

## مکان یابی مراکز امداد رسانی (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاری AHP\*

دکتر اسفندیار زبردست\*\* - عسل محمدی\*\*\*

۸۳/۱۰/۵

تاریخ دریافت مقاله:

۸۴/۲/۲

تاریخ پذیرش نهایی:

### چکیده:

مقاله حاضر با هدف مکان یابی مراکز امداد رسانی (جهت انجام عملیات نجات در شرایط وقوع زلزله) به مطالعه موردی یکی از مناطق پر تراکم و مرکزی شهر تهران (منطقه ۱۱) و میزان آسیب پذیری آن در مقابل زلزله احتمالی می پردازد. به همین منظور با تدوین معیارهایی که متأثر از شرایط طبیعی و کالبدی محدوده مورد نظر می باشند و با به کارگیری سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه های امکانات و عوامل محدود کننده منطقه با یکدیگر ترکیب شده و بدین ترتیب سایت های مورد نظر جهت استقرار مراکز امداد تعیین می شوند پس از آن جهت مشخص کردن بهترین سایت از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که خود نیازمند به کارگیری معیارهای دیگری می باشد، به منظور تصمیم گیری نهایی استفاده می شود.

مقاله پیش روی در صدد ارائه سیستمی منعطف، ساده، منطقی و قوی جهت مکان یابی مراکز امداد برای شهرهایی

با ویژگی های متفاوت می باشد.

### واژه های کلیدی:

مکان یابی، مراکز امداد، ارزیابی چندمعیاری، زلزله، بحران.

\* این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم عسل محمدی است که به راهنمایی دکتر اسفندیار زبردست در بهار ۱۳۸۲ در دانشکده هنرهای زیبای دانشگاه تهران از آن دفاع شده است.

E-mail: zebardst@ut.ac.ir

\*\* دانشیار گروه آموزشی شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

E-mail: asalmohamadi@hotmail.com

\*\*\* کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری.

## ۱- مقدمه

صورت خواهد گرفت عملیات نجات و امداد می باشد. زیرا عدم یاری رسانی به موقع موجب افزایش قابل توجه قربانیان خواهد شد. ضمن اینکه علاوه بر آثار اولیه زلزله که همان ریزش ساختمان‌ها می باشد، خسارات و تلفات جانی و مالی ناشی از آثار بعدی زلزله - شکسته شدن لوله های گاز، آتش سوزی، صدمه دیدن زیرساخت های شهری و مانند آن - قابل ملاحظه خواهد بود. در شرایطی که چنین حوادثی در شهری با ابعاد و گستردگی شهر بم با بیش از ۲۵ هزار نفر کشته، ۳۰ هزار نفر مجروح و ۸۵ درصد ویرانی شهر به عنوان فاجعه ای کم نظیر و با بازتاب های وسیع بین المللی رقم خورد، بحران ناشی از وقوع زلزله ای شدید در تهران خارج از قوه تصور می باشد.

مقاله حاضر سعی در پرداختن به مسئله مکان یابی محلی مناسب جهت استقرار تیم های تخصصی امدادرسانی دارد، به طوری که در صورت وقوع حادثه این گروه ها قادر باشند خود را در سریع ترین زمان ممکن برای نجات حادثه دیدگان برسانند. بنابراین پاسخگویی به سوالات زیر اهداف مشخص این مقاله می باشد:

۱. چه معیارهایی برای انتخاب مکان های مناسب جهت استقرار مراکز امدادرسانی مهم هستند؟

۲. چگونه می توان با تلفیق و ترکیب این معیارها سایت های مناسب را مکان یابی کرده و از بین این سایت ها، مطلوب ترین آنها را برگزید؟

به منظور ارائه نظام کلی مکان یابی اینگونه مراکز، منطقه ۱ تهران به عنوان نمونه موردی انتخاب شده تا مکان گزینی مورد نظر در سطح این منطقه صورت گیرد. با توجه به آسیب پذیری اغلب شهرهای کشور در برابر خطرات ناشی از زلزله و سایر سوانح طبیعی تلاش می شود نتایج بدست آمده در قالب کلی سیستم ارائه شوند تا روش بدست آمده قابلیت تعمیم به دیگر مناطق شهر و حتی دیگر شهرهای کشور را داشته باشد.

در دهه ای که گذشت بیش از ۲۰۰ میلیون نفر در سال به علت بلایای طبیعی دچار صدمات جانی و مالی شده اند، به طوری که این رقم هفت برابر تعداد کسانی است که متحمل آثار جانبی ناشی از جنگ شده اند. عوامل متعددی همچون کاربری نامناسب اراضی، ساخت و طراحی نامناسب ساختمان ها و زیرساخت های شهری موجب افزایش ریسک خطر سکونتگاه های انسانی شده است (Habitat, 2003)<sup>۱</sup> در این رابطه با توجه به وضعیت کشور ایران و قرارگیری آن در یکی از زلزله خیزترین نقاط جهان که منجر به رویارویی مداوم این کشور با پدیده طبیعی زلزله شده، شایسته است همواره تلاش هایی جهت دستیابی عملی به روش ها و راهکارهایی منسجم جهت مقابله و برخوردی منطقی و به حداقل رساندن ابعاد فاجعه آمیز چنین رخدادی صورت گیرد. در میان شهرهای بزرگ دنیا که مورد تهدید خطر زلزله قرار دارند، نام شهر تهران نیز به چشم می خورد. از آنجا که شهر تهران نه فقط به عنوان پایتخت ایران، بلکه یکی از چند قطب محدود توسعه و مهم ترین آنها به شمار می آید، لذا سرنوشت و فرجام آن در پس هر حادثه طبیعی و غیرطبیعی بر سرنوشت کل کشور شدیداً اثر گذار است. در اینجاست که اهمیت اعمال یک برنامه ریزی دقیق و حساب شده جهت مهار و کنترل عواقب ناشی از چنین بحرانی آشکار می گردد. برنامه ریزی یاد شده باید حداقل در دو سطح کوتاه مدت و بلندمدت صورت گیرد. برنامه ریزی بلندمدت می تواند اهدافی چون آموزش همگانی، نظارت و کنترل شدید دولت بر ساخت و سازها، بازنگری در طرح های توسعه شهری و مانند آن را مدنظر قرار دهد؛ اما در برنامه ریزی کوتاه مدت با توجه به اینکه زمان وقوع زلزله به هیچ وجه مشخص نیست، پیش بینی های همه جانبه جهت آماده بودن جامعه در لحظه وقوع به ویژه در مورد خاص تهران، می بایست در اولویت قرار بگیرد. فوت وقت در چنین برنامه ریزی به هیچ عنوان منطقی و به صرفه نمی باشد. بنابراین دولت و مسئولین از هم اکنون باید در این اندیشه باشند که اگر تا لحظاتی دیگر زلزله ای فاجعه آمیز در شهر تهران روی دهد، چگونه می توان با اثرات بسیار گسترده این واقعه در حداقل زمان ممکن مقابله کرد. در صورت وقوع چنین حادثه ای اولین اقدامی که به منظور کنترل و مهار دامنه بحران

## ۲- مروری مختصر بر متون مرتبط

### ۱-۲- امداد رسانی در مدیریت بحران و اهمیت عناصر شهری

مدیریت بحران<sup>۲</sup> یک علم کاربردی است که به وسیله آن بتوان از بروز بحران‌ها پیشگیری نموده و یا در صورت بروز آن در خصوص کاهش اثرات آن، آمادگی لازم جهت امداد رسانی سریع و بهبودی اوضاع اقدام نمود (مرکز مطالعات برنامه ریزی شهر تهران، ۱۳۷۶، ۹). به عبارت دیگر منظور از مدیریت بحران، برنامه ریزی، سازماندهی و انجام فعالیت‌ها به گونه‌ای است که موجب کاهش اثرات فاجعه بر انسان‌های آسیب دیده و محیط گردد (شادی طلب، ۱۳۷۰، ۳۹).

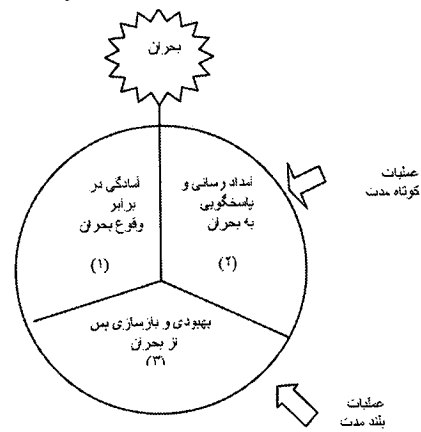
فرآیند مدیریت بحران شامل سه مرحله اساسی می‌باشد؛ این سه مرحله که در نمودار شماره ۱ نمایش داده شده‌اند عبارتند از: آمادگی<sup>۳</sup> در برابر وقوع بحران، امداد رسانی و پاسخگویی<sup>۴</sup> در شرایط رویداد بحران و بهبودی و بازسازی<sup>۵</sup> پس از بحران (OCHA, 1995, 3).

آمادگی شامل اقداماتی است که برای محدود کردن اثرات بحران یا ساختاری نمودن عکس العمل‌ها و ایجاد یک مکانیسم برای واکنش سریع و سازمان یافته صورت می‌گیرد. آمادگی می‌تواند شامل تهیه برنامه‌های عملی برای دوره‌های پس از وقوع فاجعه، دستور العمل‌ها، سیستم هشدار و غیره باشد (شادی طلب، ۱۳۷۰، ۳۸).

امداد رسانی شامل کلیه اقداماتی است که در لحظات پس از وقوع بحران به مرحله اجرا گذاشته می‌شوند. اقدامات مذکور جهت نجات جان انسان‌ها و حفظ اموال و دارایی‌ها و همچنین جهت برطرف نمودن خسارات وارده برای بحران انجام می‌گیرد (ناطق الهی، ۱۳۷۷، ۱۱۵).

عملیات پاسخگویی و امداد رسانی معمولاً در شرایط بسیار سخت و دردناکی انجام می‌گیرد و اغلب از نظر اجرایی با مشکلات خاصی روبرو می‌گردد، اجرای عملیات پاسخگویی

نمودار ۱: مراحل مدیریت بحران



ماخذ: (OCHA, 1995, 3)

معمولاً نیاز میرمی به پرسنل مجرب، تجهیزات و سایر منابع دارد. بنابراین بدون یک برنامه ریزی مناسب، سازماندهی و آموزش جامع، امکان موفقیت عملیات مربوط به این بخش- شامل عملیات نجات، مداوای قربانیان، تخلیه، ایجاد سرپناه و تامین غذای حادثه دیدگان، راه اندازی مخابرات، برقراری جریان آب و برق، ارائه مواد و تجهیزات مورد نیاز قربانیان بحران به طور موقت، برقراری امنیت و اسکان موقت بازماندگان - بعید به نظر می‌رسد (ناطق الهی، ۱۳۷۷، ۱۲۵-۱۱۵). مدت زمان لازم جهت انجام عملیات مربوط به بخش پاسخگویی را به زمان نسبتاً کوتاهی محدود می‌نمایند که بنابه ابعاد حادثه تغییر می‌نماید. عملیات مزبور معمولاً در سه مرحله زمانی کوتاه مدت، میان مدت و دراز مدت اجرا می‌شود مرحله کوتاه مدت بلافاصله پس از بروز حادثه آغاز شده به مدت یک تا دو هفته بعد ادامه دارد (بحرینی و آخوندی، ۱۳۷۹، ۱۰۲).

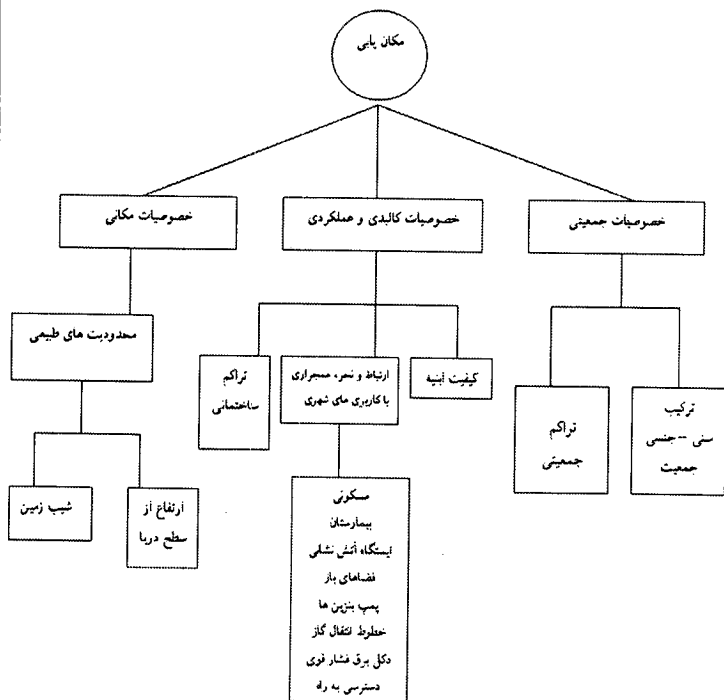
**اهمیت عناصر شهری در مقابله با خطرات ناشی از زلزله:** با توجه به این که همواره لازم است تا جایگزینی عناصر مختلف شهری در قالب برنامه کاربردی زمین جهت مقابله و یا تحدید دامنه خطر را صورت بگیرد، در خصوص خطر زلزله نیز می‌توان به بحث چگونگی استقرار کاربری‌های شهری در مکان‌هایی پرداخت که بتوانند تنش‌های ناشی از زلزله را دفع کنند. در این راستا می‌توان با بررسی میزان آسیب پذیری عناصر تشکیل دهنده شهر در هنگام وقوع زلزله به ضوابط و معیارهای لازم به منظور اجرایی کردن و در واقع راهبردی کردن برنامه ریزی کاربری زمین، دست یافت.

در این ارتباط سه مقوله کاربری عناصر شهری، فضای باز و شبکه ارتباطی جهت بررسی در نظر گرفته می‌شوند:

**کاربری‌ها:** شامل کاربری‌های مسکونی، تجاری، آموزشی، مذهبی، بهداشتی-درمانی، اداری، نظامی، فرهنگی-ورزشی، تاسیسات حیاتی و صنعتی می‌باشد<sup>۶</sup>.

در بحث مربوط به کاربری‌ها، نحوه همجواری آنها، انواع تراکم‌ها (جمعیتی، ساختمانی و مسکونی)، میزان تراکم‌های یاد شده، قطعه بندی اراضی با کاربری‌های گوناگون، نظم و اندازه قطعات، میزان فشردگی و پیوستگی آنها، ویژگی‌های کالبدی سازه‌های تشکیل دهنده و غیره مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

**فضاهای باز:** فضاهای باز نقش مهمی در کاهش وسعت میزان عمل و نتایج اکثریت حوادث طبیعی و مصنوعی دارند. از عمده ترین عملکردهای آن در هنگام بروز زلزله جدا ساختن یک منطقه دارای پتانسیل خطر از دیگری و بدین ترتیب متمرکز کردن فعالیت نیروهای مخرب و جلوگیری از توسعه زنجیره‌ای وقایع می‌باشد. همچنین فضاهای باز می‌توانند در مواقع اضطراری به عنوان یک منطقه در دسترس با امکان فرار و استقرار و پناه گرفتن در آن مطرح باشند. بدین ترتیب طراحی مناسب فضاهای باز داخل بافت‌های شهری یکی از مهم ترین حربه‌ها جهت مقابله با خطر محسوب می‌گردد. سودمندی



نمودار ۲: معیارهای مکان یابی مرکز امداد رسانی

### ۳- مطالعه موردی: منطقه ۱۱ شهر تهران

#### ۳-۱- شناخت ویژگی های منطقه:

منطقه ۱۱ شهر تهران در ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. این منطقه در قسمت دشت های رسوبی تهران واقع شده است که تقریباً مسطح است، به طوری که شیب اراضی آن در قسمت های شمالی منطقه، ۲/۵ تا ۵ درصد و در قسمت های مرکزی و جنوب منطقه صفر تا دو درصد می باشد. جهت شیب زمین از شمال به جنوب بوده و جنس خاک زمین های آن ترکیبی است از سیلت و ماسه (JICA & CEST, 2000).

منطقه مذکور از مناطق مهم مرکزی کلان شهر تهران به شمار می آید و در اکثر طرح های فرادست، این منطقه به عنوان بخشی از هسته مرکزی شهر معرفی شده است.

از لحاظ تراکم جمعیتی، منطقه ۱۱ شهر تهران با مساحتی معادل ۱۲۰۶ هکتار، ۱/۶ درصد از سطح شهر تهران را اشغال کرده است. این در حالیست که این منطقه با جمعیتی معادل ۲۳۳ هزار نفر (بابت خانوار ۳/۸ نفر) حدود ۳/۵ درصد از جمعیت شهر تهران را در خود جای داده است. این وضعیت حاکی از تراکم بالای جمعیتی منطقه مورد مطالعه می باشد. مقایسه تراکم جمعیتی منطقه ۱۱ - که معادل ۱۹۴ نفر در هر هکتار می باشد - با تراکم جمعیتی شهر تهران (۹۲/۱ نفر در هکتار) نشان می دهد که شاخص مزبور در سطح منطقه بیش از ۲ برابر شهر تهران می باشد. البته، توزیع جمعیت در همه بخش های منطقه یکسان نیست؛ بیشترین تراکم جمعیتی در قسمت های جنوبی و غربی منطقه دیده می شود و قسمت های شمالی و شمال شرقی

فضاهای باز در محدوده شهری بستگی به تعداد این فضاها، توزیع یکسان در تمام منطقه شهری و همچنین تداوم سیستم مناطق سبز دارد (پرتوی، ۱۳۷۲، ۲۵۳). در مجموع می توان اینگونه عنوان کرد که هرچه پراکندگی فضاهای باز و توزیع آنها در سطح شهر مناسب تر باشد، مقابله با زلزله بهتر انجام خواهد گرفت. ضمناً نزدیکی فضاهای باز، میزان وسعت آنها، تناسب فضاهای باز با جمعیت تحت پوشش از دیگر عواملی هستند که افزایش آنها امکانات بیشتر و بهتری را جهت مقابله با بحران زلزله و حوادث بعدی نشأت گرفته از آن، در اختیار می گذارد.

- شبکه ارتباطی: راه ها و شبکه های ارتباطی یک شهر را می توان از مهم ترین ویژگی های آن دانست که بازتاب کالبدی مفهوم "نیاز به دسترسی" می باشند. گوتنبرگ ساختار شهری و رشد شهر را در مفهوم دسترسی جستجو می کند و معتقد است که جوامع تلاش می کنند تا بر فاصله غلبه کنند (Chapin, Kaiser, 1979, 46).

اهمیت فراوانی که در بالا برای دسترسی و تبلور کالبدی آن یعنی "شبکه های ارتباطی و معابر شهری" عنوان شد مربوط به شرایط عادی جامعه می باشد. بنابراین لازم به ذکر است که در شرایط غیرعادی و بحرانی ناشی از وقوع زلزله اهمیت ذکر شده برای دسترسی دوچندان می گردد. زیرا اگر برقراری دسترسی بهینه در شرایط عادی جامعه باعث افزایش مطلوبیت و کیفیت سطح زندگی می شود، در شرایط بحرانی پس از وقوع زلزله حفظ دسترسی و جریان آمد و شد در معابر شهری باعث نجات و تداوم حیات انسانی می گردد.

در خصوص شبکه ارتباطی، میزان انطباق با گسل ها، عرض و ارتفاع معبر و همچنین تعداد گره ها و پل ها در طول شبکه و فرم معابر شهری از لحاظ مستقیم و یا پیچ دار بودن از اهمیت برخوردار است.

#### ۳-۲- بررسی معیارهای مکان گزینی مراکز امداد رسانی:

تعیین مکان مناسب جهت استقرار کاربری های گوناگون شهری به عوامل متعددی بستگی دارد. این عوامل با توجه به ماهیت و نوع فعالیت کاربری مربوطه مشخص می گردد. بنابراین با در نظر گرفتن خصوصیات و ویژگی های اصلی مرکز امداد رسانی با هدف یاری رسانی در هنگام زلزله می توان عوامل تأثیر گذار در مکان یابی این مراکز را تعیین نمود. با توجه به تقسیم بندی صورت گرفته از عناصر شهری در قسمت قبل می توان معیارهای مکان یابی مراکز یاد شده را به صورتی که در نمودار شماره ۲ نمایش داده شده است دسته بندی نمود.

کشته خواهند شد. نسبت تلفات در بخش شمالی شهر زیاد و در مناطق مرکزی و جنوبی کمتر است. منطقه ۱۱ در بین مناطق از لحاظ نسبت تلفات در مرتبه هفتم قرار دارد. در این مدل در بدترین حالت ۸/۴ درصد از ساکنین منطقه ۱۱ کشته خواهند شد.

در مدل گسل مشاء ۶۸۱۹۵ نفر از کل جمعیت تهران در بدترین حالت کشته خواهند شد که منطقه ۱۱ در این حالت دومین رتبه را در کل مناطق شهر دارا خواهد بود.

از مهم ترین دلایل بالا بودن ضریب آسیب پذیری منطقه ۱۱ می توان به دلایل زیر اشاره نمود:

۱. وجود تعداد قابل توجهی ساختمان کم دوام و قدیمی در سطح این منطقه: تنها ۲۸ درصد از ساختمان های منطقه دارای سازه فولادی و بتن مسلح می باشند.
۲. بالا بودن سطح ساخته شده: این منطقه با ۷۴ درصد سطوح ساخته شده در رتبه سوم بین مناطق تهران قرار می گیرد.
۳. وجود میزان قابل توجهی معابر و گذرهای باریک
۴. تراکم جمعیتی بالا
۵. کم بودن پارکها و فضاهای باز عمومی: از ۶۵۸ پارک موجود در شهر تهران تنها ۱۰ پارک و فضای باز عمومی در منطقه ۱۱ موجود می باشد.

## ۴- روش انجام مطالعه

همانطور که در مقدمه اشاره شد، ابتدا معیارهای لازم برای مکان یابی مراکز امداد رسانی از متون مرتبط استخراج گردیدند. لیکن، لحاظ کردن همه معیارهای فوق با توجه به ویژگی های منطقه ۱۱ و عدم دسترسی به اطلاعات مزبور امکان پذیر نبود، لذا معیارهای زیر برای دستیابی به اهداف این مطالعه انتخاب شدند:

- پمپ بنزین ها و ساختمان های بیش از چهار طبقه به عنوان عوامل محدود کننده یا بازدارنده احداث مراکز امداد (جدول شماره ۱).

- فضاهای باز، ایستگاه های آتش نشانی، بیمارستان ها و معابر اصلی به عنوان امکاناتی که منطقه از آنها جهت احداث مراکز امداد برخوردار است<sup>۱</sup> (جدول شماره ۲).

جدول ۱: سطوح حرایم

عوامل بازدارنده	عوامل بازدارنده	سطوح جانمایی از حرایم (مترمربع)
عوامل بازدارنده	پمپ بنزین	۲۱۰
	فاصله تا ساختمان ۶ تا ۹ طبقه	۱۸
	فاصله تا ساختمان ۱۰ تا ۱۵ طبقه	۳۰
	فاصله تا ساختمان ۱۵ تا ۱۰ طبقه	۴۵
	فاصله تا ساختمانهای بالای ۱۵ طبقه	۶۰

منطقه از تراکم کمتری برخوردارند.

بررسی کمبود سطوح خدماتی نشان می دهد که در سطح منطقه در زمینه کلیه کاربری های خدماتی، کمبود به چشم می خورد. این کمبود به ویژه در خصوص فضای سبز قابل توجه است. به طوری که فضای سبز مورد نیاز منطقه، بیش از ۶ برابر فضای سبز موجود آن است. در مورد کاربری درمانی نیز با وجود استقرار چندین بیمارستان با عملکرد فرامنطقه ای در منطقه ۱۱، نسبت به جمعیت منطقه کمبود وجود دارد.

در شهر تهران نسبت مساحت بخش ساخته شده به کل مساحت شهر ۳۷ درصد می باشد. منطقه ۱۱، دارای ۸۸۱ هکتار بخش ساخته شده می باشد. این بدان معنی است که حدود ۷۲ درصد از اراضی منطقه ۱۱ را توده ساختمانی و مابقی یعنی ۲۷ درصد از اراضی منطقه یاد شده را فضای ساخته نشده (باز) تشکیل می دهد (مهندسی مشاور پارت، ۱۳۸۱).

قابل ذکر است که منطقه ۱۱ بعد از مناطق ۸، ۱۲ و ۱۰ دارای بیشترین بخش ساخته شده در میان مناطق شهر تهران است (JICA & CEST, 2000).

### - تعداد طبقات ساختمان های مسکونی:

از مجموع ۵۴۲۹۵ ساختمانی که در کل منطقه وجود دارد حدود ۶۵/۶ درصد آنها، یک تا سه طبقه هستند و حدود ۲۷ درصد در رده ساختمان های چهار تا ۱۵ طبقه قرار می گیرند. این در شرایطی است که فقط ۰/۱ درصد ساختمان های این منطقه را ساختمان های بلند (بیشتر از ۱۵ طبقه) تشکیل می دهند (JICA & CEST, 2000).

### - عمر ساختمان های مسکونی:

درصد ساختمان های با عمر کمتر از ۱۰ سال در کل منطقه حدود ۲۰ درصد است که در مقایسه با ساختمان های با عمر بیش از ۲۰ سال به طور قابل ملاحظه ای کمتر است. حدود ۴۲ درصد از ساختمان های منطقه ۱۱، در سال ۱۳۷۵ بیش از ۲۰ سال عمر داشته اند و این در حالیست که سهم ساختمان های مذکور در سطح شهر تهران حدود ۱۶ درصد می باشد.

### ۳-۲- آسیب پذیری منطقه در مقابل خطرات ناشی از زلزله

با توجه به مطالعاتی که در خصوص سازه ساختمان های شهر تهران توسط جایکا صورت پذیرفت بیشتر ساختمان های بی دوام تهران در مناطق مرکزی و جنوبی شهر یعنی مناطق ۱۸، ۱۶، ۱۷، ۱۱، ۱۰ و ۹ قرار دارند.

برآوردهای گزارش ریزپهنه بندی زلزله تهران حاکی از آن است که از میان همه مدل های به کار گرفته شده در این مطالعه، مدل گسل ری گسترده ترین تلفات را موجب خواهد شد که در بدترین حالت حدود ۳۸۰ هزار نفر در تهران کشته خواهند شد. منطقه ۱۱ در بدترین حالت با نسبت حدود ۱۴/۷ درصد کشته شدگان دومین منطقه خواهد بود.

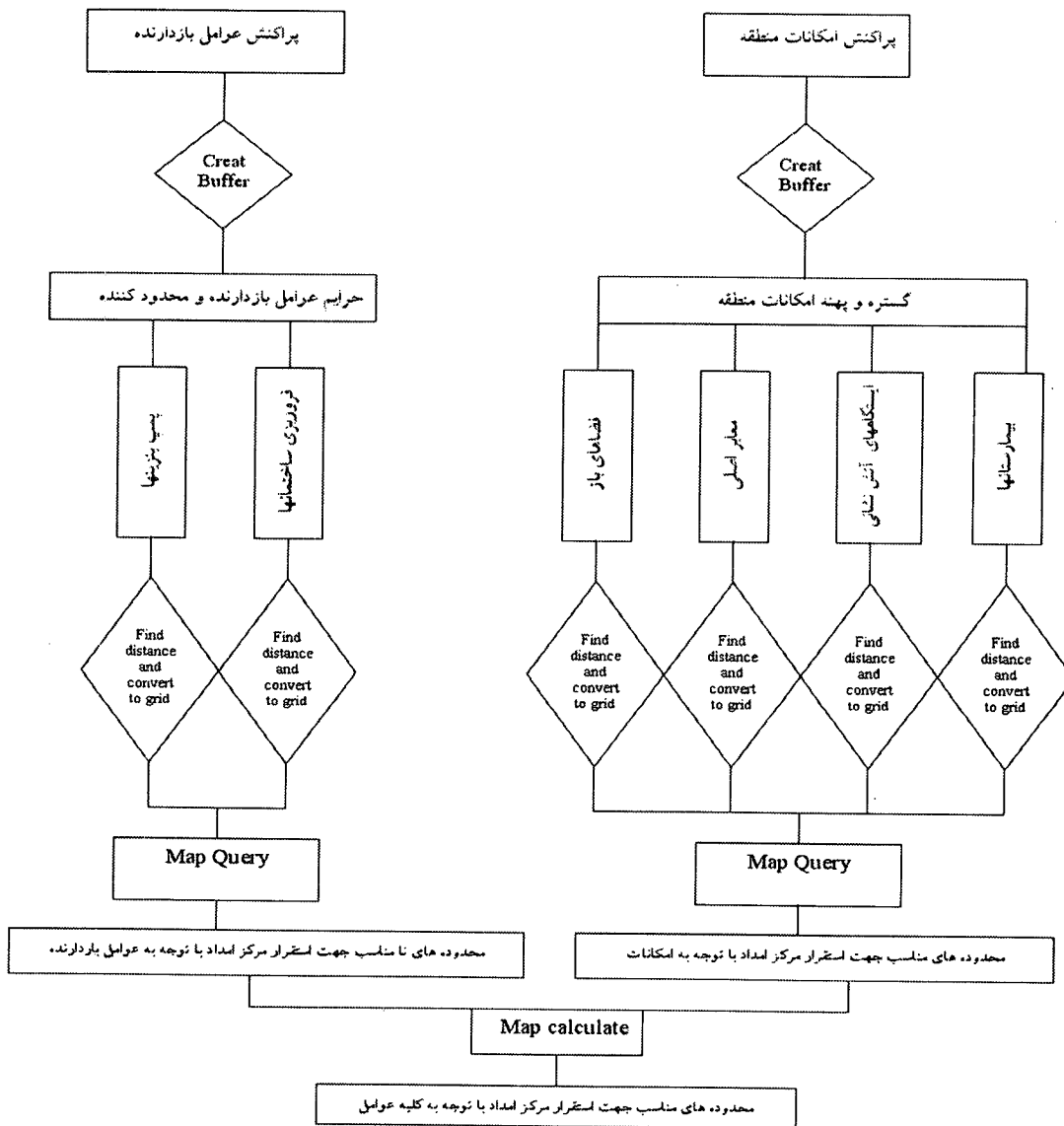
در مدل گسل شمال تهران در بدترین حالت ۱۳۰ هزار نفر

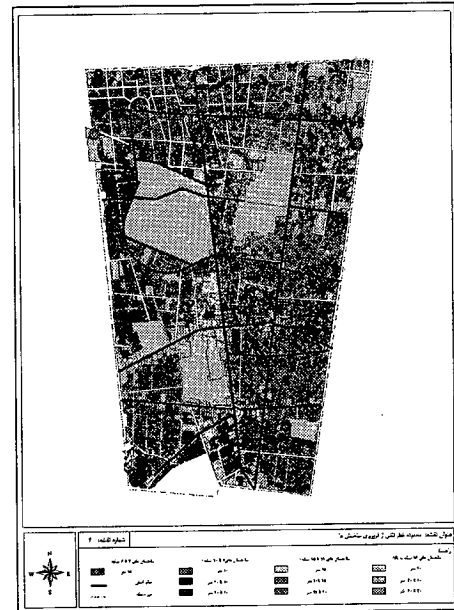
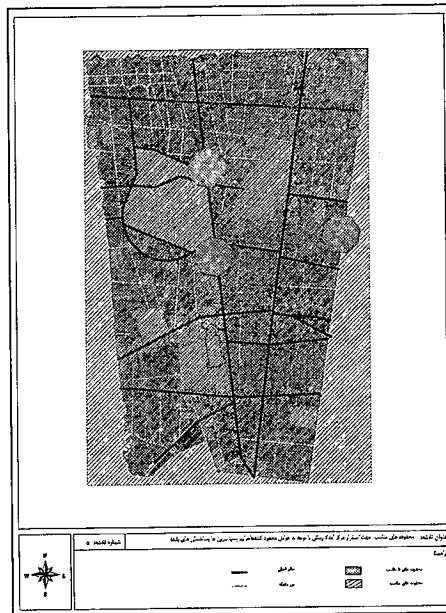
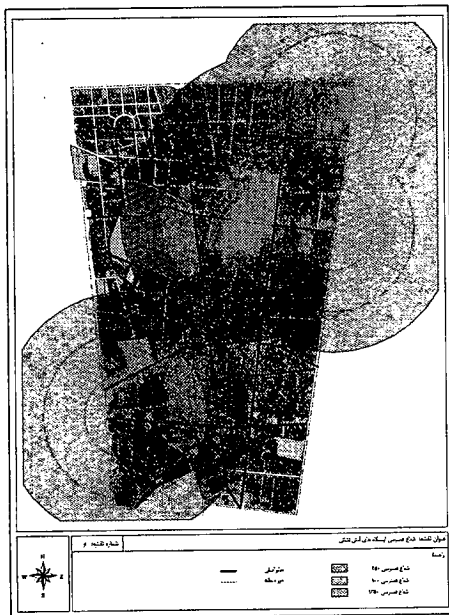
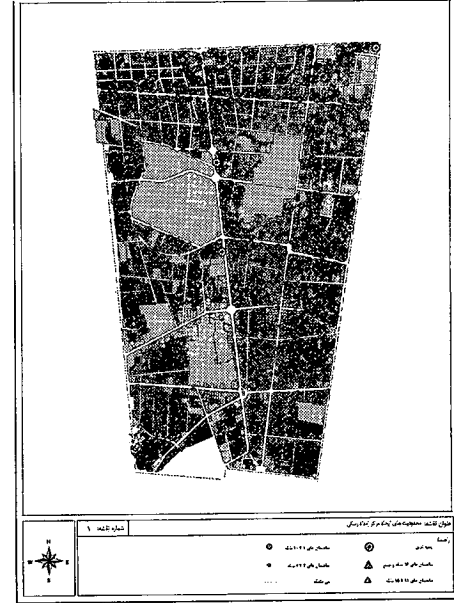
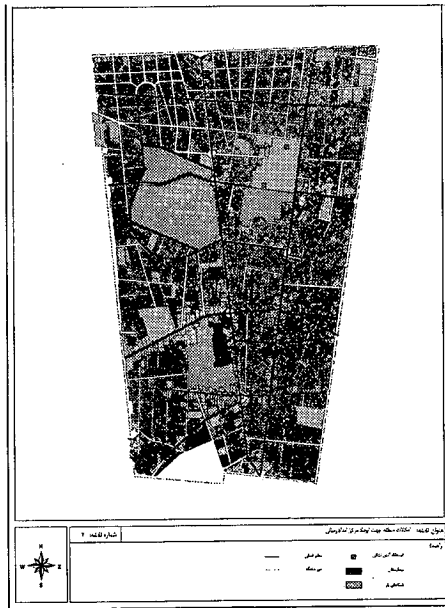
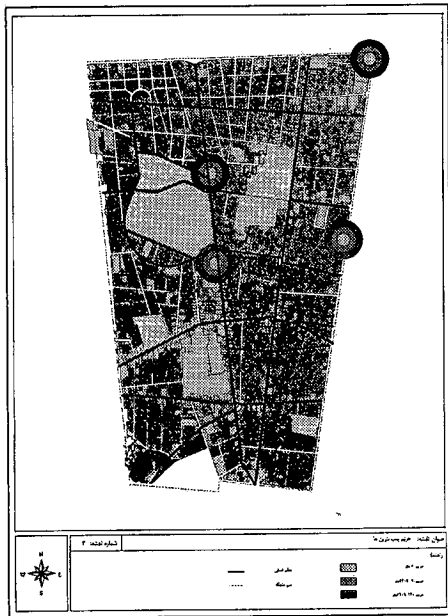
جدول ۲: امکانات منطقه

امکانات منطقه	سطوح ونحوه جانمایی در پهنه امکانات	
امکانات منطقه	فضای باز	استقرار در فضای باز
	دسترسی های اصلی	مجاورت
	ایستگاه آتش نشانی	۱۳۵۰ متر مربع
	بیمارستان	۴۵۰ متر مربع

برای به کارگیری معیارهای فوق به منظور مکان یابی مراکز امداد رسانی، از روش رویهم گذاری لایه های اطلاعاتی در محیط GIS و منطق دوجویی<sup>۱</sup> (با استفاده از نرم افزار Arcview 3.2) بهره گرفته شده است (نمودار شماره ۳). برای انتخاب مناسب ترین سایت از بین سایت های استنتاجی، روش ارزیابی چند معیاری فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> (AHP) به کار گرفته شده است.

نمودار ۳: مدل مکانیابی مورد استفاده در این مطالعه





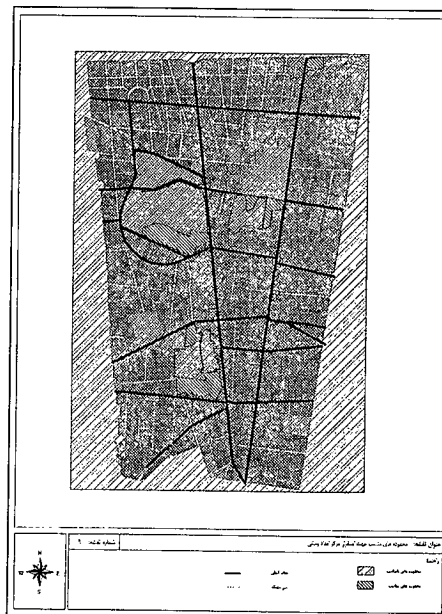
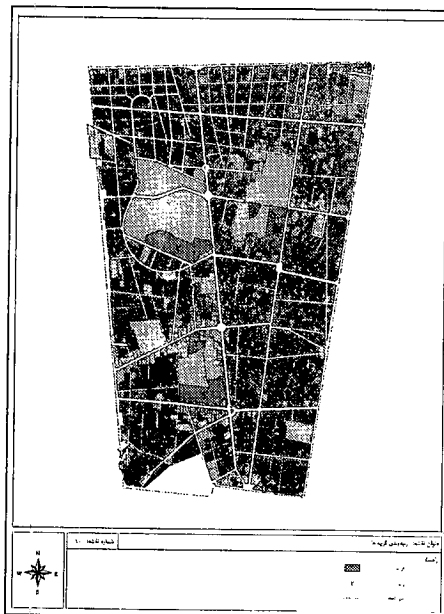
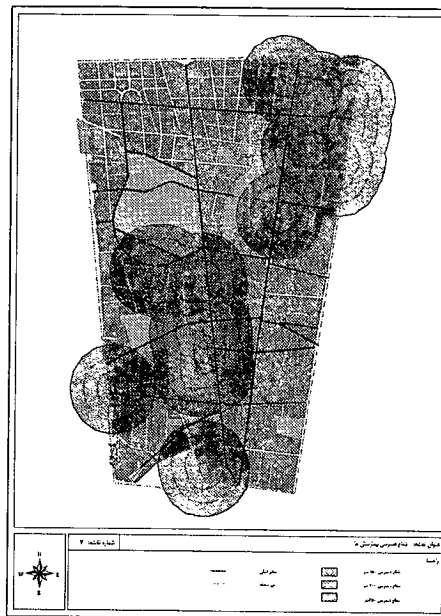
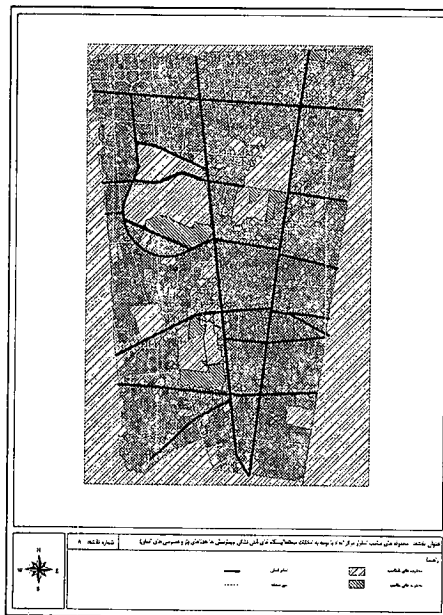
## ۵- نتایج مطالعه

### ۵-۱- مکان‌یابی سایت‌های مراکز امداد رسانی

همان‌طور که در قسمت قبل عنوان شد با توجه به عوامل محدود کننده و نیز امکانات منطقه به عنوان معیارهای این مطالعه می‌توان به هدف مورد نظر (مکان‌یابی) دست یافت. نقشه‌های شماره ۱ و ۲ عوامل بازدارنده و امکانات منطقه را نشان می‌دهند.

نقشه‌های شماره ۳ و ۴ حریم پمپ بنزین‌ها و محدوده خطر ناشی از فروریزی ساختمان‌ها را با توجه به جدول شماره ۱ نشان می‌دهد. نقشه شماره ۵ نیز نتیجه رویهم‌گذاری دو نقشه فوق‌الذکر است که محدوده‌های نامناسب جهت مراکز امداد را نمایان می‌سازد.

همچنین نقشه‌های شماره ۶ و ۷ شعاع دسترسی ایستگاه‌های آتشنشانی و بیمارستان‌ها را نمایش می‌دهد. نقشه شماره ۸ نیز محدوده‌های مناسب جهت استقرار مراکز امداد را با توجه به کلیه امکانات منطقه نشان می‌دهد. نقشه شماره ۹ نیز نقشه نهایی است که محدوده‌های مناسب جهت مراکز امداد را معرفی می‌نماید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این نواحی عبارتند از قسمت جنوبی پادگان حر، قسمت شرقی و مقداری از قسمت شمالی دانشکده افسری، پارک دانشجو که در شمال غربی منطقه ۱۱ واقع است و بالاخره قسمت‌های جنوبی و شمالی پارک رازی. بنابر معیارهای انتخاب شده این نواحی:



معیارهایی که برای ارزیابی و مشخص نمودن بهترین مکان جهت استقرار مرکز امدادونجات در این تحقیق استفاده خواهند شد و همچنین دلایل انتخاب این معیارها به شرح مندرج در ذیل می باشد :

۱. **سهولت اجرای طرح** : منظور از سهولت اجرای طرح، سهولت تغییر کاربری سایت های یادشده به مرکز امداد رسانی می باشد. واضح است که سهولت تملک این مکان ها و تغییر کاربری آنها به مراکز امداد به یک اندازه نمی باشد.

۲. **مشخصات کالبدی بافت شهری**: منظور مشخصات بافت اطراف هر کدام از این سایت هاست. این معیار شامل دو زیر

- در فضاهای سبز مستقر می باشند.
- در مجاورت دسترسی های اصلی واقع هستند.
- تحت پوشش بیمارستان های منطقه و ایستگاه های آتش نشانی می باشند.
- در محدوده های خطرناک ناشی از فروریزی ساختمان ها و انفجار پمپ بنزین ها قرار نگرفته اند.

### ۲-۵- ارزیابی و انتخاب مناسب ترین سایت:

برای ارزیابی و انتخاب مناسب ترین سایت از بین شش سایت بدست آمده از روش ارزیابی چند معیاری AHP استفاده می شود.<sup>۱۲</sup>



وسیع‌تر باشد، قابلیت افزایش ظرفیت کمک‌رسانی آن بیشتر خواهد بود.

- موقعیت مکانی سایت در منطقه: بهتر است محل استقرار مرکز امداد رسانی در قسمتی از منطقه باشد که قابلیت دسترسی آن به همه قسمت‌های منطقه به صورت نسبی یکسان باشد.

۵. آب‌های زیرزمینی: با توجه به این که سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه ۱۱ بالا است و از طرفی قسمت‌های شمالی منطقه نسبت به قسمت‌های جنوبی از این لحاظ از وضعیت بهتری برخوردار هستند، بهتر است مرکز امداد در جایی مستقر باشد که خطر بالا آمدن آب‌های زیرزمینی پس از زلزله و فرونشست ساختمان‌ها در محل مذکور کمتر باشد.

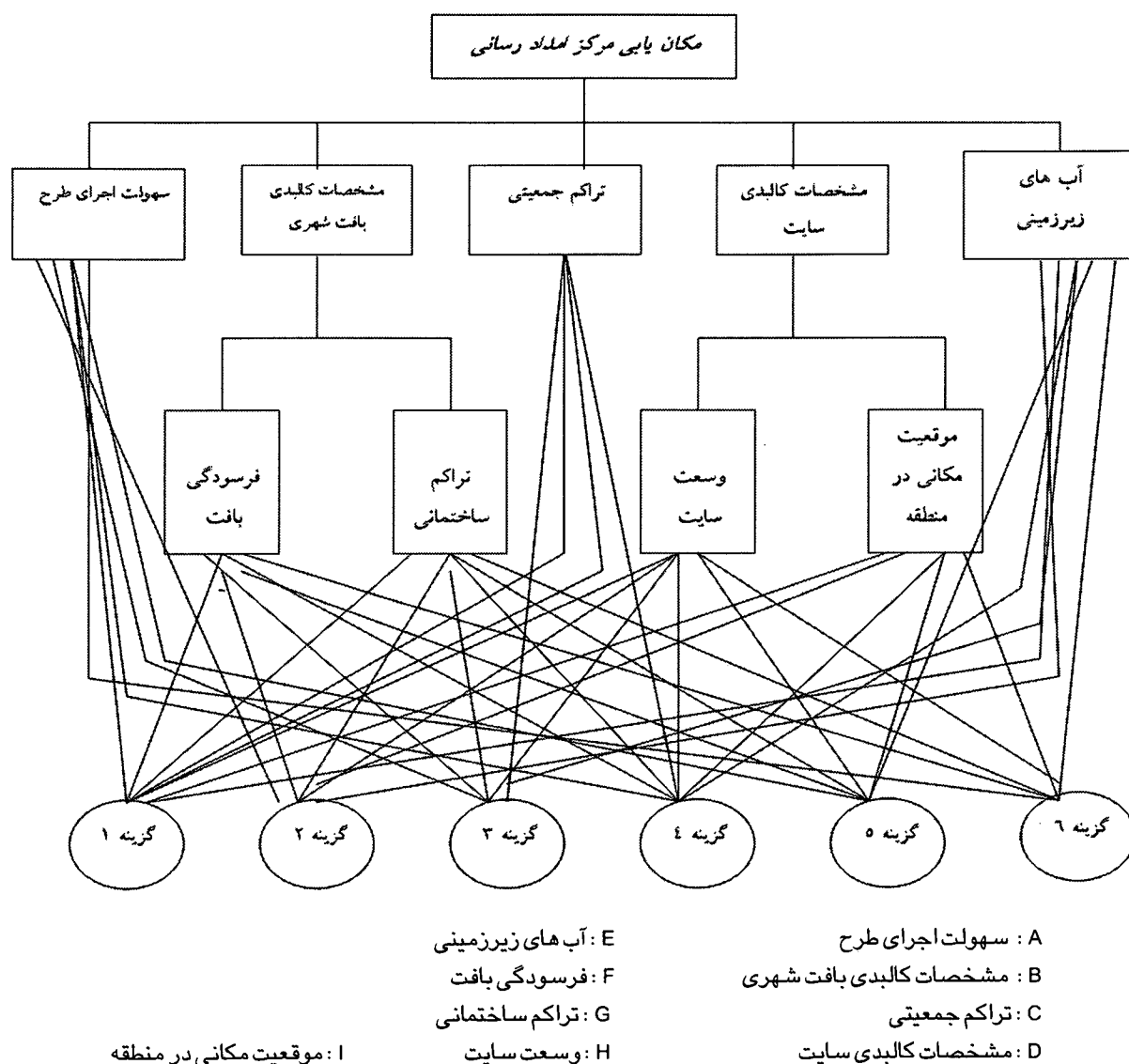
ساختار سلسله مراتبی مکان‌یابی مراکز امداد رسانی در نمودار شماره ۴ ارائه شده است.

معیار می‌باشد که عبارتند از فرسودگی بافت و تراکم ساختمانی. با توجه به این که هر جا فرسودگی و تراکم ساختمانی بیشتر باشد در آنجا آسیب‌پذیری در برابر زلزله بیشتر خواهد بود، بنابراین بهتر است مکانی انتخاب شود که بافت اطراف آن از فرسودگی و تراکم ساختمانی بالاتری برخوردار باشد.

۳. تراکم جمعیتی: بهتر است مرکز امداد رسانی در محلی مستقر گردد که تراکم جمعیتی بافت اطراف آن بیشتر باشد. زیرا تراکم جمعیتی با آسیب‌پذیری در برابر زلزله رابطه مستقیم دارد.

۴. مشخصات کالبدی سایت: منظور از مشخصات کالبدی سایت ویژگی‌های فیزیکی خاصی است که محل استقرار مرکز امداد باید داشته باشد. این معیار شامل دو زیرمعیار به شرح زیر است:

- وسعت سایت: هر چه قدر محل استقرار مرکز امداد رسانی



نمودار شماره ۴: ساختار سلسله مراتبی مکان‌یابی مراکز امداد رسانی

### - تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیر معیارها:

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیر معیارها، دو به دو آنها را با هم مقایسه می‌کنیم سپس این ضرایب اهمیت در ماتریس دودویی معیارها قرار می‌گیرند.

با استفاده از روش تقریبی میانگین هندسی ردیف‌های ماتریس A، ضرایب اهمیت معیارها که "برابر است با تقسیم میانگین هندسی هر معیار به جمع میانگین‌ها" بدست می‌آید.

### - تعیین ضرایب اهمیت گزینه‌ها:

پس از محاسبات انجام شده مربوط به معیارها، باید گزینه‌ها دو به دو با هم مقایسه شوند. در جدول شماره ۳ که بیشتر به ماتریس ارزیابی معروف است، ارزش هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با زیر معیارها و معیارها ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، زیر معیارها هم کمی هستند و هم کیفی، و این نشان دهنده مزیت دیگر فرایند تحلیل سلسله مراتبی است که با ترکیبی از معیارهای کمی و کیفی سروکار دارند.

زیرمعیار	معیار	تراکم جمعیتی	مشخصات کالبدی سایت	مشخصات کالبدی بافت	سهولت اجرای طرح
آبهای زیر زمینی	۱	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{9}$
مشخصات کالبدی سایت	۳	۱	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
تراکم جمعیتی	۵	۱	۱	۱	$\frac{1}{2}$
مشخصات کالبدی بافت	۳	۱	۱	۱	$\frac{1}{5}$
سهولت اجرای طرح	۹	۷	۷	۵	۱

$= [A]$

جدول شماره ۳: ماتریس ارزیابی برای مکان یابی مرکز امداد رسانی

گزینه	سهولت اجرای طرح	فرسودگی بافت	تراکم ساختمانی	تراکم جمعیتی	وسعت سایت (متر مربع)	موقعیت مکانی در منطقه	آبهای زیر زمینی
۱	متوسط	کم	زیاد	کم	۲۰۲۲۰	کاملا مناسب	مناسب
۲	خیلی کم	متوسط	نسبتا زیاد	متوسط	۲۸۳۳۰	مناسب	نسبتا مناسب
۳	خیلی کم	متوسط	نسبتا زیاد	متوسط	۱۶۰۳۵	مناسب	نسبتا مناسب
۴	کم	نسبتا زیاد	متوسط	نسبتا زیاد	۱۳۶۰۰۰	کاملا مناسب	نسبتا مناسب
۵	زیاد	زیاد	کم	زیاد	۲۹۸۷۴	نسبتا مناسب	نامناسب
۶	زیاد	زیاد	کم	زیاد	۱۰۱۴۶۷	نسبتا مناسب	نامناسب

پس از تنظیم جدول فوق ماتریس مقایسه دودویی گزینه‌ها، ارائه می‌گردد.

که در آن:  $W_k$ : ضریب اهمیت معیار K

$W_i$ : ضریب اهمیت معیار i

$g_{ij}$ : امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i

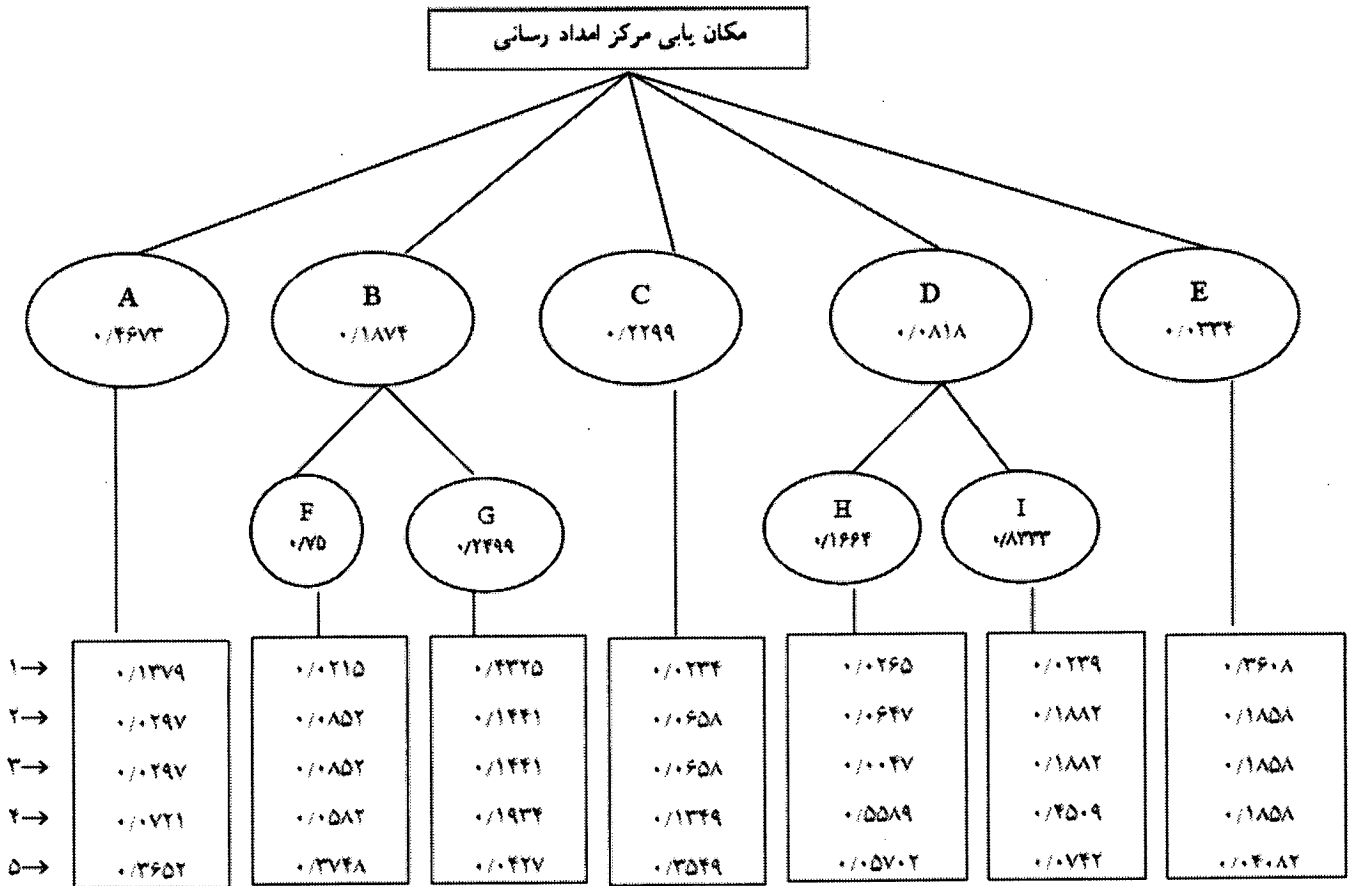
### - تعیین امتیاز نهایی (اولویت) گزینه‌ها:

در این قسمت با تلفیق و ترکیب امتیازات معیارها و همچنین گزینه‌ها که از ماتریس‌های مقایسه‌ای دودویی حاصل شدند، امتیاز نهایی هر گزینه بدست می‌آید. برای این منظور از اصل ترکیب سلسله مراتب ساعتی که منجر به "بردار اولویت" با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود، استفاده خواهد شد (زبردست، ۱۳۸۱، ۴۷).

$$= \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m W_k W_i (g_{ij})$$

گزینه j

با توجه به نتایج مستخرج از شکل شماره ۵ که امتیازات نهایی هر کدام از گزینه‌ها را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که اگر گزینه‌ها با توجه به امتیازات مذکور اولویت بندی شوند، بهترین گزینه، گزینه شماره شش (سایت جنوبی پارک رازی) خواهد بود و پس از آن به ترتیب گزینه‌های شماره پنج، چهار، یک، سه و دو گزینه‌های بعدی خواهند بود<sup>۱۲</sup> (نقشه شماره ۱۰).



شکل شماره ۵: ضرایب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی

**بررسی سازگاری در قضاوت‌ها :**

در اینجا برای بررسی میزان ناسازگاری در قضاوت‌ها از مکانیزم ساعتی<sup>۱۴</sup> استفاده می‌شود. در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه ماکزیمم  $(\lambda_{max})$  از  $L$  به شرح زیر استفاده می‌شود:

$$L = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n (AW_i) / W_i \right]$$

**محاسبه ضریب سازگاری : C.R.**

$$C.R. = \frac{C.I}{R.I} = \frac{0/10892}{1/12} = 0/09725 < 0/1$$

با توجه به این که ضریب سازگاری کوچک‌تر از ۰/۱ بدست آمده، می‌توان عنوان نمود که قضاوت‌ها با یکدیگر سازگاری داشته‌اند. بنابراین سایت شماره ۶ به عنوان مناسب‌ترین مکان برای استقرار مراکز امداد رسانی تعیین می‌شود.

ارزیابی گزینه‌های حاصل از مدل مکان‌یابی ارائه شده، نشان داد که بهترین انتخاب با توجه به موارد فوق، سایت جنوبی پارک رازی می‌باشد. این بخش از منطقه دارای مجموعه‌ای از شرایط حاد و بغرنج می‌باشد که آسیب‌پذیری شدید آن را در برابر زلزله احتمالی کاملاً محرز ساخته است.

عواملی چون تراکم جمعیتی بالا، تراکم بالای واحد مسکونی (تعداد واحد مسکونی در هکتار)، ریزدانه بودن بافت و نبود

فضاهای باز (به غیر از پارک رازی)، وجود معابر تنگ و باریک، فرسودگی و قدیمی بودن بناهای مسکونی و بالای بودن سطح آب‌های زیرزمینی نسبت به دیگر قسمت‌های منطقه ۱۱ (با عمق کمتر از ۲۵ متر) حاکی از منطقی بودن نتیجه ارزیابی صورت گرفته می‌باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط شرکت همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) و همچنین نتایج بررسی‌های بخش شناخت، این قسمت از منطقه در صورت بروز زلزله، تلفات انسانی قابل ملاحظه‌ای را متحمل خواهد شد. لذا استقرار مرکز امداد و نجات در این بخش از منطقه نه تنها دور از منطق و عقل سلیم نمی‌باشد، بلکه لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

**۶- نتیجه‌گیری**

همان‌طور که در ابتدا ذکر شد، این مقاله دوهدف مشخص تبیین معیارهای مکان‌یابی مراکز امداد و انتخاب مناسب‌ترین مکان با به‌کارگیری روش‌های GIS و ارزیابی چندمعیاری AHP را دنبال می‌کرد. نتیجه این مقاله نشان می‌دهد که معیارهایی چون خصوصیات جمعیتی، مکانی و عملکردی فضای شهری در مکان‌یابی اینگونه سایت‌ها مهم هستند. همچنین به‌کارگیری روش‌های رویهم‌گذاری با به‌کارگیری GIS و روش ارزیابی

سایت مطلوب را با توجه به معیارهای مختلف به دست دهد .  
 - روش به کار گرفته شده در این مطالعه قابلیت تعمیم به سایر شهرهای کشور را دارد، به این ترتیب که تعیین معیارها بایستی با توجه به ویژگی ها و مشخصات محدوده مورد نظر انجام پذیرد و این بدان معنی است که معیارهای یاد شده با توجه به تغییر ویژگی های محدوده مورد مطالعه می تواند تغییر پیدا کند. این مطالعه نشان داد که انعطاف پذیری سیستم هایی چون GIS و MCET<sup>۱۵</sup> در حدی است که با تلفیق آنها بتوان معیارهای متفاوتی را جهت مکان یابی مراکز امداد رسانی در نظر گرفت.

چندمعیاری AHP نتیجه مطلوبی را برای مکان گزینی مراکز امداد رسانی پس از وقوع زلزله به همراه داشته است. سایر نتایج این مقاله به شرح زیر ارایه می شود :  
 - لزوم توجه به مکان یابی مراکز امداد رسانی در شهرها با توجه به بالا بودن آسیب پذیری شهرهای ایران در مقابل خطرات ناشی از زلزله.  
 - به کارگیری روش های علمی چون GIS و ارزیابی چند معیاری مانند AHP می تواند در مکان گزینی اینگونه سایت ها نقش موثری داشته و امکان مقایسه و ارزیابی سایت های مختلف و انتخاب

### پی نوشت ها:

- ۱- برای اطلاعات بیشتر به آدرس سایت اینترنتی مقابل مراجعه شود: <http://www.unhabitat.org/>
- ۲- Disaster Management
- ۳- Preparedness
- ۴- Relief and response
- ۵- Rehabilitation
- ۶- برای اطلاعات بیشتر رجوع شود به: مسائلی (۱۳۷۵)، برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز، مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی
- ۷- در دستیابی به چنین دسته بندی از معیارهای کالبدی و غیر کالبدی (اجتماعی، اقتصادی) متعددی برای بررسی آسیب پذیری و آسیب رسانی بهره گرفته شده است که به دلیل تفصیل مطلب از ذکر آن در این مقاله خودداری شده است. برای اطلاعات بیشتر در این خصوص به متن پایان نامه صفحات ۴۷ الی ۶۱ رجوع شود.
- ۸- برای اطلاعات بیشتر از نحوه دستیابی به معیارهای مربوطه و سطوح و نحوه جانمایی آنها به متن پایان نامه رجوع شود.
- ۹- Boolean logic
- ۱۰- Analytic Hierarchy Process
- ۱۱- برای اطلاعات بیشتر از نحوه تعیین حرایم و شعاع دسترسی ها به متن پایان نامه رجوع شود.
- ۱۲- برای اطلاعات بیشتر از جزئیات این روش رجوع شود به: زبردست، ۱۳۸۰
- ۱۳- برای دستیابی به اطلاعات و جزئیات بیشتر به اصل پایان نامه مراجعه شود.
- ۱۴- Saati
- ۱۵- Multi Criteria Evaluation Techniques

### فهرست منابع:

- بحرینی، سید حسین و آخوندی، عباس (۱۳۷۹)، "مدیریت بازسازی مناطق آسیب دیده از سوانح طبیعی (تجربه بازسازی مسکن مناطق زلزله زده گیلان و زنجان)"، دانشگاه تهران، تهران.
- پرتوی، پروین (۱۳۷۲)، "ارزیابی تحلیلی بازسازی سه شهر زلزله زده ایران"، مجموعه مقالات هشتمین سمینار بین المللی پیش بینی برای زلزله (راهبردهای مقابله با آثار زلزله های آینده)، مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران.
- حمیدی، ملیحه (۱۳۷۸)، "نقش فرم، الگو و اندازه سکونتگاه ها در کاهش خطرات ناشی از وقوع زلزله"، طرح بسیج فنی کشور در باز سازی مناطق زلزله زده، مرکز مقابله با سوانح طبیعی ایران.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، "کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای"، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۱)، "روش های برنامه ریزی منطقه ای (جزوه درسی)"، گروه شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران.
- شادی، طلب، ژاله (۱۳۷۰)، "تجربه مدیریت فاجعه در کشورهای در حال توسعه"، مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران.
- مرکز مطالعات برنامه ریزی شهر تهران (۱۳۷۶)، "مدیریت بحران (زمین لرزه)"، جلد اول.
- مهندسین مشاور پارت (۱۳۸۱)، "بررسی مسایل توسعه شهری تهران، منطقه ۱۱"، مطالعات کاربری زمین.
- ناطق الهی، فریبرز (۱۳۷۷)، "اقدامات بلند مدت و عوامل مهم و اساسی جهت دست یابی به سیستم جامع مدیریت بحران زمین لرزه تهران"، مرکز مطالعات برنامه ریزی شهر تهران.

Chapin, F. Stuart and Kaiser, Edward (1979), "urban land use planning", Board of Trustees of the university of Illinois .

Habitat, United Nations Human settlement program me (UNHS), (2003), "Disaster Management program me of UN-HABIIAT" . <http://unhabitat.org/>

JICA and CEST (2000), "the study on microzonning of the Great Tehran Area", Tehran Municipality.

OCHA :United Nations office for the coordination of Humanitarian Affairs (1995), "the use of Military and civil Deffence Assests in Relief operations": <http://www.ochaonline.un.org/>