

## توسعه معیارهای مکانیابی بیمارستان‌ها در شهرهای لرزه‌خیز بر اساس شاخص‌های کالبدی و اجتماعی

حامد صالحی

دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران  
hamedsalehi90@yahoo.com

کامبد امینی حسینی

دانشیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران  
kamini@iiees.ac.ir

محمد فلاح تفتی

دانشجوی دکتری، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران  
mohammadafta@gmail.com

کلید واژه‌ها: مکانیابی، مراکز درمانی، شهرهای لرزه‌خیز، شاخص‌های کالبدی و اجتماعی

### چکیده

مکان‌یابی مناسب بیمارستان‌ها و مراکز درمانی و ایجاد زیرساخت‌های لازم به منظور توسعه این مراکز در شهرهای لرزه‌خیز در شرایط بحران، به عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای کاهش تلفات زلزله و بهبود اقدامات مدیریت واکنش اضطراری شناخته می‌شود. در این مطالعه سعی شده تا مدلی برای ایجاد یک شبکه‌ی بهینه برای توزیع مصدومان ناشی از سوانح در مراکز درمانی و بیمارستان‌ها ارائه گردد تا امکان مدیریت انبوه مصدومان بعد از رخداد زلزله در شرایط بهتری فراهم شود. بدین منظور در ابتدا معیارهای مؤثر در تعیین مکان بهینه‌ی بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در سطح شهرها از جنبه‌های مختلف (اقتصادی، اجتماعی، ساختاری و ...) ارزیابی شده و سپس تلاش گردیده که با استفاده از تلفیق مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق ارزش‌گذاری لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مدلی مفهومی جهت مکان‌یابی بهینه‌ی این مراکز ارائه گردد. به کمک روش پیشنهادی این پژوهش، متولیان امر می‌توانند علاوه بر ارزیابی و تحلیل جانمایی وضع موجود بیمارستان‌های شهرها، مکان‌های مناسب برای برپایی پایگاه‌های خدمات درمانی اضطراری و مراکز درمانی جدید را از قبل شناسایی نمایند تا قابلیت ارائه خدمات به موقع به مصدومان در زمان رخداد زلزله با کیفیت بهتری فراهم شود.

### مقدمه

کشور ایران به دلیل قرارگیری بر روی کمربند لرزه‌ای آلپ - هیمالیا، در معرض رخداد زمین‌لرزه قرار دارد و هر از چندگاهی شاهد وقوع زمین‌لرزه‌های کوچک تا بزرگ در نقاط مختلف کشور هستیم. براساس آمار موجود هر سال رخداد یک زلزله با بزرگای بیش از ۶ و هر ده سال بیش از ۷ در کشور قابل انتظار است. در دهه‌های اخیر زلزله‌های ویرانگر متعددی در کشور رخ داده است که برخی از آنها نظیر زلزله‌های طیس (۱۳۵۷)، منجیل-رودبار (۱۳۶۹) و بم (۱۳۸۲) عواقب ناگوار اقتصادی و اجتماعی قابل ملاحظه‌ای در پی داشته‌اند. این رویدادها نشان داده‌اند که شهرهای ایران در معرض خطر زلزله قرار دارند و می‌بایست برای کاهش ریسک زلزله در این شهرها اقدامات لازم را از قبل به عمل آورد. در واقع بسیاری از شهرهای کشور به دلایل مختلف از جمله نحوه توزیع کاربری‌ها، توسعه فیزیکی نامناسب، رشد سکونتگاهها در مناطق در معرض خطرات طبیعی، عدم رعایت استانداردهای لازم در ساخت و ساز و بسیاری مسائل دیگر از خطرپذیری بالایی در برابر رخداد سوانح طبیعی برخوردار می‌باشند. بدین ترتیب و در وضعیت فعلی، مواجهه با تعداد زیاد مصدومان در زمان رخداد زلزله در مناطق شهری موضوعی کاملاً قابل انتظار است و لذا می‌بایست برای ارائه خدمات لازم و به موقع به مصدومان احتمالی قبل از رخداد زلزله و در کوتاه‌مدت برنامه‌ریزی و اقدامات لازم انجام شود تا بتوان جان افراد بیشتری را که در معرض خطر قرار می‌گیرند، حفظ نمود. این موضوع یکی از اهداف اصلی در کلیه برنامه‌ریزی‌های کاهش ریسک و مدیریت بحران محسوب می‌گردد و در تمام اسناد مرتبط داخلی و بین‌المللی به نحوی منعکس شده است. بدین منظور می‌بایست با توجه به

محدودیت‌های مالی، اعتباری و عملیاتی و با استفاده از روش‌ها و ابزارهای موجود و تجارب موفق سایر کشورها، برنامه‌های قابل اجرا در سطوح محلی تدوین و اجرایی گردند. بدیهی است در برنامه‌ریزی چنین اقداماتی می‌بایست ضمن ارزیابی جامع و دقیق از وضعیت ریسک زلزله و آسیب‌پذیری مستحذات، اقدامات لازم را در مقیاس محلی تا شهری با در نظر گرفتن تمامی عوامل اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و ... به انجام رسانند. برنامه‌ریزی مدیریت انبوه مصدومان (Mass Casualty Management, MCM) مشتمل بر اقدامات گسترده‌ای می‌باشد و بلافاصله بعد از عملیات جستجو و نجات افراد از زیر آوار آغاز می‌گردد. در این برنامه‌ریزی، موقعیت مراکز ارائه خدمات پیشرفته پزشکی (Advanced Medical Posts, AMP) و نیز بیمارستان‌ها مورد بررسی قرار داده شده به نحوی که امکان ارائه خدمات به تعداد زیاد مصدومان ناشی از زلزله فراهم گردد و مراکز درمانی با مصدومان سرپایی اشباع نشوند. بدیهی است مکانیابی این فضاها در این برنامه‌ریزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در آن ضمن توجه به وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌های شهری، باید موضوعاتی نظیر دسترسی‌ها و پارامترهای اجتماعی، اقتصادی و مدیریتی نیز مورد توجه قرار گیرند. البته باید توجه داشت که معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی نسبت به نوع کاربرد، متفاوت و گسترده هستند. اما همه‌ی این معیارها در جهت انتخاب مکان مناسب هم‌سو می‌شوند.

### مدیریت انبوه مصدومان ناشی از سوانح

رسیدگی به وضعیت مصدومان سوانح طبیعی به خصوص زلزله در ساعات اولیه بعد از رخداد آن، اهمیت زیادی در حفظ جان بازماندگان دارد. چنانچه زلزله در منطقه‌ای شهری رخ دهد، با توجه به تعداد زیاد مصدومان، معمولاً امکانات و ظرفیت‌های موجود درمانی و بیمارستانی برای ارائه خدمات مورد نیاز کافی نمی‌باشند. مهم‌ترین تنگناها و مشکلات موجود در رسیدگی به اوضاع مصدومان در سوانحی چون زلزله به شرح زیر می‌باشند:

- اقدامات وسیع و گسترده‌ای می‌بایست در حوزه درمان و بهداشت در زمان بسیار کوتاهی انجام شود؛
- منابع موجود سریعاً با مصدومان سرپایی اشباع می‌شوند و بدین ترتیب قابلیت پذیرش خود را برای مصدومین نیازمند بستری شدن از دست می‌دهند؛
- عملیات فرماندهی و ستادی مربوط به هماهنگی مراکز درمانی در پذیرش مصدومان، بعثت صدمات وارده به ساختمانها و شبکه‌های مرتبط با آنها مختل می‌شود؛
- بسیاری از پرسنل و نیروهای بهداشتی و درمانی یا خانواده‌های ایشان در اثر سانحه آسیب می‌بینند و در زمان بعد از رخداد زلزله در دسترس نیستند؛
- پشتیبانی از مراکز درمانی به سبب از بین رفتن منابع و نیروها، انسداد راهها، نبود اطلاعات از منابع مورد نیاز و مواردی از این قبیل مختل می‌گردد؛
- نیازهای درمانی و بهداشتی پس از رخداد سوانح به مرور تغییر می‌کنند و برنامه‌ریزی انجام اقدامات مرتبط می‌بایست متناسب با این تغییرات انجام شود (جدول ۱).

به منظور بهبود مدیریت خدمات درمانی و بهداشتی در سوانح طبیعی، مطالعات مختلفی تا کنون انجام شده و مدل‌هایی نیز توسط مراکز مرتبط ارائه شده است. از میان مدل‌های ارائه شده مدلی که توسط سازمان بهداشت آمریکا (PAHO) ارائه گردیده از مقبولیت بیشتری در بین متخصصین برخوردار است و قابلیت اجرای بهتری نیز دارد (PAHO, 2001 & 1994). این مدل به عنوان مدیریت متمرکز مصدومان (Mass Casualty Management, MCM) شناخته می‌شود که برگرفته از استانداردهای سازمان بهداشت جهانی است (WHO, 1989).

جدول ۱: تغییرات اقدامات مورد نیاز در بخش بهداشت و درمان اضطراری با مرور زمان (امینی حسینی و همکاران ۱۳۸۸)

ماه دوم	ماه اول	هفته دوم	هفته اول	روز دوم و سوم	روز اول	زمان / نوع فعالیت
خطر شیوع بیماریهای عفونی و مسری در بین بازماندگان	افزایش بیماری‌های عفونی و وخیم شدن شرایط این بیماران	کاهش مصدومان نیازمند به جراحی و افزایش بیماران داخلی	درمان مصدومان	ترباژ و درمان اضطراری	فعال‌سازی اقدامات	خدمات درمانی
بهداشت محیط و کنترل اپیدمی	کنترل شرایط بهداشت و افزایش نیاز به روان‌درمانی	ضدعفونی و پاک‌سازی محیط و جلوگیری از اپیدمی	پاک‌سازی و بهداشت محیط	آماده‌سازی و استقرار تیمها	فعال‌سازی اقدامات	خدمات بهداشتی

در این سیستم، مصدومان در فاصله صحنه‌ی حادثه تا بیمارستان، در مراحل مختلف به شرح ذیل، تحت پوشش درمانی و مراقبت‌های مختلف پزشکی قرار می‌گیرند (جدول (۲)).

الف- ارائه کمک‌های اولیه در هنگام بیرون آوردن مصدومان از زیر آوار (جستجو و نجات) در محل توسط نیروهای محلی و مردم؛

ب- انجام تریاژ و کمک‌های اولیه هنگام انتقال مصدومان به مراکز جمع‌آوری (Collecting Point) در سطح واحدهای همسایگی توسط نیروهای داوطلب و آموزش‌دیده؛

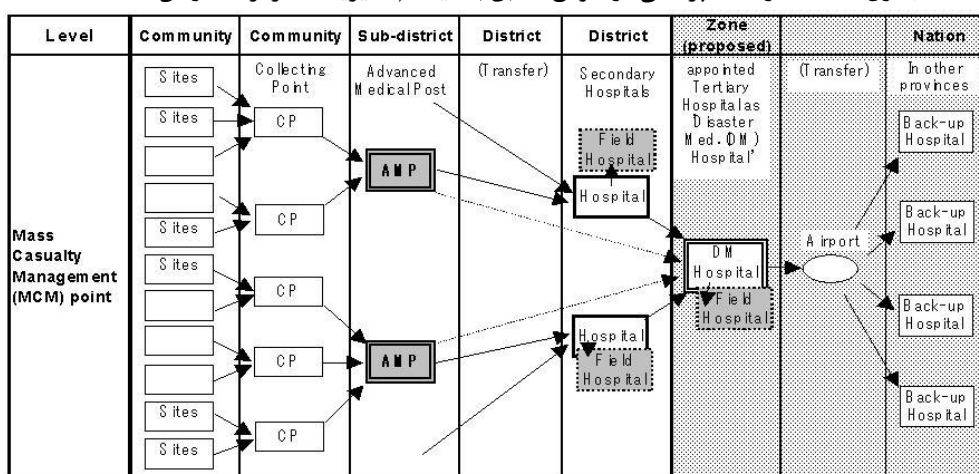
ج- ارائه خدمات درمانی اولیه و پایدارسازی مصدومان در پایگاه‌های ارائه‌کننده خدمات پزشکی پیشرفته (Advanced Medical Posts, AMP) که در سطح محله برپا می‌شوند و کادر پزشکی مجرب در آنها مستقر است؛

د- انتقال مصدومان بعد از تریاژ و درمان اولیه (پایدارسازی) به بیمارستان‌های سطح دو مستقر در مناطق شهری یا بیمارستان‌های صحرائی برپا شده در سطح هر منطقه شهری برای درمان و مدیریت وضعیت مصدومان؛

ه- انتقال مصدومان جدی به بیمارستان‌های سوانح یا سطح سه در شهر برای درمان‌های تخصصی؛

و- انتقال مصدومان به بیمارستان‌های شهرهای دیگر با هواپیما برای درمان نهایی.

جدول ۲: ساختار امداد پزشکی در سوانح مطابق با سیستم مدیریت متمرکز مصدومان (MCM)



در ایجاد سامانه مدیریت انبوه مصدومان ایجاد پایگاه‌های ارائه خدمات پزشکی اضطراری یا AMP از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. مهم‌ترین وظیفه پایگاه‌های پزشکی پیشرفته علاوه بر تفکیک مصدومان سطحی از مصدومان دارای شرایط حاد نیازمند به بستری شدن در بیمارستان، ارائه خدمات پزشکی اضطراری و نیز خدمات درمانی سرپایی به مصدومان می‌باشد. در واقع با توجه به محدودیت فضاهای درمانی باقیمانده بعد از زلزله ضرورت دارد که تنها افرادی به بیمارستان‌ها اعزام گردند که نیازمند دریافت خدمات فوری و ضروری می‌باشند و سایر مصدومان می‌بایست در فضاهای مرتبط پایگاه‌های پزشکی پیشرفته (AMP) مورد رسیدگی و درمان قرار گیرند. لذا وجود این مراکز نقش مهمی در ارائه سریع‌تر و منظم‌تر خدمات درمانی اولیه به مصدومین و در صورت لزوم اعزام آنها به بیمارستان‌ها و یا مراکز درمانی دیگر دارد. به عنوان مثال برآوردها نشان می‌دهد که در صورت رخداد زلزله‌ای بزرگ در تهران بیش از یک میلیون مصدوم برجای خواهند ماند که رسیدگی به این تعداد مصدوم نیاز به حداقل ۳۰۰۰ پست خدمات پزشکی اضطراری و ۶۰۰۰ تیم درمانی با ۱۸۰۰۰ پزشک دارد که می‌بایست برای تأمین آنها تمهیدات لازم اندیشیده شود (JICA & TDMMO, 2004). در این راستا لازم است قبل از وقوع این رویداد نسبت به پیش‌بینی مکان‌های لازم برای قرارگیری این پایگاه‌ها و تجهیز آنها با امکانات مورد نیازشان اقدامات لازم صورت پذیرد. این پایگاه‌ها می‌بایست توزیع مناسبی برحسب سناریوی زلزله داشته باشند، به طوری که کل محدوده را با توجه به تراکم جمعیت و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها پوشش دهند (حتی‌المقدور در شعاع دسترسی حدود ۵۰۰ متر به واحدهای مسکونی یک پایگاه می‌بایست مکانیابی گردد). همچنین لازم است به شریان‌های حیاتی قابل استفاده در زمان بحران نظیر برق، آب و تلفن دسترسی داشته باشند و ترجیحاً در مجاورت راه‌های اضطراری و نزدیک به فضاهای تخلیه امن محلی یا منطقه‌ای مکانیابی گردند تا امکان توقف وسایط نقلیه جهت تخلیه و سوار نمودن مصدومین در مجاورت آنها فراهم باشد. وجود فضای بسته (با ابعاد حدود ۴۰ متر مربع) مقاوم در برابر زلزله یا کانکس‌هایی با ابعاد مناسب در این پایگاه‌ها در کنار فضای باز کافی ضروریست. فضای باز در شرایط بحران برای رسیدگی به مصدومین و یا انجام درمان سرپایی مورد نیاز خواهد بود. در شرایط عادی نیز می‌توان از این فضاها علاوه بر کاربری فضای سبز و ورزشی، به منظور انجام آموزش‌های همگانی یا تمرین‌های محله محور آمادگی در برابر زلزله استفاده نمود. برای اداره این پایگاه‌ها ترجیحاً از پرسنل درمانی ساکن در محدوده منطقه مورد نظر و یا داوطلبان آموزش دیده ساکن در منطقه می‌بایست استفاده شود. انجام مانورهای دوره‌ای برای تمرین نحوه عملکرد در

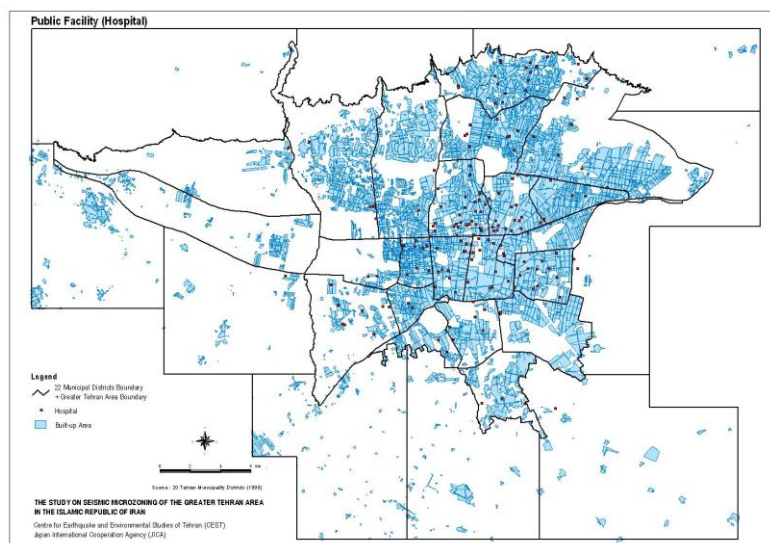
شرایط بحران نیز ضروریست. برخی از فضاها در نظر گرفته شده برای پایگاه‌های پزشکی پیشرفته با توجه به توزیع جغرافیایی و جمعیت تحت پوشش آنها ترجیحاً می‌بایست قابل استفاده برای احداث بیمارستان‌های صحرایی که از دیگر استان‌ها یا خارج از کشور به منطقه ارسال می‌گردند (با امکان تأمین منابع آب و برق اضطراری) نیز باشند (امینی‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۳).

بیمارستان‌ها نیز نقش مهمی در رسیدگی به وضعیت مصدمان سوانح طبیعی دارند و بر اساس نوع خدمات‌رسانی آنها به مصدومان در سطوح مختلف دسته‌بندی می‌شوند. تعیین محل بیمارستان‌ها در شهرهای در معرض خطر زلزله و شناسایی نقاط ضعف و وضعیت آسیب‌پذیری آنها می‌تواند نحوه ارائه خدمات پزشکی اضطراری را در یک منطقه شهری مشخص نماید. برای ارتقای عملکرد بیمارستان‌ها در مواجهه با سوانح طبیعی نکات مختلفی می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. به عنوان مثال لازم است برنامه بهسازی و مقاوم‌سازی ساختمان بیمارستان‌ها و شریان‌های حیاتی مرتبط باید در دستور کار مقامات ذیربط قرار گیرد تا امکان سرویس‌دهی این مراکز بعد از زلزله‌های بزرگ فراهم شود. در زلزله‌های گذشته در ایران، اغلب بیمارستان‌ها و مراکز درمانی موجود در مناطق تحت تاثیر زمین‌لرزه، به سبب آسیب‌پذیری سازه آنها تخریب شده یا بصورت جدی آسیب دیدند و نتوانستند خدمات درمانی مورد انتظار را بعد از رخداد زلزله ارائه نمایند (شکل ۱).



شکل ۱: آسیب بیمارستان ولی عصر (عج) در زلزله منجیل (۱۳۶۹) و بیمارستان امام خمینی (ره) در زلزله بم (۱۳۸۲)

توزیع بیمارستان‌ها و مراکز درمانی می‌بایست متناسب با آسیب‌پذیری نقاط مختلف شهر و تراکم جمعیت انجام شود. حتی‌المقدور می‌بایست در شعاع دو کیلومتر هر واحد مسکونی یک بیمارستان واقع شده باشد. همچنین مراکز درمانی باید در مجاورت راه‌های اضطراری مکانیابی شوند تا در اثر انسداد راه‌ها مشکلی در دسترسی به آنها ایجاد نشود. در حال حاضر در بسیاری از شهرها، مراکز درمانی توزیع مناسبی نداشته و در قسمت‌های محدودی از شهرها متمرکز شده‌اند. نمونه‌ای از این تمرکز در شهر تهران در شکل (۲) نشان داده شده است. همچنین بهتر است حتی‌المقدور محل زندگی پرسنل بیمارستان به محل کار آنها نزدیک باشد تا در صورت وقوع زلزله بتوانند سریعاً خود را به بیمارستان برسانند.



شکل ۲: توزیع نامتناسب بیمارستان‌ها در سطح شهر تهران (JICA & TDMMO, 2004)

لازم به ذکر است که در مکانیابی بیمارستان‌ها می‌بایست به سطح خدمات‌دهی آنها نیز توجه نمود. از آن‌جا که کلیه بیمارستان‌ها از امکانات عمل جراحی و مراقبت‌های ویژه بهره‌مند نیستند، بیماران باید بر اساس ظرفیت بیمارستان‌های واجد شرایط، به این مراکز انتقال داده شوند. به عبارت دیگر در مناطق مختلف شهری و یا در مجموعه‌ای از چند منطقه شهری می‌بایست تنوعی از مراکز درمانی و بیمارستان‌های مختلف با سطوح مختلف خدمات‌رسانی در شرایط اضطراری مکانیابی شوند. نمونه‌ای از نحوه طبقه‌بندی بیمارستان‌ها براساس خدمات‌دهی آنها در سطوح مختلف در جدول (۳) نشان داده شده است. این دسته‌بندی کمک می‌کند تا با تخصیص مناسب مصدومان (پس از تریاژ و پایدارسازی) بیمارستان‌های سطح ۳ با ازدحام بیماران سرپایی مواجه نشوند و قابلیت عملکرد آنها دچار اختلال نشود.

جدول ۳: نقش بیمارستان‌ها طی دوره بحران بر اساس سطح عملکرد آنها (امینی حسینی و همکاران، ۱۳۸۸)

سطح موجود	نقش مورد نظر طی دوره بحران
سطح ۱	۱. درمان بیماران سرپایی: تریاژ و درمان ساده؛ ۲. فاقد خدمات بستری: انتقال بیماران حادثه به بیمارستان‌ها در سطح ۲، ۳. عملکرد تقریباً مشابه با پایگاه‌های پزشکی پیشرفته
سطح ۲	۱. درمان بیماران سرپایی: تریاژ و درمان ساده؛ ۲. خدمات بستری: فقط برای موارد متوسط (غیرحاد). موارد حاد باید به بیمارستان‌های سطح ۳ منتقل شوند. ۳. ارائه خدمات بستری (فقط توسط بیمارستان‌های سطح ۲ دارای امکانات جراحی) ۴. نیاز به افزایش ظرفیت جدید از طریق تخلیه بیمارانی که از قبل بستری بوده‌اند.
سطح ۳	۱. عدم ارائه درمان سرپایی، جز برای بیمارانی که از پایگاه‌های پزشکی پیشرفته و یا بیمارستان‌های سطوح ۱ و ۲ منتقل شده باشند. ۲. ارائه خدمات بستری ویژه به بیمارانی با وضعیت حاد و خدمات محدود به افرادی با امید به زنده ماندن ۳. نیاز به تخلیه و انتقال بیماران بستری، به منظور افزایش ظرفیت

### مدل توسعه مراکز درمانی در شهرهای لرزه‌خیز

همانطور که ملاحظه می‌گردد مکان‌یابی مراکز ارائه‌دهنده خدمات درمانی از اهمیت زیادی در کاهش تلفات زلزله برخوردار است. البته کاربری‌های درمانی به دلیل مشخصه‌های خاص خود دارای استانداردهایی نیز می‌باشند ولی این استانداردها در ارتباط با شهرهای مختلف و نوع واحدهای بهداشتی-درمانی متفاوت است. در بعضی از کشورها مساحت لازم برای بیمارستان در مقابل هر تخت بیمارستانی ۱۰۰ تا ۲۰۰ مترمربع است و در بعضی دیگر در مقابل هر ۴۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ نفر سکنه شهر یک بیمارستان در نظر گرفته می‌شود. همچنین گاهی در مقابل هر هزار نفر ساکن شهری ۹ تا ۱۰ تخت بیمارستان پیش‌بینی می‌گردد. برای درمانگاه‌ها نیز ۰.۱ تا ۰.۲ مترمربع در مقابل هر ساکن شهری زمین مورد نیاز است (حقیقت‌فرد، ۱۳۹۱). البته این معیارها در مناطق لرزه‌خیز کاملاً متفاوت بوده و لازم است برای انتخاب محل بیمارستان‌ها و مراکز درمانی دیگر نظیر AMP به پارامترهای مختلفی از جمله آسیب‌پذیری، توزیع مصدومان، توزیع جمعیتی، مخاطرات ثانویه حاصل از زلزله (نظیر آتش-سوزی و نشست مواد خطرناک)، وضعیت اقتصادی، وجود فضاهای باز و امکانات مورد نیاز برای خدمات بیمارستانی و موارد متعدد دیگری نیز توجه شود. این پارامترها را می‌توان در قالب مدل مفهومی زیر در نظر گرفت.

$$\text{فاصله برای مناطق در معرض سوانح} \sim \text{فاصله برای مناطق عادی} \times \left( \frac{F \times P \times M}{\sum P_{(0+1)} \times R \times D \times H} \right)$$

این مدل نشان می‌دهد که فاصله مناسب سکونتگاه‌ها از مراکز درمانی در شهرهای در معرض خطر زلزله تابعی است از پارامترهایی نظیر مدیریت (M)، برنامه‌ریزی (P) و امکانات (F) در سطح منطقه و مراکز درمانی موجود برای مواجهه با انبوه مصدومان و نیز تعداد مصدومان بستری و سرپایی ( $P_{(0+1)}$ )، وضعیت راه‌ها (R)، تراکم جمعیت (D)، و مخاطرات موجود (H).

### مکانیابی مراکز درمانی در منطقه ۱۷ شهر تهران

در این تحقیق، به منظور تعیین ضرایب وزنی هر یک از معیارها و مؤلفه‌های مربوط به آنها، پرسش‌نامه‌ای تهیه شد و مصاحبه حضوری با تعدادی از کارشناسان و صاحب‌نظران در حوزه‌های مربوط به ریسک زلزله انجام پذیرفت. در این مصاحبه‌ها علاوه بر وزن‌دهی معیارها، کارایی شاخص‌ها و مؤلفه‌های ارائه شده نیز مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت از روش AHP برای جمع‌بندی اطلاعات به دست آمده و وزن‌دهی

شاخص‌ها و مؤلفه‌های آنها استفاده شد (Saaty 1980). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یک روش منعطف و کمی برای انتخاب از میان گزینه‌های مختلف است که بر اساس روابط کارکردی نسبت به یک یا چند شاخص مرتبط عمل می‌کند. (Boroushaki and Malczewski, 2008). استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی به همراه سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مکان‌یابی مراکز امداد و نجات، دو مرحله‌ی اساسی را شامل می‌شود. در مرحله‌ی نخست برای دستیابی به هدف مطالعه، معیارها و زیرمعیارهای لازم تدوین می‌شود. این معیارها از طریق منابع علمی، پژوهش‌های انجام شده‌ی پیشین و بخش توضیحات تعبیه شده در پرسشنامه گردآوری می‌گردند. در مرحله‌ی دوم این معیارها وزن‌دهی می‌شوند (حاجی‌بابایی، ۱۳۹۳).

در مطالعه موردی این پژوهش، وزن‌دهی معیارها از طریق پرسشنامه‌ی طراحی شده و مطرح کردن آن با متخصصین امر صورت گرفت. این متخصصین از سه گروه مدیران بحران، متخصصین زلزله یا سازه و متخصصین امور خدمات بهداشتی، پزشکی و درمانی انتخاب شدند. برای تعیین وزن، معیارها و زیرمعیارها دو به دو با هم مقایسه شده، سپس این وزن‌ها در ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها قرار گرفتند. با استفاده از روش تقریبی میانگین هندسی، وزن معیارها که برابر است با تقسیم میانگین هندسی هر معیار به جمع میانگین‌ها به دست آمد. مقایسه‌های دوه‌دو در یک ماتریس  $n$  در  $n$  ثبت شدند. این ماتریس، ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها نامیده می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، اگر اهمیت معیار  $i$  نسبت به  $j$  برابر  $k$  باشد، اهمیت معیار  $j$  نسبت به  $i$  برابر  $1/k$  خواهد بود. در هر مقایسه‌ی دودویی، دو مقدار عددی  $a_{ij}$  و  $1/a_{ij}$  را خواهیم داشت.

جدول ۴: طبقه‌بندی ۹ کمیته‌ی ساعتی

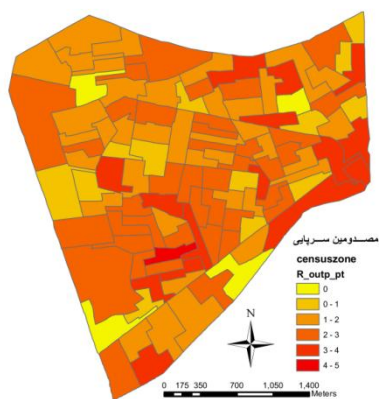
امتیاز	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند.
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت $i$ کمی بیشتر از $j$ است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت $i$ بیشتر از $j$ است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت $i$ خیلی بیشتر از $j$ است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر $i$ نسبت به $j$ به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۲-۴-۶-۸	حالت‌های بینابینی	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای وزن‌دهی به معیارها از روش دلفی استفاده شد. به این شکل که ابتدا تمامی مقایسه‌های دوه‌دو بین معیارها از طریق پرسشنامه‌ی طرح شده و دانش و تجربه‌ی متخصصین به دست آمد. سپس وزن این معیارها در نرم‌افزار Microsoft Excel با استفاده از روش میانگین هندسی، محاسبه شد. براساس این محاسبات، ضرایب معیارهای اصلی به این صورت به دست آمد: ظرفیت واکنش اضطراری: ۰/۲۶، آسیب‌پذیری: ۰/۵ و خطر: ۰/۲۴. همچنین وزن معیارهای فرعی در جدول (۵) آمده است.

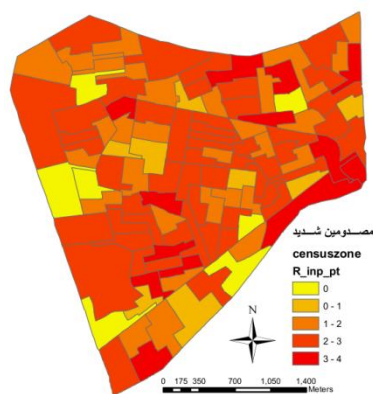
جدول ۵: نتایج وزن‌دهی زیرمعیارها

معیار	وزن معیار	معیار	وزن معیار
جنبش شدید زمین	۰/۱۵۱۲	میزان مصدومین شدید ناشی از زلزله	۰/۰۳۵۷
آتش‌سوزی	۰/۰۸۸۸	میزان مصدومین سرپایی ناشی از زلزله	۰/۰۵۶۱
دسترسی‌ها	۰/۳۳	مساحت فضاهای باز موجود	۰/۲۶
مشخصات جمعیتی (با توجه به سن، جنسیت و تراکم)	۰/۰۷۸۲		

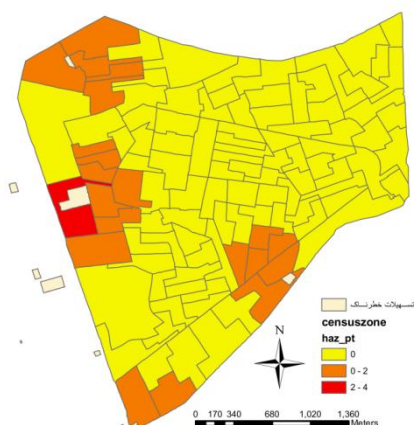
در مرحله‌ی سوم در محیط Arc GIS برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها لایه‌ای تعریف شد که در هر لایه، میزان مناسب بودن هر ناحیه برای احداث بیمارستان از دید آن معیار مشخص گردید. به عنوان مثال از نظر وضعیت مصدومین شدید تحت سناریوی گسل ری، ابتدا تعداد مصدومین شدید به هر ناحیه اختصاص داده شد. سپس این تعداد بر اساس روش «میانگین منهای دو برابر انحراف معیار» استاندارد گردیدند. این استانداردسازی از آن جهت حائز اهمیت است که مقادیر معیارهای مختلف دارای بازه‌های متفاوت است و برای محاسبه‌ی امتیاز نهایی نواحی، این مقادیر باید به یک بازه‌ی معین استانداردسازی شوند. در نتیجه اعداد اختصاص یافته به هر ناحیه به بازه‌ی ۰ تا ۵ محدود گردید. اعداد استاندارد شده‌ی اختصاص داده شده به هر ناحیه برای چند معیار در شکل‌های (۳) تا (۷) نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که شکل‌های مصدومین شدید و سرپایی مربوط به سناریوی گسل ری می‌باشند.



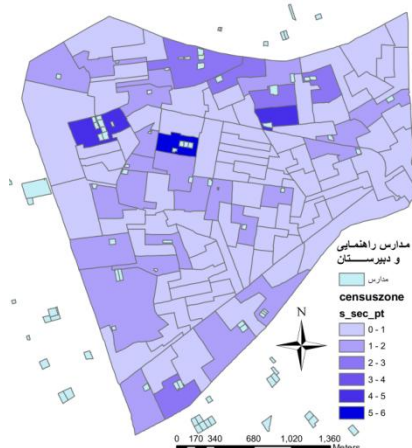
شکل ۴: مقادیر استاندارد شده مصدومین سرپایی



شکل ۳: مقادیر استاندارد شده مصدومین شدید

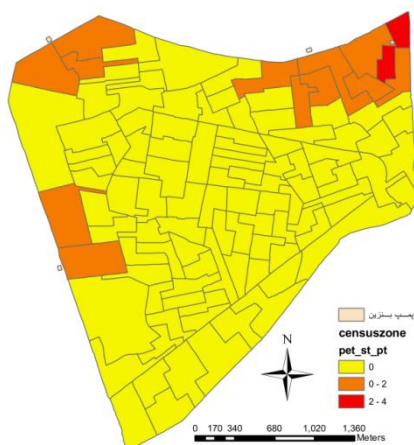


(ب)

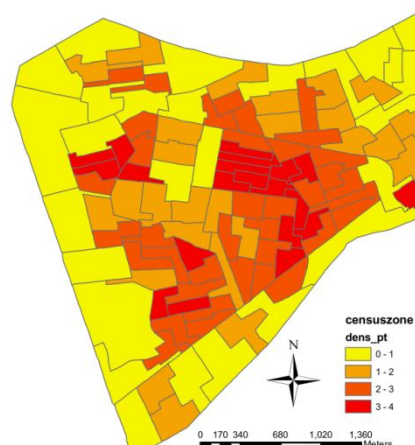


(الف)

شکل ۵: الف- مقادیر استاندارد شده ی نسبت مساحت مدارس متوسطه به مساحت زون؛ ب- امتیاز زون‌ها بر اساس وجود تاسیسات خطرناک



شکل ۷: امتیاز زون‌ها بر اساس وجود پمپ بنزین‌ها



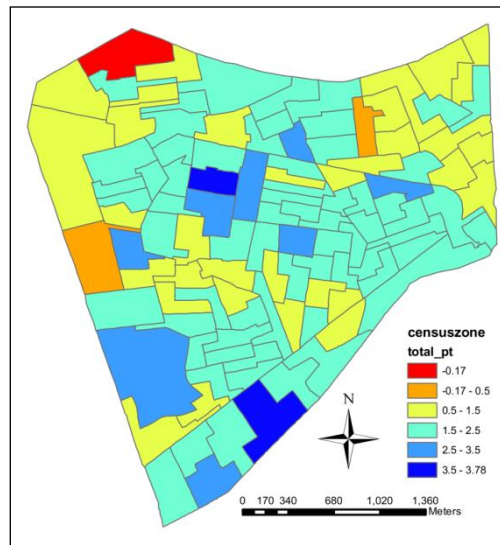
شکل ۶: مقادیر استاندارد شده تراکم جمعیت

## نتیجه گیری

در این مقاله ضمن معرفی مدلی برای مدیریت انبوه مصدومان در بافتهای شهری پس از رخداد زلزله، روشی برای مکانیابی مراکز درمانی در سطوح مختلف ارائه شد که براساس آن می‌توان برنامه‌ریزی لازم را برای مواجهه با خیل عظیم مصدومان بعد از رخداد زلزله به انجام رساند. براساس روش ارائه شده، منطقه ۱۷ تهران مورد ارزیابی قرار گرفت و اهمیت پارامترهای مختلف در تعیین مکان مراکز درمانی تعیین شد. پس از در نظر گرفتن تمامی مقادیر استاندارد شده‌ی معیارها در کنار هم، امتیاز نهایی هر ناحیه محاسبه گردید. به این ترتیب که لایه‌های به دست آمده برای هر معیار، بر اساس وزن محاسبه شده‌ی معیارها ترکیب و لایه‌ی نهایی حاصل شد. در این لایه میزان مناسب بودن هر ناحیه برای احداث مراکز



بیمارستانی در حالت کلی مشخص گردید. این لایه در شکل (۸) نمایش داده شده است. در این شکل مناسب‌ترین نواحی برای احداث بیمارستان به رنگ آبی پررنگ (نواحی دارای بالاترین امتیازها از جهات مختلف) نشان داده شده است.



شکل ۸: امتیاز نهایی هر زون برای احداث بیمارستان

## فهرست مراجع

امینی حسینی ک، تسنیمی ع، قائم‌امیان م، محمدی م، منصوری ب و حسینیون س. (۱۳۸۸) ارزیابی مدیریت بحران در سطح محلی و ارائه راهکارهای اجرایی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

امینی حسینی ک، جعفری م، منصوری ب و قائم‌امیان م (۱۳۹۳) تدوین معیارهای توسعه شهری در مناطق لرزه‌خیز، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

حقیقت‌فرد پ (۱۳۹۱) مکان‌یابی بهینه مراکز درمانی شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۱۱ شهر تهران)، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت بهداشت و خدمات درمانی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

حاجی‌بابایی م (۱۳۹۳) مدلی جدید برای ارزیابی ریسک زلزله در بافت‌های شهری بر اساس ترکیب مؤثرترین مؤلفه‌های آسیب‌پذیری و خطر زلزله، رساله مقطع دکترا، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

Borouhaki S and Malczewski J (2008) Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS, Computers & Geosciences, 34, 399-410

Japan International Cooperation Agency (JICA) and Tehran Disaster Mitigation and Management Center (TDMMO) (2004), The comprehensive Master Plan Study on Urban Seismic Disaster Prevention and Management for the Greater Tehran Area, GE, JR, 04-039

Pan American Health Organization, PAHO (2001) Establishing a Mass Casualty Management System, The United States

Pan American Health Organization, PAHO (1994) Disaster Chronicles No. 3, Earthquake in Mexico, September 19 and 20, 1985, The United States

Saaty TL (1980) The Analytic Hierarchy Process: McGraw Hill International

World Health Organization, WHO (1989) Coping with Natural Disasters: The Role of Local Health Personnel and the Community: Working Guide