آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۶۳-۳۱

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان یزد با رویکرد پدافند غیرعامل

محمدتقی رضویان[۱]، مهدی علیان[۲*]، حسین رستمی[۳]

۱. استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران، ایران
۳. کارشناسی ارشد جغرافیا، سازمان پدافند غیرعامل کشور، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵)

چکیده

امروزه زیرساخت‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در فرایند امن هر جامعه دارند و حفظ امنیت زیرساخت‌ها در برابر حمله‌ها و تهدیدها، از اولویت‌های امنیتی هر کشور است. بر همین اساس، شناخت وضعیت کنونی و میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در مقیاس منطقه‌ای می‌تواند به‌عنوان راهکاری کارآمد، به تدوین راهبردهای منطقه‌ای و در نهایت، ملی بینجامد. در این زمینه، پژوهش حاضر با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی، پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، به سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان یزد با رویکرد پدافند غیرعامل اقدام کرده است. فرایند تحلیل به دلیل برهم‌کنش‌های زیرساختی با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد حدود ۵۱ درصد از پهنهٔ استان در وضعیت آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد هستند. در این میان، بیشترین آسیب‌پذیری به بخش مرکزی استان، یعنی شهرستان‌های یزد و میبد مربوط است که به دلیل رعایت‌نکردن اصول پدافند غیرعامل، مرکزیت سیاسی- اداری و جغرافیایی و شرایط محیطی مساعدتر زیست، به تراکم و تمرکز زیرساخت‌های بیشتر در این نواحی و در نتیجه، آسیب‌پذیری بیشتر منجر شده است.

واژگان کلیدی

استان یزد، آسیب‌پذیری، برهم‌کنش‌های زیرساختی، پدافند غیرعامل، زیرساخت.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: m.alian_87@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مسئله

فضای سرزمینی کشور ما در معرض انواع تهدیدهایی است که در شقوق مختلف اقتصادی، اجتماعی و امنیتی می‌توانند باعث به‌وجودآمدن مشکلات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی شوند و امنیت ملی را تهدید کنند (امیری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۳۴). درواقع، نبود امنیت باعث ایجاد بحران در جوامع خواهد شد (میمندی پاریزی و کاظمی‌نیا، ۱۳۹۴: ۱۲۰). بدین روی، تأمین امنیت با رویکرد پدافند غیرعامل که در غیاب آن توسعه و پویایی کشور غیرممکن خواهد بود، نگاهی ویژه‌ای می‌طلبد. در این میان زیرساخت‌ها نقشی تعیین‌کننده در فرایند توسعهٔ هر کشور ایفا می‌کند و حفظ امنیت زیرساخت‌ها در برابر حملات و تهدیدها، از اولویت‌های امنیتی هر کشور است. اجتناب‌ناپذیربودن و طیف گستردهٔ تهدیدهای بالقوه و بالفعل کانون های بحران در پیرامون کشور، لزوم تمهیدات پدافند غیرعامل را بیش از پیش نشان می‌دهد (کامران و حسینی امینی، ۱۳۹۱: ۳). به بیان دیگر، آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و سوءاستفاده از این آسیب‌پذیری‌ها می‌تواند به مختل‌شدن خدمات‌رسانی آنها و تبعات شدیدی مانند کشته‌شدن انسان‌ها، زیان‌های اقتصادی و حتی آسیب‌رسیدن به امنیت ملی منجر شود (Simion et al., 2010: 59; Hang et al., 2014: 66).

بر اساس نظریهٔ آسیب‌پذیری و ویژگی‌های مفهومی آن، در هر فضایِ زیستی، مقدار معینی از خطرپذیری وجود دارد؛ اما سطوح و دامنهٔ آسیب‌پذیری و ایمنی در سطوح شهر یا منطقه (استانی) یکنواخت توزیع نشده است؛ زیرا توزیع فضایی زیرساخت‌ها متفاوت است. با استناد به نظریهٔ آسیب‌پذیری، احتمال بروز حوادث و مخاطرات برای برخی از زیرساخت‌ها در بخش‌های خاصی از سطح منطقه همواره بیشتر از سطوح دیگر است. این زیرساخت‌ها را حادثه‌پذیر، مستعد حادثه یا زیرساخت‌های آسیب‌پذیر و در معرض خطر می‌نامند (امینی‌ورکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۸).

آسیب‌رسیدن به این زیرساخت‌ها، علاوه بر برهم‌خوردن تعادل سیستم‌های شهری و منطقه‌ای به چالش‌های جدی جامعهٔ ساکن در فضا و تولید بحران در جامعه منجر می‌شود (صارمی و حسینی امینی، ۱۳۹۰: ۵۶). بنابراین، آسیب‌پذیری اصطلاحی است که برای نشان‌دادن وسعت و میزان خسارت احتمالی براثر وقوع بحران در زیرساخت‌ها به کار می‌رود. بر همین اساس، شناخت کانون‌های آسیب‌پذیر برای تأسیسات و مراکز ثقل کشور، سبب جلوگیری از بروز خسارت زیاد به

Archive of SID

www.SID.ir

این مراکز حیاتی، حساس و مهم در زمان بروز بحران‌های احتمالی خواهد شد. لازمهٔ این امر در درجهٔ نخست، به شناخت وضعیت کنونی و میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها وابسته است که در مقیاس منطقه‌ای و در قالب بررسی‌های استانی می‌تواند به‌عنوان راهکاری کارآمد به تدوین راهبردهای منطقه‌ای و در نهایت ملی منجر شود.

ملاحظات دفاعی و امنیتی استان یزد حاکی از آن است که علی‌رغم مرزی‌نبودن این استان، به دلیل وجود کریدورهای متعدد ترانزیت و قاچاق مواد مخدر، امنیت کلی استان و به‌طور ویژه امنیت زیرساخت‌های استان، در معرض تهدیدهای بالقوه‌ای هستند و ضروری است برای مهار این تهدیدها و مخاطرات و به‌منظور ایجاد فضای امن توسعه در استان، شناخت و ارزیابی خطرپذیری زیرساخت‌های استان به‌عنوان مهم‌ترین عناصر گردش اقتصادی استان و کشور در دستور کار قرار گیرد و به‌عنوان راهنمای مدیران و دست‌اندرکاران در اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی برای کاهش خطر، نقش خود را ایفا کند.

با توجه به مطالب فوق این سؤال در ذهن نقش می‌بندد که چگونه و با چه اقداماتی می‌توان از زیرساخت‌ها در مقیاس‌های منطقه‌ای و استانی به نحو مطلوب حفاظت کرد؟

با توجه به تهدیدهای مختلفی که کشور ما با آن مواجه است، لازم است درخصوص سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها به‌عنوان شریان‌های حیاتی هر استان و کشور توجه کرد و شناخت حاصل از میزان آسیب‌پذیری را برای ایجاد مصونیت‌های زیرساختی به کار گرفت.

این امر با کاربست فناوری اطلاعات ازجمله سامانهٔ 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 زیرساخت‌های استان یزد، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق استراتژیک مرکزی کشور که دارای مراکز جمعیتی بزرگ مثل شهرهای یزد، میبد و اردکان و زیرساخت‌های مهم کشور است، مبادرت خواهد کرد و در تلاش خواهد بود ضمن یافتن پاسخ برای «آسیب‌پذیرترین زیرساخت‌ها و پهنه‌های استان یزد»، راه را برای برنامه‌ریزی اقدامات مناسب برای کاهش خطرپذیری در استان یزد هموار سازد.

Archive of SID

www.SID.ir

پیشینهٔ پژوهش

مطالعهٔ سوابق پژوهش و اطلاعات حاصل از آن، راهنما و مکمل مطالعه است و اشراف بیشتری به محقق ارائه می‌کند، بر اطلاعات او درزمینهٔ موضوع می‌افزاید، متغیرهای مدنظر در مطالعه را دقیق‌تر شناسایی می‌کند و روابط علی- معلولی آنها را بهتر درمی‌یابد (حافظ‌نیا، ۱۳۷۱: ۷۴-۷۳).

همان گونه که می‌دانیم، ایمنی و امنیت در برابر تهدیدها از اصول ابتدایی در جهت دستیابی به استانداردهای مطلوب آسایش جامعه بوده و اصولاً توجه به دفاع غیرعامل سکونتگاه‌ها در مقابل انواع تهدیدها امری است که از آغاز شکل‌گیری سکونتگاه‌ها همواره کانون توجه بوده است (ابوالحسنی، ۱۳۸۴: ۴). اما امروزه، ظرفیت خشونت‌های فاجعه‌بار علیه سکونتگاه‌ها و زندگی افراد جامعه، به موازات تغییر در الگوهای زندگی، به سوی سیستم‌ها، شبکه‌ها و زیرساخت‌های پیچیدهٔ این سکونتگاه‌ها که از مقیاس ملی نشئت گرفته‌اند، روزبه‌روز در حال گسترش است (یزدانی و سیدین، ۱۳۹۵: ۱۸).

در ایران نیز از سال ۱۳۸۲ بنا به اشارهٔ مقام معظم رهبری، مبنی بر ضرورت توجه به موضوع پدافند غیرعامل، سازوکار اجرایی این رویکرد تشکیل شد و پس از آن، حوزه‌های پژوهشی نیز به این سمت سوق یافت. در برنامهٔ چهارم توسعه نیز با فراهم‌کردن نیازمندی‌های قانونی آن در بند ۱۱ مادهٔ ۱۲۱ (معاونت پژوهش، تدوین و تنقیح قوانین و مقررات ریاست‌جمهوری، ۱۳۸۳: ۱۳۹) و سپس در مواد ۱۹۸ و ۱۹۹ برنامهٔ پنجم توسعهٔ کشور (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست‌جمهوری، ۱۳۸۹: ۲۱۸)، این مسئله به‌طور جدی و با پشتوانهٔ قانونی جایگاه ویژه‌ای یافت و به‌دنبال آن، پژوهش‌های علمی نیز به‌دنبال پاسخ‌گویی به این نیاز حرکت سریع‌تری پی گرفت.

در همین راستا، پژوهش‌های علمی متعددی درزمینهٔ پدافند غیرعامل، اصول و ملاحظات آن در آمایش‌های شهری و منطقه‌ای انجام گرفت که در ادامهٔ جدول ۱ و جدول ۲ به برخی از پژوهش‌های صورت‌گرفته در این حوزه اشاره می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. پژوهش‌های خارجی مرتبط با آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها

نویسندگان	سال	تشریح پژوهش
پی‌ووار و همکاران[1]	۲۰	در پژوهش خود لزوم استفاده از ابزار مناسب برای تحلیل میزان آسیب‌پذیری در زمان مواجه‌شدن با خرابکاری‌ها را بیان می‌کنند. سپس با مرور روش‌های متفاوت و مرتبط با مسئلهٔ خرابکاری‌ها، فرایندی برای تحلیل آسیب‌پذیری مجموعه‌ای از زیرساخت‌ها با تأکید بر تجمع‌های انسانی ارائه می‌دهند.
پل‌جانسک و همکاران[2]	۲۰	در پژوهش خود با ارزیابی سیستماتیک از آسیب‌پذیری زیرساخت‌های وابسته به هم، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، شبکه‌های برق و گاز را در سراسر اروپا از نظر آسیب‌پذیری بررسی و ارزیابی کرده و نقاط آسیب‌پذیر قاره را شناسایی کردند.
ونگ و همکاران[3]	۲۰	در این مقاله پژوهشگران معتقدند از آنجا که سیستم‌های زیرساختی گوناگون، بخش‌ها و ویژگی‌های عملکردی متفاوتی دارند، راه‌حل جهانی و همه‌جانبه‌ای برای تحلیل مسئلهٔ آسیب‌پذیری سیستم‌های وابسته به هم وجود ندارد. در همین راستا، به طراحی استراتژی‌های چهارجانبه بر اساس فاصله، جدایی، درجه و ضریب خوشه‌بندی اقدام کرده‌اند و سپس دو نوع از آسیب‌پذیری یعنی آسیب‌پذیری بلندمدت[4] و آسیب‌پذیری متمرکز[5] را ارائه می‌دهند.
مارن و همکاران[6]	۲۰	پژوهشگران به طراحی و مدل‌سازی زبانی برای تحلیل آسیب‌پذیری در برنامه‌های کاربردی حفاظت از زیرساخت‌های اساسی پرداختند و مدل طراحی‌شدهٔ خود را در سیستم‌های حفاظت فیزیکی از ایستگاه‌های راه‌آهن پیاده‌سازی و آزمایش کردند.
وایت و همکاران[7]	۲۰	این پژوهش با ارائهٔ مدلی برای ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها[8] همراه با مقیاسی از ریسک استراتژیک، احتمال شکست دارایی‌ها در مقابل حمله‌های انتحاری با استفاده از نظریهٔ بازی‌ها[9] ارائه می‌دهد. مبنای تحلیل‌های این مدل براساس تحلیل‌های هزینه- فایده است و به توسعهٔ ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری منجر می‌شود که سطوح ریسک موجود را انتقال می‌دهد. همچنین به ارزیابی آلترنیتیوهای (گزینه‌های) اقدامات حفاظتی و نمایش راه‌های کاهش ریسک از طریق رویکردهای محاسباتی چندجانبه در راستای ارزیابی استراتژی‌های کاهش ریسک می‌پردازد.

1. Piwowar, Julien, Eric Chatelet, Patrick Laclemence
2. K. Poljanšek, F. Bono, E. Gutiérrez
3. Wanga, Shuliang, Liu Honga,, Xueguang Chen
4. long-term vulnerability
5. focused vulnerability
6. Stefano Marrone, Roberto Nardone, Annarita Tedesco, Pasquale D'Amor, Valeria Vittorini, Roberto Setola, FrancescaDeCillis, Nicola Mazzocca
7. Richard White, Terrance Boult, Edward Chow
8. Asset Vulnerability Model(AVM)
9. game theory

Archive of SID

www.SID.ir

در پژوهش‌هایی که در کشور انجام شده است و مرتبط با موضوع است، به مـوارد زیـر اشـاره می‌شود:

جدول ۲. پژوهش‌های داخلی مرتبط با آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها

نویسندگان	سال	تشریح پژوهش
رضایی و سرکارگر اردکانی	۱۳۹۰	این پژوهش، تخریب محیط زیست منطقهٔ شمال کشور را از منظر پدافند غیرعامل تهدیدی برای این منطقه می‌داند که به ایجاد طبقهٔ جدید اجتماعی منجر شده و اقتصاد گردشگری منطقهٔ شمال را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد.
برنافر و افرادی	۱۳۹۳	در پژوهشی با عنوان «اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائهٔ راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیرعامل» با مطالعهٔ شهر بندر انزلی به‌عنوان شهری ساحلی و با عملکرد مناسب اقتصادی، در نهایت با استفاده از مدل استراتژیک SWOT ، راهبردهای دفاعی مناسب ازجمله توسعه و ایجاد فضاهای امن در مراکز مهم، ایجاد مراکز مهم متعدد به‌جای مراکز حساس منفرد، کاهش خطر ناشی از کاربری‌های مهم خطرزا و پراکنش مراکز مهم در شهر برای این شهر پیشنهاد داده‌اند.
عبدالهی و همکاران	۱۳۹۳	این پژوهش به توسعهٔ مفهوم اندرکنش و ارائهٔ روشی برای استفاده از تحلیل‌های اندرکنشی در برنامه‌ریزی مدیریت بحران شهری پرداخته است. نتایج پژوهش آنها حاکی از آن است که در این روش میزان حساسیت پهنه‌های شهری با توجه به دو عامل میزان حساسیت دارایی‌ها و تجمع آنها در یک پهنهٔ شهری باید مدنظر قرار گیرد. علاوه بر این، میزان حساسیت هر دارایی از تلفیق سه اندرکنش فیزیکی، زمانی و جغرافیایی محاسبه شده و در برنامه‌ریزی‌ها همراه با توجه به پهنه‌های جغرافیایی مدنظر قرار گرفته است.
میمندی پاریزی و کاظمی‌نیا	۱۳۹۴	این پژوهش با تأکید بر تأسیسات حیاتی و تهدیدپذیر و با استفاده از سه شاخص تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه و نسبت فضاهای پر و خالی، آسیب‌پذیری شهر کرمان را بررسی و پهنه‌بندی کرده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد منطقهٔ ۳ به دلیل استقرار کاربری‌های حیاتی، آسیب‌پذیرترین منطقهٔ شهر و منطقهٔ ۴، به دلیل تراکم جمعیتی و کیفیت بهتر ابنیه، امن‌ترین منطقهٔ شهر است.
مشهدی و امینی ورکی	۱۳۹۴	این پژوهش به ارائهٔ چارچوبی برای ارزیابی تهدیدها، آسیب‌پذیری و خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی کشور مبادرت می‌پردازد و ضمن برشماری شاخص‌ها و تبیین آن، برآورد کمّی از مؤلفه‌های ریسک را به استفاده از منطق فازی و بر اساس اصل تبدیل مباحث توصیفی- کیفی به اعداد کمّی منوط می‌داند.
امان‌پور و همکاران	۱۳۹۵	در پژوهش خود در مقیاس شهر کوهدشت، پس از بررسی کاربری‌های حیاتی و حساس، از طریق مدل ترکیبی FAHP_GIS و توابع هم‌پوشانی، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری را تهیه کرده‌اند. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد حدود ۶۸ درصد از پهنهٔ شهر کوهدشت در وضعیت آسیب‌پذیر قرار دارد.

مروری بر پژوهش‌های ارزشمند نشان می‌دهد تاکنون مطالعات زیادی درزمینهٔ احداث، توسعه، نگهداری و بهره‌برداری زیرساخت‌ها انجام شده است؛ اما ویژگی بیشتر این مطالعات، اتخـاذ نگـاه بخشی و بررسی زیرساخت خاص، صرف‌نظر از بـرهم‌کـنش‌هـای زیرسـاختی بـوده اسـت. نگـاه

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه‌ای به زیرساخت‌ها و ملاحظهٔ آن به‌عنوان «سیستمی از سیستم‌ها» درخور توجه است. درنظرنگرفتن تعاملات و وابستگی‌های بین زیرساخت‌های حیاتی و حساس می‌تواند منبع افزایش تهدیدها و بحران‌ها و کاهش اثربخشی و کارایی شبکهٔ زیرساخت‌های هر منطقه یا کشور باشد. علاوه بر این، اکثر پژوهش‌ها در مقیاس شهر به بررسی و تحلیل پرداخته‌اند و کمتر به آسیب‌پذیری در سطوح منطقه‌ای و استانی و مراکز حیاتی و حساس در مقیاس منطقه‌ای پرداخته شده است. پژوهش حاضر سعی کرده است این خلأهای پژوهشی را تکمیل کند. بر همین اساس، از نظر مقیاس در سطح منطقه‌ای و از نظر روش تحلیلی با نگاه به بحث اندرکنش‌های زیرساختی در فرایند ارزیابی آسیب‌پذیری استان یزد می‌پردازد.

بنیادهای نظری پژوهش

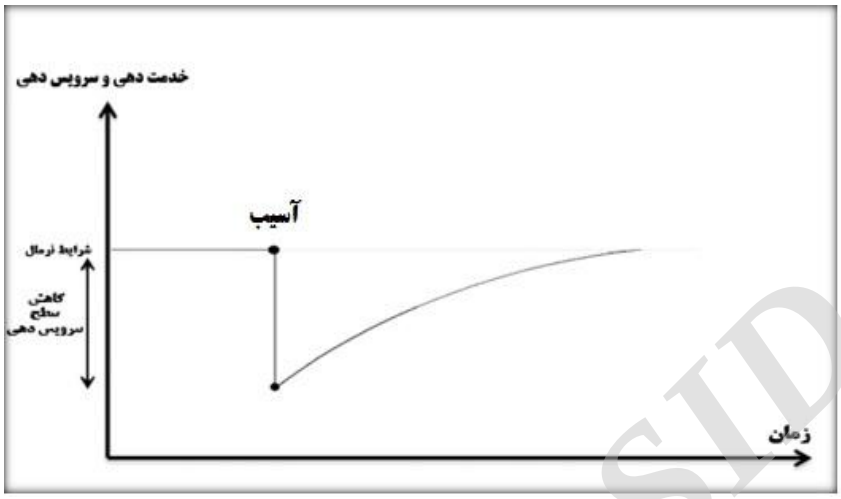
آسیب و آسیب‌پذیری

ازکارافتادن مراکز شهری و تأسیسات مهم و حیاتی به‌عنوان قلب هر نظام به برهم‌خوردن و تعادل سیستم‌های شهری و بروز دشواری‌های مختلف در حیات جوامع انسانی منجر می‌شود که کنترل و تداوم شرایط جامعهٔ ساکن در فضا را با چالش جدی و بحران مواجه می‌کند (میمندی پاریزی و کاظمی‌نیا، ۱۳۹۴: ۱۲۰). در همین راستا آسیب، صدمه یا خسارتی است که به کاهش ارزش کارایی برخی از مکان‌ها یا اجزای یک جامعه منجر می‌شود و می‌تواند در پی آن، سلامت یا فعالیت‌ها و روند زندگی افراد را متأثر سازد (احدنژاد، ۱۳۸۸: ۲۹). اختلال در شرایط نرمال هر جامعه یا مجموعه را می‌توان به صورت شماتیک در قالب شکل ۱ نمایش داد.

آسیب‌پذیری اغلب به ظرفیت برای خسارت (Cutter et al., 1998: 531)، درجه و میزان تخریب در عامل یا گروهی از عوامل که از وقوع هر پدیده حاصل می‌شود (Little et al., 2004: 497) یا به ظرفیت‌نداشتن کافی جامعه برای رویارویی در برابر تهدیدها و مخاطرات تعریف می‌شود که بر پایهٔ موقعیت افراد و گروه‌ها در دنیای فیزیکی و اجتماعی استوار است (clark et al., 1998: 61).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. آسیب در مجموعه یا سیستم

به‌طور کلی می‌توان گفت آسیب‌پذیری عبارت است از میزانی از خسارت به عنصری معین در معرض خطر که اغلب بر روی بُرداری از صفر (بدون خسارت) تا یک (خسارت و تخریب کامل) قرار دارد. شایان ذکر است آسیب‌پذیری پدیده‌ای ایستا نیست، بلکه فرایندی پویاست که احتمال و میزان ضرر و زیان عوامل مخرب را تغییر می‌دهد و بر آنها اثرگذار است (Ghafory Ashtyani, 2005: 1).

اگر آسیب‌پذیری را درجه یا سطحی بدانیم که یک نظام به علت فشارهای وارده مستعد پذیرش آسیب است، مطابق با دیدگاه حاکم در علوم انسانی، این درجه به‌طور ویژه در ارتباط با دو عامل تعیین می‌شود:

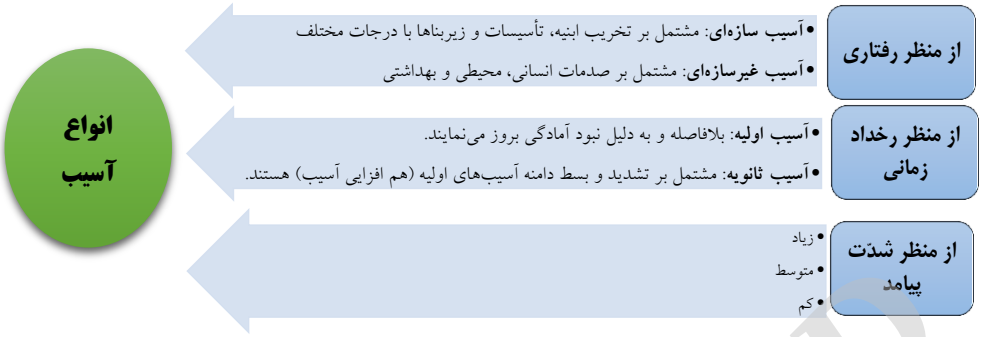
۱. سامانه‌های مواجهه با بحران، فشار و تهدید؛

۲. ناتوانی نظام برای غلبه بر بحران (محمدی ده‌چشمه، ۱۳۹۲: ۱۶).

در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و تحلیل‌های کلان از تئوری آسیب‌پذیری تعاریف عمومی‌تری بیان شده است و برای رتبه‌بندی کیفی آسیب‌پذیری آن را با معیارهای گوناگونی تقسیم‌بندی می‌کنند (Pelling, 2003: 18). اما به‌طور کلی، آسیب‌های محیطی را می‌توان بر مبنای معیارها و ملاک‌های گوناگون طبقه‌بندی کرد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. گونه‌های آسیب (منبع: جمع‌بندی و ترسیم از نگارندگان با اقتباس از داعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۳ و امینی‌ورکی، ۱۳۹۳: ۸)

از آنجایی که جامهٔ امروزی بسیار پویاست و توسعهٔ تکنولوژیک و ظهور تهدیدهای جدید به‌سرعت اتفاق می‌افتد، بسیار مهم است اقدامات مدیریت ریسک به صورت کنشی و نه واکنشی صورت گیرد (Johansson and Hassel, 2010: 1336). ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها درواقع تحلیلی از کارایی زیرساخت و سیستم‌ها در مواجهه با تهدیدها برای شناسایی ضعف‌های زیرساخت‌هاست و راه‌های اصلاحی که برای کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها می‌تواند طراحی یا اجرا شود، معرفی می‌کند (مشهدی، ۱۳۹۰: ۵۲). این آسیب‌پذیری از منظر شاخص‌های آمادگی، کارایی، ضعف فنی، امکانات و ضعف‌های حفاظتی متغیر است.

زیرساخت و اندرکنش‌های زیرساختی

برای واژهٔ زیرساخت تعاریف متنوعی وجود دارد. دایرةالمعارف وبستر[1] این واژه را چنین تعریف می‌کند: «سیستمی از تأسیسات عمومی هر کشور، ایالت یا منطقه»، «منابع (پرسنلی، ساختمانی یا تجهیزات) مورد نیاز برای انجام فعالیت» و «شالودهٔ اساسی و چارچوب بنیادی سیستم یا سازمان» (www.merriam-webster.com/dictionary /infrastructure). کمیسیون حفاظت از زیرساخت‌های بحرانی آمریکا[2] زیرساخت را «شبکه‌ای از سیستم‌ها و فرایندهای مستقل و ساختهٔ دست بشر تعریف می‌کند که به صورت مشارکتی و سینرژیک برای تولید و توزیع جریان پیوسته‌ای از کالاها

1. webster
2. president's commission on critical infrastructure protection

Archive of SID

www.SID.ir

و خدمات ضروری عمل می‌کند» (Rinaldi et al., 2001: 12).

واژه‌نامهٔ امریکن هریتیج نیز در تعریف زیرساخت به تسهیلات، خدمات و تأسیسات مورد نیاز جامعهٔ کارآمد ازجمله سیستم‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، آب و برق و مؤسسه‌های عمومی نظیر مدارس، دفاتر پستی و زندان‌ها اشاره می‌کند (مشهدی، ۱۳۹۴: ۹). پس به طور کلی، زیرساخت‌ها بسترهای مهم حیات، رشد و پویایی جوامع به شمار می‌روند. برخورداری از زیرساخت‌های قوی فیزیکی، اطلاعاتی، انرژی و... با توزیع مناسب در گسترهٔ کشور نقش اساسی در توسعهٔ اقتصادی، افزایش رفاه اجتماعی، ارتقای توان دفاعی و امنیتی و... دارد و کشورهای مختلف با توجه به ضرورت‌ها و اولویت‌های خود، تعاریف متنوعی از زیرساخت‌های حیاتی ارائه می‌کنند و تعاریف مختلف موجب مصادیق گوناگونی می‌شوند.

اما مسئله‌ای که از منظر پدافند غیرعامل بسیار مهم است، بحث اندرکنش‌های زیرساختی است. رینالدی و همکاران (۲۰۰۱) اندرکنش میان زیرساخت‌ها را به‌مثابه رابطهٔ دوطرفه[1] میان زیرساخت‌ها یا وابستگی یک‌طرفه میان زیرساخت‌ها تعریف می‌کنند. رابطهٔ دوطرفه بدین معناست که وضعیت یک زیرساخت سایر زیرساخت‌ها را تحت تأثیر قرار دهد یا با توجه به وضعیت زیرساخت‌های دیگر تحت تأثیر آنها قرار گیرد (Hokstad, Utne, Vatn, 2012: 2).

رینالدی[2] و همکاران، در طبقه‌بندی‌ای وابستگی متقابل زیرساخت‌ها را به چهار دسته تقسیم می‌کنند:

- ✓ **وابستگی فیزیکی**: در این نوع وابستگی خروجی سیستم به‌عنوان ورودی سیستم دیگر استفاده می‌شود و برعکس.
- ✓ **وابستگی سایبر**: در این نوع وابستگی، حالت سیستم به اطلاعاتی وابسته است که از طریق زیرساخت اطلاعاتی تأمین می‌شود.
- ✓ **وابستگی جغرافیایی**: دو یا چند سیستم به دلیل مجاورت جغرافیایی تحت تأثیر یک رویداد قرار می‌گیرند.

1. Bidirectional relationships
2. Rinaldi

Archive of SID

www.SID.ir

- ✓ **وابستگی منطقی:** این نوع وابستگی، به وابستگی‌هایی که در انواع وابستگی قبلی جای نمی‌گیرد، اطلاق می‌شود (Hokstad, Utne, Vatn, 2012: 3). در این زمینه پژوهش حاضر سعی کرده است با مدنظر قراردادن انواع مختلف روابط و وابستگی‌های بین زیرساخت‌ها و الگوی تعاملات میان آنها، سازوکارهایی برای کاهش ضریب کلی آسیب‌پذیری شبکهٔ زیرساختی استان یزد بیابد.

رویکردهای حفاظت از زیرساخت‌ها

به طور کلی، دو رویکرد در حفاظت از شبکهٔ زیرساخت‌های کشور عبارت است از حفاظت فیزیکی و قابلیت ارتجاع. رویکرد جدید در نگهداری و امنیت شبکهٔ زیرساخت‌ها گذار از حفاظت فیزیکی با قابلیت ارتجاع و بازیابی است که اولی مبتنی بر فرضیات رویکرد سخت و دومی براساس رویکرد نرم به امنیت شبکه است. حالت ارتجاعی زیرساخت عبارت است از توانایی سیستم برای جذب شوک یا ضربه و خروج از حالت اختلال؛ به طوری که به‌سرعت سطح سرویس خود را به میزان اولیه یا نزدیک به آن بازگرداند (O'Rourke, 2007: 23). قابلیت ارتجاع بیشتر به فرایندها مربوط می‌شود تا به دارایی‌های فیزیکی منفرد (Pommerening, 2007: 6).

جدول ۳. تفاوت‌های بین رویکردهای حفاظت فیزیکی و قابلیت ارتجاع

ویژگی‌ها	حفاظت فیزیکی	قابلیت ارتجاع
فعالیت طراحی‌شده	استحکام ساختارها	طراحی مجدد فرایندها
حوزهٔ تمرکز	تمرکز بر دارایی‌ها	تمرکز بر خدمات
معیارهای مطلوب	مطلق (صفر و یک)	شرطی
ارزش پیشنهادی	هزینه‌محور	نفع‌محور
حالت امنیتی	واکنش	کنش
نوع اختلال	شکست ناگهانی	خرابی تدریجی
نیاز بودجه‌ای	سرمایه‌گذاری کوتامدت	سرمایه‌گذاری بلندمدت
ویژگی شبکه	مجزا و منفرد	دارای وابستگی متقابل
تعامل سیستم	خطی	پیچیده
اتصال جفتی	سست	سخت و محکم

منبع (Pommerening, 2007: 6)

Archive of SID

www.SID.ir

مرور تجربه‌های کشور ما نشان می‌دهد تهدیدها و اقدامات خصمانهٔ برخی دولت‌های خارجی در قبال ایران، محدود به حملات نظامی نبوده و در مقاطع زمانی مختلف حوزه‌های گوناگونی ازجمله حمل‌ونقل هوایی، دریانوردی، بانکداری، فناوری اطلاعات و غیره، عرصه‌های تجاوز به زیرساخت‌های اساسی کشورمان بوده است. علاوه بر این، حفظ آمادگی بسیار در مقابل تجاوز احتمالی نظامی نیز از لحاظ منطقی ضروری است. در کنار تهدیدهای خارجی، بلایای طبیعی نیز مانند سیل و زلزله و... در جای خود می‌تواند آغازگر جریانی از اختلال‌های مخرب در شبکهٔ زیرساخت‌های کشور باشد و روند طبیعی جامعه را با مشکل مواجه کند. همچنین بروز اختلال‌هایی در زیرساخت‌ها می‌تواند بدون وجود تهدیدهای بیرونی و براثر نقص فنی یا خطای انسانی درون زیرساخت ایجاد شود.

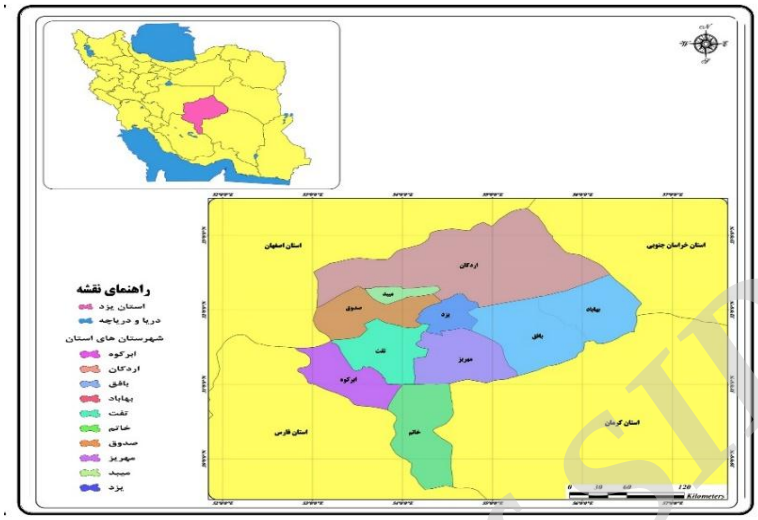
بر این اساس، اتخاذ روش‌هایی برای کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی کشور و محدودکردن دامنهٔ انتشار عوارض ناشی از اختلال در زیرساخت ضروری است. در این راستا، پژوهش حاضر سعی کرده است با مدنظر قراردادن انواع مختلف روابط و وابستگی‌های بین زیرساخت‌ها و الگوی تعاملات میان آنها، سازوکارهایی برای کاهش ضریب کلی آسیب‌پذیری شبکهٔ زیرساختی استان یزد بیابد.

شناخت محدودهٔ مورد مطالعه

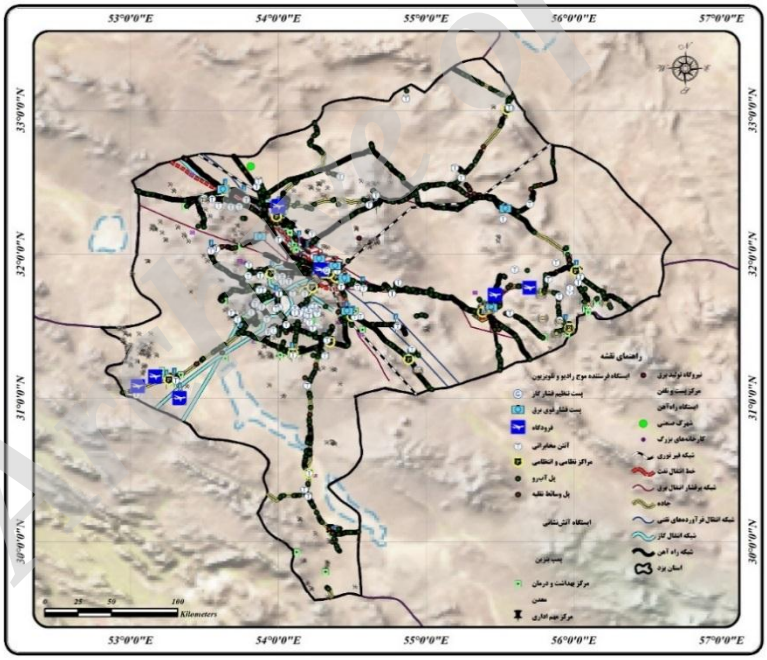
استان یزد در بخش مرکزی فلات ایران واقع است و به لحاظ قرارداشتن در مرکز کشور (کریدور ارتباطی شمال– جنوب و شرق– غرب) و هم‌جواری با استان‌های فارس، کرمان، اصفهان و خراسان، به‌عنوان یکی از مراکز ثقل کشور مطرح است. این استان از نظر تقسیمات سیاسی دارای ۱۰ شهرستان است (شکل ۳) که اردکان با حدود ۲۳هزار کیلومترمربع، وسیع‌ترین شهرستان و میبد با حدود ۱۲۰۰ کیلومترمربع، کوچک‌ترین شهرستان است و براساس سرشماری سال ۱۳۹۰، حدود ۱۰۵۷۷۸۸ نفر جمعیت دارد (استانداری یزد، ۱۳۹۴: ۱۵). شکل ۴ نیز زیرساخت‌های استان یزد را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. موقعیت و تقسیمات سیاسی استان یزد



شکل٤. نقشهٔ زیرساخت‌های استان یزد

www.SID.ir

روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق

روش تحقیق معمولاً مبتنی بر ماهیت موضوع و اهداف هر تحقیق تنظیم می‌شود. طی مراحل مختلف پژوهش حاضر سعی شده است با شناخت علمی و سیستماتیک، زیرساخت‌های مهم استان یزد بررسی شود و درنهایت، با شناخت و ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان، زمینهٔ کاهش آسیب‌های احتمالی فراهم شود. بر همین اساس، پژوهش حاضر از منظر هدف در ردهٔ پژوهش‌های کاربردی و از نظر روش جزء پژوهش‌های توصیفی- تحلیلی محسوب می‌شود. اطلاعات مورد نیاز در بخش منابع و مبانی نظری با استفاده از روش کتابخانه‌ای و اسنادی و اطلاعات مکانی نیز با استفاده از آخرین نسخهٔ به‌روزرسانی لایه‌های اطلاعاتی استان در سال ۱۳۹۴ و با مراجعه به استانداری یزد به دست آمده است.

شاخص‌ها و معیارهای پژوهش

شاخص‌ها، نماگرها و معیارها می‌توانند با ساده‌سازی، واضح‌کردن و دربرداشتن مجموعه‌ای از اطلاعات در وضعیت موجود برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان، زمینه‌ساز تصمیمات کارا و مؤثر باشند. بر همین اساس، با توجه به تفاوت در نگرش و دیدگاه‌های محققان و سیاست‌گذاران، اجماعی برای طبقه‌بندی زیرساخت‌ها در این عرصه وجود ندارد. در این زمینه، پژوهش حاضر زیرساخت‌های بررسی‌شده را در قالب جدول ۴ طبقه‌بندی کرده است.

در ادامه، برای تعیین وزن هریک از لایه‌های زیرساختی از مدل فرایند تحلیل شبکه بهره گرفته شده است. به طور کلی، فلسفهٔ مدل تحلیل شبکه‌ای، تعیین اهمیت معیارها در مقایسه با هم در موضوعی خاص است. در پژوهش حاضر نیز اهمیت هریک از عناصر زیرساختی در مقایسه با عنصر زیرساختی دیگر مشخص می‌شود. بدین دلیل، پس از تعیین روابط معیارها با استفاده از مدل دیمتل، به مرحلهٔ مقایسهٔ دودویی عناصر زیرساختی می‌رسیم.

این مرحله که یکی از مراحل اصلی در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای است، تک‌تک عناصر زیرساختی استان یزد بر اساس پرسش‌نامهٔ تهیه‌شده توسط متخصصان، کارشناسان و خبرگان تکمیل شد. اما مسئلهٔ مهم در این مقایسه، معیار سنجش است که در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای از آن با عنوان **معیار کنترلی** یاد می‌شود. در پژوهش حاضر ارزش راهبردی- سیاسی، ارزش اقتصادی، ارزش اجتماعی و ارزش

Archive of SID

www.SID.ir

دفاعی به‌عنوان معیارهای کنترلی (جدول ۳) در تدوین پرسش‌نامه منظور شد.

جدول ٤. خوشه‌ها و شاخص‌های پژوهش

خوشه	زیرساخت‌ها و دارایی‌ها
انرژی	شبکهٔ انتقال برق، نیروگاه تولید برق، پست‌های برق، خطوط انتقال گاز، پست تنظیم فشار گاز، خطوط انتقال نفت، خطوط انتقال فراورده‌های نفتی، انبار نفت و گاز و پمپ‌های بنزین
شبکه ارتباطی	حمل‌ونقل هوایی (فرودگاه‌ها)، حمل‌ونقل ریلی (ایستگاه‌ها و خطوط راه‌آهن)، حمل‌ونقل جاده‌ای (بزرگ‌راه، راه درجهٔ یک، راه درجهٔ دو، راه درجهٔ سه و راه شوسه)، پایانه‌های اتوبوس بین‌شهری، پل‌ها، ارتباطات مخابراتی (شبکهٔ فیبر نوری، آنتن‌های مخابراتی، ایستگاه فرستندهٔ موج تلویزیون، ایستگاه فرستندهٔ موج رادیو)، مرکز پست و تلفن
مراکز پشتیبان	مراکز بهداشتی و درمانی، مراکز آتش‌نشانی، مراکز مهم اداری، پایگاه‌های نیروی انتظامی، مراکز و نقاط سکونتگاهی، استادیوم‌ها، کمپ‌ها، شهرک‌های صنعتی و کارخانه‌های بزرگ
سایر زیرساخت‌ها	چاه‌های آب، پمپ‌های آب، مخازن آب، بندها (سدها)، کاربری اراضی و معادن

جدول ۵. معیارهای کنترلی و مؤلفه‌های آن در فرایند مقایسه‌های زوجی زیرساخت‌های استان یزد

معیار کنترلی	مؤلفه‌ها
ارزش راهبردی- سیاسی	✓ میزان اثرگذاری در بقای حاکمیت ✓ میزان اثرگذاری بر قوام و یکپارچگی کشور ✓ میزان اثرگذاری بر اقتدار ملی ✓ میزان اعتبار و نقش در جوامع فراملی و بین‌المللی
ارزش اقتصادی	✓ نقش و تأثیر زیرساخت بر تأمین نیازهای مردم استان ✓ میزان تمرکز سرمایه‌های کشور در زیرساخت ✓ وابستگی اقتصاد منطقه (استان) و اقتصاد ملی به زیرساخت ✓ نقش و اهمیت زیرساخت در تولید ناخالص ملی
ارزش اجتماعی	✓ اثرگذاری بر ساخت و بافت جمعیتی ✓ اثرگذاری و اهمیت بر آستانهٔ مقاومت ملی ✓ اثرگذاری بر هویت ملی و فرهنگی ✓ قابلیت و پتانسیل افزایش تلفات انسانی در مواقع بروز بحران
ارزش دفاعی	✓ وابستگی نیروهای مسلح به زیرساخت ✓ قابلیت امکان دفاع همه‌جانبهٔ آحاد مردم از زیرساخت ✓ میزان پایداری و حفاظت زیرساخت در برابر تهدیدها ✓ میزان و اهمیت بازدارندگی زیرساخت در برابر تهدیدها

Archive of SID

www.SID.ir

جامعهٔ آماری پژوهش

جامعهٔ آماری شامل صاحب‌نظران و متخصصان آشنا با مفاهیم پدافند غیرعامل، تهدید، زیرساخت و آسیب‌پذیری زیرساخت است. بنابر حداقل قابل قبول (۳۰ نفر) از دو جامعهٔ متخصصان سازمان پدافند غیرعامل کشور و جامعهٔ دانشگاهی انتخاب شدند و در مجموع، پس از توزیع ۵۰ پرسش‌نامهٔ اولیه، ۳۴ پرسش‌نامهٔ تکمیل‌شده، جمع‌آوری شد. پس از پایش اولیه به دلیل تفاوت بسیار زیاد و غیرعقلانی‌بودن که حذف ۲ پرسش‌نامهٔ جمع‌آوری‌شده را در پی داشت، فرایند تحلیل با ۳۲ پرسش‌نامهٔ معتبر ادامه یافت.

روش‌های تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و اطلاعات

پژوهش حاضر با استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره[1] (فرایند تحلیل شبکه[2]) به تحلیل زیرساخت‌ها می‌پردازد و پس از شناخت برهم‌کنش‌ها، با توجه به موقعیت فضایی هریک از زیرساخت‌ها، وضعیت آسیب‌پذیری استان یزد را محاسبه می‌کند. روش فرایند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان متشکل از دو قسمت دانست: **سلسله‌مراتب کنترلی**[3] و **ارتباط شبکه‌ای**[4] (زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰) که با توجه به کارایی این روش، استفاده از آن در شناسایی برهم‌کنش‌های زیرساختی و شناخت اهمیت و جذابیت‌های زیرساختی برای دشمنان می‌تواند مثمرثمر باشد. شکل ۵ به‌عنوان مدل شبکه‌ای برای شاخص آسیب‌پذیری در استان یزد در گام نخست مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای طراحی شد.

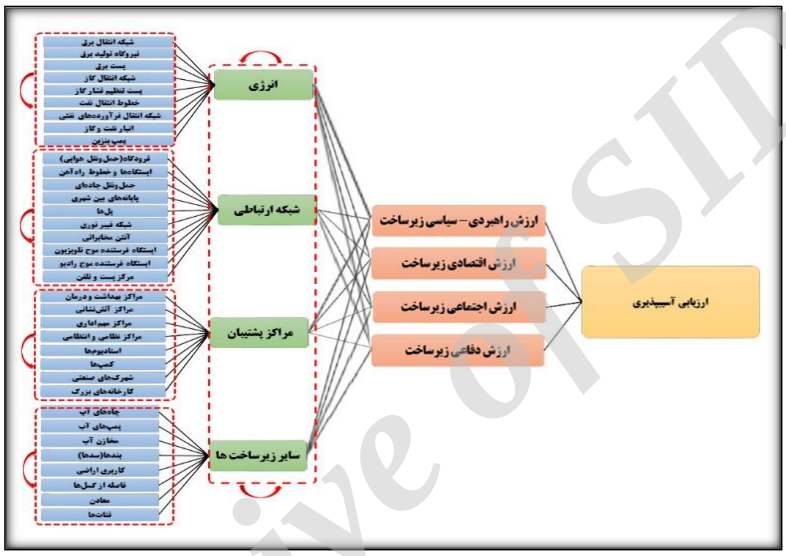
سپس با استفاده از مدل دیماتل[5] ارتباطات و وابستگی‌های بین عناصر زیرساختی تعریف شد. این مدل که از روش‌های ذهنی ساختارسازی مسائل تصمیم و بر مبنای تئوری گراف محسوب شده، زمانی استفاده می‌شود که مسائل پیچیده و کشف روابط متقابل بین شاخص‌ها مدنظر باشد. روابط و برهم‌کنش‌های میان زیرساخت‌ها در نرم‌افزار Super Decision تعریف و وزن هریک از لایه‌های

1. Multi Criteria Decision Making(MCDM)
2. Analystic Network Process(ANP)
3. Control hierarchy
4. Network relationship
5. DEMATEL

Archive of SID

www.SID.ir

زیرساختی محاسبه شد. پس از به پایان رسیدن محاسبات در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای، گام بعدی، تهیهٔ نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی برای هریک از عناصر زیرساختی در محیط Arc GIS بود؛ بدین صورت که با استفاده از دستور فاصلهٔ اقلیدسی[1] فاصله از هر زیرساخت تعیین شد و درنهایت، با آماده‌سازی آنها و اعمال ضرایب نهایی به‌دست‌آمده از فرایند تحلیل شبکه‌ای، پهنه‌های آسیب‌پذیری استان تعیین شد.



شکل۵. مدل شبکه‌ای برای ساخت شاخص آسیب‌پذیری

تجزیه‌وتحلیل

تحلیل جذابیت و اهمیت زیرساخت‌ها

بر اساس ساختار مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای، طبیعتاً همهٔ معیارها با یکدیگر به لحاظ موضوعی و کارکردی مشابهت ندارند. بر همین اساس، زیرساخت‌ها در قالب ۴ خوشه گروه‌بندی شدند و ساختار شبکه‌ای یافتند. در طراحی و تقسیم‌بندی این زیرساخت‌ها حداکثر تلاش انجام شد تا انتخاب نام خوشه نیز جامع و مانع و دربرگیرندهٔ همهٔ عناصر زیرساختی باشد.

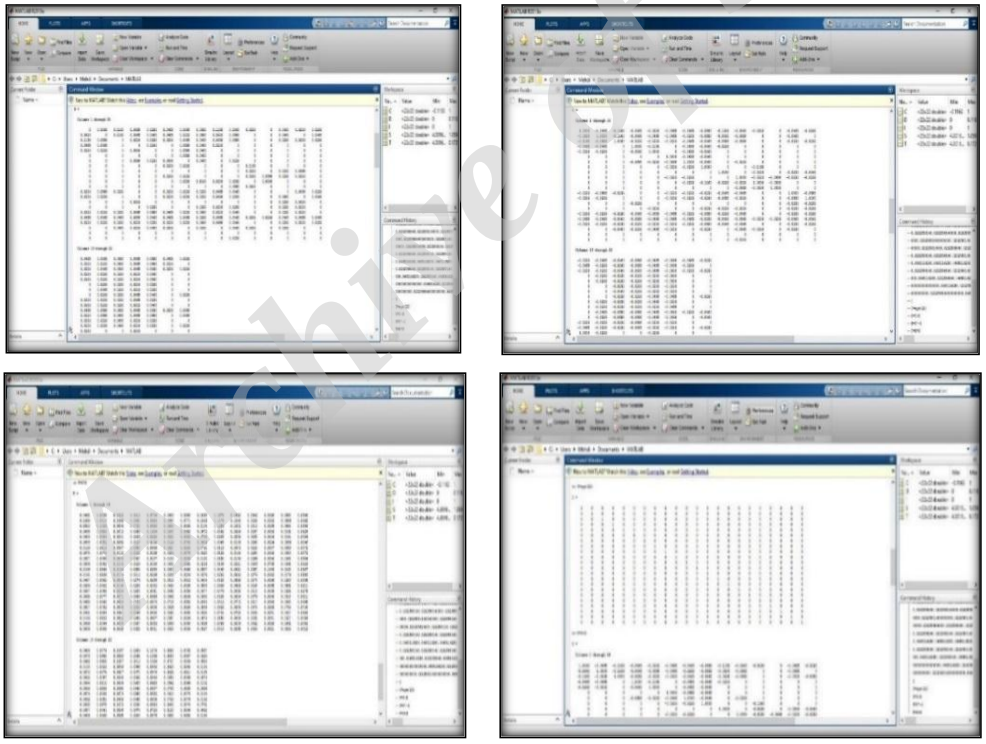
1. Euclidean Distance

Archive of SID

www.SID.ir

همان گونه که در بخش روش‌شناسی تشریح شد، بـرای شـناخت روابـط علّـی- معلـولی بـین عناصر، زیرساخت‌ها از نظر میزان ارتباطی (مستقل و وابسته‌بودن) که با هم دارند، مقایسه شدند. از این مقایسه‌ها روابط، وابستگی‌ها و برهم‌کنش‌های زیرساختی در قالب سه نوع رابطه بین دو عنصر زیرساختی مورد مقایسه می‌تواند اتفاق بیفتد که عبارت است از:

- اگر عنصر زیرساختی A بر عنصر زیرساختی B اثرگذار باشد و عنصر زیرساختی B نیز بر A اثرگذار باشد، این دو عنصر زیرساختی رابطهٔ دوطرفه و متقابل با هم دارند.
- اگر عنصر A بر عنصر B اثرگذار باشد، اما عنصر B بر A اثرگذار نباشد یا برعکس، بین دو عنصر رابطهٔ یک‌طرفه وجود دارد.
- اگر هیچ‌یک از دو عنصر بر یکدیگر اثرگذار نباشند، بین دو عنصر رابطه‌ای وجود ندارد.



شکل ۶. مراحل محاسبهٔ رابطهٔ بین عناصر زیرساختی در نرم‌افزار متلب

Archive of SID

www.SID.ir

بدین صورت، همهٔ عناصر زیرساختی با همدیگر ارزش‌یابی می‌شوند و پس از جمع‌آوری ۳۲ پرسش‌نامه، نتایج همهٔ پرسش‌نامه‌ها در نرم‌افزار اکسل[1] وارد و میانگین همهٔ آنها محاسبه شد. سپس این ماتریس محاسبه‌شده به نرم‌افزار متلب[2] انتقال داده شد تا با استفاده از رابطهٔ ۱ سایر محاسبه‌ها انجام گیرد (شکل ۶).

رابطهٔ ۱

$$T = D(I * D)^{-1}$$

T: ماتریس مورد انتظار برای انجام تحلیل‌های بعدی؛

D: ماتریس حاصل از میانگین نظر کارشناسان؛

I: ماتریس واحد (ماتریسی که قطر آن ۱ و بقیهٔ ماتریس صفر است).

سپس با انتقال ماتریس به‌دست‌آمده از طریق محاسبه در نرم‌افزار متلب با استفاده از عملگر If هریک از سلول‌های ماتریس که مقدار آن بیشتر از میانگین بود، عدد ۱ را جایگزین مقدار سلول می‌کنیم و هر خانه‌ای هم که مقدار آن از میانگین کمتر بود، عدد صفر را جایگزین مقدار سلول ماتریس می‌کنیم. در صورتی که عدد ۱ باشد، یعنی عنصر واقع‌شده در سطر ماتریس بر عنصر زیرساختی ستون تأثیر می‌گذارد و اگر در این تقاطع عدد صفر قرار گیرد، یعنی عنصر سطر تأثیری بر عنصر زیرساختی ستون ندارد. سایر عناصر زیرساختی هم به همین صورت بررسی می‌شوند و درنهایت، برهم‌کنش‌های زیرساختی در قالب یکی از حالت‌های روابط یک‌طرفه، روابط دوطرفه و بدون رابطه تحلیل می‌شوند. شکل ۷ خروجی حاصل از روابط درونی خوشه‌ها با استفاده از مدل دیمتل را نشان می‌دهد.

اجرای مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای

پس از محاسبهٔ ماتریس نهایی تعیین رابطه و برهم‌کنش‌های زیرساختی، مرحلهٔ اعمال این روابط بر عناصر و گزینه‌هاست. این کار در نرم‌افزار Super Decisions انجام گرفته است. در این مرحله، ماتریس‌های مقایسه‌ای خوشه‌ها و وابستگی عناصر زیرساختی به یکدیگر تشکیل شده و سازگاری آنها با هم کنترل می‌شود. با توجه به اینکه تمامی ماتریس‌های مقایسه‌ای در ساختار سوپرماتریس

1. Excel
2. Matlab

Archive of SID

www.SID.ir

	شبکه انتقال برق	نیروگاه تولید برق	پست های فشار قوی برق	شبکه انتقال گاز	پست تنظیم فشار گاز	خطوط انتقال نفت و فرآوردهای نفتی	انبار نفت و گاز	پمپ بنزین	فرودگاه(حمل و نقل هوایی)	ایستگاه ها و خطوط راه آهن	حمل و نقل جاده ای	پل ها	شبکه فیبر نوری	آنتن مخابراتی	ایستگاه فرستنده موج رادیو و تلویزیون	مراکز بهداشت و درمان	مراکز آتش نشانی	مراکز مهم اداری	پاسگاه های نیروی انتظامی	شهرکها و کارخانه های صنعتی	مخازن آب شرب	معادن
شبکه انتقال برق	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
نیروگاه تولید برق	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
پست های فشار قوی برق	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
شبکه انتقال گاز	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
پست تنظیم فشار گاز	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
خطوط انتقال نفت و فرآوردهای نفتی	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
انبار نفت و گاز	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
پمپ بنزین	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
فرودگاه(حمل و نقل هوایی)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
ایستگاه ها و خطوط راه آهن	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
حمل و نقل جاده ای	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
پل ها	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
شبکه فیبر نوری	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
آنتن مخابراتی	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
ایستگاه فرستنده موج رادیو وتلویزیون	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
مراکز بهداشت و درمان	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
مراکز اتش نشانی	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
مراکز مهم اداری	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
پاسگاه های نیروی انتظامی	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0
شهرکها و کارخانه های صنعتی	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
مخازن آب شرب	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
معادن	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0

شکل ۷. خروجی حاصل از روابط درونی خوشه‌ها با استفاده از مدل دیمتل

ناموزون[1] محاسبه شده و سازگاری آنها نیز کنترل شده است، سوپرماتریس ناموزون به‌عنوان مرحلهٔ نخست محاسبات محاسبه می‌شود (شکل ۸). حال سوپرماتریس ناموزون باید به سوپرماتریس موزون[2] (شکل ۹)، یعنی ماتریسی که جمع اجزای ستون آن ۱ است[3]، تبدیل شود. برای تبدیل سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون باید سوپرماتریس ناموزون را در ماتریس خوشه‌ای ضرب کرد. ماتریس خوشه‌ای[4] درواقع میزان تأثیرگذاری هریک از خوشه‌ها و عناصر زیرساختی را منعکس می‌کند. مرحلهٔ بعدی محاسبهٔ سوپرماتریس حد[5] (شکل ۱۰) است. درواقع، هدف از به حد رساندن سوپرماتریس موزون این است که تأثیر نسبی بلندمدت هریک از عناصر

1. Unweighted super matrix
2. Weighted super matrix

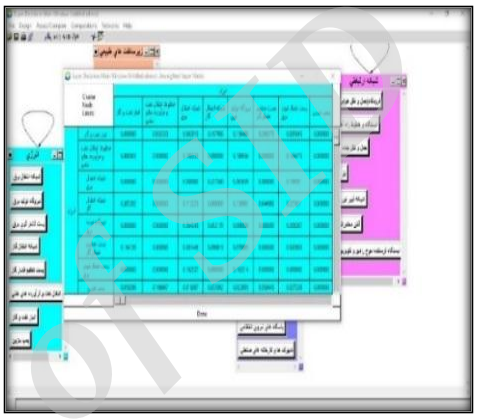
۳. براساس آنچه توماس الساعتی آن را ماتریس تصادفی می‌نامد.

4. Cluster Matrix
5. limit matrix

Archive of SID

www.SID.ir

زیرساختی در یکدیگر مشخص شود. شکل ۱۱ نشان می‌دهد از میان خوشه‌های زیرساختی، خوشهٔ زیرساختی انرژی در استان یزد با حدود ۰/۴۷۸ بیشترین اهمیت، سپس خوشهٔ زیرساخت‌های مراکز پشتیبان با حدود ۰/۳۳۰، خوشهٔ زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطی با ۰/۱۴۵ و درنهایت، خوشهٔ زیرساخت‌های طبیعی (۰/۰۴۷)، از نظر ارائهٔ خدمات به مردم و میزان جذابیت برای دشمنان، اهمیت دارند.



شکل ۸. سوپرماتریس ناموزون

شکل ۹. سوپرماتریس موزون

شکل ۱۰. سوپرماتریس حد

Archive of SID

www.SID.ir

Super Decisions Main Window: Untitled.sd...

Cluster Node Labels	انرژي	زيرساخت هاي طبيعي	شبكه ارتباطي	مراكز پشتيبان
انرژي	0.477706	0.000000	0.250000	0.250000
زيرساخت هاي طبيعي	0.047008	0.000000	0.250000	0.250000
شبكه ارتباطي	0.145578	0.000000	0.250000	0.250000
مراكز پشتيبان	0.329708	1.000000	0.250000	0.250000

Done

شکل ۱۱. ماتریس نهایی خوشه‌های زیرساختی

پس از محاسبات، ضرایب سوپرماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها نرمال می‌شود و نتیجهٔ نهایی اهمیت زیرساخت‌ها در ارائهٔ خدمات به مردم و سایر زیرساخت‌ها و میزان جذابیت آن، به تفکیک هریک از عناصر زیرساختی مشخص می‌شود. جدول ۶ نتیجهٔ نهایی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شبکهٔ انتقال گاز با ارزش ۰/۱۰۰۳، خطوط انتقال نفت و فراورده‌های نفتی با امتیاز ۰/۰۹۸۸ و انبارهای نفت و گاز با امتیاز ۰/۰۹۸۵ به ترتیب بیشترین میزان وزن و اهمیت و معادن و پل‌ها با امتیازهای ۰/۰۰۵۹ و ۰/۰۰۵۷ کمترین میزان اهمیت را بین سایر زیرساخت‌های استان کسب کرده‌اند.

به‌منظور شناسایی زیرساخت‌ها و قلمروهای آسیب‌پذیر استان یزد، نحوهٔ پراکنش و توزیع زیرساخت‌های آسیب‌پذیر با توجه به استاندارد مکانی هم‌جواری و به نسبت فاصلهٔ آنها با استفاده از تابع فاصلهٔ اقلیدسی[1] برای هریک از زیرساخت‌ها تهیه شده است. در ادامه، با استفاده از دستور طبقه‌بندی مجدد[2] هریک از نقشه‌ها بر مبنای طیف ۹طبقه‌ای توماس الساعتی، به ۹ طبقه تقسیم شده و درنهایت، از طریق توابع هم‌پوشانی[3] نقشهٔ نهایی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان تهیه شده است.

1. Euclidean Distance
2. Reclassify
3. Weighted Overlay

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. وزن عناصر زیرساختی استان یزد از نظر میزان اهمیت و جذابیت

زیرساخت‌ها	ضرایب نرمال‌شده	وزن نهایی	زیرساخت‌ها	ضرایب نرمال‌شده	وزن نهایی
خطوط انتقال نفت و فراورده‌های نفتی	۰/۲۶۴۱	۰/۰۹۸۸	فرودگاه (حمل‌ونقل هوایی)	۰/۱۰۲۸	۰/۰۳۸۵
شبکهٔ انتقال گاز	۰/۲۸۳۱	۰/۱۰۰۳	شبکهٔ فیبر نوری	۰/۰۹۱۳	۰/۰۳۴۸
انبار نفت و گاز	۰/۲۶۱۳	۰/۰۹۸۵	حمل‌ونقل جاده‌ای	۰/۰۷۹۵	۰/۰۳۲۲
نیروگاه تولید برق	۰/۲۵۰۰	۰/۰۹۲۶	آنتن مخابراتی	۰/۰۷۷۲	۰/۰۲۸۵
شبکهٔ انتقال برق	۰/۲۳۲۰	۰/۰۸۸۵	مراکز آتش‌نشانی	۰/۰۷۴۱	۰/۰۱۶۵
پست فشار قوی برق	۰/۲۰۵۱	۰/۰۶۹۴	مراکز نظامی و انتظامی	۰/۰۷۲۶	۰/۰۱۲۸
پست تنظیم فشار گاز	۰/۱۹۸۸	۰/۰۶۷۲	پمپ‌بنزین	۰/۱۵۵۶	۰/۰۴۸۵
ایستگاه فرستندهٔ موج رادیو و تلویزیون	۰/۰۸۴۲	۰/۰۰۹۶	شهرک‌ها و کارخانه‌های صنعتی	۰/۰۶۵۹	۰/۰۱۰۹
مراکز مهم اداری	۰/۱۶۷۳	۰/۰۴۹۱	مخازن آب	۰/۰۷۳۵	۰/۰۰۸۴
مراکز بهداشت و درمان	۰/۱۴۵۰	۰/۰۴۲۲	معادن	۰/۰۵۲۱	۰/۰۰۵۹
ایستگاه و خطوط راه‌آهن	۰/۱۱۲۰	۰/۰۴۱۰	پل‌ها	۰/۰۳۴۱	۰/۰۰۵۷

ارزیابی آسیب‌پذیری شبکهٔ انرژی

در این خوشه، زیرساخت‌های شبکهٔ انتقال برق، نیروگاه تولید برق، پست فشار قوی برق، شبکهٔ انتقال گاز، پست تنظیم فشار گاز، خطوط انتقال نفت، انبار نفت و گاز و پمپ‌های بنزین قرار داد. پس از طبقه‌بندی مجدد و با استفاده از توابع هم‌پوشانی، آسیب‌پذیری استان یزد در بخش زیرساخت‌های انرژی محاسبه و تعیین شد. همان‌گونه که در شکل ۱۲نشان داده شده است، به دلیل استقرار و تراکم بیشتر زیرساخت‌های انرژی، بخش مرکزی استان یزد آسیب‌پذیرتر است و هرچه به سمت حاشیهٔ استان برویم، از میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها کاسته می‌شود. اگر در مقیاس خردتر و در سطح شهرستان، وضعیت آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شبکهٔ انرژی را بررسی کنیم، به این نتیجه می‌رسیم که شهرستان‌های یزد و میبد و در ردهٔ بعدی، مهریز، آسیب‌پذیری بسیار زیادی دارند و بهاباد و خاتم در طیف آسیب‌پذیری کم از نظر زیرساخت‌های شبکهٔ انرژی قرار دارند.

ارزیابی آسیب‌پذیری شبکهٔ ارتباطات

زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات استان یزد شامل فرودگاه به‌عنوان جزئی مهم از حمل‌ونقل هوایی، خطوط و ایستگاه راه‌آهن، شبکهٔ حمل‌ونقل جاده‌ای (شامل بزرگ‌راه، راه آسفالت درجهٔ ۱ و ۲،

Archive of SID

www.SID.ir

پل‌های وسائط نقلیه و پل‌های آب‌رو)، آنتن‌های مخابراتی و شبکهٔ فیبر نوری و ایستگاه‌های فرستندهٔ امواج رادیو و تلویزیون می‌شود.

پس از تعیین آسیب‌پذیری هریک از زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات، با استفاده از توابع هم‌پوشانی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های ارتباطات استان محاسبه و تعیین شد. همان‌گونه که در شکل ۱۳ در نشان داده شده است، به دلیل استقرار و تراکم بیشتر زیرساخت‌های انرژی، بخش مرکزی استان یزد شامل شهرستان‌های یزد و میبد و بخش‌هایی از شهرستان‌های اردکان، بافق، مهریز، تفت و صدوق (اشکذر) آسیب‌پذیرتر هستند و هرچه به سمت حاشیهٔ استان برویم، از میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها کاسته می‌شود.

توجه به وضعیت آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات در شهرستان نشان می‌دهد شهرستان‌های یزد و میبد آسیب‌پذیری بسیار زیاد و شهرستان‌های مهریز و صدوق، تفت، اردکان و بافق آسیب‌پذیری زیادی دارند و شهرستان خاتم از نظر زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات در طیف آسیب‌پذیری کم قرار دارند. دلیل این امر هم تراکم بیشتر زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات در مرکز استان و نقطهٔ تلاقی و مرکزی استان در شهرستان‌های یزد و میبد است.

ارزیابی آسیب‌پذیری مراکز پشتیبان

زیرساخت‌هایی که در پژوهش حاضر از آن با عنوان مراکز پشتیبان یاد می‌شود، شامل مراکز مهم اداری، مراکز آتش‌نشانی، مراکز بهداشت و درمان، پاسگاه‌های انتظامی، شهرک‌ها و کارخانه‌های بزرگ صنعتی است. علاوه بر این، در پایان این بخش نیز سایر زیرساخت‌ها ازجمله مخازن آب شرب و معاون و... بررسی شده است.

همان‌گونه که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، به دلیل استقرار و تراکم بیشتر زیرساخت‌های مراکز پشتیبان، بخش مرکزی و جنوب‌شرقی استان یزد شامل شهرستان‌های یزد، میبد، تفت، صدوق (اشکذر) و بخش‌هایی از شهرستان‌های اردکان، بافق و بهاباد از سایر بخش‌های استان آسیب‌پذیرتر است. براساس شکل ۱۴، وضعیت آسیب‌پذیری زیرساخت‌های مراکز پشتیبان استان بررسی شده است.

نتایج نشان می‌دهد شهرستان‌های میبد، یزد و تفت با میانگین ۸/۱، ۷/۹ و ۷/۷ آسیب‌پذیری بسیار زیاد و شهرستان‌های بافق، ابرکوه، صدوق و مهریز آسیب‌پذیری زیادی دارند. دلیل این امر

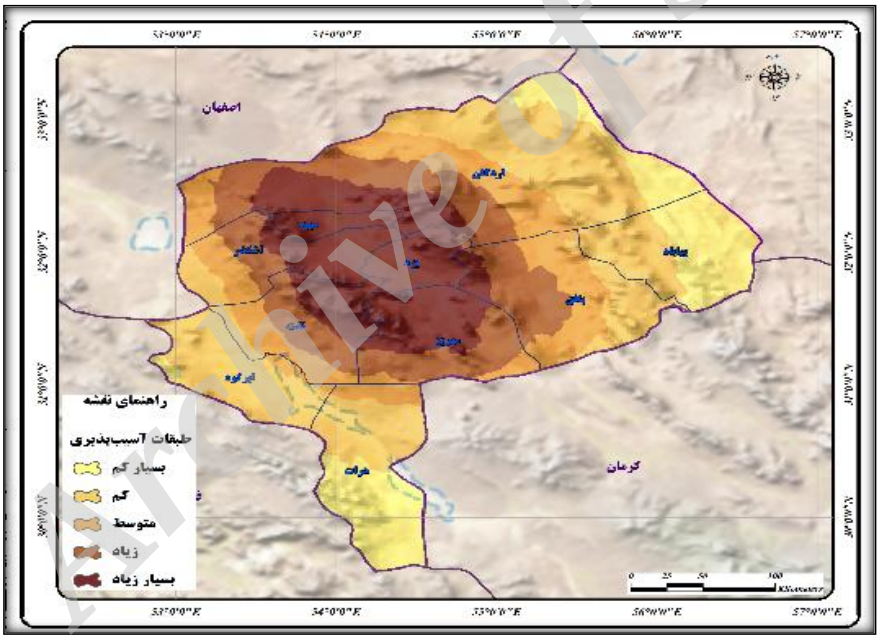
Archive of SID

www.SID.ir

هم به مرکزیت سیاسی- اداری و جغرافیایی یزد میبد باز می‌گردد.

ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان یزد

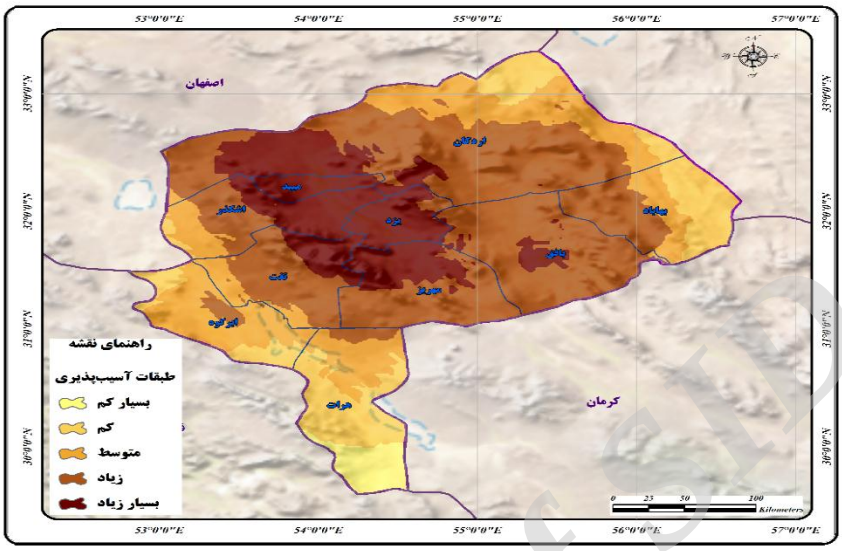
با توجه به نتایج حاصل از بررسی اهمیت زیرساخت‌ها در ارائهٔ خدمات به مردم و میزان جذابیت آن، شکل ۱۵ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان را نمایش می‌دهد. بیشترین آسیب‌پذیری مربوط به بخش مرکزی استان، یعنی شهرستان‌های یزد و میبد با میانگین ۸/۴ و ۸/۳ است. شهرستان بهاباد با میانگین ۴/۷ و شهرستان خاتم با میانگین ۴/۳ کمترین آسیب‌پذیری را دارند. در تبیین چرایی آسیب‌پذیری بیشتر در بخش مرکزی می‌توان به مرکزیت سیاسی- اداری و جغرافیایی و شرایط محیطی مساعدتر زیست در مناطق مرکزی و غربی استان اشاره کرد که به تراکم و تمرکز زیرساخت‌های بیشتر در این نواحی و در نتیجه، آسیب‌پذیری بیشتر منجر شده است.



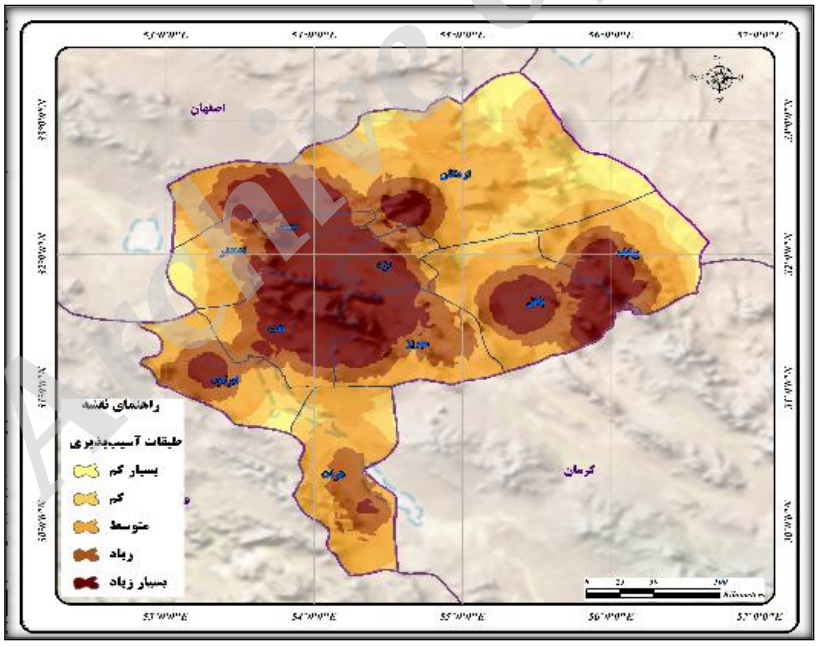
شکل۱۲. نقشهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شبکهٔ انرژی استان یزد

Archive of SID

www.SID.ir



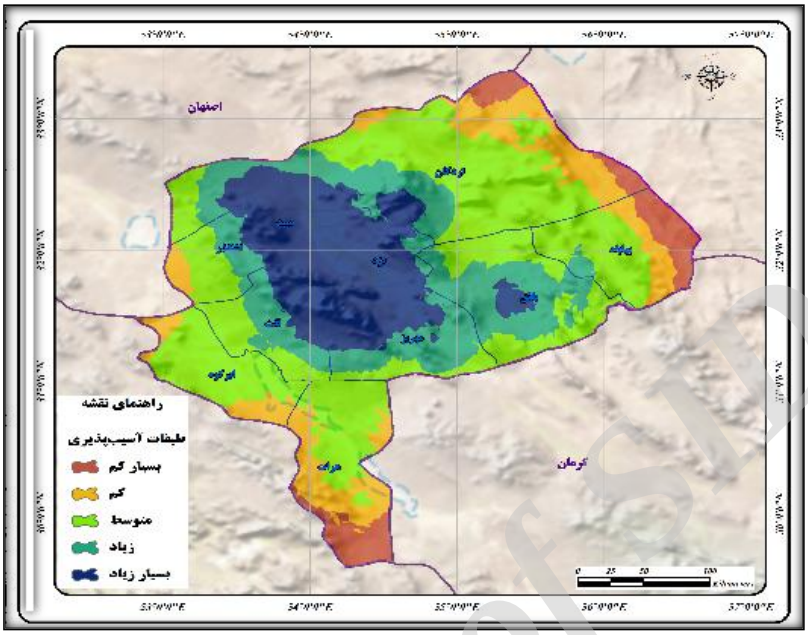
شکل ۱۳. نقشهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات استان یزد



شکل ۱٤. نقشهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های مراکز پشتیبان استان یزد

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۵. نقشهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های استان یزد

براساس نتایج می‌توان گفت حدود ۳ درصد از پهنهٔ استان یزد با آسیب‌پذیری بسیار کم، حدود ۸/۵ درصد با آسیب‌پذیری کم، حدود ۳۷/۶ درصد از پهنهٔ استان با آسیب‌پذیری متوسط، حدود ۲۳/۳ درصد با آسیب‌پذیری زیاد و حدود ۲۷/۵ درصد از پهنهٔ استان با آسیب‌پذیری بسیار زیاد است. جدول ۷ اطلاعات بیشتر در این زمینه را نشان می‌دهد.

جدول ۷. طبقه‌بندی آسیب‌پذیری پهنهٔ استان یزد از نظر آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها

طبقهٔ آسیب‌پذیری	میانگین ارزش	انحراف استاندارد	مساحت (کیلومتر)	درصد از مساحت استان
بسیار کم	۲/۹۵۳	۰/۲۱۲	۰/۴۲۲	۲/۹۴۲
کم	۴/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۰۵	۸/۵۵۶
متوسط	۵/۵۳۲	۰/۴۹۹	۲/۸۸	۳۷/۶۴۷
زیاد	۷/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۴۰۹	۲۳/۳۱۱
بسیار زیاد	۸/۳۰۵	۰/۴۶۰	۱/۴۰۴	۲۷/۵۴۴

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌گونه که می‌دانیم، جمعیت و تراکم جمعیتی از عوامل مؤثر در تعداد تلفات است و چنین پنداشته می‌شود که با افزایش تراکم و جمعیت، جمعیت در معرض خطر در مناطق با آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد نیز افزایش می‌یابد. در استان یزد، شهرستان یزد با ۵۵۰۹۰۴ نفر شهرنشین، ۳۱۷۷۸ نفر روستانشین و درمجموع، با تراکم جمعیت ۲۳۴/۵ نفر و شهرستان میبد نیز با ۷۳۳۹۳ نفر جمعیت ساکن در شهر، ۹۴۴۷ نفر روستانشین و با تراکم جمعیت حدود ۶۷ نفر در هکتار از نظر آسیب‌پذیری در وضعیت بسیار آسیب‌پذیر قرار دارند. درمجموع، در استان یزد ۶۶۵۵۲۲ نفر در سکونتگاه‌های شهری و روستایی با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱۶۴۳۳۹ نفر در سکونتگاه‌های شهری و روستایی با آسیب‌پذیری زیاد سکونت دارند.

نتیجه‌گیری

محیط انسانی متأثر از مسائل و خطرهای محیطی است که گاهی اوقات به‌وسیلهٔ عامل انسانی نیز تشدید می‌شود؛ بنابراین تعمق در شناخت عوامل آسیب‌پذیری و ارائهٔ راه‌حل‌های سازنده و پیشنهادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که ارزیابی آسیب‌پذیری از یک بخش زیرساختی به بخش دیگر و از زمانی به زمان دیگر متفاوت است، چارچوب واحدی برای ارزیابی، تا حدود زیادی مشکل خواهد بود. در این میان با توجه به برتری‌ها و امتیازهای مدل‌های تحلیل شبکهٔ زیرساختی و ابزارهای شناخت فضایی پهنه‌های آسیب‌پذیر، کارایی بهتری نشان داده شده است که پژوهش حاضر نیز از این مدل‌ها بهره گرفته است.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد وضعیت آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شبکهٔ انرژی به دلیل تراکم بیشتر در بخش مرکزی استان، شهرستان‌های یزد، میبد و مهریز آسیب‌پذیری بسیار زیادی دارند و بهاباد و خاتم در طیف آسیب‌پذیری کم قرار دارند. وضعیت آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات نشان می‌دهد شهرستان‌های یزد و میبد آسیب‌پذیری بسیار زیاد و شهرستان خاتم در طیف آسیب‌پذیری کم قرار دارند.

دلیل این امر هم تراکم بیشتر زیرساخت‌های شبکهٔ ارتباطات در مرکز استان و نقطهٔ تلاقی و مرکزی استان در شهرستان‌های یزد و میبد است. طبیعی است اهمیت این زیرساخت‌ها در راستای نیل به اصل دسترسی‌ها و جابه‌جایی‌ها از منظر پدافند غیرعامل بیشتر شده و بخش مرکزی استان،

Archive of SID

www.SID.ir

علی‌رغم برخورداری بیشتر از این زیرساخت‌ها، آسیب‌پذیرتر به نظر می‌رسد.

آسیب‌پذیری زیرساخت‌های مراکز پشتیبان استان نیز نشان می‌دهد به دلیل مرکزیت سیاسی- اداری و جغرافیایی یزد و شهر نزدیک به آن، میبد و تفت با میانگین ۸/۱، ۷/۹ و ۷/۷ آسیب‌پذیری بسیار زیاد و سپس شهرستان‌های بافق، ابرکوه، صدوق و مهریز آسیب‌پذیری زیادی دارند. نتایج محاسبهٔ میزان آسیب‌پذیری پهنهٔ استان یزد نشان می‌دهد حدود ۱۱/۵ درصد از پهنهٔ استان در شرایط آسیب‌پذیری بسیار کم و کم قرار دارند و حدود ۵۱ درصد از پهنهٔ استان در وضعیت آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد هستند.

در این میان، بیشترین آسیب‌پذیری مربوط به بخش مرکزی استان، یعنی شهرستان‌های یزد و میبد با میانگین ۸/۴ و ۸/۳ است و شهرستان بهاباد با میانگین ۴/۷ و شهرستان خاتم با میانگین ۴/۳ کمترین آسیب‌پذیری را دارند و در طبقات آسیب‌پذیری کم قرار دارند. در تبیین چرایی آسیب‌پذیری بیشتر در بخش مرکزی می‌توان به مرکزیت سیاسی- اداری و جغرافیایی و شرایط محیطی مساعدتر زیست در مناطق مرکزی و غربی استان اشاره کرد که به تراکم و تمرکز زیرساخت‌های بیشتر در این نواحی و درنتیجه، آسیب‌پذیری بیشتر منجر شده است.

مروری بر الگوی استقرار جمعیت استان نشان می‌دهد در گسترهٔ استان یزد ۶۶۵۵۲۲ نفر در سکونتگاه‌های شهری و روستایی با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱۶۴۳۳۹ نفر در سکونتگاه‌های شهری و روستایی با آسیب‌پذیری زیاد سکونت دارند.

کاهش آسیب‌پذیری، خطرپذیری و تأمین امنیت پایدار، مشروط به رویه‌های علمی و اجرایی به صورت توأمان و موازی است. اگرچه کوشش پیش رو (پژوهش حاضر) بیشتر بر رویهٔ پژوهشی استوار است، توجه به رویه‌های اجرایی براساس نتایج می‌تواند اثر و موفقیت‌های مقبول‌تری درپی داشته باشد. بر همین اساس، اهتمام به تدوین طرح جامع مدیریت زیرساخت‌ها مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل در مقیاس ملی (به‌عنوان سند بالادستی) و مقیاس استانی ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از اصول اساسی پدافند غیرعامل، اصل پراکندگی است که ضرورت توجه به این اصل در زیرساخت‌های حیاتی و حساس یزد به‌شدت احساس می‌شود و پراکندگی برخی از زیرساخت‌ها از منطقهٔ مرکزی استان در راستای کاهش آسیب‌پذیری این منطقه می‌تواند مطرح باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

هرچند در شرایط کنونی و با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد، انتقال برخی از زیرساخت‌های حساس و حیاتی در راستای اصل پراکندگی، به دور از وجاهت و توجیه اجرایی باشد، اما استفاده از سایر اصول پدافند غیرعامل، توجیه امنیتی- راهبردی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دارد. علاوه بر این توصیه می‌شود:

- ✓ استفاده از اصل مقاوم‌سازی و استحکامات در زیرساخت‌های حیاتی و حساس به‌ویژه در بخش مرکزی استان؛
- ✓ استفاده از سیستم‌های هشدار پیشرفتهٔ سریع، امن و مبتنی بر فناوری داخلی (بومی)؛
- ✓ استفاده از حراست فیزیکی و موانع فیزیکی به‌منظور جلوگیری از دسترسی سهل و آسان به زیرساخت‌های حساس و حیاتی مانند شبکهٔ گاز سراسری، شبکهٔ انتقال نفت و فراورده‌های نفتی و شبکهٔ فشار قوی برق استان؛
- ✓ موازی‌سازی و اتخاذ تمهیدات ویژه به‌منظور تأمین سیستم پشتیبان در صورت اختلال در عملکرد زیرساخت‌ها، به‌ویژه در حوزهٔ انرژی الکتریکی و وابستگی بخش زیادی از جامعه به این انرژی؛
- ✓ توجه به ذخیره و تأمین مواد اولیهٔ ایمن و امن برای ادامهٔ فعالیت سامانه‌ها و عناصر زیرساختی خدمات‌رسان حساس و حیاتی در استان یزد؛
- ✓ در پایان انتظار می‌رود با برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی ویژهٔ مدیریت زیرساخت‌های حساس و حیاتی برای مدیران، دست‌اندرکاران و به‌ویژه مدیران ستاد بحران و شورای تأمین استان، ضمن ارتقای بینش و توانمندی مدیران، به کاهش آسیب‌پذیری و جلوگیری از خسارت‌ها امیدوار بود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. ابوالحسنی، عبداله (۱۳۸۴). معماری و طراحی شهری در ایران. *نشریهٔ پدافند غیرعامل قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الأنبیاء*، شمارهٔ ۴، صص ۱۱-۲.

۲. استانداری یزد (۱۳۹۴). گزیدهٔ شاخص‌ها و نماگرهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان یزد. *سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان یزد*.

۳. امان‌پور، سعید؛ محمدی ده‌چشمه، مصطفی؛ علیزاده، مهدی (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری کوهدشت با رویکرد پدافند غیرعامل. *فصلنامهٔ آمایش سرزمین*، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۱، صص ۱۵۴-۱۳۳.

۴. امیری، علی؛ احمدی‌پور، زهرا؛ مستجابی سرهنگی، حمید (۱۳۹۳). تحلیل فضایی- امنیتی خطوط انتقال انرژی در ایران (خطوط لولهٔ نفت و گاز). *فصلنامهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال ۱۴، شمارهٔ ۳۴، صص ۱۵۷-۱۳۳.

۵. امینی‌ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ شمسایی زفرقندی، فتح‌اله؛ قنبری‌نسب، علی (۱۳۹۳). شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو. *دوفصلنامهٔ مدیریت بحران*، شمارهٔ ویژه‌نامهٔ هفتهٔ پدافند غیرعامل، صص ۱۸-۵.

۶. برنافر، مهدی؛ افرادی، کاظم (۱۳۹۳). اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائهٔ راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیرعامل. *فصلنامهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال ۱۴، شمارهٔ ۳۲، صص ۱۷۹-۱۶۱.

۷. داعی‌نژاد، فرامرز؛ حسینی، سیدبهشید؛ امین‌زاده، بهناز (۱۳۸۵). *اصول و رهنمودهای طراحی و تجهیز فضای باز مجموعه‌های مسکونی به‌منظور پدافند غیرعامل*. انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.

۸. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹). کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. *نشریهٔ هنرهای زیبا*، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۴۱، صص ۹۰-۷۹.

۹. صارمی، حمیدرضا؛ حسینی امینی، حسن (۱۳۹۰). حفاظت از تأسیسات و تجهیزات شهری با استفادهٔ بهینه از محیط طبیعی درون‌شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونهٔ موردی شهر بروجرد). *فصلنامهٔ مطالعات مدیریت شهری*، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۲، صص ۶۷-۵۲.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰. عبدالهی، مجید؛ حسینی، بشیر؛ احمدی توانا، بهمن (۱۳۹۳). ارائهٔ مدل «تحلیل اندرکنشی» در مدیریت ریسک شهری جهت ارزیابی میزان حساسیت زیرساخت‌ها و پهنه‌های شهری. *دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری*، تهران، دانشگاه تهران.

۱۱. کامران، حسن؛ حسینی امینی، حسن (۱۳۹۱). کاربرد پدافند غیرعامل در ژئوپلیتیک و برنامه‌ریزی شهری (شهرستان شهریار). *فصلنامهٔ جغرافیا*، سال ۱۰، شمارهٔ ۳۵، صص ۲۷-۱.

۱۲. محمدی ده‌چشمه، مصطفی (۱۳۹۲). ایمنی و پدافند غیرعامل شهری، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

۱۳. مشهدی، حسن؛ امینی ورکی، سعید (۱۳۹۴). تدوین و ارائهٔ الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی. *فصلنامهٔ مدیریت بحران*، دورهٔ ۴، شمارهٔ ۷، صص ۸۵-۶۹.

۱۴. مشهدی، حسن (۱۳۹۰). *الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و ریسک زیرساخت‌های حیاتی*. پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

۱۵. مشهدی، حسن (۱۳۹۴). *ارزیابی تهدیدها، آسیب‌پذیری و ریسک در زیرساخت‌های حیاتی*. دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

۱۶. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری (۱۳۸۹). *مجموعهٔ برنامهٔ پنجسالهٔ پنجم توسعهٔ جمهوری اسلامی ایران*. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

۱۷. معاونت پژوهش، تدوین و تنقیح قوانین و مقررات (۱۳۸۳). *مجموعهٔ قانون برنامهٔ چهارم توسعهٔ اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی*. ادارهٔ کل تدوین و تنقیح قوانین و مقررات.

۱۸. میمندی پاریزی، صدیقه و کاظمی‌نیا، عبدالرضا (۱۳۹۴). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر کرمان براساس اصول پدافند غیرعامل. *فصلنامهٔ آمایش سرزمین*، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱، صص ۱۴۴-۱۱۹.

۱۹. یزدانی، محمدحسن و سیدین، افشار (۱۳۹۵). بررسی آسیب‌پذیری شهر از منظر پدافند غیرعامل (مطالعهٔ موردی شهر اردبیل). *فصلنامهٔ اطلاعات جغرافیایی سپهر*، دورهٔ ۲۵، شمارهٔ ۱۰۰، صص ۳۴-۱۷.

20. Clark, G. E., Moser, S. C., Ratick, S. J., Dow, K., Meyer, W. B., Emani, S., & Schwarz, H. E. (1998). Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA., USA. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 3(1), 59-82.
21. Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in human geography*, 20(4), 529-539.
22. Hellström, T. (2007). Critical infrastructure and systemic vulnerability: Towards a planning framework. *Safety science*, 45(3), 415-430.
23. Hokstad, P., Utne, I. B., & Vatn, J. (2012). *Risk and interdependencies in critical infrastructures*. Springer, London.

Archive of SID

www.SID.ir

24. 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(1), 66-74.
25. Johansson, J., & Hassel, H. (2010). An approach for modelling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(12), 1335-1344.
26. Little, M., Paul, K., Jordens, C. F., & Sayers, E. J. (2000). *Vulnerability in the narratives of patients and their carers: studies of colorectal cancer*. *Health*, 4(4), 495-510.
27. O'Rourke, T. D. (2007). Critical infrastructure, interdependencies, and resilience. National Academy of Engineering, 37(1), 22-34.
28. Pelling, M. (2003)., *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*, *Earthscan Publications*, London.
29. Pommerening. , C. (2007). *Resilience in organizations and systems: Background and trajectories of an emerging paradigm. In Critical thinking: Moving from infrastructure protection to infrastructure resilience*, CIP[Critical Infrastructure Protection] Program Discussion Paper Series, George Mason University.
30. Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). *Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. IEEE Control Systems*, 21(6), 11-25.
31. Simion, C. P., Gheorghe, A., Popescu, C. A., Scarlat, C., & Alexe, C. M. (2010). Defining nuclear power plants as critical infrastructures. *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, 2(13), 59-61.

Archive of SID

www.SID.ir