

## بررسی آسیب پذیری بدنه شبکه های ارتباطی شهرها در برابر حملات هوایی با استفاده از روش IHWP و GIS (منطقه شش تهران)

کمال ترابی<sup>۱\*</sup>، عبدالحمید مهدی نژاد<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت تهران و ۲- پژوهشگر ارشد مجتمع آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

(دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۴، پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰۷)

### چکیده

امروزه با گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرها، وضعیت خطرناکی در صورت بروز حملات هوایی به وقوع می پیوندد. حملات هوایی به همراه عدم رعایت اصول پدافند غیرعامل منجر به از بین رفتن کارایی شبکه های ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت های مالی می شود. منطقه شش شهر تهران با حدود ۲۲۰ هزار نفر جمعیت در سال ۱۳۸۵ و ۲۰ کیلومتر مربع مساحت، از مهم ترین مناطق شهر تهران به شمار می آید. این محدوده به عنوان پایتختی برای پایتخت بوده و از این رو ارزیابی آسیب پذیری آن از اهمیت خاصی برخوردار است. در این پژوهش به وسیله شاخص های به دست آمده از نظر متخصصان پدافند غیرعامل و براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس در محیط GIS، آسیب پذیری بدنه شبکه های ارتباطی منطقه شش در مقابل حملات هوایی مشخص شده است. نتایج پژوهش نشان می دهد با حرکت از سمت شمال منطقه به جنوب و مرکز، به میزان آسیب پذیری خیابان ها افزوده می شود.

**کلیدواژه ها:** آسیب پذیری، حملات هوایی، شبکه های ارتباطی، IHWP، GIS.

## Investigating the Vulnerability of Street Networks Against Air Raids Using IHWP and GIS (6th Zone of Tehran)

K. Torabi\*, A. Mahdinezhad

Iran University of Science and Technology

(Received: 13/02/2012; Accepted: 25/02/2013)

### Abstract

Today, physical expansion and high density of great cities, due to narrow access roads, large distance from medical care centers and location at areas with high seismic risk, will lead to a perilous and unpredictable situation in case of the air raids. Occurrence of air raids to these cities, along with lack of attention to principles of passive defence will destroy the functionality of street networks and cause large amount of casualties and financial damages. Zone 6 of Tehran, with 220,000 population and 20 km<sup>2</sup> area, is one of the main municipal zones of Tehran. In this paper, vulnerability degree of street networks in zone 6 against the air raids is calculated through overlaying maps and data in combination with IHWP method and GIS. The results shown that moving on from north to south of the zone, the vulnerability increases. Likewise, highways and streets with substantial width and low building and population density hold little values of vulnerability.

**Keywords:** Vulnerability, Air Raids, Street Network, IHWP, GIS.

\* Corresponding Author E-mail: Torabi1984@gmail.com

## ۱. مقدمه

ارتباط معقول بین سلسله مراتب معابر شهری (دسترسی‌های محلی، جمع‌کننده و پخش‌کننده‌ها، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها) از تمام جهت‌های ورودی و خروجی شهرها به مراکز شهری بر کاهش میزان آسیب‌پذیری تأثیر به‌سزایی خواهد داشت. می‌توان بر اساس سلسله مراتب شبکه‌های معابر شهری، درجه آسیب‌پذیری آن‌ها را تشخیص داد و طبقه‌بندی نمود و اقدام به اصلاح و بازنگری در توسعه و یا احداث معابر جدید یا موجود بر اساس ملاحظات پدافند غیرعامل نمود [۵].

وجود کاربری‌های مهمی نظیر وزارتخانه‌ها، سفارتخانه‌ها، شرکت‌های بزرگ اقتصادی نشان‌دهنده اهمیت بالای منطقه شش تهران از دیدگاه شهری و کشوری است. خسارات وارده به این منطقه در صورت بروز حوادث احتمالی می‌تواند تبعات بسیار زیادی برای مدیریت شهری و حتی کشوری داشته باشد و زیان‌های اقتصادی، اجتماعی بی‌شماری را به شهروندان و مسئولین تحمیل می‌کند. مجموعه این عوامل علت انتخاب این منطقه به‌عنوان محدوده مطالعاتی شده است.

در این پژوهش، در ابتدا با توجه به مبانی نظری و ادبیات جهانی در حیطه پدافند غیرعامل، به تدوین معیارها و شاخص‌های لازم برای شناسایی معابر آسیب‌پذیر در برابر حملات هوایی و آسیب‌پذیری و نقش معابر در برابر آن پرداخته شده است. با توجه به معیارهای فوق و اطلاعات جمع‌آوری شده در بانک اطلاعاتی و با کمک قابلیت نرم‌افزار Arc GIS در زمینه روی هم‌گذاری لایه‌ها و تحلیل‌های دسترسی، نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش خسارت‌های حملات هوایی تحلیل شده است.

از آنجایی که در این پژوهش با ارائه اطلاعات به توصیفی از موضوع و وضعیت شبکه‌های ارتباطی و عوامل مؤثر آن پرداخته شده و پس از آن با استفاده از روش‌های مختلف به تجزیه و تحلیل اطلاعات گردآوری شده اقدام شده است از نظر ماهیت و روش، این تحقیق جزء دسته‌ی توصیفی - کمی و تحلیلی است.

تخمین قابلیت آسیب‌پذیری، توسط ابهامات و عدم قطعیت‌ها احاطه شده است؛ محاسبه میزان آسیب‌پذیری با استفاده از مدل بولین، به معیارهای آسیب‌پذیری اجازه عضویت به‌صورت یک طیف پیوسته را نمی‌دهد. به‌همین دلیل از مدل وزن‌دهی سلسله‌مراتبی معکوس<sup>۱</sup> که به اختصار IHWP نامیده می‌شود، استفاده شده است [۶]. این مدل ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است.

مهم‌ترین مزایای این مدل را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

۱- با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان تلفیق متغیرهای فراوانی جهت تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری فراهم می‌گردد.

جنگ یکی از عناصر پایدار تاریخ بشری است. به‌طوری‌که جامعه‌شناسان آن را به‌عنوان یک پدیده و واقعیت اجتماعی قلمداد نموده‌اند. انجام اقدامات پدافند غیرعامل در جنگ‌های نامتقارن امروزی در جهت مقابله با تهاجمات خصمانه و تقلیل خسارات ناشی از حملات هوایی، زمینی و دریایی کشور مهاجم، موضوعی بنیادی است که وسعت و گستره آن تمامی زیرساخت‌ها و مراکز حیاتی و حساس نظامی و غیرنظامی، سیاسی، ارتباطی، مواصلاتی نظیر بندر، فرودگاه‌ها و پل‌ها، زیرساخت‌های محصولات کلیدی نظیر پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، مجتمع‌های بزرگ صنعتی، مراکز هدایت و فرماندهی و جمعیت مردمی کشور را در بر می‌گیرد، تا حدی که حفظ امنیت ملی و اقتصادی، شکست ناپذیری در جنگ، به نحو چشمگیری وابسته به برنامه ریزی و ساماندهی همه جانبه در موضوع حیاتی پدافند غیرعامل می‌باشد [۱].

به‌کارگیری اقدامات پدافند غیرعامل، باعث ایجاد اهداف مستحکمی می‌گردد که انهدام آن‌ها، برای دشمن مشکل‌تر و پرهزینه‌تر خواهد بود. به‌علاوه پدافند غیرعامل به‌سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های تسلیحاتی و نیروی انسانی، افزایش آستانه مقاومت مردمی و تأثیر روحی و روانی مثبت در آن‌ها، کاهش آسیب‌پذیری و خسارات به تجهیزات و نیروی انسانی، مراکز حیاتی اقتصادی، ارتباطی، سیاسی و حفظ استمرار عملیات خدماتی آن‌ها قابل توجه بوده است که همه این موارد بر اهمیت آن به‌خصوص در شرایط جنگ‌های نابرابر تأکید می‌کند [۲].

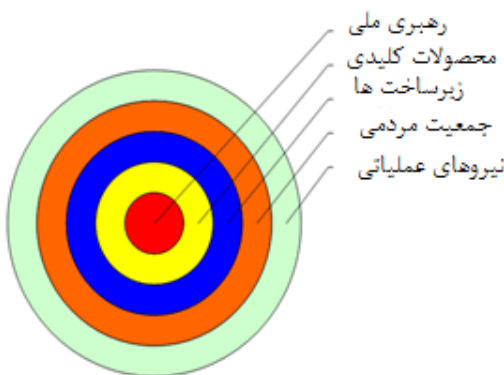
امروزه با گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ، در هنگام بمباران و حملات هوایی، شبکه‌های ارتباطی در صورتی که کم‌ترین آسیب را ببینند، باعث تسریع در تخلیه جمیت ساکن و امدادسانی به موقع می‌شود. اگر برنامه‌ریزی درست شبکه‌های ارتباطی در ساختار فضایی شهر رعایت نشود، این امر باعث تراکم بیش از حد برخی معابر و در نتیجه کندی در تخلیه و امدادسانی خواهد بود. پس از وقوع یک سانحه و در نخستین ساعات، یکی از مهم‌ترین مسائل پیش رو، اتخاذ روش‌هایی به منظور مهار سانحه یا جلوگیری از گسترش احتمالی آن و همچنین مسئله امداد و نجات مجروحین و صدمه دیدگان می‌باشد [۳].

شبکه‌های ارتباطی تأثیر مشابهی در میزان آسیب‌پذیری و یا مقاومت شهر در برابر حملات نظامی دارند. پل‌ها نیز، چه آنهایی که در مبادی شهر هستند و چه آنهایی که به‌صورت زیرگذر یا روگذر بر روی خیابان‌ها یا رودخانه‌ها سوارند، از اهمیت به‌سزایی برخوردارند و از بین بردن آن‌ها یعنی بستن هرگونه قدرت مانور یا عملکرد انتقالی نظامی، گاهی قطع یا وصل یک راه از خود هدف، اهمیت بیشتری دارد [۴].

تعدد مسیرهای دسترسی شهر، وجود چندین دسترسی شریانی اصلی مانند، آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها در مناطق ورودی و خروجی شهرها، تجهیزات جانبی مطلوب و مقاوم و هوشمند معابر، تناسب و

<sup>۱</sup> Inversion Hierarchical Weight Process

مشاور نظامی امنیت ملی آمریکا، سرهنگ هوایی، جان واردن<sup>۱</sup> در دهم اگوست ۱۹۹۱ نظریه خود را که به تئوری پنج حلقه "واردن" مشهور می‌باشد، به پنتاگون ارائه نمود که مورد قبول واقع شد (شکل ۱). تئوری یادشده بر این مبنا می‌باشد که مهم‌ترین وظیفه در طرح‌ریزی یک جنگ، شناسایی مراکز ثقل کشور مورد تهاجم بوده و چنانچه این مراکز با دقت لازم، شناسایی و مورد هدف قرار گیرند، کشور مورد تهاجم در اولین روزهای جنگ، طعم شکست نظامی را چشیده و در کوتاه‌ترین مدت به خواسته‌های کشور مهاجم تن در داده و تسلیم خواهد شد. این مدل در جنگ اول خلیج فارس، مناقشه کوزوو و جنگ اخیر علیه عراق به کار گرفته شده است. جنگ ۱۹۹۱ خلیج فارس موسوم به طوفان صحرا را باید به عنوان نقطه آغاز جنگ‌های نسل ششم تلقی نمود. سرهنگ واردن، دشمن را به عنوان یک سیستم یا ارگان پنداشته و بر این اساس آن را مشتمل بر پنج حلقه ارگانیک می‌داند. حلقه‌های واردن بنابر اهمیت از درون به بیرون گسترش یافته‌اند به گونه‌ای که مهم‌ترین حلقه، درونی‌ترین حلقه است که تحت حفاظت شدید حلقه‌های بیرونی قرار دارد [۱۱].



شکل ۱. مدل پنج حلقه واردن [۱۱]

در ارتباط با آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی شهرها در برابر تهدیدات انسانی و طبیعی، پژوهش‌های مختلفی انجام شده که در زیر به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود:

فرامرز داعی نژاد [۱۲]، قابلیت‌های عملکردی چندمنظوره در اراضی حاشیه بزرگراه‌های بسیج مستضعفین و آیت‌اله سعیدی تهران در زمان بحران را بررسی کرده است.

رجایی و نجیمی [۱۳]، خسارت‌های ناشی از صدمه به شریان‌های حیاتی بعد از وقوع زلزله و تأثیر خرابی شریان‌های حیاتی بر عملکرد یکدیگر را بررسی کرده‌اند.

در مبحث ۲۱ ساختمان نیز به این نکته اشاره شده که به دلیل رعایت نکردن مسائل فنی و مهندسی در ساخت، لحاظ نکردن معیارهای لازم در هنگام بحران و سوانح، عدم وجود فضای باز کافی، شبکه‌های ارتباطی ناکارآمد، قرارگیری در شیب‌ها و اراضی نامناسب، عوارض به‌وجود آمده از سوی تهدیدات، مضاعف می‌گردند.

۲- متغیرهای مختلف چندگانه بسته به اهمیت خود در دسته‌های متفاوت دسته‌بندی و سطح‌بندی می‌شوند.

۳- وزن هر متغیر بسته به اهمیت شاخص وزن‌گذاری می‌شود. یعنی عاملی همچون درجه محصوریت چند برابر قدمت ابنیه اهمیت پیدا می‌کند.

۴- متناسب با نوع بحران می‌توان از نقشه‌های مجزا و یا ترکیبی استفاده نمود. به این صورت که در هنگام وقوع بحران زلزله نقشه پهناوندی آسیب‌پذیری ملاک عمل قرار می‌گیرد [۶].

۵- داده‌ها و نقشه‌ها هم در محیط وکتوری و هم در محیط رستری قابل تحلیل هستند.

ملاحظات دفاعی و نظامی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در شکل‌گیری هر گونه سکونت‌گاه انسانی در طول تاریخ است. چنان که در ایران باستان، چین، روم باستان و یونان باستان، استحکامات پدافندی همانند دیوارهای دفاعی، سد و خندق جزء لاینفک سکونت‌گاه‌های بشری به ویژه شهرهای مهم و پر رونق بوده است [۷].

ساخت خانه‌های گروهی حصاردار با طرح و نقشه‌های گوناگون از ۳۰۰۰ سال پیش ساخته شده است. در شهرها از همان آغاز پیدایش باید به مسئله دفاع توجه می‌شد و به موازات تجمع مردم و ایجاد سازمان‌های شهری، مسئله دفاع نیز اهمیت بیشتری می‌یافت [۸]. می‌توان این‌گونه تصور کرد که منشأ شهرها به خاطر نیاز مردم به جمع شدن در کنار هم برای حفاظت از خود بوده است. زمانی که این تجمع در داخل یک قلعه نظامی نمود پیدا می‌کرد. تغییرات بعدی با مشخصه زندگی شهری به‌وقوع می‌پیوندند و شهرها ظاهر می‌شوند [۹]. بنابراین یکی از عوامل ایجاد پایتخت‌ها و شهرها در تمامی کشورهای جهان تا عصر حاضر را می‌توان در نظر داشتن عوامل پدافندی و نظامی دانست [۱۰].

عامل بعدی در پدافند غیرعامل شهری در ایران، تقسیم کار بین شهرها بود. به این گونه که به‌طور کلی دو نوع شهر ساخته می‌شد. نوع اول شهرهایی بودند که در درون کشور به‌منظور تولید ساخته می‌شدند. نوع دوم شهرهایی بودند که در نواحی مرزی و برای جلوگیری از ورود بیگانگان به کشور ساخته می‌شدند. این شهرها دارای استحکامات فوق‌العاده قوی و مؤثر بودند و توسط آن‌ها با نیروهای بیگانه‌ای که قصد ورود به کشور را داشتند می‌جنگیدند. در این شهرها نیروهای نظامی زیاد و تجهیزات فراوانی جلوگیری از ورود بیگانگان وجود داشت [۸].

ارائه تئوری پنج حلقه واردن نقطه عطفی در حملات هوایی است که در آن مراکز ثقل یک کشور به‌صورت سیستمی همانند اعضاء یک بدن قلمداد شده و در صورت انهدام در هر تهاجم، فلج شده و قادر به فعالیت و حیات نخواهد بود. قبل از ارایه این تئوری، حملات هوایی به عنوان پشتیبان نیروی زمینی مطرح بوده و بعد از آن نیروی هوایی آمریکا به عنوان مهم‌ترین و اولین نیروی ارتش این کشور معرفی شد.

<sup>1</sup> Jan Varden

به شبکه‌های (ارتباطی) از طریق روش‌های بهینه، مقایسه سناریوهای شکست برای پیدا کردن بهترین حالت ممکن شبکه پرداخته شده است [۱۹]. شناسایی موقعیت‌های حیاتی، رویکردی برای ارزیابی احتمالات مختلف تنزل شبکه در یک رویداد است [۱۸]. موقعیت‌های حیاتی یک ناحیه در یک شبکه به جایی گفته می‌شود که تنزل یا از کار افتادن شبکه، بیش‌ترین تأثیر را بر جریان دسترسی در شبکه داشته باشد [۱۷].

دو مفهوم که در آسیب‌پذیری شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد، افزونگی<sup>۳</sup> و انعطاف‌پذیری<sup>۴</sup> است. افزونگی در حالت کلی جایی است که در آن مسیرهای مختلفی بین مبدا و مقصد وجود دارد [۲۰]. افزونگی ممکن است هزینه زیادی در بر داشته باشد. ولی از دیدگاه ایمنی، مفر بیشتری را امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین وقتی راهی غیر قابل استفاده باشد، گزینه‌های مختلفی برای فرار وجود خواهد داشت.

رویکرد دیگر برای کاهش آسیب‌پذیری، محدود کردن مسیرهای دو راهی و ترکیبی در تخلیه است [۲۱]. این روش در شهرهایی با مساحت زیاد و گسترده کارایی ندارد. صدمات ناشی از جنگ عبارتند از: آسیب‌دیدگی و بروز انسداد در شبکه ارتباطی، آسیب‌زایی ثانویه تأسیسات و عناصر حساس مجاور بزرگراه‌ها، و گسترش زنجیرهای آسیب‌ها بر اثر اختلال‌های ترافیکی.

اصولاً در طراحی هماهنگ شهر، بزرگراه‌ها و فضاهای حاشیه آن‌ها با یکدیگر، به هر میزان که تمهیدات لازم برای ارتقای امکانات پیشگیری از صدمات احتمالی ناشی از جنگ بیشتر و آمادگی برای پاسخ‌گویی به شرایط اضطراری و نیازهای حیاتی آن بیشتر باشد، میزان آسیب‌پذیری در برابر حملات نظامی کمتر می‌شود. بنابراین در طراحی محیطی فضاهای حاشیه بزرگراه‌های شهری می‌بایست در راستای چندمنظوره سازی و ارتقای آمادگی‌ها در برابر شرایط جنگی باشد [۲۲].

ایران در زمره ۱۰ کشور اول بلاخیز جهان قرار دارد. از این رو در تمامی طرح‌های عمرانی آمادگی دائمی و طراحی مبتنی بر ایمنی در برابر بلایا اهمیت زیادی دارد. از مهم‌ترین علل تشدید صدمات پس از بلایا، مشکلات مربوط به قطع ارتباطات جاده‌ای است. حملات نظامی به مناطق شهری موجب بروز بحران در شبکه راه‌های شهری و تشدید آسیب‌های کالبدی و انسانی می‌شود.

### ۳. ارائه راهبرد مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس

#### ۳.۱. تعیین ماتریس داده‌ها

هر مسئله را بر اساس یک سری از معیارها می‌توان مورد ارزیابی قرار داد. معیارهای ارزیابی برای یک مسئله خاص ممکن است از طریق بررسی ادبیات مربوطه، مطالعات تحلیلی و پیمایش عقاید و آرای

آژانس مدیریت حوادث غیر مترقبه دولت فدرال آمریکا<sup>۱</sup>، در سلسله مطالعات مربوط به مدیریت ریسک<sup>۲</sup>، بر طراحی محل با هدف حفاظت از ساختمان‌ها در برابر مهاجمان دارای وسایل حامل مواد منفجره تمرکز کرده است [۱۴].

در پایان می‌توان گفت اکثر پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی مربوط به بحران‌های طبیعی بوده و خلاء مطالعات در تهدیدات انسانی وجود دارد.

### ۲. آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی

شهر شامل ساختار چند لایه شامل توزیع فعالیت‌های انسانی، امکانات و زیرساخت‌ها است. این امر باعث ایجاد تضاد در شهر می‌شود. حل این تضاد به عهده شبکه ارتباطی است. مردم ممکن است از یک بخش فاقد امکانات در شهر به یک بخش دارای تسهیلات و امکانات زندگی حرکت کنند. ولی در مواقع بروز بحران، شبکه ارتباطی باید قادر به ارائه حداقل سرویس برای حفظ ساکنین باشد. لازم است که شبکه ارتباطی طوری طراحی شود که ارتباط بین بخش‌های مختلف شهر حفظ و تقویت شود. در پژوهش‌های گذشته ارزیابی بزرگراه‌ها با استفاده از شاخص توپولوژی بوده و این عامل ارتباط بین بخش‌های جدا شده شهر در مواقع بحرانی بوده است. شبکه‌های ارتباطی شهری به‌طور معمول به مثابه اساس شبکه‌های ارتباطی، شامل ساختارهای فضایی شهرها است. خیابان‌ها برای مشخص کردن فعالیت‌های شهری، استفاده برای نام‌گذاری خیابان‌ها و مشخص کردن تقاطع‌ها و خیابان انجام می‌گیرد. شبکه ارتباطی همچنین در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری و برنامه ریزی رفت و آمد (ترافیک) کاربرد دارد [۱۵]. آسیب‌پذیری شبکه به ساختار فضایی شبکه پرداخته و در زمینه تخلیه عمومی کاربرد دارد تا قسمت‌هایی از ساختار شهری که آسیب پذیرند، مشخص شود. این آسیب‌پذیری مربوط به ساختار شبکه، طبیعت و ترافیک مربوط است [۱۶]. آسیب‌پذیری ساختار به شبکه ارتباطی، عوامل مرتبط با آن مانند توپولوژی و شکل هندسی آن مربوط است. طبیعت، محیط زیست و تأثیر آن به شبکه ارتباطی مربوط می‌شود و جریان رفت و آمد در شبکه به‌ویژه در ساعت اوج را شامل می‌شود. البته این عوامل دقیق، ولی کارایی تخلیه در این سه عبارت را به‌سختی می‌توان تخمین زد. طیف وسیعی از عوامل مختلف در تخلیه مؤثر هستند. شناختن ضعف، بحران و آسیب‌پذیری نواحی آسیب‌پذیر شبکه اهمیت زیادی دارد. به‌ویژه در نواحی که آسیب‌پذیری، کل شبکه را از کار می‌اندازد. با مطالعه شبکه می‌توان قسمت‌های آسیب‌پذیر در زمان تخلیه را مشخص کرد. در این میان سهولت دسترسی نقش حیاتی دارد [۱۷].

با این وجود در مورد آسیب‌پذیری شبکه دیدگاه‌های مختلفی بیان شده است. بسیاری از این دیدگاه‌ها به تخریب شبکه و یا نواحی که مستعد آسیب‌پذیری هستند، متمرکز شده است [۱۸].

<sup>۳</sup> Redundancy

<sup>۴</sup> Flexibility

<sup>۱</sup> Federal Emergency Management Agency

<sup>۲</sup> Risk Management Series

افراد حاصل شده باشد. در این پژوهش با توجه به ادبیات مطرح شده در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از زلزله و بررسی آراء صاحب‌نظران به وسیله معیارهای لازم جهت بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر حملات هوایی، به صورت زیر انتخاب شده است:

درجه اهمیت ساختمان: بسته به درجه اهمیت بناها، احتمال آسیب‌پذیری بیشتر و یا کمتر می‌شود. به همین خاطر کاربری‌های محدوده مورد مطالعه به پنج دسته "حیاتی، خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کاربری‌های کم خطر" در برابر حملات هوایی تقسیم شده‌اند. دسته‌بندی این شاخص با توجه به درجه‌بندی اهمیت ساختمان‌ها در مبحث ۲۱ بوده است. جزئیات این دسته‌بندی و اینکه کدام کاربری حیاتی و یا از سایر دسته بندی‌هاست، بر طبق مبحث ۲۱ و تهیه پرسش‌نامه توسط نگارندگان بوده است. این پرسش‌نامه‌ها در اختیار کارشناسان مختلف قرار گرفته و نظرات آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است (جدول ۱) [۲۳].

دسترسی به مراکز درمانی: دسترسی به مراکز درمانی که از طریق شبکه‌های ارتباطی انجام می‌شود، موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد، نجات و خدمات رسانی می‌شود. به این ترتیب با دور شدن از مراکز درمانی احتمال آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.

عرض راه‌ها: اهمیت این شاخص در هنگام گریز، پناه‌گیری، تخلیه و امدادسانی مطرح می‌شود. حجم بیشتری از بازماندگان و مجروحان توسط گروه‌های امدادگری می‌توانند منتقل شوند. هرچه عرض معابر بیشتر باشد، امکان ایجاد ترافیک عبوری نیز کم‌تر خواهد شد.

دسترسی به مراکز خدماتی: مثل شاخص قبلی، دسترسی به مراکز خدماتی اهمیت خاص خود را پس از حملات هوایی دارد. مراکز خدماتی با نظر کارشناسان انتخاب شده و شامل آتش‌نشانی، فضاهای ورزشی، فضاهای مذهبی و پارکینگ‌های عمومی است.

ارتفاع ساختمان‌ها: اگر افزایش ارتفاع ساختمان‌ها با اصول ایمنی همراه نباشد، آسیب‌پذیری را بالا خواهد برد. حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب صورت گیرد، به هنگام تخلیه، جستجو و نجات با سختی همراه است. بنابراین افزایش تعداد طبقات یک عامل منفی محسوب شده و آسیب‌پذیری را بالا می‌برد.

دسترسی به پناهگاه‌ها: دسترسی به پناهگاه‌ها و پناه گرفتن در آن‌ها اهمیت خاص خود را پیش از حملات هوایی بر عهده دارد. این شاخص ارتباط مستقیمی با حفظ جان انسان‌ها بر عهده داشته و مردم در حداقل زمان ممکن باید بتوانند در آن‌ها پناه گیرند. پناهگاه طبق نظر کارشناسان شامل مرکز آموزشی و آموزش عالی دولتی، فضاهای سبز، سینما، فرهنگسرا، کتابخانه‌های عمومی با مساحت بیش از ۱۰۰۰ متر، فضاهای ورزشی، ایستگاه‌های مترو، مراکز مذهبی و پارکینگ‌های عمومی می‌باشد.

### ۳-۲. روش دلفی جهت استنتاج فروض وزن‌دهی

روش دلفی توسط اولاف هلمر، نیکلاس ریسچر و نورمن دالکی در موسسه رند ابداع شد. این روش برای ارزیابی ظهور موضوعات جدید و مواردی که می‌توانند به صورت کاملاً خلاصه بیان شوند، قابل اجرائست. این امر بدین معناست که برای موضوعات پیچیده بهتر است روش‌هایی دیگر همانند سناریو به کار برود و باید در نظر داشت که نتایج دلفی تنها اجزاء اطلاعاتی منفردی عرضه می‌کنند [۱۳].

درجه محصوریت: شاخص بسیار مهم، با بالا رفتن درجه محصوریت (ارتفاع بیشتر ساختمان نسبت به عرض کم معبر) احتمال بسته شدن معابر افزایش می‌یابد زیرا ریختن آوار ساختمان‌ها بر خیابان‌ها و بسته شدن آن‌ها، عملیات امداد و نجات و پناه‌گیری سخت می‌شود.

روش اجرای دلفی شامل یک پیمایش دو یا چند دوری است که در دور اول نظرات کارشناسان خبره و اهل فن در زمینه مورد تحقیق دریافت می‌شود. این کارشناسان با توجه به ماهیت، عملکرد و اهمیت متغیرها، آن‌ها را به صورت زوجی مقایسه نموده و ارزش‌دهی می‌نمایند؛ به گونه‌ای که اهمیت دو یا چند برابری متغیر (x) نسبت به متغیرهای (z-y) و اهمیت متغیر (y) نسبت به (z) مشخص می‌شود. در دور دوم، نتایج دور اول در دسترس مشارکت‌کنندگان قرار می‌گیرد به طوری که آن‌ها بتوانند در صورت تمایل ارزیابی‌های اولیه خود را تعدیل کنند یا به نظرات قبلی خود مطالبی اضافه نمایند. هیچ کسی در این پیمایش بی‌اعتبار نمی‌شود؛ چون که پیمایش با استفاده از یک پرسش‌نامه و به صورت بی‌نام انجام می‌پذیرد [۲۴].

تراکم جمعیتی: مشخص‌کننده بار جمعیتی بر معابر در مواقع حملات هوایی می‌باشد و در نتیجه با بیشتر شدن تراکم جمعیتی، سرعت پناه‌گیری و خدمات رسانی و امداد پایین می‌آید و بالعکس.

تراکم ساختمانی: شاخص مهمی که با بیش‌تر شدن آن احتمال تخریب و آسیب‌پذیری بیش‌تر می‌شود.

کیفیت ابنیه: این شاخص تأثیر مهمی بر میزان آسیب‌پذیری ساختمان دارد. احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل حملات هوایی نسبت به ساختمان‌های مخروبه و تخریبی بیش‌تر است.

مصالح ابنیه: این شاخص تأثیر مهمی در چگونگی پایداری ساختمان‌ها بر عهده دارد. اسکلت‌های فلزی و بتن مسلح نسبت به بناهای خشتی و گلی مقاومت بیشتری داشته و حتی در صورت تخریب، آتش‌سوزی در آن‌ها کمتر است.

### ۳-۳. وزن‌دهی به داده‌ها بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس

وزن‌دهی داده‌ها بر اساس نوع داده به روش‌های زیر صورت گرفته است:

قدمت ابنیه: در عمل حتی اگر در یک ساختمان تمامی موازین

سپس شبکه اطلاعات<sup>۴</sup> آکس معابر ساخته شده و در مرحله بعد دستور نقاط مربوط به سه نقطه مربوط به مراکز درمانی، مراکز خدماتی و پناهگاهها به صورت جداگانه به محدوده خدمات رسانی<sup>۵</sup> در تحلیل شبکه بارگذاری شده و در ادامه در تنظیمات آنالیز<sup>۶</sup> برشهای<sup>۷</sup> مختلف وارد شده است.

محاسبه امتیاز لایه‌های انتخاب شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس به شکل روابط ریاضی زیر است [۲۵]:

$$X = \frac{D}{N} \quad (1)$$

دامنه طبقات متغیرها = X

تعداد طبقه = N

$$j = D - (N - i)X \quad (2)$$

امتیاز به دست آمده از مدل دلفی = D

وزن طبقات در مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس = j

رقم اختصاص داده شده برای دسته‌های مختلف هر شاخص = i

به‌عنوان مثال بر اساس روش دلفی درجه محصوریت رتبه دوم را در آسیب پذیری ناشی از حملات هوایی به خود اختصاص داده است که با توجه به شاخص‌های ۱۲ گانه اجتماعی معکوس رتبه ۱۱ را اخذ می‌کند. (البته با توجه به اینکه شاخص‌های با اهمیت مساوی نیز در پژوهش پیش‌رو وجود دارد، رتبه معکوس این شاخص ۶ می‌باشد.) نقشه و بانک اطلاعات درجه محصوریت در ۷ کلاس و در طیفی از کمتر از ۰/۳ (کلاس ۱) تا بیش‌تر از ۲ (کلاس ۷) طبقه بندی شده که کلاس ۱ حاکی از کمترین انسداد و کلاس ۷ حداکثر انسداد را نشان می‌دهد. با تقسیم وزن داده در مدل دلفی بر تعداد کلاس‌ها به هر کلاس معادل ۰/۸۶ اختصاص می‌یابد. بیش‌ترین وزن یعنی ۶ به بناهای دارای بیش‌ترین احتمال انسداد و کم‌ترین وزن یعنی ۰/۸۶ به واحد دارای کم‌ترین احتمال انسداد اختصاص می‌یابد. در جدول (۲) جزئیات وزن‌دهی شاخص‌ها به تفکیک نشان داده شده است.

#### ۳-۴. تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی منطقه

در این مرحله با استفاده از ابزار ماشین حساب رستر<sup>۸</sup> در حالت نقشه‌های رستری و با استفاده از ابزار ماشین حساب ستون<sup>۹</sup> در حالت حالت وکتوری (هم‌پوشانی ستون‌های امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده) با یکدیگر جمع شده‌اند. به این ترتیب مجموع ستون‌های مربوط به لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها در مورد هر یک از قطعات، امتیاز هر قطعه را از نظر آسیب‌پذیری نسبت به سایر قطعات مشخص می‌کند.

داده‌های اسمی مانند کیفیت بناها، مصالح و داده‌های تربیتی مانند درجه اهمیت ساختمان‌ها، قدمت بناها براساس نوع آن‌ها، به داده‌های فاصله‌ای تبدیل شده است. داده‌های نسبی یا نسبتی گسسته مانند درجه محصوریت، عرض راه و ارتفاع ساختمان‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> و با استفاده از برش طبیعی<sup>۲</sup> در دسته‌بندی داده‌ها، طبق نظرات کارشناسان و دسته بندی مبحث ۲۱ (در مورد تعداد طبقات و ارتفاع ساختمان‌ها) در کلاس‌های مختلف دسته‌بندی شده‌اند. داده‌های نسبی یا نسبتی پیوسته مانند دسترسی به مراکز درمانی، خدماتی و پناهگاه‌ها ابتدا در محیط GIS تبدیل به نقطه شدند تا در محیط آنالیز شبکه<sup>۳</sup> مورد استفاده باشند.

جدول ۱. درجه اهمیت ساختمان‌ها

نوع	مثال
۱ (حیاتی)	مراکز آتش نشانی، بانک‌های کلیدی، پمپ بنزین، تاسیسات آب، برق و گاز و پست در مقیاس شهر و بالاتر، بیمارستان‌ها، ساختمان پزشکان و درمانگاه‌های کلیدی، مراکز نظامی سپاه پاسداران، وزارتخانه‌ها
۲ (خیلی زیاد)	ساختمان‌های مسکونی بالای ۱۰ طبقه، ایستگاه مترو، بانک‌های مهم، مراکز اداری خیلی مهم، خدمات فنی و مهندسی مهم، بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های مهم، ساختمان‌های سپاه، سینماهای مهم، مراکز تجاری مهم، مراکز مذهبی مهم، مراکز انتظامی مهم، هتل‌های مهم
۳ (زیاد)	ساختمان‌های مسکونی ۶ تا ۱۰ طبقه، مراکز اداری مهم، مراکز نظامی نسبتاً مهم، آژانس‌های هواپیمایی مهم، انبارهای مهم، بازار روز، بانک‌های مهم، پارکینگ عمومی و پایانه‌های مهم، تاسیسات آب، برق و گاز و پست در مقیاس محلات، مراکز اداری، مراکز درمانی، دانشگاه‌های دولتی مهم، مراکز نظامی، سینما و فرهنگسراهای مهم، مراکز مذهبی، مجتمع‌های تجاری، کارگاه‌ها، نیروی انتظامی و موزه در مقیاس ناحیه شهری و بالاتر.
۴ (متوسط)	ساختمان‌های مسکونی ۳ تا ۵ طبقه، آژانس هواپیمایی، باشگاه بدن‌سازی، پارکینگ عمومی، پانسیون، رستوران‌ها، تولیدی پوشاک، مراکز آموزشی دولتی، تعمیرگاه اتومبیل، عکاسی، مراکز مذهبی محلی، خدمات فنی و مهندسی محلی، مراکز درمانی در مقیاس ناحیه شهری، دانشگاه‌های دولتی، دفاتر محلی سپاه، شرکت حمل و نقل، فرهنگ‌سرا، کتابخانه عمومی، فروشگاه‌های لوزم خانگی، مجموعه ورزشی، مراکز تحقیقاتی کوچک، مراکز تجاری خرد، هتل‌های کوچک، شعبه‌های مهم دانشگاه آزاد و سایر خدمات در مقیاس ناحیه شهری
۵ (کم)	ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۲ طبقه، زمین‌های بایر، دانشگاه آزاد، استخر، باشگاه بدن‌سازی و رزمی، فضاهای سبز و پارک‌ها، رستوران‌ها، مراکز آموزشی دولتی با مساحت کم و غیر انتفاعی، حمام، داروخانه‌های کوچک، سینما و فرهنگسراهای کوچک، سفارتخانه‌ها، مجموعه‌های ورزشی، مراکز مذهبی در مقیاس محله، مراکز تجاری در مقیاس محله، هتل‌ها و مسافرخانه‌های کوچک و کلیه خدمات در مقیاس محله شهری

<sup>4</sup> Network Dataset

<sup>5</sup> Service Area

<sup>6</sup> Analysis Setting

<sup>7</sup> Break

<sup>8</sup> Raster Calculator

<sup>9</sup> Field Calculator

<sup>1</sup> Geographic Information System

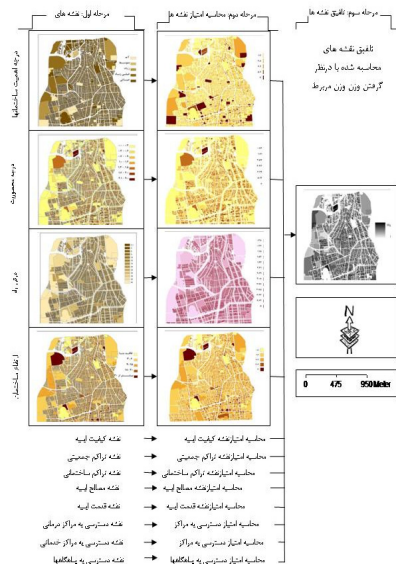
<sup>2</sup> Natural Breaks

<sup>3</sup> Network Analyst

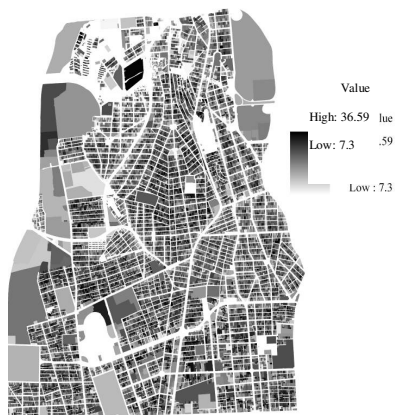
نبود تقاطع‌های غیرهم‌سطح باعث شده در وضعیت خوبی قرار نداشته باشد. آسیب‌پذیری خیابان کارگر بعد از بزرگراه جلال آل احمد در بدنه شرقی آن مشهود است. علت این امر استقرار کاربری‌های کم تراکم در بدنه غربی و عکس آن در بدنه شرقی است.

وجود کاربری‌های با مساحت زیاد، تراکم جمعیتی و ساختمانی کم، درجه محصوریت کمتر در بدنه بزرگراه‌ها باعث امتیاز پایین از نظر آسیب‌پذیری و در نتیجه وضعیت بهتر آن‌ها شده است.

این بزرگراه‌ها نقش حیاتی را به‌عنوان شریان حیاتی در مواقع بعد از حملات هوایی بازی خواهند کرد و آن‌ها در این امر کمک زیادی در امر امداد رسانی بازی خواهند کرد. تونل رسالت در شمال منطقه هرچند مشکل ترافیکی محدوده خود را تا حدودی حل کرده ولی نبودن یک خیابان افقی در این محدوده مشکل دسترسی به مراکز امدادی و فضاهای خالی را به‌وجود آورده است. شکل (۲) مراحل ایجاد نقشه آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد:



شکل ۲. مراحل مدل‌سازی آسیب‌پذیری بدنه شبکه‌های ارتباطی منطقه ۶ شهرداری تهران در برابر حملات هوایی



شکل ۳. آسیب‌پذیری بدنه شبکه‌های ارتباطی منطقه ۶ شهرداری تهران در برابر حملات هوایی

در مرحله بعد نقشه نهایی از نظر آسیب‌پذیری در مقابل حملات هوایی فراهم شده است. طبق محاسبات انجام شده، حداکثر امتیاز آسیب‌پذیری یک مکان در بدترین شرایط از نظر تمامی عوامل ۴۸ (تمامی امتیازات ممکن) و حداقل امتیاز یک مکان در بهترین شرایط نیز می‌تواند صفر باشد. اما احتمال جمع شدن تمامی شرایط در یک مکان بسیار کم است؛ به‌همین خاطر حداکثر امتیاز کسب شده (آسیب‌پذیرترین) در منطقه شش معادل ۳۶/۵۹ و حداقل امتیاز (ایمن‌ترین مکان) نیز ۷/۳ بوده است. شکل (۲) مراحل ایجاد نقشه آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد و در ادامه شکل (۳) نقشه نهایی آسیب‌پذیری منطقه ۶ می‌باشد.

معايير موجود در شمال منطقه نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری به‌نسبت کمتری هستند. با حرکت از سمت شمال به جنوب منطقه، بر میزان آسیب‌پذیری افزوده می‌شود. زیرا شمال منطقه نسبت به جنوب آن دارای معابر با عرض کافی، ساختمان‌های مقاوم و با قدمت کم می‌باشد. تراکم کاربری‌های فرامنطقه‌ای در جنوب منطقه مانند دانشگاه‌های تهران، امیرکبیر، وزارتخانه‌ها و کاربری‌های جاذب ترافیک تجاری به‌ویژه در بدنه خیابان‌های انقلاب و ولیعصر، باعث شده که جنوب منطقه در وضعیت آسیب‌پذیری بالایی قرار داشته باشد. همچنین خیابان کارگر به علت داشتن عرض کم و در انتها به بن بست رسیدن آن، تعدد تقاطع‌های چراغ دار و نبود تقاطع‌های غیرهم‌سطح باعث شده در وضعیت خوبی قرار نداشته باشد. آسیب‌پذیری خیابان کارگر بعد از بزرگراه جلال آل احمد در بدنه شرقی آن مشهود است. علت این امر استقرار کاربری‌های کم تراکم در بدنه غربی و عکس آن در بدنه شرقی است.

وجود کاربری‌های با مساحت زیاد، تراکم جمعیتی و ساختمانی کم، درجه محصوریت کمتر در بدنه بزرگراه‌ها باعث امتیاز پایین از نظر آسیب‌پذیری و در نتیجه وضعیت بهتر آن‌ها شده است.

این بزرگراه‌ها نقش حیاتی را به‌عنوان شریان حیاتی در مواقع بعد از حملات هوایی بازی خواهند کرد و آن‌ها در این امر کمک زیادی در امر امداد رسانی بازی خواهند کرد. تونل رسالت در شمال منطقه هرچند مشکل ترافیکی محدوده خود را تا حدودی حل کرده ولی نبودن یک خیابان افقی در این محدوده مشکل دسترسی به مراکز امدادی و فضاهای خالی را به‌وجود آورده است.

معايير موجود در شمال منطقه نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری به‌نسبت کمتری هستند. با حرکت از سمت شمال به جنوب منطقه، بر میزان آسیب‌پذیری افزوده می‌شود. زیرا شمال منطقه نسبت به جنوب آن دارای معابر با عرض کافی، ساختمان‌های مقاوم و با قدمت کم می‌باشد. تراکم کاربری‌های فرامنطقه‌ای در جنوب منطقه مانند دانشگاه‌های تهران، امیرکبیر، وزارتخانه‌ها و کاربری‌های جاذب ترافیک تجاری به‌ویژه در بدنه خیابان‌های انقلاب و ولیعصر، باعث شده که جنوب منطقه در وضعیت آسیب‌پذیری بالایی قرار داشته باشد. همچنین خیابان کارگر به علت داشتن عرض کم و در انتها به بن بست رسیدن آن، تعدد تقاطع‌های چراغ دار و

## جدول ۲. طبقه‌بندی شاخص‌ها برای تعیین آسیب‌پذیری در برابر حملات هوایی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس همراه با جزئیات وزن‌دهی

شاخص	میانگین و رتبه بر اساس روش دلفی		رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه
	میانگین	رتبه																	
درجه اهمیت ساختمان	۸/۷	۱	۱	۱/۴۰	۵	۷	۷	۱/۴۰	۵	۷	۷	۱/۴۰	۵	۷	۷	۱/۴۰	۵	۷	۷
عرض راه	۷/۲	۳	۳	۰/۳۸	۱۳	۵	۵	۰/۳۸	۱۳	۵	۵	۰/۳۸	۱۳	۵	۵	۰/۳۸	۱۳	۵	۵
ارتفاع ساختمان	۶/۸	۴	۴	۰/۸۰	۵	۴	۴	۰/۸۰	۵	۴	۴	۰/۸۰	۵	۴	۴	۰/۸۰	۵	۴	۴
درجه محصوریت	۷/۸	۲	۲	۰/۸۶	۷	۶	۶	۰/۸۶	۷	۶	۶	۰/۸۶	۷	۶	۶	۰/۸۶	۷	۶	۶
تراکم جمعیتی	۶/۵	۵	۵	۰/۴۳	۷	۳	۳	۰/۴۳	۷	۳	۳	۰/۴۳	۷	۳	۳	۰/۴۳	۷	۳	۳
تراکم ساختمانی	۶/۲	۶	۶	۰/۲۵	۸	۲	۲	۰/۲۵	۸	۲	۲	۰/۲۵	۸	۲	۲	۰/۲۵	۸	۲	۲
کیفیت ابنیه	۶/۲	۶	۶	۰/۴۰	۵	۲	۲	۰/۴۰	۵	۲	۲	۰/۴۰	۵	۲	۲	۰/۴۰	۵	۲	۲
مصالح ابنیه	۶/۵	۵	۵	۰/۵۰	۶	۳	۳	۰/۵۰	۶	۳	۳	۰/۵۰	۶	۳	۳	۰/۵۰	۶	۳	۳
قدمت ابنیه	۵/۶	۷	۷	۰/۲۰	۵	۱	۱	۰/۲۰	۵	۱	۱	۰/۲۰	۵	۱	۱	۰/۲۰	۵	۱	۱
دسترسی به مراکز درمانی	۷/۳	۳	۳	۰/۴۵	۱۱	۵	۵	۰/۴۵	۱۱	۵	۵	۰/۴۵	۱۱	۵	۵	۰/۴۵	۱۱	۵	۵
دسترسی به مراکز خدماتی	۷/۳	۳	۳	۰/۶۳	۸	۵	۵	۰/۶۳	۸	۵	۵	۰/۶۳	۸	۵	۵	۰/۶۳	۸	۵	۵
دسترسی به پناهگاه‌ها	۷/۳	۳	۳	۱/۰۰	۵	۵	۵	۱/۰۰	۵	۵	۵	۱/۰۰	۵	۵	۵	۱/۰۰	۵	۵	۵

## ۴. نتیجه‌گیری

دیگر، حالت جزیره‌ای و دور افتادگی نداشته و با توجه مشخص بودن نقش آن در شبکه، امکان امداد رسانی تسهیل خواهد شد. شبکه‌های ارتباطی موجود در منطقه شش واجد سلسله مراتب بوده و این نکته از خصوصیات مثبت معابر منطقه شش است. البته خیابان‌های کارگر در انتهای شمالی خود به بن‌بست می‌خورد و باعث به‌وجود آمدن حالت مسدودیت در آن می‌شود. از مشکلات قابل ذکر در رابطه با سلسله مراتبی معابر در منطقه می‌توان به مرتبط نبودن خیابان‌های با عرض‌های مختلف به یکدیگر، نبودن یک مسیر افقی در شمال منطقه برای پیوستگی معابر اشاره کرد.

وقتی درجه محصوریت از ۱ بیش‌تر می‌شود، احتمال بسته شدن خیابان مرتبط به دلیل ریزش آوار افزایش می‌یابد. این امر باعث بیش‌تر شدن زمان امداد و نجات و افزایش تعداد قربانیان می‌شود. درجه محصوریت در بافت جنوبی منطقه به دلیل نقش تجاری و اداری آن بیش‌تر شده و فقط بزرگراه‌ها و خیابان‌های انقلاب و بلوار کشاورز از این منظر وضعیت خوبی دارند. همچنین در سمت شمال منطقه به غیر از برج تهران در کنار بزرگراه کردستان و خیابان اسدآبادی و خیابان‌هایی که به‌طور موازی در نزدیک این خیابان هستند، بقیه خیابان‌ها نیز دارای محصوریت کم‌تری هستند.

قرار نگرفتن اکثر بیمارستان‌ها و مراکز امدادی در کنار معابر اصلی، دسترسی به این مراکز را در مواقع پس از حملات هوایی سخت کرده است. از بزرگراه رسالت و حکیم به بالا از شدت آسیب‌پذیری منطقه کاسته می‌شود. وجود دو پارک بزرگ لاله و ساعی راه مفر و پناه‌گیری خوبی را برای محدوده‌های اطراف خود فراهم کرده است. فشردگی بافت، کمبود فضاهای باز و بالا بودن تراکم ساختمانی در پهنه جنوبی منطقه، آسیب‌پذیری آن را تشدید می‌کند. علاوه بر بزرگراه‌های موجود در مرزهای منطقه، بزرگراه‌های کردستان، شهید حکیم، شهید گمنام و بلوار کشاورز از مسیرهای مهم و تقریباً کم آسیب‌پذیر منطقه هستند.

شبکه‌های ارتباطی محلی است که عملیات امداد رسانی، امداد و پناه‌گیری به‌وسیله آن صورت می‌گیرد. اگر شبکه‌های ارتباطی بتواند نقش خود را به خوبی انجام دهد، آمار تلفات و خسارت‌های جانی و اقتصادی نیز در شهرها کاهش خواهد یافت. در واقع مسیری می‌تواند در امر امداد رسانی و پناه مؤثر باشد که خود کم‌ترین آسیب را ببیند. داشتن درجه محصوریت کمتر، نزدیکی به مراکز امدادی و خدماتی، داشتن سلسله مراتب و جزیره‌ای نبودن، نداشتن مشکل ترافیک و ایمن بودن، دارا بودن بدنه مقاوم و تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی کمتر و آسیب ندیدن کاربری‌های بدنه از ویژگی‌های شبکه‌های ارتباطی کارا در کاهش خسارت‌های ناشی از حملات هوایی است.

بدنه شبکه‌های ارتباطی شمال منطقه شش به دلیل داشتن تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی پایین و نوساز بودن از نظر آسیب‌پذیری در وضعیت بهتری هستند. همچنین این خیابان‌ها دارای درجه محصوریت پایین بوده و به دلیل ایمنی شبکه و رعایت سلسله مراتب، دارای دسترسی بهتری به مراکز امدادی هستند. آسیب‌پذیری بدنه مسیرها از بزرگراه شهید گمنام به پایین افزایش یافته و در جنوب و مرکز ثقل منطقه به اوج خود می‌رسد. به این ترتیب شبکه‌های ارتباطی موجود در جنوب و مرکز در مواقع حملات هوایی از ایفای نقش خود عاجز خواهد بود. بزرگراه‌های موجود در داخل و یا مرز منطقه به علت داشتن ایمنی، سرعت، تعداد تقاطع‌های کمتر، کیفیت خوب بدنه، درجه محصوریت پایین و تراکم جمعیتی کمتر در وضعیت آسیب‌پذیری کم و متوسط قرار گرفته‌اند. خیابان‌های با طول بیشتر و ایمنی کمتر مانند کارگر و ولیعصر تا قسمت‌های مرکزی منطقه از آسیب‌پذیرترین خیابان‌های منطقه هستند.

سلسله مراتبی شبکه‌های ارتباطی مثل شاخ و برگ‌های یک درخت از بالاترین سطح (بزرگراه یا اتوبان شهری) شروع شده و به پایین‌ترین سطح (دسترسی پیاده و دوچرخه) می‌رسد. مسیری که در سلسله مراتبی از شبکه قرار گیرد، به علت داشتن ارتباط با مسیرهای



## ۵. مراجع

- [15] Huang, Z. "Data Integration for Urban Transport Planning"; Int. Institute for Geo-Information Sci. and Earth Observation (ITC), The Netherlands, 2003.
- [16] Husdal, J. "Transport Network Vulnerability: Which Terminology and Metrics Should We Use?"; The NECTAR Cluster 1 Seminar, Norway, 2006, 1-9.
- [17] Holly, M.; Lea, Sh. "Estimating Evaluation Vulnerability of Urban Transportation Systems Using GIS"; A Thesis Submitted to the Department of Geography in Conformity with the Requirements for the Degree of Master of Arts, Queen's Univ. Kingston, Ontario, Canada, 2008.
- [18] Shen, W.; Nie, Y.; Zhang, H. "A Dynamic Network Simplex Method for Designing Emergency Evacuation Plans"; Transportation Research Board, TRB 2007 Annual Meeting, Paper: 07-2419, 2007, 1-25.
- [19] Taylor, M.; Sekhar, S.; D'Este, G. "Application of Accessibility Based Methods for Vulnerability Analysis of Strategic Road Networks"; Network Spatial Economy, 2006, 6, 267-291.
- [20] Sohn, J. "Evaluating the Significance of Highway Network Links Under the Flood Damage: An Accessibility Approach"; Transportation Research Part A, 2006, 40, 491-506.
- [21] Cova, T.; Johnson, J. "A Network Flow Model for Lane-Based Evacuation Routing"; Transportation Research Part A, 2003, 37, 579-604.
- [22] Dai-Nejad, F. "Multi-Functional Capabilities in the Areas of Urban Highway in Times of Crisis (Sample: Mobilize the Deprived and Highways Ayatollah Saeedi)"; The First Scientific Conf. - Urban Research and Architecture Passive Defence Approach, Malek Ashtar Univ., 2011 (In Persian).
- [23] Habibi, K.; PourAhmad, A.; Meshkini, A.; Asgari, A.; NazariAdlei, S. "Structural Factors/Efficient Building in the Ancient City of Zanjan Affected Tissues Using GIS & FUZZY LOGIC"; Fine Art Bulletin, 2007, 33, 36-27 (In Persian).
- [24] Habibi, K. "Application of GIS Projects in Urban Renewal and Repair of Old Tissues"; Construction and Urban Organization Tehran, 2010 (In Persian).
- [25] Torabi, K. "Investigating the Role of Street Networks on Mitigating Earthquake's Effects- Case Study: 6th Zone of Tehran, Emphasizing on District1"; A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Urban & Regional Planning; Univ. of Sci. and Tech., 2009 (In Persian).
- [1] "Khatamolanbia Air Base Defense"; Passive Defense, Issue Number One, Summer, 2001 (In Persian).
- [2] Hosseini, B.; Sargolzaee, S. "Investigate How to Improve the Quality of Urban Elements Passive Defence Approach"; The First Scientific Conf.-Urban Research and Architecture Passive Defence Approach, Malek Ashtar Univ. 2012 (In Persian).
- [3] "Planning and Architecture Research Center of Iran, Tehran Urban Collection"; Transportation and Traffic Studies, 2010 (In Persian).
- [4] "Khatamolanbia Air Defence"; Architecture and Urban Design In Iran Issue Number One, Summer, 2001 (In Persian).
- [5] Eshgabadi, F. "Analysis of Urban Planning Perspective"; The First Scientific Conf. - Urban Research and Architecture Passive Defence Approach Malek Ashtar Univ., 2012 (In Persian).
- [6] Habibi, K. "Evaluation of Physical Development Policies, Rehabilitation and Reconstruction of Old Urban Tissues Using GIS"; Tehran Univ. 2007 (In Persian).
- [7] Hosseini, B. "Passive Defence Measures in Public Buildings, Urban Design"; Architecture, Abed, Tehran, First Ed., 2010 (In Persian).
- [8] Maleki, S.; Ahmadi, R. "Role of Passive Defence in the Cities of Ancient Persia"; The First Scientific Conf. - Urban Research and Architecture Passive Defence Approach, Malek Ashtar Univ. 2012 (In Persian).
- [9] Kazemi, M. M.; Badri, A. "Urban and Rural Geography"; Payam Noor Univ. Press, Second Ed. 2005 (In Persian).
- [10] Dietrich, H., Translator Keramat, A. "City of Iran, Volume II, Efforts Mohammad Yousef Kiani"; Tehran Univ., 1991 (In Persian).
- [11] Setare, A. A.; Zanganeh, S.; Hussein, A. "Spatial Planning and the Built Terms of Passive Defense"; Malek Ashtar Univ., 2010 (In Persian).
- [12] Dai-Nejad, F. "Principles and Guidelines for the Design and Furnishing of Residential Open Space for Passive Defence"; Building and Housing Research Center, Tehran, 2011 (In Persian).
- [13] Rajaie, H.; Varzaneh Najim, M. "Assess Damage from the Earthquake Damage and Impact Damage Lifeline after each Performance"; The First Scientific Conf. - Research and Rescue Management, Academic Institution, Tehran, 2003 (In Persian).
- [14] FEMA 430 "Guidelines Dealing with Potential Terrorist Attacks"; 2007.