

ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل با رویکرد پدافند غیرعامل

افشار سیدین^{۱*}، سعید امینی ورکی^۲، حسین رستمی^۳، محمدحسین یزدانی^۴

۱. کارشناس ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

۳. کارشناس ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴. استادیار، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰)

چکیده

با توجه به موقعیت استراتژیک ایران در منطقه خاورمیانه و تهدیدات مستمر کشورهای همسایه و غیرهمسایه، متأسفانه پروژه‌ها و تأسیسات اقتصادی و زیربنایی بدون ملاحظات دفاعی و امنیتی به صورت هدفی عربان و تهدیدی در دسترس دشمن و هرگونه تهاجمی استقرار یافته است. تحقیق حاضر به روش کاربردی و توسعه‌ای با هدف مطالعه و بررسی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از شیوه تحلیل شبکه‌ای (ANP) در محیط GIS به منظور پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان اردبیل همراه با ۲۷ شاخص تأثیرگذار در قالب ۴ مؤلفه محیط فیزیکی، محیط زیستی بیولوژیکی، دسترسی و زیرساخت‌ها انجام پذیرفته است. نتایج به دست آمده از بررسی الگوهای پراکنش فضایی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که توزیع فضایی زیرساخت‌های استان اردبیل از نوع خوشه‌ای (نداشتن پراکندگی) است و از نظر آسیب‌پذیری ۷ درصد از پهنه سرزمین در آسیب‌پذیری خیلی زیاد هستند که خود این پهنه‌ها متراکم‌ترین نقاط جمعیتی و زیرساختی را دارند. علت این مسئله وضعیت نامناسب شاخص‌های کالبدی و تمرکز نهادهای مدیریتی، صنعتی و نظامی در این مناطق از استان اردبیل است.

کلیدواژگان

استان اردبیل، آسیب‌پذیری، پدافند غیرعامل، زیرساخت، GIS.

مقدمه

امروزه یکی از جنبه‌های مهم و درخور توجه در برنامه‌ریزی توسعه‌ای، تأکید و توجه به آسیب‌پذیری کشور و از همه مهم‌تر آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در مقابل تهدیدات ناشی از جنگ و بلایای طبیعی است (امینی و دیگران، ۱۳۹۳: ۶). زیرساخت‌ها به دلیل تأثیرمحور بودن نسل جدید جنگ‌ها، اهداف جذابی برای نیروهای متخاصم به شمار می‌آیند (یزدانی و دیگران، ۱۳۹۴: ۱۱۳)؛ چراکه از کارافتادن زیرساخت‌ها و تأسیسات مهم و حیاتی به‌عنوان قلب نظام به برهم خوردن تعادل سیستم‌های کنترل و عملیات و مراکز مهم تصمیم‌گیری در حیات جوامع انسانی منجر می‌شود (صارمی و حسینی امینی، ۱۳۹۰: ۵۶).

در حال حاضر آمایش منطقه‌ای عبارت است از تأکید بر بعد دفاع پیشگیرانه در برابر تهاجمات دشمن و عوامل انسانی. این در حالی است که شناسایی ویژگی‌های طبیعی توپوگرافیکی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی مناطق و اشکال متنوع ساختاری رهنمون‌یافته روی زمین، از اقدامات مؤثر و زیربنایی در آمایش ناحیه‌ای و منطقه‌ای کشورها قلمداد می‌شود (دانشور، ۱۳۹۱: ۱۲۰۳). در کل آرایش زمین مانع دسترسی متجاوزان به محل می‌شود یا در ایجاد تأخیر در دسترسی مؤثر است؛ لذا با توجه به رویکرد آمایش منطقه‌ای، استان اردبیل از دو منظر، تهدید قلمداد شده است: اولاً با توجه به نشست‌گاه کاربری‌ها در استان اردبیل از لحاظ مورفولوژی و قرارگیری اکثر زیرساخت‌های فیزیکی در یک دشت پهن، از نظر برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای هیچ‌گونه ملاحظات امنیتی در استتار، اختفا و پراکندگی در استحکامات، تأسیسات و تجهیزات و موقعیت استقرار زیرساخت‌ها و کاربری‌ها با توجه به اصل پراکندگی از اصول ملاحظات آمایشی و دفاعی در جهت کاهش آسیب‌پذیری را ندارد و این خود تهدیداتی را در آینده متضمن خواهد شد. ثانیاً در بررسی روند کلی شرایط منطقه، به‌ویژه خاورمیانه، کشور ایران به‌عنوان سرزمینی شناخته می‌شود که همواره در معرض مخاطرات گوناگون طبیعی و غیرطبیعی قرار دارد. موقعیت خاص ژئوپلیتیکی و ژئواستراتژیکی ایران، وجود منابع زیرزمینی بی‌شمار و تشکیل حکومتی اسلامی سبب گشته این کشور در سال‌های متمادی در معرض تهدیدات و تعارضات گوناگون خارجی قرار گیرد. از این رو متأسفانه در کشور ما با آگاهی از این موقعیت خاص، پروژه‌ها و تأسیسات

اقتصادی و زیربنایی بدون رعایت یا دخالت ملاحظات و تمهیدات دفاعی و امنیتی ساخته شده یا توسعه یافته‌اند و به‌صورت هدفی عریان و در عین حال درخور توجه در دسترس دشمن و کشورهای مهاجم قرار گرفته‌اند. استان اردبیل نیز به نوعی از این قاعده مستثنا نبوده است. این استان نیز با توجه به قرارگرفتن در شمال غرب کشور به‌دلیل برخورداری از یک موقعیت استراتژیک خاص، در زمان بروز تهدیدات می‌تواند به‌عنوان یکی از پهنه‌های عمده در معرض خطر و تهدید مطرح شود. از آنجا که اقدامات آمایشی و منطقه‌ای علاوه بر نقش بازدارندگی، از خسارت مالی و تجهیزات و تأسیسات حیاتی و حساس نظامی و غیرنظامی و تلفات انسانی جلوگیری می‌کند، این اصل باعث شد که به‌سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها به‌عنوان شریان‌های حیاتی یک استان و کشور، توجه کند و شناخت حاصل از میزان آسیب‌پذیری را برای ایجاد مصونیت‌های زیرساختی به کار گیرد. این مسئله با کاربست فناوری اطلاعات از جمله سامانه اطلاعات جغرافیایی در مراحل شناخت و تحلیل داده‌ها سهل‌الوصول‌تر، دقیق‌تر و جامع خواهد بود. به همین دلیل پژوهش حاضر با هدف شناخت و ارزیابی آسیب‌پذیری و با کمک‌گرفتن از ابزار مناسب و دقیق با رویکرد پدافند غیرعامل، به ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل، با توجه به نقش و جایگاه این استان در (همسایگی با کشور آذربایجان) از نظر استراتژیک مبادرت خواهد کرد که این خود بر اساس سیاست‌های کلی نظام در خصوص پدافند غیرعامل کشور، مصوب مجمع تشخیص مصلحت نظام (برنامه ریزی و تدوین راهبردهایی به منظور ارتقای امنیت و کاهش آسیب‌پذیری در پهنه کشور در زمان بحران) صورت گرفته که در این پژوهش، درخور اهمیت برای مطالعه واقع شده است.

مبانی نظری

آمایش دفاعی: سازمان‌دهی مناسب اماکن و فعالیت‌های نظامی کشور به‌منظور بهره‌برداری صحیح و منطقی از توان‌ها و استعدادها در جهت نیل به هدف و استراتژی دفاعی کشور است (فرزام شاد، ۱۳۸۴: ۱۳۷). در تعریفی دیگر، نوع چیدمان مراکز و فعالیت‌های استراتژیک کشور بر اساس قابلیت دفاع را آمایش دفاعی گویند (حسینی امینی و پریزادی، ۱۳۸۹: ۱۴).

پدافند غیرعامل:^۱ به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که مستلزم به‌کارگیری جنگ‌افزار و تسهیلات نیست و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارت مالی به تجهیزات تأسیسات حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیرنظامی و تلفات انسانی جلوگیری کرد یا میزان خسارات و تلفات ناشی از حملات و بمباران‌های هوایی موشکی دشمن را به حداقل ممکن کاهش داد (هاشمی فشارکی، شکیبامنش، ۱۳۹۰: ۲۱).

آسیب‌پذیری:^۲ آسیب‌پذیری، میزان گسترده‌ای از حساسیت در برابر تحمل تلفات و خسارت‌هاست. در تعریف دیگری آسیب‌پذیری عبارت است از هر وضعی که توسط دشمن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد تا دشمن به‌طور غیرمجاز به دارایی‌های یک زیرساخت دسترسی پیدا کند و متعاقباً به آنها خسارت وارد کرده یا آنها را سرقت کند (نورالهی و دیگران، ۱۳۹۴: ۴۹).

ارزیابی آسیب‌پذیری: میزان آسیب‌پذیری، روشی برای ارزیابی و اندازه‌گیری وضعیت‌هایی که می‌توان آنها را ردیابی کرد، به دست می‌دهد. ارزیابی صحیح و دقیق میزان آسیب‌پذیری، داده‌های مهم را برای مطالعه و برطرف کردن خلأهای حفاظتی و پدافندی فراهم می‌آورد (مشهدی و امینی ورکی، ۱۳۹۴: ۷۴).

آسیب‌پذیری مکانی:^۳ به میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی مکان زیرساخت متأثر از وقوع تهدیدات که بر اساس ویژگی‌ها و شاخص‌های جغرافیایی و پدافند غیرعامل اطلاق می‌شود.

نظریه استراتژی انهدام مراکز ثقل (حلقه‌های استراتژیک واردن)

استراتژی انهدام مراکز ثقل بر این مبناست که مهم‌ترین وظیفه در طرح‌ریزی جنگ، شناسایی مراکز ثقل کشور مورد تهاجم بوده و چنانچه این مراکز با دقت شناسایی و هدف‌گیری شوند، کشور مورد تهاجم در اولین روزهای جنگ طعم شکست نظامی را می‌چشد و در کوتاه‌ترین مدت به خواسته‌های کشور مهاجم تن می‌دهد و تسلیم می‌شود (جلالی فراهانی، ۱۳۹۱: ۱۱). در استراتژی

-
1. Passive Defense
 2. Vulnerability
 3. Place Vulnerability

مذکور مراکز ثقل یک کشور به صورت پنج حلقه و به شکل دوایری متحدالمرکز هستند:

۱. حلقه اول: رهبری ملی؛
۲. حلقه دوم: محصولات کلیدی؛
۳. حلقه سوم: زیرساخت‌های حمل‌ونقل؛
۴. حلقه چهارم: جمعیت و اراده ملی؛
۵. حلقه پنجم: نیروهای عملیاتی.

پیشینه تحقیق

در زمینه آمایش دفاعی و اصول و ملاحظات آن در طراحی و برنامه‌ریزی ناحیه‌ای منطقه‌ای و شهری در سطوح مختلف جغرافیایی، تحقیقات و پژوهش‌های متعددی با نگرش‌های مختلف صورت گرفته است که در این تحقیق سعی شده است تا جایی که مطالعات در دسترس بوده، خلاصه‌ای از اهداف و نتایج این مطالعات در دو بخش پژوهش‌های خارجی و داخلی آورده شود. هاوس کن و دیگران (۲۰۰۱)، در مقاله‌ای با هدف بررسی دفاع عامل در مقابل پدافند غیرعامل به نقش تهاجم استراتژی و چگونگی تعیین تعادل بین حفاظت از یک شیء (دفاع غیرعامل) و جلوگیری از آسیب‌پذیری آن و نابودکردن شیء (دفاع فعال) پرداخته‌اند. نتیجه پژوهش به صورت قیاسی تعادلی بین حمله و دفاع را در برابر آسیب‌پذیری تعیین می‌کند و تأثیر آنها را بر هم می‌سنجد. «استفاده بهینه از ساختارهای پدافند غیرعامل»، عنوان پژوهشی است که با هدف تعیین کمیت آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها، عناصر در معرض خطر انسان، جاده‌ها و... در مقابل بلایای طبیعی به‌ویژه بهممن، به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری فیزیکی با استفاده از مدل (اف ام) پرداخته است (پل فاویر و دیگران، ۲۰۱۲).

جوهانسون و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی قابلیت اطمینان و آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی: مقایسه دو روش در زمینه سیستم‌های انرژی» دو روش اصلی را برای کسب دانش مورد نیاز برای طراحی و بهبود زیرساخت‌های حیاتی پیشنهاد کرده‌اند که عبارت‌اند از: تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان و تحلیل آسیب‌پذیری. در ادامه نیز برای هر کدام، روش جداگانه‌ای

را برای سنجش پیشنهاد داده‌اند. 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. روئدا و کال (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان «استفاده از ماتریس وابستگی متقابل برای کاهش حملات هدفمند در شبکه‌های وابسته» به بررسی حملات هدفمند به یک گره شبکه‌های مخابراتی که به‌طور مستقیم به یک گره شبکه برق متصل شده است و بالعکس، پرداخته‌اند.

«پدافند غیرعامل برای مراکز حساس در مقیاس ناحیه‌ای»، عنوان مقاله‌ای است که در آن به نقش اجرایی آمایش دفاعی در ناحیه و منطقه در شرایط مقاومت و کاهش خسارت ارائه شده است (شیعه و همکاران، ۱۳۸۶). افشار و دیگران (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای با هدف دسته‌بندی و ارائه مدل مفهومی جامعی برای آسیب‌پذیری سیستم‌های کنترل و واحدهای صنعتی و زیرساخت‌های حیاتی، الگوی جلوگیری از نفوذ و حملات سایبری را ارائه کرده‌اند. سیدین (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان بررسی آسیب‌پذیری شهر اردبیل به مدل‌سازی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهر اردبیل با استفاده از مدل ANP در محیط GIS برای مدیریت بحران شرایط جنگ پرداخته است. نورالهی و دیگران (۱۳۹۴)، در مقاله‌ای با ارائه الگوی ارزیابی خطرپذیری ریسک با رویکرد آمایشی، مفاهیم درون‌زیرساختی و بین‌زیرساختی را در روابط شبکه زیرساخت تبیین کرده‌اند. امان‌پور و دیگران (۱۳۹۵)، در پژوهشی در زمینه پدافند غیرعامل، با پرداختن به مسئله آسیب‌پذیری شهر کوه‌دشت به روش توصیفی تحلیلی با استفاده از مدل AHP FUZZY میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های نواحی سه‌گانه این شهر را با رعایت اصول هم‌جواری ارائه می‌دهند.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی- توسعه‌ای است. در واقع «این تحقیق از آنجا که به شناسایی نقاط استراتژیک و آسیب‌پذیر زیرساخت‌های استان اردبیل و ارائه راهکارهای پدافند غیرعامل می‌پردازد، کاربردی است و از آنجا که در آن روش خاصی برای ارزیابی نقاط استراتژیک به کار

برده شده است که کمتر استفاده شده است، توسعه‌ای تلقی می‌شود». از نظر روش، این تحقیق از نوع تحقیقات توصیفی-تحلیلی است. روش گردآوری اطلاعات به صورت اسنادی، کتابخانه‌ای و پیمایش میدانی بوده است. نرم‌افزارهای استفاده شده در این تحقیق به تناسب کاربرد عبارت است از: نرم‌افزارهای Arc GIS ۱۰.۲ در فازهای مربوط به ورود، ذخیره و مدیریت، پردازش، تحلیل داده‌ها و همچنین تحلیل پراکنش فضایی زیرساخت‌ها و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و نرم‌افزار Super Decision به منظور وزن‌دهی لایه‌ها.

پس از تهدیدشناسی پایه و مبنایی استان اردبیل، در بخش استانداردسازی و وزن‌دهی داده‌ها، در 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. فرایند تحلیل شبکه‌ای، فنی در تصمیم‌گیری است که بر مبنای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای حل مشکلات با در نظر گرفتن بازخورد و وابستگی بنا نهاده شده است. این روش قادر است هم‌بستگی‌ها و بازخوردهای موجود بین عناصر مؤثر را در یک تصمیم‌گیری الگوسازی کند. تاکنون روش‌های متعددی در تعیین وزن استفاده شده است. روش (ANP) در تحقیق حاضر به منظور وزن‌دهی و اعمال ضرایب اهمیت معیارها در جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل در محیط Arc GIS استفاده شده است.

محدوده مورد مطالعه

استان اردبیل در شمال غرب فلات ایران و شرق فلات آذربایجان واقع شده است. این استان به شکل کشیده و طویل خود در جهت شمال-جنوب، بین مدارهای ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و بین نصف‌النهارهای ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. فاصله شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین نقطه آن در حدود ۲۹۵ کیلومتر و فاصله شرقی‌ترین و غربی‌ترین نقطه آن ۱۳۲ کیلومتر است. مساحت این استان بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع معادل ۱/۱ درصد مساحت ایران است و از لحاظ مساحت، رتبه بیست و پنجم را بین استان‌های کشور به خود اختصاص داده است.

اردبیل استانی مرزی است که در حدود ۲۸۲/۵ کیلومتر با کشور جمهوری آذربایجان مرز مشترک دارد و از طریق دو نقطه شهری بيله سوار و اصلاندوز با این کشور ارتباط برقرار می‌کند. همچنین، این مرز مشترک ۱۵۹ کیلومتر مرز آبی است که توسط رودهای ارس و بالهارود مشخص می‌شود و بقیه مرز آن در خشکی قرار دارد. این استان از غرب با استان آذربایجان شرقی، از سمت شرق با استان گیلان و از جنوب با استان زنجان همسایه است (مقدم‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱: ۲-۳).

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. هریک از این معیارها به شاخص‌هایی (زیر معیار) اشاره می‌کنند که موضع‌یابی نقاط تهدید در مواقع بحران را تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهد.

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

۱. هزینه استفاده از تهدید مدنظر برای دشمن؛

۲. میزان جذابیت هدف برای دشمن؛

۳. میزان کارایی هر تهدید در برابر هدف مدنظر؛

۴. سابقه تهدید.

پس از اینکه جدول برآورد میزان وقوع تهدید علیه زیرساخت‌ها، طراحی شده و بین جامعه نخبگان توزیع شد، امکان وقوع تهدید با توجه به این چهار مؤلفه و برای هریک از دارایی‌های واقع در استان اردبیل ارزیابی شد. در هر گروه از تهدید، برای اطمینان به شدیدترین و محتمل‌ترین ریزتهدید در ارزیابی و پهنه‌بندی شاخص‌های آسیب‌پذیری مکانی، سطح‌بندی شدت تهدید

صورت گرفت که بر اساس آن تهدیدات نظامی (هوایی و موشکی) از بیشترین امتیاز برخوردار شدند و در مدل‌سازی و وزن‌دهی زیرشاخص‌ها در GIS به‌عنوان تهدید پایه و عامل مهم سنجش در دوری و نزدیکی دارایی‌ها در مقابل یکدیگر و اعمال در استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی به‌منظور هم‌پوشانی قرار گرفته‌اند. جدول ۱ دسته‌بندی معیارها و شاخص‌ها به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل را در برابر تهدیدات احتمالی طبیعی و انسانی نشان می‌دهد.

جدول ۱. معیارها و شاخص‌های وزن‌دهی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان اردبیل

کد معیار	A	B	C	D
معیار	محیط فیزیکی	محیط بیولوژیکی زیستی	شریان‌ها (دسترسی)	مراکز حیاتی (زیرساخت‌ها)
شاخص‌ها	A1: گسل A2: شیب A3: ارتفاع (هیسومتریک) A4: جهات شیب A5: کانون زلزله A6: سنگ‌شناسی	B1: بقوات و چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق B2: رودخانه‌های سطح‌الارضی (مسيل) B3: پوشش گیاهی و کاربری زمین B4: مناطق حفاظت‌شده ملی B5: محدوده‌های جمعیتی - شهری C1: راه آسفالت (جاهه) C2: پل و تونل C3: شبکه راه‌آهن C4: مرز بین‌المللی مجاور همسایه C5: شبکه انتقال برق فشارقوی C6: شبکه انتقال (آب‌ها راه‌های گاز) C7: خطوط هوایی (آلان‌های هوایی)	D1: مراکز درمانی D2: فرودگاه و پایانه‌های مسافری D3: مراکز نظامی و انتظامی D4: آبرار نفت و مراکز توزیع سوخت D5: صنایع و معادن (صنایع و زو های صنعتی) D6: آبرار، سیوها و سردخانه‌ها D7: تصفیه‌خانه‌ها D8: سدهای مخزنی D9: صدا و سیما (فرستنده‌ها، دکل‌ها و...)	

تشریح فن تحلیل شبکه و وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها بر اساس آن

در این بخش برای ارزیابی و رتبه‌بندی معیارها از فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. در فرایند تحلیل شبکه‌ای بعد از ساخت شبکه، انجام مقایسات زوجی و تعیین هم‌بستگی‌ها و وابستگی‌ها، تشکیل سوپر ماتریس قدم نهایی است که به شرح زیر بیان می‌شود:

تشکیل سوپر ماتریس

این مرحله، خود به چند قسمت تقسیم می‌شود که شرح آنها در ادامه آمده است:

الف) تشکیل سوپر ماتریس ویژه ناموزون

با اجتماع بردارهای ویژه به دست آمده از مقایسه های عناصر در هر ماتریس، ماتریس ویژه ناموزون به دست می آید. بردارهای ویژه از نرمالیزه کردن ماتریس های به دست آمده در مرحله قبل حاصل می شوند که در حقیقت، نمایانگر اوزان نسبی است. به طوری که در جدول ۲ ارائه شده است، در قسمت ستون سمت چپ ماتریس و همچنین در قسمت فوقانی آن تمامی عناصر دسته های کنترلی قرار می گیرند.

جدول ۲. سوپر ماتریس ویژه ناموزون

مبارها	دسترس					محیط بیولوژیکی					محیط فیزیکی					مراکز حیاتی (زیرساخت ها)												
	C7	C1	C3	C6	C5	C4	C2	B2	B1	B5	B4	B3	A3	A4	A6	A2	A5	A1	D4	D6	D1	D7	D8	D5	D9	D2	D3	
سازمان	C7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	C1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	C3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	C6	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	C5	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	C4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
محیط بیولوژیکی	B2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	B1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	B5	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	B4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
محیط فیزیکی	B3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	A3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	A4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	A6	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	A2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
مراکز حیاتی (زیرساخت ها)	A5	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	A1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D6	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D8	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D5	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	D9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
D2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
D3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		

ب) تشکیل سوپر ماتریس ویژه موزون

بعد از اینکه ماتریس ویژه ناموزون به دست آمد، ممکن است بعضی ستون ها به صورت ستون های احتمالی نبوده یا به عبارت ساده تر، حاصل جمع عناصر ستون ها برابر یک نباشد. در این حالت نمی توان گفت که تأثیر نهایی ملاک کنترلی مد نظر بر تمامی عناصر به درستی نشان داده شده است (جدول ۳). برای جلوگیری از این حالت، با استفاده از نتایج به دست آمده در قسمت مقایسه دسته ها عمل می شود که با ضریب مقادیر نرمال شده متناظر هر ملاک به نسبت تأثیر خود و نرمال سازی نهایی ستون ها، ماتریس ویژه موزون به دست می آید.

جدول ۴. سوپرماتریس محدودشده

معیارها	محیط بیولوژیکی										محیط فیزیکی										مراکز حیاتی (زیرساخت ها)									
	C7	C1	C3	C6	C5	C4	C2	B2	B1	B5	B4	B3	A3	A4	A6	A2	A5	A1	D4	D6	D1	D7	D8	D5	D9	D2	D3			
معیارهای زیست‌محیطی	C7	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	C1	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	C3	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰		
	C6	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰		
	C5	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰		
معیارهای زیست‌محیطی	B2	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	B1	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	B5	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	B4	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	B3	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
معیارهای زیست‌محیطی	A3	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	A4	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	A6	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	A2	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	A5	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
معیارهای زیست‌محیطی	D4	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D6	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D1	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D7	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D8	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
معیارهای زیست‌محیطی	D5	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D9	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D2	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D3	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			
	D3	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰			

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، داده‌های واقع در سطرهاى ابرماتریس با یکدیگر برابر بوده و مجموع ستونی اعداد موجود در این ماتریس برابر با یک است. در چنین حالتی داده‌های موجود در سطرهاى ابرماتریس، میزان ضرایب اهمیت آن شاخص را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان بیان کرد که ۴ شاخص مراکز نظامی و انتظامی، زون‌های صنعتی و معدنی و فرودگاه، هریک به ترتیب با میزان ضریب اهمیت ۰/۱۰۵۵، ۰/۰۷۵۷، ۰/۰۷۴۰ بیشترین و شاخص‌های معیار محیط فیزیکی، هریک با کمترین میزان ضریب اهمیت با توجه به سناریوی تهدید انسانی در جهت پهنه‌بندی، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان اردبیل از منظر پدافند غیرعامل و آمایش دفاعی را به خود اختصاص می‌دهند. جدول ۵، شرح کاملی از میزان ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها را نشان می‌دهد.

بررسی وضعیت معیارها و شاخص‌ها در محدوده مورد مطالعه و طریقه ارزش‌گذاری آنها

پس از تعیین ضرایب اهمیت شاخص‌ها، حال نوبت به سنجش شاخص‌ها در محدوده مورد مطالعه است. این مسئله با استفاده از قابلیت تحلیل شبکه نرم‌افزار GIS و تنظیم لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای هریک از ۲۷ شاخص (در قالب ۴ معیار) در استان اردبیل صورت گرفته است. در این مرحله هریک از شاخص‌ها در قالب لایه‌های اطلاعاتی به رستر تبدیل می‌شود و طریقه

ارزش‌گذاری آنها در بازه ۱ تا ۹ برای کل فضا بر پایه میزان قدرت تخریب (شعاع تأثیرگذار) حملات هوایی و موشکی و میزان تأثیر آنها بر افراد و فضاهای کالبدی پس از اصابت در قالب پنج پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد تا آسیب‌پذیری خیلی کم تقسیم‌بندی شده است.

جدول ۵. میزان ضرایب اهمیت معیارها و شاخص‌ها با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای

A: محیط فیزیکی							معیار		
۰/۱۷۸۹							ضریب اهمیت معیار		
A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁		شاخص‌ها		
۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۵۳	۰/۰۳۴۰	۰/۰۲۴۹		ضریب اهمیت شاخص‌ها		
B: محیط بیولوژیکی-زیستی							معیار		
۰/۱۰۳۸							ضریب اهمیت معیار		
B ₅	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁			شاخص‌ها		
۰/۰۴۶۵	۰/۰۱۰۷	۰/۰۰۳۴	۰/۲۴۴	۰/۰۱۳۸			ضریب اهمیت شاخص‌ها		
C: جریان‌ها (دسترسی)							معیار		
۰/۲۵۹۶							ضریب اهمیت معیار		
C ₇	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	شاخص‌ها		
۰/۰۳۵۲	۰/۰۴۰۰	۰/۰۴۹۶	۰/۰۳۳۲	۰/۰۲۳۳	۰/۰۰۷۱	۰/۰۲۱۳	ضریب اهمیت شاخص‌ها		
D: مراکز حیاتی (زیرساخت‌ها)							معیار		
۰/۴۵۷۶							ضریب اهمیت معیار		
D ₉	D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	شاخص‌ها
۰/۰۳۰۸	۰/۰۷۰۰	۰/۰۷۳۶	۰/۰۵۹۴	۰/۰۷۵۷	۰/۰۴۳۱	۰/۱۰۵۵	۰/۰۷۴۰	۰/۰۶۹۸	ضریب اهمیت شاخص‌ها

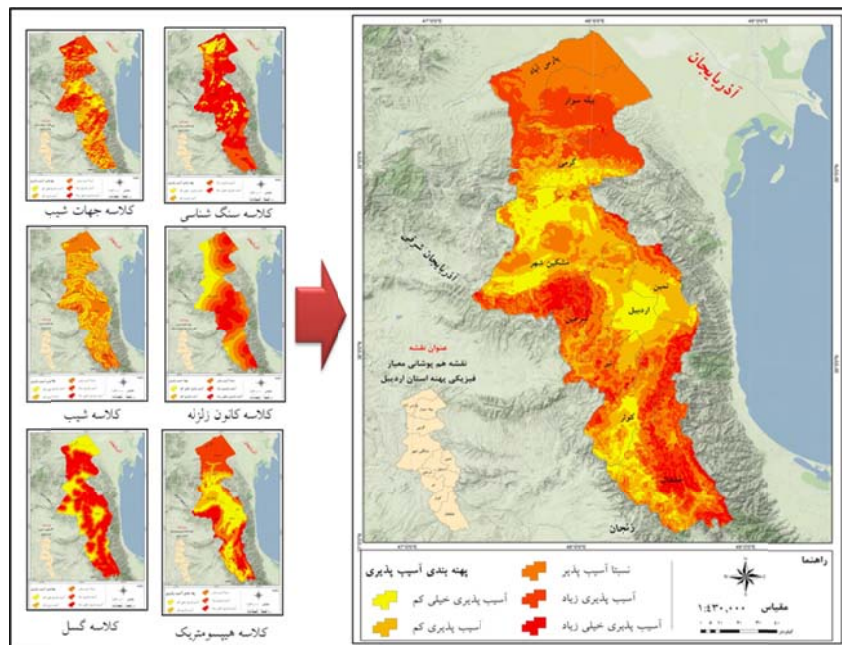
در این بین شعاع آسیب و فاصله‌های ایمن برای هرکدام از شاخص‌ها با توجه به ضوابط سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط و نظریات کارشناسان و خبرگان نظامی در چهار بخش زیر ارائه شده است.

معیار محیط فیزیکی (A)

عوارض طبیعی در پهنه‌بندی، پراکندگی، حوزه نفوذ، مورفولوژی و مانند آن همواره اثر قاطعی می‌گذارند. گاه به‌عنوان عاملی مثبت و زمانی به‌صورت عاملی منفی و بازدارنده عمل می‌کنند. در هنگام برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای باید به دینامیسم محیط طبیعی مثل سیل، زلزله، گسل، شیب و جز آن توجه کرد. محیط طبیعی و فیزیکی به‌دلیل ایستابودن و تغییر نکردن در طول زمان، از اهمیت بسیاری در مباحث آمایش دفاعی و پهنه‌بندی برخوردار است؛ به طوری که بی‌توجهی به آن می‌تواند تبعات منفی و خسارت جبران‌ناپذیری را در پی داشته باشد. به همین دلیل در این تحقیق به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر در تصمیم‌گیری چندمعیاره، تحلیل شبکه در نظر گرفته شده است. تشریح ضوابط و مقررات اجرایی این معیار به همراه جدول ۶ و نقشه‌های استانداردسازی شده، برای هم‌پوشانی نهایی شکل ۱ این کلاس به شرح زیر است:

جدول ۶. ارزش گذاری زیرمعیارهای محیط فیزیکی

منبع	نحوه ارزش گذاری			شاخص
	مفهوم	امتیازات	بازه‌ها	
هیپسومتریک (ارتفاع)	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۰ تا ۸۰۰ متر	هیپسومتریک (ارتفاع)
	آسیب‌پذیری کم	۳	۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۱۶۰۰ تا ۴۰۰ متر	
شیب (درجه)	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	شیب (درجه)
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۰ تا ۲ درجه	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	۲ تا ۵ درجه	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۵ تا ۱۰ درجه	
جهات شیب	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۰ تا ۲۰ درجه	جهات شیب
	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	بیشتر از ۲۰ درجه	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	شمالی	
	آسیب‌پذیری کم	۳	شرقی-شمال شرقی	
گسل (فاصله)	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	شمال غربی	گسل (فاصله)
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	جنوب غربی-غربی	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	جنوب-جنوب شرقی	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۰ تا ۳ کیلومتر	
کانون زلزله (فاصله)	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	۳ تا ۵ کیلومتر	کانون زلزله (فاصله)
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۵ تا ۳ کیلومتر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۵ تا ۱۰ کیلومتر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۱۰ تا ۱۵ کیلومتر	
سنگ‌شناسی	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	بیشتر از ۱۵ کیلومتر	سنگ‌شناسی
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۰ تا ۱۰ کیلومتر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۱۰ تا ۲۰ کیلومتر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۲۰ تا ۳۰ کیلومتر	
سنگ‌شناسی	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	بیشتر از ۴۰ کیلومتر	سنگ‌شناسی
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	آنشفشانی دگرگونی بعضاً آهکی، آنشفشانی بیروکسین و آندزیت، آهکی آنشفشانی دگرگونی، آهکی دگرگونی آهکی سخت دگرگونی شیل آنشفشانی.	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	آهکی متامورفیک، آهکی سخت، آهکی نرم و متامورفیک، آهکی نرم و متامورفیک مارن‌های آهکی نمکی گچی	
	آسیب‌پذیری کم	۳	آنشفشانی و توف، آهکی و مازنی	
سنگ‌شناسی	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	دشت‌های رسوبی، دشت‌های رسوبی مواد آبرفتی، مواد آبرفتی و واریزه‌ای، سنگ‌های ماسه‌ای و کنگلومرای سطح فرسایش یافته قدیمی	سنگ‌شناسی
	آسیب‌پذیری زیاد	۷		
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵		
	آسیب‌پذیری کم	۳		



شکل ۱. استانداردسازی و هم‌پوشانی کلاسه‌های محیط فیزیکی

با توجه به نقشه هم‌پوشانی نهایی کلاسه‌های معیار محیط فیزیکی، منطقه مورد مطالعه به ۵ پهنه با درجات آسیب‌پذیری متفاوت دسته‌بندی شد. بدین منوال بخش‌های غربی استان اردبیل در شهرستان مشکین‌شهر و جنوب شرقی در شهرستان خلخال و کوثر جزء مناطق با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و رنگ قرمز پهنه‌بندی شده‌اند. علت این مسئله نیز جنس زمین و کوهستانی بودن و اغلب لرزه‌خیز و نزدیک بودن به خطوط گسل است. پهنه‌های شمالی استان که شهرستان پارس‌آباد و گرمی را در بر می‌گیرد، جزء مناطق با آسیب‌پذیری زیاد و نسبتاً آسیب‌پذیر و با رنگ نارنجی پهنه‌بندی شده‌اند. علت این مسئله نیز تأثیرگذاری جهات تهدید (همسایگی با آذربایجان) در زیرساخت‌ها از منظر پدافند غیرعامل است.

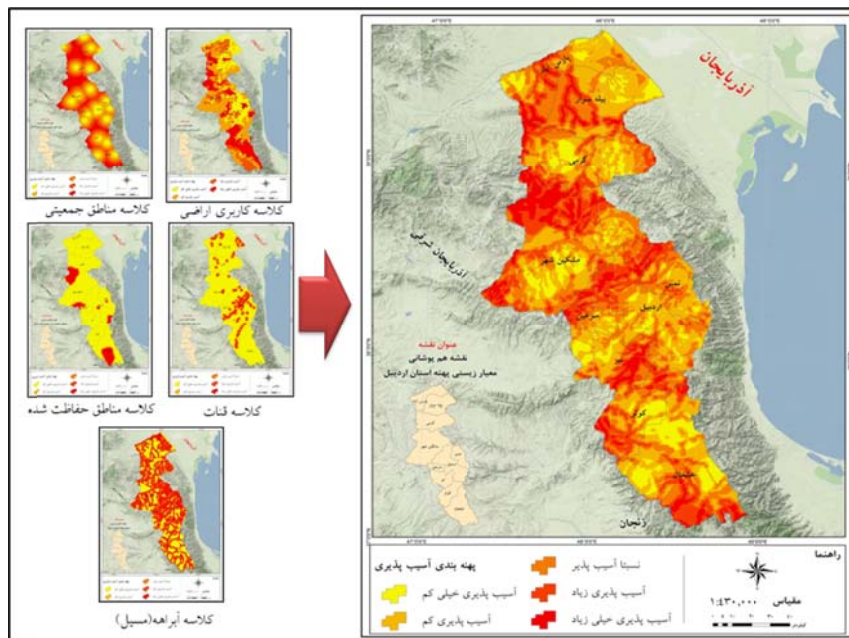
معیار زیستی - بیولوژیکی (B)

شناسایی و انتخاب عواملی که در آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها مؤثر هستند از مراحل مهم تحقیق و مطالعه در حوزه دفاع غیرعامل است. هر قدر عوامل شناسایی شده با واقعیت زمینی تطابق بیشتری

داشته باشد، نتیجه رضایت بخش تر خواهد بود. در این بخش نیز به تشریح مقررات و ضوابط به منظور اعمال نظریات کارشناسان به پهنه بندی آسیب پذیری زیرساخت های استان اردبیل در معیار بیولوژیکی - زیست محیطی پرداخته می شود. تشریح ضوابط و مقررات اجرایی این معیار به همراه جدول ۷ و نقشه های استاندارد سازی شده، برای هم پوشانی نهایی شکل ۲ این کلاس به شرح زیر است:

جدول ۷. ارزش گذاری زیر معیارهای زیستی - بیولوژیکی

منبع	نحوه ارزش گذاری			شاخص
	مفهوم	امتیازات	بازه ها	
آبراهه (مسیل) (فاصله)	آسیب پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۵۰۰ متر	
	آسیب پذیری زیاد	۷	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب پذیر	۵	۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر	
	آسیب پذیری کم	۳	۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	
فاصلاب کشور	آسیب پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	
قنوات و چاهها (فاصله)	آسیب پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۵۰۰ متر	
	آسیب پذیری زیاد	۷	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب پذیر	۵	۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر	
	آسیب پذیری کم	۳	۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	
شرکت آب منطقه ای استان اردبیل	آسیب پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	
کاربری اراضی	آسیب پذیری بسیار زیاد	۹	اراضی بایر و اغلب بدون پوشش گیاهی	
	آسیب پذیری زیاد	۷	پوشش کم گیاهان مرعی	
	نسبتاً آسیب پذیر	۵	پوشش مرعی نسبتاً خوب و اغلب چراگاه فصلی	
	آسیب پذیری کم	۳	زیر کشت نباتات و درخت کاری شده	
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب پذیری بسیار کم	۱	پوشش جنگلی یا تراکم متوسط	
مناطق حفاظت شده (فاصله)	آسیب پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰۰ متر	
	آسیب پذیری زیاد	۷	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب پذیر	۵	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	
	آسیب پذیری کم	۳	۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر	
سازمان حفاظت محیط زیست	آسیب پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۴۰۰۰ متر	
مناطق شهری (فاصله)	آسیب پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۵ کیلومتر	
	آسیب پذیری زیاد	۷	۵ تا ۱۰ کیلومتر	
	نسبتاً آسیب پذیر	۵	۱۰ تا ۱۵ کیلومتر	
	آسیب پذیری زیاد	۳	۱۵ تا ۲۰ کیلومتر	
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب پذیری بسیار زیاد	۱	بیشتر از ۲۰ کیلومتر	



شکل ۲. استانداردسازی و هم‌پوشانی کلاس‌های محیط زیستی - بیولوژیکی

با توجه به نقشه هم‌پوشانی نهایی کلاس‌های معیار بیولوژیکی-زیستی، منطقه مورد مطالعه به ۵ پهنه با درجات آسیب‌پذیری متفاوت دسته‌بندی شد. در این معیار، رعایت فاصله مناسب از مراکز شهری، جمعیتی و آبراهه جزء زیرمعیارهایی بودند که بیشترین امتیاز وزنی را به خود اختصاص دادند. بدین منوال بر اساس دوری یا نزدیکی مراکز حساس و مهم از مراکز شهری و قرارگرفتن در معرض مخاطرات طبیعی (سیل) و انسانی (تهاجم هوایی)، پهنه‌های شمال غربی و بخش غربی منتهی به شهر اصلاندوز به دلیل واقع شدن در شبکه آبیاری مغان و سد خداآفرین در کنار مسیل قوری‌چای و بخش‌هایی از شمال شهرستان مشکین‌شهر، مسیل‌های برزندچای و در نهایت منتهی‌الیه مرز همسایگی شهرستان اردبیل و مشکین‌شهر به دلیل تأثیرگذاری فصلی رودخانه بالیخلی چای و شبکه آبیاری یامچی به مراکز شهری، آسیب‌پذیر بوده و با رنگ قرمز مشخص شده‌اند.

معیار شریان‌ها - دسترسی (C)

تشریح ضوابط و مقررات اجرایی این معیار به همراه جدول ۸ و نقشه‌های استانداردسازی شده،

به منظور هم پوشانی شکل ۳ این کلاس به شرح زیر است:

جدول ۸. ارزش گذاری زیرمعیارهای شریان‌ها - دسترسی

منبع	نحوه ارزش گذاری			شاخص
	مفهوم	امتیازات	بازه‌ها	
فخری، ۱۳۹۱	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰۰ متر	مسیر ارتباطی (جاده) (فاصله)
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۴۰۰۰ متر	راه‌آهن و تونل و پل (فاصله)
	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۴۰۰۰ متر	
نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۲۵ کیلومتر	مرز بین‌المللی (فاصله)
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۲۵ تا ۳۰ کیلومتر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۳۰ تا ۳۵ کیلومتر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۳۵ تا ۴۰ کیلومتر	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۴۰ کیلومتر	
جلسه ۱۳۹۶/۱/۳۰ به پیشنهاد شماره ۱۳۹۳/۳/۲۰ مورخ ۹۳/۱۷/۸۱۴/۳۰/۱۰۰ وزارت نیرو و به استناد تبصره (۲) ماده (۱۸) قانون سازمان برق ایران - ابلاغیه شماره ۱۷۰۹۷/۳۵۸ تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۳۰ امور حقوقی مجلس	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۱۰۰۰ متر	خطوط انتقال برق و انتقال گاز (فاصله)
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۴۰۰۰ متر	
روستایی، فخری ۱۳۹۲	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۹	۰ تا ۵ کیلومتر	دالان هوایی (فاصله)
	آسیب‌پذیری زیاد	۷	۵ تا ۱۰ کیلومتر	
	نسبتاً آسیب‌پذیر	۵	۱۰ تا ۱۵ کیلومتر	
	آسیب‌پذیری کم	۳	۱۵ تا ۲۰ کیلومتر	
	آسیب‌پذیری بسیار کم	۱	بیشتر از ۲۰ کیلومتر	

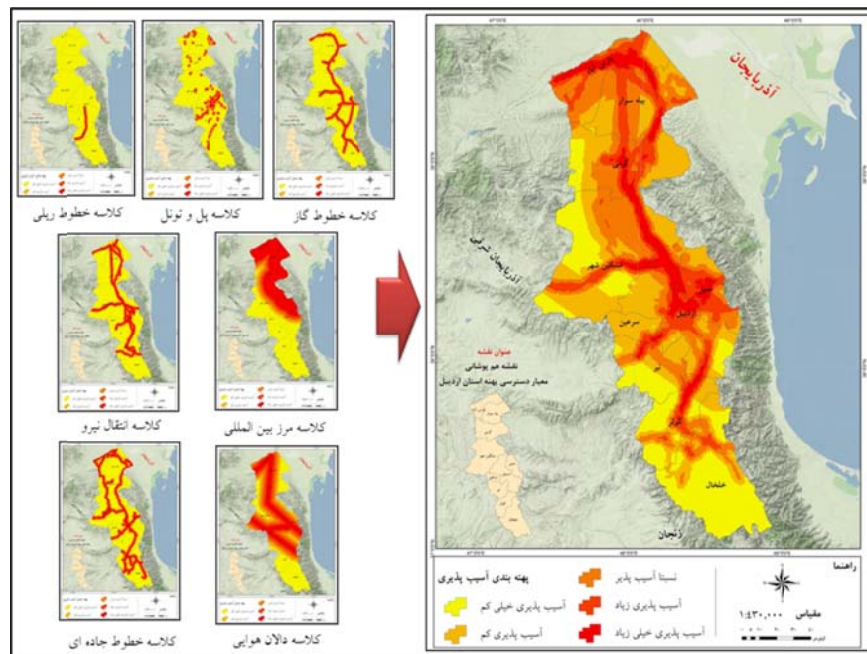
نکته کوتاه درباره دالان‌های هوایی که چرا به عنوان عامل آسیب‌پذیر در زیرساخت‌های استان اردبیل بررسی می‌شود، این است که دالان‌های هوایی، مسیر ثابت هواپیماهاست که دارای ارتفاعی خاصی از زمین و مشخصات تعیین شده‌ای هستند. به دو دلیل زیرساخت‌ها و مراکز حساس و مهم نیابستی در مسیر این دالان‌ها باشند:

۱. اختلال در تجهیزات سامانه ناوبری هواپیماهای مسافربری می‌تواند سقوط این هواپیماها را

به همراه داشته باشد؛

۲. زیرساخت‌هایی که در مسیر راه‌های هوایی قرار دارند، می‌توانند هدف جاسوسی به وسیله

هواپیماهای به ظاهر ترابری دشمن قرار گیرند.



شکل ۳. استانداردسازی و هم‌پوشانی کلاسه‌های محیط شریان‌ها- دسترسی

با توجه به نقشه هم‌پوشانی نهایی کلاسه‌های معیار شریان‌ها- دسترسی، منطقه مورد مطالعه به ۵ پهنه با درجات آسیب‌پذیری متفاوت دسته‌بندی شد. در این معیار، رعایت فاصله مناسب از خطوط برق و گاز، مرز بین‌المللی و دالان هوایی، جزء زیرمعیارهایی بودند که بیشترین امتیاز وزنی را به خود اختصاص دادند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هم‌پوشانی نهایی معیار شریان‌ها بیشتر در امتداد خطوط برق و گاز در استان اردبیل پهنه‌بندی شده‌اند. بیشترین آسیب‌پذیری به رنگ قرمز را در بخش‌های شمالی استان (پارس‌آباد مغان) به دلیل نزدیکی به مرز همسایگی آذربایجان و بخش‌های مرکزی به دلیل انباشتگی تجهیزات انتقال نیرو می‌توان دید.

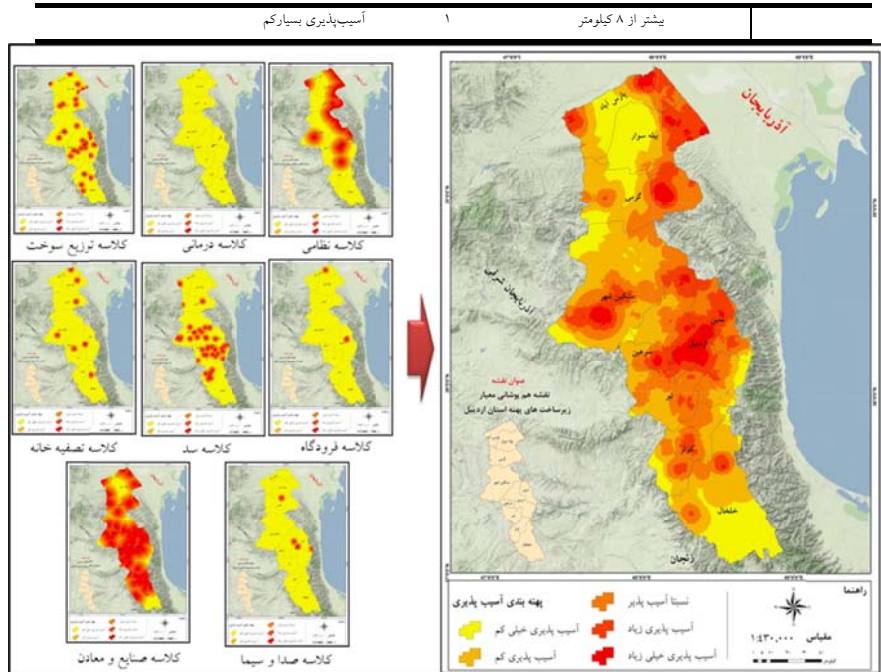
معیار مراکز حیاتی- زیرساخت‌ها (D)

از آنجا که برخی از کاربری‌ها و زیرساخت‌ها می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین مقاصد حملات و یورش‌های دشمن به شمار آیند، بالطبع می‌توانند اهمیت دو جانبه نیز یابند؛ چراکه از بین رفتن و انهدام این قبیل مراکز بسته به نوع آنها (حیاتی- حساس و مهم) می‌تواند آثار و تبعات گسترده‌ای

در مقیاس‌های ملی - منطقه‌ای بر جای گذارد. در واقع آسیب‌دیدن چنین مراکزی می‌تواند ضمن وارد ساختن ضرر در حوزه اقتصادی کلان، ساختار صنعتی و تولیدی منطقه را در حوزه عمل نیز فلج سازد. تشریح ضوابط و مقررات اجرایی این معیار به همراه جدول ۹ و نقشه‌های استاندارد سازی شده، برای هم‌پوشانی شکل ۴ کلاس به شرح زیر است:

جدول ۹. ارزش‌گذاری زیر معیارهای مراکز حیاتی - زیر ساخت‌ها

شاخص	نحوه ارزش‌گذاری		
	مفهوم	امتیازات	بازه‌ها
صنایع و معادن (فاصله)	دستورالعمل ماده ۳ ضوابط و معیارهای استقرار صنایع و معادن	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۰ تا ۵ کیلومتر
		آسیب‌پذیری زیاد	۵ تا ۱۰ کیلومتر
		نسبتاً آسیب‌پذیر	۱۰ تا ۱۵ کیلومتر
		آسیب‌پذیری کم	۱۵ تا ۲۰ کیلومتر
		آسیب‌پذیری بسیار کم	بیشتر از ۲۰ کیلومتر
فرودگاه و مراکز توزیع سوخت و مراکز انبارداری (فاصله)	حسینی و صدیقی ۱۳۹۳	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۰ تا ۲ کیلومتر
		آسیب‌پذیری زیاد	۲ تا ۴ کیلومتر
		نسبتاً آسیب‌پذیر	۴ تا ۶ کیلومتر
		آسیب‌پذیری کم	۶ تا ۸ کیلومتر
		آسیب‌پذیری بسیار کم	بیشتر از ۸ کیلومتر
سد و تصفیه‌خانه (فاصله)	ضوابط و مقررات وزارت نیرو	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۰ تا ۲ کیلومتر
		آسیب‌پذیری زیاد	۲ تا ۴ کیلومتر
		نسبتاً آسیب‌پذیر	۴ تا ۶ کیلومتر
		آسیب‌پذیری کم	۶ تا ۸ کیلومتر
		آسیب‌پذیری بسیار کم	بیشتر از ۸ کیلومتر
مراکز درمانی (فاصله)	نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۰ تا ۵۰ متر
		آسیب‌پذیری زیاد	۵۰ تا ۱۰۰ متر
		نسبتاً آسیب‌پذیر	۱۰۰ تا ۱۵۰ متر
		آسیب‌پذیری کم	۱۵۰ تا ۲۰۰ متر
		آسیب‌پذیری بسیار کم	بیشتر از ۲۰۰ متر
مراکز نظامی (فاصله)	نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۰ تا ۵ کیلومتر
		آسیب‌پذیری زیاد	۵ تا ۱۰ کیلومتر
		نسبتاً آسیب‌پذیر	۱۰ تا ۱۵ کیلومتر
		آسیب‌پذیری کم	۱۵ تا ۲۰ کیلومتر
		آسیب‌پذیری بسیار کم	بیشتر از ۲۰ کیلومتر
مراکز رادیویی و تلویزیونی (فاصله)	نظر کارشناسان مربوطه	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۰ تا ۲ کیلومتر
		آسیب‌پذیری زیاد	۲ تا ۴ کیلومتر
		نسبتاً آسیب‌پذیر	۴ تا ۶ کیلومتر
		آسیب‌پذیری کم	۶ تا ۸ کیلومتر
		آسیب‌پذیری بسیار کم	بیشتر از ۸ کیلومتر

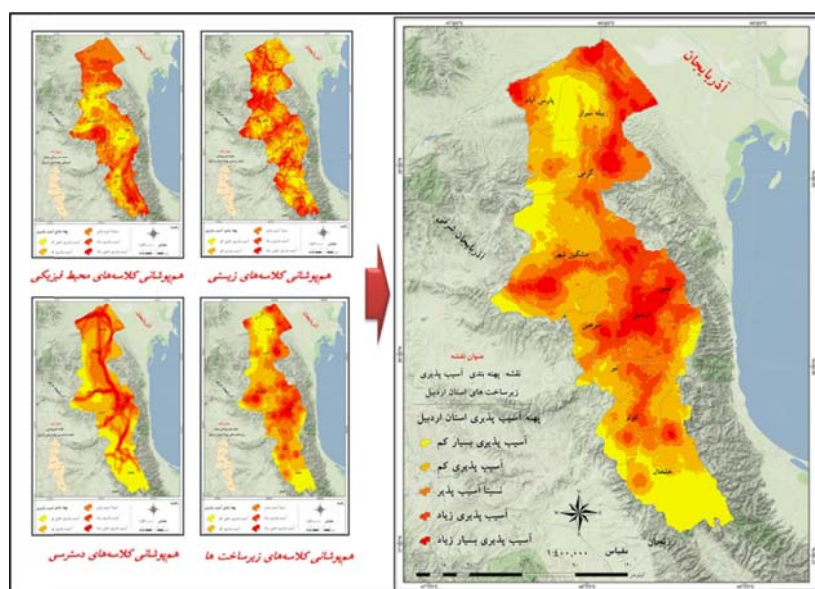


شکل ۴. استانداردسازی و هم‌پوشانی کلاسه‌های مراکز حیاتی- زیرساخت‌ها

با توجه به نقشه هم‌پوشانی نهایی کلاسه‌های معیار مراکز حیاتی و زیرساخت‌ها، منطقه مورد مطالعه به ۵ پهنه با درجات آسیب‌پذیری متفاوت دسته‌بندی شد. در این معیار، رعایت فاصله از مراکز نظامی، صنایع و معادن، فرودگاه و سدهای مخزنی جزء زیرمعیارهایی بودند که بیشترین امتیاز وزنی از نظر آسیب‌پذیری را به خود اختصاص دادند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هم‌پوشانی نهایی معیار مراکز حیاتی بیشتر در بخش شمال شرقی، مرکزی و غربی استان اردبیل پهنه‌بندی شده‌اند. بیشترین آسیب‌پذیری به رنگ قرمز را در بخش‌های شمال شرقی استان (پارس‌آباد به دلیل نزدیکی به مرز همسایگی آذربایجان) و بخش‌های مرکزی به دلیل انباشتگی تجهیزات و تأسیسات می‌توان دید.

اکنون پس از به‌دست‌آوردن نقشه‌های استانداردسازی‌شده نوبت به هم‌پوشانی نقشه‌های کلاسه‌بندی‌شده نهایی معیارهای چهارگانه (فیزیکی طبیعی، بیولوژیکی زیستی، شریان‌ها- دسترسی و

مراکز حیاتی - زیرساخت‌ها) و ایجاد پهنه‌بندی مطلوب به منظور مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری استان اردبیل از منظر پدافند غیرعامل رسیده است. برای این منظور ۲۷ زیرمعیار کلاس‌بندی شده در قالب ۴ معیار در مرحله پیشین هم‌پوشانی می‌شوند و نقشه نهایی تولید می‌شود. البته در جهت انجام هم‌پوشانی لایه‌ها و ایجاد لایه خروجی از دو عملیات ضرب عددی و جمع مبتنی بر هم‌پوشانی که با اعمال ضرایب معیارها و زیرمعیارها استفاده شده و خروجی آن به صورت نقشه در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل در برابر تهدیدات نظامی

با توجه به شکل ۵، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان اردبیل در پنج کلاس دسته‌بندی شدند: پهنه با آسیب‌پذیری خیلی کم با رنگ زرد، وزن کلاس (۰/۷۵-۰/۴۵) و با مساحتی معادل ۰۴/۳۲۷۲۱۶ هکتار؛ پهنه با آسیب‌پذیری کم با رنگ کهربایی، وزن کلاس (۰/۹۷-۰/۷۵) و با مساحتی معادل ۵۲۵۵۳۹/۱۹ هکتار؛ پهنه با آسیب‌پذیری متوسط با رنگ نارنجی، وزن کلاس (۰/۹۷-۱/۲۲) و با مساحتی معادل ۴۴۵۶۷۶/۲۹ هکتار؛ پهنه با آسیب‌پذیری زیاد با رنگ قرمز، وزن کلاس (۱/۵۳-۱/۲۲) و با مساحتی معادل ۳۰۶۹۸۰/۴۴ هکتار و در نهایت پهنه با آسیب‌پذیری

خیلی زیاد با رنگ زرشکی، وزن کلاسه (۲/۳۹-۱/۵۳) و با مساحتی معادل ۱۲۶۶۵۵/۲۹ هکتار از مجموع مساحت ۱۷۳۲۰۶۷ کل پهنه استان اردبیل.

ارزیابی الگوهای پراکنش فضایی زیرساخت‌های استان اردبیل

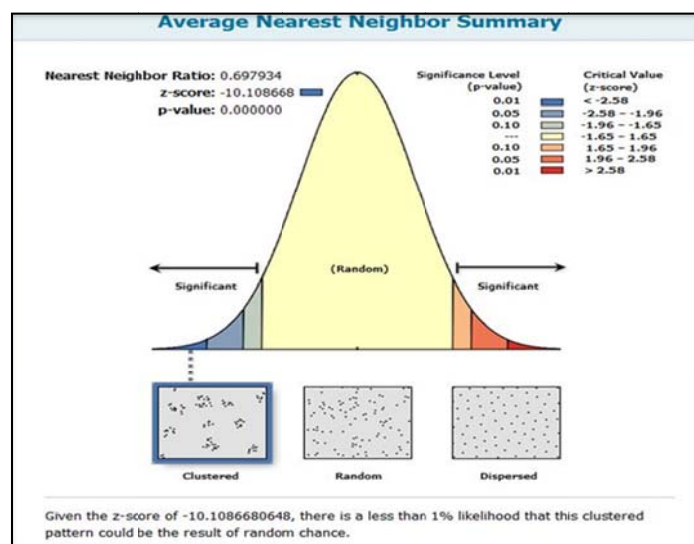
شناخت الگوها و کشف روندهای موجود در داده‌های فضایی از اهمیت بسیاری در تحقیقات مختلف برخوردار است و در بسیاری از موارد پژوهشگران مایل‌اند بدانند که داده‌های آنها چگونه در فضا توزیع شده‌اند و آیا توزیع آنها در فضا از الگو یا قاعده خاصی پیروی می‌کند یا خیر؟ واقعیت این است که مطالعه الگوی پراکنش زیرساخت‌ها در یک فضا از طریق آمارها و آزمون‌های فضایی به درک بهتر این عناصر و آسیب‌پذیری آنها کمک می‌کند. آمار فضایی در شناسایی الگوها و روندهای موجود در عناصر زیرساختی و کشف دلایل آنها بسیار کارآمد است. میانگین نزدیک‌ترین همسایگی یکی از آزمون‌های فضایی است که برای شناخت الگوی پراکنش فضایی زیرساخت‌های استان اردبیل و در راستای هدف پژوهش به کار گرفته شده است. نکته‌ای که باید در انجام این تحلیل به آن توجه کرد این است که محاسبات انجام‌شده براساس دو فرض مهم صورت می‌گیرد:

- فرض نخست این است که پدیده‌ها و زیرساخت‌های تحت بررسی می‌توانند در هر کجای گستره استان بررسی شوند و به عبارت دیگر هیچ مانعی برای عناصر زیرساختی که در قسمت‌های حاشیه استان قرار گرفته‌اند، وجود ندارد. البته گفتنی است که فقط پهنه استان اردبیل تحلیل شده و عناصر زیرساختی استان‌های مجاور در این تحلیل‌ها منظور نشده است.

- فرض دوم اینکه با وجود برخی از ارتباطات زیرساخت‌ها، در این تحلیل، عناصر زیرساختی مستقل از هم در نظر گرفته می‌شوند.

همچنین باید توجه کرد که مقادیر امتیاز استاندارد شده Z و P -Value به تغییر در محدوده و پهنه مورد مطالعه و سایر پارامترها حساس است. براساس نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۶، میانگین فاصله مشاهده‌شده ۲۶۳۹/۰۱۸۶ است؛ در حالی که مقدار میانگین فاصله مورد انتظار ۳۷۸۱/۱۸۸۴ محاسبه شده است و نسبت نزدیک‌ترین همسایگی نیز ۰/۶۹۷۹۳۴ اندازه‌گیری شده است. از آنجا که این نسبت کوچک‌تر از ۱ است، نتیجه می‌گیریم زیرساخت‌های استان اردبیل به‌صورت خوشه

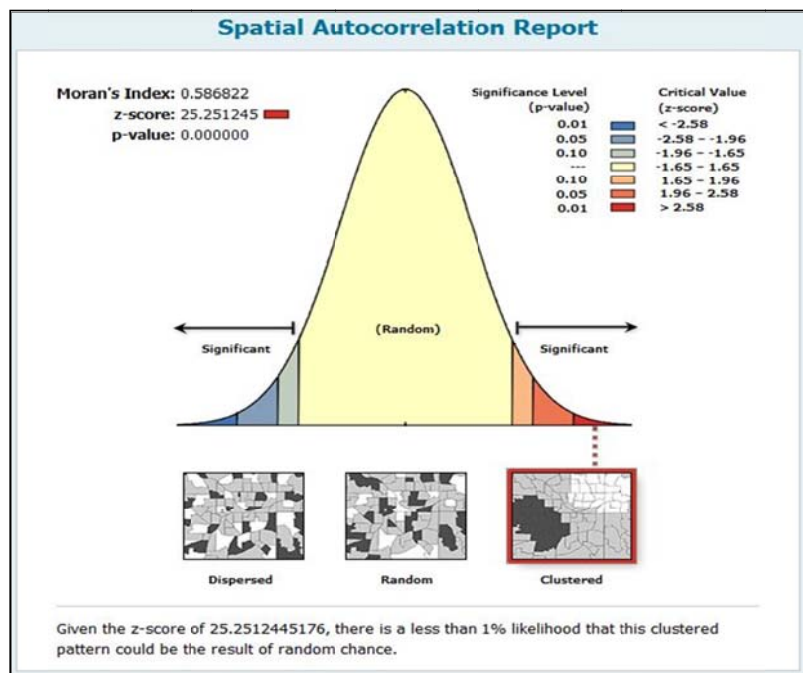
ای توزیع شده است. همچنین امتیاز استاندارد محاسبه شده برابر با $10/1086681$ - است که با توجه به P-Value نتیجه می‌گیریم این خوشه‌ای بودن پراکنش فضایی زیرساخت‌های استان اردبیل از نظر آماری معنادار است. به عبارت دیگر با توجه به مقدار P-Value می‌توان اظهار کرد که زیرساخت‌های مورد مطالعه در استان به صورت تصادفی توزیع نشده‌اند و به‌طور خوشه‌ای در فضا پراکنده شده‌اند. در کل با انجام این آزمون و تحلیل با اطمینان بیشتری می‌توان حکم به توزیع خوشه‌ای زیرساخت‌های استان اردبیل داد.



شکل ۶. نتایج آزمون متوسط نزدیک‌ترین همسایگی عناصر زیرساختی استان اردبیل

علاوه بر آزمون‌های متوسط نزدیک‌ترین همسایگی، آزمون خودهم‌بستگی فضایی و شاخص موران نیز درباره عناصر زیرساختی استان اردبیل محاسبه می‌شود. به طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک (+1) باشد، داده‌ها دارای خودهم‌بستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک (-1) باشد، آنگاه داده‌ها از هم‌گسسته و پراکنده هستند. البته این مقدار از نظر معناداری آماری سنجیده می‌شود. درباره این ابزار فرضیه صفر آن است که «هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین عناصر زیرساختی پهنه استان اردبیل وجود ندارد». حال زمانی که مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدر

مطلق آن) بسیار بزرگ باشد، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. اگر مقدار شاخص موران بزرگ‌تر از صفر باشد، داده‌ها نوعی خوشه‌بندی فضایی را نشان می‌دهد. اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد، الگوی عناصر زیرساختی پراکنده است.



شکل ۷. نتایج آزمون خودهم‌بستگی فضایی (شاخص موران) عناصر زیرساختی استان اردبیل

همان گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، شاخص موران برابر با $0/586822$ است و از آنجا که این مقدار مثبت و بیشتر از صفر است، می‌توان این نتیجه را گرفت که عناصر زیرساختی استان اردبیل خودهم‌بستگی فضایی دارند. بر اساس نتایج حاصله اگر قرار بود این عناصر زیرساختی به‌طور نرمال در پهنه استان پخش شده باشد، شاخص برابر با $-0/001887$ می‌شد. همچنین با توجه به بالابودن امتیاز استاندارد Z (برابر با $25/251245$) و صفربودن مقدار P-Value می‌توان فرضیه نبود خودهم‌بستگی فضایی بین عناصر زیرساختی را رد کرد و به وجود خودهم‌بستگی فضایی حکم کرد. در کل با انجام این آزمون با اطمینان بیشتری می‌توان حکم به

توزیع خوشه‌ای زیرساخت‌های استان اردبیل داد که این مسئله به دور از اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل بوده و تشدیدکننده میزان آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌ها در استان است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نوآوری این پژوهش در مقایسه با 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 معیارهایی که در فرایند تحلیل میزان آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان اردبیل در برابر تهدیدات نظامی (موشکی و هوایی) از منظر پدافند غیرعامل تأثیرگذار هستند، به تهیه نقشه‌های معیار از آنها اقدام شد.

نتایج به‌دست‌آمده از نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مکانی استان اردبیل و الگوی استقرار زیرساخت‌ها نشان می‌دهد که زیرساخت‌های استان اردبیل به‌صورت خوشه‌ای توزیع شده است و این خوشه‌ای بودن پراکنش فضایی زیرساخت‌ها در استان اردبیل، از نظر آماری معنادار است. توزیع فضایی این عناصر زیرساختی 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 استان اردبیل خودهم‌بستگی فضایی دارند؛ بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که اصل پراکندگی به‌عنوان یکی از اصول اساسی پدافند غیرعامل به‌خوبی در استان اردبیل رعایت نشده است.

در کل نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد ۷/۳۱ درصد از کل مساحت استان اردبیل از نظر پدافند غیرعامل جزء مناطق با آسیب‌پذیری بسیار زیاد، ۱۷/۷۲ درصد جزء مناطق با آسیب‌پذیری زیاد، ۲۵/۷۳ درصد جزء مناطق با آسیب‌پذیری متوسط، ۳۰/۳۴ درصد جزء مناطق با آسیب‌پذیری کم و درنهایت ۱۸/۹۰ درصد جزء مناطق با میزان آسیب‌پذیری خیلی کم در پهنه استان اردبیل قرار دارند. همچنین در استان اردبیل چهار پهنه آسیب‌پذیر عمده در شرایط تهدید صرف حملات موشکی شناسایی شدند؛ از جمله بخش مرکزی استان اردبیل (امتداد شهرستان اردبیل و شهرستان نمین)، غرب استان (عمدتاً تمرکز در شهرستان مشکین‌شهر) و درنهایت بخش‌هایی از شمال و شمال شرقی و غربی استان اردبیل (امتداد شهرستان گرمی تا پارس‌آباد مغان و بخش‌هایی از اصلاندوز).

علت این مسئله وضعیت نامناسب استقرار زیرساخت‌ها در حوزه‌های نهادی مدیریتی، صنعتی و نظامی در این ناحیه‌هاست. این موضوع تا حدودی برخلاف اصول پدافند غیرعامل و آمایش دفاعی است و بایستی توجهات لازم برای کاهش آسیب‌پذیری این مراکز با توجه به تراکم زیرساخت‌ها در استان انجام شود. لذا پیشنهاد می‌شود:

- با ایجاد و توسعه فضاهای امن در مراکز مهم، ایجاد مراکز مهم متعدد به‌جای مراکز حساس منفرد، اتخاذ اقداماتی به‌منظور کاهش آسیب ناشی از کاربری‌های خطرناک و افزایش میزان پراکنش مراکز مهم در سطح ناحیه‌ای به ارتقای امنیت استان در حملات نظامی که از موارد کلیدی در بحث آسیب‌رسانی و تهدید در پدافند غیرعامل به‌شمار می‌آید، توجه شود.

- ارزیابی آسیب‌پذیری صورت‌پذیرفته، بر مبنای آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان و قابلیت‌هایی است که سامانه اطلاعات جغرافیایی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. با توجه به اینکه این ارزیابی تنها یکی از انواع آسیب‌پذیری‌ها را در بر می‌گیرد (آسیب‌پذیری شامل: کالبدی، ناشی از اندرکنش زیرساخت‌ها و...) توصیه می‌شود پژوهش‌های جداگانه‌ای برای ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها با توجه به طیف تهدیدات محتمل در استان اردبیل انجام شود.

- تأکید بر مطالعه و بررسی عمیق آسیب‌پذیری‌های استان اردبیل در نقاط مرزی و تأسیسات مهم و حساس از جمله نیروگاه، سدها و مخازن سوخت استان با توجه به استعداد آسیب‌پذیری این مراکز به‌دلیل برخورداری‌نبودن از عمق کافی سرزمینی.

- مطالعه و بررسی بستر سایبری استان و نحوه استفاده سازمان‌ها و ادارات و نیز ضریب نفوذپذیری و آسیب‌پذیری زیرساخت‌های فناوری اطلاعات استان در صورت بروز حمله سایبری.
- بهره‌مندی از آمایش سرزمین مناسب و اصول دفاع غیرعامل با رعایت توزیع و پراکنندگی موزون سرمایه‌ها در عرصه‌های امن جغرافیایی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در آینده.
- استفاده از قابلیت‌های فوق‌العاده تکنیک GIS و تحلیل شبکه در برنامه‌ریزی و پدافند غیرعامل به‌خصوص در امر استقرار کاربری‌ها (پناهگاه‌ها، مراکز امن و زیرساخت‌ها...) در جهت تعیین بهترین پهنه از نظر تهدید در طراحی مراکز حیاتی و حساس در استان اردبیل و سایر نقاط کشور ایران.

منابع

۱. امینی ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ زفرقندی، فتح‌الله؛ قنبری نسب، علی (۱۳۹۳). شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو، *دوفصلنامه مدیریت بحران*، صفحات ۵-۱۷.
۲. امان‌پور، سعید؛ محمدی ده چشمه، مصطفی؛ علیزاده، مهدی (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری کوهدشت با رویکرد پدافند غیرعامل، *فصلنامه آمایش سرزمین*، دوره هشتم، شماره اول، صفحات ۱۳۳-۱۵۴.
۳. افشار، احمد؛ ترمه‌چی، عاطفه؛ گلشن، عارفه؛ آقاییان، آزاده؛ شهریاری، حمیدرضا (۱۳۹۴). ارائه یک مدل مفهومی جامع برای آسیب‌پذیری‌های سیستم کنترل واحدهای صنعتی و زیرساخت‌های حیاتی، *فصلنامه پدافند غیرعامل*، سال ششم، شماره ۴، صفحات ۲۳-۳۱.
۴. پایگاه اطلاع‌رسانی سازمان زمین‌شناسی، اطلاعات زمین‌شناسی استان اردبیل (www.gsi.ir).
۵. پایگاه اطلاع‌رسانی شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل، موقعیت چاه‌های کیفی (www.arrw.ir).
۶. پایگاه اطلاع‌رسانی سازمان حفاظت محیط‌زیست، قوانین و مقررات محیط‌زیست (www.doe.ir).
۷. حنفی، علی و موسوی، میرنجف (۱۳۹۲). مکان‌یابی مراکز حساس و مهم نظامی در مناطق مرزی ایران و ترکیه با توجه به شاخص‌های هیدروژئومورفوکلیمایی با رویکرد پدافند غیرعامل، *فصلنامه مدیریت نظامی*، شماره ۱۳، صفحات ۴۵-۷۲.
۸. حسینی، سیدهادی و صدیقی، ابوالفضل (۱۳۹۳). تحلیلی بر آمایش فضایی مکانی فضاها در زمانی مشهد با رویکرد پدافند غیرعامل، *فصلنامه آمایش سرزمین*، شماره ۲، صفحات ۳۳۵-۳۶۱.
۹. حسینی امینی، حسن و پریزادی، طاهر (۱۳۸۹). *مفاهیم بنیادی در پدافند غیرعامل با تأکید بر شهر و ناحیه*، تهران: انتشارات مؤسسه اندیشه کهن‌پرداز.
۱۰. جلالی فراهانی، غلامرضا (۱۳۹۱). *چهار گفتار در باب پدافند غیرعامل*، تهران: انتشارات نقش یاس.
۱۱. دانشور، مهدی (۱۳۹۱). ارزیابی توان‌های توپوگرافی در تدوین راهبردهای بهینه پدافند غیرعامل برای شهرهای مرزی (شهر زاوین)، *همایش ملی شهرهای مرزی و امنیت*، صفحات ۱۲۰۲-۱۲۱۷.

۱۲. روستایی، شهرام؛ فخری، سیروس؛ فتحی، محمدحسین (۱۳۹۲). تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی (دامنه‌های غربی سهند)، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، شماره ۳، صفحات ۲۰۹-۲۲۸.
۱۳. سیدین، افشار (۱۳۹۳). بررسی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعامل (مطالعه موردی شهر اردبیل)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی.
۱۴. شیعه، اسماعیل؛ انام‌پور، محمد؛ حسین‌پور، هاله (۱۳۸۶). پدافند غیرعامل برای مراکز حساس در مقیاس ناحیه‌ای، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران.
۱۵. صارمی، حمیدرضا و حسینی امینی، حسن (۱۳۹۰). حفاظت از تأسیسات و تجهیزات شهری با استفاده بهینه از محیط طبیعی درون‌شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی شهر بروجرد)، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، شماره ۶، صفحات ۵۲-۶۷.
۱۶. فخری، سیروس؛ مقیمی، ابراهیم؛ بیقلو، جعفر (۱۳۹۲). تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی و اقلیمی زاگرس جنوبی در شمال تنگه هرمز بر دفاع غیرعامل (با تأکید بر مکان‌یابی مراکز حساس و مهم)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، صفحات ۸۱-۹۸.
۱۷. فرزام شاد، مصطفی (۱۳۸۶). مبانی نظری معماری در دفاع غیرعامل، تهران: انتشارات جهان جام جم.
۱۸. موحدی‌نیا، جعفر (۱۳۸۶). اصول و مبانی پدافند غیرعامل، تهران: انتشارات دانشگاه مالک اشتر.
۱۹. مشهدی، حسن و امینی ورکی، سعید (۱۳۹۴). تدوین و ارائه الگوی ارزیابی آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی، فصلنامه مدیریت بحران، شماره ۷، صفحات ۶۹-۸۵.
۲۰. نورالهی، هانیه؛ برزگر، اکرم؛ آبادیان، فرشید؛ سلیمانی، عاطفه (۱۳۹۴). ارائه الگوی ارزیابی خطرپذیری ریسک بر اساس تلفیق رویکردهای عملکردی و آمایشی در زیرساخت‌های حیاتی، فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۷، صفحات ۴۷-۵۶.
۲۱. وزارت نیرو، قانون سازمان برق ایران (۱۳۹۴). حریم خطوط هوایی انتقال و توزیع نیروی برق، تصویب‌نامه شماره ۹۳/۱۷۸۱۴/۳۰/۱۰۰ هیئت‌وزیران.
۲۲. وزارت صنایع و معادن (۱۳۹۰). دستورالعمل ماده ۳ ضوابط و معیارهای استقرار صنایع، تصویب‌نامه شماره ۷۸۹۴۶/ت ۳۹۱۲۷ ه مورخ ۱۳۹۰/۴/۱۵ هیئت‌وزیران.

۲۳. هاشمی فشارکی، جواد و شکیبامنش، امیر (۱۳۹۰). طراحی شهری از منظر دفاع غیرعامل، تهران: انتشارات بوستان حمید.

۲۴. یزدانی، محمدحسن؛ سیدین، افشار؛ پارسای مقدم، مهدی (۱۳۹۴). کاربرد پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی شهری، اردبیل: انتشارات محقق اردبیلی.

25. Diego F. Rueda & Eusebi Calle (2017). Using interdependency matrices to mitigate targeted attacks on interdependent networks: A case study involving a power grid and backbone telecommunications networks, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, Volume 16: 3-12
26. Favier, P. Bertrand, D., Eckert, N., Naaim, M (2012). Optimal design of defense structures using reliability, *Journal of Reliability and System Safety*.
27. Hausken, K. Levitin, G (2011). Active vs. passive defense against a strategic attack, *World scientific*, 13(1) 1-12.
28. Jonas Johansson, Henrik Hassel, Enrico Zio (2013). Reliability and vulnerability analyses of critical infrastructures: Comparing two approaches in the context of power systems, *Reliability Engineering & System Safety*, 120, 27-38
29. Richard White, Terrance Boult, Edward Chow (2014). A computational asset vulnerability model for the strategic protection of the critical infrastructure, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 7(3) 167-177.