



## مکان‌یابی و تخصیص خدمات بیمارستانی با در نظر گرفتن معیارهای هزینه و کارایی: مطالعه موردی شهرستان آمل

چکیده مهدی جقتایی نوایی<sup>۱</sup>/ محسن رجب‌زاده<sup>۲</sup>/ علی بزرگی امیری<sup>۳</sup>

چکیده

مقدمه: مکان‌یابی مراکز ارائه خدمات درمانی و بیمارستانی و تخصیص آن‌ها به متقاضیان استفاده از این خدمات، یکی از مهمترین چالش‌های پیش روی مدیران و برنامه‌ریزان شهری است. اهمیت تصمیم‌گیری درست در این حوزه و استفاده موثر از منابع به حدی است که هر گونه تصمیم نادرست علاوه بر بالا بردن هزینه‌های سیستم بهداشت و درمان، می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را نیز به سلامت فردی و اجتماعی وارد کند. روش کار: در این نوشتار یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی دوهدفه بر مبنای ترکیب همزمان مسئله مکان‌یابی و تخصیص خدمات قابل ارائه در بیمارستان‌ها پیشنهاد شد. همچنین مدل پیشنهادی در قالب یک مطالعه موردی برای مکان‌یابی و تخصیص خدمات قابل ارائه در بیمارستان‌های شهرستان آمل مورد استفاده قرار گرفت. برای حل مدل پیشنهادی نیز، از دو روش وزندهی و روش محدودیت افسیلون افزوده شده استفاده شد. یافته‌ها: این مدل به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که در مکان‌یابی و تخصیص خدمات، علاوه بر هزینه، عامل کیفیت ارائه خدمات را نیز مورد توجه قرار دهند. افزایش کارایی در کنار در نظر گرفتن ملاحظات هزینه‌ای را می‌توان از جمله مهم‌ترین دستاوردهای این مدل برای تصمیم‌گیران حوزه سلامت بیان کرد. نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از حل این مدل که به صورت جواب‌های پارتویی هستند می‌توانند به عنوان مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری در اختیار مدیران قرار گیرد. همچنین مطالعه موردی صورت گرفته مؤید کارکرد مطلوب مدل در مکان‌یابی و تخصیص خدمات درمانی قابل ارائه در بیمارستان‌های آمل بوده است.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی تسهیلات، بیمارستان، تحلیل پوششی داده‌ها، محدودیت افسیلون

• وصول مقاله: ۹۳/۱۰/۱۴ • اصلاح نهایی: ۹۴/۰۶/۳۱ • پذیرش نهایی: ۹۴/۱۰/۲۳

رتال جامع علوم انسانی

۱. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

۳. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران؛ تهران، ایران؛ نویسنده مسئول

## مقدمه

مسئله مکان‌یابی شاخه‌ای از تحقیق در عملیات است که هدف آن یافتن بهترین مکان برای استقرار تسهیلات است. مکان بهینه در این مسائل به معیارهایی نظیر هزینه‌های احداث، نزدیکی به نقاط تقاضا و میزان پوشش بستگی دارد. در مسئله مکان‌یابی-تخصیص علاوه بر تعیین مکان بهینه تسهیلات، نقاط تقاضا نیز باید به یک یا چند تسهیل اختصاص یابند. در این مسائل نیز معیارهایی نظیر تعداد تسهیلات مورد نیاز، هزینه‌های تخصیص و توزیع در نظر گرفته می‌شوند. مکان‌یابی و تخصیص نادرست تسهیلات می‌تواند کارآیی سیستم در ارائه خدمات را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. به عنوان مثال، اگر یک تسهیل خدماتی به دور از مراکز جمعیتی (نقاط تقاضا) استقرار یابد، متقاضیان ممکن است قادر به استفاده از این تسهیلات نبوده و یا به علت دوری علاقه‌ای به استفاده از آن‌ها نداشته باشند.

مراکز خدمات بهداشتی و درمانی از مهم‌ترین تسهیلاتی هستند که به طور مستقیم در تأمین سلامت فرد و جامعه دخیل هستند. دسترسی سریع، به موقع و ارزان به این مراکز در هر جامعه و شهری اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. امروزه این مراکز بخش عمده‌ای از منابع نظام بهداشت و درمان را به خود اختصاص می‌دهند [۱]. از منظر سلامت، عدالت اجتماعی به معنای عدالت در توزیع تندرستی در جامعه است [۲]. گسترش مفاهیم مکان‌یابی و تخصیص به بحث سلامت و درمان می‌تواند کلید حل بسیاری از مشکلات و معضلاتی باشد که نظام سلامت در حال حاضر با آن‌ها دست به گریبان است. مشکلاتی چون عدم دسترسی یا دسترسی ضعیف متقاضیان خدمات درمانی به این مراکز، تأسیس مراکز درمانی در مکان‌هایی نامناسب که علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین به نظام سلامت می‌تواند منجر به صدمات جبران‌ناپذیری به سلامت فردی و اجتماعی شوند. به طور کلی امروزه مراکز خدمات بهداشتی و درمانی به ویژه بیمارستان‌ها از جایگاه سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و درمانی برخوردارند [۳].

در مکان‌یابی-تخصیص مراکز خدمات بهداشتی و درمانی،

تصمیم‌گیرندگان علاوه بر معیارهای معمول در مکان‌یابی-تخصیص، باید شاخص‌های کارآمدی در این حوزه را نیز مدنظر قرار دهند. شاخص‌هایی چون نرخ مرگ‌ومیر، میزان بستری شدن در یک بخش بیمارستانی و نرخ استفاده از یک تسهیل مانند سی‌تی‌اسکن به خوبی می‌تواند راهنمای تصمیم‌گیران برای تصمیم‌سازی در این حوزه باشند.

با توجه به اهمیت این موضوع، تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. رتزلوف-رابرت و همکاران در سال ۲۰۰۴ در مطالعه خود به بررسی وضعیت کارایی بخش درمان و سلامت در کشور آمریکا پرداخته و سعی کردند راهکارهایی برای کارایی فنی بهتر با استفاده از منابع موجود ارائه دهند، بدون آنکه نیاز به افزایش در تخصیص منابع وجود داشته باشد و برای نیل به هدف خود از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند [۴]. استرومر و همکاران در سال ۲۰۰۴ به مکان‌یابی و تعیین اندازه یک مرکز درمانی در شبکه بیمارستانی پرداختند. آن‌ها تضاد میان چهار هدف مختلف را در قالب یک مدل چندهدفه نمایش داده و مدل خود را با استفاده از داده‌های واقعی بیمارستانی در آلمان مورد بررسی قرار دادند [۵]. کنتودیموپولوس و همکاران در سال ۲۰۰۶ در مطالعه خود به دنبال ایجاد تعادل میان کارایی خدمات درمانی و بحث انصاف در دسترسی به مراکز درمانی بوده‌اند. آن‌ها در مطالعه‌شان از مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کرده‌اند و مدل خود را در یونان و با استفاده از داده‌های مناطق روستایی مورد ارزیابی قرار دادند [۶]. توجه به موضوع کارایی در نظام سلامت و به‌ویژه بیمارستان‌ها را می‌توان در مقاله آلتراس در سال ۲۰۰۷ نیز مشاهده کرد. او به بررسی تأثیرات کوتاه مدت فنی و همچنین میزان کارایی در سیستم سلامت یونان پرداخت. روش بکار برده شده برای بررسی تحلیل پوششی داده‌ها بوده است که ورودی‌هایی از جمله تعداد کارکنان، تخت‌ها در مقابل خروجی بیماران بستری‌شده و سرپایی و عمل‌هایی جراحی در نظر گرفته شده‌اند [۷]. توجه به بحث مکان‌یابی بیمارستان‌ها و خدمات ارائه‌شده در آن تنها محدود به روش‌های تحلیل پوششی نیست. کلیمبرگ و راتیک در سال ۲۰۰۸ در مطالعه

می‌کنند. آن‌ها در نوشتار خود با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها، داده‌های خود را مورد ارزیابی قرار دادند [۱۶].

در پژوهش حاضر مدلی دوهدفه با ترکیب و ادغام همزمان مکان‌یابی و تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است و سپس به حل آن برای موردی واقعی برای بیمارستان‌های شهرستان آمل پرداخته و نتایج آن مورد تحلیل قرار گرفته است. در نهایت بحث و نتیجه‌گیری مباحث پرداخته شده و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه شده است.

### روش کار

در این پژوهش با استفاده از ابزار برنامه‌ریزی ریاضی، یک مدل ریاضی برای مکان‌یابی-تخصیص مراکز درمانی ارائه شد که در این مدل به کارایی این مراکز نیز توجه شده است. علاوه بر این سعی شد بحث کیفیت خدمت‌رسانی در بیمارستان‌های نیز در کنار میزان کارایی خدمات ارائه شده در نظر گرفته شود. مفروضات اصلی که برای مسئله در نظر گرفته شده است عبارت است از:

- تسهیلات سلامت موردنظر از نوع درمانی می‌باشند.
- شاخص‌های کارایی به‌عنوان یکی از عوامل تصمیم‌گیری لحاظ شده است.
- کیفیت خدمات به‌عنوان عاملی جهت تشویق مشتریان به استفاده از خدمات بافاصله دورتر لحاظ شده است.
- تمامی خدمات دارای ظرفیت می‌باشند.
- سوالاتی که مدل حاضر به آن‌ها پاسخ داد عبارتند از:
  - چه خدماتی در مرکز درمانی مورد نظر به ارائه خدمت ادامه دهند و چه مراکز بهتر است بسته شوند؟
  - شاخص کارایی خدمات ارائه شده در بخش‌های مختلف بیمارستانی چقدر است؟
  - نحوه پوشش تقاضای مراکز جمعیتی مختلف چگونه است؟

افزایش کارایی، یعنی انتخاب تخصیص‌هایی که با هزینه ورودی کمتر، خروجی بیشتری تولید می‌کنند. الگوی هزینه

خود یک مدل مکان‌یابی-تخصیص با ملاحظه دو تابع هدف هزینه و تحلیل پوششی داده‌ها ارائه دادند [۸]. در مقاله اسمیت و همکاران در سال ۲۰۰۹ برنامه‌ریزی پایدار طرح جوامع سلامت در مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه مورد بررسی قرار گرفت و نکات جالب توجهی در لحاظ کردن انصاف و کارایی در مدل‌ها مطرح شد [۹]. نمونه دیگر از کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری در مکان‌یابی بیمارستان‌ها را می‌توان در اثر وحیدنیا و همکاران در سال ۲۰۰۹ دید، آن‌ها ترکیب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و نرم‌افزار GIS را برای انتخاب بهترین مکان احداث بیمارستان به کار گرفتند [۱۰]. شریف و همکاران در سال ۲۰۱۲ مدل مکان‌یابی-تخصیص جهت برنامه‌ریزی تسهیلات درمانی کشور مالزی ارائه دادند که در آن محدودیت ظرفیت نیز در نظر گرفته شده بود [۱۱]. فرزادی و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بحث سهمیه‌بندی تقاضاها و ایجاد صف برای دریافت خدمات اشاره کرده و عوامل موثر در شناسایی وضعیت منابع ارائه خدمات و مدیریت بهتر نظام ارائه خدمات را مورد کنکاش قرار دادند [۱۲]. قادری و جبل عاملی در سال ۲۰۱۳ مدلی برای مکان‌یابی و طراحی شبکه تسهیلات درمانی با لحاظ کردن محدودیت بودجه و با فرض پویایی ارائه کرده‌اند و برای حل این مدل از دو الگوریتم ابتکاری بنام الگوریتم جستجوی حریصانه و الگوریتمی بر پایه شبیه‌سازی تبرید استفاده کردند [۱۳]. میتروپولوس و همکاران در سال ۲۰۱۳ با ترکیب مدل تحلیل پوششی داده‌ها و مکان‌یابی، مدلی را جهت ترکیب مؤثرتر خدمات در بخش سلامت بکار برده‌اند [۱۴]. افشاری و پنگ در سال ۲۰۱۴ در مقاله‌ای مروری به بررسی روش‌های مکان‌یابی مراکز درمانی با لحاظ کردن کارایی و هزینه پرداخته‌اند. از دید آن‌ها هزینه و کارایی دو معیار مهم خدمات درمانی برای حداقل‌سازی مجموع مسافت پیموده شده بین محل زندگی بیمار و تسهیل درمانی است [۱۵]. سان و چوی در سال ۲۰۱۴ به بررسی کارایی و کیفیت خدمات ارائه شده در بیمارستان‌های کره جنوبی در دراز مدت پرداخته‌اند و به فاکتورهای مرتبط دست یافتند که امکان رسیدن همزمان به کارایی و کیفیت بالا را فراهم

و نیز بر روی خدمات هر یک صورت گرفت. یکی از نکاتی که در این پژوهش در مفروضات قرار گرفته است تاثیر کیفیت در تصمیم متقاضیان استفاده از خدمت است. همانند آنچه که در مسائل مکان‌یابی رقابتی برای موازنه کیفیت و مسافت در مدل‌های هاف (Huff) دیده می‌شود، کیفیت بالاتر منجر به جذب بیشتر بیمار به یک بیمارستان می‌شود و این موضوع با کاهش اثر مسافت اعمال شده است.

شبکه مسئله پیشنهادی شامل نقاط تقاضا و مراکز ارائه خدمات درمانی می‌باشد. نقاط تقاضا به خدمات متنوعی متناسب با ناحیه و جمعیت ساکن در آن نیازمندند و در مقابل، مراکز ارائه خدمت، خدمات درمانی متنوعی را متناسب با تسهیلات و نیروی انسانی موجودشان ارائه می‌دهند. برای مدل‌سازی مسئله پیشنهادی، در ابتدا مجموعه‌ها، پارامترها و متغیرهای مورد نیاز تعریف شد و توابع هدف و محدودیت‌های مسئله پیشنهادی ارائه گردید. در ادامه به این مؤلفه‌ها پرداخته شده است.

بهینه، الگویی از تخصیص‌ها است که کمترین هزینه ممکن، و بیشترین کارایی در بین همه تخصیص‌ها را داشته باشند.

در این پژوهش هدف طراحی مدل و انتخاب تخصیص‌هایی بود که علاوه بر کاهش هزینه، بیشترین کارایی را نیز داشته باشند. در واقع احداث بیمارستان‌های بیشتری منجر به کارایی مطلوب نخواهد شد. بدیهی است، مجموع کارایی زمانی حداکثر می‌شود که همه تخصیص‌ها انجام شود، یعنی همه نقاط کاندید در جواب بهینه وارد شوند. همچنین هدف یافتن حداقل تعداد ممکن از تخصیص‌هایی بود که ضمن برآوردن تقاضاها و حداقل کردن هزینه، مجموع کارایی آن‌ها نیز حداکثر شود و این نکته را باید در مدل‌سازی در نظر گرفت.

در این پژوهش با در نظر گرفتن خدمات مختلف برای یک بیمارستان و کیفیت برای هر یک از خدمات، مدلی پیشنهاد شده است که در آن هدف کمینه کردن هزینه‌های عملیاتی و برپایی و در کنار آن بیشینه کردن کیفیت و کارایی است. در این مدل بازنگری کلی بر روی عملکرد بیمارستان‌های موجود

#### مجموعه‌ها

$I$  مجموعه نقاط تقاضا ( $i=1, \dots, I$ )

$J$  مجموعه بیمارستان‌ها ( $j=1, \dots, J$ )

$T$  مجموعه خدمات بیمارستان‌ها ( $t=1, \dots, T$ )

$R$  مجموعه ورودی به بیمارستان‌ها ( $r=1, \dots, R$ )

$H$  مجموعه خروجی از بیمارستان‌ها ( $h=1, \dots, H$ )

$st(j)$  زیرمجموعه‌ای از  $T$  که عبارت است از مجموعه خدماتی که در بیمارستان  $j$  قابل ارائه است.

#### پارامترها

$d_{ij}$  فاصله میان نقطه  $i$  و  $j$  با  $i \in I, j \in J$

$w_{it}$  تقاضای مرکز جمعیتی  $i$  برای خدمت  $t$

$oc_{jt}$  هزینه عملیاتی خدمت  $t$  در بیمارستان  $j$

$I_{jtr}$  مقدار ورودی  $r$  ام برای خدمت  $t$  ام در بیمارستان  $j$  ام

$O_{jth}$  مقدار خروجی  $h$  ام برای خدمت  $t$  ام در بیمارستان  $j$  ام

$M$  عددی بزرگ است که به عنوان جریمه در اولین تابع هدف برای هر کم محقق شدن در نظر گرفته می‌شود.

$f_{ij}$  برابر ۱ است اگر  $d_{ij} < d_{\max}$  باشد و ۰ در غیر این صورت

$c(d_{ij})$  نشان‌دهنده جمعیت علاقه‌مند به مداوا از  $i$  به بیمارستان  $j$  است و بیانگر بهره‌برداری از منابع است.

$c_{\min}$  حجم موردنیاز حیاتی در هر بیمارستان باز شده هست. به نام حداقل حجم موردنیاز برای مداوای جمعیت تا عملیات در

بیمارستان را توجیه نماید.

$d_{max}$  حداکثر فاصله مجاز برای تخصیص مرکز جمعیتی به یک خدمت بیمارستانی

$q_{jt}$  کیفیت خدمت ام در بیمارستان  $j$  ام

$cap_{jt}$  حداکثر ظرفیت خدمت  $t$  در بیمارستان  $j$  ام

**متغیرها**

$y_{jt}$  برابر ۱ است اگر خدمت  $t$  ام در بیمارستان  $j$  ام ارائه شود و در غیر این صورت ۰

$x_{ijt}$  برابر ۱ است اگر مرکز جمعیتی  $i$  برای دریافت خدمت  $t$  به بیمارستان واقع در مرکز  $j$  تخصیص یابد در غیر این صورت ۰ است.

$D_{jt}^-$  متغیر کمبود محدودیت‌های نرم

$v_{jtr}$  وزن ورودی  $r$  ام برای خدمت  $t$  ام در بیمارستان  $j$  ام

$u_{jih}$  وزن خروجی  $h$  ام برای خدمت  $t$  ام در بیمارستان  $j$  ام

$de_{jt}$  میزان ناکارآمدی خدمت  $t$  ام بیمارستان  $j$  ام

$b_{ijt}$  تعداد بیمارانی که از نقطه تقاضای  $i$  به بیمارستان  $j$  مراجعه و از خدمت  $t$  استفاده کرده‌اند.

در مدل فرض شده است با افزایش مسافت مراجعین و متقاضیان استفاده از خدمت در بیمارستان‌ها مطابق فرمول زیر کاهش می‌یابد.

$$c(d_{ij}) = \begin{cases} \left( \frac{d_{max} - d_{ij}}{d_{max}} \right) w_{it} & \text{if } d_{ij} \leq d_{max} \\ 0 & \text{if } d_{ij} > d_{max} \end{cases} \quad (1)$$

مدل برنامه‌ریزی ریاضی شامل توابع هدف و محدودیت‌های شده‌اند. مسئله به شرح زیر می‌باشد که ابتدا بیان و سپس توضیح داده

$$\text{Min } f_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} \frac{d_{ij}}{q_{jt}} b_{ijt} + M \cdot \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} D_{jt}^- + \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} oc_{jt} y_{jt} \quad (2)$$

$$\text{Max } f_2 = \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} (1 - de_{jt}) \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ijt} \geq 1 \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (4)$$

$$x_{ijt} \leq f_{ij} y_{jt} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} c(d_{ij}) x_{ijt} + D_{jt}^- \geq c_{min} y_{jt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{r \in R} v_{jtr} I_{jtr} = y_{jt} \quad \forall j \in J, \forall t \in st(j) \quad (7)$$

$$\sum_{h \in H} u_{jih} O_{nph} - \sum_{r \in R} v_{jtr} I_{npr} \leq 0 \quad \forall j \in J, \forall t \in st(j), \forall n \in J, \forall p \in st(j); (j \neq n, t \neq p) \quad (8)$$

$$\sum_{h \in H} u_{jih} O_{jih} + de_{jt} = y_{jt} \quad \forall j \in J, \forall t \in st(j) \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} b_{ijt} = w_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (10)$$

$$\sum_{i \in I} b_{ijt} \leq cap_{jt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (11)$$

$$u_{jth} \geq \varepsilon y_{jt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \forall h \in H \quad (12)$$

$$v_{jtr} \geq \varepsilon y_{jt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \forall r \in R \quad (13)$$

$$b_{ijt} \leq M \cdot x_{ijt} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (14)$$

$$y_{jt} \leq \sum_{i \in I} b_{ijt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (15)$$

$$u_{jth} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (16)$$

$$v_{jtr} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (17)$$

$$b_{ijt} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (18)$$

$$D_{jt}^- \geq 0 \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (19)$$

$$x_{ijt} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (20)$$

$$y_{jt} \in \{0,1\} \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (21)$$

می‌توانند بازمانند حتی در صورتی که بهره‌وری و استفاده ناکافی داشته باشند. محدودیت هفت بیانگر این است که جمع وزن ورودی‌های  $r$ ام DMU برابر یک هست. محدودیت هشت نشان‌دهنده کمتر بودن مجموعه وزن خروجی‌های از ورودی‌های متناظر آن است. محدودیت نه کارایی را به صورت جمع موزون خروجی‌های  $h$  ام معرفی می‌کند. محدودیت ۱۰ به معنی برابر بودن مجموع مراجعین یک منطقه برای استفاده از خدمت بیمارستانی به بیمارستان‌های مختلف با تقاضای خدمت مورد نظر در آن منطقه هست و تضمین می‌کند آن نیاز به آن خدمت ارضا شده باشد. محدودیت ۱۱ نشان‌دهنده کمتر بودن جمعیت مراجعه‌کننده یک مرکز جمعیتی برای استفاده از خدمتی در بیمارستان از حداقل تقاضای آن مرکز جمعیتی و ظرفیت آن خدمت در بیمارستان است و در صورتی که در آن بیمارستان خدمتی ارائه نشود جمعیتی نیز به آن مراجعه نخواهد کرد. محدودیت تقاضای ۱۲ و ۱۳ نشان‌دهنده نامنفی بودن وزن‌های ورودی و خروجی است. محدودیت ۱۴ در صورتی یک مرکز جمعیتی از خدمت بیمارستانی استفاده می‌کند که سهمی از جمعیت آن منطقه به بیمارستان برای استفاده از آن خدمت تخصیص یافته باشند. محدودیت ۱۵ بیانگر عدم ارائه خدمت  $t$  در بیمارستان  $J$  است مگر اینکه حداقل یک نفر از آن خدمت استفاده نماید. محدودیت‌های ۱۶ الی ۱۹ نیز متغیرهای تصمیم نامنفی بودن

با استفاده از مدل هاف [۱۷] تلفیقی از کیفیت و فاصله را می‌توان ایجاد کرد و از آن در تابع هدف هزینه بهره‌برد. به عبارتی رابطه دو بیانگر حداقل سازی هزینه فاصله به کیفیت، هزینه کم‌کاری در محدودیت‌های نادیده گرفتن تعدی از ظرفیت بحرانی تعریف شده و هزینه عملیاتی خدمت بکار برده در بیمارستان است. تابع سه جمع امتیاز اثربخشی خدمات باز بیمارستان‌ها را برای تمام تقاضاها حداکثر می‌نماید. محدودیت چهار ارضای تقاضاها را تضمین می‌کند. محدودیت پنج تصمیمات مکان و تخصیص را مشخص می‌کنند و تضمین می‌کنند که هر مرکز جمعیتی در یک فاصله اشاره شده از حداقل یک بیمارستان ارائه‌دهنده خدمات قرار گیرد. محدودیت شش محدودیت حجم بحرانی (ظرفیت) است که به تعداد بیماران خدمت‌رسانی شده مرتبط است، تضمین می‌کند که در هر بیمارستان حداقل حجم مداوای جمعیت با  $D_k^-$  هرگونه کم‌کاری اجرایی مراکز درمانی در نقطه  $k$  اجرا شود. باید به خاطر داشت که محدودیت نرم را می‌توان به عنوان محدودیت ترجیحی که ارضای آن محدود نشده است ولیکن ترجیح داده شده است. با این وجود از هرگونه تخطی بر روی این محدودیت می‌باید دوری کرد تا جایی که امکان دارد. در این مدل از محدودیت نرم استفاده شده است تا از عدم پوشش ساکنین در مراکز کم جمعیت جلوگیری شود به عبارتی برای بعضی نواحی

درجه اهمیت هر یک از اهداف در جواب نهایی با استفاده از وزن آن تابع هدف تعیین می‌شود. بدین ترتیب می‌توان درجه اهمیت هر هدف را با تغییر اوزان کنترل کرد و به جواب‌های موثر متفاوتی دست یافت. از جمله مزایای این روش، سادگی استفاده از آن در مسائل برنامه‌ریزی محدب است، بنابراین، با توجه به اینکه این مسئله از نوع برنامه‌ریزی خطی است، این روش برای حل آن انتخاب شده است.

در روش محدودیت اِپسیلون افزوده شده، یکی از توابع هدف به عنوان تابع هدف پایه در نظر گرفته شده و سایر توابع هدف تبدیل به محدودیت می‌شوند. فرم کلی روش محدودیت اِپسیلون برای مسئله ۱۹ به فرم زیر است که در آن  $e_i$ ها درجه بهینگی هر یک از توابع هدف موجود در محدودیت‌ها را مشخص می‌کند. برای بدست آوردن  $e_i$ ها محدوده مقدارگیری هر یک از توابع هدف را با تشکیل جدول موازنه بدست آورده و آن‌ها را به تعدادی نقاط شکست تقسیم می‌کنیم. در این روش نیازی به بی‌مقیاس کردن اهداف وجود ندارد.

$$MAX f_1$$

s.t.

$$f_2 \geq e_2$$

:

$$f_p \geq e_p$$

$$x \in S$$

در این پژوهش از روش محدودیت اِپسیلون افزوده شده استفاده شده است. این روش ضمن حفظ بهینگی تابع هدف پایه، سایر اهداف را به حداکثر بهینگی ممکن می‌رساند. بار دیگر مسئله ۱۹ را در نظر بگیرید، حل این مسئله طبق روش اِپسیلون افزوده به صورت زیر است که در آن  $e_i$ ها دامنه مقادیر تابع هدف متناظر است. مووراتاس و همکاران در سال ۲۰۱۳ گام‌های حل مسئله فوق را بیان نمودند [۱۸].

می‌باشند. محدودیت‌های ۲۰ و ۲۱ متغیرهای تصمیم صفر و یک را مشخص می‌نماید.

در ادامه این بخش، مدل پیشنهادی با استفاده از روش‌های حل مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه حل می‌شود. در ابتدا، شرحی از این روش‌ها ارائه می‌شود و در ادامه مطالعه موردی تبیین و نتایج حاصل تحلیل می‌شود.

در مسائل چندهدفه نظیر مسئله فوق، به دلیل وجود تناقض بین اهداف، جواب واحدی که همه اهداف در آن بهینه باشند، وجود ندارد. بنابراین، مجموعه‌ای جواب‌های موثر، به عنوان مجموعه جواب بهینه (نزدیک به بهینه) ارائه می‌شود. نقطه شدنی مانند  $A$  موثر یا کاراست، اگر جواب موجه دیگری وجود داشته باشد که حداقل در یک هدف بهتر از  $A$  بوده و در سایر اهداف به خوبی  $A$  نباشد.

در این پژوهش برای دستیابی به مجموعه جواب‌های موثر از دو روش محدودیت اِپسیلون افزوده شده [۱۸] و وزن‌دهی استفاده شده است که در ادامه تشریح می‌شوند.

در روش وزن‌دهی توابع هدف در قالب یک تابع هدف کلی ترکیب می‌شوند. مسئله زیر را در نظر بگیرید:

$$(19) \quad MAX f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x) \quad (21)$$

s.t.

$$x \in S$$

که در آن  $x$  بردار متغیرهای تصمیم و  $f_1(x), \dots, f_p(x)$  توابع هدف و  $S$  فضای جواب است. در روش وزن‌دهی معمولاً ابتدا توابع هدف را بی‌مقیاس کرده و سپس به هر یک از اهداف یک وزن اختصاص داده می‌شود. فرم کلی روش وزن‌دهی برای حل مسئله (۱۹) به صورت زیر است:

$$(20) \quad MAX \sum_{i=1}^p w_i \frac{f_i(x)}{f_i^*}$$

s.t.

$$x \in S$$

$$0 \leq w_i \leq 1, \sum_{i=1}^p w_i = 1$$

که در آن  $w_i$ ها وزن هر یک از توابع هدف در تابع کلی و  $f_i^*$  مقدار بهینه هر یک از توابع هدف است. در این روش

$$MAX (f_1 + eps \times (s_2 / r_2 + \dots + s_p / r_p)) \quad (23)$$

s.t.

$$f_2 - s_2 = e_2$$

:

$$f_p - s_p = e_p$$

$$x \in S, s_j \geq 0$$

### یافته‌ها

در این پژوهش، مدل پیشنهادی برای مکان‌یابی - تخصیص خدمات قابل ارائه در بیمارستان‌های دولتی و خصوصی شهرستان آمل به کار گرفته شده است. این شهرستان به چهار منطقه جمعیتی امام رضا، محمودآباد، نور و هراز تقسیم شده است. شهرستان آمل دارای سه بیمارستان دولتی امام رضا (ع)، ۱۷ شهریور و امام علی (ع) و بیمارستان خصوصی پیمان است. اطلاعات مربوط به خدمات قابل ارائه و جزئیات هر یک از آنها، مربوط به سال ۹۲ بوده و با مراجعه به این بیمارستان‌ها و دانشگاه علوم پزشکی مازندران جمع‌آوری شده است.

جدول یک ورودی و خروجی‌های بکارگرفته شده در مدل تحلیل پوشش را نشان می‌دهد. در کل بیمارستان‌های شهر، ۱۹ خدمت را به متقاضیان ارائه می‌دهند. این خدمات عبارتند از: داخلی، اطفال، زنان و زایمان، جراحی عمومی، جراحی مغز و اعصاب، جراحی کلیه و مجاری ادراری، جراحی چشم، جراحی گوش و حلق، روانپزشکی، CCU، ICU، NICU، PICU، داخلی اعصاب، قلب و عروق، عفونی، نوزادان، مسمومیت و اورژانس.

هر یک از بیمارستان‌ها متناسب با امکانات موجود و حوزه تخصصی به ارائه خدمت می‌پردازند. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته [۱۹] مهم‌ترین شاخص در افزایش کارایی از دید مدیران، متوسط اقامت بیمار می‌باشد. سایر شاخص‌هایی مهم در اندازه‌گیری کارایی عبارتند از: درصد اشغال تخت، هزینه تخت روز و نسبت گردش تخت.

در این پژوهش بر اساس شاخص‌های تعداد تخت فعال، نسبت پذیرش بیمار برای هر تخت و تعداد افراد مداوا شده به

اندازه‌گیری خروجی هر بیمارستان پرداخته شده است. تخت فعال گویای میزان استفاده از تخت‌های ثابت موجود است و به خوبی نشان می‌دهد که آیا خدمت مورد نظر در بیمارستان تحت مطالعه مورد نظر و توجه متقاضیان و بیماران قرار گرفته است یا خیر. به عبارتی تعداد تخت فعال کم به نسبت تخت‌های ثابت گویای تخصیص نادرست و عم‌کارایی خدمت مورد نظر است. نسبت پذیرش و تعداد افراد مداوا شده نیز به صورت مشابه مطلب یکسانی را می‌رسانند.

در مقابل، برای ورودی‌های هر بیمارستان نیز ترکیبی از نیروی انسانی و تسهیلات موجود در آن لحاظ شده است. تعداد پزشکان و پرستاران شاغل و همچنین تخت‌های ثابت به عنوان سه عنصر اصلی جهت ارائه خدمات به خوبی نمادی از ورودی‌های یک بیمارستان هستند. فهرست زیر به تفکیک ورودی و خروجی‌های در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد.

### جدول ۱: شاخص‌های ورودی و خروجی کارایی

ورودی	خروجی
تعداد تخت ثابت	تعداد تخت فعال
تعداد پزشک	نسبت پذیرش بیمار برای هر تخت
تعداد پرستار	تعداد افراد مداوا شده

با حل مدل می‌توان در مورد وجود و یا عدم وجود هر یک از خدمات در هر بیمارستان و تخصیص نواحی جمعیتی به هر بیمارستان برای دریافت خدمت، تصمیم‌گیری کرد. این تصمیم‌گیری به گونه‌ای است که ارائه خدمات با حداقل هزینه و حداکثر کارایی صورت پذیرد.

برای حل مدل پیشنهادی ابتدا طبق روش تشریح شده، جدول بازدهی (جدول دو) تشکیل می‌شود.

### جدول ۲: مقدار توابع هدف به ازای حل جداگانه

	میزان هزینه ( $f_1$ )	میزان کارایی ( $f_2$ )
Min $f_1$	۱۶۲۵۴/۱۷۳	۵۴/۲۵۷
Max $f_2$	۱۷۰۶۴/۸۸۳	۷۳/۷۰۱



نتیجه نشان می‌دهد که استفاده از روش وزن‌دهی تن‌ها منجر به یک جواب پارتویی شده است، اما با بکارگیری روش محدودیت اپسیلون افزوده شده می‌توان به مجموعه‌ای از جواب‌های پارتویی دست یافت. به طور کلی روش محدودیت اپسیلون عملکرد بهتری در حل این مسئله از خود نشان داده است. مزایای روش محدودیت اپسیلون نسبت به روش وزن‌دهی در حل این مسئله عبارتند از:

- در این مسئله که از نوع برنامه‌ریزی خطی است، تابع هدف مورد استفاده در روش وزنی بر روی ناحیه شدنی اصلی مسئله بکار گرفته می‌شود، بنابراین، تن‌ها منتج به یک جواب گوشه‌ای می‌شود. در مقابل روش محدودیت اپسیلون افزوده شده ناحیه شدنی اصلی مسئله را در هر تکرار تغییر می‌دهد. بنابراین، می‌تواند به جواب‌های غیر گوشه‌ای نیز دست یابد. با بکارگیری روش محدودیت اپسیلون افزوده شده می‌توان به مجموعه بزرگتری از جواب‌های کارا دست یافت.

- روش وزنی کارکرد خوبی در برخورد با مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه آمیخته با اعداد صحیح از خود نشان نمی‌دهد، در حالی که روش محدودیت اپسیلون مشکلی در مواجهه با این مسائل ندارد.

- با بکارگیری روش محدودیت اپسیلون افزوده شده می‌توان تعداد جواب‌های موثر تولید شده را با تنظیم مناسب تعداد نقاط شکست در هر یک از گستره‌های توابع هدف بالاتر برد؛ این در حالی است که این کار با روش وزن‌دهی کار آسانی به حساب نمی‌آید و جواب‌های حاصل شدیداً وابسته به مقدار اوزان خواهد بود.

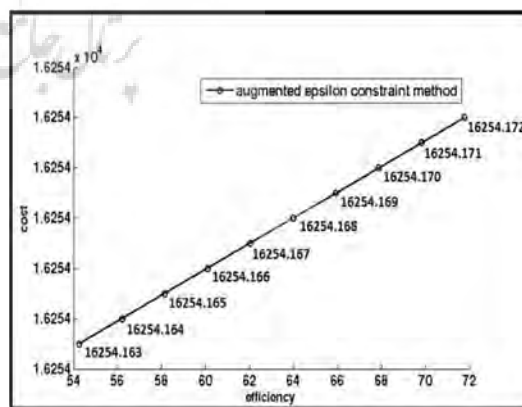
جهت تحلیل نتایج بدست آمده، نتیجه شماره یک و شماره ۱۰ از روش محدودیت اپسیلون افزوده شده مورد تحلیل دقیق‌تر قرار می‌گیرد. در نتیجه شماره یک که کارایی در حداقل سطح خود قرار دارد، از خدمات مراکز کمتری نسبت به حالت ۱۰ که شاخص کارایی بیشترین مقدار را نشان می‌دهد، استفاده شده است. برای مثال با بررسی مراکز مورد استفاده توسط ناحیه یک که اطلاعات آن در جدول چهارم و جدول پنجم برای دو حالت یک و ده آمده است کاهش تعداد

نتیجه حاصل از حل مدل با روش وزن‌دهی نیز به این صورت خواهد بود که مقدار تابع هدف اول (میزان هزینه) برابر ۱۶۲۵۴/۱۶۲۵۴ و مقدار تابع هدف دوم (میزان کارایی) برابر ۵۳۱/۷۳ بدست آمد.

برای حل مسئله با روش محدودیت اپسیلون افزوده شده، تابع هدف اول (هزینه) به عنوان تابع هدف پایه و تابع هدف دوم (کارایی) به عنوان محدودیت در نظر گرفته می‌شود. جدول سه و شکل یک نتایج حاصل از حل مدل به ازای ۱۰ نقطه شکست را نشان می‌دهد. مقدار eps در روش محدودیت اپسیلون افزوده شده، به صورت تجربی و براساس مطالب بیان شده در [۱۸] برابر با ۰.۰۰۱ اختیار شده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از روش محدودیت اپسیلون افزوده شده

ردیف	میزان کارایی ( $f_2$ )	میزان هزینه ( $f_1$ )
۱	۵۴/۲۵۷	۱۶۲۵۴/۱۶۳
۲	۵۶/۲۰۱	۱۶۲۵۴/۱۶۴
۳	۵۸/۱۴۶	۱۶۲۵۴/۱۶۵
۴	۶۰/۰۹۰	۱۶۲۵۴/۱۶۶
۵	۶۲/۰۳۵	۱۶۲۵۴/۱۶۷
۶	۶۳/۹۷۹	۱۶۲۵۴/۱۶۸
۷	۶۵/۹۲۳	۱۶۲۵۴/۱۶۹
۸	۶۷/۸۶۸	۱۶۲۵۴/۱۷۰
۹	۶۹/۸۱۲	۱۶۲۵۴/۱۷۱
۱۰	۷۵۷/۷۱	۱۶۲۵۴/۱۷۲



شکل ۱: خروجی حاصل از روش محدودیت اپسیلون افزوده شده

مراکز مشخص شده است. در واقع در حالت یک مراکز با هزینه کمتر و نزدیک‌تر برگزیده شده است ولی در حالت ۱۰ مراکز با کارایی بالاتر هر چند که فاصله بیشتری از ناحیه مورد نظر داشته‌اند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به وضوح مشخص است که ناحیه یک بیمارستان شماره یک را به سبب فاصله نزدیک‌تر در حالت یک برگزیده است اما به سبب این که به دنبال افزایش کارایی در حالت ۱۰ است تخصیص‌ها را مراکز با کارایی بالاتر افزایش داده است.

**جدول ۴: نتیجه استفاده ناحیه یک از چهار بیمارستان ارائه دهنده خدمات در حالت یک**

ناحیه ۱	بیمارستان			
	۱	۲	۳	۴
تعداد مراکز استفاده شده	۶	۱۲	۵	۲
$d_{1j}$	۲/۹	۷/۳	۴/۸	۵/۸
نفر-کیلومتر استفاده شده	۸۸۷/۴	۱۵۷۶/۸	۴۸۹/۶	۸۱/۲
مجموع نفر-کیلومتر استفاده شده	۳۰۳۵			

**جدول ۵: نتیجه استفاده ناحیه یک از چهار بیمارستان ارائه دهنده خدمات در حالت یک**

ناحیه ۱	بیمارستان			
	۱	۲	۳	۴
تعداد مراکز استفاده شده	۳	۱۰	۵	۳
$d_{1j}$	۲/۹	۷/۳	۴/۸	۵/۸
نفر-کیلومتر استفاده شده	۱۱۳/۱	۲۹۲۰	۶۰۰	۲۶۱
مجموع نفر-کیلومتر استفاده شده	۳۸۹۴			

### بحث و نتیجه گیری

بررسی مقالات انجام شده در بخش مقدمه از توجه همزمان به هزینه و کارایی در مکان‌یابی و تخصیص خدمات بهداشتی و درمانی حکایت دارد [۱۴]. بیشتر مقالاتی که در این حوزه به

بحث کارایی در کنار هزینه پرداخته‌اند کارایی را به عنوان هدف اصلی مورد توجه قرار نداده‌اند و سعی آن‌ها بیشتر بر پوشش بیشتر مراجعین بوده است [۱۳]. قالب مقالات فرض اصلی خود را بر مراجعه افراد به نزدیک‌ترین مرکز ارائه دهنده خدمات قرار داده‌اند حال آنکه افراد در واقعیت همواره به دنبال استفاده از خدماتی هستند که علاوه بر کیفیت مطلوب دارای هزینه مناسب بوده و فاصله زیادی هم با آن‌ها نداشته باشد. عدم توجه به تنوع خدمات در مراکز بیمارستانی و همچنین در نظر نگرفتن کارایی همزمان با هزینه به عنوان تابع هدف در مکان‌یابی و تخصیص خدمات به متقاضیان از دیگر خलाهای مشاهده شده در ادبیات موضوع می‌باشد که در پژوهش حاضر مورد توجه قرار گرفته است.

در این پژوهش، مدل برنامه‌ریزی دوهدفه به منظور مکان‌یابی خدمات قابل ارائه در تسهیلات درمانی و تخصیص آن‌ها به مراکز جمعیتی ارائه شده است. در این مدل در کنار توجه به تخصیص مراکز تقاضا به مراکز ارائه خدمت با کمترین هزینه، کارایی خدمات ارائه شده در بیمارستان‌ها نیز به کمک تحلیل پوششی داده‌ها لحاظ شده است تا هزینه‌های صورت پذیرفته به شکل موثرتری در اختیار متقاضیان قرار گیرد.

از دیگر نکاتی در مدل ارائه شده لحاظ شده است تعداد نابرابر خدمات بیمارستانی می‌باشد. در مطالعات گذشته چنان که در مرور ادبیات هم بدان پرداخته شده تمرکز بیشتر بر روی مراکز پاراکلینیکی و مراکز درمانی غیربیمارستانی بوده است و تنوع تعداد خدمات در نظر گرفته نشده است.

با توجه به چندهدفه بودن مدل ریاضی ارائه شده، دو روش وزن‌دهی و روش محدودیت اسیلون افزوده شده برای حل مدل مورد استفاده قرار گرفته است. مدل پیشنهادی در شرایط واقعی برای مکان‌یابی و تخصیص خدمات درمانی به بیمارستان‌های شهرستان آمل به اجرا گذاشته شده و نتایج مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان-دهنده کارآیی بهتر روش محدودیت اسیلون افزوده شده در مقایسه با روش وزن‌دهی برای حل این مدل بوده است.

همانطور که در آثار محققین دیگر نظیر کتودیموپولوس و

## References

1. Aeinparast A. [Methods of determining costs of patients based on diagnosis related group (DRG)]. Journal of Health Administration 1998; 2(3):94-105 [Persian]
2. Taati Keley E, Meshkini A. [Distribiotion of specialist of public hospitals of iran]. Health Information Managment 2012 Jan 1 [cited 2015 Apr 13]; 9(4):548-57. [Persian]
3. Sedghiyani E. [Hospitals in future]. Journal of Health Administration 1998; 2(2):1-14. [Persian]
4. Retzlaff-Roberts D, Chang CFC, Rubin RMR. Technical efficiency in the use of health care resources: a comparison of OECD countries. Health Policy (New York) [Internet] 2004 Jul [cited 2014 Jan 30]; 69(1):55-72.
5. Stummer C, Doerner K, Focke A, Heidenberger K. Determining Location and Size of Medical Departments in a Hospital Network: A Multiobjective Decision Support Approach. Health Care Manag Sci [Internet] 2004 Feb [cited 2014 Nov 13]; 7(1):63-71.
6. Kontodimopoulos N, Nanos P, Niakas D. Balancing efficiency of health services and equity of access in remote areas in Greece. Health Policy (New York) [Internet] 2006 Mar [cited 2014 Jan 26]; 76(1):49-57.
7. Aletras V, Kontodimopoulos N, Zagouldoudis A, Niakas D. The short-term effect on technical and scale efficiency of establishing regional health systems and general management in Greek NHS hospitals. Health Policy (New York)

همکاران [۶] و فرزادی و همکاران [۱۲] اشاره شده است خروجی حاصل از این مدل به تصمیم گیران کمک می کند تا با توجه به میزان اهمیت هر یک از شاخص های هزینه و یا کارآیی، تصمیمات خود را اتخاذ نمایند. از دیگر مزیت های مدل ارائه شده می توان به محاسبه میزان ناکارایی هر یک از مراکز در ارائه خدمات اشاره کرد، این امر به تصمیم گیران کمک می نماید تا از منابع به نحو موثرتری استفاده نمایند. برای تحقیقات آتی می توان با لحاظ کردن عدم قطعیت در داده ها و تقاضاهای متقاضیان و همچنین هزینه، تصویر بهتری از واقعیت را ارائه کرد. تصمیم گیری برای تغییر مکان و ترکیب خدمات ارائه شده در بیمارستان ها و یا به عبارت دیگر طراحی مجدد خدمات قابل ارائه از دیگر مسائلی است که می تواند به عنوان موضوعی برای تحقیقات آتی در دستور کار قرار گیرد. از دیگر مواردی که محققین در تحقیقات آتی می توانند مد نظر قرار دهند بحث متغیرهای کمی و کیفی در بعد شهری و روستایی همچنین لحاظ کردن بازه زمانی برای مدل می باشد. لحاظ کردن پویایی سیستم های درمانی و ارائه مدلی کارا برای حل آن نیز توصیه می گردد.

## تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل بخشی از پایان نامه تحت عنوان «مکان-یابی-تخصیص مراکز درمانی با در نظر گرفتن میزان کارایی و آمادگی» در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۳ می باشد که با حمایت دانشگاه علم و صنعت ایران اجرا شد. مؤلفان بر خود لازم می دانند از ریاست بیمارستان های امام علی (ع)، امام رضا (ع)، ۱۷ شهریور و پیمان و همچنین دانشگاه علوم پزشکی مازندران به سبب در اختیار قرار دادن اطلاعات و همکاری بی دریغشان سپاس گزاری کنند.

- [Internet] 2007 Oct [cited 2014 Feb 5]; 83(2-3):236–45.
8. Klimberg R, Ratick S. Modeling data envelopment analysis (DEA) efficient location/allocation decisions. *Comput Oper Res* [Internet] 2008 [cited 2014 Jun 26];
9. Smith HK, Harper PR, Potts CN, Thyle A. Planning sustainable community health schemes in rural areas of developing countries. *Eur J Oper Res* [Internet] 2009 Mar [cited 2013 Oct 10]; 193(3): 768–77.
10. Vahidnia MH, Alesheikh AA, Alimohammadi A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *J Environ Manage* [Internet] Elsevier Ltd. 2009 Jul [cited 2014 Jan 25]; 90(10):3048–56.
11. Shariff SSR, Moin NH, Omar M. Location allocation modeling for healthcare facility planning in Malaysia. *Comput Ind Eng* [Internet] Elsevier Ltd. 2012 May [cited 2013 Oct 10]; 62(4):1000–10.
12. Farzadi F, Aeenparast A, Maftoon F, Mohammad Kazem MA. [Waiting time to visit an endocrinologist in iran: shortage of workforce or inappropriate ditribution of patients]. *Payesh* 2013 Jan 1 [cited 2015 Apr 13]; 12(1): 17–23 [Persian]
13. Ghaderi A, Jabalameli MS. Modeling the budget-constrained dynamic uncapacitated facility location–network design problem and solving it via two efficient heuristics: A case study of health care. *Math Comput Model* [Internet] Elsevier Ltd. 2013 Feb [cited 2014 Feb 5]; 57(3-4):382–400.
14. Mitropoulos P, Mitropoulos I, Giannikos I. Combining DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector. *Comput Oper Res* [Internet] Elsevier. 2013; 40(9):2241–50.
15. Afshari H, Peng Q. Challenges and Solutions for Location of Healthcare Facilities. *Ind Eng Manag* [Internet] 2014 [cited 2014 Nov 9]; 03(02).
16. Sohn M, Choi M. [Association between efficiency and quality of health care in South Korea long-term care hospitals: using the data envelopment analysis and matrix analysis]. *J Korean Acad Nurs* [Internet] 2014 Aug 1 [cited 2014 Nov 9]; 44(4): 418–27.
17. Saidani N, Chu F, Chen H. Competitive facility location and design with reactions of competitors already in the market. *Eur J Oper Res* [Internet] 2012 May [cited 2014 Aug 16]; 219(1):9–17.
18. Mavrotas G, Florios K. An improved version of the augmented  $\epsilon$ -constraint method (AUGMECON2) for finding the exact pareto set in multi-objective integer programming problems. *Appl Math Comput* [Internet]. 2013 May [cited 2014 Jul 29]; 219(18):9652–69.
19. Salmanzadeh H. [Efficiency of hospitals: viewpoints of managers of training and treatment centers in Iran University of Medical Sciences]. *Journal of Health Administration* 2000 Oct 15 [cited 2014 Dec 2]; 3(7):1–5. [Persian]



## Locating And Allocating Hospital Services on the basis of Cost And Efficiency: Case Study of Amol

Navaee-Joghtae M<sup>1</sup>/ Rajabzadeh M<sup>2</sup>/ Bozorgi-Amiri A<sup>3</sup>

### Abstract

**Introduction:** Locating hospitals and health care centers, thereby assigning clients to these centers is one of the major challenges encountered by managers and urban planners. The right decision in this area is so important that otherwise would increase costs of providing health services and cause irreparable damages to the individual and social health. The efficiency of such models is critical to decision-makers and has always been the source of making effective use of available resources.

**Methods:** In this paper, a multi objective linear programming model was developed based on simultaneous consideration of locating and allocating services in hospitals. Further, using data envelopment analysis in this model helped locate and assign services at maximum efficiency. The model was used for locating and allocating available services in Amol hospitals. The proposed model the weighting method and the augmented epsilon constraint approach were applied. The results showed that the augmented epsilon constraint has a better capability than the other method to solve this problem

**Results:** The model enables decision makers to consider quality in addition to the cost in locating and allocating procedure. Increasing efficiency along with considering costs are achievements of proposed model for health decision makers.

**Conclusion:** The Pareto results achieved from solving proposed model can be a suitable base for making decisions. Managers can compare obtained solutions and their optimality and make proper decisions. The present case study showed that the model has a proper performance in locating and allocating available services in Amol hospitals.

**Keywords:** Facility location, Hospital, DEA, Augmented epsilon constraint

• Received: 4/Jan/2015 • Modified: 22/Sep/2015 • Accepted: 13/Jan/2016

1. MSc in Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran  
2. MSc in Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran  
3. Assistant Professor of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran; Corresponding Author (alibozorgi@ut.ac.ir)