

الگوی سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های حیاتی در اثر حملات هدفمند

بابک امیدوار^۱

مهدی مدیری^۲

محمد اسکندری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱

چکیده

در سال‌های اخیر به دلیل پیشرفت‌های چشمگیری که در تولید تسلیحات مدرن، هوشمند و پیشرفته با دقت و برد بالا صورت گرفته است، الگو و ماهیت جنگ، دچار تغییر و تحول بسیاری شده است و جنگ‌ها ماهیت تاثیرمحور و مخرب‌تری به خود گرفته‌اند. در جنگ‌های نسل جدید (نسل ششم)، انگیزه دشمنان حمله به مراکز ثقل و شریان‌های حیاتی در کل محیط جغرافیایی کشور می‌باشد. در همین راستا این پژوهش با هدف شناسایی زیرساخت‌هایی از منطقه مورد مطالعه انجام شده است که با توجه به خصوصیات ذاتی آن از جذابیت بالایی برای دشمنان جهت اعمال تهدید در اثر حملات هدفمند برخوردار می‌باشند. بر این اساس به منظور رتبه‌بندی زیرساخت‌ها، ۵ معیار اصلی، ۲۵ معیار فرعی و ۱۲۵ شاخص تخصصی ارائه می‌گردد. ۵ معیار اصلی در سطح‌بندی زیرساخت‌ها، "ماهیت بنیادی زیرساخت"، "محیط پیرامونی زیرساخت"، "ملاحظات پدافند غیرعامل"، "پیامدهای مترتب با حمله هدفمند" و "نحوه وابستگی" می‌باشند. هر زیرساخت با توجه به امتیازی که از هریک از معیارها دریافت می‌کند، در وزن معیار مربوطه ضرب می‌شود و پس از تجمیع امتیاز ۲۵ معیار فرعی، امتیاز نهایی هر زیرساخت بین ۰ تا ۱۰۰٪ تعیین می‌گردد و هر زیرساختی که امتیاز بالاتری کسب نماید، از رتبه بیشتری جهت اعمال تهدید توسط دشمنان برخوردار می‌باشد. در انتها به منظور نمایش خروجی‌های الگو، فرآیند مذکور در یک منطقه شهری فرضی در سیستم اطلاعات مکانی پیاده‌سازی شد و در بین ۳ شبکه برق، سوخت و آب شهر، زیرساخت‌های مرتبط با شبکه برق از جذابیت بالایی جهت اعمال تهدید در اثر حملات هدفمند برخوردار بودند و نیروگاه‌های برق شهر، بالاترین اولویت را به خود اختصاص دادند.

واژگان کلیدی: زیرساخت‌های حیاتی، حملات هدفمند، رتبه‌بندی، معیار، شاخص

۱. استادیار دانشگاه مالک الشتر

۲. استادیار دانشگاه مالک الشتر

۳. دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی مالک الشتر، نویسنده مسول (Eskandarim_86@yahoo.com)

بیان مسئله

جنگ‌ها خواسته یا ناخواسته و تحمیلی بازندگی و حیات جوامع بشری آمیخته شده است و در بسیاری از موارد به نظر می‌رسد که هیچ راه گریزی از آن وجود ندارد. بشریت در طول ۵ هزار سال تاریخ تمدن خود، ۱۴ هزار جنگ را دیده و در این جنگ‌ها بیش از ۴ میلیارد انسان جان باخته‌اند. به طوری که در این مدت، صرفاً ۲۶۸ سال بدون جنگ و مناقشه بوده است و تنها در طی ۴۵ سال یعنی طی سال‌های ۱۹۴۵ تا ۱۹۹۰ بر روی کره زمین فقط سه هفته بدون جنگ بوده و جالب این که اکثر این جنگ‌ها در کشورهای جهان سوم به وقوع پیوسته است (مدیریت بازرسی سازمان صنایع دفاع، ۱۳۸۶: ۳۶). در قرن بیستم بیش از ۲۲۰ جنگ به وقوع پیوسته و ۲۰۰ میلیون تلفات انسانی داشته است. جنوب غرب آسیا طی سالیان گذشته، شاهد چهار جنگ مهم (جنگ تحمیلی عراق علیه ایران، جنگ خلیج فارس، جنگ افغانستان و جنگ آمریکا و متحدانش علیه عراق) بوده است (موحدی نیا، ۱۳۸۳: ۵۶).

در طول تاریخ زندگی بشر، همگام و هماهنگ با رشد و پیشرفت فناوری، روش‌ها، قواعد و اصول جنگ با توجه به امکانات و توانمندی‌ها و دانش، آن جامعه دچار تغییر و تحول اساسی گردیده است. جنگ‌ها در جهان امروز برخلاف گذشته، از ابعاد و پیچیدگی و خشونت بیشتری برخوردارند. کیفیت سلاح‌ها، پیچیدگی تکنیک‌ها، توسعه جنگ به اعماق سرزمین کشورها، حملات هوایی و موشکی، بمباران‌های سنگین و انهدام منابع حیاتی و جنگ شهرها از جمله خصوصیات بارز جنگ‌های امروزی است. بنا به نظریه‌ای، امروز جنگ دیگر در مرزها نیست بلکه در شهرهاست و شهرها به میدان‌های جدید کارزار تبدیل شده‌اند (موحدی نیا، ۱۳۸۳: ۵۷).

تجارب حاصله از جنگ‌های گذشته به خصوص هشت سال دفاع مقدس، جنگ ۴۳ روزه ۱۹۹۱ متحدین علیه عراق (جنگ اول خلیج فارس)، جنگ ۱۱ هفته‌ای سال ۱۹۹۹ ناتو علیه یوگسلاوی، جنگ اخیر آمریکا و انگلیس علیه عراق، مؤید این نظر است که کشور مهاجم جهت درهم شکستن اراده ملت و توان اقتصادی، نظامی و سیاسی کشور موردتهاجم با اتخاذ "راهبرد انهدام مراکز ثقل"، توجه خود را صرف بمباران و انهدام مراکز حیاتی و حساس می‌نماید (مدیریت بازرسی سازمان صنایع دفاع، ۱۳۸۶: ۳۷). بر این اساس امروزه زیرساخت‌ها و شریان‌های حیاتی به عنوان جذاب‌ترین اهداف دشمنان جهت اعمال تهدید بر یک کشور می‌باشند.

اهمیت و ضرورت پژوهش

به طور کلی زیرساخت‌ها جزء بنیان‌های اصلی و چارچوب‌های پایه‌ای هر جامعه‌ای به شمار می‌آیند که دربرگیرنده تمامی تأسیسات، خدمات و تسهیلاتی می‌باشند که موردنیاز آن جامعه است. این شریان‌ها جهت تولید و توزیع کالاها و خدمات در واحدهای شهری به کار می‌روند و

امکان زندگی در شهرها نیز بستگی به کیفیت و کمیت کارکرد این شریان‌ها دارد. در زندگی مدرن، افزایش وابستگی سریع به این امکانات نیز، این نیاز روز را افزون نموده است. از طرفی پایداری اقتصاد ملی، ثبات امنیت ملی و کیفیت زندگی مردم به میزان قابل‌توجهی به در دسترس بودن، دوام و پایداری زیرساخت‌های حیاتی، وابسته است.

در این راستا و جهت نیل به اهمیت زیرساخت‌ها و نقش آن‌ها در کنترل بحران، یکی از روش‌های مرسوم در مطالعات پدافند غیرعامل، سطح‌بندی و رتبه‌بندی زیرساخت‌های حیاتی است. بر این اساس در ابتدا به مروری بر مطالعات صورت گرفته در این حوزه پرداخته می‌شود. سپس به‌طور مختصر الگویی که برای ارزیابی ریسک امنیتی زیرساخت‌ها در مطالعات پدافند غیرعامل مرسوم است، پرداخته می‌شود. سپس فرضیاتی برای ساده نمودن الگوی ارزیابی ریسک برای این پژوهش بیان می‌شود. در ادامه الگوی اصلی سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های حیاتی بر اثر حملات هدفمند در قالب گام‌هایی تشریح می‌شود. سپس الگو برای یک شهر به‌صورت نمونه اجرا می‌شود تا بتوان بر روی خروجی‌های آن بحث و بررسی نمود. در انتها نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پژوهش پرداخته می‌شود.

پیشینه پژوهش

جمشیدی و همکاران در سال ۱۳۹۱، به ارائه الگویی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی در صنعت نفت پرداختند. پژوهش پیشرو با معرفی سامانه ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی (سامانه جوشن) درصدد تغییر نگرش رایج در خصوص شیوه‌های ارزیابی ریسک ناشی از حملات نظامی، تروریستی و خرابکاری طراحی شد. در این پژوهش هدف از ارزیابی ریسک امنیتی دارایی‌های جزیره، به ۲ بخش اصلی ۱. شناسایی مخاطرات امنیتی، تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های محتمل در مواجهه با دارایی‌های هدف و ۲. اقدامات متقابل در برابر تهدیدها در جهت حفاظت از عرصه عمومی، کارگران، سرمایه‌های ملی، محیط‌زیست و شرکت نفت فلات قاره تقسیم شد. مراحل پنج‌گانه الگوی ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی در این پژوهش شامل مشخصات دارایی‌ها، ارزیابی تهدید، تحلیل آسیب‌پذیری، ارزیابی ریسک و اقدامات متقابل بودند. همچنین در این پژوهش از نرم‌افزار بومی ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی (جوشن پرو) بدین منظور استفاده شد.

جلالی فراهانی و همکاران در سال ۱۳۹۲ به "تعیین و رتبه‌بندی تهدیدات انسان‌ساخت عمدی در اجزای اصلی ایستگاه‌های مترو" پرداختند. علت انتخاب ایستگاه‌های مترو به دلایل مختلفی همچون جمعیت‌پذیری بالا صورت پذیرفت. در این پژوهش بر اساس روش توصیفی - تحلیلی و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامه به استخراج تهدیدات انسان‌ساخت عمدی حوزه ایستگاه‌های مترو و رتبه‌بندی آن‌ها در هر یک از اجزای اصلی این فضاها عمومی پرداخته شد.

استخراج تهدیدات تخصصی ایستگاه‌های مترو و تبیین شاخص‌های رتبه‌بندی تهدیدات از مهم‌ترین داده‌های کیفی است که در تهیه پرسشنامه پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها نیز علاوه بر آماره‌های کمی، از روش تحلیل محتوا استفاده شد. یافته‌های پژوهش بیانگر آن بود که از میان نه تهدید پیشروی ایستگاه‌های مترو، بمب‌گذاری اصلی‌ترین تهدید کل این فضا است. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به رتبه‌بندی نه تهدید مذکور در هر یک از اجزای اصلی ایستگاه مترو اشاره کرد. این رتبه‌بندی بر اساس چهار شاخص "سابقه رخداد تهدید" و "جذابیت هدف"، "توانایی دشمن"، "شدت خسارت" انجام پذیرفت.

مشهدی و امینی ورکی در سال ۱۳۹۴ در پژوهشی تحت عنوان "تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل" به ارائه چارچوبی برای تحلیل و مدیریت خطرات مرتبط با حملات احتمالی علیه زیرساخت‌های حیاتی پرداختند. بر این اساس در این پژوهش رویکردی جستجوگرانه به منظور دقیق معیارهای دفاع غیرعامل و تلاشی برای یافتن ابزار و امکاناتی برای تبدیل مفاهیم و توصیه‌های کیفی به ضابطه‌های کمی و قانونمند تعیین گردید. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی بود. بدین منظور از روش‌های کمی و کیفی به صورت همزمان استفاده شد و در گردآوری اطاعات از روش‌های متداول مانند بررسی کتابخانه‌ای و اسنادی، جستجوی اینترنتی و روش پرسشنامه‌ای استفاده شده است. الگوی ارائه شده در این پژوهش با عنایت به فضای تهدید و شرایط خاص کشور تعریف شد که بتواند دربرگیرنده بسته‌ای از تهدیدات برای یک زیرساخت باشد. در این الگو در بخش ارزیابی دارایی‌ها از معیارهای کارور استفاده شد، در بخش ارزیابی تهدیدات با ارائه شاخص‌هایی به ارزیابی هر ۲ حوزه تهدیدات نرم و سخت پرداخته شد.

در پژوهش دیگر سلیمانی و همکاران در سال ۱۳۹۴، الگوی ارزیابی ریسک در مقیاس‌های فرا شهری را با تلفیق رویکردهای آمایشی و زیرساختی ارائه کردند. هدف از این پژوهش ارائه چارچوبی جهت ارزیابی ریسک در مقیاس فراتر از شهر بود. فرآیند پیشنهادی در این پژوهش، دو رویکرد در ارزیابی ریسک را به طور همزمان در نظر گرفت: رویکرد آمایشی و رویکرد زیرساخت‌های حیاتی. به این ترتیب که پس از تعیین تهدیدات متصور برای منطقه، انواع شریان‌های حیاتی در منطقه که در مقیاس بین‌شهری فعالیت و خدمات‌رسانی می‌کنند، به عنوان دارایی‌های منطقه انتخاب شدند. سپس روابط بین این دارایی‌ها با استفاده از مفهوم اندرکنش‌های درون زیرساختی و بین زیرساختی محاسبه گردید. سپس با توجه به رویکرد آمایشی در ارزیابی ریسک که به دنبال تعیین آسیب‌پذیری‌ها و پیامدها از منظر جمعیت و

فعالیت در پهنه فضا بود، جمعیت و مساحت تحت تأثیر دارایی‌ها مشخص شد. این عملیات از طریق استفاده از مفهوم "فروش ازدست‌رفته" برای هر دارایی انجام گردید. استفاده از این مفهوم علاوه بر افزودن ملاحظات آمایشی به مطالعه زیرساخت‌های حیاتی، امکان مقایسه بین دارایی‌های مختلف را نیز فراهم می‌کرد. برای عینی شدن این تحلیل، فرآیند مذکور در یک منطقه شهری فرضی پیاده شد.

در پژوهشی دیگر سهامی و قنادیان در سال ۱۳۹۴، به ارائه روش‌های حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در صنعت نفت و گاز و ارائه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری مبتنی بر مدیریت ریسک پرداختند. در این پژوهش تلاش شده است تا مراحل اجرایی و عملیاتی که می‌توان جهت ایجاد یک برنامه مدیریت جامع به کار بست، توصیف گردد و همچنین به روش ارزیابی بر مبنای الگوی ریسک اشاره شد. هدف از این پژوهش، تحلیل و واکاوی تهدیدات و آسیب‌پذیری‌های موجود در صنعت نفت و گاز بود تا روشی روشن، قابل درک و جامع برای مدیریت ریسک ایمنی زیرساخت‌های حیاتی در این صنعت معرفی گردد.

تمامی پژوهش‌های صورت گرفته عمدتاً به مبحث ارزیابی ریسک بر اساس ارائه پرسشنامه و تحلیل آماری پرسشنامه پرداخته شده است. عموماً نتایج ناشی از تحلیل، قبل از ارزیابی، قابل پیش‌بینی بودند. در برخی دیگر از پژوهش‌ها صرفاً به ارائه الگو پرداخته شده است. درحالی‌که در این پژوهش، با توجه به اهمیت بسیار بالای بخش دارایی‌شناسی، تنها به این بخش و رتبه‌بندی و سطح‌بندی زیرساخت‌ها در این حوزه پرداخته شده است؛ زیرا عموماً برای رتبه‌بندی زیرساخت‌ها در پژوهش‌های قبلی تنها به تعداد معدودی معیار بسنده می‌شد که غالباً شاخص و سنجه مناسبی برای اندازه‌گیری نداشتند. درحالی‌که در این پژوهش سعی گردیده تا این معیارها و شاخص‌ها به نحو مناسبی گسترش یابد.

مفاهیم و مبانی نظری پژوهش

مروری بر الگوی ارزیابی ریسک امنیتی: تحلیل ریسک امنیتی به صورت متداول شامل ۴

بخش دارایی‌شناسی، تهدیدشناسی، آسیب‌پذیری و الگوسازی پیامد به صورت زیر می‌باشد:

۱. **شناسایی دارایی‌ها:** در تعریف دارایی، هر آنچه که برای زیرساخت دارای ارزش باشد، دارایی تلقی می‌گردد. دارایی‌ها همانند زیرساخت‌ها به ۲ دسته غیر حیاتی و حیاتی تقسیم می‌شوند. دارایی‌های غیر حیاتی دسته‌ای هستند که خسارت، آسیب و نابودی آن‌ها تأثیر مهمی بر زیرساخت ندارد. در مقابل، دارایی‌های حیاتی در صورت صدمه و نابودی تأثیر بسیار مهمی بر زیرساخت دارند. دارایی‌هایی که به این دسته تعلق دارند مستقیماً در تداوم تولید محصولات و ارائه خدمات نقش دارند.

۲. ارزیابی تهدیدات: بررسی و شناخت تهدیدات و توانمندی‌های تسلیحاتی و فناوریانه دشمن شرط اول و الزامی در جهت پی‌بردن به توانایی‌ها و اهداف دشمن است و کنکاش نکردن در این خصوص، آسیب‌ها و ضررهای جبران‌ناپذیری را در پی خواهد داشت. نکته کلیدی این است که هر چه دشمن نیرومندتر و دارای شرایط بهتری باشد، برای طرف مقابل، زمان، امکانات و فرصت‌ها کم و نیاز به بهره‌گیری از تمامی امکانات و مقدرات ممکن، اجتناب‌ناپذیر می‌شود (عبدالله خانی، ۱۳۸۵: ۳۱). در این مقاله هدف اصلی دشمن در سناریو تهدید، فلج کردن کشور هدف با تهاجم به زیرساخت‌های حیاتی و حساس به‌منظور ناتوان کردن حاکمیت در ارائه خدمات به مردم، رفع نیازهای اساسی و درنهایت هرج‌ومرج در اداره جامعه است. به‌منظور تهدیدشناسی می‌بایست گام‌های زیر طی شود (جلالی فراهانی، ۱۳۸۹: ۳۹):

- گام اول: دشمن‌شناسی
 - گام دوم: شناسایی منابع بروز تهدید:
 - گام سوم: تعیین سطوح تهدید
 - گام چهارم: بررسی روش‌های تهدید و ابزار تهدید
 - گام پنجم: سطح‌بندی ابزار تهدید
- از این‌رو تهدیدات متصور برعلیه زیرساخت‌های حیاتی، در ۵ دسته زیر دسته‌بندی می‌شود:
- حمله هوایی و موشکی هدفمند: حمله هوایی شامل حمله هواپیماهای جنگی و بمب‌افکن‌ها به‌منظور نابودی کلیه تأسیسات و زیرساخت‌های حیاتی می‌باشد. حمله موشکی با استفاده از موشک‌های بالستیک و کروز از مهم‌ترین ابزارهای این بخش است. پیامدهای این حملات می‌تواند شامل نابودی ساختمان‌ها و تجهیزات، مجروح شدن کارکنان و مردم عادی اطراف، قطع استمرار تولید، از بین رفتن اطلاعات حیاتی و اعتبار مجموعه، نابودی محیط زیست و ... باشد.
 - حمله تروریستی سخت: شامل حمله راکت و خمپاره‌ای از اطراف زیرساخت‌های حیاتی، نفوذ، بمب‌گذاری ثابت و خودرویی، آتش‌سوزی عمدی و ... است. این حملات به‌منظور اختلال در فرآیند زیرساخت‌ها، ایجاد وحشت و ارباب صورت می‌پذیرد. پیامدهای این حمله می‌تواند شامل کشته و مجروح شدن کارکنان، آسیب به ساختمان‌ها و تجهیزات و قطع استمرار تولید باشد.
 - خرابکاری صنعتی: شامل ایجاد آسیب به زیرساخت‌های حیاتی از طریق عوامل نفوذی و یا ورود تجهیزات معیوب و دستکاری‌شده است. این خرابکاری می‌تواند ماهیت

فیزیکی، سایبری و زیستی نیز داشته باشد. خرابکاری صنعتی در نقاط آسیب‌پذیر فرآیند هر یک از زیرساخت‌های حیاتی، به‌منظور اعمال آسیب و ایجاد اختلال در فرآیند تولید صورت می‌پذیرد. بسته به محل وقوع، پیامدهای آن متفاوت می‌باشد ولی هدف اصلی تمامی آن‌ها ایجاد آسیب به دستگاه‌های اصلی فرآیند تولید در زیرساخت موردنظر است.

- **حمله سایبری:** حمله سایبری با استفاده از بدافزارها به‌منظور ایجاد آسیب در نرم‌افزارهای سازمانی و صنعتی و درنهایت ایجاد آسیب در دستگاه‌های کنترلی واحد اصلی فرآیند زیرساخت‌های حیاتی ممکن است به وقوع بپیوندد. پیامدهای این حمله شامل نابودی نرم‌افزارها و اطلاعات و ایجاد آسیب فیزیکی به تجهیزات در هر زیرساخت است.
- **حمله زیستی:** حمله زیستی با استفاده از عوامل زیستی زنده و یا محصولات حاصل از آن‌ها باهدف آسیب زدن به کارکنان و تجهیزات و درنهایت مردم اطراف زیرساخت‌های حیاتی صورت می‌پذیرد. این حمله در هر یک از زیرساخت‌ها برای آسیب زدن به کارکنان احتمال وقوع هست ولی بیشتر در زیرساخت‌های مرتبط با تولید آب و مصرف‌کننده‌ها احتمال وقوع دارد؛ که پیامدهای این حمله می‌تواند ایجاد بیماری و مرگ‌ومیر در مردم باشد.

۳. **تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری:** ارزیابی صحیح و دقیق میزان آسیب‌پذیری، داده‌های مهم را برای مطالعه و برطرف ساختن خلأهای حفاظتی و پدافندی فراهم می‌آورد. برای تأمین مناسب و مطلوب نیازهای پدافندی جهت برقراری امنیت در زیرساخت موردنظر متناسب با سطوح دسترسی، پیش از هر چیز باید تجزیه و تحلیل دقیقی برای مشخص ساختن میزان آسیب‌پذیری صورت گیرد. بر این اساس آسیب‌پذیری باید به‌عنوان ضعف‌های زیرساخت در برابر تهدیدات احتمالی دشمن قلمداد شود (علمداری، ۱۳۸۷: ۷۸).

۴. **الگوسازی پیامد:** طبق تعریف بکار گرفته‌شده در ایزو ۳۱۰۰۰ پیامدها عبارت‌اند از اثرات بالقوه دشمن بر فضای فیزیکی زیرساخت و جمعیت حاضر در زیرساخت در اثر یک حمله موفقیت‌آمیز (ISO/IEC, 2002). هر حادثه‌ای می‌تواند منجر به دامنه وسیعی از پیامدها شود و دشمنان معمولاً درصدد ایجاد بدترین و بیشترین خسارات به دارائی‌ها هستند، لذا در بررسی پیامدها می‌بایست بدترین حالت ممکن ناشی از رخداد تهدید، مدنظر قرار گیرد. نکته دیگر آن است که یک پیامد می‌تواند قطعی و یا غیرقطعی باشد و

می تواند تأثیرات مثبت و یا منفی بر اهداف داشته باشد که عواقب آن می تواند به صورت کمی و یا کیفی بیان شوند و بر اساس شاخص هایی از قبیل شدت، عمق و گستره جغرافیایی خسارت و پیامدهای انسانی دسته بندی و سنجیده شوند (موحدی نیا، ۱۳۸۵: ۳۷).

مؤلفه های پیامد معمولاً تأثیراتی را توصیف می کنند که وقوع یک بحران یا خطر ممکن است بر روی انسان، ساختارهای شهری (شامل زیرساخت ها و اقتصاد) و محیط داشته باشد. به طور کلی به منظور شناسایی و تعیین پیامدهای یک بحران، سه فاکتور اصلی مورد ارزیابی قرار می گیرد: (۱) تعداد تلفات انسانی (۲) تعداد مصدومین (۳) میزان خرابی ها در قالب هزینه (واحد پول رایج) (Coppola, 2006: 23).

روش پژوهش

در هر زیرساخت مجموعه ای از دارایی ها همچون سازه، تجهیزات، نیروی انسانی، محیط زیست، اطلاعات و اعتبار سازمان وجود دارد. این دارایی ها اموال منقول و غیرمنقولی هستند که زیرساخت ها را تشکیل می دهند. نگاه تحلیل در این بخش به صورت کل نگر به دارایی های یک زیرساخت است و هدف از این مرحله بررسی تک تک دارایی ها در زیرساخت مذکور نمی باشد. به عنوان مثال در یک زیرساخت همچون نیروگاه، هدف تولید برق است. این زیرساخت شاید از تجهیزات زیادی تشکیل شده باشد ولی هر یک بعضاً در سازه های مختلف و با فاصله از یکدیگر تعبیه شده اند. در حالی که تمامی دارایی ها در این نیروگاه برای خدمت رسانی به یک دارایی هدف که وظیفه آن تولید برق است تلاش می کنند. در این پژوهش هدف انجام ارزیابی ریسک امنیتی برای تک تک زیرساخت ها نیست. بلکه با تعدادی فرض ساده شونده، زیرساخت هایی که برای دشمنان از جذابیت بسیار بالایی جهت اعمال تهدید (از طریق حملات هدفمند) برخوردار هستند، به ترتیب اولویت شناسایی می شوند و سناریوهای تحلیل خسارت مستقل زیرساخت ها در اثر حملات هدفمند طرح ریزی می شود. به منظور پیاده سازی الگوی اولویت بندی زیرساخت ها فرض های زیر اعمال می شود:

- فرض ۱: در این مقاله فرض می گردد که دشمن در صورت تمایل به حمله هوایی هدفمند به یک زیرساخت، از بین سازه ها و دارایی های موجود، دارایی هدف که تولید اصلی در زیرساخت مذکور در آن صورت می گیرد را شناسایی نموده و به کمک ابزارهای پیشرفته و با دقت بالای نقطه زنی، سعی در تخریب آن دارایی هدف را دارند. بر اساس این فرض، مبحث دارایی شناسی الگوهای ارزیابی ریسک، مرتفع می گردد.
- فرض ۲: در این مقاله فرض می گردد که تهدیدگر از ابزاری جهت تهدید استفاده می کند

که اولاً از قابلیت ردیابی بسیار پایین برخوردار بوده و ثانیاً از قابلیت بسیار بالایی در دقت هدف‌گیری برخوردار باشد. بر اساس این فرض، مبحث تهدیدشناسی الگوهای ارزیابی ریسک مرتفع می‌گردد.

• فرض ۳: پس از مشخص شدن زیرساخت موردحمله (بر اساس الگو اولویت‌بندی زیرساخت‌ها)، به‌منظور مرتفع نمودن مبحث آسیب‌پذیری الگوی ارزیابی ریسک امنیتی، میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس ۳ سناریو فرض می‌گردد:

• سناریو ۱: آسیب‌پذیری کامل (۱۰۰٪)

• سناریو ۲: آسیب‌پذیری متوسط (۵۰٪)

• سناریو ۳: آسیب‌پذیری کم (۲۵٪)

بر این اساس به‌منظور سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌ها، می‌بایست گام‌های زیر برداشته شود:

گام اول: ارائه معیارهای اصلی سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌ها: معیارهای مختلفی برای اولویت‌بندی مراکز ثقل ارائه شده است. به‌عنوان مثال سازمان پدافند غیرعامل کشور در سند "دستورالعمل سطح‌بندی مراکز ثقل کشور"، ۸ معیار کلی، ۸ معیار فرعی و ۴۲ شاخص تخصصی ارائه داده است که این معیارها به همراه وزن هریک در جدول ۱ قابل مشاهده است (سازمان پدافند غیرعامل، ۱۳۹۴: ۴۵).

جدول ۱) معیارهای سطح‌بندی مراکز ثقل کشور توسط سازمان پدافند غیرعامل

ردیف	معیارهای کلی	امتیاز	ملاحظات
۱	اهمیت اساسی	۱۵	دارای (۱) معیار فرعی و (۵) شاخص کیفی
۲	گستره حوزه نفوذ	۱۶	دارای (۳) معیار فرعی و (۱۰) شاخص کیفی
۳	عمق اثرگذاری در اداره کشور	۱۷	دارای (۱) معیار فرعی و (۷) شاخص کیفی
۴	امکان جایگزینی	۶	دارای (۳) معیار فرعی و (۳) شاخص کیفی
۵	منحصربه‌فرد بودن	۱۵	دارای (۶) شاخص کیفی
۶	نقش‌آفرینی	۷	دارای (۳) شاخص کیفی
۷	ارزش سرمایه‌ای	۱۵	دارای (۱) معیار فرعی و (۸) شاخص کیفی
۸	تبعات آسیب دیدن (پیامد)	۹	دارای (۳) شاخص کیفی
مجموع	(۸) معیار کلی	۱۰۰	مجموعاً (۸) معیار فرعی و (۴۲) شاخص کیفی

علی‌رغم ارائه معیارهای مناسب جهت سطح‌بندی زیرساخت‌های حیاتی در جدول ۱، به دلایل زیر در این مقاله نمی‌توان تنها از این معیارها استفاده نمود.

۱. معیارهایی که در جدول ۱ تهیه شده است تا حدودی با نگاه جامع‌نگر به تمامی تهدیدات توجه داشته است؛ درحالی که در این مقاله تنها به حملات هدفمند یا حملات تروریستی سخت تمرکز دارد.

۲. معیارهایی که توسط این دستورالعمل ارائه شده است تا حدودی از واژه‌های غیرملموس در مدیریت بحران استفاده شده است و تا حدودی برداشت از واژه‌ها برای افرادی که اقدام به پر نمودن پرسشنامه‌ها می‌کنند، متفاوت است و پیاده‌سازی آن برای منطقه مورد مطالعه دشوار است. بر این اساس در امتیاز هر زیرساخت ایجاد خطا می‌کند. به‌عنوان مثال برای معیار اصلی "گستره حوزه نفوذ" از ۳ معیار فرعی "پهنه نفوذ فعالیت"، "کمیت پوشش" و "کیفیت پوشش" استفاده شده است که تا حدودی این معیارهای فرعی گنگ می‌باشد.

۳. عموماً شاخص‌های بکار رفته شده، به‌صورت کیفی و بدون هیچ سنجه اندازه‌گیری است. به‌عنوان مثال برای معیار "کمیت پوشش" از ۳ شاخص "جمعیت کم"، "جمعیت متوسط" و "جمعیت زیاد" استفاده شده است؛ که هیچ سنجه‌ای برای جمعیت کم ارائه نشده است. از این‌رو در زمان جمع‌آوری امتیاز هر زیرساخت می‌تواند ایجاد خطا کند.

بر این اساس در این بخش بر اساس مطالعه بر روی پژوهش‌های مختلف (عطایی، ۱۳۹۴)، (مشهدی و امینی ورکی، ۱۳۹۴)، (جلالی فراهانی و دیگران، ۱۳۹۲) و (پوریاری و دیگران، ۱۳۸۹) و همچنین با الهام از "دستورالعمل عمومی سطح‌بندی مراکز ثقل" (سازمان پدافند غیرعامل، ۱۳۹۴)، ۵ معیار اصلی، ۲۵ معیار فرعی و ۱۲۵ شاخص تخصصی مطابق جدول ۲ ارائه گردید.

جدول ۲) دسته‌بندی معیارهای سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌ها

ردیف	معیارهای اصلی	معیارهای فرعی	شاخص‌های تخصصی
۱	ماهیت بنیادی زیرساخت موردنظر	دارای (۶) معیار فرعی	دارای (۳۰) شاخص کیفی (به ازای هر معیار فرعی، ۵ شاخص)
۲	محیط پیرامونی زیرساخت موردنظر	دارای (۶) معیار فرعی	دارای (۳۰) شاخص کیفی (به ازای هر معیار فرعی، ۵ شاخص)
۳	ملاحظات پدافند غیرعامل	دارای (۵) معیار فرعی	دارای (۲۵) شاخص کیفی (به ازای هر معیار فرعی، ۵ شاخص)
۴	پیامدهای مترتب ناشی از حمله هدفمند	دارای (۵) معیار فرعی	دارای (۲۵) شاخص کیفی (به ازای هر معیار فرعی، ۵ شاخص)

۵	نحوه وابستگی زیرساخت موردنظر	دارای (۳) معیار فرعی	دارای (۱۵) شاخص کیفی (به ازای هر معیار فرعی، ۵ شاخص)
مجموع	(۵) معیار اصلی	(۲۵) معیار فرعی	(۱۲۵) شاخص کیفی با سنجه قابل اندازه‌گیری

گام دوم: ارائه وزن اهمیت هریک از معیارهای اصلی اولویت‌بندی زیرساخت‌ها: وزن هر یک از

معیارهای اصلی فوق بر اساس امتیاز معیارهای اصلی جدول ۱ به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

- با توجه به اینکه گزینه "ماهیت بنیادی زیرساخت موردنظر" از تلفیق ۲ معیار "منحصربه‌فرد بودن" و "ارزش سرمایه‌ای" جدول ۱ تشکیل شده است، وزن این گزینه ۳۰ از ۱۰۰ اعمال می‌گردد.
- با توجه به اینکه گزینه "محیط پیرامونی زیرساخت موردنظر" از تلفیق ۲ معیار "گستره حوزه نفوذ" و "عمق اثرگذاری در اداره کشور" جدول ۱ تشکیل شده است، وزن این گزینه ۲۵ از ۱۰۰ اعمال می‌گردد.
- با توجه به اینکه گزینه "ملاحظات پدافند غیرعامل زیرساخت موردنظر" از تلفیق معیار "نقش‌آفرینی" و بخش از معیار "اهمیت اساسی" جدول ۱ تشکیل شده است، وزن این گزینه ۱۴ از ۱۰۰ اعمال می‌گردد.
- با توجه به اینکه گزینه "پیامدهای مترتب ناشی از تهدید" از تلفیق ۲ معیار "امکان جایگزینی" و "تبعات آسیب دیدن (پیامد)" جدول ۱ تشکیل شده است، وزن این گزینه ۱۵ از ۱۰۰ اعمال می‌گردد.
- با توجه به اینکه گزینه "نحوه وابستگی زیرساخت موردنظر" از تلفیق بخشی از معیار "عمق اثرگذاری در اداره کشور" و بخش از معیار "اهمیت اساسی" جدول ۱ تشکیل شده است، وزن این گزینه ۱۶ از ۱۰۰ اعمال می‌گردد.

گام سوم: بی‌مقیاس سازی وزن اهمیت هر یک از معیارهای اصلی: هر یک از معیارهای اصلی

دارای مقیاس اندازه‌گیری خاص خود هستند که این کار مقایسه مقادیر آن‌ها با یکدیگر را غیرممکن می‌سازد. لذا می‌بایست بر اساس تکنیک‌های بی‌مقیاس سازی، آن‌ها را مستقل از واحد اندازه‌گیری کرد تا بتوان عمل مقایسه را انجام داد. تکنیک‌های مختلفی برای بی‌مقیاس سازی و نرمال کردن وزن‌ها وجود دارد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود:

- ۱- **روش نرم (اقلیدسی):** در این نوع بی‌مقیاس سازی هر عنصر ماتریس تصمیم‌گیری را بر مجذور مجموع مربعات عناصر هر ستون می‌بایست تقسیم نمود (محمد مرادی و اخترکوان، ۱۳۸۸:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (۱)$$

• n_{ij} : مقدار بی مقیاس شده گزینه i از شاخص j است.

• a_{ij} : عضو ماتریس سطر i و ستون j

به علت تبدیل غیرخطی، این روش منجر به مقیاس‌های اندازه‌گیری با طول، مساوی نشده و ترتیب نسبی نتایج به خصوص برای مقادیر مینیم و ماکزیمم^۱ در این مقیاس یکسان باقی نمی‌ماند و در نتیجه مقایسه مستقیم شاخص‌ها با یکدیگر هنوز خالی از اشکال نیست.

۲- **روش خطی**: در این روش ابتدا مقادیر شاخص‌های منفی را معکوس کرده و سپس هر مقدار از ماتریس به حداکثر مقدار آن ستون می‌بایست تقسیم گردد. البته چنانچه تمامی شاخص‌ها دارای جنبه منفی باشند نیازی به محاسبه معکوس هر یک از مقادیر نبوده و می‌توان (علاوه بر روش قبل) مقدار هر خانه از ماتریس را به مقدار حداکثر ستون مربوطه تقسیم کرده و حاصل را از یک کم کرد (اصغریور، ۱۳۷۷: ۲۶). پس در حالت کلی برای شاخص‌های با جنبه مثبت از رابطه (۲) و برای شاخص‌های با جنبه منفی از رابطه (۳) می‌بایست استفاده نمود.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max(a_j)} \quad (۲)$$

$$n_{ij} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\max(\frac{1}{a_j})} \quad (۳)$$

ضعف این روش این است که پس از بی مقیاس سازی، مجموع وزن‌ها برای هر معیار برابر ۱ نمی‌شود.

۳- **روش نرمالیزه**: در این روش برای شاخص‌های مثبت، هر عدد را بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم نموده و برای شاخص‌های منفی، عکس هر عدد را بر مجموع عکس اعداد آن ستون می‌بایست تقسیم نمود (Cimren et al, 2007: 22). پس در حالت کلی برای شاخص‌های با جنبه مثبت از رابطه (۴) و برای شاخص‌های با جنبه منفی از رابطه (۵) می‌بایست استفاده نمود.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum (a_{ij})} \quad (4)$$

$$n_{ij} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\sum (\frac{1}{a_{ij}})} \quad (5)$$

به‌منظور بی‌مقیاس‌سازی در این مقاله از روش نرمالیزه استفاده می‌گردد که نتایج بی‌مقیاس‌سازی وزن هر یک از معیارهای اصلی مطابق جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳) نتایج بی‌مقیاس‌سازی وزن اهمیت معیارهای اصلی

شماره	وزن معیار اصلی	وزن نرمال
۱	۳۰	۰.۳
۲	۲۵	۰.۲۵
۳	۱۴	۰.۱۴
۴	۱۵	۰.۱۵
۵	۱۶	۰.۱۶
مجموع	۱۰۰	۱

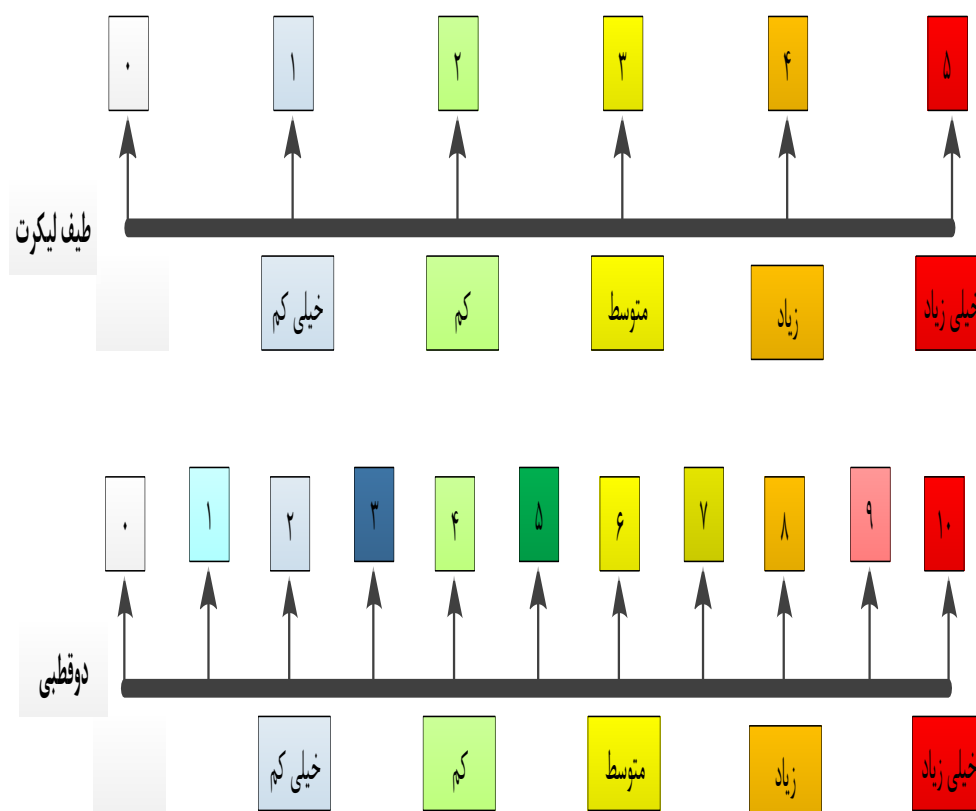
گام چهارم: تعیین معیارهای فرعی هر یک از معیارهای اصلی: دسته‌بندی معیارهای فرعی

برای هر یک از ۵ معیار اصلی مطابق جدول ۲ و عناوین معیارهای فرعی برای هر یک از ۵ معیار اصلی، مطابق نمودار شکل ۱ ارائه می‌گردد.

گام پنجم: تهیه وزن اهمیت هر یک از معیارهای فرعی: عموماً مبنای ارزش‌گذاری معیارهای کیفی به ۲ صورت طیف لیکرت و روش دوقطبی مطابق شکل ۲ است. در این مرحله وزن اهمیت هر یک از معیارهای فرعی بر اساس نظرات خبرگان و امتیازهای روش ۲ قطبی گردآوری می‌گردد (محمد مرادی و اخترکاو، ۱۳۸۸: ۹۸). در جدول ۲، میانگین نتایج نظرات خبرگان برای ۵ دسته معیار فرعی قابل مشاهده است.

گام ششم: بی‌مقیاس‌سازی وزن اهمیت هر یک از معیارهای فرعی: در این مرحله بر اساس

روش نرمالیزه، مقادیر وزن اهمیت معیارهای فرعی، بی‌مقیاس می‌شوند. نتایج بی‌مقیاس‌سازی ۵ گروه معیار فرعی در جدول ۴ محاسبه شده است.



شکل (۱) امتیازات شماتیک ۲ روش طیف لیکرت و دوقطبی



شکل ۲) نمایش معیارهای اصلی و فرعی به منظور رتبه‌بندی زیرساخت‌ها جهت اعمال تهدید از طریق

حملات هدفمند

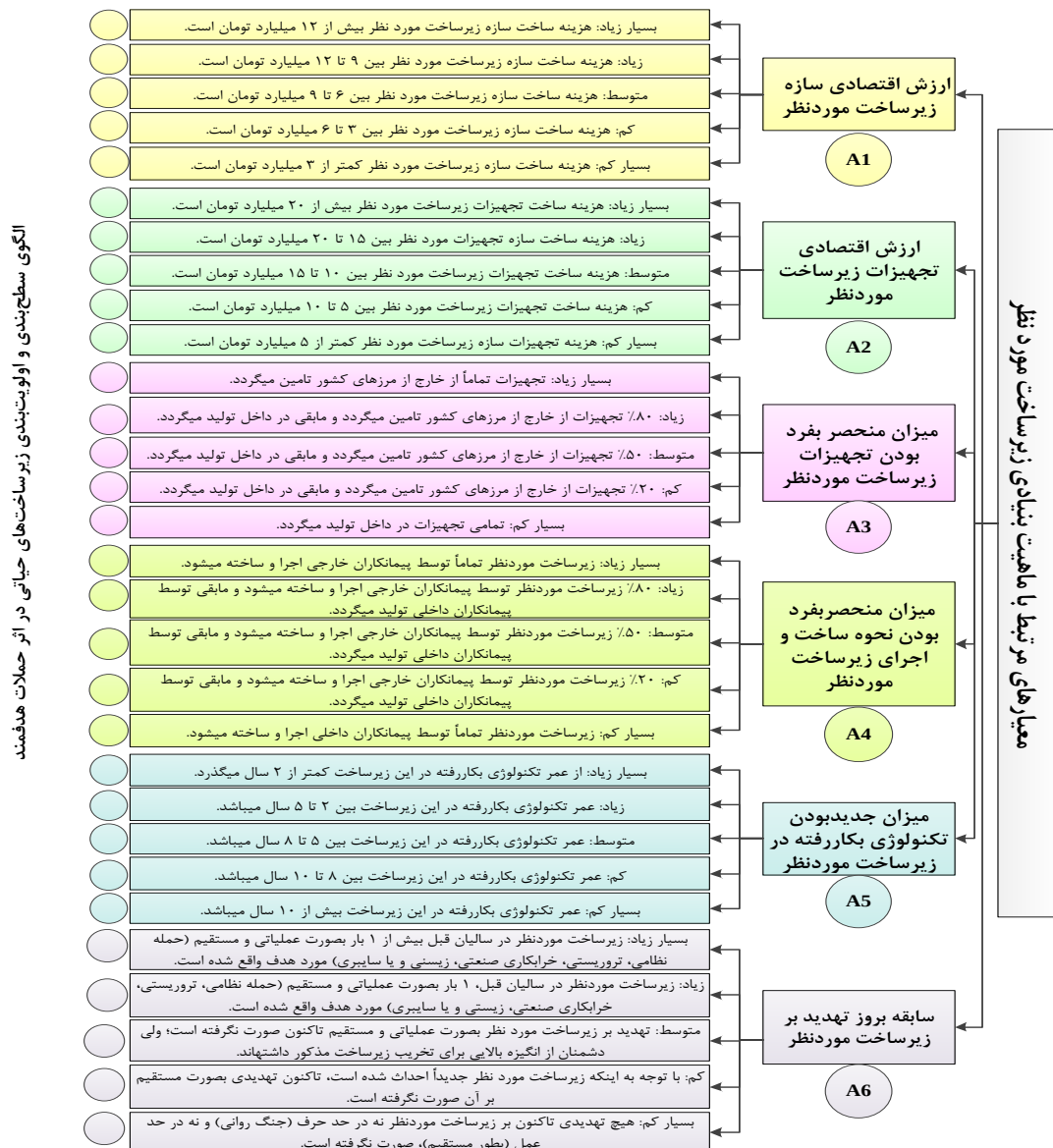
جدول ۴) میانگین وزن نظرات خبرگان برای هر یک از معیارهای فرعی و تعیین وزن نرمال شده برای هر گروه از معیارهای فرعی

معیارهای فرعی گروه ۱ (بر اساس معیار اصلی اول)			معیارهای فرعی گروه ۲ (بر اساس معیار اصلی دوم)			معیارهای فرعی گروه ۳ (بر اساس معیار اصلی سوم)			معیارهای فرعی گروه ۴ (بر اساس معیار اصلی چهارم)			معیارهای فرعی گروه ۵ (بر اساس معیار اصلی پنجم)		
وزن معیار فرعی ۱	وزن نرمال	وزن معیار فرعی ۱	وزن معیار فرعی ۲	وزن نرمال	وزن معیار فرعی ۲	وزن معیار فرعی ۳	وزن نرمال	وزن معیار فرعی ۳	وزن معیار فرعی ۴	وزن نرمال	وزن معیار فرعی ۴	وزن معیار فرعی ۵	وزن نرمال	وزن معیار فرعی ۵
۱	۷.۵	۰.۱۵۴	۱	۹.۳۱	۰.۱۹۲	۱	۹.۲	۰.۲۵۵	۱	۹.۹	۰.۲۶	۱	۷.۱۸	۰.۲۸
۲	۸.۳	۰.۱۷	۲	۸.۱۲	۰.۱۶۸	۲	۵.۲	۰.۱۴۴	۲	۶.۲۵	۰.۱۶	۲	۹.۹۵	۰.۳۹
۳	۹.۸۵	۰.۲۰۲	۳	۹.۱۴	۰.۱۸۹	۳	۸.۳	۰.۲۳	۳	۹.۱۵	۰.۲۴	۳	۸.۱۷	۰.۳۲
۴	۹.۳۲	۰.۱۳۱	۴	۹.۹۲	۰.۲۰۵	۴	۶.۱۵	۰.۱۷	۴	۵.۲۵	۰.۱۴	مجموع	۲۵.۳	۱
۵	۸.۱۵	۰.۱۶۷	۵	۶.۵۴	۰.۱۳۵	۵	۷.۲۵	۰.۲۰۱	۵	۸.۱	۰.۲۱			
۶	۵.۶۷	۰.۱۱۶	۶	۵.۳۵	۰.۱۱۱	مجموع	۳۶.۱	۱	مجموع	۳۸.۶۵	۱			
مجموع	۴۸.۷۹	۱	مجموع	۴۸.۳۵	۱									

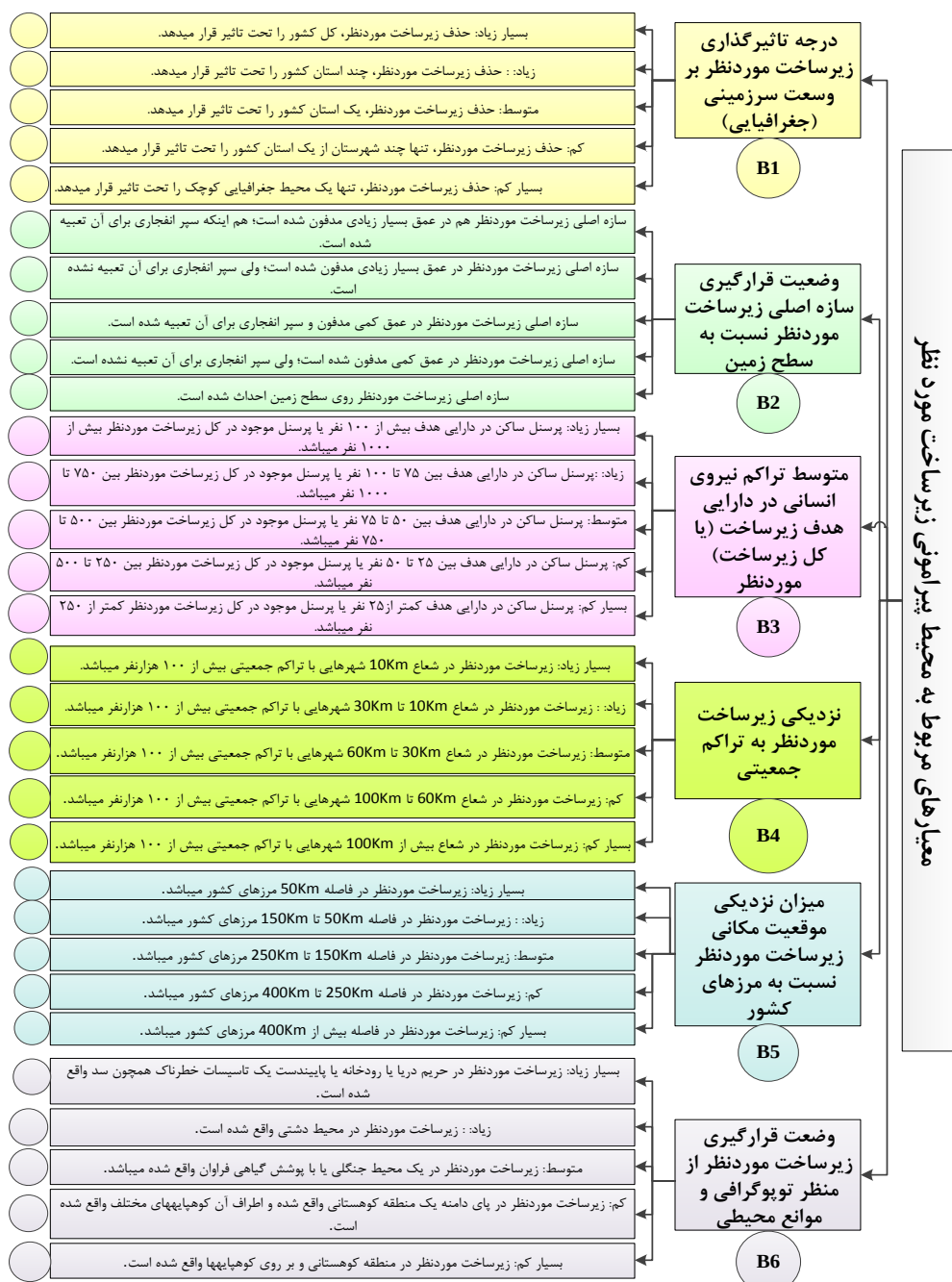
گام هفتم: تهیه شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی: شاخص‌های اندازه‌گیری برای هر یک از معیارهای فرعی، مطابق نمودار شکل‌های ۳ تا ۷ است. به نحوی که در شکل ۳، شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی "ماهیت بنیادی زیرساخت"، در شکل ۴ شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی "محیط پیرامونی زیرساخت"، در شکل ۵ شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی "ملاحظات پدافند غیرعامل"، در شکل ۶ شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی پیامدهای مترتب با حمله هدفمند و در شکل ۷ شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی مرتبط با "نحوه وابستگی" قابل مشاهده است.

گام هشتم: تجمیع امتیازهای تمامی ۵ معیار اصلی و ۲۵ معیار فرعی: در این مرحله برای هر زیرساخت، ۲۵ معیار فرعی وجود دارد که بر اساس شاخص‌های آن هر یک از ۲۵ معیار فرعی یک امتیازی از ۰ تا ۱۰ گرفته است. این امتیازها برای هر معیار فرعی در وزن اهمیت معیار فرعی و وزن اهمیت معیار اصلی متناظر آن ضرب شده و از مجموع این ۲۵ معیار فرعی، امتیاز

نهایی هر گزینه (زیرساخت) محاسبه می‌شود. بر این اساس رتبه‌بندی زیرساخت‌های حیاتی در اثر حملات هدفمند ارزیابی می‌شود و زیرساختی که امتیاز بالاتری دریافت نماید؛ نتیجه می‌گردد که در بالاترین رتبه جهت حمله هدفمند مستقیم توسط دشمن اصلی قرار دارد و سناریو میزان خسارت آن بر این اساس تدوین می‌شود.



شکل ۳) شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی "ماهیت بنیادی زیرساخت" به‌منظور رتبه‌بندی زیرساخت‌ها



شکل ۴) شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار "محیط پیرامونی زیرساخت" به‌منظور رتبه‌بندی زیرساخت‌ها



شکل ۵) شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار "ملاحظات پدافند غیرعامل" به‌منظور

رتبه‌بندی زیرساخت‌ها



شکل ۶) شاخص های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار "پیامدهای مترتب با حمله هدفمند"

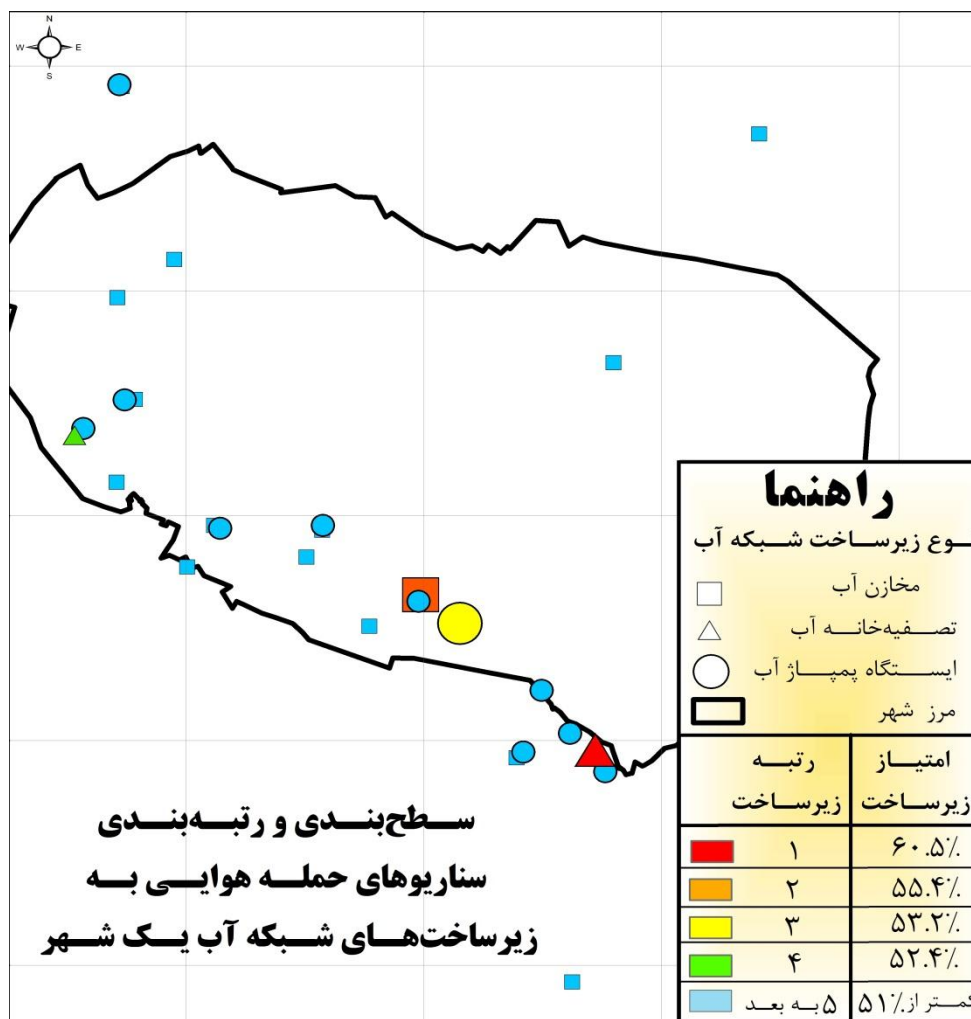


شکل ۷) شاخص‌های هر یک از معیارهای فرعی مرتبط با معیار اصلی "نحوه وابستگی" به منظور رتبه‌بندی زیرساخت‌ها

بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به گام‌های مطرح‌شده، این الگو برای زیرساخت‌های ۳ شبکه آب، برق و سوخت برای یک منطقه شهری فرضی پیاده‌سازی شد تا بتوان بهتر بر روی خروجی‌های آن بحث و بررسی کرد. به‌منظور اجرای این الگو، از ۵ معیار اصلی و ۲۵ معیار فرعی شکل ۱ و همچنین از ۱۲۵ شاخص ارائه‌شده در گام هفتم این الگو (نمودار شکل‌های ۳ تا ۷) استفاده و امتیازهای آن استخراج شد و بر اساس گام هشتم این الگو، امتیاز نهایی سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌ها برای هر یک از شبکه‌ها تعیین می‌گردد. مطابق نقشه پهنه‌بندی شکل ۸، بیشترین امتیاز برای شبکه آب این شهر به ترتیب اولویت به تصفیه‌خانه آب شرقی شهر، یکی از مخازن آب، یکی از ایستگاه‌های پمپاژ و تصفیه‌خانه آب غربی شهر اختصاص دارد و سایر زیرساخت‌ها نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. معیارهایی که در این ۴ زیرساخت شبکه آب بیشترین تأثیر را داشتند عبارت‌اند از:

۱. ارزش اقتصادی سازه زیرساخت موردنظر؛
۲. درجه تأثیرگذاری زیرساخت موردنظر بر وسعت سرزمینی و جغرافیایی؛
۳. نزدیکی زیرساخت موردنظر به تراکم جمعیتی؛
۴. درجه عدم پراکندگی واحدهای مختلف در زیرساخت موردنظر؛
۵. درجه ضعف در ملاحظات آفا برای کاهش تشخیص و آشکارسازی در زیرساخت موردنظر توسط تهدیدگر؛
۶. درجه ضعف در مقاومت سازه زیرساخت موردنظر در برابر بار انفجاری.



شکل ۸) سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های شبکه آب در اثر حملات هدفمند

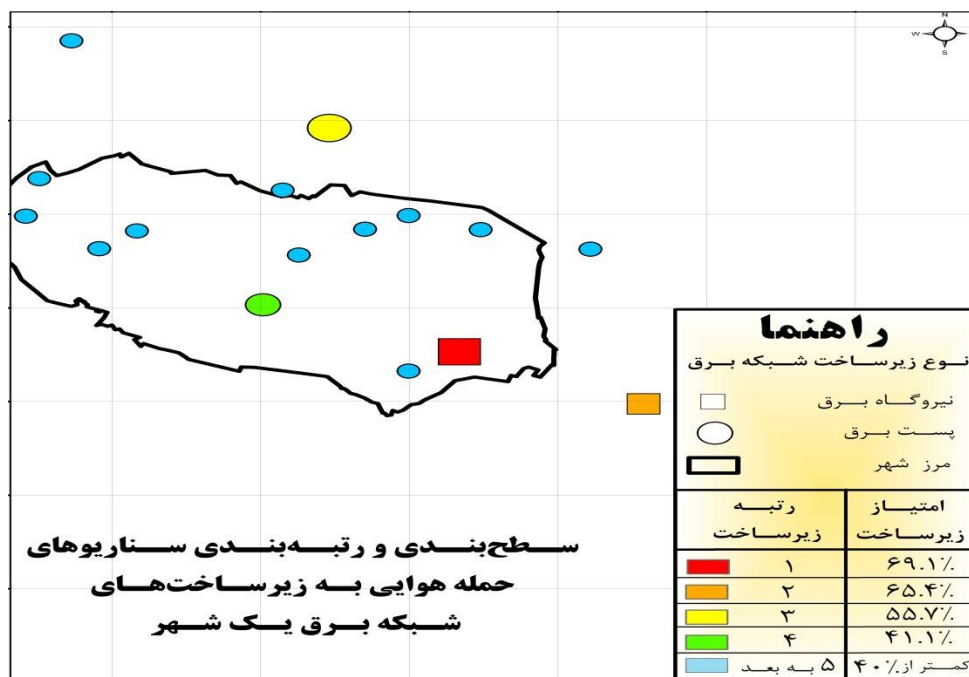
نقشه پهنه‌بندی شکل ۹، بیشترین امتیاز برای شبکه برق این شهر به ترتیب اولویت به نیروگاه برق مرکزی شهر، نیروگاه برق شرقی شهر، پست برق شمالی شهر و یکی از پست‌های برق مرکزی شهر اختصاص داشت. سایر زیرساخت‌ها در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. معیارهایی که در این ۴ زیرساخت شبکه برق بیشترین تأثیر را داشتند عبارت‌اند از:

۱- درجه تأثیرگذاری زیرساخت موردنظر بر وسعت سرزمینی و جغرافیایی؛

۲- نزدیکی زیرساخت موردنظر به تراکم جمعیتی؛

۳- ارزش اقتصادی سازه زیرساخت موردنظر؛

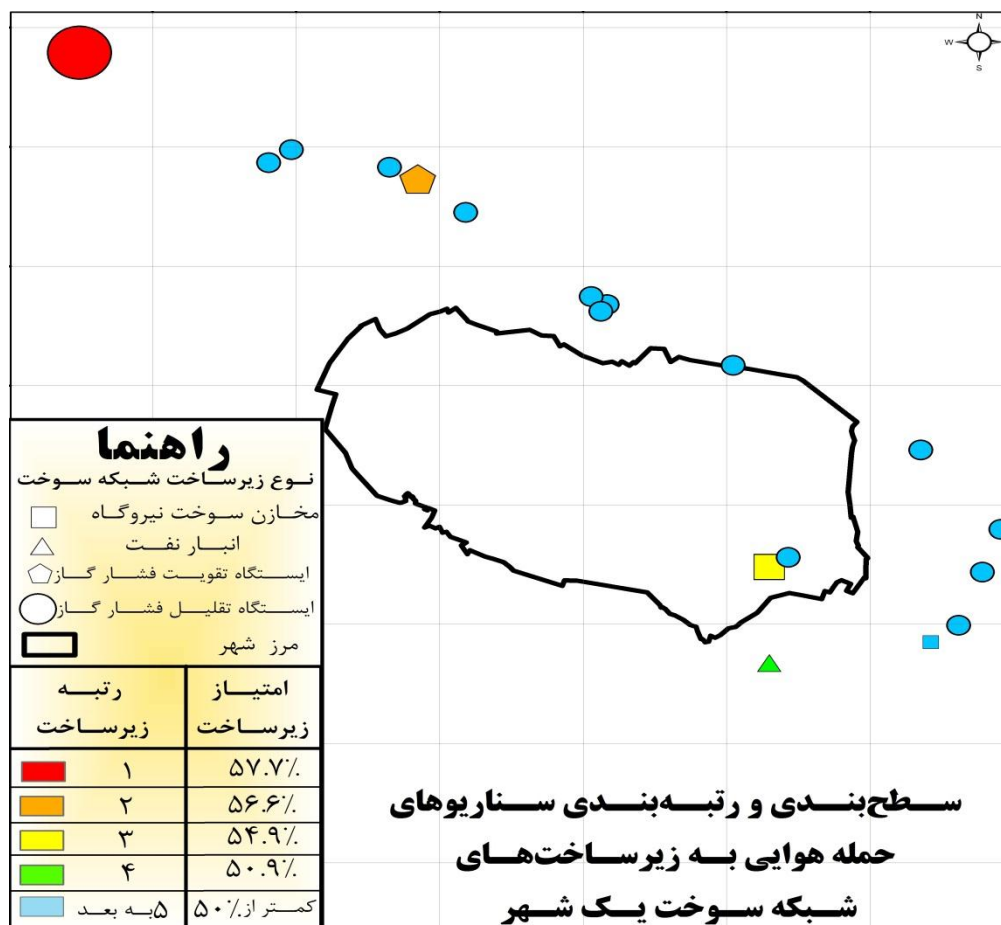
۴- نوع و ماهیت بنیادی یک زیرساخت در میزان تأثیرگذاری بر سایر زیرساخت‌ها.



شکل ۹) سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های شبکه برق در اثر حملات هدفمند

نقشه پهنه‌بندی شکل ۱۰، بیشترین امتیاز برای شبکه سوخت این شهر به ترتیب اولویت به ایستگاه تقلیل گاز شمال غربی شهر، ایستگاه تقویت گاز شمال غربی شهر، مخزن سوخت نیروگاه برق مرکزی شهر و انبار نفت جنوب شرقی شهر اختصاص داشت. سایر زیرساخت‌ها در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. معیارهایی که در این ۴ زیرساخت شبکه سوخت بیشترین تأثیر را داشتند عبارت‌اند از:

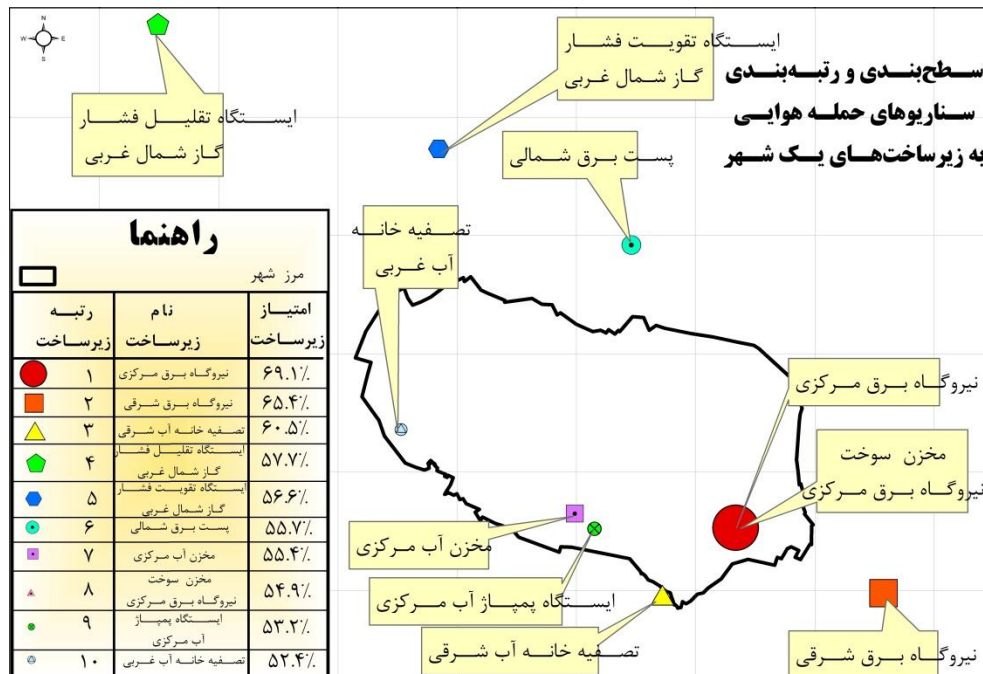
- ۱- ارزش اقتصادی تجهیزات زیرساخت موردنظر؛
- ۲- نزدیکی زیرساخت موردنظر به تراکم جمعیتی؛
- ۳- درجه عدم پراکندگی واحدهای مختلف در زیرساخت موردنظر؛
- ۴- درجه ضعف در ملاحظات آفا برای کاهش تشخیص و آشکارسازی در زیرساخت موردنظر توسط تهدیدگر؛
- ۵- درجه ضعف در مقاومت سازه زیرساخت موردنظر در برابر بار انفجاری؛
- ۶- درجه ضعف در نبود تجهیزات کافی برای پدافند عامل (پدافند هوایی) در اطراف زیرساخت موردنظر؛
- ۷- میزان احتمال ایجاد پیامدهای ثانویه (آتش‌سوزی و انفجار) پس از بروز حمله هدفمند در زیرساخت موردنظر.



شکل ۱۰ سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های شبکه سوخت در اثر حملات هدفمند

به‌طور کلی پس از تلفیق امتیازات سطح‌بندی و رتبه‌بندی تمامی شبکه‌ها، رتبه‌بندی زیرساخت‌ها به همراه امتیاز و نام آن‌ها در نقشه شکل ۱۱ قابل مشاهده می‌باشد. معیارهایی که در این ۱۰ زیرساخت منتخب منطقه فرضی، بیشترین تأثیر را جهت بالا بردن امتیاز رتبه زیرساخت‌ها دارا بودند، عبارت‌اند از:

- ۱- ارزش اقتصادی تجهیزات زیرساخت موردنظر؛
- ۲- درجه تأثیرگذاری زیرساخت موردنظر بر وسعت سرزمینی و جغرافیایی؛
- ۳- نزدیکی زیرساخت موردنظر به تراکم جمعیتی؛
- ۴- درجه عدم پراکندگی واحدهای مختلف در زیرساخت موردنظر؛
- ۵- درجه ضعف در ملاحظات آفا برای کاهش تشخیص و آشکارسازی در زیرساخت موردنظر توسط تهدیدگر.



شکل ۱۱) سطح‌بندی و اولویت‌بندی زیرساخت‌ها شهر در اثر حملات هدفمند

جنگ‌های دهه اخیر نشان داده‌اند که سامانه‌های تأمین، انتقال و توزیع انرژی و تأسیسات جنبی آن با توجه به تأثیر قاطعی که در تداوم زندگی مردم و نیروهای مدافع دارند، یکی از اهداف دشمن تلقی می‌گردند. از این رو یکی از اهداف اصلی پدافند غیرعامل بر محافظت از نیروی انسانی و زیرساخت‌های حیاتی کشور متمرکز است. زیرساخت‌های حیاتی، شاه‌رگ‌های تعیین‌کننده بقای حیات در دنیای مدرن امروز می‌باشند و در صورتی که خدمات رسانی این زیرساخت‌ها بر اثر جنگ‌ها (به‌ویژه حملات هدفمند) مورد تهدید یا تخریب قرار گیرد، فعالیت‌های جامعه مختل شده و از کار افتادن شدید این سیستم‌ها، دوره بازسازی را نیز طولانی‌تر خواهد کرد و تا زمان احیای کامل زیرساخت‌های حیاتی در جامعه، میزان تلفات و خسارات نیز به صورت چشمگیری افزایش خواهد یافت. پیوستگی در ارائه خدمات این شبکه‌ها برای تداوم و پیوستگی کارکرد جوامع امروز از اهمیت بالایی برخوردار است. تحلیل میزان خسارت وارده بر این شریان‌ها در برابر تهدیدات موضوع بسیاری از مطالعات امروز است، زیرا آسیب‌های وارده به این زیرساخت‌ها علاوه بر اینکه خود به‌عنوان بخشی از خسارات است، می‌تواند فجایع مربوط به خسارت‌های دیگر را نیز سخت‌تر و پیچیده‌تر نماید. بر این اساس با دانستن این مطلب که کدام یک از شریان‌های حیاتی یک شهر می‌تواند تأثیرات مخرب بیشتری

بر عملکرد شهر یا کشور داشته باشد، برنامه‌ریزان و مدیران حوزه پدافند غیرعامل کشور می‌توانند تصمیمات و پیش‌بینی‌های مطلوب‌تر و واقعی‌تری برای حفظ شهر یا کشور ارائه دهند. از این‌رو در این مقاله الگویی به‌منظور اولویت‌بندی زیرساخت‌های حیاتی در اثر حملات هدفمند بر اساس تعدادی معیار اصلی و فرعی ارائه شده است. هر زیرساختی که رتبه بالاتری کسب کند در اولویت اول اعمال تهدید توسط دشمنان است و از جذابیت بالاتری برخوردارند.

به‌منظور سطح‌بندی زیرساخت‌ها در اثر حملات هدفمند، ۳ فرض جهت تسهیل در محاسبات صورت گرفت. ابتدا دشمن از مجموع دارایی‌های یک زیرساخت با ابزارهای موجود، مهم‌ترین دارایی یک زیرساخت را هدف قرار می‌دهد. دوم از تسلیحات پیشرفته بدون ردیابی و با نقطه زنی بسیار بالا استفاده می‌کند. سوم با توجه به دقت در هدف‌گیری، آسیب‌پذیری زیرساخت مورد هدف بسیار زیاد است.

از این‌رو به‌منظور تعیین زیرساخت‌های با رتبه بالای جذابیت توسط دشمن، ۵ معیار اصلی و ۲۵ معیار فرعی ارائه شد. لازم به ذکر است به ازاء هر معیار فرعی نیز ۵ شاخص و سنجه ارائه شد و در مجموع ۱۲۵ شاخص طراحی گردید. سپس برای هر زیرساخت، بر اساس وزن اهمیت هر یک از معیارها و امتیازات کسب‌شده برای هر معیار فرعی، در نهایت امتیاز نهایی زیرساخت‌ها محاسبه گردید و به ترتیب اهمیت، مرتب و رتبه‌بندی شد. به‌منظور نمایش خروجی‌ها، این الگو بر روی زیرساخت‌های شهری یک منطقه فرضی پیاده‌سازی شد و در این تحلیل‌ها، زیرساخت‌های زیر به ترتیب حائز بیشترین امتیاز و رتبه بالا برای حملات هدفمند توسط دشمنان شدند:

۱. نیروگاه مرکزی شهر
۲. نیروگاه شرقی شهر
۳. تصفیه‌خانه آب شرقی شهر
۴. ایستگاه تقلیل فشار شمال غربی شهر
۵. ایستگاه تقویت فشار شمال غربی شهر
۶. پست برق شمال غربی شهر
۷. مخزن آب مرکزی شهر
۸. مخزن سوخت نیروگاه مرکزی شهر
۹. ایستگاه پمپاژ آب مرکزی شهر

۱۰. تصفیه‌خانه آب غربی شهر

لازم به ذکر است بر اساس نظرات خبرگان، بیشترین وزنی که هر معیار فرعی در هریک از ۵ معیار اصلی به خود اختصاص دادند، شامل موارد زیر بودند:

- میزان منحصربه‌فرد بودن تجهیزات زیرساخت موردنظر؛
- نزدیکی زیرساخت موردنظر به تراکم جمعیتی؛
- درجهٔ عدم پراکندگی واحدهای مختلف در زیرساخت موردنظر؛
- میزان زمان لازم جهت ترمیم و احیاء زیرساخت موردنظر؛
- درجهٔ وابستگی نسبی زیرساخت موردنظر به سایر شبکه‌ها (آب، برق، گاز، نفت و حمل‌ونقل، ارتباطات و ...).

منابع

۱. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۷۷)؛ "تصمیم‌گیری‌های چند معیاره"، نشر دانشگاه تهران، چاپ اول.
۲. پوریاری، مقصود، حمید عباسی (۱۳۸۹)؛ "اولویت‌بندی زیرساخت‌ها در حوزه صنایع دریایی با نگاه پدافند غیرعامل"، *دوازدهمین همایش ملی صنایع دریایی ایران*، زیباکنار، انجمن مهندسی دریایی ایران.
۳. جلالی فراهانی، غلامرضا، شمسایی زفرقندی، فتح‌اله، غضنفری، مصطفی، قنبری‌نسب، علی (۱۳۹۲)؛ "تعیین و رتبه‌بندی تهدیدات انسان‌ساخت عمدی در اجزای اصلی ایستگاه‌های مترو"، *دوفصلنامه مدیریت بحران*، شماره چهارم، پاییز و زمستان.
۴. جلالی، غلامرضا (۱۳۸۹)؛ "روش و الگو برآورد تهدیدات در پدافند غیرعامل"، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، تهران.
۵. جمشیدی، علی، علیدوستی، علی، گیوه‌چی، سعید، رجبی، روزبه (۱۳۹۱)؛ "ارائه الگویی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی در صنعت نفت مطالعه موردی: تأسیسات نفتی دریایی"، *دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران دانشگاه صنعتی مالک اشتر*، دوره ۱، شماره ۱، تابستان و پاییز ۱۳۹۱، صفحه ۶۱-۶۷.
۶. سازمان پدافند غیرعامل کشور (۱۳۹۴)؛ "دستورالعمل عمومی سطح‌بندی مراکز ثقل"، معاونت اطلاعات و عملیات، بهار ۱۳۹۴.
۷. سلیمانی، عاطفه، برزگر، اکرم، نورالهی، حانیه، عوض‌آبادیان، فرشید (۱۳۹۴)؛ "ارائه الگوی ارزیابی ریسک در مقیاس‌های فرا شهری با تلفیق رویکردهای آمایشی و زیرساختی"، *اولین کنفرانس ملی مدیریت ریسک در زیرساخت‌ها*، ۵ تا ۶ خرداد.
۸. سهامی، حبیب‌ا، قنادیان چالشتی، مسعود (۱۳۹۴)؛ "روش‌های حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی در صنعت نفت و گاز و ارائه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری مبتنی بر مدیریت ریسک"، *اولین کنفرانس ملی مدیریت ریسک در زیرساخت‌ها*، ۵ تا ۶ خرداد.
۹. عبدالله خانی، علی (۱۳۸۵)؛ "بررسی و نقد نظریه امنیتی ساختن"، *فصلنامه مطالعات راهبردی*، شماره ۳۳، تهران.
۱۰. عطایی، محمدحسن (۱۳۹۴)؛ "تعیین درجه اهمیت و اولویت زیرساخت‌های استراتژیک از منظر دفاع غیرعامل با تأکید بر فرودگاه‌های غیرنظامی نمونه موردی: فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)"، *پایان‌نامه برای اخذ کارشناسی ارشد* در رشته پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۱۱. علمداری، شهرام (۱۳۸۷)؛ "دستورالعمل برآورد تهدید و تدوین سناریو در دستگاه‌های کشور و استانی"، سازمان پدافند غیرعامل، تهران.
۱۲. محمد مرادی، اصغر، اخترکاو، مهدی (۱۳۸۸)؛ "روش‌شناسی مدل‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، *مجله آرمان‌شهر*، شماره ۲، بهار و تابستان ۱۳۸۸.
۱۳. مدیریت بازرسی سازمان صنایع دفاع (۱۳۸۶)؛ *کلیاتی پیرامون پدافند غیرعامل*، چاپ اول.
۱۴. مشهدی، حسن، امینی ورکی، سعید (۱۳۹۴)؛ "تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل"، دو *فصلنامه مدیریت بحران*، شماره هفتم، بهار و تابستان ۱۳۹۴.
۱۵. موحدی نیا، جعفر (۱۳۸۳)؛ *دفاع غیرعامل*، دانشکده فرماندهی و ستاد سپاه، چاپ اول.
۱۶. موحدی نیا، جعفر (۱۳۸۵)؛ *مفاهیم نظری و عملی دفاع غیرعامل*، معاونت آموزش و نیروی انسانی ستاد مشترک سپاه، مرکز برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی، چاپ اول، تهران، ۱۳۸۵.
17. Cimren E, Catay E, Budak E. Development of a machine tool selection system using AHP, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2007;35(3-4):363-76.
18. Coppola, Damon P (2006), Introduction to International Disaster Management. *Butterworth Heinemann. Burlington*. pp. 113-119
19. ISO/IEC 2002, "Guide 73 Risk management- Vocabulary- Guidelines for use in standards", *International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission*.