

مقاله پژوهشی: سنجش ریسک کنش‌های متقابل زیرساختی در مقیاس منطقه‌ای با استفاده از مدل DANP (نمونه موردی: استان یزد)

امین فرجی^۱، مهدی علیان^۲، سید محمود میرابوالقاسمی بهابادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰

چکیده

امروزه کنش‌های متقابل و وابستگی‌های میان زیرساخت‌ها در مقیاس‌های منطقه‌ای در کنار مزایا و بهره‌های فراوانی که در تأمین خدمات مورد نیاز یک جامعه دارد، مسئله امنیت و حفاظت از آن‌ها را بیش از پیش دشوار ساخته است. بنابراین شناخت کنش‌های متقابل شبکه‌های زیرساختی و روابط پیچیده بین سیستم‌های زیرساختی، در راستای جلوگیری از شکست‌های آبشاری و وقوع بحران‌های گسترده، بیش از پیش احساس می‌شود. در همین راستا پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش توصیفی-تحلیلی و استفاده از مدل DANP به سنجش کنش‌های متقابل زیرساختی در استان یزد، مبادرت نموده است. نتایج حاصله از این پژوهش نشان می‌دهد زیرساخت‌های حوزه انرژی استان به جهت ماهیت و کارکرد آن در جامعه، هم دارای کنش‌های متقابل بیشتری بوده و هم میزان ریسک آن‌ها بیشتر می‌باشد؛ به طوری که در رابطه با تهدیدات سخت، نیمه‌سخت و نرم دارای درجه ۱ می‌باشند؛ در حالی که زیرساخت‌های شبکه ارتباطات استان در برابر تهدیدات سخت و نیمه‌سخت، درجه ریسک ۲ و در برابر تهدیدهای نرم دارای ریسک درجه ۱ می‌باشد. همچنین مراکز پشتیبان نیز در مقابل تهدیدات سخت، نیمه‌سخت و نرم در درجه ریسک ۲ قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: سنجش ریسک، کنش‌های متقابل زیرساختی، مدل DANP، استان یزد.

۱- دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران afarjiz@ut.ac.ir

۲- دانشکده اقتصاد مقاومتی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

m.alian_87@yahoo.com

۳- دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، مدرس دانشگاه فرهنگیان یزد، یزد، ایران

mmirabolghasmi@gmail.com

مقدمه و بیان مسئله

تأمین رفاه و خدمات شهروندان، ارتقاء کیفیت زندگی و رونق اقتصادی در جوامع مدرن بر سیستم‌های زیربنایی متکی است زیرا این سیستم‌های زیرساختی تسهیل حرکت افراد، کالاها و خدمات، انرژی، خوراک و سایر خدمات را برای خانوارها و کسب و کارها فراهم می‌کنند (هیکفورد و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۷۸). بنابراین در این جوامع حفاظت از زیرساخت‌ها و به‌ویژه زیرساخت‌های حیاتی، اهمیتی فزاینده یافته است (عابدی و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۵۳؛ هانگ و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۶). معمولاً در این جوامع اقتصاد یک منطقه و رفاه ساکنان آن به عملکرد مداوم و قابل اطمینان زیرساخت‌ها وابسته شده است (اویانگ، ۲۰۱۴: ۴۴). به طوری که در دنیای امروز این زیرساخت‌ها به‌منزله شهرگ‌های تعیین‌کننده ادامه شهرنشینی به‌شمار می‌روند (سلطانی، موسوی و زالی، ۱۳۹۶: ۹۷).

اما در سال‌های اخیر توجه به پیچیدگی و وابستگی روزافزون سیستم‌های زیرساختی و حفاظت کارآمد از زیرساخت‌ها مورد توجه جدی قرار گرفته است. این پیچیدگی و وابستگی به واسطه فرصت‌ها و مزیت‌هایی است که طراحان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران با هدف ارائه خدمات کارآمد و مقرون به‌صرفه به‌کار گرفته‌اند. در کنار مزایا و بهره‌های فراوانی که استفاده از ظرفیت‌های زیرساختی و فناوری داشته است، حفاظت از آن‌ها را با چالش‌های جدیدی مواجه نموده است (هیکفورد و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۷۸).

یکی از عواقب جانبی، افزایش پتانسیل برای شکست‌های آبشاری در سیستم‌های به‌هم وابسته زیرساختی است به‌طوری‌که شکست‌های اولیه در یک سیستم می‌تواند به رویدادها و بحران‌های فاجعه‌بار در شبکه‌های گسترده زیرساختی منجر شود (بولدپرو و همکاران،

^۱. Hickford, A. J., Blainey, S. P., Hortelano, A. O., & Pant, R.

^۲. Abedi, A., Gaudard, L., & Romerio, F.

^۳. Huang, C. N., Liou, J. J., & Chuang, Y. C.

^۴. Ouyang, M.

^۵. Buldyrev, S. V., Parshani, R., Paul, G., Stanley, H. E., & Havlin, S.

۲۰۱۰: ۲؛ لو و همکاران، ۲۰۱۸: ۳۰۱) و اثرات مستقیم و غیرمستقیمی که زیرساخت‌ها در صورت بروز تهدیدات و یا اختلالات می‌تواند ببیند مناطق و سطوح مختلف جغرافیایی را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد (رینالدی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۱). با توجه به افزایش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها به دلیل وابستگی متقابل آن‌ها، تلاش‌های بیشتری برای شناخت ماهیت وابستگی به زیرساخت‌ها صورت می‌گیرد یکی از رویکردهایی که در حل مسئله فوق مورد استفاده قرار گرفته و ماهیت آن با کنش‌های متقابل زیرساختی مرتبط است، رویکرد شبکه‌ای است (چی و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۸۸).

علاوه بر این، از آنجایی که در جامعه امروزی به واسطه توسعه فناوری پویایی بسیار زیادی وجود دارد، تهدیدهای جدید نیز با سرعت بالایی رخ می‌دهد و از این حیث کنشی بودن اقدامات مدیریت ریسک جایگاه ویژه‌ای پیدا می‌کند (ژوهانسون و هسل، ۲۰۰۸: ۱۳۳۶). در همین راستا اهداف پژوهش حاضر را می‌توان استفاده از پتانسیل‌ها و قابلیت‌های مدل DANP دانست که ضمن شناخت کنش‌های متقابل شبکه‌های زیرساختی و روابط پیچیده بین سیستم‌های زیرساختی، در راستای جلوگیری از شکست‌های آبشاری در شبکه‌های زیرساختی و وقوع بحران‌های گسترده در سطح منطقه‌ای اقدام نماید. بنابراین ضرورت انجام پژوهش در سطح منطقه‌ای و در استان یزد چنین تبیین می‌شود که این شناخت در سطح منطقه‌ای، در استان یزد که یکی از استان‌های مهم و در عمق استراتژیک کشور است، به سبب وجود زیرساخت‌ها و شبکه‌های زیرساختی که کنش‌های متقابل و اثرگذاری‌های بیشتری بر یکدیگر دارند، از اهمیت دوچندانی برخوردار است. در همین راستا، پژوهش حاضر پرسش زیر را مبنای خود قرار داده و بر آن است تا پاسخ‌های

۱. Lu, L., Wang, X., Ouyang, Y., Roningen, J., Myers, N., & Calfas, G.

۲. Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K.

۳. Chai, C.-L., Liu, X., Zhang, W., & Baber, Z.

۴. Johansson, J., & Hassel, H.

شایسته و بایسته‌ای را برای آن‌ها بیابد و گام بسیار کوچکی را برای گذار مدیریت ریسک واکنشی به مدیریت ریسک کنش‌مند فراهم کند.

- از منظر کنش‌های متقابل زیرساختی مهم‌ترین و جذاب‌ترین زیرساخت‌ها در مقابل تهدیدات در استان یزد کدام زیرساخت‌هاست؟
- میزان ریسک دارایی‌ها یا زیرساخت‌های استان یزد در برابر گونه‌های مختلف تهدید چگونه است؟

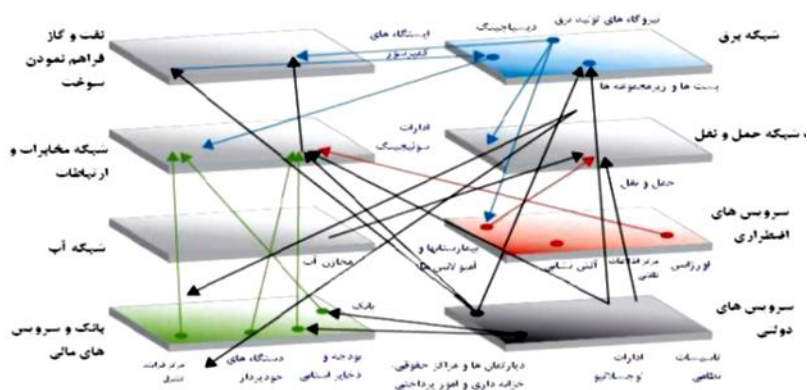
مبانی نظری:

زیرساخت و کنش‌های متقابل زیرساختی

واژه زیرساخت تعاریف متعدد و متنوعی دارد؛ برای مثال در دایرةالمعارف وبستر^۱ این واژه زیرساخت به عنوان «نظام یا سیستمی از تأسیسات عمومی کشور، منطقه یا ایالت»، «منابع (شامل منابع انسانی، منابع ساختمانی یا تجهیزات مختلف) به منظور انجام فعالیت» و «چارچوب اساسی و بنیادی سازمان یا سیستم» تعریف شده است (وبستر، ۲۰۰۳: ۱). کمیسیون حفاظت از زیرساخت‌های بحرانی آمریکا^۲ نیز در تعریفی دیگر زیرساخت را مجموعه‌ای از فرایندها و سیستم‌های مستقل و انسان‌ساز تعریف می‌کند که به صورت هم‌افزا و مشارکتی در راستای تولید و توزیع جریان پیوسته‌ای از خدمات و کالاهای مورد نیاز عمل می‌کند» (رینالدی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۱). اما بحث اندرکنش‌های زیرساختی به عنوان یکی از مسائل مهم از منظر پدافند غیرعامل شناخته می‌شود. در شکل ۱ گونه‌ای از این کنش‌های متقابل نشان داده شده است.

^۱ webster

^۲ president's commission on critical infrastructure protection



شکل ۱. کنش‌های متقابل میان زیرساخت‌ها (نورالهی و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۱)

رینالدی و همکاران (۲۰۰۱) اندرکنش‌های زیرساختی را به‌منزله رابطه دوطرفه بین زیرساخت‌ها یا وابستگی یک‌سویه بین زیرساخت‌ها تعریف می‌کنند. رابطه دوطرفه به معنای تحت تأثیر قرارداد یک زیرساخت توسط زیرساخت‌های دیگر است (هوکستد و همکاران، ۲۰۱۲: ۷). در همین راستا وابستگی زیرساختی^۳ را می‌توان به پیوند و یا ارتباط دو یا چند زیرساخت که به‌واسطه آن یک زیرساخت به زیرساخت‌های دیگر وابسته یا از آن تأثیرپذیر است، اطلاق می‌شود. حال اگر زیرساخت‌ها در سطوح گوناگون (مانند سطح منطقه‌ای) با یکدیگر در ارتباط باشند و به عنوان سیستمی از سیستم‌ها مورد بررسی قرار گیرند، مفهومی تحت عنوان اندرکنش‌های (کنش‌های متقابل) زیرساختی^۴ مطرح می‌شود (رینالدی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۴). در همین راستا تاکنون رویکردها و چارچوب‌های متعدد و متکثری برای توصیف و تحلیل وابستگی‌های متقابل زیرساخت‌ها و یا کنش‌های متقابل زیرساختی در میان پژوهشگران مختلف ارائه شده است. نظر به ماهیت مسئله مورد بررسی در پژوهش حاضر، یکی از معروف‌ترین و کاربردی‌ترین چارچوب‌ها را

^۱ Bidirectional relationships

^۲ Hokstad, P., Utne, I. B., & Vatn, J.

^۳ infrastructure dependencies

^۴ Infrastructures interdependencies

رینالدی و همکاران ارائه داده‌اند. رینالدی و همکاران، وابستگی متقابل زیرساخت‌ها را به صورت زیر طبقه‌بندی نموده‌اند:

وابستگی فیزیکی:

منظور وابستگی متقابل پیوند فیزیکی میان ورودی‌ها و خروجی‌های دو زیرساخت (جریان مواد میان زیرساخت‌ها) است. به عبارت دیگر دو زیرساخت در صورتی از نظر فیزیکی وابستگی دارند که وضعیت هر زیرساخت به خروجی یا تولیدات زیرساخت دیگر وابسته باشد (رینالدی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۴).

وابستگی سایبری:

این نوع وابستگی به حالتی از یک سیستم که به انتقال اطلاعاتی از طریق زیرساخت اطلاعاتی نیاز دارد، گفته می‌شود. وابستگی‌های سایبری به دلیل کاربرد بیشتر و قوی‌تر رایانه‌ای شدن و اتوماسیونی شدن در زیرساخت‌ها به‌ویژه در سال‌های اخیر است (رینالدی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۴).

وابستگی جغرافیایی:

وابستگی جغرافیایی عناصر زیرساختی به دلیل مجاورت فیزیکی و فاصله کم میان زیرساخت‌ها بروز می‌یابد؛ به‌صورتی که دو یا چند سیستم به دلیل مجاورت جغرافیایی تحت تأثیر یک تهدید قرار می‌گیرند و عملکرد همه آن‌ها مختل می‌شود.

وابستگی منطقی:

وابستگی منطقی عمدتاً به حوزه مدیریت و کنترل زیرساخت‌ها ارتباط دارد و گونه‌ای از وابستگی‌ها است که در انواع وابستگی قبلی جای نمی‌گیرد (چی و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۸۹؛ هانگ و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۷). معمولاً در این نوع از وابستگی تصمیمات انسانی نقش اصلی را دارد (رینالدی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۶). در این زمینه پژوهش حاضر تلاش نموده است با نگاه به انواع روابط و وابستگی‌های بین زیرساخت‌ها و الگوی تعاملات آن‌ها، در راستای کاهش میزان آسیب‌پذیری شبکه زیرساختی استان یزد راهکارهایی ارائه نماید.

تهدید و گونه‌های آن:

تهدیدها بر مبنای شاخص‌های مختلف از جمله منبع، سطح، موضوع، ابزار و شیوه اعمال، دسته‌بندی می‌شوند. معمولاً تهدیدها هزینه‌های سکونت‌گاه‌ها را در هنگام بروز بحران‌ها کاهش داده و زندگی مطلوب‌تری را برای شهروندان به همراه دارد (برهانی و اسمعیلی، ۱۴۰۰: ۴۰۷). نوع دیگری از طبقه‌بندی تهدیدها از منظر روش اعمال و پیامد تهدید طبقه‌بندی می‌شود (نائینی، ۱۳۸۹: ۱۶۴). براساس این روش، تهدیدها در قالب تهدیدهای نرم، نیمه‌سخت و سخت طبقه‌بندی می‌شوند که در پژوهش کنونی نیز ملاک عمل شناخت تهدیدهای مترتب بر زیرساخت‌ها در استان یزد قرار گرفته است.

تهدید سخت:

شامل اعمال قدرت نظامی به منظور تحمیل اراده و در راستای تأمین منافع است. هدف ترسیم‌شده در این نوع تهدید، عموماً اشغال سرزمینی تعریف می‌شود که بر روش‌های فیزیکی و عینی و همچنین سخت‌افزارانه متکی است. رفتارهای توأم با خشونت، براندازی‌های آشکار، اشغال، حذف دفاعی، تجزیه سرزمینی و الحاق قلمروی ویژگی‌های این نوع تهدید است. جنگ، اشغال نظامی، بمباران مراکز راهبردی، اشغال نظامی گسترده، جنگ نیابتی، کنترل مسیر انرژی و اشکال تهدید سخت هستند.

تهدید نیمه سخت:

نیز گونه‌ای از اعمال قدرت از طریق نفوذ در نظام‌های امنیتی - سیاسی به منظور تحمیل خواسته‌ها و تأمین منافع است. معمولاً هدف این نوع تهدید به دست گرفتن نهادهای حاکمیتی و مجموعه حکومت بوده که متکی بر کاربرد نظام امنیتی - اطلاعاتی و نفوذ در دولت‌هاست و روش‌های آن با توجه به شرایط، مجموعه‌ای از ابزارهای نرم و سخت است. برای مثال شورش، اعتراض، کودتا، انقلاب مخملی، انقلاب‌های رنگی، جرایم سازمان‌یافته گونه‌هایی از تهدیدهای نیمه‌سخت شناخته می‌شوند.

تهدید نرم:

مجموعه‌ای از تحولات دگرگون‌ساز را شامل می‌شود که در نهایت موجب دگرگونی و فرهنگی یک جامعه و دگردیسی الگوی رفتاری مغایر با خواسته‌های نظام سیاسی و دینی را به همراه دارد. هدف این نوع از تهدیدها، معمولاً دگرگونی فرهنگی و دگردیسی الگوی سیاسی در افکار و ذهن‌هاست که با روش‌های نرم‌افزارانه و انتزاعی، به شکل نامحسوس و تدریجی صورت می‌پذیرد. انقلاب نرم، جنگ رسانه‌ای، جنگ روانی، استحاله عملیات روانی، تهاجم فرهنگی و اشکال تهدید نرم به‌شمار می‌روند (نائینی، ۱۳۸۹: ۱۶۷).

روش‌شناسی تحقیق:

پژوهش پیش‌رو به لحاظ هدف، جزو پژوهش‌های کاربردی است و به لحاظ روش جزو پژوهش‌های توصیفی - تحلیلی دسته‌بندی می‌شود که اطلاعات مورد نیاز ادبیات و مبانی نظری را با روش کتابخانه‌ای و اسنادی، که از معمول‌ترین روش‌های آن استفاده از کتاب‌ها، مقالات علمی داخلی و خارجی، گزارشات و غیره است به دست آورده است. در این پژوهش زیرساخت‌های مورد بررسی در قالب جدول ۱ طبقه‌بندی شده است.

جدول ۱. خوشه‌ها و شاخص‌های پژوهش

خوشه	تعریف	زیرساخت‌ها و دارایی‌ها
انرژی	زیرساخت‌هایی که از منظر کارکردی و عملکردی به یکی از گونه‌های انرژی مربوط است.	مرکز هسته‌ای شهید رضایی‌نژاد، خطوط انتقال برق، پست‌های برق، نیروگاه تولید برق، شبکه انتقال گاز، پست تقلیل فشار گاز، شبکه انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی، انبار گاز و نفت، پمپ‌های بنزین
شبکه ارتباطی	زیرساخت‌هایی که از منظر کارکردی و عملکردی به ارتباطات هوایی و زمینی استان یزد مربوط می‌شود. این زیرساخت‌ها با توجه به قرارگیری استان در مسیرهای ارتباطی شمال-جنوب و شرق-غرب اهمیت ویژه‌ای دارد.	حمل‌ونقل هوایی (فرودگاه‌ها)، حمل‌ونقل ریلی (ایستگاه‌ها و خطوط ریلی)، حمل‌ونقل زمینی (آزادراه و بزرگراه، راه‌های درجه یک، دو و سه و راه شوسه)، پایانه‌های اتوبوس‌رانی بین شهری، پل‌ها، ارتباطات مخابراتی (شبکه فیبر نوری، آنتن‌های مخابراتی، ایستگاه فرستنده موج تلویزیون، ایستگاه فرستنده موج رادیو)، مرکز پست و تلفن

<p>مراکز درمانی و بهداشتی، آتش نشانی، مراکز اداری مهم، پایگاه‌های نظامی و انتظامی، نقاط و مراکز سکونت‌گاهی، استادیوم‌ها، کارخانه‌های بزرگ و شهرک صنعتی</p>	<p>زیرساخت‌های مراکز پشتیبان عموماً زیرساخت‌های مدیریتی، امنیتی و نگهداری را شامل می‌شود که به‌نوعی پشتیبانی از زیرساخت‌های مختلف یا ارائه خدمات به شهروندان را برعهده دارند.</p>	<p>مراکز پشتیبان</p>
<p>زیرساخت‌ها: چاه‌های آب، پمپ‌های آب، مخازن آب، بندها (سدها)، معادن، قنات‌ها مؤلفه‌های اثرگذار بر آسیب‌پذیری: کاربری اراضی، فاصله از گسل‌ها</p>	<p>این دسته از زیرساخت‌ها منابع آبی مصرفی و همچنین سایر مؤلفه‌های محیطی اثرگذار بر پایداری و ایمنی زیرساخت‌ها را شامل می‌شود.</p>	<p>سایر</p>

باتوجه به ماهیت مسئله مورد بررسی در پژوهش حاضر روش دیمتل به‌منظور سنجش درجه و سهم ارتباط و کنش‌های متقابل زیرساختی در سطح منطقه مورد مطالعه و فرآیند تحلیل شبکه به‌منظور سنجش کنش‌های متقابل زیرساختی مورد استفاده قرار گرفته است که برای غلبه بر ضعف‌های هر روش، این مدل‌ها به عنوان مکمل یکدیگر مورد استفاده قرار گرفته است.

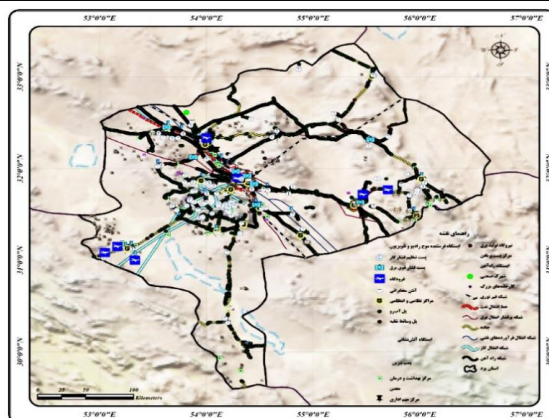
درواقع روش دیمتل یک روش بسیار کاربردی است که با استفاده از دانش کارشناسان خبره برای طراحی مدل ساختاری یک سیستم استفاده می‌شود (هسو و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۲۹۷). بدین جهت پس از تعیین روابط معیارها با استفاده از مدل دیمتل، به مرحله مقایسه دودویی عناصر زیرساختی می‌رسیم. این مرحله که یکی از اصلی‌ترین مراحل در مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد، تک تک عناصر زیرساختی استان یزد براساس پرسشنامه آماده شده به‌وسیله کارشناسان، متخصصان و خبرگان تکمیل می‌شود. لازم به ذکر است معیارهایی همچون ارزش اقتصادی، ارزش سیاسی- راهبردی، ارزش دفاعی و ارزش

اجتماعی به عنوان معیارهای کنترلی در فرآیند تدوین و تکمیل پرسشنامه مدنظر قرار گرفته بود.

جامعه آماری پژوهش شامل متخصصان سازمان پدافند غیرعامل کشور و محققان دانشگاهی صاحب‌نظر و صاحب‌اثر در حوزه پدافند غیرعامل است. انتخاب جامعه نمونه با توجه به ویژگی‌های نمونه‌های کوچک و اطمینان از تکمیل و بازگشت پرسشنامه‌ها ۵۰ نمونه انتخاب شد. این نمونه‌ها توسط دو جامعه «متخصصان دانشگاهی حوزه پدافند غیرعامل» و همچنین «کارشناسان سازمان پدافند غیرعامل کشور» تکمیل شدند که پس از توزیع ۵۰ پرسشنامه اولیه با روش نمونه‌گیری هدفمند، ۳۴ پرسشنامه احصاء شد. پس از بررسی و پایش اولیه پس از حذف ۲ پرسشنامه، در نهایت فرآیند تحلیل با ۳۲ پرسشنامه معتبر ادامه یافت. از این ۳۲ پرسشنامه ۱۸ مورد آن توسط متخصصان، مدیران و کارمندان سازمان پدافند غیرعامل کشور و ۱۴ مورد آن توسط متخصصان و اساتید دانشگاهی متخصص در این زمینه تکمیل شده است. فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از مدل DANP انجام گرفته است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

استان یزد در عمق استراتژیک ایران واقع است و از منظر موقعیت مرکزی در مرکز کشور (کریدور ارتباطی شرق- غرب و شمال- جنوب) و هم‌جواری با استان‌های فارس، کرمان، اصفهان و خراسان، به عنوان یکی از مراکز ثقل و در عمق استراتژیک کشور قرار گرفته است. این استان از نظر تقسیمات سیاسی دارای ۱۰ شهرستان است که اردکان با حدود ۲۳ هزار کیلومترمربع، وسیع‌ترین شهرستان و میبد با حدود ۱۲۰۰ کیلومترمربع، کوچک‌ترین شهرستان است و براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، حدود ۱۱۳۸۵۳۳ نفر جمعیت دارد (استانداری یزد، ۱۳۹۶: ۱۵). شکل ۲ نیز زیرساخت‌های استان یزد را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه زیرساخت‌های استان یزد

یافته‌های تحقیق:

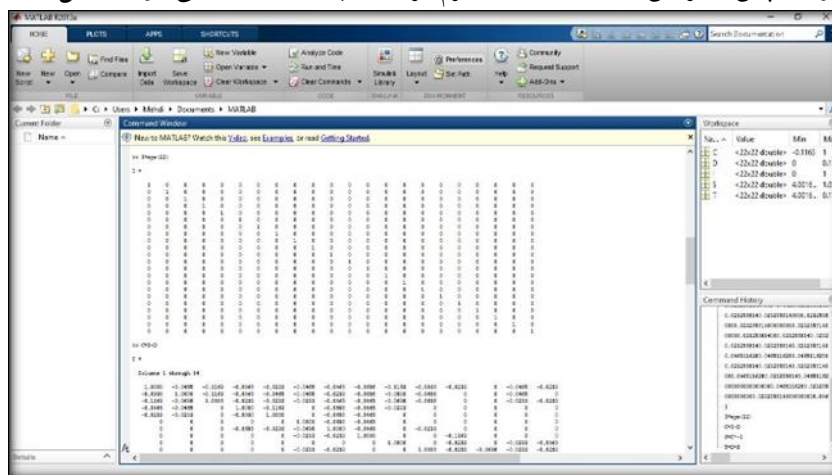
مدل دیمتل و آماده‌سازی داده‌ها

یکی از گام‌های مهم در فرایند طرح‌ریزی و اجرای اقدامات پدافند غیرعامل، سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و اثرگذاری آن‌ها بر منطقه است (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳: ۱۶۳). براساس ساختار و مراحل مدل، ابتدا فرآیند مقایسه‌های زوجی آغاز می‌شود. طبیعی است که همه معیارها با همدیگر از منظر کارکردی و موضوعی مشابهت ندارند، به همین دلیل زیرساخت‌ها در قالب دسته‌بندی چهارگانه قرار گرفتند و سپس ۲۲ زیرساخت در قالب ۴ خوشه دسته‌بندی شدند و ساختار شبکه‌ای آن‌ها ترسیم شد. لازم به ذکر است در تقسیم‌بندی و طراحی این زیرساخت‌ها تلاش شد انتخاب نام خوشه‌ها نیز جامع و مانع باشد.

پس از توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، داده‌ها در نرم‌افزار اکسل^۱ وارد شدند و میانگین همه پرسشنامه‌ها محاسبه شد. در مرحله بعد پس از تعیین مجموع سطرها و ستون‌ها از ماتریس میانگین، بزرگ‌ترین عدد ستون‌ها (عدد ۴۳) و بزرگ‌ترین عدد سطرها (عدد ۴۶)

^۱. Excel

را یافته و سپس همه اعداد ماتریس میانگین بر عدد کوچک‌تر (یعنی عدد ۴۳) تقسیم می‌شود. سپس ماتریس محاسبه شده به نرم‌افزار متلب انتقال داده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. مراحل محاسبه رابطه بین عناصر زیرساختی در نرم‌افزار متلب

اجرای مدل و کنش‌های متقابل زیرساختی

مرحله بعد از محاسبات ماتریس نهایی، روابط و کنش‌های متقابل زیرساختی تعیین شدند و سپس، این روابط تعریف شدند که همه این فعالیت‌ها در نرم‌افزار سوپردسیژن^۲ انجام شد.

ایجاد ماتریس‌های مقایسه‌ای و بررسی سازگاری

در این مرحله ماتریس‌های مقایسه‌ای ایجاد شده در قالب خوشه‌ها و وابستگی زیرساخت‌ها ایجاد شده و سازگاری آن‌ها نسبت به هم کنترل می‌شود. در ادامه مقایسه دودویی عناصر زیرساختی براساس مقیاس ۹ کمیتی تومال ال‌ساعتی و به همان ترتیبی که در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورد استفاده قرار می‌گیرد، توسط کارشناسان و نخبگان

۱. Matlab

۲. Super Decisions

تکمیل و سپس وارد نرم افزار شد. برای نمونه شکل ۴ یکی از ماتریس های مقایسه ای را نشان می دهد.



شکل ۴. ماتریس ارزش دهی و مقایسه دودویی عناصر زیرساختی

محاسبه سوپر ماتریس (ابرماتریس) ناموزون، موزون و حد

سوپر ماتریس (ابرماتریس)، آخرین مراحل در مدل فرآیند تحلیل شبکه ای است. سوپر ماتریس ناموزون به عنوان مرحله نخست محاسبات، محاسبه می گردد. حال سوپر ماتریس ناموزون باید به سوپر ماتریس وزن دار^۱ تبدیل شود. محاسبه سوپر ماتریس حد^۲ گام بعدی است که از طریق به حد رساندن سوپر ماتریس وزن دار به دست می آید و تأثیر نسبی بلندمدت هریک از زیرساخت ها بر یکدیگر مشخص شود.

پس از محاسبه سوپر ماتریس حد، آخرین مرحله برای تعیین ارزش و ضریب نهایی خوشه ها و عناصر زیرساختی، محاسبه نتایج ماتریس خوشه ها و نرمال سازی ضریب عناصر زیرساختی در سوپر ماتریس حد است. شکل ۵ نشان می دهد که از میان خوشه های زیرساختی، خوشه زیرساختی انرژی با $0/478$ بیشترین اهمیت، در مرتبه بعدی خوشه زیرساخت های مراکز پشتیبان با $0/330$ ، خوشه زیرساخت های شبکه ارتباطی با $0/145$ و

1. Weighted super matrix

2. limit matrix

خوشه زیرساخت‌های طبیعی (۰/۰۴۷) قرار دارند که این اهمیت از نظر جایگاه زیرساخت‌ها در ارائه خدمات به مردم و میزان جذابیت آن برای دشمنان را نشان می‌دهد.

Cluster Node Labels	انرژی	زیرساخت های طبیعی	شبکه ارتباطی	مراکز پشتیبان
انرژی	0.477706	0.000000	0.250000	0.250000
زیرساخت های طبیعی	0.047008	0.000000	0.250000	0.250000
شبکه ارتباطی	0.145578	0.000000	0.250000	0.250000
مراکز پشتیبان	0.329708	1.000000	0.250000	0.250000

شکل ۵. ماتریس نهایی خوشه‌های زیرساختی

در گام بعدی با نرمال‌سازی داده‌ها از طریق ضرایب سوپر ماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها، نتیجه نهایی اهمیت و جایگاه هر یک از زیرساخت‌ها در ارائه خدمات به مردم و جذابیت آن برای دشمنان، به تفکیک زیرساخت‌ها در استان یزد مشخص می‌گردد. جدول ۲ نتیجه پایانی این فرایند را نشان می‌دهد که مرکز هسته‌ای شهید رضایی نژاد (۰/۰۸۷۱)، شبکه انتقال گاز (۰/۰۸۶۲)، شبکه انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی (۰/۰۸۴۸)، انبار نفت و گاز (۰/۰۸۱۵) به ترتیب بیشترین میزان اهمیت و وزن را داشته و در نهایت معادن (۰/۰۰۵۹) و پل‌ها (۰/۰۰۵۷) کمترین میزان اهمیت را نسبت به سایر زیرساخت‌های استان کسب نموده‌اند.

جدول ۲. وزن عناصر زیرساختی استان یزد از نظر میزان اهمیت و جذابیت

وزن نهایی	ضرایب نرمال	زیرساخت	وزن نهایی	ضرایب نرمال	زیرساخت‌ها
۰,۰۳۸۵	۰,۱۰۲۸	فرودگاه (حمل و نقل هوایی)	۰,۰۸۷۱	۰,۳۰۶۴	مرکز هسته‌ای شهید رضایی نژاد اردکان
۰,۰۳۴۸	۰,۰۹۱۳	شبکه فیبر نوری	۰,۰۸۶۲	۰,۲۸۳۱	شبکه انتقال گاز
۰,۰۳۲۲	۰,۰۷۹۵	حمل و نقل جاده‌ای	۰,۰۸۴۸	۰,۲۶۴۱	خطوط انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی
۰,۰۲۸۵	۰,۰۷۷۲	آنتن مخابراتی	۰,۰۸۱۵	۰,۲۶۱۳	انبار نفت و گاز
۰,۰۱۶۵	۰,۰۷۴۱	مراکز آتش نشانی	۰,۰۸۰۶	۰,۲۵۰۰	نیروگاه تولید برق
۰,۰۱۲۸	۰,۰۷۲۶	پاسگاه‌های نیروی انتظامی	۰,۰۷۸۵	۰,۲۳۲۰	شبکه انتقال برق

۰,۰۱۰۹	۰,۰۶۵۹	شهرک‌ها و کارخانه‌های صنعتی	۰,۰۵۹۴	۰,۲۰۵۱	پست فشار قوی برق
۰,۰۰۹۶	۰,۰۸۴۲	ایستگاه فرستنده موج رادیو و تلویزیون	۰,۰۵۷۳	۰,۱۹۸۸	پست تنظیم فشار گاز
۰,۰۰۸۴	۰,۰۷۳۵	مخازن آب	۰,۰۴۹۱	۰,۱۶۷۳	مراکز مهم اداری
۰,۰۰۵۹	۰,۰۵۲۱	معادن	۰,۰۴۸۵	۰,۱۵۵۶	پمپ بنزین
۰,۰۰۵۷	۰,۰۳۴۱	پل‌ها	۰,۰۴۲۲	۰,۱۴۵۰	مراکز بهداشت و درمان
			۰,۰۴۱	۰,۱۱۲۰	ایستگاه و خطوط راه‌آهن

ب: تجزیه و تحلیل یافته‌ها و ارزیابی ریسک دارایی‌های استان یزد

پس از شناخت اهمیت و جذابیت زیرساخت‌های استان یزد از منظر کنش‌های متقابل زیرساختی، تعیین میزان ریسک دارایی‌ها یا زیرساخت‌ها در برابر گونه‌های مختلف تهدید، باید انجام گیرد. در همین راستا یکی از معتبرترین روش‌های تعیین و محاسبه ریسک زیرساخت‌ها مربوط به آژانس مدیریت شرایط اضطراری ایالات متحده است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما با توجه به تهدیدات مبنای کشور ایالات متحده و همچنین شرایط کشور ایران، طبیعتاً نمی‌تواند مقیاس صحیح و قابل استنادی برای تهدیدات حوزه این کشور باشد؛ چرا که تحقیق حاضر برای زیرساخت‌های استان یزد در کشور جمهوری اسلامی ایران انجام می‌شود که ماهیت تهدیدات مؤثر بر آن‌ها متفاوت است. به همین دلیل این مقیاس توسط محققان و پژوهشگران داخلی، براساس شرایط کشور بومی شده است و قابلیت استفاده از آن‌ها وجود دارد. این روش و کاربست این مقیاس در پژوهش‌هایی از جمله جلالی فراهانی (۱۳۸۹)، مشهدی و امینی (۱۳۹۴) و سلطانی، موسوی و زالی (۱۳۹۶) وجود دارد و پژوهش حاضر نیز از این مدل بومی شده استفاده نموده است.

محاسبه ریسک زیرساخت‌های حوزه انرژی که در جدول ۴ آمده است، نشان می‌دهد میزان ریسک زیرساخت‌های حوزه انرژی در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت در گروه اول قرار دارد و ریسک این زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت ۱ می‌باشد. اما از نظر

تهدیدات سخت میزان ریسک شبکه انتقال گاز، پست‌های تنظیم فشار گاز و انبار نفت و گاز در برابر تهدیدات سخت در رده ریسک درجه ۲ قرار می‌گیرند.

محاسبه ریسک زیرساخت‌های حوزه شبکه ارتباطات که در جدول ۵ آمده است، نشان می‌دهد میزان ریسک زیرساخت‌های حوزه ارتباطات به جز زیرساخت‌های فرودگاه‌های داخلی، بزرگراه‌ها و جاده‌های اصلی و پل‌های و سائط نقلیه و پل‌های آبرو، سایر زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت در گروه اول قرار دارد و ریسک این زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت ۱ می‌باشد. اما از نظر تهدیدات سخت میزان ریسک فرودگاه شهید صدوقی یزد، ایستگاه‌ها و خطوط اصلی راه‌آهن، بزرگراه‌ها و جاده‌های اصلی استان، شبکه فیبر نوری، آنتن‌های مخابراتی و ایستگاه‌های فرستنده امواج رادیو و تلویزیون در برابر تهدیدات سخت در رده ریسک درجه ۲ قرار می‌گیرند و فرودگاه‌های داخلی استان و پل‌های و سائط نقلیه و پل‌های آبرو در رده ریسک درجه ۳ قرار دارند.

محاسبه ریسک زیرساخت‌های حوزه مراکز پشتیبان که در جدول ۶ آمده است، نشان می‌دهد میزان ریسک زیرساخت‌های مراکز پشتیبان شامل بیمارستان‌های بزرگ، مراکز مهم اداری و مراکز نظامی و انتظامی در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت در گروه اول قرار دارد و ریسک این زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت ۱ است. اما از نظر تهدیدات سخت میزان همه زیرساخت‌ها به جز معادن استان در رده ریسک درجه ۲ قرار می‌گیرند و تنها معادن استان در رده ریسک درجه ۳ قرار دارند.

در نهایت پس از محاسبه میانگین ارزش زیرساخت‌های هر حوزه همراه با ارزش آسیب‌پذیری و تهدیدات در سه طبقه مجزای سخت، نیمه‌سخت و نرم، ارزش ریسک و درجه ریسک در محاسبه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۳ زیرساخت‌های حوزه انرژی در رابطه با تهدیدات سخت، نیمه‌سخت و نرم به ترتیب ارزش‌های ۲۷۷,۰۷ و ۳۸۷,۰۵ و ۳۹۳,۳۳ می‌باشد که دارای درجه ۱ می‌باشد. در حوزه زیرساخت‌های شبکه ارتباطات در برابر تهدیدات سخت و نیمه‌سخت با ارزش ریسک

۱۷۰,۸۳ و ۲۴۹,۸۲ درجه ریسک ۲ می‌باشد و در برابر تهدیدهای نرم ۲۵۴,۳۴ دارای ریسک درجه ۱ می‌باشد. در حوزه مراکز پشتیبان نیز ارزش ریسک تهدیدات سخت، نیمه‌سخت و نرم به ترتیب برابر با ۱۵۷,۶۶ و ۲۳۲,۸۲ و ۲۳۷,۱۱ می‌باشد و از این نظر در درجه ریسک ۲ قرار می‌گیرند.

جدول ۳. تعیین ریسک دارایی‌ها و زیرساخت‌های حوزه مراکز پشتیبان استان یزد در برابر تهدیدات

نام مراکز	ریسک تهدیدات سخت	ریسک تهدیدات نیمه سخت	ریسک تهدیدات نرم
حوزه شبکه انرژی	ارزش تهدید	۱۲	۱۵,۷
	ارزش دارایی	۵,۰۶	۵,۰۶
	ارزش آسیب‌پذیری	۶,۲۱	۶,۲۱
	ارزش ریسک	۲۷۷,۰۷	۳۸۷,۰۵
	درجه ریسک	۱	۱
حوزه شبکه ارتباطات	ارزش تهدید	۱۲	۱۵,۷
	ارزش دارایی	۳,۵۱	۳,۵۱
	ارزش آسیب‌پذیری	۶,۴۳	۶,۴۳
	ارزش ریسک	۱۷۰,۸۳	۲۴۹,۸۲
	درجه ریسک	۲	۲
حوزه مراکز پشتیبان	ارزش تهدید	۱۲	۱۵,۷
	ارزش دارایی	۳,۲۰	۳,۲۰
	ارزش آسیب‌پذیری	۶,۷۱	۶,۷۱
	ارزش ریسک	۱۵۷,۶۶	۲۳۲,۸۲
	درجه ریسک	۲	۲

بحث و نتیجه‌گیری

از آن‌چه که در پژوهش حاضر انجام شد و مورد بررسی قرار گرفت چنین می‌توان استنباط نمود که امروزه ماهیت جوامع به سمت شبکه‌ای شدن در حرکت است و حوزه زیرساخت‌ها نیز به واسطه پیشرفت‌هایی که در حوزه‌های مختلف فناوری حاصل شده است، از این امر مستثنی نمی‌باشد. این پیشرفت‌ها و شبکه‌ای شدن زیرساخت‌ها مزایای بسیاری برای جامعه داشته و رفاه و آسایش بیشتری را به همراه داشته است. اما از منظر تأمین امنیت جوامع و به‌طور ویژه تأمین امنیت زیرساخت‌ها، این شبکه‌ای شدن در صورت عدم رعایت الزامات ویژه‌ای، موجب آسیب‌پذیری‌های بیشتری در مقابل تهدیدات می‌باشد.

از سوی دیگر جذابیت حمله به زیرساخت‌ها نیز برای مهاجمان دوچندان خواهد بود. گام نخست در تأمین امنیت این زیرساخت‌ها و مدیریت وابستگی‌ها و کنش‌های متقابل زیرساختی، شناخت زیرساخت‌های مهم‌تر است. نتایج حاصله از این بررسی این کنش‌های متقابل در استان یزد نشان داد که در بین خوشه‌های زیرساختی، زیرساخت‌های انرژی بیشترین اهمیت، سپس خوشه زیرساخت‌های مراکز پشتیبان، شبکه ارتباطی و در نهایت خوشه زیرساخت‌های طبیعی قرار دارند. بنابراین میزان جذابیت زیرساخت‌های حوزه انرژی و سپس مراکز پشتیبان نسبت به سایر زیرساخت‌ها بیشتر است. بررسی میزان جذابیت زیرساخت‌ها و توجه به ماهیت زیرساخت‌های استان یزد که کنش‌های متقابل و تأثیرات بیشتری بر سایر زیرساخت‌ها دارد، نشان می‌دهد مرکز هسته‌ای شهید رضایی‌نژاد، شبکه انتقال گاز، شبکه انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی و انبار نفت و گاز حائز جایگاه مهم‌تری بوده‌اند.

در مرحله بعدی محاسبه ریسک زیرساخت‌های حوزه انرژی، شبکه ارتباطات و مراکز پشتیبان نشان داد که بخش زیادی از این زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت در گروه اول قرار دارد و بیشترین میزان ریسک را دارند.

بنابراین با توجه به نتایجی که مورد بررسی قرار گرفت می‌توان گفت زیرساخت‌های انرژی در این استان از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین دارایی‌ها و زیرساخت‌های استان بوده که در صورت بروز تهدید پیامدهای منفی بسیار زیادی به همراه دارد. تهدیدات مترتب بر این بخش بیشتر تهدیدات نرم و نیمه‌سخت بوده که می‌تواند در قالب حملات با بمب‌های الکترومغناطیسی، گرافیتی و همچنین حملات سایبری مورد هدف قرار گیرد. از این‌رو الزامات امنیتی این زیرساخت‌ها بایستی مصنوعی‌ای را در مقابل این تهدیدات تدارک ببیند. طبیعی است که از راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری در این حوزه رویکردها و سیستم‌های موازی‌سازی زیرساختی است که در کنار سیستم‌های اضطراری در مراکز حیاتی و حساس تکمیل می‌شود. بنابراین این راهکار به نوعی وجه بازدارندگی را نیز به همراه دارد. علاوه بر

این حملات سایبری که می‌تواند احتمال وقوع و تبعات بیشتری هم داشته باشد، نیازمند اقدامات دفاع سایبری در سیستم‌ها و سامانه‌های این زیرساخت‌ها می‌باشد.

در حوزه زیرساخت‌های نفت، گاز و سوخت نیز تهدیدات تروریستی، اقدامات خرابکارانه و با احتمال کمتری حملات هوایی و موشکی می‌تواند حوزه‌های تهدید این زیرساخت‌ها به‌شمار می‌رود. ویژگی این زیرساخت‌ها پیامدها و آثار ثانویه‌ای است که به‌همراه دارد. بنابراین رعایت شعاع امنیت و حریم این کاربری‌ها در کنار رویکردها و اقدامات کوچک‌سازی و پراکندگی مراکز خطر در گستره منطقه می‌تواند از آسیب‌پذیری این زیرساخت‌ها بکاهد و با کاهش میزان جذابیت‌های ناشی از کنش‌های متقابل زیرساختی، تداوم خدمت‌رسانی این زیرساخت‌ها به جامعه محقق گردد.

در حوزه زیرساخت‌های شبکه ارتباطات نیز قطع شدن ارتباطات زمینی، هوایی و اطلاع‌رسانی‌ها پیامدهای منفی بسیار زیادی در پی دارد. هرچند تنوع و گستردگی این ارتباطات و این امری را قدری دور از ذهن ساخته است اما قطع شدن سیستم‌های ارتباطی کاهش و توقف اطلاع‌رسانی‌ها، اعلام خطرها و دستورات ایمنی و امنیتی را به‌همراه خواهد داشت و این امر به معنای افزایش خسارات و تلفات می‌باشد. لذا رعایت مکان‌گزینی مراکز کنترل این زیرساخت‌های ارتباطی و همچنین تدارک امکان انتقال سیگنال‌های صوتی و تصویری به مراکز جایگزین، می‌تواند تهدیدات بمب‌گذاری و خرابکاری و به‌طور ویژه بمب‌های گرافیتی را تا حدود زیادی بی‌اثر کند.

پیشنهادات

بنابراین با توجه به نتایج حاصله از پژوهش و در راستای استفاده از اصول پدافند غیرعامل، توجیه امنیتی - راهبردی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توصیه می‌شود:

در زیرساخت‌های انرژی الکتریکی با توجه به نقش آن در تأمین نیازهای جامعه و وابستگی سایر عناصر زیرساختی، موازی‌سازی و تأمین سیستم پشتیبان به‌ویژه در شبکه‌های ۵۰۰، ۶۳۰ کیلوولت استان می‌تواند از اختلال گسترده جلوگیری کند.

ذخیره و تأمین مواد اولیه برای ادامه فعالیت سامانه‌ها و عناصر زیرساختی خدمات‌رسان حساس و حیاتی از جمله در زیرساخت‌های انبار نفت و گاز، سامانه‌های حمل و نقل هوایی و ریلی در استان نیز می‌تواند کارآمدی این عناصر را در صورت وقوع تهدید و جلوگیری از اختلال در سایر زیرساخت‌های وابسته، بالاتر ببرد. استفاده از اصل مقاوم‌سازی و استحکامات در زیرساخت‌های حیاتی و حساس به‌ویژه در بخش مرکزی استان؛

استفاده از سیستم‌های هشدار پیشرفته سریع، امن و مبتنی بر فناوری داخلی (بومی) می‌تواند تهدیدات مبتنی بر خرابکاری در زیرساخت‌های حساس و حیاتی را به حداقل برساند. این مسئله در استان یزد که در عمق استراتژیک کشور قرار گرفته و با توجه به قرارگیری در مسیر ترانزیت شمالی- جنوبی کشور و مجاورت با مرزهای شرقی، تهدید دارای جذابیت بیشتر برای استان محسوب می‌شود و سیستم‌های پیشرفته هشدار در جلوگیری از اقدامات سازمان‌یافته خرابکارانه می‌تواند نقش بارزی ایفا کند.

حراست و موانع فیزیکی در راستای جلوگیری از دسترسی سهل و ساده به زیرساخت‌های حیاتی و حساس مانند شبکه سراسری گاز، شبکه انتقال نفت و فرآورده‌های آن و شبکه برق فشار قوی استان نیز با توجه به ماهیت تهدیدات در استان یزد، باید مدنظر قرار گیرد.

در پایان انتظار می‌رود مسئله آموزش دست‌اندرکاران و مدیران و به‌ویژه مدیران ستاد بحران و شورای تأمین، در قالب برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی ویژه مدیریت زیرساخت‌های حیاتی و حساس برای ضمن ارتقاء بینش و توانمندی مدیران، به کاهش آسیب‌پذیری و جلوگیری از خسارت‌ها امیدوار بود.

فهرست منابع و مآخذ

الف. منابع فارسی

- استناداری یزد (۱۳۹۶). *گزیده شاخص‌ها و نماگرهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان یزد*. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان یزد.
- برنافر، مهدی و کاظم افزادی (۱۳۹۳). اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائه راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیرعامل، *فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۴ (۳۲): ۱۶۱-۱۷۹.
- برهانی، کاظم؛ اسمعیلی، شیوا (۱۴۰۰). آمایش دفاعی - امنیتی شهرها با بهره‌گیری از تحلیل فضایی آسیب‌پذیری کالبدی و نظامی (مطالعه موردی: شهر زاهدان)، *فصلنامه امنیت ملی*، ۱۱ (۳۹): ۴۰۵-۴۳۰.
- سلطانی، علی؛ موسوی، سید رضا؛ زالی، نادر (۱۳۹۶). تحلیل و ارزیابی ریسک زیرساخت‌های منطقه‌ای از منظر پدافند غیرعامل، نمونه موردی: منطقه صنعتی پارس یک جنوبی، *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۷ (۲۵): ۸۳-۹۶.
- جلالی فراهانی، غلامرضا (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر روش و مدل برآورد تهدیدات در پدافند غیرعامل، تهران، انتشارات دانشگاه جامع امام حسین (ع).
- مشهدی، حسن؛ امینی ورکی، سعید (۱۳۹۴). تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی، *فصلنامه مدیریت بحران*، شماره ۷ (ویژه‌نامه هفته پدافند غیرعامل). ۸۵-۶۹.
- نائینی، علی محمد (۱۳۸۹). بررسی تطبیقی تهدیدهای سه‌گانه سخت، نیمه‌سخت و نرم، *فصلنامه راهبرد دفاعی*، ۸ (۳۰): ۱۵۷-۱۷۷.
- نورالهی، حانیه؛ برزگر، اکرم؛ عوض آبادیان، فرشید؛ سلیمانی، عاطفه؛ علیخانی، آرزو (۱۳۹۴). ارائه الگوی ارزیابی خطرپذیری (ریسک) براساس تلفیق رویکردهای عملکردی و آمایشی در زیرساخت‌های حیاتی، *دوفصلنامه مدیریت بحران*، ۴ (۲): ۴۷-۵۶.

ب. منابع انگلیسی

- Abedi, A., Gaudard, L., & Romerio, F. (2018). Review of major approaches to analyze vulnerability in power system. *Reliability engineering & System safety*, 183, 153-172.

- Buldyrev, S. V., Parshani, R., Paul, G., Stanley, H. E., & Havlin, S. (2010). Catastrophic cascade of failures in interdependent networks. *Nature*, 464(7291), 1025.
- Chai, C.-L., Liu, X., Zhang, W., & Baber, Z. (2011). Application of social network theory to prioritizing Oil & Gas industries protection in a networked critical infrastructure system. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(5), 688-694.
- Hickford, A. J., Blainey, S. P., Hortelano, A. O., & Pant, R. (2018). Resilience engineering: theory and practice in interdependent infrastructure systems. *Environment Systems and Decisions*, 38(3), 278-291.
- Hokstad, P., Utne, I. B., & Vatn, J. (2012). *Risk and interdependencies in critical infrastructures*, London, Springer.
- Hsu, C.-C., Liou, J. J., & Chuang, Y.-C. (2013). Integrating DANP and modified grey relation theory for the selection of an outsourcing provider. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2297-2304.
- Huang, C. N., Liou, J. J., & Chuang, Y. C. (2014). A method for exploring the interdependencies and importance of critical infrastructures. *Knowledge-Based Systems*, 55, 66-74.
- Johansson, J., & Hassel, H. (2008). A model for vulnerability analysis of interdependent infrastructure networks. *Paper presented at the European Safety and Reliability Conference (ESREL)/17th Annual Meeting of the Society-for-Risk-Analysis-Europe (SRA-Europe)*.
- Lu, L., Wang, X., Ouyang, Y., Roningen, J., Myers, N., & Calfas, G. (2018). Vulnerability of interdependent urban infrastructure networks: Equilibrium after failure propagation and cascading impacts. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 33(4), 300-315.
- Ouyang, M. (2014). Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. *Reliability engineering & System safety*, 121, 43-60.
- Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE control systems magazine*, 21(6), 11-25.
- Webster, M. (2003). *Merriam-Webster's collegiate dictionary*: Merriam-Webster Springfield, MA.