

ارزیابی میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل اندرکنشی با رویکرد برنامه‌ریزی شهری

حانیه نورالهی* - پژوهشگر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر h_nurollahi@yahoo.com

عاطفه سلیمانی - دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت

اکرم برزگر - پژوهشگر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

علی علیدوستی - پژوهشگر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده

بر اساس تئوری‌های مختلف، آنچه در جنگ‌های دنیای امروز بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد، شناسایی دارایی‌های با ارزش شهر یا کشور و احتمال حمله به آن‌هاست. با توجه به عملکرد، میزان تأثیرگذاری، موقعیت راهبردی و ... میزان حساسیت هر کدام از دارایی‌ها نسبت به یکدیگر متفاوت است. از این رو تعیین میزان حساسیت دارایی‌ها اولین گام در طرح‌های پدافند غیرعامل است. حساسیت دارایی‌ها بر اساس پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت ناشی از خسارت و تخریب دارایی‌ها تعریف شده و طبقه‌بندی میزان حساسیت آن‌ها به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. در این پژوهش تحلیل اندرکنشی دارایی‌ها برای ارزیابی حساسیت آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. میزان حساسیت هر دارایی از تلفیق سه اندرکنش فیزیکی، زمانی و جغرافیایی محاسبه شده است. برای تدوین برنامه‌های کارآمدتر باید علاوه بر ارزیابی حساسیت دارایی‌ها، میزان حساسیت پهنه‌های تحت تأثیر آن‌ها نیز شناسایی شود و در برنامه‌ریزی مورد توجه قرار گیرد، در حالی که این امر در پژوهش‌های مرتبط با حساسیت کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. هدف این پژوهش توسعه مفهوم اندرکنش و ارائه روشی برای استفاده از تحلیل‌های اندرکنشی در برنامه‌ریزی شهری است. در این روش میزان حساسیت پهنه‌های شهری با توجه به دو عامل میزان حساسیت دارایی‌ها و تجمع آن‌ها در یک پهنه شهری تعیین شده است. برای عینی شدن این تحلیل، فرایند مذکور در یک منطقه شهری فرضی پیاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در این محدوده، دارایی‌های مربوط به زیرساخت برق از بیشترین حساسیت و دارایی‌هایی همچون موزه و صدا و سیما از کمترین میزان حساسیت برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: دارایی، حساسیت، تحلیل اندرکنش، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی.

Critical assessment of assets and areas in the city using interdependency analysis an urban planning approach

Hanieh Nourollahi^{1*}, Atefeh Soleimani², Akram Barzegar³, Ali Alidoosti⁴

Abstract

Assets are one of the determining factors in vulnerability assessment of cities. However, not all assets have the same effects on vulnerability. Therefore, it is crucial to prioritize assets based on their criticality for the system. Criticality is defined as the value of the asset for the system along with the longterm and shortterm consequences caused by it in case it is damaged or destroyed. Geographical, physical and temporal interdependency analyses were used in this research to determine the criticality of each asset. However, establishing the most critical assets is only one part of risk assessment. Therefore, in order to have a more efficient planning, it is necessary to ascertain the critical areas as well. Unfortunately, the existing literature on interdependency analysis lacks adequate research in this area and as a result this type of analysis has not been used in urban planning despite the potentially beneficial applications of this concept in the field. In the methodology proposed in this article, calculated criticality and aggregation of assets were taken into account to assign criticality to different areas. Since some of the data needed for this procedure is considered to be classified information, a hypothetical area with hypothetical assets was used in the case study. The results indicate that, between assets in this example. The electric power infrastructure has the highest criticality whereas assets such as museums and radio and TV center have the lowest criticality.

Keywords: Asset, Criticality, Interdependency analysis, Geographic Information System.

1 Researcher, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran. Email: h_nurollahi@yahoo.com

2 PhD student, Department of Urban design, Industrial University of Science and Technology, Tehran, Iran.

3 Researcher, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

4 Researcher, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

۳۳

شماره چهارم

پاییز و زمستان

۱۳۹۲

دوفصلنامه

علمی و پژوهشی



ارزیابی میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل اندرکنشی با رویکرد برنامه‌ریزی شهری



مقدمه و پیشینه‌ی پژوهش

در طول تاریخ، روش‌ها، قواعد و اصول جنگ، با توجه به امکانات و توانمندی‌ها و دانش مردم، تغییر و تحول اساسی یافته است. پس از دوره‌ی جدید، یعنی پس از پیمان صلح وستفاليا در سال ۱۶۴۸ - پیمانی که به جنگ سی ساله‌ی پیش از خود پایان داد و جنگ را منحصر به کشورها کرد- کشورها رسماً عهده‌دار جنگ شدند و ارتش‌ها مجریان جنگ در تاریخ جدید شناخته شدند. نگاهی گذرا به شیوه‌ی جنگ‌های اخیر منطقه‌ی خاورمیانه و مقایسه‌ی آن با شیوه‌ها و تاریخچه‌ی جنگ‌های دوره‌های پیشین، این واقعیت حیرت‌آور را نمایان می‌کند که شیوه‌های جنگ‌های نوین کاملاً متفاوت از پیش است [۱]. یکی از روش‌های مورد توجه در جنگ‌های دوران جدید، روش بی‌قاعده است. روش یاد شده بر این مبنا استوار است که مهم‌ترین وظیفه در طرح‌ریزی یک جنگ شناسایی مراکز مهم کشور مورد تهاجم است و چنانچه این مراکز با دقت لازم شناسایی و مورد هدف قرار گیرند کشور مورد تهاجم، در اولین روزهای جنگ، طعم شکست نظامی را می‌چشد و در کوتاه‌ترین مدت به خواسته‌های کشور مهاجم تن در می‌دهد و تسلیم می‌شود [۲].

حفظ عملکرد یک شهر و کاهش خسارات جانی و مالی در پیش و پس از بحران‌هایی چون زلزله، انفجار، جنگ و سیل به عملکرد شریان‌های حیاتی وابسته است و با توجه به اندرکنش و وابستگی شدید این شریان‌ها به یکدیگر، بررسی رفتار شریان‌های حیاتی و مدل‌سازی اندرکنش بین آن‌ها ضروری است [۳]. با توجه به مطالب پیشین مشخص است که در هنگام جنگ و مواقع بحرانی، چه برای حمله و تهدید و چه برای بازسازی پس از بحران، نخستین مقوله‌ای که مورد توجه قرار می‌گیرد، حفاظت از دارایی‌های با اهمیت موجود در یک شهر یا منطقه است.

منظور از اهمیت دارایی‌ها، حساسیت نظام شهری نسبت به عملکرد هر یک از دارایی‌ها در شرایط بحرانی است [۴]. به بیان دیگر در صورتی که اختلال در عملکرد یک دارایی برای انجام مأموریت یک نظام تعیین‌کننده باشد، آن دارایی دارای حساسیت خواهد بود. در کشور انگلستان دارایی‌های حساس دارایی‌هایی تعریف شده‌اند که در خدمات رسانی به شهروندان ضروری هستند و بدون آن‌ها خدمات و امکانات ضروری نمی‌توانند منتقل شوند و کشور ممکن است با پیامدهای جدی از قبیل آسیب شدید اقتصادی، فروپاشی اجتماعی یا حتی در مقیاس وسیع‌تر از دست رفتن جان افراد مواجه گردد [۵]. به طور کلی می‌توان معیار حساسیت دارایی در شهر را این‌گونه تعریف کرد که هر چه میزان وابستگی عملکردی نظام شهری به یک دارایی بالاتر باشد، پیامدهایی مانند پیامدهای مالی، صدمات و جراحات، پیامدهای سیاسی و ناراضیاتی‌ها (نه الزاماً همه با هم) نیز شدت می‌یابد و در نتیجه میزان حساسیت افزایش پیدا می‌کند. این نکته روشن است که تمام دارایی‌های شهر از اهمیت همسانی در تهیه‌ی طرح پدافند غیرعامل برخوردار نیستند و وظیفه‌ی مدیران شهری شناسایی دارایی‌های کلیدی در این مورد است.

برای طبقه‌بندی دارایی‌ها از نظر حساسیت، تحلیل‌های مختلفی

در مطالعات گوناگون مطرح شده است که تحلیل اندرکنش یکی از این شیوه‌هاست. پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌ی اندرکنش شریان‌ها صورت گرفته است که از این میان می‌توان به مدل‌های اندرکنش جی^۱ و همکاران اشاره کرد که بر اساس متغیرهای ورودی و خروجی تدوین شده است و شامل تعدادی مدل اساسی است: مدل‌های ارزیابی برای فهم اندرکنش شریان‌های حیاتی، درک تفاوت انواع وابستگی‌ها، شناسایی و کمی‌سازی انواع مختلف وابستگی‌ها و شبیه‌سازی و تحلیل حساسیت [۶].

در مطالعه‌ی دیگری، نوجیما و کامدیا^۲ رویکردی را برای ارزیابی ریسک شریان‌های حیاتی در زلزله توسعه دادند که در آن بیشتر بر درک وابستگی بین دو نظام زیرساخت و کمی‌سازی برهم‌کنش بین نظام‌ها تأکید شده است [۷]. همچنین کرونین^۳ و همکاران اثرهای سرمایه‌گذاری روی شریان‌های حیاتی (مخابرات، برق) و در دسترس بودن آن‌ها را ارزیابی کرده‌اند. به تدریج مطالعات به سمت بررسی آثار اقتصادی شریان‌هایی سوق یافت که به شریان‌های دیگر دسترسی ندارند و در نتیجه قادر به ارائه‌ی خدمات نیستند [۸]. بیشتر پژوهش‌ها در زمینه‌ی اندرکنش در سال‌های اخیر و به ویژه در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ انجام شده است [۹].

اهداف این پژوهش شناسایی دارایی‌ها از نظر میزان حساسیت و همچنین شناسایی پهنه‌های حساس شهری است. شناسایی پهنه‌های حساس از آن رو مهم است که شناسایی دارایی‌های حساس^۴ به تنهایی نمی‌تواند در طرح‌های پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی ثمربخش باشد؛ چرا که علاوه بر خود دارایی محدودی تحت تأثیر دارایی نیز در مواقع بحرانی اهمیت دارد.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و به روش کمی است که در آن اطلاعات مورد استفاده در نمونه‌ی مورد مطالعه در یک منطقه‌ی شهری فرضی و در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی^۵ پیاده‌سازی شده است. در این پژوهش برای دستیابی به دو هدف شناسایی حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری از تحلیل اندرکنش استفاده شده است. در گام اول برای تعیین میزان حساسیت دارایی‌ها سه معیار اندرکنش فیزیکی، زمانی و جغرافیایی با توجه به میزان وابستگی آن‌ها به سایر دارایی‌ها برای هر کدام از دارایی‌ها محاسبه شده و در قالب امتیازی برای هر دارایی تعریف شده است. مجموع این سه امتیاز میزان حساسیت هر دارایی را تعیین کرده است.

میزان حساسیت پهنه‌های شهری نیز بر اساس تعداد دارایی‌های واقع در پهنه‌های شهری و همچنین میزان حساسیت آن‌ها تعیین شده است. در راستای عینی‌سازی این دو مفهوم، محدوده‌های فرضی در نظر گرفته شده که در آن پهنه‌های شهری از طریق شبکه‌بندی^۶ تعیین شده و وجود دارایی‌های حساس در آن‌ها مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

شناسایی و طبقه‌بندی دارایی‌های حساس

شناسایی و طبقه‌بندی دارایی‌ها بر مبنای حساسیت آن‌ها برای

برنامه‌ریزی تداوم زیست و فعالیت نظام شهری و مواجهه با بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت ضروری است. در این راستا گام اول حفاظت از دارایی‌های کلیدی شهر با حداقل هزینه و بیشترین کارایی است. در این راستا شناسایی دارایی‌هایی که در صورت آسیب دیدن یا از بین رفتن، پیامدهای مهمی برای تداوم فعالیت شهر به دنبال خواهند داشت، در اولویت قرار دارد.

برخی از پژوهش‌ها مردم، املاک و اطلاعات را دارایی دانسته‌اند و برخی دیگر دارایی‌ها را در قالب گروه‌های مردم، فعالیت‌ها و اقدامات، خدمات و تجهیزات دسته‌بندی کرده‌اند [۱۰].

مؤسسه‌ی PCCIP^۶ زیرساخت‌های کلیدی را به هشت بخش عمده تقسیم می‌کند که شامل مخابرات، شبکه‌های برق، نفت و گاز، زیرساخت‌های مالی و بانکداری، شبکه‌های تأمین آب، خدمات و تسهیلات عمومی و تسهیلات مرتبط با شرایط اضطراری (امداد و نجات) است [۹].

وزارت امنیت داخلی آمریکا^۸ نیز زیرساخت‌های مهم را در قالب هجده دسته‌ی متفاوت طبقه‌بندی کرده است [۱۱]:

۱. زیرساخت‌های کشاورزی و غذا
۲. زیرساخت‌های بانکداری و مالی
۳. صنایع تولید مواد شیمیایی و مواد خطرناک
۴. صنایع نظامی
۵. انرژی
۶. خدمات اضطراری
۷. زیرساخت‌های بخش فناوری اطلاعات
۸. مخابرات
۹. پست
۱۰. زیرساخت‌های بهداشت و درمان
۱۱. زیرساخت‌های حمل و نقل
۱۲. شبکه‌ی آب‌رسانی
۱۳. آثار و نمادهای ملی
۱۴. تجهیزات و ساختارهای تجاری
۱۵. ساختمان‌های دولتی
۱۶. سدها
۱۷. صنایع هسته‌ای
۱۸. صنایع و کارخانه‌ها

گفتنی است طبقه‌بندی دارایی‌ها از استاندارد خاصی برخوردار نیست و بر اساس ساختار و سازمان کشورها و شهرها و نیز ویژگی‌های ذاتی و میزان توسعه‌یافتگی دارایی‌ها و شهرها قابل تغییر است [۱۲]. به طور کلی می‌توان بر اساس دیدگاه مدیران محلی، اندازه، موقعیت و عملکرد شهر، دسته‌بندی‌های متفاوتی از دارایی‌ها ارائه کرد. برای مثال اهمیت تأسیسات بانکی و نظام مالی در شهرهای بزرگ و کوچک از اهمیت یکسانی برخوردار نیست یا اهمیت تأسیسات آبی در شهرهای برخوردار از منابع آب جایگزین کافی یا شهرهایی دارای محدودیت بالای منابع آبی، متفاوت است.

در این مطالعه بر اساس منابع علمی معتبر و در دسترس، فهرست کلی دارایی‌ها چنین پیشنهاد شده است:

۱. کشاورزی
۲. منابع آبی
۳. آثار و بناهای ملی
۴. صنایع
۵. شبکه‌ی گازرسانی
۶. مراکز امداد و نجات
۷. مخابرات
۸. بانکداری و مالی
۹. شبکه‌ی حمل و نقل
۱۰. شبکه‌ی برق‌رسانی
۱۱. مخازن سوخت
۱۲. مراکز سیاسی و امنیتی

برای شناسایی دارایی‌ها از نظر میزان حساسیت از تحلیل‌هایی مانند میزان تقاضا (جمعیت تحت پوشش)، اهمیت دارایی‌ها بر اساس اندرکنش آن‌ها با یکدیگر [۱۳]، توانایی ارائه‌ی خدمات در حین بحران، امکان بازگشت به حالت اولیه با توجه به هزینه [۴] و امکان تداوم یک دارایی خاص در حین بحران [۴] استفاده می‌شود که در این پژوهش از تحلیل اندرکنش دارایی‌ها استفاده شده است.

تحلیل اندرکنش دارایی‌ها

عملکرد هر دارایی غالباً به عملکرد دارایی دیگر وابسته است. مثلاً شبکه‌ی مخابرات برای خدمات‌رسانی به نیروی برق نیازمند است و شبکه‌ی برق برای خنک ماندن تجهیزات و کاهش انتشار مایعات به شبکه‌ی آب نیاز دارد [۱۴]. شبکه‌ی آب نیز برای پمپ‌ها، مخازن و مهار شبکه به شبکه‌ی برق محتاج است. به طور کلی می‌توان گفت بیشتر زیرساخت‌ها از قبیل شبکه‌ی گاز، نفت و حمل و نقل برای خدمات‌رسانی به شبکه‌ی برق نیازمندند [۱۵].

در همین رابطه دودنهوفر^{۱۱} اندرکنش را یک ارتباط دوسویه بین دو زیرساخت تعریف کرده است که به واسطه‌ی آن چگونگی عملکرد هر کدام از دو زیرساخت، تحت تأثیر زیرساخت دیگر است. به عبارت دیگر اگر هر کدام از زیرساخت‌ها وابسته به دیگری باشد، دو زیرساخت وابستگی متقابل دارند [۱۶]. اندرکنش دارایی‌ها معمولاً تهدیدی برای شبکه به شمار می‌آید. این امر به‌ویژه در مواقعی که تمامی اندرکنش‌ها در نظر گرفته نشده‌اند، می‌تواند میزان اطمینان و امکان شناسایی ریسک و درک رفتار شبکه را کاهش دهد. اما از سوی دیگر اندرکنش‌ها در تأمین مقاومت شبکه و افزایش پایداری نقش اساسی دارند [۵].

به طور کلی دارایی‌ها می‌توانند بر اساس عوامل متعددی از قبیل عملکرد، استفاده از منابع مشترک، زیرسامانه‌های مشترک، عوامل محیطی مشترک، زمان عملکرد، هم‌افزایی پیامدها و ... با یکدیگر دارای اندرکنش باشند [۵]. بر اساس این عوامل دسته‌بندی‌های متفاوتی از اندرکنش‌ها ارائه می‌شوند. برای مثال رینالدی و کلی^{۱۱} وابستگی‌ها را به چهار دسته تقسیم کرده‌اند:

۱. فیزیکی: وقتی شریان‌های حیاتی مختلف برای عملکرد به جریان یکدیگر وابسته هستند.
۲. اطلاعاتی: وقتی شریان‌ها به اطلاعات و انتقال آن

وابسته‌اند.

۳. **جغرافیایی:** وقتی یک سانحه و رویداد طبیعی، چندین شریان مختلف را که در هم‌جواری هم هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۴. **منطقی:** وابستگی موجود بین شریان‌ها که از نظر منطقی به هم وابسته‌اند؛ برای مثال یک شریان حیاتی درون شریان دیگر قرار دارد و با از بین رفتن اولی، خرابی شریان دوم کاملاً بدیهی به نظر می‌رسد [۹].

دودنه‌وفر و پرمان^{۱۲} در دسته‌بندی گسترده‌تری انواع اندرکنش را به پنج دسته‌ی فیزیکی، اطلاعاتی، سیاست-فرایندی و جغرافیایی-فضایی و اجتماعی تقسیم کرده‌اند [۱۷].

در این پژوهش با توجه به هدف و اطلاعات در دسترس سه نوع اندرکنش میان دارایی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از:

- اندرکنش جغرافیایی دارایی‌ها
- اندرکنش فیزیکی (عملکردی) دارایی‌ها
- اندرکنش زمانی دارایی‌ها

در اندرکنش جغرافیایی دارایی‌ها، مجاورت جغرافیایی آن‌ها مورد سنجش قرار می‌گیرد و از معیار فاصله‌ی جغرافیایی در تعیین مجاورت استفاده می‌شود. معیار اندرکنش فیزیکی میزان وابستگی عملکرد سایر دارایی‌ها را به یک دارایی نشان می‌دهد. معیار اندرکنش زمانی دارایی‌ها نیز به میزان تداوم ارتباط دو سوبه‌ی دارایی‌ها در یک دوره‌ی زمانی خاص اشاره دارد.

تجزیه و تحلیل دارایی‌ها از نظر اندرکنش جغرافیایی

تحلیل اندرکنش جغرافیایی دارایی‌ها به طور عمده با استفاده از نقشه و نرم‌افزار سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی انجام می‌شود. همان‌طور که گفته شد مهم‌ترین مفهوم در تحلیل اندرکنش جغرافیایی مفهوم مجاورت و همسایگی است. تحلیل مجاورت روشی برای تحلیل عوارض جغرافیایی با اندازه‌گیری فاصله میان یک عارضه با عوارض دیگر موجود در یک ناحیه‌ی خاص است. هدف از این تحلیل، بررسی فاصله‌ی میان دارایی‌های مختلف بر اساس حداقل فاصله‌ی جغرافیایی در یک ناحیه‌ی خاص است.

به عبارتی در صورت وجود مجموعه‌ای از دارایی، امتیاز دارایی نام (Si)، با محاسبه‌ی مجموع حداقل فواصل آن دارایی از سایر دارایی‌ها تقسیم بر تعداد کل دارایی‌ها (N) به دست می‌آید.

رابطه‌ی ۱:

$$S_i = \frac{\sum_1^j D_{ij}}{N}$$

در تحلیل حساسیت دارایی‌ها و سپس طبقه‌بندی آن‌ها بر اساس معیار اندرکنش جغرافیایی، فرض‌های زیر مورد توجه قرار می‌گیرد:

۱. حوادث انسان‌ساخت مانند انفجار ناشی از حملات هوایی و زمینی سبب خسارت و آسیب رساندن به زیرساخت‌هایی می‌گردد که در فاصله‌ی نزدیکی از یکدیگر قرار دارند.
۲. آسیب رساندن به دارایی‌ها در حملات نظامی به دو صورت جزئی^{۱۳} یا کلی^{۱۴} انجام می‌شود [۱۸].

آسیب رساندن کلی به معنای این است که تمام دارایی‌های موجود در نظام شهری به طور کامل از بین می‌روند. این امر به

ندرت در دنیای واقعی امکان‌پذیر است؛ بنابراین آسیب رساندن به دارایی به صورت جزئی به واقعیت نزدیک‌تر است. با توجه به اینکه در حملات نظامی، آسیب رساندن به زیرساخت‌ها به صورت جزئی اتفاق می‌افتد، هدف کشور متخاصم این است که با صرف کمترین زمان و هزینه، بیشترین دارایی‌ها را از بین ببرد. از این رو در دارایی‌های مجاور به دلیل کم بودن فاصله‌ی فضایی، امکان آسیب رسیدن در حداقل زمان ممکن افزایش می‌یابد.

بررسی دارایی‌ها از نظر اندرکنش فیزیکی (عملکردی)

تحلیل دارایی‌ها از نظر فضایی و تعیین اهمیت آن‌ها با توجه به معیار اندرکنش جغرافیایی به تنهایی امکان شناخت دارایی‌های حساس را فراهم نمی‌سازد. تمام دارایی‌هایی که در مجاورت جغرافیایی هم قرار دارند، اهمیت یکسانی از نظر پدافند غیرعامل شهری ندارند. بنابراین، بررسی اندرکنش دارایی‌ها از ابعاد دیگری نیز باید صورت گیرد. اندرکنش فیزیکی یا عملکردی نوع دیگری از معیار اندرکنش است که برای تعیین میزان حساسیت دارایی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اندرکنش فیزیکی توصیف جریان مواد میان زیرساخت‌ها (دارایی‌ها) را نشان می‌دهد و حاصل پیوند فیزیکی ناشی از ورود و خروج مواد و انرژی (آب، برق، گاز و نیروی انسانی) میان زیرساخت‌های مورد نظر است. برای مثال، شبکه‌ی برق و فناوری اطلاعات و ارتباطات با یکدیگر از نظر فیزیکی اندرکنش دارند. شبکه‌ی برق به زیرساخت‌های ارتباطات و اطلاعات برق مورد نیاز را می‌رساند و در مقابل با استفاده از شبکه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، نظارت و پایش داده‌های عملیاتی مورد نیاز برای کارکرد بهتر تولید، انتقال و توزیع برق صورت می‌گیرد.

بررسی دارایی‌ها از نظر اندرکنش زمانی

تحلیل دارایی‌ها بر اساس اندرکنش زمانی آن‌ها نیز دارای اهمیت خاصی است. میزان درجه‌ای که دارایی‌ها در یک دوره‌ی زمانی خاص (مثلاً در طول یک شبانه‌روز) به یکدیگر وابسته‌اند، حساسیت یک دارایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای بررسی اندرکنش زمانی دارایی‌ها نحوه‌ی انتقال و جریان مواد از یک دارایی به دارایی دیگر در یک دوره‌ی زمانی معین مورد بررسی قرار می‌گیرد. پیوستگی زمانی دارایی‌ها به طور مستمر، امکان بازگشت به حالت اولیه و تأمین دارایی‌های جایگزین یا تعمیر آن را در زمان وقوع بحران با مشکل مواجه می‌سازد، زیرا هر چه تعداد بیشتری از تأسیسات شهری در طول شبانه‌روز به یک دارایی خاص وابسته باشد، حساسیت آن در نظام شهری افزایش می‌یابد. مثلاً به دلیل لزوم امدادسانی بیست و چهار ساعته به مراکز فرهنگی و مذهبی نظیر کتابخانه‌های اصلی و موزه‌های مهم، این مراکز به مراکز امدادسانی از نظر زمانی وابسته خواهند بود یا تأمین سوخت از طریق پمپ‌های بنزین به صورت بیست و چهار ساعته به زیرساخت برق وابستگی دارد.

تعیین میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری با توجه به تحلیل اندرکنشی

برای تعیین میزان حساسیت دارایی‌ها، ابتدا به هر کدام از آن‌ها به تفکیک سه بخش اندرکنش فیزیکی، زمانی و جغرافیایی و با توجه به میزان وابستگی آن دارایی به سایر دارایی‌ها امتیازی داده می‌شود. مجموع امتیاز مربوط به هر سه نوع اندرکنش یاد شده، امتیاز نهایی حساسیت دارایی محسوب می‌گردد. در نهایت دارایی‌ها بر اساس امتیاز نهایی در پنج دسته از حساسیت خیلی کم (وزن ۱) تا حساسیت خیلی زیاد (وزن ۵) طبقه‌بندی می‌شوند. این طبقه‌بندی تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و ارائه‌ی پیشنهادات را در مورد دارایی‌های حساس تسهیل می‌کند.

در تعیین حساسیت پهنه‌های شهری نمی‌توان از روش تعیین شعاع برای انتقال حساسیت به پهنه استفاده کرد زیرا امکان تعیین شعاع تأثیرگذاری برای کیفیات مورد نظر مانند وابستگی عملکردی و وابستگی سرویس دهی وجود ندارد. بنابراین محدوده‌ی مورد مطالعه شبکه‌بندی و میزان حساسیت برای هر یک از سلول‌های شبکه به طور مجزا ارزیابی می‌شود. در هر سلول دو عامل تعداد دارایی‌های موجود و میزان حساسیت آن‌ها تعیین‌کننده‌ی حساسیت آن سلول بوده است. در محاسبه‌ی میزان حساسیت دارایی‌های نقطه‌ای از رابطه‌ی ۲ و دارایی‌های شبکه‌ای از رابطه‌ی ۳ استفاده می‌شود.

رابطه‌ی ۲:

امتیاز حساسیت هر پهنه در رابطه با دارایی‌های نقطه‌ای = (تعداد دارایی نقطه‌ای با وزن یک $\times 1$) + (تعداد دارایی نقطه‌ای با وزن دو $\times 2$) + ... + (تعداد دارایی نقطه‌ای با وزن پنج $\times 5$)

رابطه‌ی ۳:

امتیاز حساسیت هر پهنه در رابطه با دارایی‌های شبکه‌ای = (تعداد دارایی شبکه‌ای عبوری از سلول با وزن یک $\times 1$) + (تعداد دارایی

شبکه‌ای عبوری از سلول با وزن دو $\times 2$) + ... + (تعداد دارایی شبکه‌ای از سلول با وزن پنج $\times 5$)

نکته‌ای که در مورد تعیین حساسیت پهنه‌ها در روش پیشنهادی این پژوهش مورد توجه قرار گرفته این است که علاوه بر میزان حساسیت دارایی‌ها، تجمع آن‌ها نیز عامل تعیین‌کننده‌ای در ارزیابی حساسیت پهنه است. در توضیح این امر باید توجه داشت که وجود یک دارایی با حساسیت بالا لزوماً به معنای بالا بودن حساسیت نسبی آن پهنه در مقایسه با سایر پهنه‌ها نیست. عکس این مطلب نیز صادق است؛ این احتمال وجود دارد که در یک پهنه دارایی‌های با حساسیت بالا وجود نداشته باشد، اما به دلیل تجمع دارایی‌های با حساسیت کم در یک پهنه، امتیاز کلی حساسیت آن پهنه می‌تواند نسبت به سایر پهنه‌ها بالا باشد.

در نهایت، از مجموع امتیاز حساسیت پهنه در مورد دو نوع دارایی شبکه‌ای و نقطه‌ای، میزان حساسیت نهایی پهنه تعیین می‌گردد. برای کاهش ابهام و افزایش قابلیت فهم تعیین حساسیت دارایی‌ها بر اساس تحلیل اندرکنشی، فرایند مذکور در محدوده‌ای فرضی اجرایی شده است.

شناسایی حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری در محدوده‌ی مورد مطالعه

با توجه به دارایی‌های دوازده‌گانه‌ای که به منزله‌ی فهرست نهایی دارایی‌های مورد توجه در طرح‌های پدافند غیرعامل شهری در بخش‌های قبل تعیین گردید، دارایی‌هایی که در محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی این پژوهش وجود دارند، در جدول ۱ معرفی و در تصویر ۱ نشان داده شده است.

در ادامه مراحل تعیین میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری ارائه شده است.

جدول ۱: دارایی‌های موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه

دارایی	اجزای دارایی	دارایی	اجزای دارایی
مخابرات	مراکز مخابراتی	شبکه‌ی برق	پست ۱۳۲ کیلوولت
	BTS		پست ۶۳ کیلوولت
	مخازن آب موجود		خط انتقال برق ۱۳۲ کیلوولت
منابع آبی	خط انتقال برق ۶۳ کیلوولت		
شبکه‌ی توزیع آب موجود	فیدرهای حساس		
بانکداری و مالی	بانک‌های مادر	مخازن سوخت	مخازن سوخت
آثار و بناهای ملی	موزه		جایگاه سوخت (پمپ بنزین)
شبکه‌ی گاز	T.B.S	مراکز امداد و نجات	مراکز آتش‌نشانی
	شبکه‌ی توزیع گاز شهری		بیمارستان‌ها
شبکه‌ی حمل و نقل	راه آهن	مراکز سیاسی - مدیریتی	مراکز انتظامی
	شبکه‌ی ارتباطی		صدا و سیما
	تقاطع غیرهمسطح		مجتمع قضایی
	-		مراکز نظامی

• اندرکنش جغرافیایی

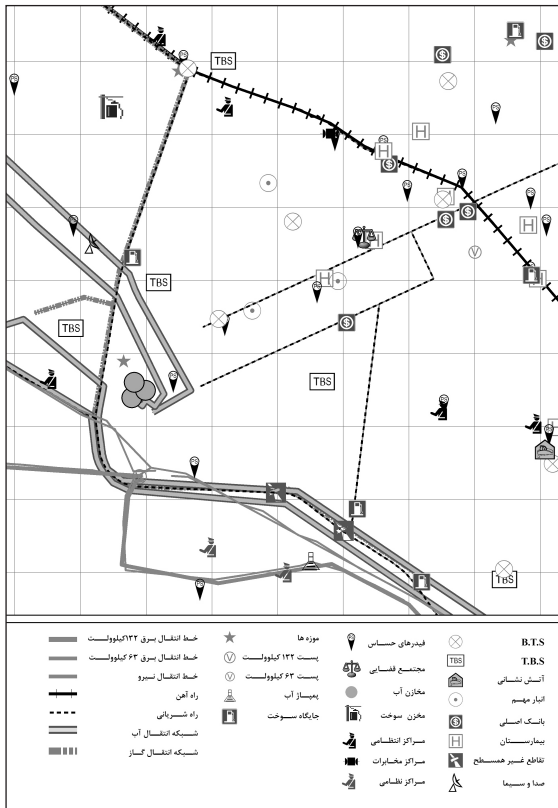
در رابطه با اندرکنش جغرافیایی مجاورت دارایی‌ها بر اساس میانگین حداقل فاصله‌ی یک دارایی از سایر دارایی‌ها در محدوده محاسبه شده است. در جدول ۲ برای نمونه فاصله‌ی دارایی پست ۱۳۲ کیلووات از سایر دارایی‌ها محاسبه و امتیاز مربوط به تحلیل اندرکنش جغرافیایی آن مطابق رابطه‌ی ۱ تعیین شده است. به علت بزرگی اعداد حاصل از این تحلیل و در جهت یکسان‌سازی اعداد، امتیازات نرمال می‌شوند.

• تحلیل اندرکنش فیزیکی (عملکردی)

سنجش اندرکنش فیزیکی دارایی‌های مورد نظر در این پژوهش از طریق تشکیل ماتریس اندرکنش صورت می‌گیرد. برای تکمیل ماتریس مورد نظر به هر کدام از دارایی‌ها بر اساس میزان نقش آن‌ها در تداوم فعالیت دارایی‌های دیگر امتیاز داده شده است. گفتنی است که در تعیین وابستگی یک دارایی به دارایی دیگر، میزان وابستگی لحاظ نشده است و تنها وابسته بودن یا نبودن دارایی‌ها به یکدیگر ملاک عمل قرار گرفته و در انتها امتیاز وابستگی عملکردی دارایی از طریق جمع تعداد دارایی وابسته به آن، محاسبه شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود از میان زیرساخت‌های شهری، شبکه‌ی زیرساخت برق از بیشترین میزان حساسیت از نظر عملکردی برخوردار است. دلیل این امر را می‌توان وابستگی تمامی شبکه‌ها و زیرساخت‌های شهری به شبکه‌ی برق دانست. پس از شبکه‌ی برق، اجزای شبکه‌ی زیرساختی آب، از نظر فیزیکی، از حساسیت بالایی نسبت به سایر دارایی‌ها برخوردار است (جدول ۳).

مراکز مخابراتی یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های شهری در قرن ۲۱ محسوب می‌شوند. حساسیت این موضوع را می‌توان با توجه به وابستگی قسمت عمده‌ای از نظام شهری به ارتباطات مخابراتی دانست. مراکز سوختی و اجزای شبکه‌ی گاز در مرتبه‌های بعدی حساسیت قرار دارند. وابستگی به مراکز انتظامی نیز در رده‌ی بالایی است، چرا که این ارگان، امنیت تعداد قابل توجهی از دارایی‌ها را تأمین می‌سازد.



تصویر ۱: مکان و نوع دارایی‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه

• اندرکنش زمانی

در تحلیل اندرکنش زمانی نیز همانند اندرکنش فیزیکی دارایی‌ها از یک ماتریس استفاده شده و بر اساس ماتریس حاصل، به هر دارایی وزنی اختصاص داده شده است. گفتنی است تکمیل این ماتریس با در نظر گرفتن ساعات کاری و نحوه‌ی عملکرد از نظر زمانی صورت گرفته است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود اجزای شبکه‌ی زیرساختی برق همچنین دارای بیشترین میزان حساسیت به لحاظ زمانی است، چرا که بیشتر دارایی‌ها به شبکه‌ی برق وابستگی زمانی بیست و چهار ساعته دارند. پس از شبکه‌ی برق، راه‌ها یکی از حساس‌ترین شبکه‌های زیرساختی شهر از نظر زمانی محسوب

جدول ۲: ارزیابی امتیاز تحلیل اندرکنش جغرافیایی برای پست ۱۳۲ کیلووات

امتیاز تحلیل اندرکنش جغرافیایی	میانگین	مجموع فاصله‌ی دارایی از سایر دارایی‌ها	صدا و سیما	مجموع فضایی	...	BTS _۱	مرکز مخابراتی
۰/۱۲	۱۷۰۲/۵۲	۱۱۶۲۰۱/۹۳	۱۸۳۳/۶۸	۷۸۵/۲۷	...	۳۴۱۱/۱۹	مرکز مخابراتی
...							
۰/۱۸	۲۴۲۳/۱۸	۱۹۳۸۵۴/۷۸	۲۶۹۶/۹۱	۲۹۵۷/۱۳	...	۲۹۱۰/۱۷	پست ۱۳۲ کیلووات
...							
۰/۱۶	۲۲۱۵/۳۵	۱۷۷۲۲۸/۷۰	۰	۱۹۴۶/۲۵	...	۳۷۹۹/۳۴	صدا و سیما

جدول ۵: ارزیابی نهایی میزان حساسیت دارایی‌های موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه

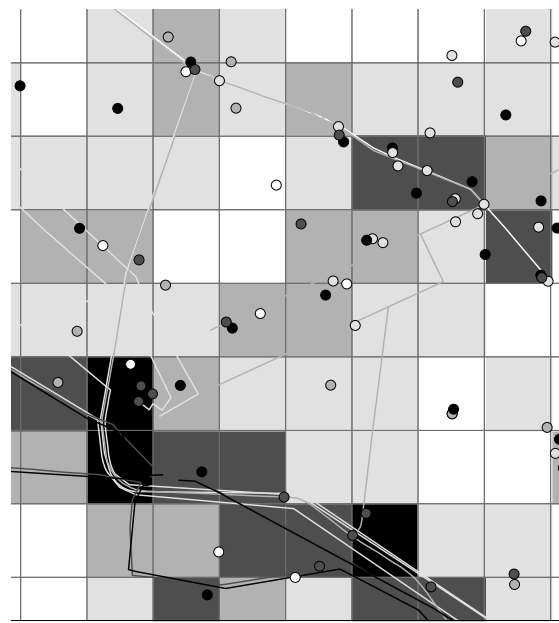
میزان حساسیت	اجزای دارایی	دارایی	میزان حساسیت	اجزای دارایی	دارایی
حساسیت بسیار بالا (وزن ۵)	پست ۱۳۲ کیلوولت	شبکه‌ی برق	حساسیت بالا (وزن ۴)	مراکز مخابراتی	مخابرات
	پست ۶۳ کیلوولت		BTS		
	خط انتقال برق ۱۳۲ کیلوولت		حساسیت بالا (وزن ۴)	مخازن آب موجود	منابع آبی
	خط انتقال برق ۶۳ کیلوولت		حساسیت بالا (وزن ۴)	ایستگاه‌های پمپاژ	
فیدرهای حساس	حساسیت کم (وزن ۲)	شبکه‌ی توزیع آب موجود			
حساسیت بسیار بالا (وزن ۵)	مخازن سوخت	مخازن سوخت	حساسیت کم (وزن ۲)	بانک‌های مادر	بانکداری و مالی
حساسیت بالا (وزن ۴)	جایگاه سوخت		حساسیت بسیار کم (وزن ۱)	موزه	آثار و بناهای ملی
حساسیت کم (وزن ۲)	مراکز آتش نشانی	مراکز امداد و نجات	حساسیت متوسط (وزن ۳)	T.B.S	شبکه‌ی گاز
	بیمارستان‌ها		حساسیت کم (وزن ۲)	شبکه‌ی توزیع گاز شهری	
حساسیت متوسط (وزن ۳)	مراکز انتظامی	مراکز سیاسی - مدیریتی	حساسیت بسیار کم (وزن ۱)	راه‌آهن	شبکه‌ی حمل و نقل
	صدا و سیما			حساسیت متوسط (وزن ۳)	
حساسیت کم (وزن ۲)	مجتمع قضایی		حساسیت بالا (وزن ۴)	تقاطع غیرهمسطح	

ارائه شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد یکی از حساس‌ترین دارایی‌های شهری، زیرساخت برق است که بیشترین تأثیر را در عملکرد شهرهای کنونی دارد.

در مرحله‌ی پایانی این پژوهش حساسیت پهنه‌های شهری با توجه به میزان حساسیت دارایی‌های موجود در آن پهنه و همچنین تجمع این دارایی‌ها تعیین شده است. برای توجه به این دو نکته و در راستای شناسایی پهنه‌های حساس، محدوده‌ی مورد مطالعه شبکه‌بندی (۵۰۰×۵۰۰ متر) شده و میزان حساسیت هر پهنه‌ی شهری (هر سلول از شبکه)، از مجموع امتیازات حاصل از روابط ۲ و ۳ تعیین گردیده است (تصویر ۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت شناسایی حساسیت دارایی‌های شهری در مواجهه با تهدیدات در برنامه‌ریزی، در این پژوهش روشی برای کمی‌سازی و اولویت‌بندی دارایی‌ها و پهنه‌های شهری ارائه شد. یکی از مزیت‌های تحلیل اندرکنشی، در نظر گرفتن ابعاد مختلف وابستگی دارایی‌ها به یکدیگر و همچنین وابستگی عملکرد شهر به این دارایی‌هاست. در این پژوهش سعی شد تا با استفاده از روشی پیشنهادی زمینه‌ی استفاده از مفهوم اندرکنش دارایی‌ها در مفاهیم برنامه‌ریزی فراهم گردد. در این راستا نکته‌ی اساسی که پس از اولویت‌بندی دارایی‌ها در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت، ارزیابی چگونگی تأثیر این دارایی‌های حساس بر پهنه‌های شهری و در نتیجه نحوه‌ی اثرگذاری آن‌ها بر اقدامات برنامه‌ریزان در شهر بود. پس از شناخت میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری،



تصویر ۲: نقشه‌ی میزان حساسیت پهنه‌های شهری

یافته‌های پژوهش

در نهایت از مجموع امتیازهای مربوط به هر یک از انواع دارایی در سه اندرکنش فیزیکی، زمانی و جغرافیایی امتیاز نهایی که نشان‌دهنده‌ی میزان حساسیت نهایی هر کدام از دارایی‌ها است، محاسبه شده است. در جدول ۵ دارایی‌ها و ارزیابی میزان حساسیت نهایی آن‌ها در قالب پنج دسته از بسیار کم تا بسیار زیاد

North American Electric Reliability Council.

6. Gillette, J.L., et al. (2002). *Analyzing Water or Waste water Infrastructure Interdependency*. San Juan : 6th international conferences on probabilistic safety management.

7. Kumagai, Y. ; Najima, Y (1999). *Urbanization and Disaster Mitigation in Tokyo*. Tokyo: United Nations University Press.

8. Rinaldi, Steven M.; Peerenboom, James P. and Kelly, Terrence K. (2001). *Identifying, understanding and analyzing critical infrastructure interdependencies*. US: IEEE Control Systems Magazine.

9. Moteff, J. (2004). *Risk Management and Critical Infrastructure Protection: Assessing, Integrating, and Managing Threats, Vulnerabilities and Consequences*. Washington: U.S Congress.

10. Homeland Security (2008). *Infrastructure Taxonomy*. US

11. Yates, Athol (2003). *Securing Critical Infrastructure and the Built Environment*. Australia: Institution of Engineers.

12. Eusgeld, Irene; Henzi, David and Kröger, Wolfgang (2008). *Comparative Evaluation of Modeling and Simulation Techniques for Interdependent Critical Infrastructures*. Zurich: Scientific Report, laboratory for safety analysis.

13. Bloomfield, R; Chozos, N; Nobles, P (2009). *Infrastructure Interdependency Analysis: Requirements, capabilities and strategy*. London: Adelard LLP.

14. Dudenhoefter, et al. (2007). *Interdependency Modeling and Emergency Responce*. San Diego, California: Proceeding of the computer simulation conference.

15. Fedora, Ph. A. (2004). *Reliability Review of North American Gas/Electric System Interdependency*. Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, 104-111.

16. Eguchi, R. T. and Honegger, D. G. (2003). *Standard Guidelines to Assess the Seismic Fragility of Water Transmission Systems*. Proceedings of the Sixth U.S. Conference and Workshop on Lifeline Earthquake Engineering, American Society of Civil Engineers, 93-98.

17. Pederson, P, et al. (2006). *Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research*. Idaho: Idaho National Laboratory.

18. Richard L, Church; Scaparra, Maria P and Middleton, Richard S. (2004). *Identifying Critical Infrastructure: The Median and Covering Facility Interdiction Problems*. Annuals of the Association of American Geographers, Vol. 94, pp. 491-502.

گام بعدی در پرداختن به موضوع پدافند غیرعامل در برنامه ریزی شهری، ارائه‌ی راهکارهایی برای کاهش میزان حساسیت است. به طور کلی می‌توان با توجه به میزان سطوح حساسیت بالا و بسیار بالا وضعیت محدوده‌ی مورد مطالعه را سنجید و راهکارهای برنامه ریز مورد نیاز را پیش بینی کرد. این امر چگونگی و میزان توسعه در زمین‌های شهری و همچنین ضوابط مکان یابی دارایی‌ها را با توجه به میزان حساسیت در پهنه‌های شهری تعیین می‌کند. برای نمونه در صورت ضرورت قرار دادن دارایی خاص در زمین‌های شهری با حساسیت زیاد، باید اصول ویژه‌ای برای توسعه‌های جدید در نظر گرفت؛ این در حالی است که در پهنه‌های شهری با حساسیت کم تنها رعایت ملاحظات معمول کافی است. در مورد هر کدام از دارایی‌ها می‌توان راهبردها و سیاست‌های متعددی پیشنهاد کرد. این راهکارها در ارتباط با دارایی‌های حساس گسترده‌ی وسیعی از اقدامات از بالا بردن استحکامات امنیتی دارایی حساس گرفته تا در نظر گرفتن شبکه‌های پشتیبان را شامل می‌شود. اما اقدامات در زمینه‌ی پهنه‌های حساس شهری، که بیشتر در حوزه‌ی کار برنامه ریزی شهری قرار می‌گیرد، نیاز به نوعی دیگر از اقدامات دارد. این اقدامات می‌تواند شامل اصلاح مدیریت شهری، تعدیل توزیع فضایی جمعیت و عملکرد، در نظر گرفتن تمهیدات ویژه برای مقابله با بحران و به طور کلی برنامه ریزی در جهت کاهش ریسک و آسیب پذیری در پهنه‌های با حساسیت بالا باشد.

پی‌نوشت

1. Jey
2. Nojima & Camedia
3. Cronin
4. Critical Asset
5. Geographic Information System
6. Grid
7. President's Commission on Critical Infrastructure Protection
8. Department of Homeland Security
9. Postal & Shipping
10. Dudenhoefter
11. Rinaldi and Kelly
12. Permann
13. Partial Interdiction
14. Complete Interdiction

منابع

1. ویژه نامه هفته پدافند غیرعامل (۱۳۹۲). مصاحبه با سردار دکتر جلالی به مناسبت هفته‌ی پدافند غیرعامل، دو فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.
2. United States Air Force Scientific Advisory Board (2011). *Operating Next Generation Remotely Piloted Aircraft for Irregular Warfare*, United States Air Force.
3. نعیمی، مهرداد؛ امیدوار، بابک (۱۳۹۱). نحوه‌ی محاسبه‌ی اثر برق در تجهیزات شبکه‌ی آب، مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۶ تهران. دو فصلنامه‌ی مدیریت بحران، شماره‌ی دوم، ۱۷-۳۳.
4. Norman, Thomas L. (2010). *Risk Analysis and Security for Safety Countermeasure Selection*. US: Taylor & Francis.
5. North American Electric Reliability Council (NERC) (2004). *Gas/ Electricity Interdependencies and Recommendations*. Princeton: