ارائه یک شاخص برای ارزیابی تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقل در شرایط بحران

(مقاله پژوهشی) (صفحه ۱-۲۲)

علیرضا ماهپور[۱]، امیررضا ممدوحی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۳

چکیده

عملکرد مناسب شبکه در ارتباط مستقیم با میزان دسترسی و امکان برقرای ارتباط با فعالیت‌های مختلف است. چنان‌چه یک شبکه حتی در زمان عادی عملکرد مطلوب و قابل قبولی داشته باشد به دلایل مختلف عملکرد مطلوب آن قابل تسری به وضعیت پس از بحران نخواهد بود. لذا یکی از راه‌کارهای اصولی برای پیش‌گیری از آسیب شبکه حمل‌ونقل و مدیریت اصولی در برابر وقوع بلایای مختلف ازجمله زلزله، مطالعه و بررسی دلایل تنزل عملکرد شبکه حمل‌ونقل است. از شاخصه‌های مهم عملکردی یک شبکه می‌توان به مسئله کوتاه‌ترین درخت گسترش در شبکه اشاره کرد که پیوستگی شبکه را نشان می‌دهد. در این پژوهش، با استفاده از مفهوم کوتاه ترین درخت گسترش به بررسی تاب‌آوری شبکه‌های حمل‌ونقل در شرایط بحران پرداخته می‌شود و هدف از آن تعیین نقاط ضعف و قوت شبکه است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سهم زیادی از کمان‌های شبکه راه‌های هر استان در کوتاه‌ترین درخت گسترش آن استان قرار دارند؛ به‌طوری‌که به‌عنوان نمونه در استان تهران به‌عنوان پایتخت کشور نسبت کمان‌های موجود در کوتاه‌ترین درخت گسترش به کل ۷۳درصد و نسبت طول کمان‌های استان که در حداقل درخت دربرگیرنده قرار می‌گیرند به کل طول کمان‌های استان ۷۸درصد است.

کلیدواژه‌ها: *تاب‌آوری، شبکه‌های حمل‌ونقل، بحران، کوتاه‌ترین درخت گسترش.*

---

۱. استادیار گروه مهندسی حمل‌ونقل، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، نویسنده مسئول: a_mahpour@sbu.ac.ir

۲. دانشیار گروه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، armamdoohi@modares.ac.ir

مقدمه

امروزه سیاست کلی اکثر سازمان‌های حمل‌ونقل و ترافیک در دنیا ایجاد شبکه‌ای ایمن، با کیفیت بالا و مقرون‌به‌صرفه برای انتقال مسافر و بار است. حوادث و بلایای طبیعی، آثار بسیار زیان‌باری در زمینه‌های گوناگون (اقتصادی، اجتماعی و ...) برای انسان دارند. عملکرد زیرساخت‌های مهمی چون شبکه‌های راه، آب، برق، گاز و تلفن می‌تواند در اثر وقوع حوادث گوناگون طبیعی و غیرطبیعی تحت تاثیر قرار گیرد (داس[1]، ۲۰۲۰: ۵۸۹). تجربه نشان داده است که پس از وقوع یک سانحه همانند زلزله، سیل، آتش‌سوزی یا تغییرات شدید جوی علاوه بر حبس‌شدن در محل سانحه، مشکلات متفاوتی چون آسیب و انهدام مناطق مسکونی، ساختمان‌ها، سازه‌ها و تاسیسات زیربنایی، مخصوصاً پل‌ها و جاده‌ها، خطوط راه‌آهن و مخازن آب و خطوط انتقال برق به‌وقوع می‌پیوندد. وقوع چنین حوادثی معمولاً اثرات قابل ملاحظه‌ای را بر کاهش عملکرد شبکه دسترسی مجاور خود خواهند داشت.

اهمیت موضوع در نگاهی به جایگاه شبکه حمل‌ونقل، خود را نشان می‌دهد. حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های مجموعه‌های شهری و بین‌شهری و نیز به‌عنوان یکی از کارآمدترین پارامترهای کنترل و مهار بحران هم می‌تواند روند مدیریت بحران را بهبود بخشیده یا باعث افت آن شود. بررسی شرایطی که منجر به چنین نتایجی می‌شود، بخش عمده علم مدیریت بحران در حمل‌ونقل را در شرایط اضطراری تشکیل می‌دهد. شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای در مناطق مختلف ایران به‌خصوص شهرهای بزرگ یا شهرهای متوسط دارای ویژگی‌هایی است که بررسی این مشخصه‌ها از جهات مختلف به‌منظور آمادگی برای مواجهه با شرایط اضطراری مفید است (اومر[2]، ۲۰۱۲: ۵۹۰).

سوالی که باید بدان پاسخ داد این است که آیا اگر یک شبکه حتی در زمان عادی عملکرد مطلوب و قابل قبولی داشته باشد، آن عملکرد قابل تسری به وضعیت پس از

1. Das
2. Omer

بحران نخواهد بود؟ لذا یکی از راه‌کارهای اصولی برای پیش‌گیری از آسیب شبکه حمل‌ونقل و مدیریت اصولی در برابر وقوع بلایای مختلف ازجمله: زلزله، مطالعه و بررسی دلایل تنزل عملکرد شبکه حمل‌ونقل است. در ادبیات حمل‌ونقل، تاب‌آوری شبکه به مفهوم کشسانی، بازگشت‌پذیری و حالت ارتجاعی شبکه معنا شده است؛ بدین مفهوم که عملکرد شبکه پس از بروز بحران به حالت اولیه خود برگشته و کارآیی خود را حفظ کند. این مسئله با حفظ پیوستگی شبکه ممکن خواهد بود که بررسی پیوستگی شبکه در شرایط مختلف با استفاده از کوتاه‌ترین درخت گسترش میسر است. لذا هدف اصلی این مقاله، ارایه یک شاخص برای ارزیابی تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقل در شرایط بحران است و در این راستا شاخصی با استفاده از مفهوم کوتاه‌ترین درخت گسترش، تعریف و با استفاده از آن به بررسی تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقل کشور در شرایط بحران می‌پردازد.

پیشینه و مبانی نظری

سوانح طبیعی که جزئی از فرآیند زندگی بشر به‌شمار می‌روند و هر روز بر تعداد و تنوع آنها افزوده می‌شود، به‌عنوان چالش اساسی در جهت نیل به توسعه پایدار جوامع انسانی مطرح شده‌اند. به‌طورکلی دو نوع استراتژی برای مواجهه با سوانح طبیعی وجود دارد که شامل راهبردهای پیش‌بینی و راهبردهای تاب‌آوری است؛ اولی برای روبه‌رو شدن با مشکلات و معضلات شناخته‌شده و دومی برای مقابله با مشکلات ناشناخته. در این بین تاب‌آوری به‌کار می‌روند؛ به‌منزله ارتقای توانایی، برنامه‌ریزی و آمادگی برای جذب و بهبود و موفقیت بیشتر برای مقابله با اثرات ناخواسته بعد از سوانح و ترمیم و بهبود سیستم سانحه‌دیده از لحاظ عملکردی است. از این منظر، برنامه‌ریزی مبتنی بر شناخت و ارزیابی مخاطرات و خطرپذیری‌ها، مرحله بنیادی اولیه در ایجاد تاب‌آوری است که این مسئله در شبکه‌های حمل‌ونقلی با شناخت نقاط ضعف که همان عدم پیوستگی در شبکه است، نمود پیدا می‌کند.

سیستم حمل‌ونقل، که برای رونق و رشد جوامع حیاتی است، از چندین لایه تشکیل شده است: لایه فیزیکی بخش‌های جاده، لایه کنترل در تقاطع‌ها، لایه نظارت امنیتی و لایه ارتباطی از طریق اتصال سیمی یا بی‌سیم که خرابی هر لایه مانع عملکرد سیستم حمل‌ونقل می‌شود (داس، ۲۰۲۰: ۵۸۹). لایه فیزیکی قطعه جاده، در میان تمام لایه‌ها، لایه اساسی و پرهزینه است. این لایه اغلب به‌گونه‌ای طراحی شده که نزدیک به ظرفیت خود، کار می‌کند. این استراتژی، شبکه‌های حمل‌ونقل را نسبت به حوادث مختلف، اختلالات، آب و هوای شدید، بلایای طبیعی، اقدامات متضاد و سایر تهدیدها حساس می‌کند به‌طوری‌که فاجعه‌های بزرگ شبکه حمل‌ونقل را ویران و غیرعملیاتی می‌کند (اومر، ۲۰۱۲: ۵۹۰). از آن‌جاکه سیستم‌های تاب‌آوری با حفظ عملکردها می‌توانند شوک‌ها را جذب کنند، مفهوم انعطاف‌پذیری به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد (دکر، هولناگل، وودز و کوک[1]، ۲۰۰۸: ۱۰۰).

به گفته دکر "یک سیستم انعطاف‌پذیر قادر است عملکرد خود را قبل، در حین یا بعد از بحران تنظیم کند، به‌طوری‌که پس از ایجاد اختلال یا یک رخداد بزرگ و درصورت وجود استرس مداوم، بتواند به عملکرد خود ادامه دهد. اهمیت یک سیستم حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر منجر به تحقیقات قابل توجهی برای دست‌یابی به روشی برای کاهش پیامدهای یک فاجعه و تعریف شاخص‌هایی برای ارزیابی عملکرد شبکه تعریف شده است. از مفاهیم انعطاف‌پذیری و مقاومت اغلب به جای یکدیگر استفاده می‌شود. اما مهم است که درک شود از نظر مفهومی متفاوت هستند. یک سیستم، زمانی قدرتمند است که بتواند بدون تغییرات اساسی در سیستم اصلی در حضور شوک‌های خارجی به کار خود ادامه دهد (لیمپرت، گرووز، پوپر و بانکز[2]، ۲۰۰۶: ۵۱۵) در حالی‌که انعطاف‌پذیری بر بهبودی ناشی از شوک‌های خارجی تأکید دارد. برونو و دیگران (۲۰۰۳) تأکید کردند که یک سیستم اگر چهار ویژگی اساسی (برای مثال: استحکام،

1. Dekker, Hollnagel, Woods & Cook
2. Lempert, Groves, Popper & Bankes

سرعت، افزونگی و قابلیت اطمینان) و سه نتیجه (برای مثال: قابل اطمینان، بهبودی سریع و آثار کمتر) را نشان دهد، انعطاف‌پذیر خواهد بود (برونو، چنگ، اگوچی و لی[1]، ۲۰۰۳: ۷۴۰). برای تقویت انعطاف‌پذیری شبکه حمل‌ونقل، حداقل باید دو مولفه وجود داشته باشد. بنابراین یک تصمیم‌گیرنده باید مسیرهای متعددی از خرابی سیستم، گزینه‌های متعدد برای بازیابی و اقدامات برای مقایسه نتایج را در نظر بگیرد (شی، واتانابه، اوگاوا و کوبو[2]، ۲۰۱۸: ۸۵). هولینگ (۱۹۷۳) مفهوم انعطاف‌پذیری را برای ایجاد تمایز بین پایداری و انعطاف‌پذیری در یک سیستم اکولوژیکی ارائه داد. پایداری مربوط به توانایی سیستم برای بازگشت به تعادل پس از آشفتگی است، در حالی‌که انعطاف-پذیری نشان‌دهنده استقامت سیستم هنگام قرارگرفتن در معرض اختلال (مانند یک بحران) است (ص ۱۶). مفهوم انعطاف‌پذیری اکولوژیکی مانند انعطاف‌پذیری ساکن است که رز[3] (۲۰۰۷) آن را به‌عنوان توانایی یک سیستم برای حفظ عملکرد خود تعریف کرد (ص ۳۹۰). در مقابل، انعطاف‌پذیری دینامیکی به سرعت بازگشت سیستم پس از یک فاجعه به حالت عملکرد طبیعی اشاره دارد (ماتسون و جلنیوس[4]، ۲۰۱۵: ۲۰). این شبیه مفهوم انعطاف‌پذیری پیم[5] (۱۹۸۴) است که مربوط به سرعت بازگشت سیستم به سمت پس لرزه تعادل است (ص ۳۲۲). برونو، چنگ، اگوچی، لی روشی برای سنجش تاب‌آوری جوامع پیشنهاد کردند که در آن اقدامات برای بهبود انعطاف‌پذیری با هدف کاهش احتمال عواقب یا مدت زمان وقایع انجام می‌شد (ص ۷۴۲). دواناندهام و رامیرز[6] (۲۰۱۲) معیاری را پیشنهاد کردند که تابعی از زمان نسبت بازیابی سیستم در یک زمان مشخص به ضرر در یک مقطع قبلی است (ص۱۲۰). اویانگ و دواناس[7] (۲۰۱۲) معیار انعطاف‌پذیری را ارائه می‌دهند که آمادگی و ظرفیت سیستم را برای مقابله و بهبودی از

1. Bruneau, Chang, Eguchi & Lee
2. Shi, Watanabe, Ogawa & Kubo
3. Rose
4. Mattsson and Jenelius
5. Pimm
6. Devanandham & Ramirez-Marquez
7. Ouyang & Duenas

انواع مختلف اندازه‌گیری می‌کند (ص ۲۵). به گفته آنها ، آمادگی و روند بازیابی سیستم باید یک‌پارچه شود. گائو، بارزل و باراباسی[1] (۲۰۱۶) نشان داد که توپولوژی شبکه می‌تواند تأثیرات مهمی بر انعطاف‌پذیری داشته باشد (ص ۳۱۰). سینلی، فرارو و جووانلا[2] (۲۰۱۷) دریافت که اتصال شبکه و ناهمگنی گره بر انعطاف‌پذیری شبکه تأثیر می‌گذارد (ص ۸). هم‌چنین سرکوتا، فراروب و جووانلا[3] (۲۰۱۹) بر فعالیت گره‌ها متمرکز شده‌اند. آنها انعطاف‌پذیری شبکه ترافیک هوایی (به‌ویژه برای دو فرودگاه) را با استفاده از مفهوم انتشار شوک در طول شبکه محاسبه کردند (ص ۳۲۱). مطالعات مربوط به انعطاف‌پذیری سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. مورای- تیتو[4] (۲۰۰۶) معیارهای مختلفی از ابعاد خاص انعطاف‌پذیری را در شبکه‌های حمل‌ونقل ارائه کرده است که شامل موارد زیر است: ۱) کارآیی؛ ۲) سازگاری؛ ۳) ایمنی و ۴) تنوع (ص۱۴۰۱). عمران، چی‌نی و هارولد[5] (۲۰۱۴) روش‌هایی برای بهبود مقاومت (تقویت جاده‌ها برای مقاومت بهتر در برابر لغزش‌ها و جاری‌شدن سیل)، افزونگی (افزایش تعداد مسیرهای جایگزین)، قابلیت اطمینان (تقویت توانایی شناسایی، اولویت‌بندی و رسیدگی به مشکلات) و سرعت (افزایش ظرفیت) را شناسایی کرد (ص ۱۸۵). وانگ[6] (۲۰۱۵) استدلال کرد که مفهوم انعطاف‌پذیری باید حتی جامع‌تر باشد تا شامل قابلیت بازگشت، قابلیت اطمینان از عملکرد با در نظر گرفتن ظرفیت و تقاضا و پایداری سیستم حمل‌ونقل باشد (ص ۷). اگرچه علاقه به مطالعه تمام جنبه‌های انعطاف‌پذیری سیستم حمل‌ونقل از جمله: آمادگی، پاسخ، بازیابی و سازگاری افزایش یافته است، اما میزان تحقیقات منتشرشده هنوز محدود است. در مطالعات تاب‌آوری دو رویکرد متمایز وجود دارد. یکی مربوط به تئوری نمودار است و

1. Gao, Barzel & Barabási
2. Cinelli, Ferraro & Iovanella
3. Cerquetia, Ferrarob & Iovanella
4. Murray-Tuite
5. Imran, Cheyne & Harold
6. Wang

انعطاف‌پذیری را براساس خواص توپولوژیک تجزیه و تحلیل می‌کند. رویکرد دیگر سعی در نشان دادن پاسخ مسافران به آشفتگی‌ها دارد. اگرچه این روش به داده‌های گسترده‌ای در مورد الگوی سفر نیاز دارد، اما توصیف کاملی از نتیجه بحران را ارائه می‌دهد (رد، کاپور و کریستی[1]، ۲۰۰۹: ۱۸). آی‌پی و ونگ[2] (۲۰۱۱) با ارزیابی میانگین وزنی تعداد گذرگاه‌هایی که گره‌ای را به گره‌های دیگر شبکه متصل می‌کنند، انعطاف‌پذیری گره شبکه‌های حمل‌ونقل را کمی تعیین می‌کنند (ص ۱۹۲).

در پژوهش جاری یک چارچوب مدل‌سازی برای ارزیابی انعطاف‌پذیری سیستم حمل‌ونقل پیشنهاد می‌شود. در این تحقیق با الهام از مطالعات پیشین و بهره‌گیری از مفهوم کوتاه‌ترین درخت گسترش توسعه‌یافته (ممدوحی و ماهپور، ۱۳۹۱: ۶۵). تلاش می‌شود که هم اثر تقاضا و ظرفیت کمان‌ها در نظر گرفته شوند و هم پیوستگی شبکه به‌عنوان یک اصل مهم در زمان بحران لحاظ شود. برای این منظور با مقایسه کمان‌های واقع شده در کوتاه‌ترین درخت گسترش کلاسیک و توسعه‌یافته و شناسایی کمان‌ها و آثار آنها می‌توان یک شاخص برای تاب‌آوریی شبکه دست یافت. این مطالعه برای شبکه راه‌های شریانی کل کشور به‌عنوان نمونه موردی انجام پذیرفته که قابلیت استخراج نتایج در سطح استان‌ها نیز هست که برای نمونه به نتایج استان تهران به عنوان استان پایتخت پرداخته شده است.

مبانی ریاضی: تاب‌آوری شبکه در شرایط بحرانی با حفظ پیوستگی شبکه ممکن خواهد بود که بررسی پیوستگی شبکه در شرایط مختلف با استفاده از کوتاه‌ترین درخت گسترش میسر است. به‌عبارت دیگر، عملکرد مناسب شبکه در ارتباط مستقیم با میزان دسترسی و امکان برقرای ارتباط با فعالیت‌های مختلف است. بنابراین برای بررسی دقیق‌تر نحوه عملکرد شبکه، در نظر گرفتن پارامترهای گوناگون مؤثر بر عملکرد آن ضروری است. از شاخصه‌های مهم عملکردی یک شبکه می‌توان به مسئله کوتاه‌ترین

1. Reed, Kapur & Christie
2. Ip and Wand

درخت گسترش در شبکه اشاره کرد. در شرایط بحرانی، برخی از کمان‌ها حذف شده و یا با افت ظرفیت روبه‌رو می‌شوند و لذا دسترسی به برخی نقاط شبکه ممکن است به‌طور کامل از بین برود و در این حالت، شاخصه‌های مهم عملکردی و ویژگی‌های اساسی شبکه (شکل و ساختار شبکه، راه‌های جایگزین، حجم ترافیک عبوری از مسیرهای شبکه و ...) دستخوش تغییر و تحول می‌شود. در چنین شرایطی، وجود و یا عدم وجود راه‌های جایگزین نقش بسیار مهمی در ارزیابی کارآیی شبکه ایفا می‌کند. اهمیت مسیرهای جایگزین هنگامی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد که مسیر آسیب‌دیده دارای المان‌های سازه‌ای آسیب‌پذیر مانند پل باشد. در این نوع مسیرها، بایستی معبر جایگزین که بتواند بخشی از ترافیک مسیر را در هنگام بحران از خود عبور دهد، مدنظر قرار بگیرد. لذا در برخی شرایط حتی ممکن است عملکرد شبکه با مشکل اساسی روبه‌رو شود و شبکه نتواند ارتباط بین نقاط مختلف آسیب‌دیده را فراهم کند، ولی به‌هرحال، متدولوژی و فرمولاسیون مسئله در حالت وقوع چنین شرایطی نیز مشابه شرایط عادی است و تنها داده‌های مسئله متفاوت می‌شود (سروله[1]، ۲۰۱۰: ۲۳).

مسئله کوتاه‌ترین درخت گسترش ازجمله مسایل بهینه‌سازی در زمینه تحقیق در عملیات است که به مفهوم درخت به‌عنوان زیرشبکه‌ای بدون حلقه دلالت دارد. درخت گسترش درختی است که شامل تمام گره‌ها شده و از هر گره آن به تمامی گره‌های دیگر مسیری وجود دارد. هدف در مسئله کوتاه‌ترین درخت گسترش، انتخاب شاخه‌های متصل‌کننده گره‌ها به‌منظور ایجاد مسیری است که مجموع طول شاخه‌ها را حداقل کرده و فاقد حلقه باشد (درخت تشکیل دهد). هدف در این مسئله عبارت‌استاز: ساختن شبکه‌ای متصل‌شده که دربرگیرنده تمامی گره‌ها بوده و مجموع فاصله (هزینه‌ها، زمان‌ها و ...) را در شبکه حداقل کند (سروله، ۲۰۱۰: ۳۲).

فرمول‌بندی‌های متفاوتی برای کوتاه‌ترین درخت گسترش ارائه شده است. یک فرمول‌بندی برای گراف که در آن مجموعه گره‌ها و مجموعه کمان‌ها مشخص است،

1. Serulle

مجموعه درخت‌های ممکن با وزن (هزینه) کمان معلوم[1] به‌صورت زیر است. در این برنامه عدد صحیح، متغیر تصمیم به‌صورت صفر یا یک[2] (اگر کمان در کوتاه‌ترین درخت گسترش قرار داشت یک و در غیر این‌صورت صفر) است[3].

$$\min_{e \in E} \sum_{e \in E} w_e . x_e \qquad (1)$$

$$st: \sum_{e \in E} x_e = n - 1 \qquad (2)$$

$$\sum_{e \in A(S)} x_e \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq V \qquad (3)$$

$$x_e \in \{0,1\} \; \forall e \in E \qquad (4)$$

رابطه ۱ تابع هدف برنامه ریاضی است که هدف آن کمینه‌کردن هزینه کل شبکه است. رابطه ۲ شرط عدم وجود حلقه و رابطه ۳ نیز شرط عدم وجود زیرحلقه را تضمین می‌کنند (سروله، ۲۰۱۰: ۳۸).

مطالعه موردی: در مطالعات جامع بررسی اثر توسعه مفهوم کوتاه‌ترین درخت گسترش به شرایط تحت بار و مقایسه آن با شرایط بدون بار، ماتریس تقاضای سال ۱۳۸۵ به شبکه راه‌های شریانی کشور به‌روش تعادلی تخصیص داده شده و زمان سفر کمان‌ها برای محاسبه کوتاه‌ترین درخت گسترش استخراج و با کوتاه‌ترین درخت گسترش بدون بار مقایسه می‌شود. اطلاعات شبکه راه‌های کشور، ماتریس تقاضای مبدا- مقصد و محدوده مورد مطالعه اطلاعات ورودی مسئله هستند.

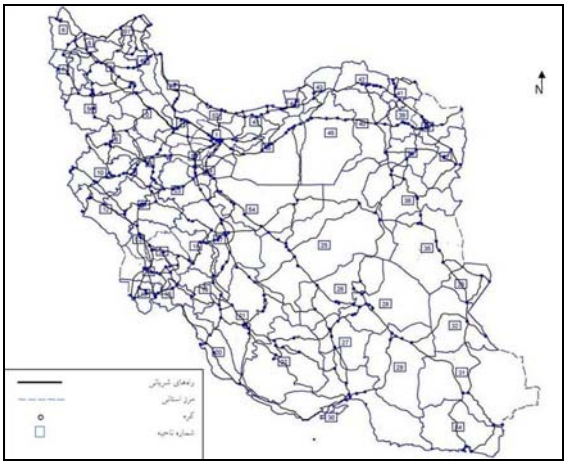
برای به‌دست‌آوردن زمان سفر در کمان‌های محدوده مورد مطالعه، ماتریس تقاضای سال ۱۳۸۵ به شبکه راه‌های شریانی کشور تخصیص داده می‌شود. از بین دسته‌بندی‌های مختلف شبکه راه‌های کشور، مهم‌ترین شبکه براساس نوع عملکرد

1. we
2. xe
۳. A(S) هم‌مجموعه کمان‌های زیر گراف G = (N, A) است که توسط مجموعه‌ی گره‌های S به‌وجود آمده است و n نیز تعداد گره‌های درخت T است.

(حجم ترافیک، احتمال وجود ترافیک ترانزیت، ارتباط بین مراکز مسکونی و تولیدی عمده و طرح‌های آینده در زمینه توسعه) شبکه راه‌های شریانی ایران با مشخصات جدول ۱ است. شکل ۱ نقشه راه‌های شریانی کشور را (با ۸۵۴ گره و ۱۱۴۷ کمان به طول ۳۴۷۹۵ کیلومتر) به همراه ناحیه‌بندی ۵۶گانه کشور نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱- برخی مشخصات شبکه حمل‌ونقلی و راه‌های شریانی ایران

ردیف	ویژگی	مقدار
۱	گره‌ها	۸۵۴
۲	کمان‌ها	۱۱۴۷
۳	طول کل راه‌ها	۳۴۷۹۵ کیلومتر
۴	نواحی حمل‌ونقلی	۵۶ ناحیه



شکل شماره ۱- شبکه راه‌های شریانی ایران و ناحیه‌بندی کشور

(مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کشور)

یافته‌ها

مسئله مورد بررسی در این پژوهش در سطوح گوناگونی مانند سطوح خرد و کلان، سطوح پیش و پس از بحران قابل بررسی است. طبیعی است که برای همه این سطوح نمی‌توان فقط از یک مدل استفاده کرد. از میان سطوح خرد و کلان، به‌دلیل اثرپذیری

کمان‌های شبکه از یکدیگر، بحث مهم‌تر، بحث سطح کلان (عملکرد کل شبکه حمل‌ونقل) است. در بررسی عملکرد کل شبکه حمل‌ونقل، با توجه به زمان استفاده از مدل، میزان اطلاعات مرتبط با بحران (مثلاً محل وقوع و شدت بحران) قطعاً متفاوت خواهد بود؛ مدل، تجریدی از واقعیت بوده و با توجه به متفاوت‌بودن واقعیت در زمان‌های گوناگون (پیش و پس از بحران)، مدل‌سازی زمان‌های گوناگون (پیش و پس از بحران) کاملاً با هم متفاوت است.

هدف این پژوهش، مدل‌سازی شبکه به‌منظور پیوسته‌بودن شبکه است. پیوستگی نیز می‌تواند دارای سطوح و رتبه‌های گوناگونی باشد؛ برای مثال، ممکن است در یک جا منظور از پیوستگی، قابلیت دسترسی به تمام نقاط و گره‌ها، بدون توجه به هزینه سفر (هزینه، زمان و ...) باشد و در جای دیگر، هزینه سفر نیز اهمیت پیدا کند. هدف مناسب برای مدل مربوط به قبل از بحران می‌تواند پیوسته‌بودن شبکه به‌معنی ایجاد دسترسی به تمام کانون‌های جمعیتی مهم، حداقل از طریق یک مسیر باشد. در مورد پس از وقوع بحران، با توجه به وجود اطلاعات دقیق‌تر درباره محل و شدت وقوع بحران، می‌توان هدف را یک سطح بالاتر از هدف مسئله قبل از بحران در نظر گرفت؛ یعنی هدف مرحله پس از بحران، کاهش‌دادن زمان دسترسی به گره‌ها و کانون‌های جمعیتی است. مدل مناسب برای قبل از وقوع بحران می‌تواند مسئله حداقل درخت گسترش[1] است. یک دلیل دیگر برای استفاده از مسئله حداقل درخت گسترش برای قبل از وقوع بحران، عدم اطلاع کافی از محل و شدت وقوع بحران و هم‌چنین وسعت زیاد شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای کشور است. لذا با حل مسئله حداقل درخت گسترش برای قبل از وقوع بحران، از وجود دسترسی (ابتدایی‌ترین هدف) اطمینان حاصل می‌شود.

با این رویکرد که برای اقدامات پیش از بحران اطمینان از وضعیت راه‌های شریانی گام نخست در پیشبرد تمام دیگر اهداف آمادگی و مقابله با بحران در راه‌های کشور است، یافتن حداقل درخت گسترش را برای راه‌های شریانی کشور و به تفکیک استان‌ها

1. Minimum Spanning Tree

مدنظر قرار گرفت. برای هر استان تعداد کمان‌های انتخاب‌شده برای حداقل درخت گسترش و درصد آنها نسبت به کل کمان‌های هر استان، هم‌چنین طول حداقل درخت گسترش هر استان و درصد آن نسبت به کل طول کمان‌های آن استان به‌دست آمد (جدول ۲). بدیهی است که پیش از این به‌طور مشخص و به تفکیک، کمان‌های منتخب توسط نرم‌افزار وین‌کیواس‌بی[1] برای حداقل درخت گسترش هر استان مشخص شدند.

با استفاده از نرم‌افزار ویزوم[2] و شبکه راه‌های شریانی کشور، ۳۰ فایل جداگانه به تفکیک استان‌های کشور[3] تهیه شد. سپس اطلاعات در فرمتی که قابل پردازش توسط نرم‌افزار وین‌کیواس‌بی باشند تهیه شده و حداقل درخت گسترش بر روی شبکه شریانی استخراج شد. پس از گردآوری اطلاعات کمان‌های موجود، برای هر استان با توجه به تعداد گره‌های آن، ماتریس‌های مربعی تعریف شده و در درایه‌های آن برای گره‌هایی که کمان واصل وجود دارد، عدد مربوط به فاصله آن کمان جای‌گذاری می‌شود. خروجی این ماتریس‌ها به‌فرم تکست[4]، ورودی نرم‌افزار وین‌کیواس‌بی خواهد بود. بخش مدل‌سازی شبکه[5] این نرم‌افزار قابلیت استخراج حداقل درخت گسترش را برای شبکه‌های مزبور خواهد داشت. خروجی این نرم‌افزار جداولی است که کمان‌های انتخاب‌شده برای حداقل درخت گسترش را با فاصله نظیرشان و درنهایت، مجموع طول کمان‌های حداقل درخت گسترش را ارائه می‌کند. این نتایج به تفکیک هر استان در جدول ۲ ارائه می‌شود.

به‌منظور دسته‌بندی تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان‌های کشور، ۵ محدوده تاب‌آوری بالا، نسبتاً بالا، متوسط، نسبتاً کم و کم تعریف شد و با درنظرگرفتن حد بالا و پایین شاخص تاب‌آوری و تقسیم آن به ۵ بخش، این دسته‌بندی ارائه شد که در جدول

1. WinQSB
2. Visum
۳. چون در زمان انجام مطالعات جامع حمل و نقل کشور استان البرز و تهران یک استان بودند و اطلاعات آن‌ها در قالب یک استان است و لذا دو استان البرز و تهران از هم منفک نیستند.
4. TXT
5. Network Modeling

۲ ارائه شده است. در این دسته‌بندی تاب‌آوری بسیار بالا حالت ایده‌آل بوده و تاب‌آوری کم می‌تواند نشان از ضعف در شبکه حمل‌ونقلی استان باشد.

جدول شماره ۲- خلاصه مشخصات شبکه و نتایج اجرای مدل حداقل درخت گسترش(MST) برای استان‌ها

استان‌ها	مشخصات شبکه شریانی استان				شاخص تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان				میزان تاب‌آوری
	کل گره‌ها	گره‌های انقطاع مرزی[1]	تعداد کمان‌ها	مجموع طول کمان‌ها (km)[2]	تعداد در MST	نسبت کمان‌های واقع شده در MST به کل کمان‌ها	مجموع طول در MST (km)	نسبت طول کمان‌های واقع شده در MST به مجموع طول کمان‌ها	
آذربایجان غربی	۳۳	۷	۳۶	۹۳۶	۳۲	٪۸۹	۸۵۰	٪۹۰	کم
آذربایجان شرقی	۴۵	۸	۵۴	۲۸۷۱	۴۴	٪۸۱	۱۳۳۷	٪۴۶	بسیار بالا
اردبیل	۳۶	۶	۴۰	۸۴۶	۳۵	٪۸۷	۷۹۹	٪۹۴	کم
اصفهان	۸۵	۱۴	۱۱۲	۲۶۵۸	۸۳	٪۷۴	۱۵۶۷	٪۵۸	نسبتا بالا
ایلام	۱۳	۲	۱۴	۳۶۳	۱۲	٪۸۵	۳۳۲	٪۹۱	کم
بوشهر	۱۵	۴	۱۷	۶۷۹	۱۴	٪۸۲	۶۲۳	٪۹۱	کم
تهران	۵۰	۹	۶۷	۱۰۵۸	۴۹	٪۷۳	۷۵۲	٪۷۱	متوسط

استان‌ها	مشخصات شبکه شریانی استان				شاخص تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان				میزان تاب‌آوری
	کل گره‌ها	گره‌های انقطاع مرزی[1]	تعداد کمان‌ها	مجموع طول کمان‌ها (km)[2]	تعداد در MST	نسبت کمان‌های واقع شده در MST به کل کمان‌ها	مجموع طول در MST (km)	نسبت طول کمان‌های واقع شده در MST به مجموع طول کمان‌ها	
چهارمحال و بختیاری	۱۷	۳	۲۰	۴۴۶	۱۷	٪۸۵	۴۲۰	٪۹۴	کم
خراسان جنوبی	۳۳	۸	۴۰	۱۲۱۹	۳۲	٪۸۰	۱۰۸۳	٪۸۸	کم
خراسان رضوی	۶۰	۷	۷۵	۲۳۵۷	۵۹	٪۷۸	۱۷۴۸	٪۷۴	متوسط
خراسان شمالی	۱۲	۴	۱۴	۳۱۱	۱۱	٪۷۸	۲۶۴	٪۸۴	نسبتا کم
خوزستان	۵۳	۶	۷۳	۲۱۷۴	۵۲	٪۷۱	۱۰۶۲	٪۴۸	بسیار بالا
زنجان	۹	۱	۱۰	۴۶۶	۸	٪۸۰	۳۸۳	٪۸۲	نسبتا کم
سمنان	۴۶	۹	۵۸	۱۴۱۶	۴۵	٪۷۷	۱۰۴۵	٪۷۳	متوسط

استان‌ها	مشخصات شبکه شریانی استان				شاخص تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان				میزان تاب‌آوری
	کل گره‌ها	گره‌های انقطاع مرزی[1]	تعداد کمان‌ها	مجموع طول کمان‌ها (km)[2]	تعداد در MST	نسبت کمان‌های واقع شده در MST به کل کمان‌ها	مجموع طول در MST (km)	نسبت طول کمان‌های واقع شده در MST به مجموع طول کمان‌ها	
سیستان و بلوچستان	۱۸	۴	۱۸	۱۹۸۰	۱۷	٪۹۴	۱۴۸۶	٪۷۵	نسبتا کم
فارس	۶۳	۱۲	۸۱	۲۶۱۵	۶۲	٪۷۶	۱۸۴۸	٪۷۰	متوسط
قزوین	۲۶	۹	۳۰	۶۶۶	۲۵	٪۸۳	۴۷۶	٪۷۱	متوسط
قم	۲۷	۸	۳۲	۵۶۲	۲۶	٪۸۱	۳۴۳	٪۶۱	نسبتا بالا
کردستان	۲۰	۵	۲۲	۷۰۲	۱۹	٪۸۶	۶۵۲	٪۹۲	کم
کرمان	۵۴	۹	۶۲	۲۱۲۳	۵۳	٪۸۵	۱۸۱۲	٪۸۵	کم
کرمانشاه	۴۳	۵	۵۱	۶۲۶	۴۲	٪۸۲	۵۴۵	٪۸۷	کم
کهگیلویه و بویراحمد	۱۰	۴	۱۰	۴۶۵	۹	٪۹۰	۴۲۸	٪۹۲	کم

استان‌ها	مشخصات شبکه شریانی استان				شاخص تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان				میزان تاب‌آوری
	کل گره‌ها	گره‌های انقطاع مرزی[1]	تعداد کمان‌ها	مجموع طول کمان‌ها (km)[2]	تعداد در MST	نسبت کمان‌های واقع شده در MST به کل کمان‌ها	مجموع طول در MST (km)	نسبت طول کمان‌های واقع شده در MST به مجموع طول کمان‌ها	
گلستان	۱۹	۲	۲۴	۴۵۶	۱۸	٪۷۵	۳۷۸	٪۸۲	نسبتا کم
گیلان	۲۶	۳	۳۳	۵۸۷	۲۵	٪۷۵	۵۰۰	٪۸۵	کم
لرستان	۲۱	۶	۲۴	۷۴۷	۲۰	٪۸۳	۴۴۶	٪۵۹	نسبتا بالا
مازندران	۴۰	۵	۴۹	۸۸۵	۳۹	٪۷۹	۶۶۱	٪۷۴	متوسط
مرکزی	۲۸	۵	۳۱	۷۵۴	۲۶	٪۸۳	۶۰۸	٪۸۰	نسبتا کم
هرمزگان	۱۹	۴	۲۳	۱۱۸۳	۱۸	٪۷۸	۹۷۹	٪۸۲	نسبتا کم
همدان	۳۸	۷	۴۵	۸۷۶	۳۷	٪۸۲	۶۶۵	٪۷۵	نسبتا کم
یزد	۲۰	۶	۲۰	۱۸۸۵	۱۹	٪۹۵	۱۴۶۹	٪۷۷	نسبتا کم

۱- گره‌هایی که برای تفکیک استان در مرز استان و بر روی کمان‌ها خارج‌شونده از استان تعریف شده‌اند.

۲- همه طول‌ها به بالا و با دقت یک کیلومتر گرد شده‌اند.

سهم زیادی از کمان‌های شبکه راه‌های هر استان در کوتاه‌ترین درخت گسترش آن استان قرار دارند؛ به‌طوری‌که میانگین سهم کمان‌های هر استان که در حداقل درخت دربرگیرنده قرار گرفته‌اند، ۸۲ درصد و میانگین سهم طول کمان‌های هر استان که در حداقل درخت دربرگیرنده قرار می‌گیرند، ۷۸درصد است (جدول ۳). در نتیجه، قسمت عمده‌ای از شبکه راه‌های شریانی کشور نیاز به دقت و برنامه‌ریزی پیش از وقوع هرگونه بحرانی دارند. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی درباره محل و شدت بحران، پیش از وقوع آن، می‌توان با تقویت کمان‌های موجود در حداقل درخت دربرگیرنده (که در این مطالعه مشخص شده‌اند)، از وجود دسترسی در شبکه راه‌ها اطمینان حاصل کرد.

جدول شماره ۳- خلاصه نتیجه اجرای مدل کوتاه‌ترین درخت گسترش

فراوانی کمان‌های کوتاه‌ترین درخت گسترش به کل کمان‌ها (درصد)	میانگین	۸۲
	بیشینه	۹۵
	کمینه	۷۱
فراوانی طول کوتاه‌ترین درخت گسترش به مجموع طول کمان‌ها (درصد)	میانگین	۷۸
	بیشینه	۹۴
	کمینه	۴۶

در جدول ۴، وضعیت تاب‌آوری استان‌ها براساس شاخص کیفی ارائه شده است. مشاهده می‌شود که وضعیت استان‌ها با تاب‌آوری کم و نسبتاً کم حدودا ۶۳درصد استان‌های کشور است که نشان از وجود نقطه ضعف جدی در عملکرد آنها در شرایط بحران است.

جدول شماره ۴- خلاصه کیفی تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان های کشور

میزان تاب‌آوری	تعداد استان‌ها در شاخص	فراوانی نسبی (درصد)
کم	۱۱	۳۶/۶
نسبتا کم	۸	۲۶/۶
متوسط	۵	۱۶/۶
نسبتا بالا	۴	۱۳/۵
بسیار بالا	۲	۰/۷

بحث و نتیجه‌گیری

مفهوم تاب‌آوری در شبکه‌های حمل‌ونقلی به معنای کشسانی، بازگشت‌پذیری و حالت ارتجاعی شبکه معنا شده است که این مسئله با حفظ پیوستگی شبکه ممکن خواهد بود. بررسی پیوستگی شبکه در شرایط مختلف با استفاده از کوتاه‌ترین درخت گسترش میسر است. در این پژوهش به‌منظور بررسی تاب‌آوری شبکه‌های حمل‌ونقل در شرایط بحران از مفهوم کوتاه‌ترین درخت گسترش استفاده شد. در گام نخست، شبکه راه‌های شریانی کشور، ۳۰ فایل جداگانه به تفکیک استان‌های کشور و با استفاده از بسته نرم‌افزاری وین‌کیواس‌بی حداقل درخت گسترش بر روی شبکه شریانی استان‌ها استخراج شد.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که سهم زیادی از کمان‌های شبکه راه‌های هر استان در کوتاه‌ترین درخت گسترش آن استان قرار دارند؛ به‌طوری‌که به‌عنوان نمونه در استان تهران به‌عنوان پایتخت کشور نسبت کمان‌های موجود در کوتاه‌ترین درخت گسترش به کل، ۷۳درصد و نسبت طول کمان‌های استان که در حداقل درخت دربرگیرنده قرار می‌گیرند به کل طول کمان‌های استان، ۷۸درصد است. نتایج نشان می‌دهد که از منظر شاخص نسبت کمان‌های موجود در کوتاه‌ترین درخت گسترش، تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان خوزستان (۷۱ درصد) و از منظر نسبت طول کمان‌های واقع‌شده در کوتاه‌ترین درخت گسترش به مجموع طول کمان‌ها استان آذربایجان شرقی (۴۶ درصد) مطلوب‌ترین حالت را دارند. از منظر شاخص نسبت کمان‌های موجود در کوتاه‌ترین درخت گسترش، تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقلی استان یزد (۹۵ درصد) و از منظر نسبت طول کمان‌های واقع‌شده در کوتاه‌ترین درخت گسترش به مجموع طول کمان‌ها استان کهگیلویه و بویراحمد و کردستان (۹۲ درصد) نامطلوب‌ترین حالت را دارند.

نتایج نشان می‌دهد که قسمت عمده‌ای از شبکه راه‌های شریانی کشور نیاز به دقت و برنامه‌ریزی پیش از وقوع هرگونه بحرانی دارند. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی درباره محل و شدت بحران، پیش از وقوع آن، می‌توان با تقویت کمان‌های موجود در حداقل درخت دربرگیرنده (که در این مطالعه مشخص شده‌اند)، از وجود دسترسی در شبکه راه‌ها اطمینان حاصل کرد.

پیشنهادها

یافته‌های این پژوهش می‌تواند در شناساندن نقاط ضعف و قوت به متولیان و مسئولان حوزه راه موثر باشد. با توجه به نقاط ضعف استحصال‌شده، می‌توان مطالعاتی برای رفع آنها تعریف و تدوین کرد. هم‌چنین با توجه به حل این مسئله، برای راه‌های شریانی استان‌ها، پیشنهاد می‌شود که برای شبکه معابر درون‌شهری کلان‌شهرها از مفهوم پیشنهادی استفاده شود. اولویت‌بندی کمان‌های شبکه با بررسی قرارگیری آنها در کوتاه‌ترین درخت گسترش با هزینه‌های مختلف، که در مطالعات شبکه برای بحران کاربرد دارد، می‌تواند پیشنهادی دیگر برای کاربرد بیشتر این مفهوم باشد.

منابع

وزارت راه و شهرسازی. (۱۳۸۹). مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک کشور، گزارش فاز دوم.

ممدوحی، امیررضا؛ ماهپور، علیرضا؛ یوسفی‌کیا، محمد. (۱۳۹۱). توسعه مفهوم کوتاه‌ترین درخت گسترش به شرایط تحت بار و کاربرد آن در تحلیل شبکه های حمل‌ونقل. مهندسی عمران مدرس، ۱۲ (۲)، ۶۱-۶۹. http://mcej.modares.ac.ir/article10584-16-fa.html

Bruneau, M.; Chang, S.E.; Eguchi, R.T.; Lee, G.C.; O'Rourke, T.D.; Reinhorn, A.M.; Shinozuka, M.; Tierney, K.; Wallace, von; Winterfeldt, W.A. (2003). A framework to quantitatively assess and

enhance the seismic resilience of communities Earthquake Spectra, 19 (4), pp. 733-752. https://doi.org/10.1193/1.1623497
Cerquetia, R.; Ferrarob, G.; Iovanella, A. (2019). Measuring network resilience through connection patterns Reliab. Eng. Syst. Saf., 188, pp. 320-329. https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.03.030
Cinelli, M.; Ferraro, G.; Iovanella, A. (2017). Resilience of core-periphery networks in the case of rich-club. Complexity. Article ID 6548362, 1-12. https://doi.org/10.1155/2017/6548362
Das, R. (2020). Approach for measuring transportation network resiliency: a case study on Dhaka, Bangladesh. Case Studies on Transport Policy. 8 (2), 586-592. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.04.001
Dekker, S.; Hollnagel, E.; Woods, D.; Cook, R. (2008). Resilience engineering: new directions for measuring and maintaining safety in complex systems. Technical report. Lund University School of Aviation.
Devanandham, H.; Ramirez-Marquez, J.E. (2012). Generic metrics and quantitative approaches for system resilience as a function of time Reliab. Eng. Syst. Saf., 99, pp. 114-122. https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.09.002
Gao, J.; Barzel, B.; Barabási, A.L. (2016). Universal resilience patterns in complex networks Nature, 530, pp. 307-312. https://doi.org/10.1038/nature16948
Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems Annu. Rev. Ecol. Syst., 4, pp. 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245
Imran, M.; Cheyne, C.; Harold, J. (2014). Measuring transport resilience a Manawatu-Wanganui region case study. Technical report. Massey University Research Online.
Ip, W.H.; Wang D. (2011). Resilience and friability of transportation networks: evaluation, analysis and optimization IEEE Syst. J., 5 (2), pp. 189-198. https://doi.org/10.1109/JSYST.2010.2096670

Lempert, R.J.; Groves, D.G.; Popper, S.W.; Bankes, S.C. (2006). A general, analytic method for generating robust strategies and narrative scenarios Manage. Sci., 52 (4), pp. 514-528. https://doi.org/10.1287/mnsc.1050.0472

Mattsson, L.G.; Jenelius, E. (2015). Vulnerability and resilience of transport systems–a discussion of recent research Trans. Res. Part A: Policy Practice, 81, pp. 16-34. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.06.002

Murray-Tuite, P.M. (2006). A comparison of transportation network resilience under simulated system optimum and user equilibrium conditions. In: Perrone, L.F.; Wieland, F.P.; Liu, J.; Lawson, B.G.; Nicol, D.M.; Fujimoto, R.M. (Eds.). Proceedings of The 2006 Winter Simulation Conference, Monterey, Canada, 3–6 December 2006, pp. 1398–1405. https://doi.org/10.1109/WSC.2006.323240

Omer, M.; Mostashari, A.; R. Nilchiani; Mansouri, M. (2012). A framework for assessing resiliency of maritime transportation systems Maritime Policy Manag., 39, pp. 685-703. https://doi.org/10.1080/03088839.2012.689878

Ouyang, M.L.; Duenas-Osorio, X.M. (2012). A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems Struct. Saf. 36–37, pp. 23-31. https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2011.12.004

Pimm, S.L. (1984). The complexity and stability of ecosystems Nature, 307, pp. 321-326. https://doi.org/10.1038/307321a0

Reed, D.A.; Kapur, K.C.; Christie, R.D. (2009). Methodology for assessing the resilience of networked infrastructure interdependencies IEEE Control System Magazine, 21 (6), pp. 11-25. https://10.1109/JSYST.2009.2017396

Rose, A. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: multidisciplinary origins and contextual dimensions Environ. Hazards, 7 (4), pp. 383-398. https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.10.001

Serulle, N.U. (2010). Transportation network resiliency: a fuzzy systems approach, thesis' Utah State University.
Shi, Z.; Watanabe, S.; Ogawa, K.; Kubo, H. (2018). Structural resilience in sewer reconstruction: from theory to practice. Elsevier, Oxford, United Kingdom.
Wang, J.Y.T. (2015). Resilience thinking in transport planning. Civ. Eng. Environ. Syst. 32, 1–2: Special Issue on Resilience, 1-15. https://doi.org/10.1080/10286608.2015.1014810