

# مکان‌یابی مراکز امداد رسانی و نحوه تخصیص مصدومین به این مراکز در زمان وقوع زلزله

حمیدرضا فیلی، کتابیون ضمیری آذر، گلاره باقری روزبهانی

دانشکده فنی - مهندسی دانشگاه الزهراء

hrfeili@gmail.com

## چکیده

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن دست به گریبان هستند، موضوع حوادث طبیعی از جمله زلزله می‌باشد. با توجه به ماهیت غیر مترقبه بودن غالب حوادث طبیعی، اتخاذ سریع و صحیح تصمیم‌ها و اجرای عملیات، لازم است. در صورت وقوع زلزله، اولین اقدامی که به منظور کنترل و مهار دامنه بحران صورت خواهد گرفت عملیات امداد و نجات می‌باشد. زیرا عدم یاری رسانی به موقع، موجب افزایش قابل توجه قربانیان خواهد شد. بنابراین تعیین محل مناسب جهت احداث مراکز امداد رسانی، یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید به آن پرداخته شود. مقاله حاضر با هدف کاهش هزینه‌های حمل و نقل و هزینه‌های ثابت تأسیس مراکز امداد رسانی به مکان‌یابی این مراکز و همچنین تخصیص مصدومین به این مراکز می‌پردازد. بدین منظور بر اساس قابلیت دسترسی، نبودن در محدوده‌های خطرناک ناشی از فروریزی ساختمان و انفجارها و آتش سوزی‌های ناشی از زلزله، مکان‌هایی جهت استقرار مراکز امداد رسانی پیشنهاد می‌شوند. سپس با توجه به میزان مصدومین مستقر در بخشهای مختلف شهر، به انتخاب و تعیین مراکز امداد رسانی، تخصیص و انتقال مصدومین به این مراکز و بیمارستان‌ها پرداخته خواهد شد. قابل ذکر است که مصدومین بر حسب میزان جراحات به دو دسته تفکیک می‌شوند. بدین صورت که بخشی از آنان صرفاً در مراکز امداد رسانی مداوا شده و گروه دوم جهت تکمیل مداوا به بیمارستان منتقل خواهند شد. در ادامه بر اساس اطلاعات و ساختار مسأله، به مدل‌سازی ریاضی، حل مسأله توسط نرم افزار lingo11.0 و تحلیل نتایج پرداخته خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** مکان‌یابی، مدل ریاضی، تخصیص، مدیریت بحران، زلزله.

## ۱. مقدمه

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن دست به گریبان هستند، موضوع حوادث طبیعی است. گستره جغرافیایی ایران از نظر احتمال وقوع حوادث طبیعی به ویژه زلزله، از آسیب پذیرترین بخشهای کره زمین است که هر ساله وقوع این حوادث موجب خسارت‌های جانی و مالی فراوان می‌شود و گستره‌های شهری نیز همواره تجربه تلخی از بروز این گونه بلاها داشته - اند و به نظر می‌رسد انجام برنامه ریزی خاص جهت مصون سازی هرچه بیشتر فضاهای شهری ضرورت دارد. بدون شک زلزله - های شدید، خرابی‌های زیادی را به بار می‌آورد که علاوه بر کشتار اولیه به دلیل تخریب فراوان و زیر آوار ماندن تعدادی دیگر از افراد بر شدت حادثه می‌افزاید. از طرفی کشور ما به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه و از همه مهم‌تر زلزله‌خیز و در معرض بلایای طبیعی است، ولی کمبود برنامه‌ریزی و اقدامات لازم، در طی دهه‌های پیش، همواره در زمینه بروز بلایای طبیعی و از جمله زلزله دوره ای بسیار پرهیاهو و سخت را پشت سر گذاشته است. اگر چه نمی‌توان از زمین لرزه‌ها پیشگیری کرد ولی می‌توان با محاسبات کارا و دقیق و انجام کارهای پیشگیرانه، تلفات جانی ناشی از زلزله و خسارت وارده به اموال را تا حد زیادی کاهش داد. لزوم اتخاذ سریع و صحیح تصمیم‌ها و اجرای عملیات و توجه به مبانی نظری و بنیادی آن، دانشی را تحت عنوان مدیریت بحران به وجود

آورده است. این دانش به مجموعه فعالیت‌هایی اتلاق می‌شود که قبل، بعد و هنگام وقوع بحران برای کاهش اثرات این حوادث و کاهش آسیب پذیری انجام می‌گیرد. در نتیجه، در صورت وقوع زلزله اولین اقدامی که به منظور کنترل و مهار دامنه بحران صورت خواهد گرفت عملیات امداد و نجات می‌باشد. زیرا عدم یاری رسانی به موقع موجب افزایش قابل توجه قربانیان خواهد شد. [۱] بنابراین تعیین محل مناسب جهت احداث مراکز کمک رسانی زلزله یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید به آن پرداخته شود. عدم وجود پژوهشی مناسب در این زمینه، ما را بر آن داشت تا به ارائه مدلی جهت تعیین بهترین مکان‌های ممکن برای تأسیس مراکز امداد رسانی و تخصیص مناسب مصدومین به این مراکز بپردازیم.

## ۱-۱. مرور ادبیات مدل‌های مکان‌یابی برای امداد رسانی در مواقع اضطراری

در این بخش به مرور ادبیات مسائل مکان‌یابی برای احداث مراکز امداد رسانی در مواقع اضطراری می‌پردازیم. اولین بار Toregas در سال ۱۹۷۱ برای مکان‌یابی محل‌های احداث مراکز امداد رسانی در مواقع اضطراری از *The location set covering problem (LSCP)* استفاده کرد [۲]. هدف در این تحقیق، مکان‌یابی حداقل تعداد ممکن تجهیزات برای پوشش کلیه نقاط تقاضا بود. از آنجا که در LSCP باید نیاز کلیه نقاط تقاضا بدون در نظر گرفتن جمعیت، فواصل و مقدار تقاضای آنها برآورده شود، منابع تجهیزاتی بیشتری را لازم دارند. با در نظر گرفتن این مشکل Church و Revelle در سال ۱۹۷۴ و موازی با آنها، Case و White در همان سال مدل *maximal covering location problem (MCLP)* را که در آن نیازی به پوشش کامل تقاضاهای تمام نقاط نیست را گسترش دادند. در این مدل به جای پوشش کامل تقاضاهای تمام نقاط، هدف حداکثر کردن پوشش با داشتن تعداد مشخصی از تجهیزات می‌باشد. Schilling et al در سال ۱۹۷۹ مدل MCLP را تعمیم داده و آن را برای مکان‌یابی محل‌های احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر Baltimore به کار برد. یک مثال قابل توجه از کاربرد MCLP کار انجام شده به وسیله Eaton et al در سال ۱۹۸۵ می‌باشد که در این مقاله مدلی برای مکان‌یابی مراکز خدمات اورژانس پزشکی در Texas به کار رفته است. [۶] Benedict در سال ۱۹۸۳ و Eaton et al موازی با Hogan و Revelle در سال ۱۹۸۶ مدل‌های MCLP ای برای مکان‌یابی محل‌های احداث مراکز امداد رسانی در مواقع اضطراری ارائه کردند که دارای یک تابع هدف ثانویه به منظور حداکثر کردن پوشش پشتیبان می‌باشند. Hogan و Revelle در سال ۱۹۸۶ مدل‌های BACOP2 را فرموله کردند که این مدل‌ها قادراند جمعیتی را که به ترتیب پوشش اولیه و ثانویه دریافت می‌کنند را حداکثر کنند. Bianchi و Church در سال ۱۹۸۸ مدلی برای مکان‌یابی ارائه کردند که در آن تعداد تجهیزات به کار رفته برای خدمت‌دهی را محدود کرده اما در عوض از بیش از یک خدمت دهنده در هر ایستگاه برای پوشش استفاده کرده اند. [۳]

تحقیقات در زمینه مدل‌های پوشش دهنده خدمات اضطراری، با وارد کردن خصیصه‌های تصادفی و احتمالی موجود در موقعیت‌های اضطراری در این مدل‌ها، گسترش داده شده‌اند. برای مدل‌سازی احتمالی مسائل پوشش خدمات اضطراری، روش‌های مختلفی وجود دارد که از جمله می‌توان مدل‌های محدود شده با شانس (*chance constrained models*) که به وسیله White و Chapman در سال ۱۹۷۴ ارائه شده اند را نام برد.

Hakimi برای اولین بار در سال ۱۹۶۴ مسأله P-Median را مطرح نمود. مدل P-Median بعد از فرموله شدن گسترش یافته و به طور وسیع برای حل مسائل متعددی در زمینه مکان‌یابی محل‌های احداث مراکز امداد رسانی در مواقع اضطراری به کار گرفته شد. Carbone در سال ۱۹۷۴ یک مدل قطعی P-Median را با هدف کمینه کردن فاصله سفر انجام شده به وسیله تعدادی از متقاضیان برای رسیدن به تجهیزات خدماتی محل ثابت، نظیر مراکز درمانی، فرموله کرد. Calvo و Marks در سال ۱۹۷۳، یک مدل P-Median برای مکان‌یابی تجهیزات مراقبت‌های پزشکی چند سطح شامل بیمارستان‌های مرکزی، بیمارستان‌های عمومی و مراکز پذیرش محلی ایجاد کردند. هدف در مدل، کمینه کردن فاصله و هزینه‌های متقاضیان و بیشینه کردن تقاضا و میزان

بکارگیری منابع می‌باشد. [7] Paluzzi در سال ۲۰۰۴ یک مدل مکان‌یابی p-Median ابتکاری را برای مکان‌یابی تجهیزات خدمات اضطراری در شهر Carbondale, IL ارائه و تست کرد. [4] یکی از کاربردهای اصلی مدل‌های P-Median، روانه کردن واحدهای اورژانس نظیر آمبولانس‌ها در مواقع اضطراری می‌باشد. Carson و Batta در سال ۱۹۹۰ یک مدل P-Median را برای تعیین استراتژی موقعیت-یابی پویای آمبولانسها، برای ارائه خدمات اورژانس در یک محوطه مشخص به کار بردند. Berlin et al در سال ۱۹۷۶ دو مسأله P-Median را برای مکان‌یابی بیمارستان‌ها و آمبولانس‌ها بررسی کرد. مسأله اول تاکید شدیدی بر نیازهای بیماران داشت و هدف اصلی آن کمینه سازی میانگین فاصله بین بیمارستان‌ها و نقاط تقاضا و میانگین زمان پاسخ دهی آمبولانس‌ها در فاصله بین پایگاه آنها و نقاط تقاضا می‌باشد در مسأله دوم، یک هدف جدید برای تقویت عملکرد سامانه با کمینه کردن میانگین فاصله بین پایگاه آمبولانسها و بیمارستان‌ها اضافه می‌شود. Mirchandani در سال ۱۹۸۰، یک مسأله P-Median را برای مکان‌یابی واحدهای اورژانس آتش نشانی با در نظر گرفتن خصوصیات تصادفی سفر و الگوهای تقاضا تست کرد. در مقابل مدل‌های P-Median که بر روی بهینه سازی میانگین عملکرد سامانه تمرکز می‌کند، مدل‌های P-Center سعی در کمینه کردن بدترین عملکرد سامانه دارند و بنابراین مکان‌هایی را مشخص می‌کنند که در آنها کمبود و نقصان خدمت دهی مهم‌تر از میانگین عملکرد سامانه می‌باشد. در ادبیات مکان‌یابی، به مدل‌های P-Center، مدل‌های کمینه کننده بیشینه (Min Max Models) هم گفته می‌شود، چون این مدل‌ها سعی در کمینه کردن بیشترین فاصله موجود بین هر نقطه تقاضا و نزدیک‌ترین استقرار مکان خدمت دهنده را به آن دارند. ایده اصلی این مدل‌ها، اولین بار به وسیله Sylvester در سال ۱۸۵۷ مطرح شد. در چند دهه اخیر، مدل‌های P-Center و نمونه‌های گسترش داده شده آن مورد بررسی قرار گرفته و از آنها برای مکان‌یابی تجهیزاتی نظیر مراکز امداد رسانی اورژانس، بیمارستان‌ها، ایستگاه‌های آتش نشانی و سایر تجهیزات عمومی استفاده شده است. [5] به منظور مکان‌یابی تعداد مشخصی از تجهیزات اورژانسی، Garfinkel et al در سال ۱۹۷۷ خصوصیات پایه ای مسائل P-Center را مورد آزمایش قرار داد. Revelle و Hogan در سال ۱۹۸۹ یک مسأله P-Center را برای مکان‌یابی تجهیزات به منظور کمینه کردن بیشترین فاصله ای که در آن خدمات اورژانس با ضریب اطمینان  $\alpha$  موجود باشد را فرمول‌بندی کردند. [2]

Sahin و Süral در سال ۲۰۰۷ به بررسی مدل مکان‌یابی سلسله مراتبی پرداختند. اگرچه سابقاً تعدادی بازبینی مقالات در مورد مسائل مکان‌یابی سلسله مراتبی وجود داشت اما بررسی جامعی از مدل‌ها، از دهه‌ی هشتاد میلادی ارائه نشده بود. در این مقاله، ابتدا یک دسته بندی از مسائل تسهیلات سلسله مراتبی با توجه به ویژگی‌های سامانه‌های مورد مطالعه که بر اساس الگوی جریان، دسترسی به خدمات در هر سطح از سلسله مراتب و ساختار فضایی از خدمات بود، ارائه گردید. سپس به ارائه مدلی با استفاده از برنامه ریزی عدد صحیح مخلوط و حل آن پرداخته شد. [9]

در سال ۲۰۱۰ Syama و Côté در مقاله خود به توسعه و حل مدلی برای مکان‌یابی و تخصیص خدمات درمانی تخصصی از جمله خدمات (TBI) پرداختند. در این مدل هدف کاهش هزینه سرویس دهی بود و با استفاده از روش SA به حل آن پرداختند. [8]

## ۲. بیان مسئله

هدف ما در این مقاله، تعیین محل و مکان‌یابی مراکز امداد رسانی در زمان وقوع زلزله و همچنین تخصیص جمعیت مبادی به مراکز امداد رسانی و یا بیمارستان‌ها می‌باشد. احداث این مراکز در همه ی مناطق امکان‌پذیر نیست. بهتر است محل استقرار این مراکز در قسمتی از منطقه باشد که قابلیت دسترسی آن به همه‌ی قسمت‌های منطقه به صورت نسبی یکسان باشد، مراکز امداد رسانی نباید در محدوده‌های خطرناک ناشی از فروریزی ساختمان‌ها و انفجار پمپ بنزین‌ها ایجاد گردد، هرچقدر محل استقرار این مراکز امداد رسانی وسیع‌تر باشد قابلیت افزایش ظرفیت و امداد رسانی آن بیشتر است. در ادامه به ارائه مدلی می‌پردازیم که پس از

حل آن، هم تعداد و هم محل‌های تأسیس مراکز امداد رسانی و هم نحوه‌ی تخصیص جمعیت مبادی به مراکز امداد رسانی و بیمارستان‌ها مشخص می‌گردد.

## ۲-۱. فرضیات مدل

۱. هر منطقه، مساحتی از دستگاه مختصات را تشکیل می‌دهد که این منطقه با توجه به تراکم جمعیت به زیر بخش‌هایی تقسیم می‌شود که جمعیت در هر منطقه به طور متوازی در بخش‌های آن تقسیم می‌شود.
۲. مرکز این بخش‌ها به عنوان گره‌های مبداء (i) در نظر گرفته می‌شود.
۳. بسته به شرایط محیطی (از قبیل: فضای لازم جهت ایجاد مرکز و اینکه از لحاظ زمینی ایمن باشد یعنی فاصله مطمئنه را از خط زلزله داشته باشد) و همچنین امکان دسترسی به بیمارستان‌ها و مبادی، مجموعه‌ای از گره‌ها به عنوان مراکز امداد رسانی پیشنهاد می‌شوند.
۴. مراکز امداد رسانی (k) به صورت گره‌هایی در این بخش‌ها انتخاب می‌شود. مراکز امداد رسانی می‌تواند در مرز بخش‌ها یا در داخل بخش ایجاد شود.
۵. تعداد مراکز امداد رسانی (k) مورد نیاز در هر بخش پس از حل مدل به دست می‌آید.
۶. ظرفیت مراکز امداد رسانی محدود است و با توجه به امکانات و تعداد سرویس دهندگان در آن مرکز امداد رسانی مشخص می‌شود.
۷. ظرفیت بیمارستان‌ها (ژها) محدود است و با توجه به تعداد خدمت دهندگان و امکانات بیمارستانی اعم از امکانات پزشکی، اتاق‌ها و تخت‌های خالی، مشخص می‌شود.
۸. هر مبداء A می‌تواند به یک یا بیشتر مرکز امداد رسانی K تخصیص یابد. که این موضوع پس از حل مدل به دست می‌آید.
۹. همه‌ی مراکز امداد رسانی به طور مستقیم با بیمارستان‌ها (ژها) ارتباط دارند.
۱۰. فضای حل گسسته و محدود است.
۱۱. در همه‌ی جای مناطق امکان ایجاد مراکز امداد رسانی نیست.
۱۲. جمعیتی که از مبداء A به بیمارستان‌های مختلف یا به مراکز امداد رسانی مختلف منتقل می‌شوند پس از حل مدل به دست می‌آید.
۱۳. جریان از گره مبداء A به بیمارستان Z می‌تواند مستقیماً صورت پذیرد یا ابتدا به مرکز امداد رسانی K و در صورت لزوم به بیمارستان Z انتقال یابد.
۱۴. کل جمعیتی که وارد مرکز امداد رسانی K شده اند به بیمارستان منتقل نمی‌شوند بلکه با توجه به شدت زلزله و تراکم جمعیت منطقه مورد نظر درصدی از جمعیت کل برای مداوای بیشتر به بیمارستان منتقل می‌شوند و بخشی نیز در مرکز امداد رسانی مداوا می‌شوند.

## ۲-۲. مدل ریاضی

$$\text{MIN} \sum_{i,j} C_{ij} X_{ij} + \sum_{i,k} C_{ik} X_{ik} + \sum_{k,j} C_{kj} X_{kj} + \sum_k f_k Y_k \quad i \in N \quad k \in G \quad j \in J$$

s.t

$$\sum_i X_{ik} \leq \theta_k Y_k \quad (1) \quad i \in N \quad k \in G$$

$$\sum X_{ij} + \sum X_{ik} = h_i \quad (2) \quad j \in J \quad i \in N \quad k \in G$$

$$\sum_i X_{ij} + \sum_k X_{kj} \leq \beta_j \quad (3) \quad j \in J \quad i \in N \quad k \in G$$

$$\sum_j X_{kj} = \sum_i \alpha_i X_{ik} \quad (4) \quad j \in J \quad i \in N \quad k \in G$$

$$Y_k \in \{0, 1\}, X_{ik}, X_{kj}, X_{ij} \geq 0 \quad (5)$$

$$Y_k = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

اگر یک مرکز امداد رسانی در گره  $k$  قرار گیرد

O.W

$X_{ik}$ : جمعیتی از مبداء  $i$  که به مرکز امداد  $k$  منتقل می‌شوند.

$X_{ij}$ : جمعیتی از مبداء  $i$  که به بیمارستان  $j$  منتقل می‌شوند.

$X_{kj}$ : جمعیتی از مرکز امداد رسانی  $k$  که برای مداوای بیشتر به بیمارستان  $j$  منتقل می‌شوند.

$h_i$ : جمعیت مصدوم مبداء  $i$

$f_k$ : هزینه ثابت ایجاد مرکز امداد رسانی که با توجه به منطقه و میزان ظرفیت مرکز امداد رسانی مشخص می‌شود.

$C_{ij}$ : هزینه انتقال مصدوم بین گره مبداء  $i$  و بیمارستان  $j$  که رابطه مستقیم با فاصله بین دو گره دارد.

$C_{kj}$ : هزینه انتقال مصدوم بین مرکز امداد رسانی  $k$  و بیمارستان  $j$  که رابطه مستقیم با فاصله بین دو گره دارد.

$C_{ik}$ : هزینه انتقال مصدوم بین مبداء  $i$  و مرکز امداد رسانی  $k$  که رابطه مستقیم با فاصله بین دو گره دارد.

$\alpha_i$ : در صدی از جمعیت مصدوم مبداء  $i$  که به مرکز امداد رسانی  $k$  مراجعه می‌کنند و سپس برای مداوا بیشتر به بیمارستان منتقل می‌شوند.  $\alpha$  بر اساس شدت زلزله و میزان مسکونی بودن منطقه تخمین زده می‌شوند.

$\beta_j$ : ظرفیتی از بیمارستان  $j$  است که می‌تواند به مصدومان تخصیص دهد.

$\theta_k$ : ظرفیت مرکز امداد رسانی  $k$  که می‌تواند به مصدومان تخصیص یابد.

$N$ : مجموعه گره‌های مبدأ

$G$ : مجموعه گره‌هایی که هم از لحاظ قانونی و هم از لحاظ شرایط محیطی و امکانات قابلیت ایجاد مرکز امداد رسانی را دارند.

$L$ : مجموعه بیمارستان‌هایی که منطقه را می‌توانند پوشش دهند.

در این مدل هدف مینیمم کردن کل هزینه‌ها است (اعم از هزینه‌های حمل و نقل و هزینه ثابت تشکیل مرکز امداد رسانی) محدودیت (۱) بیان می‌کند که چنانچه مرکز امداد رسانی  $k$  ایجاد شود کلیه مصدومانی که از مبادی مختلف به مرکز امداد رسانی  $k$  منتقل می‌شوند باید کمتر یا مساوی ظرفیت مرکز امداد رسانی باشند و چنانچه مرکز امداد رسانی  $k$  ایجاد نشود هیچ مصدومی به مرکز  $k$  انتقال نمی‌یابد. محدودیت [۲] بیان کننده آن است که کل مصدومان مبداء  $i$  باید مداوا شوند یا به بیان دیگر مجموع مصدومانی که از مبداء  $i$  به مراکز امداد رسانی و بیمارستان‌های مختلف فرستاده می‌شوند برابر با کل جمعیت مصدوم  $i$  می‌باشد و محدودیت (۳) بیان می‌کند که کلیه مصدومانی که از مبادی مختلف و مجموع مصدومانی که از مراکز امداد رسانی مختلف به بیمارستان  $j$  انتقال می‌یابند باید کوچک‌تر یا مساوی ظرفیت بیمارستان باشد یعنی بیمارستان  $j$  نمی‌تواند بیش از ظرفیتش پذیرش کند. محدودیت (۴) بیان کننده آن است که جمعیتی که از مرکز امداد رسانی  $k$  به بیمارستان‌ها منتقل می‌شوند در صدی از جمعیتی است که از مبادی مختلف به آن مرکز امداد رسانی  $k$  وارد شده اند.

### ۳. حل مسأله و ارزیابی نتایج

در این جا به ارائه نتایج به دست آمده از حل مدل به کمک نرم افزار Lingo11.0 می پردازیم. برای انجام این بررسی، مسأله‌ی نمونه ای با دو مرکز امداد رسانی (k) طراحی گردیده است. (لازم به ذکر است که اطلاعات جداول بصورت فرضی در نظر گرفته شده و صرفاً برای بررسی مدل طراحی شده است.) تعداد مناطق مبدا (i) برابر چهار و تعداد مناطق مقصد یا بیمارستان (j) برابر سه، در نظر گرفته شده است. همچنین فاصله مناطق از یکدیگر و میزان هزینه حمل و نقل از یک منطقه به منطقه دیگر را با توجه به جدول یک تا شش و هزینه‌ی تأسیس هر مرکز امداد رسانی در منطقه i را با توجه به جدول هفت در نظر می گیریم. در جداول هفت و هشت پارامترهای مورد استفاده برای مسأله نمونه در دو حالت اولیه و آنالیز حساسیت ارائه شده است. در جداول زیر هزینه‌ی حمل و نقل یک واحد پولی به ازای هر کیلومتر در نظر گرفته شده است.

جدول (۱) : فاصله از مبدا i تا بیمارستان j (بر حسب کیلومتر)

Cij	۱	۲	۳
۱	۵	۳۰	۱۰
۲	۱۰	۱۵	۵
۳	۲۰	۵	۲۰
۴	۱۵	۱۰	۱۵

جدول (۲) : هزینه حمل و نقل از مبدا i به بیمارستان j (بر حسب واحد پولی)

Cij	۱	۲	۳
۱	۵	۳۰	۱۰
۲	۱۰	۱۵	۵
۳	۲۰	۵	۲۰
۴	۱۵	۱۰	۱۵

جدول (۳) : فاصله از مرکز k تا بیمارستان j (بر حسب کیلومتر)

Ckj	۱	۲	۳
۱	۱۰	۱۷	۱۵
۲	۳۰	۲۰	۱۰

جدول (۴) : هزینه حمل و نقل از مرکز k به بیمارستان j (بر حسب واحد پولی)

Ckj	۱	۲	۳
۱	۱۰	۱۷	۱۵
۲	۳۰	۲۰	۱۰

جدول (۵) : فاصله از مبدا i تا مرکز k (بر حسب کیلومتر)

Cik	۱	۲
۱	۲	۱۵
۲	۱۰	۲۰
۳	۱۵	۱۰
۴	۱۰	۲۰

جدول (۶): هزینه حمل و نقل از مبدأ  $i$  به مرکز  $k$  (برحسب واحد پولی)

Cik	۱	۲
۱	۲	۱۵
۲	۱۰	۲۰
۳	۱۵	۱۰
۴	۱۰	۲۰

جدول (۷): پارامترهای ورودی برای مسأله نمونه در حالت اولیه

$i$	میزان جمعیت مصدوم منطقه $i$	حداکثر ظرفیت مرکز امداد رسانی $(\theta_i)$	حداکثر ظرفیت بیمارستان $z$ $(\beta_i)$	$\% \alpha$	هزینه تاسیس مرکز امداد رسانی $k$ $(F_k)$
۱	۵۵۰ نفر	۴۰۰ نفر	۵۰۰ نفر	۴۰%	۴۵۰۰ دلار
۲	۴۹۰ نفر	۳۰۰ نفر	۶۰۰ نفر	۵۰%	۴۰۰۰ دلار
۳	۶۰۰ نفر	-----	۷۵۰ نفر	۶۰%	-----
۴	۵۰۰ نفر	-----	-----	۳۰%	-----

جدول (۸): پارامترهای ورودی برای مسأله نمونه برای حالت آنالیز حساسیت

$i$	میزان جمعیت مصدوم منطقه $i$	حداکثر ظرفیت مرکز امداد $i$ $(\theta_i)$	حداکثر ظرفیت بیمارستان $z$ $(\beta_i)$	$\% \alpha$	هزینه تاسیس مرکز امداد رسانی $k$ $(F_k)$
۱	۵۵۰ نفر	۸۰۰ نفر	۵۰۰ نفر	۶۰%	۶۰۰۰ دلار
۲	۴۹۰ نفر	۸۰۰ نفر	۶۰۰ نفر	۷۰%	۶۰۰۰ دلار
۳	۶۰۰ نفر	-----	۷۵۰ نفر	۷۰%	-----
۴	۵۰۰ نفر	-----	-----	۵۰%	-----

بعد از حل مدل، آنالیز حساسیتی نیز به منظور بررسی تغییر پارامترهای کلیدی بر روی انتخاب بهترین تخصیص، با توجه به نوع تابع هدف مسأله (کاهش هزینه) انجام گرفته است که نتایج به دست آمده از حل مدل و همچنین آنالیز حساسیت در جدول‌های جداگانه برای مسأله نمونه آورده شده است. جواب مدل بعد از حل شدن مسأله‌ی نمونه در جدول ۹ آمده است. به منظور بررسی افزایش برخی پارامترها بر متغیرهای مسأله، ابتدا ظرفیت مرکز امداد رسانی  $(\theta_k)$  را افزایش می‌دهیم که به نوبه‌ی خود باعث افزایش هزینه‌ی ثابت تاسیس مرکز امداد رسانی می‌شود. همانطور که از جواب مدل به دست آمد، در صورت افزایش مقدار ظرفیت مراکز امداد رسانی، مرکز امداد رسانی دوم انتخاب نمی‌شود این بدین معناست که تمامی افراد مصدوم به مرکز امداد رسانی اول تخصیص داده می‌شوند. در قسمت بعدی مقدار  $\alpha$  را افزایش می‌دهیم که در این حالت هر دو مرکز امداد رسانی باید مستقر شوند. زیرا  $\alpha$  بر اساس شدت زلزله و میزان مسکونی بودن منطقه تخمین زده می‌شود، در نتیجه با افزایش آن تعداد مصدومان و شدت جراحت آن‌ها بیشتر شده و برای سرویس‌دهی بهتر باید تعداد مراکز امداد رسانی را نیز افزایش دهیم.

جدول (۹): نتایج به دست آمده از حل مدل و آنالیز حساسیت

$I=4, J=3, K=2$			
میزان تابع هدف و متغیرها	جواب مسأله در حالت اولیه	جواب مسأله در حالتی که ظرفیت مراکز امداد رسانی را افزایش دهیم (آنالیز حساسیت)	جواب مسأله در حالتی که $\alpha$ را افزایش دهیم (آنالیز حساسیت)
Total solver iterations	۱۱۱	۶۴۴	۱۱۱
Extended solver steps	۲	۱۱	۲
Objective value	۲۷۳۰۰	۲۱۰۷۰	۲۷۳۰۰
$Y(2)$	۱	۰	۱
$Y(1)$	۱	۱	۱
$X(4, 2)$	۲۰۰	۰	۲۰۰
$X(4, 1)$	۳۰۰	۴۸۰	۳۰۰
$X(3, 2)$	۰	۰	۰
$X(3, 1)$	۰	۰	۰
$X(2, 2)$	۰	۰	۰
$X(2, 1)$	۰	۰	۰
$X(1, 2)$	۰	۰	۰
$X(1, 1)$	۱۰۰	۳۲۰	۱۰۰
$Z(2, 3)$	۱۰۰	۰	۱۰۰
$Z(2, 2)$	۰	۰	۰
$Z(2, 1)$	۰	۰	۰
$Z(1, 3)$	۰	۰	۰
$Z(1, 2)$	۰	۰	۰
$Z(1, 1)$	۲۱۰	۲۷۲	۲۱۰
$E(4, 3)$	۰	۲۰	۰
$E(4, 2)$	۰	۰	۰
$E(4, 1)$	۰	۰	۰
$E(3, 3)$	۰	۰	۰
$E(3, 2)$	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
$E(3, 1)$	۰	۰	۰
$E(2, 3)$	۴۹۰	۴۹۰	۴۹۰
$E(2, 2)$	۰	۰	۰
$E(2, 1)$	۰	۰	۰
$E(1, 3)$	۱۶۰	۲	۱۶۰
$E(1, 2)$	۰	۰	۰
$E(1, 1)$	۲۹۰	۲۲۸	۲۹۰

با توجه به محدودیت اعلام شده از نظر حجم مقاله (تعداد صفحات)، مسأله نمونه‌ای به طور مختصر جهت توضیح واضح تر مسأله در نظر گرفته شد و از آوردن مسائل نمونه ای دیگر صرف نظر شد.



## ۴. نتیجه گیری

نظر به اهمیت مدیریت، برنامه ریزی و کنترل پیامدهای وقوع زلزله و سوانح مشابه، توجه و بررسی همه جانبه ی این موضوع بسیار ضروری است. بنابراین می توان با استفاده از اطلاعات در شرایط واقعی و در نظر گرفتن سیاست های مدیریت بحران در شهرهای مختلف، شناخت بهتری از نحوه احداث، مدیریت و برنامه ریزی مراکز امداد رسانی و بیمارستان ها داشت. سپس با توجه به انجام آنالیز حساسیت و بررسی امکان وقوع زلزله و شدت آن، قبل از وقوع زلزله و سوانح مشابه، می توان طرح و برنامه ریزی های لازم را انجام داد تا از شدت ناگواری های پس از وقوع این گونه سوانح کاست. همانطور که در ابتدا ذکر شد این مقاله دو هدف مشخص مکان یابی مراکز امداد رسانی و تخصیص مصدومین به آن ها را دنبال می کند. بدین منظور بر اساس قابلیت دسترسی، نبودن در محدوده های خطرناک ناشی از فروریزی ساختمان و انفجارها و آتش سوزی های ناشی از زلزله، مکان هایی جهت استقرار مراکز امداد رسانی پیشنهاد شد. سپس با توجه به میزان مصدومین مستقر در بخشهای مختلف شهر، به انتخاب و تعیین مراکز امداد رسانی، تخصیص و انتقال مصدومین به این مراکز و بیمارستان ها پرداخته شد. مدل ریاضی مسأله توسط نرم افزار `lingo11.0` حل و جواب بهینه مکان یابی و تخصیص مصدومین برای مسأله مذکور بدست آورده شد.

## منابع

- ۱- زبردست، اسفندیار؛ مکان یابی مراکز امداد رسانی (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاری AHP، تهران: نشریه هنرهای زیبا، بهار ۱۳۸۴
- ۲- امین ناصری، محمدرضا. مهدوی پژوه، فواد. علی ضمیر، ساعد؛ «مکان یابی ایستگاه های کمک رسانی زلزله در ایران، چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع».
- 3- Berlin, G., ReVelle, C. and Elzinga, J. "Determining ambulance-hospital locations for on-scene and hospital services", *Environment and Planning A*, 8, pp. 553-561. 1976
- 4- Brandeau, M.L., Chiu, S.S., Kumar, S. and Grossman, T.A. "Objective in location problems", In: Drezer, Z. (ed.), *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*, Springer-Verlag, New York. 1995
- 5- Daskin, M. "The maximal expected covering location model: Formulation, properties and heuristic solution", *Transportation Science*, 17(1), pp. 48-70. 1983
- 6- Shams-ur Rahman and David K. Smith, "Use of Location-Allocation in health service development planning in developing nations", *European Journal of Operational Research* 123 (2000) 437-452
- 7- Calvo, A. and Marks, H. "Location of health care facilities: An analytical approach". *Socio-Economic Planning Sciences*, 7, pp. 407-422, 1973
- 8- Siddhartha S. Syama, Murray J. Côté, "A location allocation model for service providers with application to not-for-profit health care organizations", *Omega* 38(2010)157--166
- 9- Güvenç, Sahina, Haldun Süral, "A review of hierarchical facility location models", *Computers & Operations Research* 34 (2007) 2310 – 2331

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.