

## یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی برای طراحی شبکه خدمات بهداشتی استان تهران در شرایط انحصاری

هادی محمودزاده<sup>۱</sup>، مصطفی جهانگشای رضائی<sup>۲\*</sup>، ساموئل یوسفی<sup>۱</sup>

۱. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه

۲. استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه

(تاریخ دریافت ۹۴/۰۲/۰۵ - تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۴/۰۴/۰۸ - تاریخ تصویب ۹۴/۰۶/۱۲)

### چکیده

با بررسی درمانگاه‌های موجود در کشور مشخص می‌شود شماری از آن‌ها برخی اصول اساسی همچون انتخاب صحیح موقعیت زمین و امکان دسترسی سریع را رعایت نکرده‌اند. این امر به نبود خدمات‌رسانی مطلوب می‌انجامد که در نهایت به تغییراتی در ساختارهای مراکز درمانی منجر می‌شود؛ بنابراین، مکان‌یابی ضعیف در بخش درمانی موجب افزایش میزان مرگ‌ومیر و بیماری می‌شود. به این ترتیب، در تحقیق پیش رو سعی شده است با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، مقدمات لازم به منظور تعیین مکان‌های بهینه برای تأسیس درمانگاه‌های جدید و ایجاد یک شبکه خدمات درمانی کارا در حالت انحصاری فراهم شود. هدف ارائه مدل مذکور با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی چندهدفه عدد صحیح، پوشش‌دهی هرچه بیشتر جمعیتی است که درمانگاه‌های موجود آن را پوشش نداده‌اند. در نهایت، برای اعتبارسنجی مدل از داده‌های مربوط به ۴۵ درمانگاه موجود در جنوب تهران، شهر ری و اسلام‌شهر استفاده شده و نتایج تحلیل شده است.

**واژه‌های کلیدی:** برنامه‌ریزی چندهدفه، شبکه خدمات بهداشتی، محیط انحصاری، مدل تصمیم‌گیری، مکان‌یابی.

### مقدمه

عناصر خدماتی و کالبدی شهر، به‌ویژه مراکز درمانی و بیمارستان افزایش روزافزون مشکلات شهری و شهروندان را به دنبال داشته است. در نتیجه، این امر لزوم استفاده از روش‌های مؤثر و الگوهای سازمان‌یافته در مکان‌یابی بهینه ارائه این مراکز را بیش از پیش آشکار ساخته است. در واقع، ارائه خدمات بهداشتی و درمانی در شهرها سابقه‌ای طولانی دارد، اما در زمینه مکان‌یابی مراکز خدمات درمانی و بهداشتی پیشینه درازمدتی وجود ندارد و سابقه این‌گونه مطالعات به دهه ۱۹۷۰ برمی‌گردد. به همین دلیل، پوشش‌دهی حتی‌الامکان جمعیت نیازمند خدمات درمانی است که درمانگاه‌های موجود (سابق) آن را پوشش نداده‌اند و همچنین ارجاع آن‌ها به نزدیک‌ترین مراکز درمانی اهمیت ویژه‌ای دارد.

در نتیجه، با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق مدلی برای مکان‌یابی مراکز خدمات درمانی و بهداشتی جدید در یک محیط انحصاری و در جنوب استان تهران

جمعیت شهری ایران در دهه‌های اخیر به دلیل دو عامل مهاجرت و رشد فزاینده جمعیتی، افزایش یافته است. موج مهاجرت علاوه بر رشد جمعیت در داخل شهر موجب تغییراتی در ساختار و همچنین بافت شهرها شده است، به طوری که جمعیت مهاجر به طور عمده در حاشیه شهرها اسکان یافته‌اند و این امر موجب افت کارکردهای شهری شده است، به گونه‌ای که این جمعیت مازاد به خدمات متعدد شهری نظیر مراکز درمانی نیاز دارند و شهرها به طور عمده توان پاسخگویی به آن‌ها را ندارند. همچنین، وظیفه اصلی برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری تعیین مکان بهینه این مراکز خدماتی است، به طوری که تمام ساکنان شهری به راحتی به آن‌ها دسترسی داشته باشند. علاوه بر این، برنامه‌ریزان می‌کوشند توزیع مراکز خدماتی را در محیط‌های شهری بهینه سازند تا این توزیع متناسب با توزیع جمعیت و با میزان تقاضا در نقاط مختلف شهر باشد. در اغلب شهرها نبود تخصیص متناسب فضا و جایابی بهینه

ارائه می‌شود و برای تحقق این امر از برنامه‌ریزی چندهدفه عدد صحیح به‌منظور فرموله‌کردن مسئله بهره گرفته می‌شود. در بخش‌های بعدی پژوهش پیشینه تحقیق و مدل پیشنهادی بررسی می‌شود. در ادامه، رویکرد حل مدل مذکور ارائه می‌شود. سپس مطالعه موردی به‌منظور اعتبارسنجی مدل انجام می‌گیرد و در نهایت نتیجه بیان می‌شود.

### پیشینه تحقیق

مکان‌یابی تسهیلات اضطراری شاخه‌ای از مسائل مکان‌یابی است که مکان‌یابی و در بعضی مسائل تخصیص سرورها به تسهیلات اضطراری را انجام می‌دهد. مسائل مکان‌یابی تسهیلات اضطراری شامل مکان‌یابی آمبولانس‌ها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مراکز درمانی، واحدهای گشت‌زنی پلیس و... می‌شود. در این مسائل، هدف یافتن بهترین مکان تسهیلات اضطراری به‌منظور پاسخ‌دهی به جمعیت‌های متقاضی این خدمات است.

مکان‌یابی ضعیف تسهیلات در بخش خدمات درمانی پیامدهای نامطلوب بسیاری همچون افزایش میزان مرگ‌ومیر و بیماری به‌دنبال دارد؛ بنابراین، مکان‌یابی صحیح تسهیلات در بخش خدمات درمانی اهمیت ویژه‌ای دارد. مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات در کل به دو دسته مکان‌یابی تسهیلات ثابت و تسهیلات متحرک تقسیم می‌شود [۱]. همچنین، سه مدل پایه در بخش مکان‌یابی تسهیلات خدمات درمانی عبارت است از: مدل پوشش کلی<sup>۱</sup>، مدل حداکثر پوشش<sup>۲</sup> و مدل‌های p-میانه<sup>۳</sup>. شایان ذکر است بسیاری از مدل‌ها در تحقیقات انجام‌گرفته بر مبنای این سه مدل پایه ایجاد شده‌اند [۲]. به‌منظور آشنایی بیشتر با مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات می‌توان به مراجع [۳-۶] مراجعه کرد.

سیمپسون و هانکوک در سال ۲۰۰۹ مسائل اضطراری را به چهار دسته خدمات شهری، خدمات هنگام بلایا، خطرهای خاص و کمک‌های اضطراری عمومی تقسیم کردند [۷]. در ادامه، داسکین مدل‌های مربوط به مکان‌یابی تسهیلات اضطراری را به چهار دسته اصلی مدل‌های پیوسته، گسسته، تحلیلی و شبکه تقسیم‌بندی کرد [۸]. همچنین، افرادی چون سرا و ماریانف از مسئله p-میانه

به‌منظور مکان‌یابی تسهیلات استفاده کردند [۹] که حکیمی برای اولین‌بار آن را در سال ۱۹۶۴ ارائه داد. داسکین و دین ادبیات مکان‌یابی تسهیلات اضطراری را در سه دسته خلاصه می‌کنند: مدل‌های دسترسی، مدل‌های سازگاری و مدل‌های دستیابی [۲]. ان دیایه و الفارس [۱۰] در سال ۲۰۰۸ از یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک برای تعیین مکان بهینه و تعداد بهینه مراکز درمانی برای جمعیت در حال حرکت در خاورمیانه استفاده کردند. وحیدنیا و همکاران [۱۱] در سال ۲۰۰۹ با ارائه یک مدل ادغامی آنالیز تصمیم چندمعیاره که تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را با سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۴</sup> ادغام می‌کند، مکان بهینه بیمارستان‌ها را در شهر تهران تعیین کردند. سیام و همکاران [۱۲] در سال ۲۰۱۰ با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط<sup>۵</sup> مراکز درمانی ویژه را مکان‌یابی کردند و با یک رویکرد شبیه‌سازی تبرید آن را حل کردند. میتروپولوس و همکاران در سال ۲۰۱۳ با ارائه یک مدل ترکیبی تحلیلی پوششی داده‌ها و مکان‌یابی، دوباره شبکه خدمات درمانی را در فرایندی سیکل‌وار<sup>۶</sup> تشکیل دادند [۱۳]. قادری و جبل‌عاملی [۱۴] در سال ۲۰۱۳ یک مسئله DUFLNDP<sup>۷</sup> را بررسی کردند و با در نظر گرفتن محدودیت بودجه، مدلی را برای حل پیشنهاد دادند و برای حل آن از دو رویکرد ابتکاری متفاوت برای ارزیابی میزان در دسترس بودن درمانگاه‌ها در شهر ایلام بهره بردند. محمدی و همکاران [۱۵] با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه جدید، شبکه خدمات درمانی را در حالت عدم قطعیت طراحی کردند. آن‌ها در مدل خود دو تابع هدف هزینه کل و ماکزیمم زمان انباشته سفر را لحاظ کردند و با به‌کارگیری مفهوم فازی دو رویکرد فرا ابتکاری متفاوت برای حل ارائه دادند. در سال ۲۰۱۵، مستره و همکاران [۱۶] دو مدل مکان‌یابی - تخصیص برای طراحی شبکه خدمات درمانی در جنوب کشور پرتغال در حالت عدم قطعیت ارائه دادند که نتایج حل مدل آن‌ها برای برنامه‌ریزان در زمینه شبکه خدمات درمانی بسیار سودمند واقع شد. موارد مذکور نمونه‌هایی از تحقیقات انجام‌گرفته در این زمینه بود. در تحقیق پیش رو سعی شده است با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه عدد صحیح، درمانگاه‌های جدید در جنوب استان تهران مکان‌یابی شود.

از آنجاکه این موضوع در مطالعات پیشین بررسی نشده است، تحقیق و مطالعه بیشتر در این زمینه ضروری می‌نماید.

پوشش داده‌نشده توسط درمانگاه‌های موجود ارائه می‌شود. مدل‌سازی مذکور با توجه به شرایط انحصاری (غیر رقابتی) بررسی می‌شود. در ادامه، با توجه به جدول ۱ مکان‌یابی درمانگاه‌های جدید مدل‌سازی می‌شود و توضیحات لازم در زمینه توابع هدف، محدودیت‌ها و روش حل ذکر می‌شود.

### مدل پیشنهادی

در این بخش، مدل‌سازی مسئله مکان‌یابی درمانگاه‌های جدید با هدف پوشش‌دهی هرچه بیشتر جمعیت

جدول ۱. اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری مدل پیشنهادی در شرایط انحصاری

مفروضات	
فرض می‌شود تمام داده‌های مورد استفاده در این پژوهش قطعی است و شامل هیچ نوع عدم قطعیتی نمی‌شود.	
در صورت اشتراک شعاع دو درمانگاه، فرض می‌شود درمانگاه نزدیک‌تر، جمعیت موجود را پوشش می‌دهد.	
به دلیل همگن بودن محیط، هزینه احداث درمانگاه‌ها در هر مکان بالقوه ثابت است و به حداقل کردن هزینه‌های احداث و عملیاتی نیازی نیست.	
اندیس‌ها	
$I$	مجموعه نقاط بالقوه و پیش‌فرض برای تأسیس تسهیلات (درمانگاه‌های) جدید
$J$	مجموعه تسهیلات قبلی (درمانگاه‌های پیشین)
پارامترها	
$d_{ij}$	فاصله تسهیل $z$ ام از نقطه بالقوه $i$ ام
$S_j$	میزان جمعیت عدم تحت پوشش مجموعه $z$ ام (درمانگاه‌های سابق یا موجود)
$D$	شعاع پوشش درمانگاه جدید
$N$	حداکثر تعداد مجاز برای تأسیس تسهیلات (درمانگاه‌های) جدید
$B$	حداقل درصدی از کل جمعیت پوشش داده‌نشده که درمانگاه‌های جدید باید آن را پوشش دهند.
$C$	حداکثر جمعیتی که هریک از درمانگاه‌های جدید پوشش می‌دهند.
متغیرهای تصمیم‌گیری	
$Y_i$	متغیری که اگر به مکان بالقوه $i$ ام درمانگاه تخصیص داده شود ۱ و در غیر این صورت ۰ است.
$X_{ij}$	متغیری که اگر جمعیت $z$ توسط درمانگاه جدیدالتأسیس $i$ پوشش داده شود ۱ و در غیر این صورت ۰ است.
$\delta_{il}$	متغیر مازاد برای خطی‌سازی است و اگر در هر دو منطقه $i$ و $l$ هم‌زمان درمانگاه جدید تأسیس شود، مقدار یک می‌گیرد و در غیر این صورت ۰ است.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} S_j x_{ij} \geq b \sum_{j \in J} S_j \quad (6)$$

$$\forall i \in I \quad y_i \leq \sum_{j \in J} x_{ij} \quad (7)$$

$$\forall i \in I \quad \sum_{j \in J} S_j x_{ij} \leq C \quad (8)$$

$$\text{If } y_i = 1 \text{ then } x_{ij} < x_{il} \quad \forall i, l \in I, i \neq l, \quad (9)$$

$$d_{ij} < d_{il} \quad (10)$$

$$\forall i, l \in I, i \neq l \quad \text{If } y_i = 1 \text{ then } x_{ij} > x_{il} \quad (10)$$

$$d_{ij} > d_{il} \quad (11)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \delta_{il} \in \{0, 1\}, y_i \in \{0, 1\} \quad (11)$$

$$\forall i, l \in I, i \neq l, j \in J$$

مدل‌سازی مسئله مذکور به شکل زیر است:

$$\max z_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} S_j x_{ij} \quad (1)$$

$$\min z_2 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

$$s.t. \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} y_i \leq N \quad (3)$$

$$\forall j \in J \quad \sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1 \quad (4)$$

$$\forall j \in J \quad \forall i \in I \quad D \cdot y_i \geq d_{ij} \cdot x_{ij} \quad (5)$$

$$y_i + y_l - \delta_{il} \leq 1 \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad (13)$$

$$x_{ij} - x_{lj} < \delta_{il} \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad d_{ij} < d_{lj} \quad (14)$$

$$x_{ij} - x_{lj} < \delta_{il} \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad d_{ij} > d_{lj} \quad (15)$$

بنابراین، مدل مذکور بعد از ساده‌سازی به شکل زیر

است:

$$\max z_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_j x_{ij} \quad (16)$$

$$\min z_2 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} \quad (17)$$

s.t.

$$\sum_{i \in I} y_i \leq N \quad (18)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (19)$$

$$D_i y_i \geq d_{ij} x_{ij} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (20)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_j x_{ij} \geq b \sum_{j \in J} s_j \quad (21)$$

$$y_i \leq \sum_{j \in J} x_{ij} \quad \forall i \in I \quad (22)$$

$$\sum_{j \in J} s_j x_{ij} \leq C \quad \forall i \in I \quad (23)$$

$$y_i + y_l \geq 2\delta_{il} \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad (24)$$

$$y_i + y_l - \delta_{il} \leq 1 \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad (25)$$

$$x_{ij} - x_{lj} < \delta_{il} \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad d_{ij} < d_{lj} \quad (26)$$

$$x_{ij} - x_{lj} < \delta_{il} \quad \forall i, l \in I, i \neq l \quad d_{ij} > d_{lj} \quad (27)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \delta_{il} \in \{0, 1\}, \quad (28)$$

$$\forall i, l \in I, i \neq l, j \in J$$

## رویکرد حل

همان‌طور که مشخص است، توابع هدف  $Z_1$  و  $Z_2$  در تضاد با یکدیگر عمل می‌کنند و بهینه‌سازی با توجه به یک تابع هدف در یک زمان، به انحراف از جواب بهینه در تابع هدف دیگر منجر می‌شود. در نتیجه، برای بهینه‌سازی هم‌زمان دو تابع هدف، از روش معیار جامع در راستای یافتن یک سازش در بین همه اهداف استفاده می‌شود، به‌صورتی که مجموع انحراف نسبی تمام اهداف از ارزش‌های مطلوب  $(Z_i^*)$  خود را کمینه می‌سازد. در نتیجه، روش معیار جامع برای بهینه‌سازی هم‌زمان توابع هدف در رابطه ۲۹ بیان می‌شود:

$$\text{Min } z_3 = w_1 \times \frac{z_1^* - z_1}{z_1^*} + w_2 \times \frac{z_2 - z_2^*}{z_2^*} \quad (29)$$

رابطه ۱ یعنی تابع هدف اول نشان‌دهنده حداکثرسازی جمعیت تحت پوشش است. در نتیجه، تابع هدف اول به دنبال بیشینه کردن کل جمعیت تحت پوشش است. رابطه ۲ یعنی تابع هدف دوم نیز به دنبال حداقل‌سازی مجموع فاصله تسهیلات سابق از تسهیلات تأسیس شده جدید است. توضیحات مرتبط با محدودیت‌های دو تابع هدف مذکور نیز به شرح زیر است:

محدودیت اول در رابطه ۳ بیان می‌کند تعداد درمانگاه‌های تأسیس شده (به علت محدودیت بودجه) باید کوچک‌تر یا مساوی حداکثر تعداد مجاز تأسیس درمانگاه باشد. رابطه ۴ نیز بیان می‌کند هر مجموعه جمعیتی را یک درمانگاه جدید پوشش می‌دهد. رابطه ۵ محدودیت شعاع خدمت‌رسانی درمانگاه‌ها را بیان می‌کند. رابطه ۶ تضمین می‌کند درمانگاه‌های جدیدالتأسیس، حداقل درصد معینی از جمعیت پوشش داده‌نشده را با نظر مدیریت پوشش می‌دهد. این محدودیت در راستای عملکرد تابع هدف دوم و جلوگیری از احداث نکردن مراکز درمانی جدید به‌کار برده می‌شود.

رابطه ۷ نشان می‌دهد درمانگاه در صورتی احداث می‌شود که جمعیتی برای پوشش‌دهی وجود داشته باشد؛ به بیان دیگر، اگر درمانگاهی در یکی از نقاط کاندیدا احداث شود، باید جمعیتی برای قرارگرفتن تحت پوشش درمانگاه وجود داشته باشد. رابطه ۸ بیان می‌کند مجموع جمعیت تخصیص‌یافته به هریک از مراکز درمانی جدید نباید از حد استاندارد موجود بیشتر باشد، زیرا فرض بر این است که در صورت پوشش‌دهی جمعیت فراوان، کیفیت خدمات درمانی کاهش می‌یابد. روابط ۹ و ۱۰ کوتاه‌ترین مسیر از یک مجموعه جمعیتی تا درمانگاه نزدیک خود را مهیا می‌کنند و آن جمعیت را به نزدیک‌ترین درمانگاه‌ها تخصیص می‌دهند. در نهایت، رابطه ۱۱ برای تعریف نوع متغیرهای مسئله (صفر و یک) ارائه شده است.

شایان ذکر است محدودیت‌های ۹ و ۱۰ نامتعارف ریاضی هستند و در ادامه با محدودیت‌های متعارف جایگزین می‌شوند. بدین منظور، محدودیت ۹ و ۱۰ با چهار محدودیت زیر جایگزین می‌شود تا مدل مورد نظر متعارف شود:

$$\forall i, l \in I, i \neq l \quad y_i + y_l \geq 2\delta_{il} \quad (12)$$

درمانگاه در دسترس است. عرض جغرافیایی<sup>۸</sup> منطقه مورد مطالعه بین ۳۵/۳۶۶ و ۳۵/۶۹۴ و طول جغرافیایی<sup>۹</sup> آن بین ۵۱/۲۱ و ۵۱/۶۵۲ قرار دارد. همچنین، از میان ۴۵ درمانگاه موجود حداقل جمعیت پوشش داده نشده برابر ۸۰۴۳ نفر و حداکثر جمعیت پوشش داده نشده برابر ۷۷۷۹۲ نفر و متوسط جمعیت پوشش داده نشده برابر ۴۳۳۱۶ نفر و انحراف معیار مربوط به این ۴۵ درمانگاه نیز برابر ۱۴۰۰۹ نفر است. شایان ذکر است به منظور اجرای مدل ۲۵ نقطه کاندیدا برای تأسیس درمانگاه‌های جدید، با توجه به پراکندگی درمانگاه‌های قبلی در نظر گرفته شده است. در ادامه، با استفاده از مختصات جغرافیایی مراکز جمعیتی (درمانگاه‌های موجود) و مختصات جغرافیایی نقاط کاندیدا، فاصله میان مراکز جمعیتی و نقاط کاندیدا محاسبه می‌شود که این فواصل با  $d_{ij}$  مشخص می‌شوند.

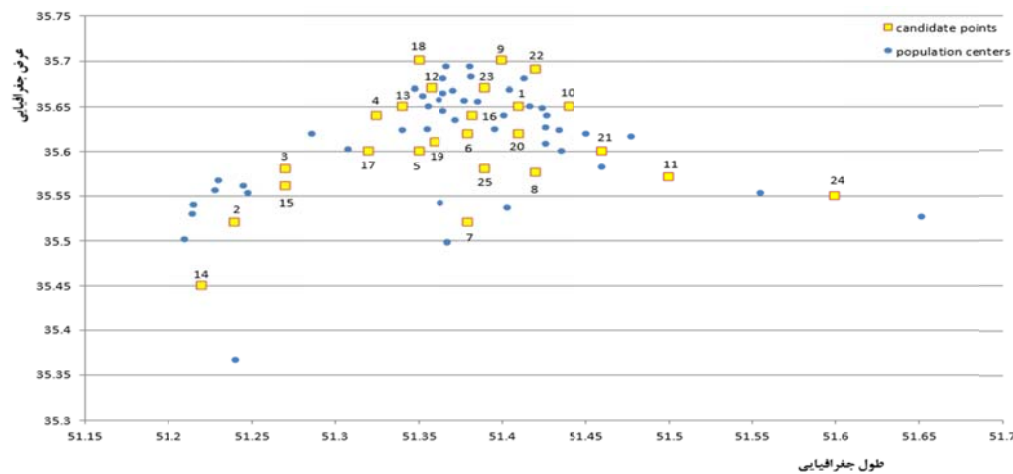
در شکل ۱، نقشه پراکندگی مراکز جمعیتی (درمانگاه‌های موجود) و نقاط کاندیدا برای تأسیس درمانگاه‌های جدید نشان داده می‌شود. مربع‌های کوچک زرد رنگ مبین نقاط کاندیدا و دایره‌های کوچک آبی رنگ مبین مختصات مراکز جمعیتی (درمانگاه‌های موجود) هستند.

$$\Rightarrow \text{Min } z_3 = w_1 \times \frac{z_1^* - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} S_j x_{ij}}{z_1^*} + w_2 \times \frac{\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_2} d_{ij} x_{ij} - z_2^*}{z_2^*} \quad (30)$$

در این روش، برای در نظر گرفتن نظر تصمیم‌گیرنده، وزن‌های متفاوت  $w_i$  (با فرض مجموع یک) به توابع هدف اختصاص داده شده است. براساس این رویکرد، اگر مدیریت وزن بالاتری به یک تابع هدف بدهد، جواب به دست آمده در حالت بهینه‌سازی هم‌زمان، به جواب بهینه تابع مورد نظر نزدیک‌تر است. در رابطه ۲۹، ابتدا مقادیر بهینه هر یک از توابع هدف ( $z_i^*$ ) مستقل از دیگری و با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌های مسئله محاسبه می‌شود و تابع هدف جدیدی طبق رابطه مذکور ایجاد می‌شود. با حل مجدد مدل، شامل تابع هدف جدید و محدودیت‌های مدل (روابط ۱۶ تا ۲۸)، مقادیر بهینه نسبی هر یک از توابع هدف به دست می‌آید.

### مطالعه موردی و تحلیل نتایج

در این بخش، به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی از داده‌های مربوط به ۴۵ درمانگاه موجود در جنوب تهران، شهر ری و اسلام‌شهر استفاده می‌شود. مختصات جغرافیایی و میزان جمعیت پوشش داده نشده هر یک از این ۴۵



شکل ۱. نقشه پراکندگی و مختصات جغرافیایی مراکز جمعیتی و نقاط کاندیدا

رابطه قرار داده شود. ۶۳۷۱ بیانگر شعاع کره زمین بر حسب کیلومتر است.  $D$  بیانگر میزان فاصله میان دو نقطه مورد نظر بر حسب کیلومتر است.

برای محاسبه ماتریس فاصله میان نقاط کاندیدا و مراکز درمانی از رابطه ۳۱ استفاده شده است که کافی است طول جغرافیایی (long) و عرض جغرافیایی (lat) نقاط مورد نظر در

$$D = \cos^{-1} \{ \cos(90 - lat1) \times \cos(90 - lat2) + \sin(90 - lat1) \times \sin(90 - lat2) \times \cos(long1 - long2) \} \times 6371 \quad (31)$$

شایان ذکر است هر یک از این ۴۵ درمانگاه دارای جمعیت عدم پوشش مختص خود می‌باشند که از میان این ۴۵ درمانگاه موجود حداقل جمعیت پوشش داده نشده برابر ۸۰۴۳ نفر و حداکثر جمعیت پوشش داده نشده برابر ۷۷۷۹۲ نفر و متوسط جمعیت پوشش داده نشده برابر ۴۳۳۱۶ نفر و انحراف معیار مربوط به این ۴۵ درمانگاه نیز برابر ۱۴۰۰۹ نفر است. کل جمعیت پوشش داده نشده این ۴۵ درمانگاه

۱۹۴۹۲۴۵ نفر است که هدف اصلی پوشش حتی‌الامکان این میزان جمعیت پوشش داده نشده با تأسیس درمانگاه‌های جدید است. حال برای حل مدل ابتدا باید پارامترهای مدل - که در بخش مدل پیشنهادی ذکر شد - مقدردهی شوند. در نتیجه، ابتدا مقادیر مربوط به هر یک از پارامترها در جدول ۲ تعیین می‌شود و سپس مدل از طریق نرم‌افزار لینگو ۱۵ حل شود.

### جدول ۲. مقداردهی پارامترهای مورد نیاز مسئله

$d_{ij}$	فاصله تسهیل زام از نقطه بالقوه $i$ ام از ماتریس فاصله محاسبه شده قابل دسترس است.
$S_j$	جمعیت پوشش داده نشده مجموعه $Z$ ام برای هر مرکز جمعیتی در اختیار است.
$D$	شعاع پوشش درمانگاه جدید برابر ۱۵ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود.
$N$	مجاز است حداکثر دوازده نوع تسهیلات (درمانگاه‌های) جدید تأسیس شود.
$B$	حداقل ۷۰ درصد کل جمعیت پوشش داده نشده است که درمانگاه‌های جدید باید آن را پوشش دهند.
$C$	هر یک از درمانگاه‌های جدید حداکثر دویست هزار نفر را پوشش می‌دهند.

جزئیات پوشش دهی و چگونگی مقدارگیری متغیرهای  $x_{ij}$  به تفکیک هر درمانگاه جدیدالتأسیس در زمان حل مستقل تابع هدف اول ذکر می‌شود؛ برای مثال، در جدول ۳ نقطه کاندیدای دوم یعنی  $y_2$  به همراه مراکز جمعیتی تحت پوشش این درمانگاه جدیدالتأسیس مشاهده می‌شود. در واقع،  $y_2$  مراکز جمعیتی ۱، ۳، ۵، ۹ را پوشش می‌دهد؛ به عبارت دیگر، در مدل مورد نظر متغیرهای  $x_{25}$ ،  $x_{23}$ ،  $x_{21}$ ،  $x_{29}$  مقدار یک می‌گیرند و به همین ترتیب ادامه جدول نیز بیانگر نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش یافته به تفکیک هر درمانگاه جدیدالتأسیس است. در شکل ۲ به منظور تفهیم بیشتر موضوع، نقشه پراکندگی نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش یافته، با در نظر گرفتن تابع هدف اول نشان داده شده است. در این شکل، نقاط کاندیدای انتخاب شده با مربع‌های قرمز هاشور خورده، مراکز جمعیتی پوشش یافته با دایره‌های کوچک آبی‌رنگ و مراکز جمعیتی پوشش نیافته با دایره‌های کوچک زردرنگ مشخص شده‌اند. در ضمن، نقاط کاندیدای انتخاب نشده با نقاط مربع قرمز رنگ مشخص شده‌اند.

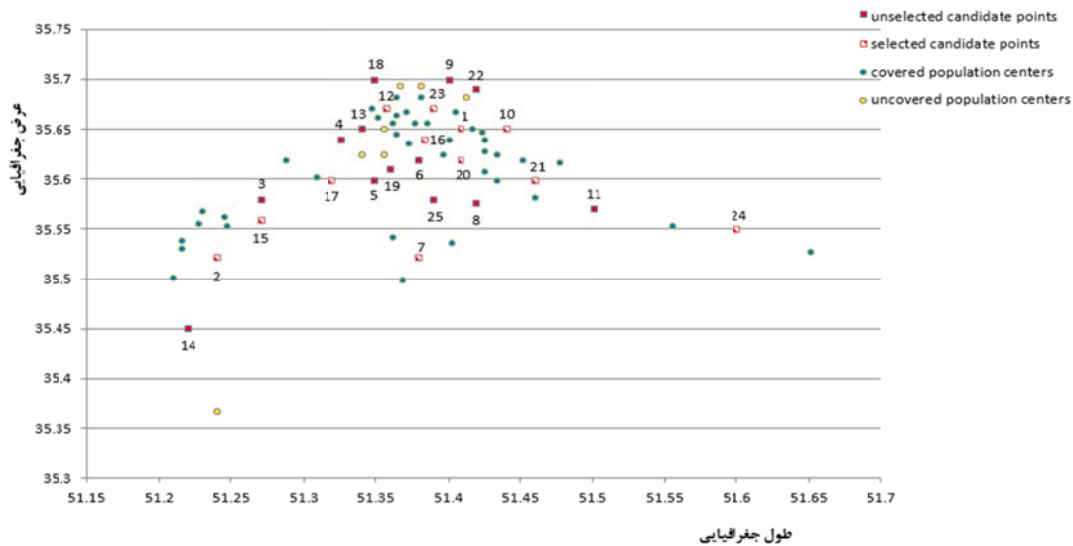
بر اساس توضیحات در بخش رویکرد حل، ابتدا بهینه‌سازی مستقل هر یک از توابع هدف انجام می‌گیرد و سپس با بهره‌گیری از روش معیار جامع، بهینه‌سازی هم‌زمان توابع هدف صورت می‌گیرد.

### الف) بهینه‌سازی مستقل تابع هدف اول ( $Z_1$ )

مقدار تابع هدف اول در این حالت برابر با ۱۶۶۹۱۶۷ نفر است و از ۲۵ نقطه کاندیدا برای احداث درمانگاه‌های جدید، دوازده متغیر  $y_i$  مقدار یک گرفته‌اند. با توجه به محدودیت ۱۸، حداکثر دوازده درمانگاه جدید تأسیس شده است. این دوازده نقطه کاندیدای انتخابی عبارت‌اند از:  $y_1$ ،  $y_2$ ،  $y_7$ ،  $y_{10}$ ،  $y_{12}$ ،  $y_{15}$ ،  $y_{16}$ ،  $y_{17}$ ،  $y_{20}$ ،  $y_{21}$ ،  $y_{23}$  و  $y_{24}$ . شایان ذکر است، این دوازده درمانگاه جدیدالتأسیس، جمعیت پوشش داده نشده توسط ۳۸ درمانگاه از ۴۵ درمانگاه موجود را پوشش دادند که این ۳۸ درمانگاه جمعیتی معادل ۱،۶۶۹،۱۶۷ نفر را پوشش می‌دهد. همچنین، هفت درمانگاه به شماره‌های ۱۲، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۴۳، ۴۴ با وجود تأسیس دوازده درمانگاه جدید پوشش داده نشدند که در کل شامل جمعیتی معادل ۲۸۰،۰۸۷ نفر می‌شوند. در جدول ۳،

جدول ۳. نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش‌یافته با در نظر گرفتن تابع هدف اول

شماره مراکز جمعیتی	جمعیت تحت پوشش	تعداد مراکز تحت پوشش	نقاط کاندیدای انتخابی
۳۸، ۳۷، ۳۶، ۳۵	۱۷۶۹۳۷	۴	$Y_1$
۹، ۵، ۳، ۱	۱۵۴۸۲۸	۴	$Y_2$
۱۵، ۱۳، ۱۰	۱۴۳۳۷۱	۳	$Y_7$
۱۴	۴۶۴۹۲	۱	$Y_{10}$
۴۵، ۴۲، ۳۳، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۹	۱۹۵۶۲۴	۷	$Y_{12}$
۷، ۶، ۴	۱۳۷۶۷۲	۳	$Y_{15}$
۳۹، ۳۴، ۲۸، ۲۵	۱۸۱۹۴۹	۴	$Y_{16}$
۸، ۲	۱۰۷۹۵۳	۲	$Y_{17}$
۴۰، ۲۰، ۱۸	۱۷۲۹۵۸	۳	$Y_{20}$
۲۱، ۱۷، ۱۶	۱۳۷۷۵۹	۳	$Y_{21}$
۴۱، ۲۳	۱۱۷۵۹۴	۲	$Y_{23}$
۱۹، ۱۱	۹۶۰۳۰	۲	$Y_{24}$
	۱۶۶۹۱۶۷	۳۸	مجموع



شکل ۲. نقشه پراکندگی و مختصات جغرافیایی مراکز جمعیتی و نقاط کاندیدا با در نظر گرفتن تابع هدف اول

نسبت به حالت اجرای مدل با تابع هدف اول کاهش محسوسی یافته است. علت این امر متفاوت بودن عملکرد دو تابع هدف در تخصیص مقادیر به متغیرهای  $x_{ij}$  و  $y_i$  است. همچنین، از ۲۵ نقطه کاندیدا برای احداث درمانگاه‌های جدید دوازده متغیر  $y_i$  مقدار یک گرفتند. در واقع، با توجه به محدودیت ۱۸، حداکثر دوازده درمانگاه جدید تأسیس شده است. دوازده نقطه کاندیدای انتخابی در این حالت عبارتند از:  $Y_1, Y_7, Y_{10}, Y_{12}, Y_{15}, Y_{16}, Y_{17}, Y_{18}, Y_{20}, Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}, Y_{24}$

### (ب) بهینه‌سازی مستقل تابع هدف دوم ( $Z_2$ )

مقدار تابع هدف دوم در این حالت برابر با ۵۰/۷۶۱۹۲ کیلومتر شده است، زیرا تابع هدف دوم به دنبال کاهش مجموع فاصله میان مراکز جمعیتی و نقاط کاندیدا بر حسب کیلومتر است. همچنین، مقدار جمعیت پوشش‌یافته در این حالت برابر با ۱،۳۷۲،۳۸۳ نفر است. شایان ذکر است میزان جمعیت پوشش‌یافته بعد از اجرای مدل با تابع هدف دوم

۱۱، ۱۲، ۱۹، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۳۳، ۴۰، ۴۳ با وجود تأسیس دوازده درمانگاه جدید پوشش داده نشدند که در مجموع جمعیت آن‌ها معادل ۵۷۶،۸۶۲ نفر است. توضیحات کامل‌تر در این زمینه در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

و  $y_{23}$ . شایان ذکر است این دوازده درمانگاه جدیدالتأسیس، جمعیت پوشش داده نشده توسط ۳۰ درمانگاه از ۴۵ درمانگاه موجود را پوشش دادند، که این ۳۰ درمانگاه جمعیتی معادل ۱،۳۷۲،۳۸۳ نفر را پوشش می‌دهند. همچنین، پانزده درمانگاه به شماره‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۹،

جدول ۴. نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش یافته با در نظر گرفتن تابع هدف دوم

شماره مراکز جمعیتی	جمعیت تحت پوشش	تعداد مراکز تحت پوشش	نقاط کاندیدای انتخابی
۳۸، ۳۷، ۳۶	۱۳۳۳۲۷	۳	$y_1$
۱۵، ۱۳، ۱۰	۱۴۳۳۷۱	۳	$y_7$
۳۴	۵۹۱۳۶	۱	$y_{10}$
۴۵، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۳	۱۹۹۰۷۵	۶	$y_{12}$
۷، ۶	۸۸۸۰۶	۲	$y_{15}$
۳۹، ۲۸، ۲۵	۱۲۲۸۱۳	۳	$y_{16}$
۸	۶۱۱۲۵	۱	$y_{17}$
۴۴	۵۷۸۵۲	۱	$y_{18}$
۳۵، ۲۰، ۱۷	۱۸۰۳۳۱	۳	$y_{20}$
۲۱، ۱۸، ۱۶، ۱۴	۱۹۲۶۷۸	۴	$y_{21}$
۲۲	۴۴۹۹۰	۱	$y_{22}$
۴۲، ۴۱	۸۸۸۷۹	۲	$y_{23}$
	۱۳۷۲۳۸۳	۳۰	مجموع

پوشش یافته، با در نظر گرفتن تابع هدف دوم نشان داده شده است. در این شکل، نقاط کاندیدای انتخاب شده با مربع‌های قرمز هاشورخورده، مراکز جمعیتی پوشش یافته با دایره‌های کوچک آبی‌رنگ و مراکز جمعیتی پوشش نیافته با دایره‌های کوچک زردرنگ مشخص شده‌اند. در ضمن، نقاط کاندیدای انتخاب نشده با نقاط مربع قرمز رنگ مشخص شده‌اند.

### ج) نتایج حل مدل با ادغام توابع هدف ( $z_3$ )

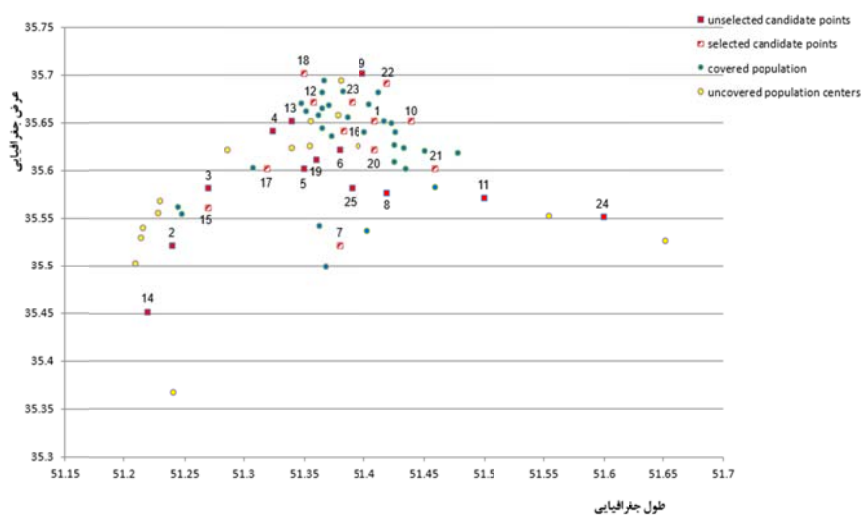
در این حالت، پوشش دهی جمعیت بیشتر، اهمیت بیشتری نسبت به تابع هدف دوم یعنی مجموع فواصل دارد؛ بنابراین، وزن تابع هدف اول برابر ۲۰۰۰ و وزن تابع هدف دوم برابر ۵۰۰ در روش معیار جامع در نظر گرفته می‌شود. حل مدل با نرم افزار لینگو ۱۵ انجام گرفت و مقدار تابع هدف ادغامی در این حالت برابر با ۲۴۶،۱۵۵۶ به دست آمد.

در جدول ۴، جزئیات پوشش دهی و چگونگی مقدارگیری متغیرهای  $x_{ij}$  به تفکیک هر درمانگاه جدیدالتأسیس هنگام حل مدل با تابع هدف دوم ذکر شده است؛ برای مثال، در این جدول نقطه کاندیدای هفتم یعنی  $y_{17}$  به همراه مراکز جمعیتی تحت پوشش این درمانگاه جدیدالتأسیس نشان داده شده است. در واقع،  $y_{17}$  مراکز جمعیتی ۱۰، ۱۳، ۱۵ را پوشش می‌دهد؛ به عبارت دیگر، در مدل مورد نظر متغیرهای  $x_{710}$ ،  $x_{713}$ ،  $x_{715}$  مقدار یک می‌گیرند. به این ترتیب، مابقی نتایج مذکور در جدول نیز بیانگر نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش یافته به تفکیک هر درمانگاه جدیدالتأسیس است. در شکل ۳، به منظور تفهیم بیشتر موضوع، نقشه پراکندگی نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی



جدیدالتأسیس هنگام حل مدل با تابع هدف ادغامی ذکر شده است؛ برای مثال، در جدول ۵ نقطه کاندیدای دوم یعنی  $y_2$  به همراه مراکز جمعیتی که این درمانگاه جدیدالتأسیس پوشش می‌دهد نشان داده شده است. در واقع،  $y_2$  مراکز جمعیتی ۳، ۵، ۹ را پوشش می‌دهد؛ به عبارت دیگر، در مدل مورد نظر متغیرهای  $x_{29}$ ،  $x_{25}$ ،  $x_{23}$  مقدار یک می‌گیرند. به این ترتیب، مابقی جدول نیز بیانگر نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش‌یافته به تفکیک هر درمانگاه جدیدالتأسیس است. در شکل ۴ به منظور تفهیم بیشتر موضوع، نقشه پراکندگی نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش‌یافته، با در نظر گرفتن تابع هدف ادغامی نشان داده می‌شود. در این شکل، نقاط کاندیدای انتخاب‌شده با مربع‌های قرمز هاشورخورده، مراکز جمعیتی پوشش‌یافته با دایره‌های کوچک آبی‌رنگ و مراکز جمعیتی پوشش‌نیافته با دایره‌های کوچک زردرنگ مشخص شده‌اند. در ضمن، نقاط کاندیدای انتخاب‌شده با نقاط مربع قرمز رنگ مشخص شده‌اند. به منظور مقایسه عملکرد توابع هدف مختلف و نتایج آن‌ها، به شکل ۵ مراجعه شود. این نمودار به خوبی مبین چگونگی اثرگذاری هریک از توابع هدف در پوشش‌دهی جمعیت و نیز مجموع فواصل میان مراکز درمانی است که نشان می‌دهد تابع هدف ادغامی، میان نتایج توازن ایجاد کرده است.

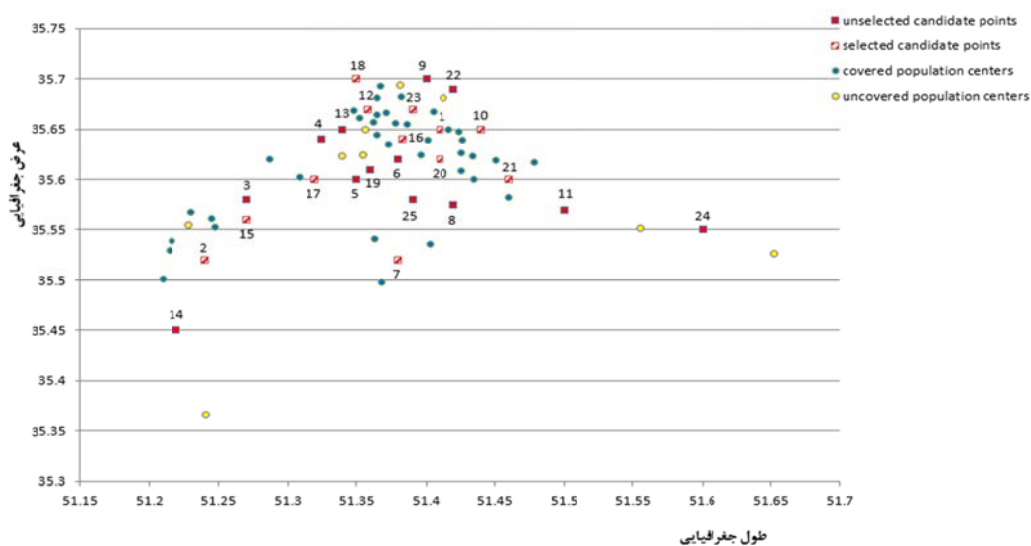
مقدار تابع هدف اول در این حالت ۱،۶۲۲،۹۴۶ نفر و مقدار تابع هدف دوم ۷۰،۱۲۹۹۷ کیلومتر است. همان‌طور که پیش‌بینی شد، مقادیر توابع هدف اول و دوم نسبت به مقادیر بهینه آن‌ها در حالت حل مستقل بدتر شده است. همچنین، به دلیل اینکه به تابع هدف اول وزن بیشتری اختصاص داده شده بود، جواب‌های حاصل از حل تابع هدف ادغامی به جواب بهینه تابع هدف اول که بیشینه‌سازی جمعیت تحت پوشش است نزدیک‌ترند. از ۲۵ نقطه کاندیدا برای احداث درمانگاه‌های جدید، دوازده متغیر  $y_i$  مقدار یک گرفتند. در واقع، با توجه به محدودیت ۱۸ مدل پیشنهادی، حداکثر تعداد ممکن یعنی ۱۲ درمانگاه جدید تأسیس شده است. این دوازده نقطه کاندیدای انتخابی در این حالت عبارت‌اند از:  $y_1$ ،  $y_7$ ،  $y_{10}$ ،  $y_{12}$ ،  $y_{15}$ ،  $y_{16}$ ،  $y_{17}$ ،  $y_{18}$ ،  $y_{20}$ ،  $y_{21}$  و  $y_{23}$  که بعد از حل مدل مقدار یک گرفتند. شایان ذکر است این دوازده درمانگاه جدیدالتأسیس، جمعیت پوشش‌داده‌نشده توسط ۳۶ درمانگاه از ۴۵ درمانگاه موجود را پوشش دادند. این ۳۶ درمانگاه جمعیتی معادل ۱،۶۲۲،۹۴۶ نفر را پوشش می‌دهند. همچنین، نه درمانگاه به شماره‌های ۱، ۱۱، ۱۲، ۱۹، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۴۳ با وجود تأسیس دوازده درمانگاه جدید پوشش داده نشدند که در مجموع جمعیت آن‌ها معادل ۳۲۶،۲۹۹ نفر است. در جدول ۵، جزئیات پوشش‌دهی و چگونگی مقدارگیری متغیرهای  $x_{ij}$  به تفکیک هر درمانگاه



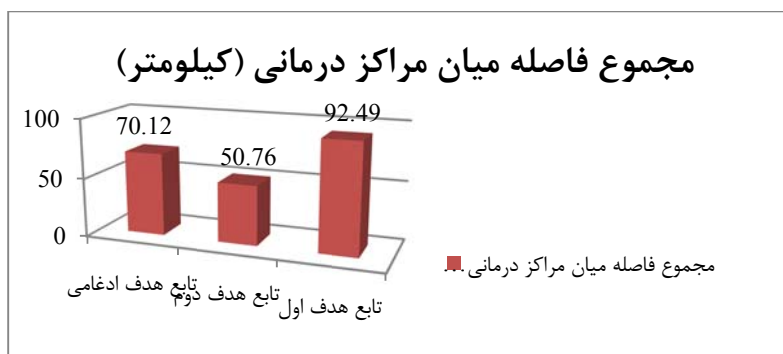
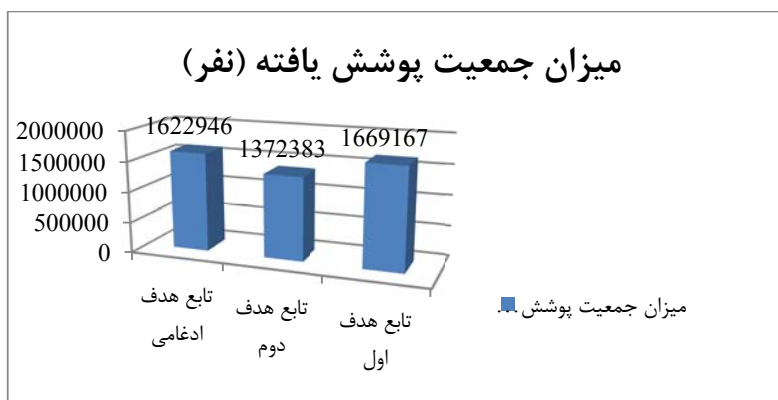
شکل ۳. نقشه پراکندگی و مختصات جغرافیایی مراکز جمعیتی و نقاط کاندیدا با در نظر گرفتن تابع هدف دوم

جدول ۵. نقاط کاندیدای انتخابی به همراه مراکز جمعیتی پوشش یافته با در نظر گرفتن تابع هدف ادغامی

شماره مراکز جمعیتی	جمعیت تحت پوشش	تعداد مراکز تحت پوشش	نقاط کاندیدای انتخابی
۳۸، ۳۷، ۳۶	۱۳۳۳۲۷	۳	$y_1$
۹، ۵، ۳	۱۴۶۷۸۵	۳	$y_2$
۱۵، ۱۳، ۱۰	۱۴۳۳۷۱	۳	$y_7$
۳۴، ۱۷	۱۱۸۰۶۵	۲	$y_{10}$
۴۵، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۳	۱۹۹۰۷۵	۶	$y_{12}$
۷، ۶، ۴	۱۳۷۶۷۲	۳	$y_{15}$
۳۹، ۳۳، ۲۸، ۲۵	۱۴۸۰۷۷	۴	$y_{16}$
۸، ۲	۱۰۷۹۵۳	۲	$y_{17}$
۴۴	۵۷۸۵۲	۱	$y_{18}$
۴۰، ۳۵، ۲۰	۱۴۹۲۱۲	۳	$y_{20}$
۲۱، ۱۸، ۱۶، ۱۴	۱۹۲۶۷۸	۴	$y_{21}$
۴۲، ۴۱	۸۸۸۷۹	۲	$y_{23}$
	۱۶۲۲۹۴۶	۳۶	مجموع



شکل ۴. نقشه پراکنده‌گی و مختصات جغرافیایی مراکز جمعیتی و نقاط کاندیدا با در نظر گرفتن تابع هدف ادغامی



شکل ۵. نمودار قیاسی نتایج توابع هدف مختلف

مدل‌های مشابه دارد. نتایج اجرای مدل نشان داد در حالت ادغامی میان تایع هدف اول و دوم توازن برقرار است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به موضوعات زیر توجه شود:

- عدم قطعیت در جمعیت عدم تحت پوشش در نظر گرفته شود؛
- جمعیت مراکز درمانی به صورت یک توزیع احتمالی یکنواخت در شعاعی خاص از درمانگاه‌های موجود توزیع شود؛
- به منظور فرموله کردن مسئله مورد نظر می‌توان از سایر مدل‌های مکان‌یابی مانند مکان‌یابی شبکه یا مدل‌های پوشش پشتیبان بهره گرفت.

## نتیجه‌گیری

هدف اصلی این تحقیق ارائه مدلی برای نشان دادن شرایط انحصاری در مدل‌های مکان‌یابی بود. بهتر است مراکز درمانی جدیدالتأسیس تا حد امکان نزدیک مراکز جمعیتی (درمانگاه‌های سابق) احداث شوند؛ بنابراین، تایع هدف دیگری به منظور کمینه‌سازی مجموع فواصل مراکز درمانی جدیدالتأسیس از مراکز جمعیتی به مدل مذکور اضافه شد. در ادامه، برای حل مدل مورد نظر، این دو تایع هدف با بهره‌گیری از روش معیار جامع ادغام شدند و با در نظر گرفتن وزن‌های متناسب براساس نظر مدیریت، مدل اجرا شد. به دلیل بهره‌گیری از رویکرد چندهدفه به منظور حل مدل مذکور و در نظر گرفتن هم‌زمان دو تایع هدف با وزن‌های متناسب، این مدل یک مزیت رقابتی نسبت به

## مراجع

1. Arkat, J. and Zamani, S. (2014). "Network Location Problem for Two Congestible Facilities Considering Impatient Customers." *Journal of Industrial Engineering*, University of Tehran, Vol. 48, No. 1, PP. 13-22.
2. Daskin, M. S. and Dean, L. K. (2004). *Location of health care facilities*. Operations research and health care. Springer, USA, PP. 43-76.

3. Daskin, M. S.(2011). Network and discrete location: models, algorithms, and applications. John Wiley & Sons.
4. Francis, R. L., McGinnis, L. and White, J. (1992). Facility location and layout: An analytical approach. Englewoods Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey, USA.
5. Handler, G.Y. and Mirchandani, P.B.(1979). Location on networks: theory and algorithms. MIT press, Cambridge, United Kingdom.
6. Love, R. F., Morris, J.G. and Wesolowsky, G.O.(1988).“Facilities location.” *Chapter*, Vol. 3, PP. 51-60.
7. Simpson, N. and Hancock, P.(2009).“Fifty years of operational research and emergency response.” *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 60, PP. S126-S139.
8. Daskin, M. S.( 2008).“What you should know about location modeling.” *Naval Research Logistics (NRL)*,Vol. 55, No. 4, PP. 283-294.
9. Serra, D. and Marianov, V. (1998).“The p-median problem in a changing network: the case of Barcelona.” *Location Science*, Vol. 6, No. 1, PP. 383-394.
10. Ndiaye, M. and Alfares, H. (2008).“Modeling health care facility location for moving population groups.” *Computers & Operations Research*, Vol. 35, No. 7, PP. 2154-2161.
11. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A. and Alimohammadi, A.(2009).“Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives.” *Journal of environmental management*,Vol. 90, No. 10, PP. 3048-3056.
12. Syam, S. S. and Côté M. J (2010).“A location–allocation model for service providers with application to not-for-profit health care organizations.” *Omega*,Vol. 38, No. , PP. 157-166.
13. Mitropoulos, P., Mitropoulos, I. and Giannikos, I. (2013).“Combining DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector.” *Computers & Operations Research*,Vol. 44, No. 9, PP. 2241-2250.
14. Ghaderi, A. and Jabalameli, M. S.(2013).“Modeling the budget-constrained dynamic uncapacitated facility location–network design problem and solving it via two efficient heuristics: a case study of health care.” *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 57, No. 3, PP. 382-400.
15. Mohammadi, M., Dehbari, S. and Vahdani, B. (2014).“Design of a bi-objective reliable healthcare network with finite capacity queue under service covering uncertainty.” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 72, No. 1, PP. 15-41.
16. Mestre, A. M., Oliveira, M. D. and Barbosa-Póvoa, A. P. (2015).“Location–allocation approaches for hospital network planning under uncertainty.” *European Journal of Operational Research*, Vol. 240, No. 3, PP. 791-806.

### واژگان انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1. Set covering model
2. Maximal covering model
3. P-median models
4. Geographic Information System (GIS)
5. Mixed-Integer Programming (MIP)
6. Cyclical
7. Dynamic Uncapacitated Facility Location-Network Design Problem
8. Latitude
9. Longitude