های فرعی شهری

C15	تصفیه‌خانه‌ها	زیرساخت‌های مرتبط با تأمین منابع حیاتی
C16	پست‌های برق	
C17	دکل‌ها	
C18	نیروگاه برق	
C19	کابل‌کشی‌های هوایی و زمینی	
C20	منابع آب سطحی	
C21	سدها	
C22	خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت فشار	
C23	ایستگاه‌های تقلیل فشار، خطوط تغذیه و شبکه‌های شهری	

در مرحله بعد، میزان تأثیر زیرساخت‌های شهری در پدافند غیرعامل با استفاده از تکنیک دیمتل فازی محاسبه شد. مقایسه زیرساخت‌ها با یکدیگر براساس نظرات خبرگان و با استفاده از عبارت کلامی مندرج در جدول ۱ انجام شد و محاسبات با استفاده از روابط (۲) تا (۱۱) صورت گرفت. بدین ترتیب میزان اهمیت

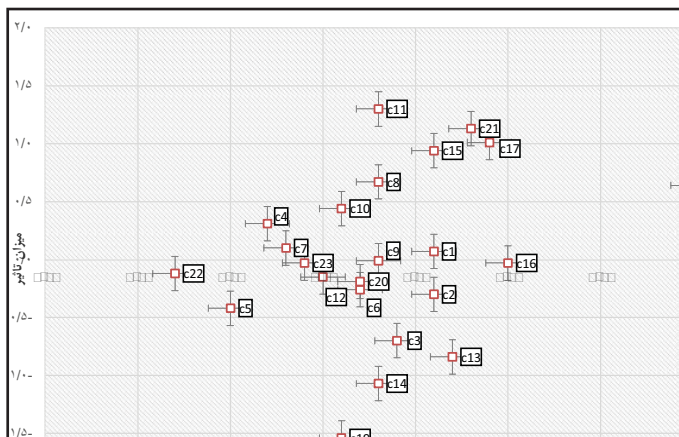
و رابطه بین زیرساخت‌ها مشخص گردید. اگر  $(D+R) < 0$  باشد، زیرساخت مربوطه اثرگذار و اگر  $(D-R) > 0$  باشد، زیرساخت مربوطه اثرپذیر است. در ستون چهارم و پنجم جدول ۴ اهمیت شاخص‌ها و اهمیت بین زیرساخت‌ها به صورت فازی آمده است.

جدول ۴: مقادیر فازی  $D-R$  و  $D+R$  و  $R$  و  $D$

زیرساخت	R	D	D + R	D - R
C1	(۰/۳۳, ۰/۹۰, ۲/۶۴)	(۰/۳۵, ۰/۹۹, ۲/۷۳)	(۰/۶۸, ۱/۸۹, ۵/۳۷)	(۰/۰۲, ۰/۰۹, ۰/۰۹)
C2	(۰/۴۲, ۱/۰۸, ۲/۹۴)	(۰/۲۳, ۰/۸۳, ۲/۴۴)	(۰/۶۵, ۱/۹۱, ۵/۳۸)	(-۰/۱۹, -۰/۲۵, -۰/۵۰)
C3	(۰/۵۵, ۱/۲۷, ۳/۲۰)	(۰/۱۲, ۰/۶۲, ۲/۱۱)	(۰/۶۷, ۱/۸۹, ۵/۳۱)	(-۰/۴۳, -۰/۶۵, ۱/۰۹)
C4	(۰/۲۱, ۰/۷۷, ۲/۳۶)	(۰/۴۰, ۱/۰۱, ۲/۹۵)	(۰/۶۱, ۱/۷۸, ۵/۳۱)	(۰/۱۹, ۰/۲۴, ۰/۵۹)
C5	(۰/۳۱, ۱/۰۵, ۲/۹۶)	(۰/۱۹, ۰/۷۳, ۲/۲۲)	(۰/۶۰, ۱/۸۱, ۵/۱۹)	(-۰/۲۲, -۰/۳۵, -۰/۷۵)
C6	(۹۶/۲, ۰/۵۱, ۳/۱۰)	(۰/۲۱, ۰/۸۳, ۲/۴۷)	(۰/۵۲, ۱/۸۸, ۵/۴۳)	(-۰/۱۰, -۰/۲۲, -۰/۴۹)
C7	(۰/۲۷, ۰/۸۹, ۲/۵۲)	(۰/۳۲, ۰/۹۶, ۲/۷۲)	(۰/۵۹, ۱/۸۵, ۵/۲۴)	(۰/۵, ۰/۰۷, ۰/۲۰)
C8	(۰/۱۵, ۰/۵۹, ۲/۱۸)	(۰/۵۱, ۱/۲۰, ۳/۲۹)	(۰/۶۶, ۱/۷۹, ۵/۲۷)	(۰/۳۶, ۰/۶۱, ۱/۱۱)
C9	(۰/۳۱, ۰/۹۲, ۲/۷۳)	(۰/۳۲, ۰/۹۲, ۲/۶۹)	(۰/۶۳, ۱/۸۴, ۵/۴۲)	(۰/۰۱, ۰/۰۰, -۰/۰۴)
C10	(۰/۰۲, ۰/۷۹, ۲/۳۴)	(۰/۴۳, ۱/۱۳, ۳/۰۰)	(۰/۴۵, ۱/۹۲, ۵/۳۴)	(۰/۴۱, ۰/۳۴, ۰/۶۶)
C11	(۰/۰۲, ۰/۳۴, ۱/۵۶)	(۰/۷۸, ۱/۵۳, ۳/۶۲)	(۰/۸۰, ۱/۸۷, ۵/۱۸)	(۰/۷۶, ۱/۱۹, ۲/۰۶)
C12	(۰/۳۳, ۱/۰۰, ۲/۷۷)	(۰/۲۵, ۰/۸۶, ۲/۵۴)	(۰/۵۸, ۱/۸۶, ۵/۳۱)	(-۰/۰۸, -۰/۱۴, -۰/۲۳)
C13	(۰/۶۰, ۱/۳۴, ۳/۳۴)	(۰/۰۸, ۰/۵۴, ۲/۱۰)	(۰/۶۸, ۱/۸۸, ۵/۴۴)	(-۰/۵۲, -۰/۸۰, -۱/۲۴)
C14	(۰/۶۸, ۱/۴۳, ۳/۴۷)	(۰/۰۵, ۰/۴۵, ۱/۷۸)	(۰/۷۳, ۰/۱۸۸, ۵/۲۵)	(-۰/۶۳, -۰/۹۸, -۱/۶۹)
C15	(۰/۰۵, ۰/۵۲, ۱/۹۵)	(۰/۶۱, ۱/۳۷, ۳/۴۵)	(۰/۶۶, ۱/۸۹, ۵/۴۰)	(۰/۵۶, ۰/۸۵, ۱/۵۰)
C16	(۰/۲۸, ۰/۹۱, ۲/۹۶)	(۰/۳۳, ۰/۹۵, ۲/۷۱)	(۰/۶۱, ۱/۸۶, ۵/۶۷)	(۰/۰۵, -۰/۰۴, -۰/۲۵)
C17	(۰/۰۳, ۰/۵۱, ۱/۹۲)	(۰/۶۳, ۱/۴۰, ۳/۵۷)	(۰/۶۶, ۱/۹۱, ۵/۴۹)	(۰/۶۰, ۰/۸۹, ۱/۶۵)
C18	(۰/۴۵, ۱/۵۰, ۳/۰۴)	(۰/۱۶, ۰/۷۲, ۲/۳۳)	(۰/۶۱, ۲/۲۲, ۵/۳۷)	(۰/۲۹, ۰/۷۸, ۰/۷۱)
C19	(۰/۸۲, ۱/۷۲, ۳/۶۵)	(۰/۰۱, ۰/۲۰, ۱/۳۳)	(۰/۸۳, ۱/۹۲, ۴/۹۸)	(-۰/۸۱, -۱/۵۲, -۲/۳۲)
C20	(۰/۳۵, ۱/۰۲, ۲/۸۴)	(۰/۲۴, ۰/۸۵, ۲/۵۳)	(۰/۵۹, ۰/۱۸۷, ۵/۳۷)	(-۰/۱۱, -۰/۱۷, -۰/۳۱)
C21	(۰/۰۳, ۰/۴۵, ۱/۷۷)	(۰/۷۰, ۱/۴۷, ۳/۵۷)	(۰/۷۳, ۰/۹۲, ۵/۳۴)	(۰/۶۷, ۱/۰۲, ۱/۸۰)
C22	(۰/۳۱, ۰/۹۵, ۲/۶۷)	(۰/۲۹, ۰/۸۳, ۲/۴۴)	(۰/۶۰, ۰/۱۷۸, ۵/۱۱)	(-۰/۰۲, -۰/۱۲, -۰/۲۳)
C23	(۰/۳۱, ۰/۹۴, ۲/۶۷)	(۰/۳۰, ۰/۸۹, ۲/۶۴)	(۰/۶۱, ۰/۸۳, ۵/۳۱)	(-۰/۰۱, -۰/۰۵, -۰/۰۳)



عدد ۲/۳۲ دارد. همین‌طور زیرساخت فرودگاه‌های واقع در محدوده شهرها (۱۱C) با بیشترین مقدار ستونی، بیشترین تأثیرپذیری (R-D max) را با عدد ۱/۳۰ و زیرساخت کابل‌کشی‌های هوایی و زمینی (۱۹C) با کمترین مقدار ستونی با عدد ۰/۱۵۴- کمترین تأثیرپذیری (R-D min) را دارند.



شکل ۳: تأثیر و اهمیت زیرساخت‌ها

در شکل ۳، نیروگاه برق (۱۸C) در شمال شرقی‌ترین نقطه نمودار، بیشترین رتبه اهمیت را دارد و پس از آن پست برق، سدها و دکل‌ها (۱۶C و ۱۷C و ۲۱C) و در شمال غربی‌ترین نقطه نمودار زیرساخت خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت فشار (۲۲C)، با کمترین اهمیت قرار دارند. همچنین در مورد میزان تأثیر زیرساخت‌ها می‌توان مشاهده کرد که در شمالی‌ترین نقطه نمودار (بالاترین)، زیرساخت‌های فرودگاه‌های واقع در محدوده شهرها، دکل‌ها و سدها (۱۱C، ۲۱C و ۱۷C) به ترتیب دارای بیشترین تأثیرپذیری (علت) و در جنوبی‌ترین نقطه نمودار (پایین‌ترین) زیرساخت کابل‌کشی‌های هوایی و زمینی (۱۹C) و بعد از آن تجهیزات و تأسیسات تلفن‌های همراه (۱۴C) (معلول) قرار دارد. سایر نقاط بین این نقاط قرار دارند. برای پی بردن به اهمیت زیرساخت، به محور میزان اهمیت زیرساخت‌ها توجه می‌شود و برای پی بردن به میزان تأثیر زیرساخت (علت یا معلول بودن) به محور میزان تأثیر زیرساخت توجه می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، برای بررسی اهمیت زیرساخت‌ها نسبت به یکدیگر

در گام بعدی اعداد فازی به دست آمده از مرحله قبلی طبق رابطه شماره (۱۶)، فازی‌زدایی گردیدند. جدول ۵ اعداد فازی‌زدایی شده جدول ۴ را نشان می‌دهد.

جدول ۵: اهمیت و تأثیرگذاری زیرساخت‌ها (اعداد قطعی)

D - R	D + R	زیرساخت
۰/۰۷	۲/۶۴	C۱
-۰/۳۰	۲/۴۶	C۲
-۰/۷۰	۲/۴۴	C۳
۰/۳۱	۲/۳۷	C۴
-۰/۴۲	۲/۳۵	C۵
-۰/۲۶	۲/۴۲	C۶
۰/۱۰	۲/۳۸	C۷
۰/۶۷	۲/۴۳	C۸
-۰/۰۱	۲/۴۳	C۹
۰/۴۴	۲/۴۱	C۱۰
۱/۳۰	۲/۴۳	C۱۱
-۰/۱۵	۲/۴۰	C۱۲
-۰/۸۴	۲/۴۷	C۱۳
-۱/۰۷	۲/۴۳	C۱۴
۰/۹۴	۲/۴۶	C۱۵
-۰/۰۳	۲/۵۰	C۱۶
۱/۰۱	۲/۴۹	C۱۷
۰/۶۴	۲/۶۰	C۱۸
-۱/۵۴	۲/۴۱	C۱۹
-۰/۱۹	۲/۴۲	C۲۰
۱/۱۳	۲/۴۸	C۲۱
-۰/۱۲	۲/۳۲	C۲۲
-۰/۰۳	۲/۳۹	C۲۳

بر اساس نتایج جدول ۵، شکل ۳ رسم شده است که محور افقی نمودار، اهمیت زیرساخت‌ها (D+R) و محور عمودی (D-R)، تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری زیرساخت‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۵، زیرساخت نیروگاه برق (۱۸C) با بیشترین مجموع سطری در بین سایر زیرساخت‌ها، بیشترین تأثیرگذاری (R+D max) را با عدد ۲/۶۰ را دارد و زیرساخت خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت فشار (۲۲C) با کمترین مجموع سطری، کمترین تأثیرگذاری (R+D min) را با

جدید را باید بر اساس پنج اصل پدافندی گفته‌شده در بالا، یعنی تعیین محل استقرار، امکان شناسایی، قابلیت نفوذ، آسیب‌پذیری و ترمیم‌پذیری ایجاد نمود و برای زیرساخت‌های موجود، تمامی اصل‌ها به‌جز اصل اول را روی زیرساخت پیاده نمود، تا بهترین عملکرد را در مواجهه با بحران داشته باشند.

### منابع

- استاندارداری گیلان. بازیابی از:  
 استان-گیلان/ درباره-استان/ <https://www.gilan.ir>  
 اکبری، نعمت‌الله، زاهدی کیوان، مهدی، (۱۳۸۷). کاربرد روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چندشاخصه وزارت کشور. انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور تهران.  
 امین‌طهماسبی، حمزه، همتی آسیابریکی، مرتضی، (۱۳۹۸). میزان تأثیرات تهدیدهای سایبری بر یکدیگر در پروژه‌های فناوری اطلاعات با رویکرد نقشه‌شناختی فازی. پدافند الکترونیکی و سایبری، ۷(۲)، ۴۱-۵۱. بازیابی از: [https://ecdj.ihu.ac.ir/article\\_204523.html](https://ecdj.ihu.ac.ir/article_204523.html):  
 برنافر، مهدی، افرادی، کاظم، (۱۳۹۳). اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندرانزلی و ارائه راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیرعامل. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۴(۳۲)، ۱۶۱-۱۷۹. بازیابی از: [https://jgs.khu.ac.ir/browse.php?a\\_code=A-10-3-237&slc\\_lang=fa&sid=1](https://jgs.khu.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3-237&slc_lang=fa&sid=1)  
 حکیم‌زاده اصل، وحید، کاوند، عباس، رستمی، حسین، (۱۳۹۷). الگویی برای ارزیابی خطرپذیری دارایی‌های اساسی یک پهنه جغرافیایی (استان) با رویکرد دفاع غیرعامل. دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸(۱)، ۲۷-۴۱. بازیابی از: <http://dpmk.ir/article-1-170-fa.html>  
 زیرکی، محمدرضا، سعادت، حسن، (۱۳۹۷). رویکرد پدافند غیرعامل در پهنه‌بندی فضایی اردوگاه‌های اسکان موقت با استفاده از روش تلفیقی AHP-FUZZY و GIS منطقه ۸ تهران. پدافند غیرعامل، ۹، ۷۷-۸۶. بازیابی از: [https://www.civilica.com/Paper-JR\\_SAPD-JR\\_SAPD-9-3\\_008](https://www.civilica.com/Paper-JR_SAPD-JR_SAPD-9-3_008)  
 شاهپوندی، احمد، (۱۳۹۶). سنجش میزان آسیب‌پذیری محلات شهری شهر شهرکرد در تطابق با اصول پدافند با استفاده از شاخص‌های مکانی مؤثر بر ایمنی. مدیریت بحران، ۱۱، ۴۷-۶۲. بازیابی از: <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=318538>  
 قوچانی، محیا، تاجی، محمد، قوچانی، مبینا، (۱۳۹۸). اولویت‌بندی تجهیزات هوشمندسازی ساختمان‌ها با رویکرد پدافند غیرعامل. دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۹(۴)، ۳۷۱-۳۸۲. بازیابی از: <http://dpmk.ir/article-1-298-fa.html>  
 محمدی ده چشمه، مصطفی، حیدری‌نیا، سعید، شجاعیان، علی، (۱۳۹۶). سنجش الگوی استقرار کاربری‌های حیاتی از منظر پدافند غیرعامل در کلان‌شهر اهواز. پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، ۴۹(۴)، ۷۳۳-۷۵۳. بازیابی از: [https://jhgr.ut.ac.ir/article\\_56073.html](https://jhgr.ut.ac.ir/article_56073.html)  
 محمدپور، علی، ضرغامی، امیر حمزه، ضرغامی، سعید، (۱۳۹۶). بررسی و

ازنظر ۱۰ خبره و به‌صورت فازی استفاده شد و در پی آن اثرگذاری و اثرپذیری هر زیرساخت به دست آمد. پس از محاسبات مشخص گردید که نیروگاه برق دارای بالاترین اهمیت در بین زیرساخت‌ها است و بعد از آن، سدها و دکل‌ها در رتبه بعدی بالاترین اهمیت قرار می‌گیرند. همچنین نیروگاه برق به‌عنوان اثرگذارترین زیرساخت انتخاب شد و فرودگاه موجود در شهر، اثرپذیرترین زیرساخت می‌باشد. اگر زیرساخت نیروگاه برق آسیب ببیند، زمان ساخت دوباره آن زیاد و همچنین مناطق تحت پوشش آن که از برق آن استفاده می‌کنند (تمامی مراکز حیاتی کشور)، دچار بحران دیگری می‌شود. در حملات دشمن معمولاً این مراکز تحت حمله قرار می‌گیرند و نبودشان خسارت‌های سنگینی به کشور میزند که در صورت نابودی‌شان بحرانی مضاعف ایجاد می‌شود. این مسائل، اهمیت بالای این زیرساخت را نشان می‌دهد. در مورد کم‌اهمیت‌ترین زیرساخت که کابل‌کشی‌های هوایی و زمینی است، می‌توان گفت که در صورت آسیب آنها، سرعت ترمیم و هزینه‌ناچیزی نسبت به نیروگاه برق دارند و معمولاً در مواقع خطر مورد حمله قرار نمی‌گیرند زیرا مراکز حیاتی کشور را به خطر نمی‌اندازند.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان در سیاست‌گذاری‌های حوزه زیرساخت‌های شهری، برنامه‌ریزی‌های لازم را برای ساخت بستری با کمترین هزینه و بیشترین کارایی هنگام خطر فراهم آورد. در زمینه نیروگاه‌های برق که تمامی فعالیت‌های شهر بر اساس آن است، باید بر اساس اصول پدافندی، در طراحی نیروگاه‌های جدید این اصول را در نظر گرفت؛ یعنی درجایی قرار گیرد که شناسایی و ردیابی نشود. اگر شناسایی شد، قابل نفوذ یا اختلال و یا هدف‌زنی نباشد. اگر مورد هدف، نفوذ یا اختلال و یا هدف‌زنی قرار گرفت، حداقل آسیب‌پذیری را داشته باشد. اگر آسیب دید، به‌سرعت ترمیم شود تا بتوان فعالیت‌ها را از سر گرفت. برای نیروگاه‌های موجود، باید پدافند عامل را مدنظر قرار داد تا در صورت بحران به رفع بحران بپردازد. همچنین ساختار نیروگاه‌ها را جوری تغییر داد که در صورت بروز بحران از ایجاد مشکل جلوگیری کند. ساختمان‌های مراکز مدیریت بحران (استاندارداری، فرمانداری و شهرداری) که مدیریت بحران هر استان یا شهر را بر عهده دارند، باید طراحی و مقاوم‌سازی شود تا شهر در مواقع بحران، فلج نشود. زیرساخت‌های

- DEMATEL and ANP for the selection of airline service quality improvement criteria: A study based on the Taiwanese airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 57, 7-18. Retrieved from:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699716302654>
- Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American statistical association*, 32(200), 675-701. Retrieved from:  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1937.10503522?journalCode=uasa20>
- Larson, E. W. & Gray, C. F. (2015). A Guide to the Project Management Body of Knowledge, PMBOK (®) Guide. Project Management Institute. Retrieved from:  
<https://bdex.eb.mil.br/jsui/handle/123456789/4543>
- Li, D. (1999). Fuzzy multiattribute decision-making models and methods with incomplete preference information. *Fuzzy Sets and Systems*, 106(2), 113-119. Retrieved from:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011497002728>
- Lin, C. L. & Wu, W. W. (2004). A fuzzy extension of the DEMATEL method for group decision making. *European Journal of Operational Research*, 156(3), 445-455.
- Si, S., You, X., Liu, H. & Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018. Retrieved from:  
<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2018/3696457/abs/>
- Wu, W. W. & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert systems with applications*, 32(2), 499-507. Retrieved from:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417405003593>
- ارزیابی پهنه‌ها و عناصر آسیب‌پذیر شهر از دیدگاه پدافند غیرعامل شهر  
 سندج. اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۶(۱۰۲)، ۱۷۶-۱۹۰. بازیابی از:  
[http://www.sepehr.org/article\\_27474.html](http://www.sepehr.org/article_27474.html)
- مدیری، محمود، نصرتی، شهریار، کریمی شیرازی، حامد، (۱۳۹۴). برنامه‌ریزی مدیریت بحران در حوزه‌ی مدیریت شهری با رویکرد پدافند شهر رشت. مدیریت بحران، ۷، ۵-۱۴. بازیابی از:  
[http://www.joem.ir/article\\_14790.html](http://www.joem.ir/article_14790.html)
- مدیری، مهدی، احدنژاد روشنی، محسن، حسینی، سید احمد، (۱۳۹۵). مدیریت ریسک در بحران‌های انسان‌ساخت با رویکرد پدافند غیرعامل شهر تهران. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۷(۲۷)، ۱۶۴-۱۸۲. بازیابی از:  
[http://jupm.miau.ac.ir/article\\_2145.html](http://jupm.miau.ac.ir/article_2145.html)
- موحدی نیا، جعفر، (۱۳۸۳). دفاع غیرعامل. تهران: ستاد تدوین متون درسی دافوس.
- موحدی نیا، جعفر، (۱۳۸۸). اصول و مبانی پدافند غیرعامل. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
- میرسمیعی، سید محمد، (۱۳۹۵). کلیات در دفاع غیرعامل. تهران: انتشارات پشتیبان، چاپ اول.
- نیازی تبار، حسن، (۱۳۸۷). آسیب‌شناسی پدافند غیرعامل در برابر اقدامات NBC. نگرش راهبردی دانشگاه عالی دفاع ملی، ۹۲، ۱۵۷-۱۸۶. بازیابی از:  
<https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/375784/nbc>
- Boddy, C. R. (2016). Sample size for qualitative research. *Qualitative Market Research*, 19(4), 426-432. Retrieved from:  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/qmr-06-2016-0053/full/html>
- Chang, B., Chang, C. & Wu, C. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1850-1858. Retrieved from:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417410007426>
- Chen, I. S. (2016). A combined MCDM model based on