

## ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های شهر اردبیل از منظر پدافند غیرعامل<sup>۱</sup>

دریافت مقاله: ۹۲/۶/۱۴ پذیرش نهایی: ۹۵/۴/۲۵

صفحات: ۱۷۹-۱۹۹

محمد حسن یزدانی: استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران<sup>۲</sup>

Email: yazdani@uma.ac.ir

افشار سیدین: کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری

Email: afsharazarian@yahoo.com

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف مطالعه و بررسی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های شهر اردبیل از منظر پدافند غیرعامل با رویکردی کاربردی - توسعه ای و روشی توصیفی تحلیلی با استفاده از ۱۸ شاخص تأثیر گذار در قالب ۵ مؤلفه «شریان‌های حیاتی»، «مراکز مدیریت بحران»، «مراکز نظامی و انتظامی»، «تجهیزات شهری» و «مراکز پشتیبانی» با تهدید مبنایی هوایی و موشکی در سه اولویت انهدام راهبردی، روانی و پشتیبانی انجام پذیرفته است. اطلاعات گردآوری شده در نرم‌افزار SuperDecisio (تحلیل شبکه) وزن‌دهی، سپس در محیط GIS نقشه‌سازی شده است. نتایج به دست آمده از بررسی‌ها الگوهای پراکنش فضایی، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و مدل SWOT برای شهر اردبیل نشان می‌دهد که توزیع فضایی زیرساخت‌های شهر اردبیل از نوع خوشه‌ای است که این الگوی استقرار با مجموع ۱۷ درصد از کل مساحت کاربری‌های اراضی شهر جزء مناطق با آسیب‌پذیری بسیار بالا برخلاف اصول و مقررات دفاع غیرعامل بوده و آسیب‌پذیری بالایی را در برابر تهدیدات ایجاد می‌کند.

کلید واژگان: آسیب‌پذیری مکانی، زیرساخت، پدافند غیرعامل، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهر اردبیل.

<sup>۱</sup> . پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی و با همکاری شهرداری اردبیل و سازمان پدافند غیرعامل کشور انجام گرفته است.

<sup>۲</sup> . نویسنده مسئول: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، کد پستی، ۵۶۱۹۹-۱۳۱۳۱

## مقدمه

عصر حاضر عصر آسیب‌پذیری شهری است، زیرا همزمان با پیچیده شدن حیات شهری، شهرها در ابعاد مختلف با مخاطرات طبیعی و بحران تکنولوژیک از یک سو، و بحران‌های اجتماعی-امنیتی از سوی دیگر مواجه می‌شوند (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۴: ۲۱۲). برنامه‌ریزی و مدیریت چگونگی کاربرد بهینه زمین به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارها و در عین حال، اهداف برنامه‌ریزی شهری جایگاهی حیاتی در تحقق مخاطره‌نگری در فرآیند توسعه شهری دارد (امان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۴). چنانچه در برنامه‌ریزی شهری، مدیریت بهینه کاربری اراضی می‌تواند نقش اساسی در کاهش میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری داشته باشد (پاریزی و کاظمی‌نیا، ۱۳۹۳: ۱۲۰). در واقع، عدم توجه به این موضوع یعنی از کار افتادن مراکز شهر و تاسیسات مهم و حیاتی به عنوان قلب هر نظام به برهم خوردن تعادل سیستم‌های شهری و بروز دشواری‌های مختلف در حیات جوامع انسانی منجر شود و کنترل و تداوم شرایط را به دلیل از کارافتادن مراکز مهم تصمیم‌گیری و نابودی الزامات حیاتی اساسی جامعه ساکن در فضا، با چالش جدی و بحران مواجه کند (صارمی و حسینی امینی، ۱۳۹۰: ۵۶). بر این اساس، اتخاذ تدابیر و روش‌هایی که میزان تخریب شهرها را در مقابل تهدیدات دشمن کاهش دهد، ضروری است و این شرایط توجه بیش از پیش صاحب‌نظران کشور به دانش پدافند غیرعامل و بهره‌گیری از روش‌های آن را سبب شده است (صیامی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۳).

یکی از رویکردهای مطرح در برنامه‌ریزی و ساماندهی شهرها و مجتمع‌های زیستی رویکرد پدافند غیرعامل به منظور کاهش مخاطرات محیطی است. این رویکرد با توجه به موقعیت حیاتی و حساس شهرهای مرزی ضمن این که آمادگی در مقابل تهاجمات نظامی را مهیا می‌سازد تا حد زیادی توانایی‌های ویژه و آمادگی مواجهه با بحران‌های طبیعی و انسانی را فراهم می‌آورد. در حقیقت این آمادگی از آن جایی است که تجهیزات جدید و فناوری‌های نوینی که با هزینه گزاف احداث و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و ارتباط مستقیم با سایر کارکردهای شهری و ناحیه‌ای دارند هرگونه اختلال در آن‌ها، دیگر کارکردها را فلج می‌نماید؛ لذا تعیین نقاط آسیب‌پذیر و مخاطره‌آمیز کالبدی در شهرها و تقویت سازمان‌های دخیل در مدیریت بحران و امنیت، در پایداری شهرها در برابر ناامنی بسیار موثر است. با نگرش به رویکرد پدافند غیرعامل این پژوهش با تکیه بر اصول و معیارهای پدافند غیرعامل، میزان آسیب‌پذیری مکانی شهر اردبیل را شناسایی سپس با کمک گرفتن از ابزارهای مناسب و دقیق با رویکرد پدافند غیرعامل، به شناخت الگوهای پراکنش فضایی دارایی‌های شهر اردبیل، با توجه به نقش و جایگاه این شهر در مرزهای شمال غربی به عنوان یکی از مناطق مرزی و سرحدی در عین حال

(همسایگی با کشور آذربایجان) از نظر استراتژیک مبادرت خواهد نمود، که این به نوبه خود بر اساس سیاست های کلی نظام در خصوص پدافند غیرعامل کشور، مصوب مجمع تشخیص مصلحت نظام (برنامه ریزی و تدوین راهبردهایی جهت ارتقای امنیت و کاهش آسیب پذیری در پهنه های مرزی پرخطر کشور در زمان بحران) صورت گرفته که در این پژوهش مورد اهمیت مطالعه واقع گردیده است.

### مفاهیم و ادبیات تحقیق

**پدافند غیرعامل<sup>۱</sup>**؛ به مجموعه اقداماتی اطلاق می گردد که مستلزم به کارگیری جنگ افزار و تسهیلات نبوده و با اجرای آن می توان از وارد شدن خسارت مالی به تجهیزات تأسیسات حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیرنظامی و تلفات انسانی جلوگیری نموده و یا میزان خسارات و تلفات ناشی از حملات و بمباران های هوایی موشکی دشمن را به حداقل ممکن کاهش داد (هاشمی فشارکی، شکیبامنش، ۱۳۹۰: ۲۱).

**آسیب پذیری<sup>۲</sup>**؛ آسیب پذیری، میزان گسترده ای از حساسیت در برابر تحمل تلفات و خسارت هاست. در تعریف دیگری آسیب پذیری عبارت است از هر نقطه ضعفی که توسط دشمن مورد بهره برداری قرار می گیرد تا دشمن به طور غیرمجاز به دارایی های یک زیرساخت دسترسی پیدا کند و متعاقباً به آن ها خسارت وارد یا آن ها را سرقت کند (نورالهی و دیگران، ۱۳۹۴: ۴۹).

**ارزیابی آسیب پذیری**؛ میزان آسیب پذیری، روشی برای ارزیابی و اندازه گیری وضعیت هایی که می توان آن ها را ردیابی کرد، به دست می دهد. ارزیابی صحیح و دقیق میزان آسیب پذیری، داده های مهم را برای مطالعه و برطرف کردن خلأهای حفاظتی و پدافندی فراهم می آورد (مشهدی و امینی ورکی، ۱۳۹۴: ۷۴).

**آسیب پذیری مکانی<sup>۳</sup>**؛ به میزانی از تفاوت های ظرفیتی مکان زیرساخت متاثر از وقوع تهدیدات که بر اساس ویژگی ها و شاخص های جغرافیایی و پدافند غیرعامل اطلاق می شود.

### زیرساخت و اندرکنش های زیرساختی

رینالدی (۲۰۰۱)، اندرکنش میان زیرساخت ها را به مثابه یک رابطه دوطرفه میان زیرساخت ها و یا یک وابستگی یک طرفه میان زیرساخت ها تعریف می کنند. رابطه دوطرفه بدین معنا است که وضعیت یک زیرساخت سایر زیرساخت ها را تحت تأثیر قرار داده و یا با توجه به وضعیت

<sup>۱</sup>. Passive Defense

<sup>۲</sup>. Vulnerability

<sup>۳</sup>. Place Vulnerability

زیرساخت‌های دیگر تحت تأثیر سایر زیرساخت‌ها قرار دارد. در یک طبقه‌بندی رینالدی و همکاران، وابستگی متقابل زیرساخت‌ها را به چهار دسته تقسیم می‌کنند:

• **وابستگی فیزیکی**؛ در این نوع وابستگی خروجی یک سیستم به عنوان ورودی سیستم دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و بالعکس.

• **وابستگی سایبری**؛ در این نوع وابستگی حالت یک سیستم، وابسته به اطلاعاتی است که از طریق یک زیرساخت اطلاعاتی تأمین می‌شود.

• **وابستگی جغرافیایی**؛ دو یا تعداد بیشتری از سیستم‌ها به دلیل مجاورت جغرافیایی تحت تأثیر یک رویداد قرار می‌گیرند.

**وابستگی منطقی**؛ این نوع وابستگی، به وابستگی‌هایی که در انواع وابستگی قبلی جای نمی‌گیرد، اطلاق می‌شود (هوکستاد و همکاران، ۲۰۱۲).

ادبیات و سوابق مطالعه و اطلاعات حاصل از آن در بررسی موضوع، راهنما و مکمل مطالعه است. به علاوه محقق نسبت به موضوع اشراف بیشتر پیدا می‌کند و بر اطلاعات او در زمینه موضوع افزوده می‌شود. متغیرهای مورد نظر در مطالعه را شناسایی دقیق‌تر کرده و روابط علی- معلولی آنها را بهتر درمی‌یابد. در همین راستا اگر بخواهیم به برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه در دو قسمت پژوهش‌های خارجی و داخل کشور اشاره گذارایی داشته باشیم، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

هلستروم (۲۰۰۷)، وی با ارائه یک چارچوب برنامه‌ریزی تحلیلی و فرموله کردن و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی، اذعان می‌کند تغییرات به وجود آمده به واسطه تکنولوژی، به عنوان یک نقطه عطف، نقش مهمی را در توسعه زیرساخت‌ها ایفا می‌کند، بنابراین پویایی چنین تغییراتی باید هنگام ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در طول زمان مد نظر قرار گیرد. پل‌جانسک و همکاران (۲۰۱۰)، در پژوهش خود با ارزیابی سیستماتیک از آسیب‌پذیری زیرساخت‌های وابسته به هم، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، شبکه‌های برق و گاز را در سراسر اروپا از نظر آسیب‌پذیری مورد بررسی و ارزیابی قرار داده و نقاط آسیب‌پذیر قاره را شناسایی کردند.

وایت و همکاران (۲۰۱۴)، در پژوهشی با عنوان "مدل محاسباتی آسیب‌پذیری دارایی برای حفاظت استراتژیک از زیرساخت‌های حیاتی" مدلی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها همراه با مقیاسی از ریسک استراتژیک و احتمال شکست دارایی‌ها در مقابل حمله‌های انتحاری با استفاده از نظریه بازی ارائه می‌دهند.

امینی ورکی و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهش خود با بهره گیری از روش کیو' ضمن بهره گیری از نتایج پژوهش های ارزیابی آسیب پذیری در سطح شهرهای ایران پس از نیل به شناخت جامعی از عناصر و عوامل تأثیرگذار در آسیب پذیری شهرها، با بهره گیری از مشارکت متخصصان به شناسایی دیدگاه ها در زمینه آسیب پذیری شهری در ایران مبادرت نموده اند.

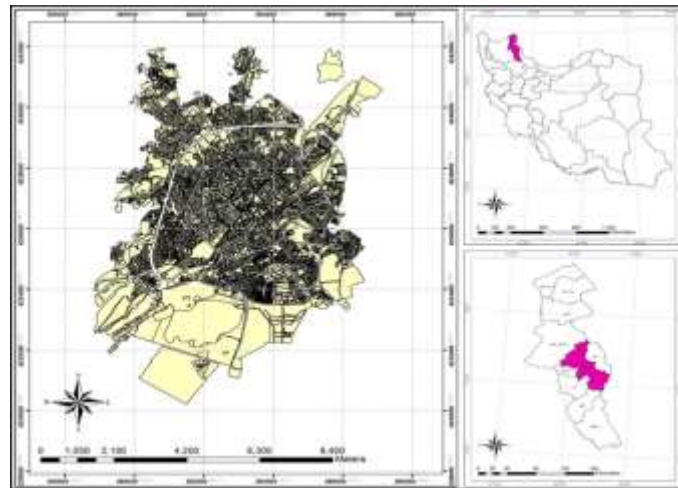
عبدالهی و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی به توسعه مفهوم اندرکنش و ارائه روشی برای استفاده از تحلیل های اندرکنشی در برنامه ریزی مدیریت بحران شهری پرداخته است. نتایج پژوهش آنها حاکی از آن است که در این روش میزان حساسیت پهنه های شهری با توجه به دو عامل میزان حساسیت دارایی ها و تجمع آنها در یک پهنه شهری باید مدنظر قرار گیرد. افشار و دیگران (۱۳۹۳)، در مقاله ای با هدف دسته بندی و ارائه یک مدل مفهومی جامع برای آسیب پذیری سیستم های کنترل و واحدهای صنعتی و زیرساخت های حیاتی الگوی جلوگیری از نفوذ و حملات سایبری را ارائه کرده اند.

امان پور و دیگران (۱۳۹۵)، در پژوهشی در زمینه پدافند غیرعامل، با پرداختن به مسئله آسیب پذیری شهر کوهدشت به روش توصیفی تحلیلی با استفاده از مدل AHP FUZZY میزان آسیب پذیری زیرساخت های نواحی سه گانه این شهر را با رعایت اصول هم جواری ارائه می دهد.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

شهر اردبیل به عنوان مرکز استان اردبیل در بخش جنوبی حوزه آبریز قره سو و در میانه دشت اردبیل و در مدار ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و نصف النهار ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۱۳۴۸ متری از سطح دریا واقع شده است. فاصله آن تا شهر تبریز ۲۱۹ کیلومتر و تا شهر تهران ۵۹۱ کیلومتر است. اردبیل در سال ۱۳۰۴ شمسی به شهر تبدیل شده است و با تأسیس استان اردبیل در سال ۱۳۷۲ شمسی شهر اردبیل به عنوان مرکز استان شناخته شده است. طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ جمعیت شهر اردبیل ۴۸۵۱۵۳ نفر می باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) و (استانداری اردبیل، ۱۳۹۳). شکل شماره ۱، نشان دهنده موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه می باشد.



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

#### روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی- توسعه‌ای می‌باشد و از نظر روش، این تحقیق از نوع تحقیقات توصیفی- تحلیلی است. روش گردآوری اطلاعات به صورت اسنادی، کتابخانه‌ای و پیمایش میدانی بوده است. در این تحقیق به تناسب کاربرد روش‌ها از GIS در فازهای مربوط به تحلیل پراکنش فضایی زیرساخت‌ها و پهنه بندی آسیب‌پذیری استفاده شده است. پس از تهدیدشناسی پایه و مبنایی شهر اردبیل، در بخش استانداردسازی و وزن‌دهی داده‌ها، این مرحله از طریق نظرسنجی و مصاحبه، در قالب فرمت‌های مشخص شده از کارشناسان مرتبط و با استفاده از فن فرایند تحلیل شبکه‌ای (نرم‌افزار Super Decision) بدان‌ها وزن داده شده است؛ در نهایت از مدل سوات (SWOT) برای ارزیابی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید جهت ارائه راهبردهای بهینه به منظور کاهش آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌ها در شهر اردبیل بهره گرفته شده است.

#### بحث و یافته‌های تحقیق

پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌ها را می‌توان تابع معیارهایی دانست که نسبتی خاص با شرایط منطقه در وضعیت تهدید در ابعاد انسانی و طبیعی دارند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۴). هر یک از این معیارها بر شاخص‌ها (زیر معیار) اشاره دارند که موضع یابی نقاط تهدید در مواقع بحران را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. با بررسی اسناد و نظریات جامعه

خبرگان در باب تهدید مبنا و پایه‌ای شهر اردبیل، ۶ گروه از تهدیدات (نظامی، اقتصادی، اجتماعی، تروریستی، خرابکاری و سایبری) برای شهر تقسیم‌بندی شدند. در هر یک از تهدیدات کلان، ریز تهدیداتی وجود دارند که با توجه به نوع هدف و شرایط زمانی در قالب ارزش عددی نهایی تهدید برای هر یک از دارایی‌ها از مجموع چهار مؤلفه زیر مشخص شدند:

۱. هزینه استفاده از تهدید مورد نظر برای دشمن؛
۲. میزان جذابیت هدف برای دشمن؛
۳. میزان کارایی هر تهدید در برابر هدف مورد نظر؛
۴. سابقه تهدید.

پس از اینکه جدول برآورد میزان وقوع تهدید علیه زیرساخت‌ها، طراحی و بین جامعه نخبگان توزیع شد، امکان وقوع تهدید با توجه به این چهار مؤلفه و نسبت به هر یک از دارایی‌های واقع در شهر اردبیل مورد ارزیابی قرار گرفته شد. در هر گروه از تهدید جهت اطمینان به شدیدترین و محتمل‌ترین ریز تهدید در ارزیابی و پهنه بندی شاخص‌های آسیب‌پذیری مکانی، سطح‌بندی شدت تهدید صورت گرفت که بر اساس آن تهدیدات نظامی (هوایی و موشکی) از بالاترین امتیاز برخوردار شدند و در مدل‌سازی و وزن‌دهی زیرشاخص‌ها در GIS به عنوان تهدید پایه و یک عامل مهم سنجش در دوری و نزدیکی دارایی‌ها نسبت به یکدیگر و اعمال در استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی جهت هم‌پوشانی قرار گرفته‌اند. جدول ۱ دسته‌بندی معیارها و شاخص‌ها به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های شهر اردبیل را در برابر تهدیدات احتمالی نشان می‌دهد.

جدول (۱). فهرست ۱۸ عنصر استخراجی از لایه‌ها و گروه بندی آن‌ها

کد معیار	معیارها (دسته)	شاخص‌ها	کد شاخص	کد معیار	معیارها (دسته)	کد شاخص
A	شریان‌های حیاتی	پست انتقال گاز	A <sub>1</sub>	C	مراکز نظامی و انتظامی	C <sub>1</sub>
		نیروگاه‌های برق	A <sub>2</sub>			C <sub>2</sub>
		مخابرات	A <sub>3</sub>			C <sub>3</sub>
	مراکز مدیریت بحران	مخازن آب	A <sub>4</sub>	D	تجهیزات شهری	D <sub>1</sub>
		مخازن سوخت	A <sub>5</sub>			D <sub>2</sub>
B	مراکز مدیریت بحران	استانداری	B <sub>1</sub>	E	مراکز پشتیبانی	E <sub>1</sub>
		ادارات کل	B <sub>2</sub>			E <sub>2</sub>
		صدا و سیما	B <sub>3</sub>			E <sub>3</sub>
		مراکز امداد رسانی	B <sub>4</sub>			E <sub>4</sub>

## \* تشریح فن تحلیل شبکه‌ای و وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارها بر اساس آن

در این بخش برای ارزیابی و رتبه‌بندی معیارها از فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. در فرایند تحلیل شبکه‌ای بد از ساخت شبکه، انجام مقایسات زوجی و تعیین همبستگی‌ها و وابستگی‌ها، تشکیل سوپر ماتریس قدم نهایی است (مالچیفسکی، ۱۳۹۰) که پس از اعمال آن به صورت ماتریس ناموزون و تبدیل به موزون در نهایت رتبه معیارها (جدول ۲) را در ماتریس محدود شده به ما نشان می‌دهند. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، داده‌های واقع در سطرها و ابر ماتریس با یکدیگر برابر بوده و مجموع ستونی اعداد موجود در این ماتریس برابر با یک می‌باشد. در چنین حالتی داده‌های موجود در سطرها و ابر ماتریس، میزان ضرایب اهمیت آن شاخص را نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان بیان داشت که ۳ شاخص مخازن سوخت، پست‌های برق و پادگان‌های نظامی هر یک به ترتیب با میزان ضریب اهمیت ۰,۰۸۸, ۰,۰۹۷, ۰,۰۸۸ و ۰,۰۸۶ بیشترین و سه شاخص مراکز آموزش عالی، ادارات و استانداری اردبیل به ترتیب هر یک با میزان ضریب اهمیت ۰,۰۱۸, ۰,۰۰۷, ۰,۰۲۶ و کمترین میزان اهمیت را در پهنه‌بندی آسیب-پذیری زیرساخت‌های شهر اردبیل از منظر پدافند غیر عامل به خود اختصاص می‌دهند. جدول ۳، شرح کاملی از میزان ضرایب اهمیت معیارها و زیر معیارها را نشان می‌دهد.

جدول (۲). سوپر ماتریس محدود شده

معیار	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵	معیار ۶	معیار ۷	معیار ۸	معیار ۹	معیار ۱۰	معیار ۱۱	معیار ۱۲	معیار ۱۳	معیار ۱۴	معیار ۱۵	معیار ۱۶	معیار ۱۷	معیار ۱۸	معیار ۱۹	معیار ۲۰
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
استقرار	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
پست‌های برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن گاز	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
تولید برق	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸
مخازن سوخت	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸



جدول (۳). میزان ضرایب اهمیت معیارها و شاخصها با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای

معیار					A: شریان حیاتی
ضریب اهمیت معیار					۰,۳۷۶۳۱۴
شاخصها					A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> A <sub>4</sub> A <sub>5</sub>
ضریب اهمیت نهایی					۰,۰۷۱۱۲۱ ۰,۰۸۷۸۰۱ ۰,۰۴۷۷۴۰ ۰,۰۷۲۵۱۳ ۰,۰۹۷۱۳۹
معیار					B: مراکز مدیریت بحران
ضریب اهمیت معیار					۰,۱۸۱۲۶۸
شاخصها					B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>4</sub>
ضریب اهمیت نهایی					۰,۰۲۶۰۵۲ ۰,۰۱۷۶۲۹ ۰,۰۶۶۲۴۳ ۰,۰۷۱۳۴۴
معیار					C: مراکز نظامی و انتظامی
ضریب اهمیت معیار					۰,۱۸۱۶۴۴
شاخصها					C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
ضریب اهمیت نهایی					۰,۰۸۶۱۱۲ ۰,۰۶۵۴۸۷ ۰,۰۳۰۰۴۵
معیار					D: تجهیزات شهری
ضریب اهمیت معیار					۰,۰۴۷۷۱۳
شاخصها					D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
ضریب اهمیت نهایی					۰,۰۲۹۸۸۳ ۰,۰۱۷۸۳
معیار					E: مراکز پشتیبانی
ضریب اهمیت معیار					۰,۲۱۳۰۶۱
شاخصها					E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> E <sub>3</sub> E <sub>4</sub>
ضریب اهمیت نهایی					۰,۰۶۰۵۹۴ ۰,۰۷۸۷۱۳ ۰,۰۰۷۲۵۴ ۰,۰۶۶۵۰۰

**\*بررسی وضعیت معیارها و طبقه ارزش گذاری آن‌ها**

در این مرحله هر یک از شاخصها در قالب لایه‌های اطلاعاتی به رستر تبدیل شده و طبقه ارزش گذاری آن‌ها در بازه ۱ تا ۹ برای کل فضا بر پایه میزان قدرت تخریب (شعاع تأثیر گذار) سلاحهای احتمالی و میزان تأثیر آن‌ها بر افراد و فضاهای کالبدی پس از اصابت در قالب پنج پهنه آسیب پذیری خیلی زیاد تا آسیب پذیری خیلی کم تقسیم بندی شده است. در این بین شعاع خطر و فاصله های ایمن برای هر کدام از شاخصها با توجه به ضوابط و نظرات کارشناسان در جداول (۴، ۵، ۶) اشاره شده است.

جدول (۴). نحوه ارزش گذاری شاخص استقرار در فاصله مناسب از اهداف دشمن (اهداف پشتیبان)

منبع	نحوه ارزش گذاری			شاخص
	مفهوم	امتیازات	بازه‌ها	
مهندسين مشاور سبز سامانه، ۱۳۹۳	آسیب‌پذیری خیلی کم	۱	۰ تا ۲۴۹ متر	خدمات پشتیبان شامل: (بیمارستان‌ها، پایانه های مسافری، ورزشگاه‌ها، مراکز آتش نشانی و هلال احمر)
	آسیب‌پذیری کم	۳	۲۵۰ تا ۴۹۹ متر	
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۵۰۰ تا ۷۴۹ متر	
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۷۵۰ تا ۱۲۴۹ متر	
	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	بیشتر از ۱۲۵۰ متر	

جدول (۵). نحوه ارزش گذاری شاخص استقرار در فاصله مناسب از اهداف دشمن (اهداف روانی)

منبع	نحوه ارزش گذاری			شاخص	
	مفهوم	امتیازات	بازه‌ها		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰ متر	انبارهای مواد غذایی و (سیلوها)	انبار داری
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۰۱ تا ۲۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۲۰۱ تا ۳۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۳۰۱ تا ۴۰۰ متر		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۵۲ متر	دانشگاه‌ها در سطح ملی و ...	مراکز آموزش عالی
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۵۲ تا ۲۱۵ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۲۱۶ تا ۲۹۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۲۹۱ تا ۳۶۵ متر		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۲۵ متر	بازارچه‌ها و مجتمع‌ها	تجاری
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۲۶ تا ۱۶۵ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۱۶۶ تا ۲۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۲۰۱ تا ۲۷۵ متر		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۲۵ متر	بیشتر از ۲۷۵ متر	
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۲۶ تا ۱۶۵ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۱۶۶ تا ۲۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۲۰۱ تا ۲۷۵ متر		

جدول (۶). نحوه ارزش گذاری شاخص استقرار در فاصله مناسب از اهداف دشمن (اهداف راهبردی)

منبع	نحوه ارزش گذاری			شاخص	
	مفهوم	امتیازات	بازه‌ها		
حسینی، ۱۳۹۲	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۵۲ متر	ساختمان‌های دولتی و ...	اداری
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۵۲ تا ۲۱۵ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۲۱۶ تا ۲۹۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۲۹۱ تا ۳۶۵ متر		
ضوابط سازمان حفاظت محیط زیست مورخ	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۵۰۰ متر	انبارهای (صنعتی و...) کارخانه‌ها	صنعتی
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۵۰۱ تا ۱۰۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۱۰۰۱ تا ۱۵۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۱۵۰۱ تا ۲۰۰۰ متر		
ضوابط مربوط به شرکت ملی گاز ایران و حریم خطوط فشار قوی مصوبه هیئت دولت	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰ متر	پست برق، گاز، منابع آب و مخابرات	تأسیسات و تجهیزات شهری
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۰۱ تا ۲۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری متوسط	۵	۲۰۱ تا ۳۰۰ متر		
	آسیب‌پذیری کم	۳	۳۰۱ تا ۴۰۰ متر		
دکتر زبردست	آسیب‌پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰ متر	پمپ بتزین و	

ارزیابی آسیب پذیری مکانی زیرساخت های شهر اردبیل از منظر پدافند غیرعامل ۱۸۹

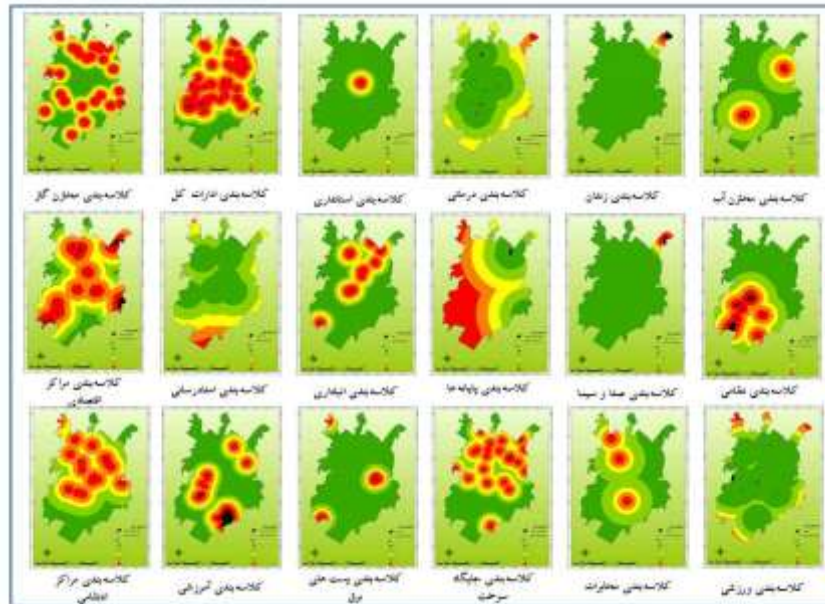
۱۳۸۹	آسیب پذیری زیاد	۷	۱۰۱ تا ۱۶۰ متر	مراکز توزیع سوخت	
	آسیب پذیری متوسط	۵	۱۶۱ تا ۲۱۰ متر		
	آسیب پذیری کم	۳	۲۱۱ تا ۳۰۰ متر		
	آسیب پذیری خیلی کم	۱	بیشتر از ۳۰۰ متر		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب پذیری خیلی زیاد	۹	۰ تا ۴۰۰ متر	پادگان ها و مراکز انتظامی	نظامی
	آسیب پذیری زیاد	۷	۴۰۱ تا ۸۰۰ متر		
	آسیب پذیری متوسط	۵	۸۰۱ تا ۱۲۰۰ متر		
	آسیب پذیری کم	۳	۱۲۰۱ تا ۲۰۰۰ متر		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب پذیری خیلی کم	۱	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	مراکز صدا و سیما	رسانه و ارتباط جمعی
	آسیب پذیری زیاد	۹	۰ تا ۱۵۲ متر		
	آسیب پذیری زیاد	۷	۱۵۲ تا ۲۱۵ متر		
	آسیب پذیری متوسط	۵	۲۱۶ تا ۲۹۰ متر		
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب پذیری کم	۳	۲۹۱ تا ۳۶۵ متر	مراکز صدا و سیما	رسانه و ارتباط جمعی
	آسیب پذیری خیلی کم	۱	بیشتر از ۳۶۵ متر		

ادامه جدول (۷)

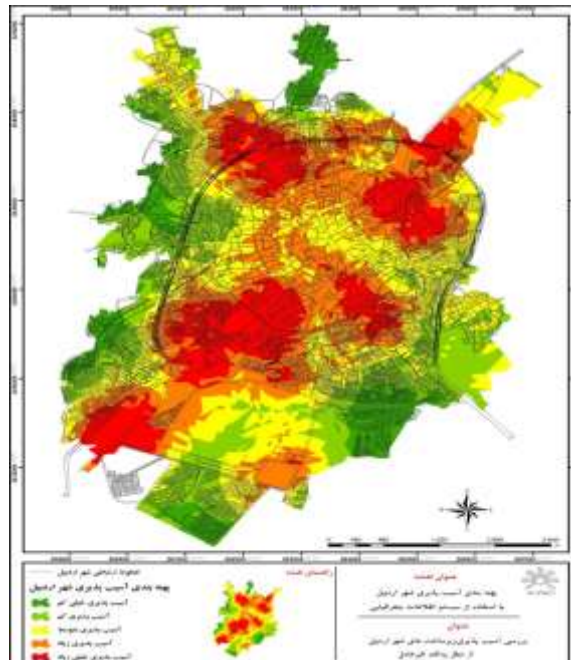
※ اعمال ضرایب و هم پوشانی لایه ها به منظور پهنه بندی آسیب پذیری

پس از بدست آوردن ضرایب اهمیت معیارها و زیر معیارها، اکنون نوبت به تولید لایه ها در تناسب با شاخص ها می باشد. برای این منظور با توجه به استانداردهای موجود و نظرات کارشناسان لایه های اطلاعاتی تولید گردید و با تولید لایه های اطلاعاتی و اعمال ضرایب اهمیت معیارها و هم پوشانی لایه ها، نقشه های ترکیبی و همچنین اولویت آسیب بر پایه هر معیار بدست آمده با هم پوشانی و در نهایت نقشه های ترکیبی آسیب پذیری کاربری های شهر اردبیل شناسایی گردید. شکل ۲ نقشه های استانداردسازی شده پنج معیار آسیب پذیری زیرساخت های شهر اردبیل را نشان می دهند.

پس از مرحله استانداردسازی نقشه ها نوبت به برهم نهی نقشه های کلاسه بندی شده و ایجاد یک پهنه بندی مطلوب جهت مشخص کردن میزان آسیب پذیری زیرساخت های شهر اردبیل از منظر پدافند غیر عامل است. برای این منظور ۱۸ نقشه کلاسه بندی شده در مرحله پیشین هم پوشانی می شوند و نقشه نهایی با اعمال دستور الیمینیشن و حذف کمینه ها و در نهایت اعمال دستور اسموسینگ (پهنه بندی آسیب پذیری مکانی زیرساخت های شهر اردبیل) با اعمال ضرایب معیارها و زیر معیارها به صورت سافت لاین تولید می شود. شکل ۳ پهنه بندی آسیب پذیری مکانی شهر اردبیل از منظر پدافند غیرعامل با تهدید مبنای موشکی را نشان می دهد.



شکل (۲). استاندارد سازی زیرمعیارها جهت اعمال هم پوشانی



شکل (۳). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های شهر اردبیل از منظر پدافند غیرعامل

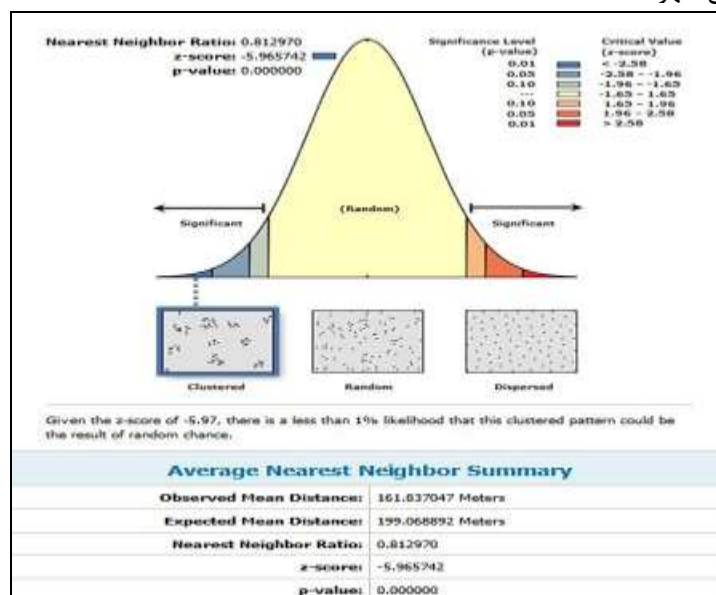
در این تحقیق به جهت بررسی های بیشتر و مشخص نمودن میزان آسیب در شرایط بحرانی و انجام تحلیل های موردی ضروری می نمود، نقشه خروجی کلاسه بندی و مشخصات آن دسته بندی گردند، بدین منظور با توجه به شکل ۳، نقشه پهنه بندی آسیب شهر اردبیل در پنج کلاس دسته بندی شدند: پهنه با آسیب پذیری خیلی کم با رنگ (سبز تیره)، وزن کلاسه بین (۲,۴۵ - ۱,۳۶) و با مساحتی معادل ۴۹۴,۷ هکتار؛ پهنه با آسیب پذیری کم با رنگ (سبز روشن)، وزن کلاسه (۳,۰۱ - ۲,۴۵) و با مساحتی معادل ۱۱۴۵,۵ هکتار؛ پهنه با آسیب پذیری متوسط با رنگ (زرد)، وزن کلاسه (۳,۴۴ - ۳,۰۱) و با مساحتی معادل ۱۴۹۹,۶ هکتار؛ پهنه با آسیب پذیری زیاد با رنگ (نارنجی)، وزن کلاسه (۳,۸۹ - ۳,۴۴) و با مساحتی معادل ۱۴۴۴,۸ هکتار و در نهایت پهنه با آسیب پذیری خیلی زیاد با رنگ (قرمز)، وزن کلاسه (۴,۷۴ - ۳,۸۹) و با مساحتی معادل ۹۶۱,۲ هکتار. در مجموع ۱۷ درصد از کل مساحت کاربری های اراضی شهر اردبیل از نظر پدافند غیرعامل جزء مناطق با آسیب پذیری بسیار بالا؛ ۲۶ درصد جزء مناطق با آسیب پذیری زیاد؛ ۲۷ درصد جزء مناطق با آسیب پذیری متوسط؛ ۲۱ درصد جزء مناطق با آسیب پذیری کم و در نهایت ۹ درصد جزء مناطق با میزان آسیب پذیری خیلی کم در سطح کاربری های شهر اردبیل قرار دارند.

#### بررسی الگوهای پراکنش فضایی زیرساخت های شهر اردبیل

واقعیت این است که مطالعه الگوی پراکنش زیرساخت ها در یک فضا از طریق آمارها و آزمون های فضایی به درک بهتر این عناصر و آسیب پذیری آنها کمک می کند. آمار فضایی در شناسایی الگوها و روندهای موجود در عناصر زیرساختی و کشف دلایل آنها بسیار کارآمد است. میانگین نزدیک ترین همسایگی یکی از آزمون های فضایی است که برای شناخت الگوی پراکنش فضایی زیرساخت های شهر اردبیل و در راستای هدف پژوهش به کار گرفته شده است. نکته ای که باید در انجام این تحلیل به آن توجه داشت این است که محاسبات انجام شده براساس دو فرض مهم صورت می گیرد:

- فرض نخست این است که پدیده ها و زیرساخت های مورد بررسی می توانند در هر کجای گستره شهر مورد بررسی قرار گیرند و به عبارت دیگر هیچ مانعی برای عناصر زیرساختی که در قسمت های حاشیه شهر اردبیل قرار گرفته اند وجود ندارد.
- فرض دوم این که علی رغم برخی از ارتباطات زیرساخت ها، در این تحلیل عناصر زیرساختی مستقل از هم در نظر گرفته می شوند.

همچنین باید توجه داشت که مقادیر امتیاز استاندارد شده Z و P-Value نسبت به تغییر در محدوده و پهنه مورد مطالعه و سایر پارامترها حساس می‌باشد. براساس نتایج بدست آمده در شکل ۴ میانگین فاصله مشاهده شده ۱۶۱/۸۳۷۰ می‌باشد در حالی که مقدار میانگین فاصله مورد انتظار ۱۹۹/۰۶۸۸ محاسبه شده است و نسبت نزدیک‌ترین همسایگی نیز ۰/۸۱۲۹۷۰ اندازه‌گیری شده است. از آنجایی که این نسبت کوچک‌تر از ۱ است نتیجه می‌گیریم زیرساخت‌های شهر اردبیل به صورت خوشه‌ای توزیع شده است. همچنین امتیاز استاندارد محاسبه شده برابر با ۵/۹۶۵۷- است که با توجه به P-Value نتیجه می‌گیریم که این خوشه‌ای بودن پراکنش فضایی زیرساخت‌های شهر اردبیل از نظر آماری معنادار می‌باشد. به عبارت دیگر با توجه به مقدار P-Value می‌توان اظهار داشت که زیرساخت‌های مورد مطالعه در شهر به صورت تصادفی توزیع نشده‌اند و به طور خوشه‌ای در فضا پراکنده شده‌اند. در کل با انجام این آزمون با اطمینان بیشتری می‌توان حکم به توزیع خوشه‌ای زیرساخت‌های شهر اردبیل نمود، که این مساله به دور از اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل بوده و تشدیدکننده میزان آسیب‌پذیری مکانی شهر است.



شکل (۴). نتایج آزمون متوسط نزدیک‌ترین همسایگی عناصر زیرساختی شهر اردبیل

پس از بررسی و تحلیل یافته‌های پژوهش، قدم بعدی برای کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در محدوده مورد مطالعه ارائه راهکار می‌باشد. در این خصوص با مشاهدات میدانی صورت

ارزیابی آسیب پذیری مکانی زیرساخت های شهر اردبیل از منظر پدافند غیرعامل ۱۹۳

گرفته نگارندگان و بررسی نقشه های موجود و مطالعه منابع مکتوب در جهت کاهش آسیب- پذیری شهر اردبیل، تدوین نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید عناصر شهر اردبیل و در قالب مدل SWot صورت گرفت. نقطه کلیدی مدل SWot تجزیه و تحلیل دامنه ای از همه ی جنبه های موقعیتی سیستم و در نتیجه فراهم کننده چارچوب مفیدی برای انتخاب راهبرد است. در واقع، تحلیل قوت ها و ضعف ها در محیط درونی و تحلیل فرصت ها و تهدیدها از محیط بیرونی جریان یافته است که به ارایه پشتیبانی برای تصمیم گیری می پردازد. به منظور تدوین استراتژی SWot شناخت عوامل چهارگانه در جهت رفع ضعف ها، تهدیدها و بهبود قوت ها و فرصت ها امری اجتناب ناپذیر تلقی می شود.

**عوامل محیط درونی:** در این مرحله نقاط قوت و ضعف داخلی محدوده مورد مطالعه شناسایی و ارزیابی شده اند. براساس مطالعات و شناسایی مراکز حیاتی و حساس و مهم در سطح شهر اردبیل، نقاط قوت و ضعف در قالب جداول ۷ و ۸ ارائه شده اند.

جدول (۷). تجزیه و تحلیل عوامل درونی و داخلی در مدل swot - نقاط قوت (S)

امتیاز نهایی	رتبه	وزن نسبی	عوامل درونی و داخلی سیستم swot - نقاط قوت (S)
۰.۶۳	۳	۰.۲۱	S <sub>1</sub> : بیشتر مراکز حیاتی و حساس شهر اردبیل از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار هستند.
۰.۳۶	۲	۰.۱۸	S <sub>2</sub> : وجود راهها و شریان های پیرامون شهر امکان امداد رسانی به مراکز حیاتی را فراهم می سازد
۰.۹۴	۴	۰.۲۴	S <sub>3</sub> : دوری اکثر کاربری های حیاتی و حساس از کاربری های صنعتی در مقیاس صنایع سنگین
۰.۴۴	۲	۰.۲۲	S <sub>4</sub> : نزدیکی رودخانه بالغو جای به مراکز حیاتی و حساس
۰.۱۵	۱	۰.۱۵	S <sub>5</sub> : یکنواختی نسبی بافت کالبدی شهر اردبیل از شاخص های ساختمانی
۲.۵۲	-	۱.۰۰	مجموع

جدول (۸). تجزیه و تحلیل عوامل درونی و داخلی در مدل swot - نقاط ضعف (W)

امتیاز نهایی	رتبه	وزن نسبی	عوامل درونی و داخلی سیستم swot - نقاط ضعف (W)
۰.۶۴	۴	۰.۱۶	W <sub>1</sub> : بیشتر مراکز حیاتی شهر به سختی قابلیت جایگزینی دارند.
۰.۳۹	۳	۰.۱۳	W <sub>2</sub> : استقرار اکثر مراکز حیاتی و حساس در مرکز شهر به عنوان متراکم ترین بافت شهر
۰.۲۴	۲	۰.۱۲	W <sub>3</sub> : عدم نزدیکی مراکز حیاتی و حساس به تأسیسات و ایستگاه های آتش نشانی
۰.۷۲	۴	۰.۱۸	W <sub>4</sub> : آسیب پذیری شهر در صورت انهدام تأسیسات و تجهیزات شهرداری.
۰.۳۳	۳	۰.۱۱	W <sub>5</sub> : استقرار اکثر مراکز حیاتی و حساس در مجاورت محلات مسکونی
۰.۲۰	۲	۰.۱۰	W <sub>6</sub> : عدم مجاورت مراکز حیاتی و حساس با فضاهای باز به جهت فرار و پناه گیری در هنگام بروز فاجعه با برای اسکان موقت پس از بحران
۰.۱۶	۲	۰.۰۸	W <sub>7</sub> : وجود معابر کم عرض در نزدیکی مراکز حساس و حیاتی شهر
۰.۲۴	۲	۰.۱۲	W <sub>8</sub> : تشدید ترافیک در خیابان های منتهی به مراکز حساس و حیاتی در هنگام وقوع بحران به دلیل انتقال مصدومین و اثرگذاری منفی بر شبکه حمل و نقل درون شهری
۲.۹۲	-	۱.۰۰	مجموع

**عوامل محیط بیرونی:** هدف این مرحله سنجش محیط خارجی محدوده مورد مطالعه جهت شناسایی فرصت‌ها و تهدیدهایی است که شهر اردبیل در ارتباط با تحلیل عناصر دفاعی با آن مواجه است. براساس مطالعات انجام شده و بررسی محیط پیرامون محدوده مورد مطالعه، مجموعه فرصت‌ها و تهدیدهای موجود و موثر بر ناحیه از لحاظ دفاع غیرعامل در غالب کاهش آسیب‌پذیری شهر اردبیل مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند که جزئیات آن در جداول ۹ و ۱۰ آورده شده است.

#### جدول (۹). تجزیه و تحلیل عوامل درونی و داخلی در مدل swot - نقاط فرصت (O)

امتیاز نهایی	رتبه	وزن نسبی	عوامل بیرونی و خارجی سیستم swot - نقاط فرصت (O)
۰.۸۸	۴	۰.۲۲	O1: آموزش و برگزاری مانور امداد و نجات برای ساکنین مجتمع‌های مسکونی واقع شده در مسیر مراکز حیاتی و حساس شهر
۰.۲۸	۲	۰.۱۴	O 2: برنامه ریزی جهت گنجاندن مسایل پدافند غیر عامل در پروژه های شهرک سازی
۰.۵۱	۳	۰.۱۷	O 3: استفاده از عوارض طبیعی در جهت استتار، اختفاء و پوشش تأسیسات و ابنیه‌ی حساس و حیاتی
۰.۶۰	۳	۰.۲۰	O 4: افزایش تعداد ایستگاه های آتش نشانی در سطح شهر به ویژه نزدیکی مراکز حیاتی و حساس.
۰.۱۲	۱	۰.۱۲	O 5: تقویت روحیه همکاری و همیاری و مسئولیت پذیری در میان شهروندان در مواقع بحران
۰.۳۰	۲	۰.۱۵	O 6: ایجاد بانک اطلاعات شهری در خصوص مناطق پرخطر و امکان سنجی از مراکز حیاتی و حساس به ویژه تجهیزات و تأسیسات موجود در مناطق آسیب پذیر
۲.۶۹	-	۱.۰۰	مجموع

#### جدول (۱۰). تجزیه و تحلیل عوامل درونی و داخلی در مدل swot - نقاط تهدید (T)

امتیاز نهایی	رتبه	وزن نسبی	عوامل بیرونی و خارجی سیستم swot - نقاط تهدید (T)
۰.۷۶	۴	۰.۱۹	T1: حملات هوایی و خرابکارانه بیشتر مراکز حیاتی و حساس شهر را تهدید می‌کند.
۰.۴۵	۳	۰.۱۵	T2: قطع ارتباط جنوب و شمال شهر در صورت انهدام مراکز حیاتی و حساس
۰.۹۶	۴	۰.۲۴	T3: وجود کاربری‌های نظامی در مرکز شهر و خطر آسیب پذیری به بافت‌های مجاور
۰.۳۹	۳	۰.۱۳	T4: به خطر افتادن جان شهروندان در هنگام مراجعه به مراکز حیاتی و حساس شهر در هنگام بروز بحران
۰.۲۰	۲	۰.۱۰	T5: عدم آشنایی کافی شهروندان با چگونگی واکنش در برابر بحران
۰.۰۸	۱	۰.۰۸	T6: عدم وجود قانون جامع ایمن، مدیریت واحد شهری بین سازمان‌ها و ارگان‌ها و مدیریت شهری در مواقع بروز بحران
۰.۳۳	۳	۰.۱۱	T7: فناوری برتر دشمن در شناسایی و آسیب رسانی به نقاط استراتژیک
۳.۱۴	-	۱.۰۰	مجموع

در این مرحله چهار نوع راهبرد تعیین می‌شود:

الف: راهبردهای تهاجمی - SO  
 ج: راهبردهای رقابتی - OW  
 ب: راهبردهای تدافعی - TW  
 د: راهبردهای محافظه کارانه - ST



برای تعیین وضعیت کلی راهبردهای منطقه از امتیاز نهایی هر بخش از (جدول ۱۱) استفاده می شود.

جدول (۱۱). امتیاز نهایی برای هر یک از شاخص های SWOT در تعیین راهبرد مناسب

شاخص	امتیاز
S: نقاط قوت	۲,۵۲
W: نقاط ضعف	۲,۹۲
O: فرصت ها	۲,۶۹
T: تهدید ها	۳,۱۴

بر طبق نتیجه بدست آمده در بعد برنامه ریزی جهت کاهش آسیب پذیری زیرساخت های شهر اردبیل از منظر دفاع غیر عامل، راهبردهای تدافعی - TW حاوی بیشترین مجاورت به همدیگر را داشته؛ لذا مسئولین باید سعی کنند با کاهش نقاط ضعف و تهدیدها به رفع آسیب پذیری محدوده مورد مطالعه اقدام و به سمت این راهبردها گام بردارند.

**راهبردهای تدافعی - TW:** با بررسی مراکز حیاتی و حساس شهر مشخص می شود که این شهر در زمان تهدید و بحران و یا هرگونه حادثه عمومی دیگر به دلیل طرح های ترافیکی، حجم ترافیک، نوع و جهت جریان ترافیک، سد معبر کسبه، عدم توزیع مناسب جمعیت و مراکز خدمات درمانی و امدادی، تراکم ساخت و ساز، بلندمرتبه سازی، عدم رعایت اصول معماری و شهرسازی، ساخت و سازهای غیرمجاز و حاشیه نشینی و... با مشکل جدی مواجه شده و در برخی معابر به دلیل قفل شدن مسیر امداد رسانی را به شدت مختل یا غیرممکن خواهد کرد؛ لذا باید به این نتیجه رسید شهر اردبیل، با توجه به اولویت بندی مراکز ثقل جمعیتی از منظر پدافند غیرعامل از اهمیت استراتژیکی بالایی به دلیل نزدیکی با کانون بحران برخوردار است. بدین وجه ضروری می نماید با توجه به شاخص های موارد بالا، راهبردهای ذیل از دید پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در شهر اردبیل مدنظر قرار گیرد:

**TW<sub>1</sub>:** پیش بینی و برآورد مراکز ثقل جمعیتی شهری جهت انبار کردن و تأمین کالاهای ضروری برای مواقع مورد نیاز در صورت تهاجم هوایی (نمونه: اطراف دریاچه شورابیل).

**TW<sub>2</sub>:** پیش بینی پد فرود اضطراری بالگرد در ساختمان ها و مجتمع ها با تمرکز جمعیتی بالا جهت امداد رسانی و پشتیبانی از حادثه دیدگان (نمونه: بام مجتمع تجاری الماس شهر واقع در میدان شریعتی).

**TW<sub>3</sub>:** مطالعه و پیش بینی جهت احداث مراکز امداد رسانی و آتش نشانی و همچنین پناهگاه شهری در مراکز ثقل جمعیتی با استفاده از مکان هایی نظیر زیر میدان ها، پارک ها و فضای

سبز(نمونه: پارک معلم اردبیل حاشیه بالغلو چای، که با توجه به شکل نواری و تقسیم کردن شهر به دو قسمت شمالی و جنوبی یکی از بهترین مکان ها برای این منظور به حساب می آید. TW4: شناسایی اماکن با قابلیت لازم جهت استفاده در زمان تهدید دارای حداقل امکانات مناسب جهت بهره برداری در مواقع ضروری.

TW5: رعایت اصول و ایجاد اختفا، استتار و تعریف حریم حفاظتی برای پروژه‌های مهم و زیرساختی به ویژه در مناطق اداری، نظامی ( تیپ ۴۰ ارتش در ایستگاه سرعین) و تاسیساتی) شرکت نفت و مخازن سوخت در میدان جهاد)،(سیلوی آرد در میدان وحدت) شهر اردبیل.

TW7: ساماندهی مناسب استفاده از فن‌آوری‌های نو به منظور کاهش آسیب پذیری های ناشی از وابستگی و امکان جمع آوری اطلاعات توسط دشمن ( ایجاد بانک اطلاعاتی برای تاسیسات حساس و حیاتی در محیط GIS).

TW8: ایجاد معابر موازی پیرامون مراکز حساس و حیاتی در سطح شهر حداقلامکان از ایستگاه سرعین تا میدان جهاد در طول غربی و شرقی شهر به جهت تمرکز مراکز آسیب پذیر نظامی، تاسیساتی و اداری.

### نتیجه گیری

نوآوری این پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌های مشابه در تلفیق معیارها و شاخص‌های جغرافیایی با پدافند غیرعامل و ارائه مفهومی جدید برای ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی با توجه به تهدید معیار است. در این تحقیق با مرور معیارهای که در فرایند تحلیل میزان آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های شهر اردبیل در برابر تهدیدات نظامی(موشکی و هوایی) از منظر پدافند غیرعامل تأثیرگذار هستند، به تهیه نقشه‌های معیار از آن‌ها اقدام گردید.

نتایج به‌دست آمده از نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر اردبیل و الگوی استقرار زیرساخت- های شهر نشان می‌دهد که زیرساخت‌های شهر اردبیل به صورت خوشه‌ای توزیع شده است و این خوشه‌ای بودن پراکنش فضایی زیرساخت‌های شهر اردبیل از نظر آماری معنادار می‌باشد. توزیع فضایی این عناصر زیرساختی شهر دارای خوشه‌بندی زیاد و این الگوی استقرار دارای پتانسیل برای اقدامات خرابکارانه در کنار هم قرار گرفته‌اند و از منظر فضایی، الگوی استقرار عناصر زیرساختی شهر اردبیل دارای خودهمبستگی فضایی هستند، بنابراین، می‌توان چنین استنباط نمود که اصل پراکندگی به عنوان یکی از اصول اساسی پدافند غیرعامل در شهر اردبیل با مجموع ۱۷ درصد از کل مساحت کاربری‌های اراضی شهر جزء مناطق با آسیب‌پذیری بسیار بالا به خوبی رعایت نشده است.

### منابع و ماخذ

۱. استانداری اردبیل. (۱۳۹۳). بررسی تطبیقی استان های کشور با توجه به جایگاه استان اردبیل در سال ۱۳۹۰، دفتر کل دفتر آمار و اطلاعات استانداری اردبیل.
۲. امان پور، سعید، مصطفی محمدی ده چشمه، علیزاده، مهدی. (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب پذیری زیرساخت های شهری کوهدشت با رویکرد پدافند غیرعامل، فصلنامه آمایش سرزمین، شماره ۱، صص ۱۵۴-۱۳۳.
۳. امینی ورکی، سعید، مدیری، مهدی، زفرقندی، فتح الله، قنبری نسب، علی (۱۳۹۳). شناسایی دیدگاه های حاکم بر آسیب پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو، دو فصلنامه مدیریت بحران، صص ۱۷-۵.
۴. افشار، احمد، ترمه چی، عاطفه، گلشن، عارفه، آقاییان، آزاده، شهریاری، حمیدرضا (۱۳۹۴). ارائه یک مدل مفهومی جامع برای آسیب پذیری های سیستم کنترل واحدهای صنعتی و زیرساخت های حیاتی، فصلنامه پدافند غیرعامل، شماره ۴، صص ۳۱-۲۳.
۵. پاریزی، میمندی، کاظمی نیا، صدیقه (۱۳۹۳). پهنه بندی آسیب پذیری شهر کرمان بر اساس اصول پدافند غیرعامل، مجله آمایش سرزمین، شماره ۱، صص ۱۱۹-۱۴۴.
۶. پایگاه اطلاع رسانی سازمان حفاظت محیط زیست، قوانین و مقررات محیط زیست طبیعی و انسانی ([www.doe.ir](http://www.doe.ir)).
۷. حسینی، سید مجتبی (۱۳۹۲). مکان یابی پناهگاه های عمومی و چند منظوره شهری در برابر سناریوهای تهدید، مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران، فصلنامه مطالعات راهبردی بسیج، شماره ۵۹، صص ۷۵-۳۹.
۸. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹). کاربرد فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) در برنامه ریزی شهری و منطقه ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۴۱، صص ۹۰-۷۹.
۹. سبز سامانه، مهندسین مشاور (۱۳۹۳). ساماندهی سکونتگاه های غیررسمی مشکین شهر و اقدامات توانمندسازی اجتماعات آن ها با تأکید بر بهسازی شهری، اردبیل: اداره کل مسکن و شهرسازی استان اردبیل.
۱۰. صارمی، حمیدرضا، حسینی امینی، حسن (۱۳۹۰). حفاظت از تاسیسات و تجهیزات شهری با استفاده بهینه از محیط شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی شهر بروجرد)، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، شماره ۶، صص ۵۲-۶۷.
۱۱. صیامی، قدیر، لطیفی، غلامرضا، تقی نژاد، کاظم، زاهدی کلاکی، ابراهیم (۱۳۹۲). آسیب شناسی پدافندی ساختار شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی گرگان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، شماره دهم، صص ۲۱-۴۲.

۱۲. عبدالهی، مجید، حسینی، بشیر، بهمن، احمدی توانا (۱۳۹۳). ارائه مدل «تحلیل اندرکنشی» در مدیریت ریسک شهری جهت ارزیابی میزان حساسیت زیرساخت ها و پهنه های شهری، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه تهران.
۱۳. مالچفسکی، یاچک (۱۳۹۰). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاری، مترجمان: اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، تهران: انتشارات سمت تهران.
۱۴. مرکز آمار ایران (۱۳۹۰). سالنامه آماری سال، سرشماری عمومی و نفوس و مسکن شهر اردبیل.
۱۵. محمدی ده‌چشمه، مصطفی، حیدری نیا، سعید (۱۳۹۴). مدل سازی مکان همجواری کاربری های ویژه از منظر پدافند غیرعامل در کلانشهر اهواز، فصلنامه برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره ۲، صص ۲۱۱-۲۳۶.
۱۶. نورالهی، حانیه، برزگر، اکرم (۱۳۹۴). ارایه الگوی ارزیابی خطرپذیری ریسک بر اساس تلفیق رویکردهای عملکردی و آمایشی در زیرساخت های حیاتی، نشریه علمی پژوهشی مدیریت بحران، دوره ۵، صص ۴۷-۵۶.
۱۷. وزارت نیرو، قانون سازمان برق ایران (۱۳۹۴). حریم خطوط هوایی انتقال و توزیع نیروی برق»، تصویب نامه شماره ۹۳/۱۷۸۱۴/۳۰/۱۰۰ هیات وزیران.
۱۸. هاشمی فشارکی، جواد؛ شکیبامنش، امیر (۱۳۹۰). طراحی شهری از منظر دفاع غیر عامل»، تهران، انتشارات بوستان حمید.
۱۹. یزدانی، محمدحسن، سیدین، افشار و پارسای مقدم، مهدی (۱۳۹۴). کاربرد پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، اردبیل: انتشارات محقق اردبیلی.

Hokstad, Per, Utne, Ingrid B., Vatn, Jørn, (2012). *Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures; A Guideline for Analysis*, Springer-Verlag London.

Hellström, T., (2007). *Critical infrastructure and systemic vulnerability : Towards a planning framework*, Journal of Safety Science, Volume 45, Issue 3, Pages 415-430. (doi:10.1016/j.ssci.2006.07.007).

Johansson, Jonas and Henrik Hassel, (2010). *An approach for modelling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis*, Journal of Reliability Engineering and System Safety, Vol. 95, pages 1335-1344. (doi:10.1016/j.res.2010.06.010).

Rinaldi, Steven M., James P. Peerenboom, and Terrence K. Kelly, (2001). *Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure*

*interdependencies*, IEEE Control Systems, Volume 21, Issue 6, Pages 11-12 (doi: 10.1109/37.969131).

White Richard, Terrance Boulton, Edward Chow, (2014). *A computational asset vulnerability model for the strategic protection of the critical infrastructure*, International Journal of Critical Infrastructure Protection, Volume 7, Issue 3, Pages 167-177, (doi:10.1016/j.ijcip.2014.06.002).