



## Providing a Model for Assessing the Resilience of Road Transport Arteries

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

\*Assistant Professor, Faculty of Passive Defense, Malek Ashtar University of Technology, Iran

(Received: 02/07/2022, Revised: 14/09/2022, Accepted: 03/07/2023, Published: 23/09/2023)

DOR: 20.1001.1.20086849.1402.14.3.4.8

### 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.*

**Keywords:** 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



\* Corresponding Author Email: as.abedini@urmia.ac.ir



نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال چهارم، شماره ۳، پائیز ۱۴۰۲، (پیاپی ۵۵): صص ۵۲-۴۱

علمی - پژوهشی

شاپای چاپی: ۲۰۰۸-۶۹۴۹ | شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۰۳۰



## ارائه الگویی برای ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای

محمد زاهدیان پور<sup>۱</sup>، محمدیاسر رادان<sup>۲\*</sup>، زهرا جمشیدی<sup>۳</sup>

DOR: 20.1001.1.20086849.1402.14.3.4.8

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳

### چکیده

زیرساخت‌های حیاتی بنیاد و چارچوب هر جامعه را تشکیل می‌دهند که فعالیت روزانه جوامع مرهون عملکرد آن‌ها است. عملکرد این زیرساخت‌ها به صورت مجزا و منحصر به فرد نیست بلکه با سایر اجزا و زیرساخت‌های جامعه روابط متقابلی دارند. در صورتی که 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 مطالعه حاضر ابتدا به استخراج و جمع‌آوری مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای پرداخته و الگویی وزن دهی شده با استفاده از روش ANP به دست می‌دهد. جهت حذف مؤلفه‌های کم تأثیر و بررسی روابط درونی بین مؤلفه‌ها از روش دلفی و پرسشنامه‌ای استفاده و در نهایت با استفاده از روش ANP و نرم‌افزار Super Decision به وزن دهی مؤلفه‌ها پرداخته شده است. لازم به ذکر است تهدیدات مبنا در این تحقیق با استفاده از روش دلفی و مصاحبه با خبرگان تهدیدشناسی تعیین و مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای در مواجهه با تهدیدات انسان‌ساخت مورد بررسی قرار گرفته 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

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مدیریت بحران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استادیار مجتمع دانشگاهی پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران - radan@mut.ac.ir - نویسنده مسئول

<sup>۳</sup> پژوهشگر مجتمع دانشگاهی پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران



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

نویسندگان ©

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

## 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، حکم‌رگ‌هایی را دارند که شبکه‌ی آن از تعدادی شریان اصلی (بزرگراه، راه‌آهن و مترو) و مویرگی (راه‌های فرعی، روستایی و خیابان‌ها) تشکیل شده است که در پیکره‌ی زمین قرار دارند [۱]. زمانی که 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 تشکیل شده‌اند 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، کمک‌رسانی 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* گرفته شده 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 تکامل یافته است [۴]. مطابق با گزارش نشریه Nature بالغ بر ۷۰ تعریف متفاوت از تاب‌آوری تاکنون ارائه شده است [۶].

امروزه اهمیت و نقش بسیار مهم شبکه حمل‌ونقل، به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های حیاتی هر کشور شناخته شده است. علاوه بر 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 بیان شده 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

- 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. از آنجا 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 قابل تقسیم می‌باشند:

#### ۱- تهدیدات نظامی

#### ۲- تهدیدات اتفاقی (تصادفی)

#### ۳- تهدیدات امنیتی

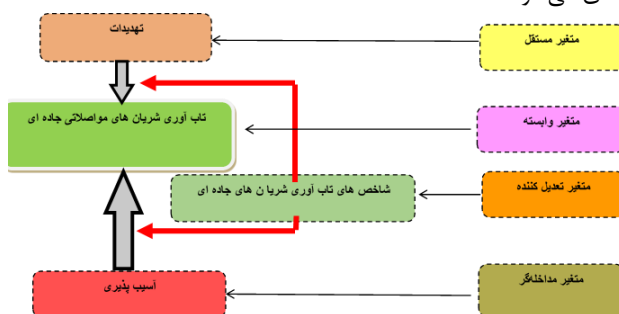
تهدیدات نظامی شامل تهاجم از زمین، هوا و دریا می‌شوند و به‌وسیله تجهیزات و ادوات نظامی صورت می‌پذیرند. این تهدیدات از طرفی دارای دقت بسیار زیاد در اصابت به هدف و از طرف دیگر دارای قدرت تخریب و نفوذ فوق‌العاده هستند. پل‌های استراتژیک، تونل‌های با اهمیت، ایستگاه‌های اصلی، محل دپوی مواد سوختی و خطرناک و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

دارایی‌های آسیب‌پذیر و هم‌چنین احصاء مؤلفه‌ها و ظرفیت‌های تاب‌آوری در حیظه‌های 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 یک چیز متفاوت باشد یا اینکه در یک‌زمان برای اشخاص یا چیزهای مختلف تفاوت داشته باشد [۱۰]. متغیرها انواع گوناگون داشته و بر اساس مبانی مختلفی طبقه‌بندی 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

- وسایل نقلیه
- امکانات (ماشین‌آلات راهداری و راه‌سازی)
- بخش ثابت
- جاده (زیرسازی، روسازی)
- پل (عرشه، رو سازه، زیر سازه)

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

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

تهدیدات اتفاقی غالباً شامل آتش‌سوزی، انفجار مخازن سوخت و یا نشست 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 نزدیکی محل‌های موردتهاجم و یا خرابکاری اطلاعاتی و صنعتی صورت می‌پذیرد [۱۱]. اختلال در ارتباطات شبکه‌ای، اختلال در سیستم علائم و ارتباطات، اختلال در سیستم مراکز کنترل ترافیک و تابلوهای اعلام خبر متغیر، خرابکاری در دیوی 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 از جمله 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 تهدیدات تهدیدات 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 مینا مشخص گردد. نتایج این بررسی در جدول (۱) آورده شده است.

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

ردیف	مؤلفه	امتیاز		
		امتیاز در بخش تهدیدات سایبری	امتیاز در بخش تهدیدات تروریستی	امتیاز در بخش تهدیدات نظامی
۱	مکان‌یابی و طراحی هندسی راه	۰	۶	۷/۴

۳۴	۷/۲	۶/۶	۴/۴	نهادینه نمودن ایمنی و چگونگی آمدوشد در سطح گذرگاه‌ها در زمان وقوع بحران
۳۵	۷/۸	۷/۴	۶	نیروی انسانی (حفظ جان افراد مسئول ، آمادگی جسمانی و روحی ، آمادگی تخصصی و عملیاتی)
۳۶	۵/۶	۵/۶	۴/۸	دستورالعمل‌ها و قوانین سازمانی
۳۷	۷/۸	۷/۶	۶/۶	امکانات و تجهیزات
۳۸	۷/۶	۶	۰/۲	پیش‌بینی و مکانیابی صحیح واحدهای راهداری و راه‌سازی در نقاط بحرانی
۳۹	۷/۴	۶/۸	۶/۲	مراکز عملیات اضطراری و سیستم فرماندهی حادثه
۴۰	۶/۶	۷/۲	۸	فن‌آوری‌های هوشمند برای کنترل سامانه حمل‌ونقل جاده‌ای
۴۱	۶/۸	۶/۲	۶/۴	اطلاعات OD (جزئیات دقیق حجم ترافیک بین مبدأ و مقصد)

بر اساس تحلیل جدول فوق، میانگین امتیازات تهدیدات منتخب محاسبه شد که در جدول (۲) قابل مشاهده 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 مبنای در این پژوهش انتخاب می‌شود.

### ۳-۴- تحلیل مؤلفه‌ها

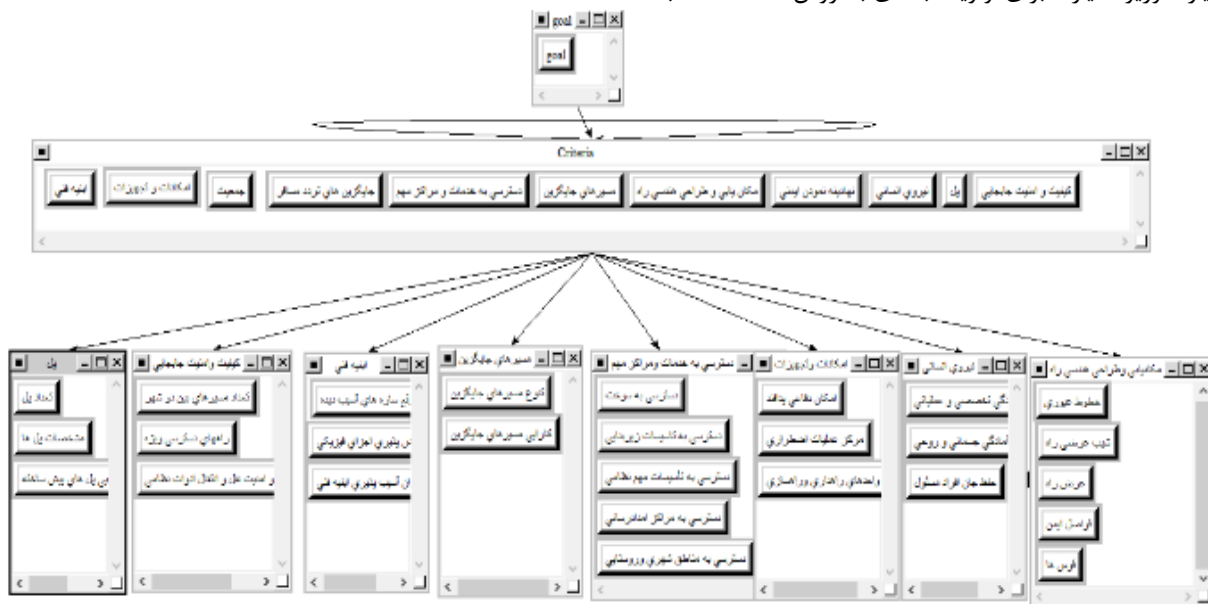
روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که اهمیت معیارها و زیرمعیارها را تعیین

۲۱	۷/۴	۷/۲	۰/۴	تعداد مسیرهای بین دو شهر
۲۲	۸/۲	۶/۲	۰/۲	سهولت و امنیت نقل‌وانتقال ادوات نظامی و دسترسی به تأسیسات مهم نظامی و نقاط استراتژیک دفاعی
۲۳	۶/۲	۶/۲	۵	دسترسی به کالاهای خدمات و فعالیت‌های ضروری در شرایط غیرمعمول
۲۴	۷	۳/۸	۱/۲	دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی و مراکز امداد رسانی
۲۵	۸	۶	۴/۸	امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل در راه‌ها
۲۶	۷/۸	۵/۶	۲/۶	دسترسی به آب ، برق ، سوخت ، ارتباطات ، تأسیسات زیر بنایی و اماکن خدماتی ، مناطق شهری و روستایی
۲۷	۷/۴	۷/۲	۰/۲	جمعیت
۲۸	۱/۸	۱/۶	۰/۲	ساختار سنی و جنسی جمعیت کاربران
۲۹	۳/۸	۳	۰/۲	تعداد اتومبیل شخصی و عمومی و انواع کامیون
۳۰	۱/۸	۱/۸	۰/۴	هزینه جایجایی
۳۱	۵/۸	۶	۳/۲	زمان جایجایی
۳۲	۷	۶/۸	۳/۸	کیفیت و امنیت جایجایی تحت شرایط بحرانی
۳۳	۶/۸	۶/۸	۵	آموزش و فرهنگ‌سازی در زمینه آمادگی در شرایط بحرانی برای بهره‌گیری از شبکه جاده‌ای

می‌شوند که امتیازی مساوی و بیشتر از امتیاز تهدیدات نظامی داشته باشند.

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

می‌کند. در این پژوهش، به جهت 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 تشکیل شده و سپس وزن معیارها به دست می‌آید. برای محاسبه اوزان مذکور، از نرم‌افزار سوپر دسیژن استفاده شده است. مطابق با نظر خبرگان مورد مصاحبه، مؤلفه‌هایی از جدول (۱) در قالب معیارها و زیر معیارها برای اولویت‌بندی با روش ANP انتخاب



شکل (۲): مدل تحلیل شبکه‌ای پژوهش

به منظور 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

جدول (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)

وزن	میزان آسیب‌پذیری ابنیه فنی	تعویض پذیری اجزای فیزیکی	ترمیم به‌موقع سازه‌های آسیب‌دیده	
۰/۱۸۰	۱/۹۹۸	۰/۴۹۷	۱	ترمیم به‌موقع سازه‌های آسیب‌دیده
۰/۶۴۰	۱/۹۹۸	۱	۲/۰۱۲	تعویض پذیری اجزای فیزیکی
۰/۶۹۰	۱	۰/۵	۰/۵	میزان آسیب‌پذیری ابنیه فنی

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

وزن	پیش‌بینی و مکان‌یابی صحیح واحدهای راهداری و راهسازی	مرکز عملیات اضطراری و فرماندهی حادثه	امکانات دفاعی پدافند عامل و تمهیدات پدافند غیرعامل	
۰/۱۶۰	۳/۱۲۵	۳/۴۵۱	۱	امکانات دفاعی پدافند عامل و غیرعامل
۰/۱۰	۰/۴۵	۱	۰/۲۹	مرکز عملیات اضطراری و فرماندهی حادثه
۰/۸۴۰	۱	۲/۲۲۴	۰/۳۲	پیش‌بینی و مکان‌یابی صحیح واحدهای راهداری و راهسازی

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

وزن	دسترسی به مناطق شهری و روستایی	دسترسی به مراکز امداد رسانی	دسترسی به تأسیسات مهم نظامی	دسترسی به تأسیسات و مجتمع‌های خدماتی	دسترسی به سوخت	
۰/۸۵۰	۲/۰۱۲	۱/۹۸۲	۳/۲۵۴	۴/۱۲۵	۱	دسترسی به سوخت
۰/۸۰	۱/۹۹۹	۲/۴۲۱	۱/۳۳۵	۱	۰/۲۴۲	دسترسی به تأسیسات زیربنایی و مجتمع‌های خدماتی
۱/۰	۰/۶۰۵	۰/۴۹۶	۱	۰/۷۴۹	۰/۳۰۷	دسترسی به تأسیسات مهم نظامی
۰/۸۱۰	۰/۴۲۹	۱	۲/۰۱۴	۰/۴۱۳	۰/۵۰۴	دسترسی به مراکز امداد رسانی
۰/۸۱۰	۱	۲/۳۳۳	۱/۶۵۲	۰/۵	۰/۴۹۷	دسترسی به مناطق شهری و روستایی

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

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



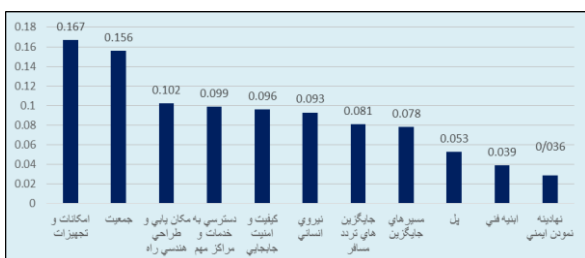
**جدول (۱۱):** مقایسه زوجی زیرمعیارهای "کیفیت و امنیت جابجایی" (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱)

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

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

**جدول (۱۲):** رتبه‌بندی نهایی معیارها

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



**شکل (۴):** نمودار اولویت و وزن نهایی معیارها

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

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

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

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

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

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



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 قرار داده‌ایم:

- شاخص‌ها کاملاً مرتبط با مؤلفه‌ها باشند؛
- شاخص‌ها با استفاده از منابع معتبر و مصاحبه با خبرگان ایجاد شوند؛
- سعی شده است تا شاخص‌ها به صورت شاخص حسابی باشند یعنی به سادگی تعداد موارد و حوادث را بدون داشتن کسر مشخص کنند.

شاخص‌های نهایی ارزیابی در قالب مؤلفه‌ها و زیر مؤلفه‌های ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های جاده‌ای در جدول (۱۴) نشان داده شده است.

#### ۵- نتیجه‌گیری

شبکه جاده‌ای از جمله زیرساخت‌های بسیار مهم و حساس هر شهر و کشوری به حساب می‌آید. در طی بحران‌ها با بروز حملات و اختلال در شبکه جاده‌ای می‌توان بر وخامت اوضاع افزود. در نتیجه بر هر جامعه‌ای است که در راستای حفاظت و تاب‌آوری این زیرساخت اقدامات و منابعی را صرف کند. اگر در زمان 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

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 داده شده 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 قرار گرفته‌اند. همچنین زیر معیار شیب عرضی راه در رتبه آخر قرار گرفته است. شکل (۵) گویای این رتبه‌بندی است.

جدول (۱۳): رتبه‌بندی نهایی زیر معیارها

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

بود و در مرحله دوم با در نظر گرفتن روابط درونی مؤلفه‌ها که تفاوت محسوسی باهم داشتند و این نشان‌دهنده اهمیت توجه به تأثیرگذاری هر مؤلفه بر روی مؤلفه دیگری و همچنین تأثیر روی تاب‌آوری کل شبکه است.

پس از اولویت‌بندی مؤلفه‌ها بر اساس روابط درونی آن‌ها به مرحله‌ای می‌رسیم که باید برای هر مؤلفه بر اساس زیر مؤلفه‌های تعریف شده برای آن شاخص ارزیابی تعیین کنیم. تعیین شاخص ارزیابی برای مؤلفه‌ها از طریق مطالعات و مصاحبه با خبرگان انجام پذیرفت. شاخص‌های تعریف شده در جدول (۱۴) نشان داده شده است. در تعیین شاخص‌های ارزیابی به این توجه شده است که هر شاخص با مؤلفه همخوانی داشته باشد و به صورت کمی قابل بیان باشد.

در مرحله ارائه الگو باید به الگویی دست می‌یافتیم که هم بتواند میزان هر مؤلفه را در محور مواصلاتی بسنجد و هم تأثیر آن روی تاب‌آوری محور را نشان دهد. بنابراین علاوه بر وزن‌های استخراج شده از متد ANP، نوع تأثیر (مثبت / منفی) و همچنین تعداد هر داده را در منطقه‌ای که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، باید در نظر گرفت.

به دنبال خواهد داشت. متعاقب آن ضروری است که به شریان‌های جاده‌ای توجه ویژه‌ای داشت. مهم این است بتوان میزان آسیب‌پذیری و مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری شبکه جاده‌ای را شناسایی و در برطرف کردن نقاط ضعف به کاهش آسیب‌پذیری تاب‌آوری هر چه بیشتر شریان‌های جاده‌ای در بحران ناشی از حملات نظامی دست‌یافت. در همین راستا استخراج و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری در قالب الگویی کاربردی ارائه و اجرا گردید.

میانگین امتیازهایی که از خروجی نرم‌افزار SPSS بدست آمد برای تهدیدات نظامی بیشتر از دیگر تهدیدات بود و در نتیجه تهدیدات نظامی به عنوان تهدیدات مبنا انتخاب شدند. مؤلفه‌های 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 اولویت‌بندی که در جدول (۱۶) آورده شده است به عنوان مؤلفه‌های ارزیابی تاب‌آوری شریان‌های مواصلاتی جاده‌ای انتخاب شدند.

اولویت‌بندی مؤلفه‌ها به دو صورت انجام پذیرفت که در مرحله اول نسبت به هدف و بدون در نظر گرفتن روابط درونی مؤلفه‌ها

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	
		پیش‌بینی و مکانیابی صحیح واحدهای راهداری و راهسازی در نقاط بحرانی	موجود / ناموجود بودن چک‌لیست الزامات پدافند غیرعامل	
		مرکز	تعداد واحدهای راهداری و راهسازی	
۲	جمعیت	-	تعداد تردد در هر روز	
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	
شیب عرضی راه	فاصله از خطوط آبرسانی	انطباق / عدم انطباق شیب عرضی راه با استاندارد		

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

## ۶- مراجع

- [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] علی محمدی، کامبیز، پدافند غیر عامل 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، نکویی، 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 غیر عامل، هشتمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران، ۱۳۹۹.
- [۱۳] جمشیدی، زهرا، رادان، محمدیاسر، نکویی، محمدعلی، ملاحظات پدافند غیر عامل در طراحی پل های خاص به منظور تداوم خدمت رسانی در شرایط بحران، دوفصلنامه مدیریت بحران شماره ۱، دوره ۹، ۱۳۹۹.
- [۱] اسکندری، محمد، امیدوار، بابک. توکلی ثانی، محمد صادق. تحلیل خسارت شریان های حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی در اثر حملات هدفمند؛ دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۱۹، ویژه نامه پدافند غیر عامل، ۱۳۹۳.
- [۲] طاهری، قدرت اله، نقی پور، عبدالله، نقش پدافند غیر عامل 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 و نقل در ارتقاء عملکرد شریان های حیاتی کشور در راستای پدافند غیر عامل، اولین کنفرانس پدافند غیر عامل و سازه های مقاوم، ۱۳۸۹.
- [۶] میر صادقی، مسعود، مؤذن، فرید، غفار پور، رضا، بهبود تاب آوری شبکه قدرت در مواجهه با حملات متمرکز با استفاده از آنالیز پیشامد، فصلنامه علمی پژوهشی پدافند غیر عامل، سال سیزدهم، شماره ۳، ص ۱-۱۰، ۱۴۰۱.