Providing a Model for Assessing the Resilience of Road Transport Arteries

M. ZahedianPour, M.Y. Radan*, Z. Jamshidi

Abstract

Critical infrastructures form the foundation and framework of any society, on which the daily activities of societies depend. The operation of these infrastructures is not separate and unique, but they interact with other components and infrastructures of the society. If the performance of one of these infrastructures is disrupted due to natural or man-made threats, in addition to disrupting the continued functioning of that infrastructure, it can also affect the performance of other infrastructures, which leads to disruption of the whole society. To evaluate the resilience of any infrastructure, it is necessary to determine the assets and threats of each infrastructure sector and identify the effective components in the resilience of that infrastructure and then evaluate the resilience of that infrastructure. Gives a weighted pattern using the ANP method To eliminate the ineffective components and to examine the internal relations between the components, the Delphi method and a questionnaire were used. Finally, the components were weighed using the ANP method and Super Decisions software. It should be noted that the underlying threats in this study were determined and examined using the Delphi method and interviews with threat experts. For the first time, the effective components in the resuscitation of road arteries in war crises and man-made attacks were studied and presented in the form of a practical model.

Key Words: *Resilience, Road Arteries, War Crisis, Man-Made Attacks, ANP Method*

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

*Assistant Professor, Faculty of Passive Defense, Malek Ashtar University of Technology, Iran (radan@mut.ac.ir - Writer-in-Charge

نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، (پیاپی ۵۵): صص ۵۲-۴۱

علمی - پژوهشی

ارائه الگویی برای ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای

محمد زاهدیان پور[۱]، محمدیاسر رادان[۲*]، زهرا جمشیدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱ /۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

چکیده

زیرساخت‌های حیاتی بنیاد و چارچوب هر جامعه را تشکیل می‌دهند که فعالیت روزانه جوامع مرهون عملکرد آن‌ها است. عملکرد این زیرساخت‌ها به‌صورت مجزا و منحصربه‌فرد نیست بلکه با سایر اجزا و زیرساخت‌های جامعه روابط متقابلی دارند. درصورتی‌که عملکرد یکی از این زیرساخت‌ها تحت تأثیر تهدیدات طبیعی یا انسان‌ساخت مختل شود، علاوه بر اینکه ادامه عملکرد آن زیرساخت دچار اختلال می‌شود، می‌تواند عملکرد سایر زیرساخت‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهد که منجر به اختلال کل جامعه می‌گردد. برای ارزیابی تاب‌آوری هر زیرساخت نیاز است که دارایی‌ها و تهدیدات مبنای هر بخش زیرساخت تعیین و مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری آن زیرساخت شناسایی و سپس به ارزیابی تاب‌آوری آن زیرساخت اقدام شود مطالعه‌ی حاضر ابتدا به استخراج و جمع‌آوری مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای پرداخته و الگویی وزن دهی شده با استفاده از روشANP به دست می‌دهد. جهت حذف مؤلفه‌های کم تأثیر و بررسی روابط درونی بین مؤلفه‌ها از روش دلفی و پرسشنامه‌ای استفاده و درنهایت با استفاده از روش ANP و نرم‌افزار Super Decision به وزن‌دهی مؤلفه‌ها پرداخته‌شده است. لازم به ذکر است تهدیدات مبنا در این تحقیق با استفاده از روش دلفی و مصاحبه با خبرگان تهدیدشناسی تعیین و موردبررسی قرار گرفت. در این پژوهش، مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای در مواجهه با تهدیدات انسان‌ساخت موردبررسی قرارگرفته و برای اولین بار در قالب الگویی کاربردی جهت ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای ارائه گردیده است.

کلید واژه‌ها: تاب‌آوری، شریان‌های جاده‌ای، بحران جنگ، تهدیدات انسان‌ساخت، روش ANP

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

© نویسندگان

[۱] کارشناس ارشد مدیریت بحران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

[۲] استادیار مجتمع دانشگاهی پدافندغیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران - radan@mut.ac.ir- نویسنده مسئول

[۳] پژوهشگر مجتمع دانشگاهی پدافندغیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

۱- مقدمه

شریان‌های حیاتی یا همان زیرساخت‌ها جزء بنیان‌های اصلی و چارچوب‌های پایه هر جامعه به شمار می‌آیند که دربرگیرنده‌ی تمامی تأسیسات، خدمات و تسهیلات موردنیاز آن جامعه‌اند. شریان‌ها همواره دارای جذابیت خوبی برای حمله هستند، از بین رفتن خدمت‌رسانی شریان‌ها منجر به کاهش رفاه اجتماعی و در انتها موجب سلب مشروعیت دولت مرکزی می‌شود [۱]. اساسی‌ترین عناصر زیربنایی هر کشور عبارت‌اند از: ۱) سیستم ترابری (جاده و خیابان، راه‌آهن و مترو، بندر و فرودگاه) ۲) شبکه تأمین انرژی(برق،گاز، نفت) ۳) تأسیسات آب (آب‌رسانی، فاضلاب، مهار سیلاب) ۴) شبکه مخابراتی (تلفن، کامپیوتر و رسانه‌های گروهی).

از میان عناصر مذکور، اصولاً راه‌ها ،حکم رگ‌هایی را دارند که شبکه‌ی آن از تعدادی شریان اصلی (بزرگراه، راه‌آهن و مترو) و مویرگی (راه‌های فرعی ، روستایی و خیابان‌ها) تشکیل‌شده است که در پیکره‌ی زمین قرار دارند[۱]. زمانی‌که بحران جنگ در جامعه پدید می‌آید شریان‌های حیاتی جامعه دچار آسیب‌های اساسی و تخریب بسیاری از سازه‌های ساخت دست انسان می‌شود و هزینه‌های فراوانی بر دوش بشر وارد می‌کند. یکی از این سازه‌ها، سامانه‌های حمل‌ونقل هست که سالم ماندن آن‌ها پس از وقوع حوادث، نقش مهمی در کمک‌رسانی خواهد داشت[۲].

سامانه حمل‌ونقل معمولاً از اجزای به‌هم‌پیوسته متعددی نظیر پل‌ها، تونل‌ها و گذرگاه‌ها تشکیل‌شده‌اند که آسیب‌های وارد شده به هر یک از این اجزا می‌تواند به قطع عملکرد کل سامانه و ایجاد مشکلات و مسائل مختلفی منجر شود. ویژگی‌های شبکه‌ای سامانه حمل و نقل، آن را طعمه مناسبی برای بروز حوادث مخرب و پیچیده انسان ساخت و طبیعی نموده است[۳]. در صورت قطع شدن شبکه حمل و نقل، بخشی از جامعه خطر بالقوه ایزوله شدن را دارد که این امر، کمک رسانی به افراد آسیب دیده را برای نیروهای امدادی دشوار می‌کند[۴]. بدین ترتیب ازسرگیری ارائه‌ی خدمات ضروری و آغاز به‌کار دوباره‌ی سامانه‌ی حمل‌ونقل ، از مهم‌ترین اقدامات پس از بحران است که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق همراه با بهینه‌سازی به‌منظور بازگشت سریع جامعه به حالت عادی و طبیعی است[۵].

تاب‌آوری از کلمه لاتین resiliō یا resiliere گرفته‌شده که به معنای پرش به عقب است و به معنای توانایی شیء در بازگشت به شکل یا موقعیت اصلی خود پس از استرس اشاره دارد. اولین بار مفهوم تاب‌آوری در سال ۱۹۷۳ توسط هولینگ، اکولوژیست کانادایی، به‌عنوان معیار "پایداری سامانه‌ها و توانایی آن‌ها در جذب تغییر و آشفتگی و همچنان حفظ روابط مشابه بین جمعیت‌ها یا متغیرهای حالت" تعریف شد. از زمان این تعریف بنیادی، مفهوم تاب‌آوری به‌طرز چشمگیری در حوزه گوناگون مانند مدیریت ایمنی، سازمانی، اجتماعی- اکولوژیکی، اقتصادی و مهندسی تکامل‌یافته است[۴]. مطابق با گزارش نشریه Nature بالغبر ۷۰ تعریف متفاوت از تاب‌آوری تاکنون ارائه‌شده است[۶].

امروزه اهمیت و نقش بسیار مهم شبکه حمل ونقل، به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های حیاتی هر کشور شناخته شده است. علاوه‌بر این، نقش راه‌ها در هنگام بروز حوادث مخرب هم چون جنگ و زلزله موجب گردیده تا به‌عنوان یکی از عناصر اصلی شریان‌های حیاتی کشور در بحث مدیریت بحران، مورد توجه قرار گیرند. [۷، ۸].

در این میان، حمل‌ونقل جاده‌ای به‌دلیل دارا بودن خصوصیات ویژه، ازجمله قابلیت انعطاف آن در انتخاب مسیر و سهولت دسترسی از طریق آن به مراکز مختلف تولید و جذب سفر، به‌عنوان متداول‌ترین شیوه‌ی حمل‌ونقل کالا و مسافر در جهان، از اهمیت بیشتری برخوردار است. در هنگام بروز بحران، برقراری ارتباط در شبکه، تجهیزات، نیروهای امدادی و آسیب دیدگان دارد، می‌تواند باعث کاهش اثرات بحران در این شرایط شود و شبکه‌ای که نتواند دسترسی لازم را در این شرایط فراهم نماید، خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به‌بار خواهد آورد[۹]. تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای نیز به‌همین معناست که در شرایط بحران شبکه جاده‌ای بتواند با شرایط به وجود آمده خود را تطبیق داده و با بیشترین سرعت به عملکرد اصلی خود بازگردد. هر چه این سرعت بازگشت به عملکرد و ظرفیت اصلی شبکه بیشتر باشد تاب‌آوری شبکه جاده‌ای بالاتر می‌باشد.

۲- روش تحقیق

با توجه به این‌که تحقیق از نوع کاربردی است از روش توصیفی- تحلیلی استفاده می‌شود. در این تحقیق برای تدوین و ارائه‌ی الگوی ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای ابتدا به بررسی الگوهایی که برای ارزیابی تاب‌آوری دیگر زیرساخت‌های بیان‌شده می‌پردازیم. با احصاء مشابهت‌های این زیرساخت‌ها با شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای و پارامترهایی که در تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای مؤثرند ، می‌توانیم نقش هر یک از این پارامترها را در تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions و مصاحبه با خبرگان ، استخراج و شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری را در قالب الگویی بومی و کاربردی جهت ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای ارائه نماییم. مراحل تدوین الگوی ارزیابی تاب‌آوری در این تحقیق به ترتیب عبارت‌اند از: ۱) بررسی تحقیقات گذشته و احصاء نقاط و

دارایی‌های آسیب‌پذیر و هم‌چنین احصاء مؤلفه‌ها و ظرفیت‌های تاب‌آوری در حیطه‌های مختلف با روش آنالیز محتوای کیفی- کمی

۲) مصاحبه جهت تعیین روایی و اعتبار سنجی مؤلفه‌ها و ظرفیت‌های تاب‌آوری و هم‌چنین تبیین روش ارتقاء آن‌ها در دارایی‌های شریان‌های اصلی جاده‌ای

۳) پرسشنامه جهت تعیین وزن و حذف مؤلفه‌های کم تأثیر در تاب‌آوری شریان‌های اصلی جاده‌ای

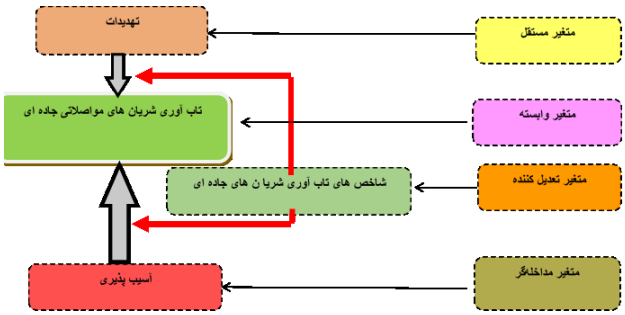
۴) پرسشنامه جهت ایجاد ماتریس‌های مقایسه‌ای و تعیین الگوی ارتقای تاب‌آوری در دارایی‌های آسیب‌پذیر بر اساس پتانسیل ایجاد ارتقاء در مؤلفه‌های تاب‌آوری و تعیین الگوی وزن دهی شده با استفاده از روش ANP و نرم‌افزار Super Decisions.

۳- مبانی نظری

۳-۱- تبیین متغیرهای پژوهش

متغیر شامل هر چیزی است که بتواند ارزش‌های گوناگون و متفاوت بپذیرد. این ارزش‌ها می‌تواند در زمان‌های مختلف برای یک شخص یا یک‌چیز متفاوت باشد یا اینکه در یک‌زمان برای اشخاص یا چیزهای مختلف تفاوت داشته باشد [۱۰].

متغیرها انواع گوناگون داشته و بر اساس مبانی مختلفی طبقه-بندی می‌شوند.



شکل (۱): روابط بین متغیرهای پژوهش

۳-۲- دارایی‌های شریان‌های جاده‌ای

بر اساس مطالعات اسناد، مراجع کتابخانه‌ای [۸، ۲] و مصاحبه با خبرگان، دارایی‌های شریان‌های جاده‌ای به شرح ذیل دسته‌بندی می‌شوند:

۱) استفاده‌کنندگان

۲) شناور

- وسایط نقلیه
- امکانات (ماشین‌آلات راهداری و راه‌سازی)

۳) بخش ثابت

- جاده (زیرسازی، روسازی)
- پل (عرشه ، رو سازه، زیر سازه)
- تونل (سازه تونل، کف تونل، سیستم روشنایی، سیستم تهویه، زهکش‌های تونل، تجهیزات امدادی، قاب ورودی، شیب ورودی و خروجی تونل)
- شیروانی (خاک‌ریز، ترانشه و شیب)
- پایانه‌ها
- دپوها: انبارها، وسایل حمل‌ونقل باری، وسایل حمل‌ونقل عمومی

۴) سیستم‌های پشتیبان

۵) سیستم‌های کنترلی

- سیستم علائم : الکتریکی، ثابت

۶) سیستم ارتباط: شبکه مخابرات

۳-۳- تهدیدات مبنا و مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای

مفهوم تهدید از دیدگاه پدافند غیرعامل عبارت است از فقدان امنیت و ایجاد اختلال در توانایی‌های کشور و به‌طور کلی به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که کمیت و کیفیت زندگی مردم یک کشور یا دامنه اختیارات حکومت را در معرض خطر قرار دهد. تهدیدهای متوجه زیرساخت‌های حیاتی کشور نظیر شبکه راه‌ها به دو دسته تهدیدهای طبیعی و انسان‌ساز تقسیم می‌شوند. ازآنجا که تهدیدات ناشی از اعمال انسانی، محصولات دست بشر هستند، از آن‌ها به‌عنوان «تهدیدات ساختگی» نیز یاد می‌شود. بر این اساس تهدیدات ساختگی می‌تواند از سوی عوامل داخلی مانند اپوزیسیون، اقوام مخالف دولت، اشرار، اقلیت‌های مذهبی و دینی معاند نظام، و ... و یا عوامل بین‌المللی مانند فعالیت‌های سازمان‌های تروریستی بین‌المللی، تهدیدات نظامی علیه یک کشور و ... باشد. تهدیدات طبیعی نیز شامل زلزله، سیل، توفان و غیره می‌باشند که از حوزه شمول این پژوهش خارج است. تهدیدات ساختگی یا انسان‌ساز، خود به دسته‌های زیر قابل‌تقسیم می‌باشند:

۱- تهدیدات نظامی

۲- تهدیدات اتفاقی (تصادفی)

۳- تهدیدات امنیتی

تهدیدات نظامی شامل تهاجم از زمین، هوا و دریا می‌شوند و به‌وسیله تجهیزات و ادوات نظامی صورت می‌پذیرند. این تهدیدات از طرفی دارای دقت بسیار زیاد در اصابت به هدف و از طرف دیگر دارای قدرت تخریب و نفوذ فوق‌العاده هستند. پل‌های استراتژیک، تونل‌های با اهمیت، ایستگاه‌های اصلی، محل دپوی مواد سوختی و خطرناک و مراکز کنترل ترافیک راه‌ها، راهدارخانه‌های اصلی و

مهم، پایانه‌های بین‌شهری و ... می‌توانند از مهم‌ترین اهداف این‌گونه تهدیدات باشند.

تهدیدات اتفاقی غالباً شامل آتش‌سوزی، انفجار مخازن سوخت و یا نشت مواد خطرناک در محوطه‌ها و انبارهای نگهداری این مواد هستند. این قبیل تهدیدات به‌ویژه در مورد واگن‌های حامل مواد سوختی و مشتقات نفتی اهمیت ویژه‌ای می‌یابد و ممکن است موجب بروز خسارات فراوانی شود.

تهدیدات امنیتی عمدتاً شامل حملات تروریستی و خرابکاری است که از طرق مختلف نظیر بمب‌گذاری و با استفاده از بمب‌های پرتابه‌ای، راکت‌اندازها و موشک‌اندازهای کوچک در نزدیک محل‌های موردتهاجم و یا خرابکاری اطلاعاتی و صنعتی صورت می‌پذیرد[۱۱]. اخلال در ارتباطات شبکه‌ای، اخلال در سیستم علائم و ارتباطات، اخلال در سیستم مراکز کنترل ترافیک و تابلوهای اعلام خبر متغیر، خرابکاری در دپوی مواد سوختنی و خطرناک، بمب‌گذاری در پایانه‌های بین‌شهری، نفوذ به شبکه راه‌ها و دسترسی به اطلاعات موجود جهت سوءاستفاده و اختلال در سیستم اینترنتی بلیط ازجمله مهم‌ترین تهدیدات امنیتی هستند که می‌توانند سبب ایجاد اختلال در عملکرد سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای شوند[۱۱، ۱۲، ۱۳].

با مطالعه سوابق تهدیدات بر دارائی‌های شبکه مواصلاتی جاده‌ای و امکان‌پذیری انجام تهدیدتهدیدات نظامی، تروریستی و سایبری به‌عنوان تهدیدات اولیه مطالعات انتخاب شدند. در ادامه، با استفاده از روش پرسشنامه، میزان تأثیرپذیری هرکدام از مؤلفه‌های شبکه راه‌های مواصلاتی از این تهدیدات مورد ارزیابی قرار گرفت تا تهدید مبنا مشخص گردد. نتایج این بررسی در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): میزان تأثیرپذیری مؤلفه‌های شبکه راه از تهدیدات مبنا

ردیف	مؤلفه	امتیاز		
		امتیاز در بخش تهدیدات نظامی	امتیاز در بخش تهدیدات تروریستی	امتیاز در بخش تهدیدات سایبری
۱	مکان‌یابی و طراحی هندسی راه	۷/۴	۶	۰
۲	کاربری اطراف جاده	۴/۴	۶/۴	۰/۸
۳	تعداد پل‌ها	۸/۸	۵/۲	۰
۴	مشخصات پل‌ها	۸/۶	۷/۴	۰/۴
۵	وجود و کارایی پل‌های پیش‌ساخته جایگزین پل‌های ویران‌شده	۷/۴	۷/۸	۰
۶	ارتفاع آزاد ایمن برای عبور و مرور ادوات نظامی بزرگ و سنگین	۶	۳	۰
۷	خصوصیات زمین‌شناختی منطقه	۱/۲	۱/۶	۰
۸	راه‌های دسترسی ویژه	۷/۶	۴	۱
۹	میزان آسیب‌پذیری ابنیه فنی	۷/۶	۷/۸	۲/۶
۱۰	تعویض‌پذیری اجزای فیزیکی	۸/۴	۷/۴	۳/۸
۱۱	ترمیم به‌موقع سازه‌های آسیب‌دیده	۷/۶	۶/۶	۷
۱۲	شیب عرضی جاده	۳/۲	۱/۸	۰
۱۳	بستر جاده (نوع بستر،ضخامت بستر)	۴/۶	۴/۲	۰
۱۴	نوع و کیفیت مصالح به‌کاررفته در زیرسازی و روسازی	۵/۸	۵/۴	۰
۱۵	میزان تقاضای جابجایی	۶/۲	۴/۲	۴/۴
۱۶	در دسترس بودن جایگزین‌های تردد مسافر در مواقع موردحمله قرار گرفتن	۸/۴	۶	۴/۶
۱۷	در دسترس بودن مسیرهای جایگزین	۸/۲	۷	۰/۸
۱۸	تنوع و کارایی مسیرهای جایگزین	۷/۶	۵/۶	۰/۸
۱۹	ظرفیت مسیرها	۶/۸	۵/۸	۱
۲۰	ظرفیت اضافی(مسیرهای اضافی)	۶/۸	۵/۴	۰/۸

۲۱	تعداد مسیرهای بین دو شهر	۷/۴	۷/۲	۰/۴
۲۲	سهولت و امنیت نقل‌وانتقال ادوات نظامی و دسترسی به تأسیسات مهم نظامی و نقاط استراتژیک دفاعی	۸/۲	۶/۲	۰/۲
۲۳	دسترسی به کالاها، خدمات و فعالیت‌های ضروری در شرایط غیرمعمول	۶/۲	۶/۲	۵
۲۴	دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی و مراکز امدادرسانی	۷	۳/۸	۱/۲
۲۵	امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل درراه‌ها	۸	۶	۴/۸
۲۶	دسترسی به آب ،برق ، سوخت ، ارتباطات ،تأسیسات زیر بنایی و اماکن خدماتی ، مناطق شهری و روستایی	۷/۸	۵/۶	۲/۶
۲۷	جمعیت	۷/۴	۷/۲	۰/۲
۲۸	ساختار سنی و جنسی جمعیت کاربران	۱/۸	۱/۶	۰/۲
۲۹	تعداد اتومبیل شخصی و عمومی و انواع کامیون	۳/۸	۳	۰/۲
۳۰	هزینه جابجایی	۱/۸	۱/۸	۰/۴
۳۱	زمان جابجایی	۵/۸	۶	۳/۲
۳۲	کیفیت و امنیت جابجایی تحت شرایط بحرانی	۷	۶/۸	۳/۸
۳۳	آموزش و فرهنگ‌سازی درزمینهٔ آمادگی در شرایط بحرانی برای بهره‌گیری از شبکه جاده‌ای	۶/۸	۶/۸	۵
۳۴	نهادینه نمودن ایمنی و چگونگی آمدوشد در سطح گذرگاه‌ها در زمان وقوع بحران	۷/۲	۶/۶	۴/۴
۳۵	نیروی انسانی (حفظ جان افراد مسئول ، آمادگی جسمانی و روحی ، آمادگی تخصصی و عملیاتی)	۷/۸	۷/۴	۶
۳۶	دستورالعمل‌ها و قوانین سازمانی	۵/۶	۵/۶	۴/۸
۳۷	امکانات و تجهیزات	۷/۸	۷/۶	۶/۶
۳۸	پیش‌بینی ومکانیابی صحیح واحدهای راهداری و راه‌سازی در نقاط بحرانی	۷/۶	۶	۰/۲
۳۹	مراکز عملیات اضطراری و سیستم فرماندهی حادثه	۷/۴	۶/۸	۶/۲
۴۰	فن‌آوری‌های هوشمند برای کنترل سامانه حمل‌ونقل جاده‌ای	۶/۶	۷/۲	۸
۴۱	اطلاعاتOD (جزئیات دقیق حجم ترافیک بین مبدأ و مقصد)	۶/۸	۶/۲	۶/۴

بر اساس تحلیل جدول فوق، میانگین امتیازات تهدیدات منتخب محاسبه شد که در جدول (۲) قابل‌مشاهده است.

جدول (۲): اولویت تهدیدات مؤثر بر مؤلفه‌های شریان‌های جاده‌ای

نوع تهدید	مجموع امتیاز	میانگین امتیاز
تهدیدات نظامی	۲۶۸/۴	۶/۵۴
تهدیدات تروریستی	۲۲۹/۲	۵/۵۹
تهدیدات سایبری	۱۴/۴	۰/۳۵

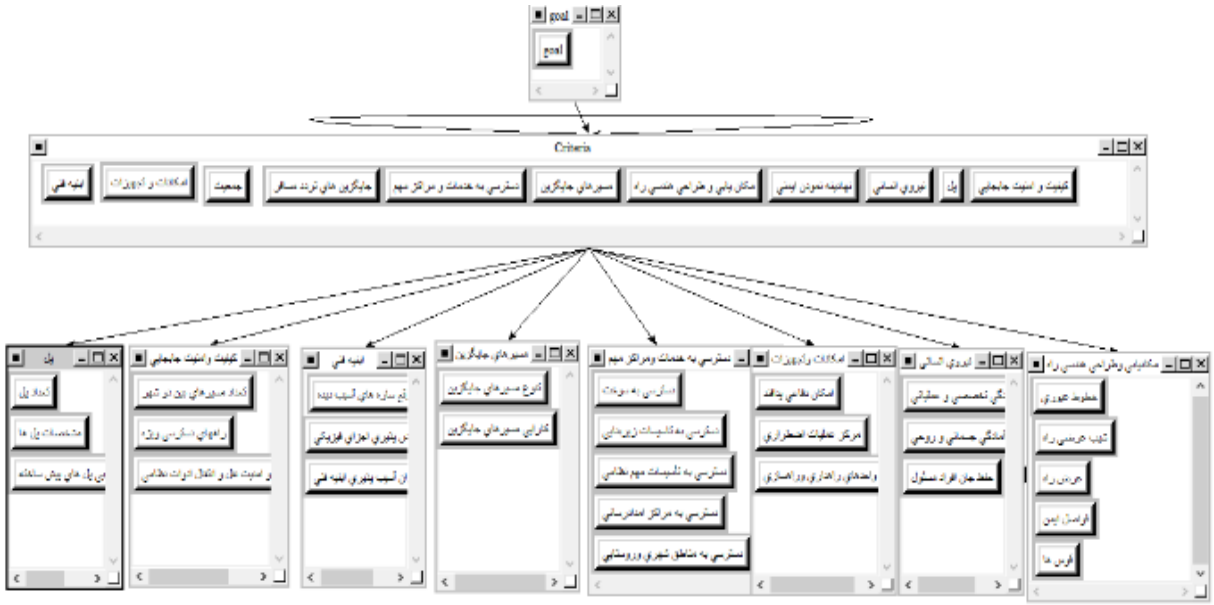
مطابق با جدول فوق، تهدیدات نظامی بیشترین میانگین امتیاز را نسبت به سایر تهدیدات به خود اختصاص داده است. بنابراین تهدیدات نظامی به‌عنوان تهدید مبنا در این پژوهش انتخاب می‌شود.

۳-۴- تحلیل مؤلفه‌ها

روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که اهمیت معیارها و زیرمعیارها را تعیین

می‌کند. در این پژوهش، به‌جهت وجود ارتباط بین زیر مؤلفه‌ها، از روش ANP برای بررسی میزان اهمیت و اثر آن‌ها در تاب‌آوری استفاده می‌شود. بدین منظور، در ابتدا مقایسات زوجی تشکیل‌شده و سپس وزن معیارها به‌دست می‌آید. برای محاسبه اوزان مذکور، از نرم‌افزار سوپردسیژن استفاده شده است. مطابق با نظر خبرگان مورد مصاحبه، مؤلفه‌هایی از جدول (۱) در قالب معیارها وزیر معیارها برای اولویت‌بندی با روش ANP انتخاب می‌شوند که امتیازی مساوی و بیشتر از امتیاز تهدیدات نظامی داشته باشند.

در شکل (۲) مدل تحلیل شبکه‌ای پژوهش که توسط نرم‌افزار سوپر دسیژن ایجادشده نشان داده‌شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود بین معیارها روابط داخلی وجود دارد.

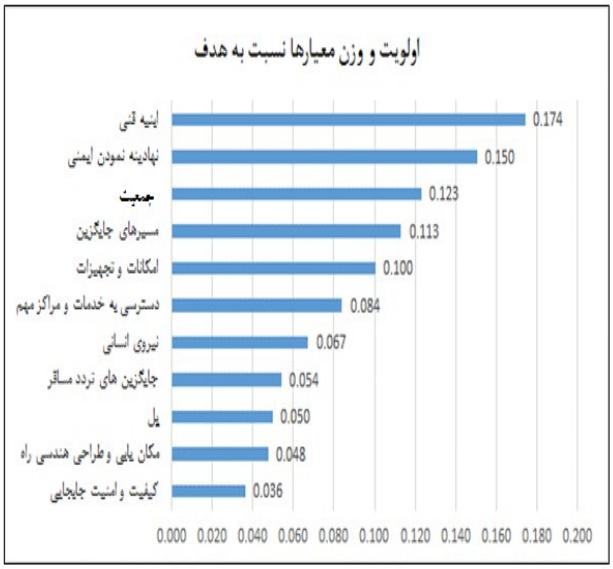


شکل(۲): مدل تحلیل شبکه‌ای پژوهش

به‌منظور تعیین وزن نسبی معیارها نسبت به هدف، مقایسات زوجی (با نرخ سازگاری ۰/۰۸) انجام شد و وزن معیارها مطابق با ۰ (۳) به دست آمد. شکل (۳) نمودار اولویت و وزن نسبی معیارها نسبت به هدف را نشان می‌دهد.

جدول (۳): وزن نسبی معیارها نسبت به هدف

نام معیار	وزن
ابنیه فنی	۰/۱۷۴
امکانات و تجهیزات	۰/۱۰۰
تمرکز جمعیت	۰/۱۲۳
جایگزین‌های تردد مسافر	۰/۰۵۴
دسترسی به خدمات و مراکز مهم	۰/۰۸۴
مسیرهای جایگزین	۰/۱۱۳
مکان‌یابی و طراحی هندسی راه	۰/۰۴۸
نهادینه نمودن ایمنی	۰/۱۵۰
نیروی انسانی	۰/۰۶۷
پل	۰/۰۵۰
کیفیت و امنیت جابجایی	۰/۰۳۶



شکل (۳): نمودار اولویت و وزن نسبی معیارها نسبت به هدف

جداول (۴) الی (۱۱) نتایج مقایسه زوجی هرکدام از زیر معیارهای جدول (۳) را ارائه می‌دهند.

جدول (۴): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "ابنیه فنی" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۵)

	ترمیم به‌موقع سازه‌های آسیب‌دیده	تعویض پذیری اجزای فیزیکی	میزان آسیب پذیری ابنیه فنی	وزن
ترمیم به‌موقع سازه‌های آسیب‌دیده	۱	۰/۴۹۷	۱/۹۹۸	۰/۳۱۰
تعویض پذیری اجزای فیزیکی	۲/۰۱۲	۱	۱/۹۹۸	۰/۴۹۴
میزان آسیب‌پذیری ابنیه فنی	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۱۹۶

جدول (۵): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "امکانات و تجهیزات" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۵)

	امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل	مرکز عملیات اضطراری و فرماندهی حادثه	پیش‌بینی و مکان‌یابی صحیح واحدهای راهداری وراهسازی	وزن
امکانات دفاعی پدافند عامل و پدافند غیرعامل	۱	۳/۴۵۱	۳/۱۲۵	۰/۶۱۲
مرکز عملیات اضطراری و فرماندهی حادثه	۰/۲۹	۱	۰/۴۵	۰/۱۴
پیش‌بینی و مکان‌یابی صحیح واحدهای راهداری و راه‌سازی	۰/۳۲	۲/۲۲۴	۱	۰/۲۴۷

جدول (۶): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "دسترسی به خدمات و مراکز مهم" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۸)

	دسترسی به سوخت	دسترسی به تأسیسات زیربنایی و مجتمع‌های خدماتی	دسترسی به تأسیسات مهم نظامی	دسترسی به مراکز امدادرسانی	دسترسی به مناطق شهری و روستایی	وزن
دسترسی به سوخت	۱	۴/۱۲۵	۳/۲۵۴	۱/۹۸۳	۲/۰۱۲	۰/۳۹۳
دسترسی به تأسیسات زیربنایی و مجتمع‌های خدماتی	۰/۲۴۲	۱	۱/۳۳۵	۲/۴۲۱	۱/۹۹۹	۰/۲۰۱
دسترسی به تأسیسات مهم نظامی	۰/۳۰۷	۰/۷۴۹	۱	۰/۴۹۶	۰/۶۰۵	۰/۱۰
دسترسی به مراکز امدادرسانی	۰/۵۰۴	۰/۴۱۳	۲/۰۱۴	۱	۰/۴۲۹	۰/۱۲۷
دسترسی به مناطق شهری و روستایی	۰/۴۹۷	۰/۵	۱/۶۵۲	۲/۳۳۳	۱	۰/۳۱۷

جدول (۷): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "مسیرهای جایگزین" (نرخ ناسازگاری: ۰)

	تنوع مسیرهای جایگزین	کارایی مسیرهای جایگزین	وزن
تنوع مسیرهای جایگزین	۱	۲/۸۵۲	۰/۷۴۰
کارایی مسیرهای جایگزین	۰/۳۵۱	۱	۰/۲۶

جدول (۸): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "مکان‌یابی و طراحی هندسی راه‌ها" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۳)

	خطوط عبوری	شیب عرضی راه	عرض راه	فواصل ایمن	قوس‌ها	وزن
خطوط عبوری	۱	۲/۷۶۷	۰/۷۸۲	۰/۹۸۱	۰/۶۷۶	۰/۱۹۵
شیب عرضی راه	۰/۳۶۱	۱	۰/۲۸۳	۰/۳۵۵	۰/۲۴۵	۰/۰۷
عرض راه	۱/۲۷۹	۳/۵۳۸	۱	۱/۲۵۵	۰/۸۶۵	۰/۲۴۹
فواصل ایمن	۱/۰۱۹	۲/۸۱۹	۰/۷۹۷	۱	۰/۶۸۹	۰/۱۹۸
قوس‌ها	۱/۴۷۸	۴/۰۹	۱/۱۵۶	۱/۴۵۱	۱	۰/۲۸۸

جدول (۹): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "نیروی انسانی" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۴)

	آمادگی تخصصی و عملیاتی	آمادگی جسمانی و روحی	حفظ جان افراد مسئول	وزن
آمادگی تخصصی و عملیاتی	۱	۴/۰۱۴	۳/۲۵۱	۰/۶۳۲
آمادگی جسمانی و روحی	۰/۲۴۹	۱	۰/۴۲۵	۰/۱۲۷
حفظ جان افراد مسئول	۰/۳۰۸	۲/۳۵۲	۱	۰/۲۴۱

جدول (۱۰): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "پل" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۸)

	تعداد پل	مشخصات پل‌ها	وجود و کارایی پل‌های پیش‌ساخته	وزن
تعداد پل	۱	۱/۲۴۲	۰/۲۱۲	۰/۱۷۹
مشخصات پل‌ها	۰/۸۰۵	۱	۰/۴۱۴	۰/۱۹۳
وجود و کارایی پل‌های پیش‌ساخته	۴/۷۱۲	۲/۴۱۶	۱	۰/۶۲۸

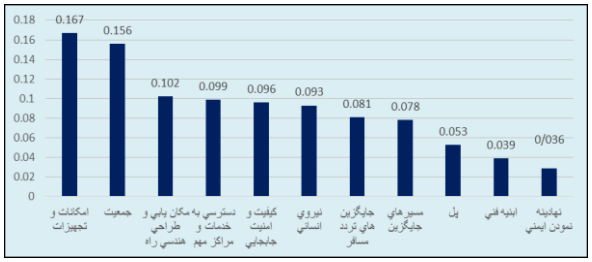
جدول (۱۱): مقایسه زوجی زیرمعیارهای "کیفیت و امنیت جابجایی" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱)

	تعداد مسیرهای بین مبدأ و مقصد	راه‌های دسترسی ویژه	سهولت و امنیت نقل‌وانتقال ادوات نظامی	وزن
تعداد مسیرهای بین مبدأ و مقصد	۱	۵/۱۲۵	۳/۱۲۵	۰/۶۵۱
راه‌های دسترسی ویژه	۰/۱۹۵	۱	۰/۴۱۵	۰/۱۱۲
سهولت و امنیت نقل‌وانتقال ادوات نظامی	۰/۳۲	۲/۴۱۲	۱	۰/۲۳۷

درنهایت، ماتریس مقایسات زوجی روابط درونی معیارها را تشکیل داده و پس از واردکردن داده‌های مقایسات جداول فوق، وزن روابط درونی حاصل می‌شود. بعد از تشکیل سوپر ماتریس اولیه و موزون و حدی در نرم‌افزار سوپردسیژن، وزن نهایی معیارها حاصل از سوپر ماتریس حدی و اولویت آن‌ها به‌صورت جدول (۱۲) و شکل (۴) به دست می‌آید.

جدول (۱۲): رتبه‌بندی نهایی معیارها

نام معیار	وزن	رتبه
امکانات و تجهیزات	۰/۱۶۷	۱
جمعیت	۰/۱۵۶	۲
مکان‌یابی و طراحی هندسی راه	۰/۱۰۲	۳
دسترسی به خدمات و مراکز مهم	۰/۰۹۹	۴
کیفیت و امنیت جابجایی	۰/۰۹۶	۵
نیروی انسانی	۰/۰۹۳	۶
جایگزین‌های تردد مسافر	۰/۰۸۱	۷
مسیرهای جایگزین	۰/۰۷۸	۸
پل	۰/۰۵۳	۹
ابنیه فنی	۰/۰۳۹	۱۰
نهادینه نمودن ایمنی	۰/۰۲۹	۱۱



شکل (۴): نمودار اولویت و وزن نهایی معیارها

همان‌طور که از مقایسه جداول (۳) و (۱۲) مشاهده می‌شود، رتبه‌بندی نهایی معیارها با رتبه‌بندی اولیه که نسبت به هدف بود تغییراتی داشته است .علت این تغییرات روابط بین معیارهاست که متخصصان حوزه پدافند غیرعامل و خبرگان حمل‌ونقل جاده‌ای در این مرحله تعریف کرده‌اند. همان‌طور که در جدول (۱۳) نشان داده‌شده است زیرمعیارهای امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل، تعداد مسیرهای بین دو شهر و آمادگی تخصصی و عملیاتی در رتبه‌های اول تا سوم قرارگرفته‌اند. همچنین زیر معیار شیب عرضی راه در رتبه آخر قرارگرفته است. شکل (۵) گویای این رتبه‌بندی است.

جدول (۱۳): رتبه‌بندی نهایی زیر معیارها

نام زیر معیار	وزن	رتبه
امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل	۰/۱۳۹۳	۱
آمادگی تخصصی و عملیاتی	۰/۰۸۹۴	۲
تعداد مسیرهای بین مبدأو مقصد	۰/۰۸۲۳	۳
تنوع مسیرهای جایگزین	۰/۰۷۸۷	۴
پیش‌بینی و مکان‌یابی صحیح واحدهای راهداری وراهسازی در نقاط بحرانی	۰/۰۵۶۳	۵
دسترسی به سوخت	۰/۰۵۳۷	۶
وجود و کارایی پل‌های پیش‌ساخته	۰/۰۴۵۲	۷
قوس‌ها	۰/۰۴	۸
عرض راه	۰/۰۳۴۶	۹
حفظ جان افراد مسئول	۰/۰۳۴۱	۱۰
مرکز عملیات اضطراری و فرماندهی حادثه	۰/۰۳۲	۱۱
سهولت و امنیت نقل‌وانتقال ادوات نظامی	۰/۰۳	۱۲
کارایی مسیرهای جایگزین	۰/۰۲۷۶	۱۳
فواصل ایمن	۰/۰۲۷۶	۱۴
دسترسی به تاسیسات زیربنایی و مجتمع‌های خدماتی	۰/۰۲۷	۱۵
خطوط عبوری	۰/۰۲۷	۱۶
تعویض‌پذیری اجزای فیزیکی	۰/۰۲۶۱	۱۷
دسترسی به مناطق شهری و روستایی	۰/۰۲۳۳	۱۸
آمادگی جسمانی و روحی	۰/۰۱۸	۱۹
دسترسی به مراکز امدادرسانی	۰/۰۱۷۱	۲۰
ترمیم بموقع سازه‌های آسیب‌دیده	۰/۰۱۶۴	۲۱
راه‌های دسترسی ویژه	۰/۰۱۴۱	۲۲
جای‌گیری و مشخصات پل‌ها	۰/۰۱۳۹	۲۳
دسترسی به تأسیسات مهم نظامی	۰/۰۱۳۵	۲۴
تعداد پل‌ها	۰/۰۱۲۹	۲۵
میزان آسیب‌پذیری ابنیه فنی	۰/۰۱۰۳	۲۶
شیب عرضی راه	۰/۰۰۹۶	۲۷

شکل (۵): نمودار وزن دهی به زیرمعیارها

۴- تعریف شاخص برای ارزیابی مؤلفه‌ها

در شاخص سازی برای ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای سه نکته را مدنظر قراردادهایم :

۱) شاخص‌ها کاملاً مرتبط با مؤلفه‌ها باشند؛

۲) شاخص‌ها با استفاده از منابع معتبر و مصاحبه با خبرگان ایجاد شوند؛

۳) سعی شده است تا شاخص‌ها به‌صورت شاخص حسابی باشند یعنی به‌سادگی تعداد موارد و حوادث را بدون داشتن کسر مشخص کنند.

شاخص‌های نهایی ارزیابی در قالب مؤلفه ها و زیر مؤلفه های ارزیابی تاب آوری شریان های جاده ای در جدول (۱۴) نشان داده‌شده است .

۵- نتیجه‌گیری

شبکه جاده‌ای ازجمله زیرساخت‌های بسیار مهم و حساس هر شهر و کشوری به‌حساب می‌آید. در طی بحران‌ها با بروز حملات و اختلال در شبکه جاده‌ای می‌توان بر وخامت اوضاع افزود. درنتیجه بر هر جامعه‌ای است که در راستای حفاظت و تاب‌آوری این زیرساخت اقدامات و منابعی را صرف کند.اگر درزمان بحران شبکه جاده‌ای نتواند عملکرد خود را داشته باشد و نتواند به پویایی قبلی خود برگردد یا برگشت‌پذیری به حالت اولیه مدت‌زمان زیادی طول بکشد عواقب بسیار سنگینی برای جامعه

بـه دنبـال خواهـد داشـت. متعاقـب آن ضـروری اسـت کـه بـه شریان‌های جاده‌ای توجه ویژه‌ای داشت. مهـم ایـن اسـت بتـوان میزان آسیب‌پذیری و مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شبکه جاده‌ای را شناسـایی و در برطـرف کـردن نقـاط ضـعف بـه کـاهش آسیب‌پذیری تاب‌آوری هر چـه بیشـتر شـریان‌هـای جـاده‌ای در بحـران ناشـی از حمـلات نظـامی دسـت‌یافـت .در همـین راسـتا استخراج و اولویت‌بندی مؤلفـه‌هـای تـاب‌آوری در قالـب الگـویی کاربردی ارائه و اجرا گردید.

میانگین امتیازهایی که از خروجی نـرم‌افـزار SPSSبدسـت آمـد برای تهدیدات نظامی بیشـتر از دیگـر تهدیـدات بـود و درنتیجـه تهدیدات نظامی به‌عنوان تهدیدات مبنا انتخاب شـدند.مؤلفه‌هـای کم تأثیر در تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای حذف شدند و.بر اساس خروجی این پرسشنامه دیگری برای اولویت‌بندی مؤلفه‌ها با توجه به روابط درونی با استفاده از روش ANP تدوین و توسط خبرگان راه ، پدافند غیرعامل و نظامیان تکمیل گردید.در ماهیت بر اساس نظر خبرگان مؤلفه‌های زیر با اولویـت‌بنـدی کـه درجـدول (۱۶) آورده شده است به‌عنوان مؤلفه‌های ارزیابی تاب‌آوری شریان‌هـای مواصلاتی جاده‌ای انتخاب شدند.

اولویت‌بندی مؤلفه‌ها به دو صورت انجام پـذیرفت کـه در مرحلـه اول نسبت به هدف و بدون در نظر گرفتن روابط درونی مؤلفـه‌هـا بود و در مرحله دوم با در نظر گرفتن روابط درونی مؤلفـه‌هـا کـه تفاوت محسوسی باهم داشتند و این نشان‌دهنده اهمیت توجه بـه تأثیرگذاری هر مؤلفه بر روی مؤلفه دیگری و همچنین تأثیر روی تاب‌آوری کل شبکه است.

پس از اولویت‌بندی مؤلفه‌ها بـر اسـاس روابـط درونـی آن‌هـا بـه مرحله‌ای می‌رسیم که باید برای هر مؤلفه بر اساس زیر مؤلفه‌های تعریف‌شده برای آن شاخص ارزیابی تعیین کنیم .تعیین شـاخص ارزیابی برای مؤلفه‌ها از طریق مطالعـات و مصـاحبه بـا خبرگـان انجام پذیرفت. شاخص‌هـای تعریـف‌شـده در جـدول (۱۴) نشـان داده‌شده است. در تعیین شاخص‌های ارزیابی به این توجـه شـده است که هر شاخص با مؤلفه همخوانی داشته باشـد و بـه‌صـورت کمی قابل‌بیان باشد.

در مرحله ارائه الگو باید به الگویی دست می‌یافتیم که هـم بتوانـد میزان هر مؤلفه را در محور مواصلاتی بسنجد و هم تأثیر آن روی تـاب‌آوری محـور رانشـان دهـد. بنـابراین عـلاوه بـر وزن‌هـای استخراج‌شده از متد ANP، نوع تأثیر (مثبت /منفـی) و همچنـین تعداد هر داده را در منطقه‌ای که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، بایـد در نظر گرفت.

جدول (۱۴): مؤلفه‌ها و زیر مؤلفه‌های ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای

رتبه	مؤلفه	زیر مؤلفه	شاخص ارزیابی
۱	امکانات و تجهیزات	امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل	تعداد سامانه پدافند هوایی
			موجود /ناموجود بودن چک‌لیست الزامات پدافند غیرعامل
		پیش‌بینی ومکانیابی صحیح واحدهای راهداری وراهسازی در نقاط بحرانی	تعداد واحدهای راهداری وراهسازی
		مرکز	موجود/ناموجود بودن مرکز عملیات اضطراری و فرماندهی حادثه
۲	جمعیت	-	تعداد تردد در هرروز
۳	مکان‌یابی و طراحی هندسی راه	قوس‌ها	تعداد قوس‌ها
		عرض راه	عرض راه
		خطوط عبوری	تعداد خطوط عبوری
		فواصل ایمن	فاصله از خطوط لوله نفت
			فاصله از ایستگاه‌ها و خطوط گازرسانی
			فاصله از خطوط و پست‌های برق
			فاصله از خطوط آب‌رسانی
		شیب عرضی راه	انطباق/عدم انطباق شیب عرضی راه با استاندارد

رتبه	مؤلفه	زیر مؤلفه	شاخص ارزیابی
۴	دسترسی به خدمات و مراکز مهم	دسترسی به سوخت	تعداد جایگاه سوخت
		دسترسی به تأسیسات زیربنایی و مجتمع‌های خدماتی	تعداد سکونتگاه‌ها و مجتمع خدماتی
		دسترسی به مناطق شهری و روستایی	تعداد شهرها و روستاها در مجاورت مسیر
		دسترسی به مراکز امدادرسانی	تعداد مراکز پلیس‌راه
			تعداد مرکز فوریت‌های پزشکی جاده‌ای
			تعداد پایگاه‌های هلال‌احمر جاده‌ای
		دسترسی به تأسیسات مهم نظامی	تعداد پادگان‌ها و مراکز نظامی
۵	کیفیت و امنیت جابجایی	مسیرهای بین مبدأومقصد	تعداد مسیرهای بین مبدأومقصد
		نقل‌وانتقال ادوات نظامی	کیفیت روسازی(انطباق / عدم انطباق با استاندارد AASHTO)
		راه‌های دسترسی ویژه	تعداد راه‌های دسترسی ویژه
۶	نیروی انسانی	آمادگی تخصصی و عملیاتی	تعداد نیروی متخصص با آمادگی اجرای عملیات در حملات نظامی مستقر در مراکز راهداری
		حفظ جان افراد مسئول	اجرا/عدم اجرا HSE در محل استقرار مسئولین
		آمادگی جسمانی و روحی	تعداد تست‌های آمادگی جسمانی و روحی در سال برای پرسنل عملیاتی مراکز راهداری
۷	جایگزین‌های تردد مسافر	-	موجود/ناموجود بودن فرودگاه در مبدأومقصد
			موجود/ناموجود بودن مسیر ریلی بین مبدأ و مقصد
۸	مسیرهای جایگزین کنار پل‌ها و تونل‌ها	تنوع مسیرهای جایگزین	تعداد مسیرهای جایگزین
		کارایی مسیرهای جایگزین	مسافت مسیرهای جایگزین
۹	پل	وجود و کارایی پل‌های پیش‌ساخته	تعداد پل‌های پیش‌ساخته موجود در مراکز راهداری و نظامی
		مشخصات پل‌ها	ارتفاع پل (مرتفع‌ترین پل)
			طول پل (طویل‌ترین پل)
		تعداد پل‌ها	تعداد پل‌ها
۱۰	ابنیه فنی	تعویض‌پذیری اجزای فیزیکی	تعداد انبارهای پشتیبانی تجهیزات تعمیر و نگهداری ابنیه فنی در محور
		ترمیم بموقع سازه‌های آسیب‌دیده	موجود / ناموجود بودن بانک اطلاعاتی در مورد نیروی انسانی ،تجهیزات و امکانات
		میزان آسیب‌پذیری ابنیه فنی	انجام / عدم انجام مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری ابنیه فنی
۱۱	نهادینه شدن ایمنی و چگونگی آمدوشد در سطح گذرگاه‌ها در بحران	-	موجود / ناموجود بودن برنامه آموزشی مدون و منظم جهت فرهنگ‌سازی تردد در بحران

۶- مراجع

[۱] اسکندری، محمد، امیدوار، بابک. توکلی ثانی، محمد صادق. تحلیل خسارت شریان های حیاتی با درنظرگرفتن اثرات وابستگی در اثر حملات هدفمند؛ دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۱۹، ویژه نامه پدافند غیرعامل، ۱۳۹۳.

[۲] طاهری، قدرت‌اله، نقی‌پور، عبداله، نقش پدافندغیرعامل در شبکه راه ها و حمل و نقل جاده ای، کتاب، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، ۱۳۹۷.

[3] T. Y. Liao, T. Y. Hu, and Y. N. Ko, "A Resilience Optimization Model for Transportation Networks under Disasters," Nat Hazards, vol. 93(1), 2018.

[4] T. J. Nipa and S. Kermanshachi, "Resilience Measurement in Highway and Roadway Infrastructures: Experts' Perspectives," Progress in Disaster Science, vol. 14, 2022.

[۵] موسویان، سید ابوالحسن ،جایگاه شبکه حمل ونقل در ارتقاء عملکرد شریان های حیاتی کشور در راستای پدافند غیر عامل ، اولین کنفرانس پدافند غیر عامل وسازه های مقاوم ،۱۳۸۹

[۶] میر صادقی، مسعود، مؤذن، فرید، غفار پور، رضا، بهبود تاب‌آوری شبکه قدرت در مواجهه با حملات متمرکز با استفاده از آنالیز پیشامد، فصلنامه علمی پژوهشی پدافند غیرعامل، سال سیزدهم، شماره ۳، ص۱-۱۰، ۱۴۰۱.

[۷] شیرمحمدی، حمید، مظاهری، مهدی،" بررسی نقش تونل ها و مجاری زیر زمینی در مواقع بحران از منظر پدافند غیر عامل، اولین همایش ملی افق های نوین در توانمند سازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری، انرژی و محیط زیست شهری و روستایی،۱۳۹۳.

[۸] علی‌محمدی، کامبیز، پدافندغیرعامل در شبکه های مواصلاتی و آزادراه ها، کتاب، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۶.

[۹] کاظمی، علی اصغر و شریعت مهیمنی، افشین، ارائه شاخص خطرپذیری برای شبکه راههای بین شهری در برابر حوادث طبیعی، اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده ای و ریلی، زنجان، ۱۳۸۸. https://civilica.com/doc/74458.

[۱۰] ثقفی زنجانی، بهروز، ملاحظات پدافند غیر عامل در راه های برون شهری،گزارش فعالیت تحقیقاتی همکاران تحقیقاتی بخش دفاع ،دانشگاه صنعتی مالک اشتر،۱۳۹۱

[۱۱] جمشیدی، زهرا، رادان، محمدیاسر، نکوئی، محمدعلی، ارزیابی ریسک پل ها با استفاده از دستورالعمل fema452، کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، ۱۳۹۷.

[۱۲] محمدهادی روئین تن، شایقی فرد، عبدالرضا، راهکارهای کاهش آسیب پذیری راه ها و پل ها در شرایط بحران از منظر پدافند غیرعامل، هشتمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران، ۱۳۹۹.

[۱۳] جمشیدی، زهرا، رادان، محمدیاسر، نکوئی، محمدعلی، ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی پل های خاص به منظور تداوم خدمت رسانی در شرایط بحران، دوفصلنامه مدیریت بحران شماره ۱، دوره ۹، ۱۳۹۹.