



## ارزیابی عملکرد بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی تهران با استفاده از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و روش پرومته

فرزاد فیروزی جهانتیغ<sup>۱\*</sup>، مریم استواره<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۶

تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۵/۰۵

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۱۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** محدود بودن منابع اقتصادی و سرمایه‌گذاری در بیمارستان‌های آموزشی دانشگاهی، مسئله‌ای مهم به شمار می‌رود. بنابراین تخصیص بهینه بودجه و منابع موجود، تأثیر زیادی در ارائه خدمات مناسب درمانی و افزایش کارایی بیمارستان‌ها دارد. هدف از این پژوهش ارزیابی عملکرد و تعیین کارایی بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد.

**روش بررسی:** در این مطالعه، با به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی ۴۰ بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی تهران با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس و با رویکرد ورودی و خروجی محور، توسط پنج ورودی و هشت خروجی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت رتبه‌بندی واحدهای کارا با استفاده از روش پرومته صورت گرفته است.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها نشان می‌دهد که ۱۳ بیمارستان از مجموع ۴۰ بیمارستان دارای کارایی کمتر از یک بوده و ناکارا محسوب می‌شوند. روش رتبه‌بندی پرومته، بیمارستان ۲۰ را با مقدار جریان خالص ۰/۷۴۵۲ به‌عنوان بهترین بیمارستان در بین بیمارستان‌های کارا تعیین کرده است.

**نتیجه‌گیری:** تحلیل حساسیت صورت گرفته روی اوزان، نشان می‌دهد که نتایج حاصل از مدل قابل‌اطمینان بوده و از کارایی بالایی برخوردار است و مدیران ارشد مراکز درمانی می‌توانند با استفاده از نتایج این رویکرد، برنامه‌ریزی لازم را جهت استفاده بهینه از منابع خود به‌کارگیرند.

**کلیدواژه‌ها:** کارایی بیمارستان، تحلیل پوششی داده‌ها، بازده به مقیاس، روش پرومته، تحلیل حساسیت.

### مقدمه

سیستم‌های سلامت و مراکز درمانی پرداخته است که از جمله آن می‌توان به مقاله سان و همکاران اشاره کرد که بر اساس گزارش‌های سلامت از سوی وزارت بهداشت و درمان چین، ارزیابی کارایی بیمارستان‌های عمومی را محاسبه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش از نیمی از بیمارستان‌های موردبررسی، با کارایی فنی خوبی عمل می‌کنند [۴]. همچنین نیار و ازکان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به مقایسه کارایی بیمارستان و کیفیت عملکرد آن در یکی از بیمارستان‌های ویرجینیا پرداختند. آن‌ها متوجه شدند که بیمارستان‌هایی که از لحاظ فنی کارا هستند، در سنجش کیفیت نیز به خوبی عمل نموده‌اند [۵]. جهانتیغی، بعد از انجام مطالعات گسترده، ۴۷ مقاله‌ای را که در زمینه ارزیابی کارایی نسبی بیمارستان‌ها پرداخته بودند، با در نظر گرفتن ورودی‌ها، خروجی‌ها، نوع مدل به‌کاررفته و دیگر عوامل، موردبررسی قرارداد و دریافت که در هفت

ارزیابی بهره‌وری سیستم‌های سلامت و مراکز درمانی در دو سطح خرد و کلان حائز اهمیت است. در سال‌های اخیر مدیران این مراکز تمایل زیادی به برآورد نیازهای متفاوت بیماران باکیفیت خدمات بالا داشته‌اند. لازمه دستیابی به این هدف، سنجش عملکرد و کارایی هر بخش مراکز بهداشتی درمانی می‌باشد. یکی از تکنیک‌هایی که به‌منظور سنجش کارایی استفاده می‌شود، روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) است [۱]. تحلیل پوششی داده‌ها روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی کسری می‌باشد که اولین بار توسط چارلز و همکاران (۱۹۷۸) معرفی شد [۲]. علت مقبولیت گسترده این روش نسبت به سایر روش‌ها، امکان بررسی روابط پیچیده و گاهی نامعلوم بین چند ورودی و چند خروجی است [۳].

مطالعات بسیاری به ارزیابی کارایی و عملکرد

۱- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. firouzi@eng.usb.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

استفاده از این روش می‌بایست از یکی از روش‌های وزن دهی، جهت تعیین وزن معیارها استفاده نمود [۱۵]. از آنجایی که بیمارستان‌ها به‌عنوان واحدهایی اقتصادی با محدودیت منابع و بودجه به شمار می‌روند، هدف از این پژوهش ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی تهران از طریق یک مدل ترکیبی DEA-PROMETHEE، با در نظر گرفتن ۱۳ معیار می‌باشد. ابتدا از مدل BCC ورودی محور و خروجی محور، به ارزیابی عملکرد بیمارستان‌ها پرداخته می‌شود و آن‌ها را به دودسته کارا و ناکارا تقسیم‌بندی می‌کند. سپس از روش پرومته، رتبه‌بندی بیمارستان‌های کارا صورت می‌گیرد. در این تحقیق برای محاسبه وزن معیارها به‌منظور رتبه‌بندی، از روش آنتروپی شانون [۱۶] استفاده شده است. در نهایت آنالیز حساسیت اوزان به‌منظور اطمینان از نتیجه به‌دست‌آمده انجام می‌شود.

### روش بررسی

روش تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و از لحاظ زمانی به‌صورت تک مقطعی می‌باشد. ماهیت این روش به‌صورت توصیفی پیمایشی است. مدل ارائه‌شده در مقاله، بعد از مراحل جمع‌آوری اطلاعات و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، به سه مرحله محاسبه کارایی واحدها، رتبه‌بندی واحدهای کارا و آنالیز حساسیت تقسیم می‌شود. در شکل (۱)، روند کلی مقاله به تصویر کشیده شده است.

**روش تحلیل پوششی داده‌ها:** تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یک تکنیک برنامه‌ریزی خطی و مدلی مناسب برای ارزیابی کارایی واحدهایی با چند ورودی و خروجی می‌باشد. در این روش، برای هر واحد تصمیم‌گیری (DMU)<sup>۱</sup>، یک نمره کارایی تعیین می‌گردد. این مقدار می‌تواند عددی در بازه صفر و یک باشد. اگر واحدی نمره یک گرفت، واحد کارا و واحدی که نمره آن از یک کمتر شود، واحد ناکارا نامیده می‌شود. در استفاده از روش DEA، دو مشخصه اساسی بازده به‌الگوی

<sup>۱</sup> Decision making unit

سال اخیر علاقه محققان ایرانی به کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی بیمارستان‌ها افزایش یافته است [۶].

گاهی به‌منظور توانمندتر کردن روش تحلیل پوششی داده‌ها، از روش‌های دیگری به همراه روش DEA استفاده می‌شود که باعث ارائه مدلی مطمئن و کارا جهت ارزیابی بیمارستان‌ها است. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده هم‌زمان شبیه‌سازی و تحلیل پوششی داده‌ها در بخش اورژانس بیمارستانی که در آن ازدحام و انتظار طولانی بیماران از شایع‌ترین مشکلات می‌باشد، اشاره کرد [۷]. از انواع دیگر آن می‌توان به استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به همراه روش گسترش کارکرد کیفی [۸] (QFD)، مدل تقویت‌شده تحلیل پوششی داده‌ها توسط رگرسیون درختی و طبقه‌بندی به همراه شبکه عصبی [۹]، به‌کارگیری هم‌زمان روش‌های DEA و تجزیه و تحلیل مرزی تصادفی [۱۰]، روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه دینامیکی [۱۱]، مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون بریده [۱۲] اشاره نمود.

علاوه بر روش‌های ذکرشده، استفاده از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری می‌تواند به ایجاد مدلی مطمئن و انعطاف‌پذیر بپردازد [۱۳]. یکی از ابزارهای مناسب جهت رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری در مورد کارایی بیمارستان‌ها، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مختلفی وجود دارد که خانواده پرومته (PROMETHEE) یکی از مدل‌های کاربردی آن‌ها است. پرومته به معنی روش سازمان‌دهی و رتبه‌بندی ترجیحی جهت ارزیابی بهتر می‌باشد که توسط برنز و وینک [۱۴] ایجادشده است. در روش پرومته، اطلاعات بین معیارها (درباره اهمیت نسبی معیارها در مقایسه با یکدیگر یا وزن معیارها) و اطلاعات درون هر معیار (نشان‌دهنده ترجیح تصمیم‌گیرنده یا تابع ترجیح) توسط تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته می‌شود. همچنین به دلیل اینکه در روش پرومته وزن شاخص‌ها، لازم می‌باشد، بنابراین هنگام

$$\begin{aligned}
 St: \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq \theta x_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\
 \lambda_j &\geq 0, \theta \text{ آزاد در علامت, } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)
 \end{aligned}$$

در رابطه (۲)،  $\theta$  نسبت کاهش ورودی‌های واحد تحت بررسی جهت بهبود کارایی نشان می‌دهد. در این مدل یک واحد را کارا گویند اگر و تنها اگر دو شرط زیر برقرار باشد [۱۸]:

- $\theta^* = 1$  شود.
- تمامی متغیرهای کمکی مقدار صفر داشته باشند.

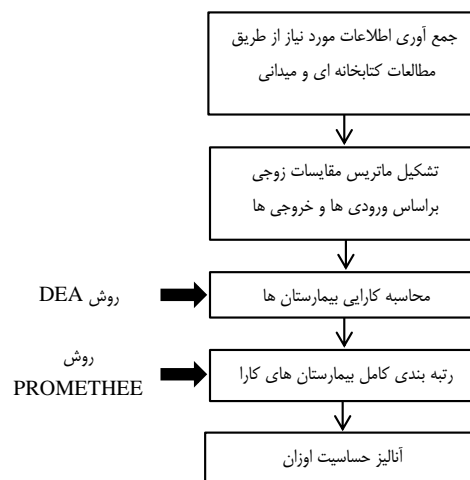
$$\begin{aligned}
 St: \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq \theta y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\
 \lambda_j &\geq 0, \theta \text{ آزاد در علامت, } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)
 \end{aligned}$$

در رابطه (۳)،  $\theta$  جهت رسیدن به بیشترین سطح خروجی، حداکثر می‌شود. در رابطه (۲) و (۳)،  $x_{ij}$  میزان ورودی  $i$  ام برای واحد تصمیم‌گیرنده  $j$  ام و  $y_{rj}$  میزان خروجی  $r$  ام برای واحد تصمیم‌گیرنده  $j$  ام می‌باشد. به علاوه،  $\theta$  و  $\lambda_j$  به ترتیب متغیرهای متناظر با محدودیت (۴) و (۵) را نمایش داده می‌دهند.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rj} u_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i \leq 0 \quad (5)$$

که در آن  $u_r$  وزن تخصیص داده‌شده به خروجی  $r$  ام



شکل ۱- فرآیند کلی تحقیق

مورد استفاده و ماهیت الگو می‌بایست تعیین گردد. بازده به مقیاس الگو می‌تواند به صورت ثابت و یا متغیر باشد. ماهیت الگو نیز می‌تواند با دو رویکرد ورودی محور و خروجی محور ظاهر گردد [۳].

در این مطالعه، از مدل ثانویه بازده به مقیاس متغیر (BCC) استفاده شده است. بنابراین هدف مسئله بررسی هر دو حالت حداقل نمودن ورودی‌ها با فرض ثابت بودن خروجی‌ها و حداکثر نمودن خروجی‌ها با فرض ثابت بودن ورودی‌ها می‌باشد. مدل ثانویه (مدل پوششی) روی روابط میان DMU مورد ارزیابی و دیگر واحدهای تصمیم‌گیری تأکید دارد. در مدل پوششی روش DEA، نتیجه حاصل زمانی قابل اطمینان خواهد بود که تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده، از رابطه (۱) پیروی کند. زیرا در غیر این صورت اغلب واحدها بر روی مرز کارایی قرار گرفته و امتیاز کارایی یک را اختیار می‌کنند. با این کار قدرت تفکیک مدل کاهش می‌یابد.

$$n \geq 3(m + s) \quad (1)$$

رابطه (۲)، بیانگر مدل ثانویه BCC با رویکرد ورودی محور و رابطه (۳)، بیانگر مدل ثانویه BCC با رویکرد خروجی محور می‌باشد.  $m$  تعداد ورودی،  $s$  تعداد خروجی و  $n$  تعداد واحد است [۱۷].

$$\text{Min } Y_0 = \theta$$

هرچه پراکندگی در یک معیار بیشتر باشد، آن معیار از اهمیت بیشتری برخوردار است [۱۶].

**گام ۳) محاسبه مدل ترجیح:** در این گام انحراف میان معیارهای ارزیابی شده مربوط به گزینه‌ها براساس مقایسات زوجی با کمک رابطه (۸) محاسبه می‌شود که در آن  $d_j$  اختلاف دو معیار ارزیابی شده  $j$  برحسب دو گزینه  $a$  و  $b$  می‌باشد.

$$d_j(a, b) = f_j(a) - f_j(b) \quad (8)$$

سپس تابع ترجیح برحسب اختلاف موجود بین دو گزینه مفروض، با استفاده از رابطه (۹) تشکیل می‌شود.

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad \forall a, b \in A \text{ و } j = 1, 2, \dots, k \quad (9)$$

درواقع برای استفاده از این اطلاعات، تصمیم‌گیرنده یک تابع ترجیح انتخاب می‌کند. برای تسهیل موضوع، شش نوع تابع ترجیح برای تصمیم‌گیری ارائه شده است که در این مطالعه از تابع نوع پنج روش پرومته استفاده شده است. در شکل (۲)، تابع ریاضی و نمودار آن آورده شده است. در این تابع، پارامترهای ترجیحی  $p$  و  $q$ ، می‌بایست تعیین شوند.  $q$  آستانه بی‌تفاوتی (بزرگ‌ترین تفاوت قابل اغماض) و  $p$  آستانه ترجیح (کوچک‌ترین تفاوتی که نشان‌دهنده ترجیح قطعی یک گزینه بر گزینه دیگر) می‌باشد. با توجه به شکل (۲)، چنانچه تفاوت امتیاز دو آلترناتیو در فاصله  $d \leq q$  باشد، هیچ تفاوتی وجود بین دو گزینه وجود ندارد. در صورتی که تفاوت بین دو مقدار در فاصله  $q < d \leq p$  باشد، میزان اولویت به صورت خطی تغییر می‌کند. اگر میزان تفاوت در فاصله  $d > p$  باشد، اولویت کامل وجود دارد [۲۲].

در بخش انتهایی این گام، شاخص‌های ارجحیت، به‌منظور تعیین ترجیح گزینه  $a$  و  $b$ ، بر اساس تمام معیارها و با اعمال وزن شاخص‌های محاسبه شده از گام ۲ ( $W_j$ )، از رابطه (۱۰) به دست می‌آید.

و  $V_i$ ، وزن تخصیص داده شده به ورودی  $i$  ام می‌باشد [۱۹].

**روش پرومته:** روش پرومته شکل اصلاح شده، ساده و قابل درک روش الکتراه<sup>۲</sup> می‌باشد. موفقیت روش پرومته به دلیل ویژگی‌های ریاضیاتی به‌کاررفته در آن است. برای تصمیم‌گیری بر اساس روش پرومته، چهار گام اصلی می‌بایست طی شود (۲۰). این چهار گام عبارت‌اند از:

- ۱) تشکیل جدول تصمیم‌گیری برای محاسبه انحراف گزینه‌ها نسبت به معیارهای مختلف
- ۲) محاسبه وزن معیارها
- ۳) محاسبه مدل ترجیح
- ۴) محاسبه جریان ترجیح

**گام ۱) تشکیل جدول تصمیم‌گیری:** روش پرومته با جدول تصمیم‌گیری، مسئله را آنالیز می‌کند. این جدول شامل گزینه‌ها و معیارها می‌باشد. شکل ریاضی جدول تصمیم‌گیری به صورت روابط (۶) و (۷) می‌باشد.

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\} \quad (6)$$

$$\max \{f_1(a_1), f_2(a_2), \dots, f_j(a_i), \dots, f_k(a_n)\} \quad (7)$$

رابطه (۶)، مجموعه متناهی  $A$  است که شامل مجموعه گزینه‌های ممکن و رابطه (۷)، معیارهای ارزیابی نامیده می‌شود. شخص تصمیم‌گیرنده به دنبال گزینه‌ای است که تمامی معیارها را بهینه کند [۱۵].

**گام ۲) محاسبه وزن معیارها:** وزن هر معیار، شاخص مناسبی برای بیان اولویت معیارها نسبت به یکدیگر و بیانگر اهمیت نسبی آن معیار است. هر چه وزن معیار بیشتر باشد، معیار از اهمیت بیشتری نسبت به سایر معیارها برخوردار است [۲۱]. وزن‌ها، اعدادی غیر منفی هستند که جمع آن‌ها برابر ۱ می‌شود.

در این گام از روش آنتروپی شانون به‌منظور وزن دهی معیارها، استفاده شده است. این روش براساس پراکندگی معیارها، اوزان مربوط به هر معیار را محاسبه می‌کند.

<sup>2</sup> ELECTRE

رتبه‌بندی نسبی پرومته I، سه حالت مقایسه‌ای وجود دارد که جزییات آن در رابطه (۱۴) مطرح شده است.

$$\begin{cases} \emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \text{ or} \\ \emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \text{ or} \Leftrightarrow aP^I b \\ \emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \end{cases}$$

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \Leftrightarrow aI^I b$$

$$\begin{cases} \emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) > \emptyset^-(b) \text{ or} \\ \emptyset^+(a) < \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \end{cases} \Leftrightarrow aR^I b \quad (14)$$

علائم  $P^I$ ،  $I^I$  و  $R^I$  به ترتیب نشان‌دهنده «ترجیح»، «بی‌تفاوتی» و «غیرقابل مقایسه بودن» گزینه‌ها بر اساس رتبه‌بندی پرومته I می‌باشد [۲۴].

**رتبه‌بندی کامل بر اساس پرومته II:** در این نوع رتبه‌بندی تمام گزینه‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند و در آن گزینه‌ای که غیرقابل مقایسه باشد، وجود ندارد. این رتبه‌بندی بر اساس جریان خالص است که در روابط (۱۵) آورده شده است.

$$\emptyset(a) > \emptyset(b) \Leftrightarrow aP^{II} b \quad (15)$$

علائم  $P^{II}$  و  $I^{II}$  به ترتیب عبارت‌اند از "ترجیح" و "یکسان بودن" گزینه‌ها بر اساس پرومته II می‌باشد [۲۳].

**آنالیز حساسیت:** رتبه‌بندی پرومته تا حد زیادی توسط وزن اختصاص داده‌شده به معیارها صورت می‌گیرد. گاهی تصمیم‌گیرنده ممکن است نسبت به وزن یک معیار تردید داشته باشد، آنالیز حساسیت اجازه بررسی بیشتر را به او خواهد داد. با تغییر وزن، نتیجه را می‌توان مجدداً بررسی نمود. بنابراین پس از تعیین رتبه مربوط به هر گزینه، با تحلیل حساسیت می‌توان میزان مقبولیت نتایج را تعیین نمود. تحلیل حساسیت به چگونگی تغییر در خروجی‌ها نسبت به ورودی‌ها می‌پردازد. اگر تغییرات نتوانند به صورت قابل توجهی بر روی خروجی‌ها تأثیر بگذارند، گفته می‌شود که رتبه‌بندی استحکام دارد [۲۵].

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(a, b) \quad \forall a, b \in A \quad (10)$$

$\pi(a, b)$  ترجیح گزینه a بر گزینه b بر اساس مجموع معیارها می‌باشد و به این معنی است که گزینه a در بعضی معیارها بر گزینه b برتری دارد. اگر  $\pi(a, b) \simeq 0$  باشد، به معنی ارجحیت کم گزینه a نسبت به گزینه b است و چنان چه  $\pi(a, b) = 1$  به معنی ارجحیت زیاد (کامل) گزینه a نسبت به گزینه b می‌باشد [۲۳].

**گام ۴) محاسبه جریان ترجیح:** جریان ترجیح به منظور منظم کردن مقایسه‌های زوجی و رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد. سه نوع مختلف جریان ترجیحات در روش پرومته وجود دارد.

- $\emptyset^-(a)$  جریان منفی
- $\emptyset^+(a)$  جریان مثبت
- $\emptyset(a)$  جریان خالص

برای محاسبه جریان مثبت، منفی و خالص، به ترتیب از روابط (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) استفاده می‌شود.

$$\emptyset^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (11)$$

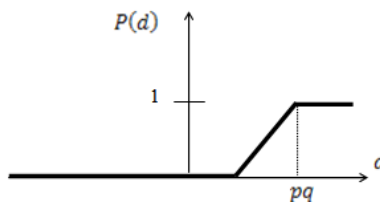
$$\emptyset^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (12)$$

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (13)$$

$\emptyset^+(a)$  جریان مثبت یا خروجی گزینه a (میزان اولویت گزینه a بر سایر گزینه‌ها)،  $\emptyset^-(a)$  جریان منفی یا ورودی گزینه a (میزان مغلوب بودن گزینه a در برابر سایر گزینه‌ها) و  $\emptyset(a)$  جریان خالص رتبه‌بندی می‌باشد. تصمیم‌گیرنده همیشه خواهان رتبه‌بندی کامل است؛ زیرا تصمیم‌گیری را آسان‌تر و قابل فهم‌تر می‌سازد. گزینه‌ای که بیشترین مقدار  $\emptyset(a)$  را داشته باشد، رتبه بهتری را به خود اختصاص می‌دهد [۱۵].

**رتبه‌بندی نسبی بر اساس پرومته I:** رتبه‌بندی بر اساس دو جریان  $\emptyset^+(a)$  و  $\emptyset^-(a)$  می‌باشد و بدان معناست که لزومی به مقایسه تمام گزینه‌ها نیست.

$$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$$



شکل ۲- نمودار و تابع ترجیحی پرومته V

### یافته‌ها

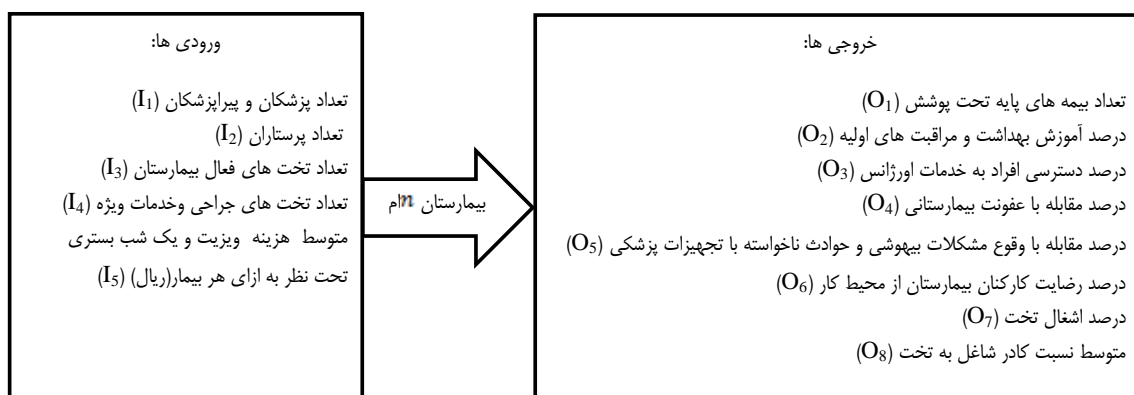
خروجی محور نشان می‌دهد 13 بیمارستان به صورت ناکارا شناخته شده و مقدار کارایی آن کمتر از یک است. ۲۷ بیمارستان کارا و دارای میزان کارایی یک می‌باشد. بنابراین رتبه‌بندی واحدهای کارا از طریق روش پرومته II، با استفاده از نرم‌افزار Visual PROMETHEE، محاسبه و ارزیابی شده است. وزن موردنظر از طریق روش آنتروپی به دست آمده است. در روش پرومته، با ارزیابی حاصل از پرسشنامه، بعضی از مقادیر بسیار نزدیک به هم بوده و گاهی تفاوت جزئی بین آن‌ها مشاهده می‌شود. بنابراین جهت تعیین تابع ارجحیت، می‌توان این نوسانات و اختلاف‌ها را به صورت سلیقه‌ای یا کوتاه‌مدت در نظر گرفت که ممکن است با تکرار دوباره این ارزیابی‌ها، پاسخ‌ها تا حدی تغییر کند. بنابراین برای جلوگیری از این اتفاق، با در نظر گرفتن نظرات کارشناسان، یک آستانه بی‌تفاوتی و برتری را می‌توان برای آن لحاظ نموده که در این پژوهش تابع V استفاده شده است.

مقادیر q و p با تصمیم‌گیری تیم کارشناسی به ترتیب مقدار ۱ و ۲ در نظر گرفته شد که این اعداد

در این پژوهش با توجه به موضوع مسئله و سوابق آن، مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است. اطلاعات موردنیاز از طریق پرسشنامه استاندارد توسط مدیران مراکز، پرسنل درمانی و مراجعه‌کنندگان به ۴۰ بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی تهران جمع‌آوری شده و در قالب ماتریسی با در نظر گرفتن پنج ورودی و هشت خروجی جهت انجام مقایسات زوجی در آمده است. ورودی و خروجی‌های موردبررسی در شکل (۳)، نشان داده شده است. نتایج حاصل از این مطالعات در دودسته ورودی‌ها و خروجی‌ها، در جدول (۱) آمده است.

در مرحله بعد، مدل تحلیل پوششی داده‌ها، برای هر بیمارستان، با استفاده از نرم‌افزار Lingo، که نرم‌افزاری جهت حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی است، ارزیابی شده‌اند. بیمارستان‌ها از دو جنبه ورودی محور و خروجی محور در مدل ثانویه BCC موردبررسی قرار گرفته‌اند و میزان کارایی آن‌ها به دست آمده است.

نتایج حاصل از مدل BCC ورودی محور و BCC



شکل ۳- ورودی‌ها و خروجی‌های مورد بررسی در هر بیمارستان

جدول ۱- میزان ورودی‌ها و خروجی‌های بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی

معیار	ورودی			خروجی			O1	I5	I4	I3	I2	I1	گزینه
	O8	O7	O6	O5	O4	O3							
بیمارستان ۱	۱,۹	%۷۳	%۴۷	%۷۰	%۷۳	%۴۴	۷	۱۱۹۰۰۰۰	۳۵	۱۱۸	۹۰	۳۲	بیمارستان ۱
بیمارستان ۲	۲,۰	%۶۵	%۵۶	%۷۶	%۸۷	%۳۱	۳	۱۶۰۰۰۰۰	۹۰	۳۲۰	۲۰۰	۱۴۵	بیمارستان ۲
بیمارستان ۳	۲,۲	%۵۲	%۵۹	%۸۱	%۹۱	%۴۹	۴	۱۵۳۰۰۰۰	۶۰	۵۵۲	۳۳۰	۱۰۸	بیمارستان ۳
بیمارستان ۴	۲,۸	%۶۹	%۷۱	%۹۰	%۸۲	%۶۱	۵	۱۵۵۰۰۰۰	۲۰	۱۰۰	۱۳۰	۷۱	بیمارستان ۴
بیمارستان ۵	۲,۳	%۶۴	%۷۶	%۹۳	%۸۹	%۳۵	۵	۹۱۰۰۰۰۰	۵۰	۱۶۰	۱۹۸	۵۰	بیمارستان ۵
بیمارستان ۶	۲,۵	%۴۷	%۴۷	%۸۵	%۸۶	%۴۹	۳	۱۹۰۰۰۰۰	۹۳	۵۲۱	۴۸۵	۱۲۳	بیمارستان ۶
بیمارستان ۷	۲,۳	%۸۲	%۸۳	%۸۷	%۹۰	%۳۴	۲	۱۴۸۰۰۰۰	۶۵	۸۵	۱۴۰	۷۵	بیمارستان ۷
بیمارستان ۸	۲,۰	%۵۶	%۴۵	%۹۱	%۸۱	%۴۷	۷	۶۶۰۰۰۰۰	۱۶۰	۴۷۰	۴۲۰	۲۶۸	بیمارستان ۸
بیمارستان ۹	۲,۴	%۷۰	%۷۴	%۹۷	%۸۵	%۵۸	۵	۱۵۳۰۰۰۰	۳۴	۱۵۲	۱۶۵	۸۰	بیمارستان ۹
بیمارستان ۱۰	۲,۵	%۸۷	%۸۳	%۸۸	%۹۱	%۷۳	۳	۱۴۶۰۰۰۰	۶۸	۱۷۰	۱۷۴	۱۱۵	بیمارستان ۱۰
بیمارستان ۱۱	۲,۰	%۶۳	%۶۴	%۲۷	%۸۷	%۴۱	۴	۱۲۱۰۰۰۰	۱۱۸	۳۲۰	۲۸۵	۱۳۷	بیمارستان ۱۱
بیمارستان ۱۲	۲,۸	%۸۴	%۶۹	%۸۴	%۹۳	%۵۵	۶	۵۹۰۰۰۰۰	۲۰	۹۵	۱۴۶	۸۲	بیمارستان ۱۲
بیمارستان ۱۳	۲,۱	%۷۲	%۷۳	%۹۸	%۸۰	%۳۴	۳	۱۲۸۰۰۰۰	۱۵	۶۵	۵۰	۳۵	بیمارستان ۱۳
بیمارستان ۱۴	۲,۷	%۵۵	%۳۵	%۹۶	%۷۲	%۴۵	۶	۹۸۰۰۰۰۰	۱۸	۱۲۰	۱۶۵	۸۹	بیمارستان ۱۴
بیمارستان ۱۵	۲,۴	%۳۹	%۵۸	%۹۴	%۸۴	%۳۱	۸	۴۵۰۰۰۰۰	۱۰۸	۵۲۰	۲۵۶	۳۸۰	بیمارستان ۱۵
بیمارستان ۱۶	۲,۶	%۶۷	%۶۰	%۹۰	%۸۷	%۵۸	۶	۱۲۵۰۰۰۰	۳۸	۱۳۷	۷۰۱	۱۱۸	بیمارستان ۱۶
بیمارستان ۱۷	۲,۴	%۷۵	%۷۷	%۶۸	%۹۲	%۴۳	۵	۱۴۰۰۰۰۰	۴۳	۱۵۵	۲۴۰	۱۶۵	بیمارستان ۱۷
بیمارستان ۱۸	۲,۱	%۶۱	%۶۴	%۸۰	%۴۷	%۶۳	۳	۲۲۷۰۰۰۰	۵۷	۱۴۸	۲۱۴	۶۷	بیمارستان ۱۸
بیمارستان ۱۹	۲,۹	%۷۱	%۷۹	%۷۸	%۸۹	%۷۰	۳	۱۱۰۰۰۰۰	۲۱	۹۷	۸۰۲	۳۲	بیمارستان ۱۹
بیمارستان ۲۰	۲,۸	%۸۷	%۹۱	%۷۵	%۹۷	%۶۹	۱۱	۱۳۳۰۰۰۰	۱۴	۵۵	۹۰	۵۹	بیمارستان ۲۰
بیمارستان ۲۱	۱,۹	%۵۱	%۵۶	%۳۶	%۷۱	%۵۰	۶	۲۴۱۰۰۰۰	۵۲	۱۷۷	۱۳۵	۶۵	بیمارستان ۲۱
بیمارستان ۲۲	۲,۴	%۶۵	%۷۲	%۹۵	%۸۵	%۷۱	۴	۲۰۵۰۰۰۰	۶۶	۲۶۵	۱۲۰	۱۹۵	بیمارستان ۲۲
بیمارستان ۲۳	۲,۲	%۷۶	%۶۹	%۹۰	%۶۴	%۶۵	۷	۱۸۲۵۰۰۰	۱۰۵	۴۱۰	۵۰۰	۱۶۵	بیمارستان ۲۳
بیمارستان ۲۴	۲,۱	%۵۲	%۶۷	%۹۵	%۸۶	%۷۳	۴	۳۳۶۰۰۰۰	۳۲	۲۰۰	۱۶۰	۷۵	بیمارستان ۲۴
بیمارستان ۲۵	۲,۵	%۷۳	%۶۶	%۳۸	%۸۷	%۴۲	۴	۸۳۵۰۰۰۰	۲۲	۱۱۴	۱۴۰	۸۰	بیمارستان ۲۵
بیمارستان ۲۶	۲,۸	%۸۵	%۷۴	%۸۸	%۹۴	%۳۵	۴	۲۳۵۰۰۰۰	۴۰	۱۶۴	۲۹۵	۶۶	بیمارستان ۲۶
بیمارستان ۲۷	۱,۹	%۷۸	%۶۵	%۷۵	%۸۱	%۷۴	۵	۱۳۳۵۰۰۰	۱۲۰	۳۰۰	۹۰۲	۸۵	بیمارستان ۲۷
بیمارستان ۲۸	۲,۳	%۰۷	%۵۵	%۹۰	%۸۵	%۴۰	۸	۷۸۰۰۰۰۰	۹۴	۲۱۴	۲۰۶	۱۸۰	بیمارستان ۲۸
بیمارستان ۲۹	۲,۱	%۵۳	%۴۵	%۹۶	%۷۷	%۴۵	۴	۱۵۰۰۰۰۰	۸۰	۳۱۵	۴۱۲	۱۰۹	بیمارستان ۲۹
بیمارستان ۳۰	۱,۹	%۶۰	%۵۱	%۹۲	%۷۹	%۶۷	۹	۶۵۰۰۰۰۰	۱۱۵	۳۹۰	۲۵۱	۱۳۰	بیمارستان ۳۰
بیمارستان ۳۱	۲,۲	%۵۶	%۶۰	%۸۵	%۸۳	%۳۴	۱۱	۷۰۰۰۰۰۰	۶۸	۱۶۳	۱۸۴	۷۱	بیمارستان ۳۱
بیمارستان ۳۲	۲,۳	%۴۵	%۶۵	%۹۱	%۸۹	%۶۵	۵	۱۶۷۰۰۰۰	۵۵	۱۶۵	۱۸۰	۶۷	بیمارستان ۳۲
بیمارستان ۳۳	۲,۳	%۶۷	%۶۹	%۸۶	%۸۶	%۷۰	۴	۱۸۱۰۰۰۰	۱۵	۸۵	۷۴	۴۰	بیمارستان ۳۳
بیمارستان ۳۴	۲,۷	%۵۷	%۶۵	%۹۳	%۹۰	%۷۱	۶	۲۵۹۰۰۰۰	۳۰	۱۴۰	۱۶۵	۱۴۰	بیمارستان ۳۴
بیمارستان ۳۵	۲,۴	%۴۲	%۷۰	%۸۷	%۹۱	%۵۹	۵	۳۱۵۰۰۰۰	۱۵	۹۷	۱۴۹	۳۵	بیمارستان ۳۵
بیمارستان ۳۶	۲,۲	%۶۹	%۶۰	%۹۱	%۸۵	%۴۲	۹	۷۵۰۰۰۰۰	۱۴۱	۵۶۰	۷۱۵	۳۱۵	بیمارستان ۳۶
بیمارستان ۳۷	۲,۶	%۷۰	%۶۶	%۸۷	%۹۴	%۶۴	۶	۹۱۰۰۰۰۰	۹۴	۱۰۸	۱۶۶	۱۰۴	بیمارستان ۳۷
بیمارستان ۳۸	۲,۰	%۷۹	%۴۶	%۸۴	%۳۶	%۲۳	۴	۱۳۴۰۰۰۰	۵۰	۱۹۰	۱۵۴	۸۷	بیمارستان ۳۸
بیمارستان ۳۹	۲,۴	%۶۸	%۵۰	%۹۱	%۹۰	%۶۷	۳	۱۲۶۰۰۰۰	۵۴	۱۷۰	۲۳۳	۸۵	بیمارستان ۳۹
بیمارستان ۴۰	۲,۹	%۸۳	%۵۹	%۸۹	%۹۳	%۸۵	۱۱	۲۲۰۰۰۰۰	۲۳	۱۱۰	۱۸۶	۶۴	بیمارستان ۴۰

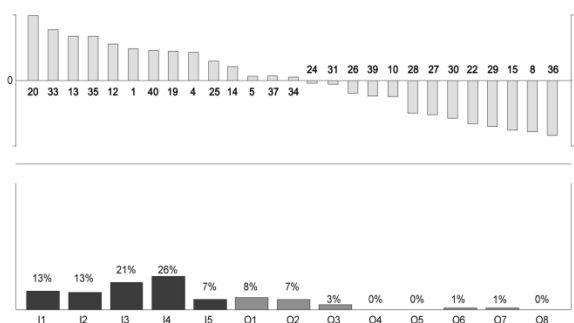
نسبت به گزینه دیگر دارد در صورتی که تفاوت بین دو مقدار در فاصله (1,2) باشد، یک برتری نسبی بین آن‌ها وجود خواهد داشت. با دانستن این اطلاعات، مقادیر جهت ارزیابی نهایی وارد نرم‌افزار گردید و مقادیر جریان مثبت، جریان منفی و جریان خالص، برای واحدهای کارا باهدف مینیمم

بیانگر این می‌باشند که اگر در داده‌های به‌دست‌آمده از طریق پرسشنامه، اختلاف بین اعداد کمتر یا مساوی عدد ۱ بود، این اختلاف نادیده گرفته شده و دو گزینه نسبت به هم بی‌تفاوت خواهند بود. چنان چه تفاوت بین مقادیر ارزیابی بیشتر یا مساوی عدد ۲ باشد، بنابراین گزینه‌ای که مقدار بیشتری دارد، اولویت کاملی

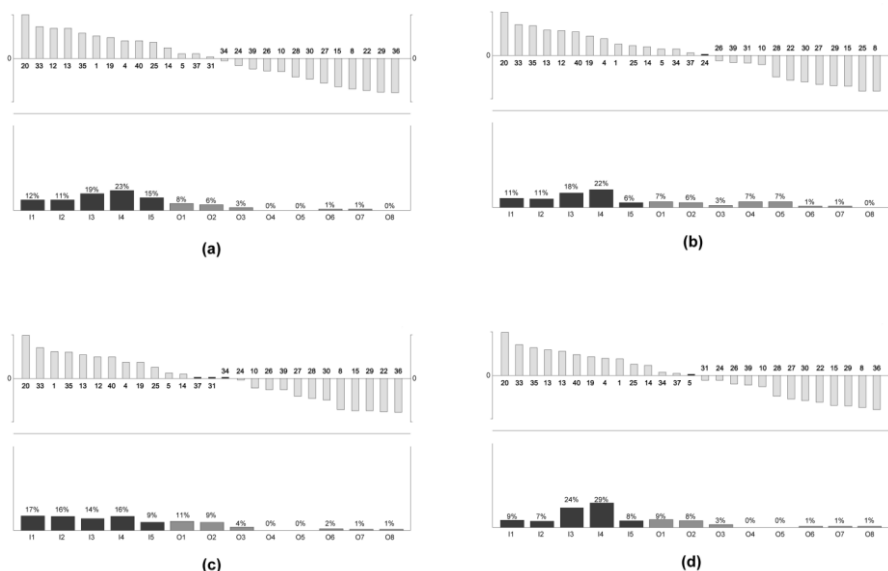
جدول ۲- نتایج حاصل از روش DEA و PROMETHEE و رتبه‌بندی نهایی بیمارستان

رتبه	$\theta(a)$	$\theta^-(a)$	$\theta^+(a)$	نوع کارایی	میزان کارایی BCC		بیمارستان
					ورودی	خروجی	
6	0.3644	0.2965	0.6608	کارا	محور	1	بیمارستان ۱
32	-	-	-	ناکارا	محور	0.931	بیمارستان ۲
39	-	-	-	ناکارا	محور	0.965	بیمارستان ۳
9	0.3266	0.2944	0.6210	کارا	محور	1	بیمارستان ۴
12	0.0438	0.4470	0.4908	کارا	محور	1	بیمارستان ۵
40	-	-	-	کارا	محور	0.939	بیمارستان ۶
30	-	-	-	ناکارا	محور	0.975	بیمارستان ۷
26	-0.5943	0.7773	0.1830	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۸
31	-	-	-	کارا	محور	0.931	بیمارستان ۹
19	-0.1934	0.5668	0.3734	کارا	محور	1	بیمارستان ۱۰
37	-	-	-	ناکارا	محور	0.841	بیمارستان ۱۱
5	0.4152	0.2621	0.6773	کارا	محور	1	بیمارستان ۱۲
3	0.5070	0.2100	0.7170	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۱۳
11	0.1597	0.3956	0.5553	کارا	محور	1	بیمارستان ۱۴
25	-0.5708	0.7719	0.2011	کارا	محور	1	بیمارستان ۱۵
29	-	-	-	کارا	محور	0.993	بیمارستان ۱۶
34	-	-	-	کارا	محور	0.993	بیمارستان ۱۷
36	-	-	-	کارا	محور	0.901	بیمارستان ۱۸
8	0.3316	0.2879	0.6195	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۱۹
1	0.7452	0.1020	0.8471	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۲۰
38	-	-	-	ناکارا	محور	0.795	بیمارستان ۲۱
23	-0.4950	0.7203	0.2254	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۲۲
33	-	-	-	کارا	محور	0.993	بیمارستان ۲۳
15	-0.0338	0.4905	0.4567	کارا	محور	1	بیمارستان ۲۴
10	0.2206	0.3494	0.5700	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۲۵
17	-0.1445	0.5433	0.3988	کارا	محور	1	بیمارستان ۲۶
21	-0.3918	0.6669	0.2750	کارا	محور	1	بیمارستان ۲۷
20	-0.3712	0.6716	0.3004	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۲۸
24	-0.5325	0.7363	0.2038	کارا	محور	1	بیمارستان ۲۹
22	-0.4354	0.7082	0.2727	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۰
16	-0.0512	0.5050	0.4538	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۱
28	-	-	-	کارا	محور	0.993	بیمارستان ۳۲
2	0.5761	0.1695	0.7456	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۳
14	0.0365	0.4558	0.4923	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۴
4	0.5057	0.2017	0.7074	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۵
27	-0.6336	0.8076	0.1740	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۶
13	0.0423	0.4466	0.4889	کارا	محور	1	بیمارستان ۳۷
35	-	-	-	کارا	محور	0.957	بیمارستان ۳۸
18	-0.1749	0.5612	0.3863	ناکارا	محور	1	بیمارستان ۳۹
7	0.3478	0.3144	0.6622	کارا	محور	1	بیمارستان ۴۰

کردن ورودی و ماکزیمم کردن خروجی به دست آمده کارایی‌شان در مدل BCC ورودی محور انجام شده است. همچنین رتبه‌بندی واحدهای ناکارا، از روی میزان زیرا در مدل BCC خروجی محور، میزان کارایی برخی از واحدها یکسان است و رتبه‌بندی را دشوار می‌کند. نتایج



شکل ۳- حالت اولیه



وزن خروجی‌های ۴ و ۵ ( $O_4, O_5$ )، در شکل c، کاهش وزن تعداد تخت‌های فعال و جراحی ( $I_3, I_4$ ) و در شکل d، کاهش وزن تعداد پزشکان، پیراپزشکان و پرستاران ( $I_1, I_2$ ) صورت گرفته است. در تمامی حالات، با تغییرات وزن، رتبه بندی گزینه‌ها به صورت جزئی تغییر کرده و به ندرت در بعضی موارد اولویت آن‌ها تغییر کرده است. این نتایج، نشان از پایداری مدل به کار رفته دارد.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت چگونگی ارائه خدمات بهداشتی و درمانی و تأثیر مستقیم آن بر سلامت افراد، در این

حاصل در جدول (۲) آمده است.

پس از رتبه‌بندی گزینه‌ها، نرم‌افزار Visual PROMETHEE قابلیت آنالیز وزن معیارها را دارد. شکل (۳)، حالت رتبه‌بندی کنونی گزینه‌ها برحسب وزن‌های به‌دست‌آمده از روش آنتروپی می‌باشد. در بخش بالایی شکل، نموداری است که رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها را نشان می‌دهد. بخش پایینی شکل، نمودار وزن معیارها برحسب درصد می‌باشد.

شکل (۴)، برخی از نمونه‌های آنالیز حساسیت مهم‌ترین پارامترهای این مطالعه را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال در شکل a افزایش وزن هزینه‌ها ( $I_5$ )، در شکل b، افزایش

پژوهش از مدل تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و روش پرومته استفاده شده است. ترکیب این دو روش باعث ایجاد رویکرد جدیدی در سنجش کارایی بیمارستان‌ها بوده، که باعث می‌شود مدیران ارشد مراکز درمانی و بیمارستان‌ها علاوه بر شناخت وضعیت کارایی مرکز خود، بتوانند عملکرد خود را نسبت به سایر بیمارستان‌ها ارزیابی کنند.

از آنجایی که در اکثر تحقیقات صورت گرفته، بیشترین آمار ورودی‌ها مربوط به دو شاخص تخت و نیروی انسانی است (۶)، ورودی‌های این پژوهش نیز براساس این عوامل و هزینه‌ها در نظر گرفته شده است. اما برخی از خروجی‌های به کاررفته در این مطالعه، به منظور سنجش کارایی بیمارستان‌ها، به ندرت در پژوهش‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفته است که از مهم‌ترین آن می‌توان به تعداد بیمه‌های طرف قرارداد بیمارستان، میزان آموزش بهداشت و مراقبت‌های اولیه توسط پرسنل بیمارستان به بیماران، میزان دسترسی افراد به خدمات اورژانسی (تخت، دارو، پزشک متخصص و ...)، میزان مقابله با عفونت بیمارستانی و میزان مقابله با وقوع مشکلات بیهوشی و حوادث ناخواسته از طریق تجهیزات پزشکی، اشاره نمود. همچنین بهداشت روانی کارکنان، عامل تعیین کننده‌ای در افزایش بهره‌وری و کارایی یک بیمارستان می‌باشد (۲۶)، بنابراین یکی از عواملی که به عنوان خروجی در نظر گرفته شده است، درصد رضایت کارکنان بیمارستان از محیط کار می‌باشد.

از طرف دیگر تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند به دو شکل بازده به مقیاس ثابت و متغیر مورد استفاده قرار گیرد. منظور از بازده نسبت به مقیاس چگونگی تغییرات خروجی‌ها در اثر تغییرات کلی ورودی‌ها می‌باشد. چنان چه افزایش در ورودی به همان نسبت موجب افزایش خروجی شود، بازده به مقیاس ثابت است و در غیر این صورت، بازده به مقیاس متغیر می‌باشد (۲۷). در این پژوهش از میان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، مدل ثانویه BCC با هر دو رویکرد ورودی و خروجی محور در نظر گرفته شده است که در آن ضمن مقایسه هر دو حالت مینیمم کردن ورودی‌ها با ثابت نگه داشتن سطح

خروجی‌ها و ماکزیمم کردن خروجی‌ها با ثابت نگه داشتن سطح ورودی‌ها (۲۸)، از روی مرز قرار گرفتن اغلب واحدها جلوگیری شده و قدرت تفکیک مدل افزایش یافته است (۱۷). طبق نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها، از میان ۴۰ بیمارستان وابسته به دانشگاه‌های علوم پزشکی تهران، ۱۳ بیمارستان ناکارا و ۲۷ بیمارستان کارا شناخته شد. بیمارستان‌های ناکارا شناخته شده در هر دو رویکرد ورودی و خروجی محور یکسان می‌باشد ولی میزان کارایی‌شان با یکدیگر متفاوت است. رتبه‌بندی بیمارستان‌های ناکارا براساس مدل BCC ورودی محور صورت گرفته است. سپس رتبه‌بندی بیمارستان‌های کارا، براساس روش پرومته صورت می‌گیرد. در روش پرومته تابع برتری که تصمیم‌گیرنده برای معیارهای انتخاب می‌کند، می‌تواند متفاوت باشد که در این مطالعه از تابع نوع V و رتبه‌بندی کامل براساس پرومته II صورت گرفته است (۲۹). بهترین بیمارستان، بیمارستان ۲۰ ارزیابی شده است. وزن معیارها از روش آنتروپی شانون به دست آمده است. آنتروپی شانون روش مناسبی برای اندازه‌گیری اهمیت نسبی صفات و انتقال ارزش باطنی داده‌ها به تصمیم‌گیرنده می‌باشد (۳۰). این روش ابزار خوبی برای ارزیابی وزن معیارهای یک مسئله تصمیم‌گیری که اطلاعات آن به صورت ماتریس کامل تعریف می‌شود، می‌باشد (۳۱). از آنجایی که نتایج حاصل از روش‌های رتبه‌بندی، تا حد زیادی به وزن معیارها وابسته است، نرم‌افزار پرومته امکان تحلیل حساسیت وزن معیارها را می‌دهد. با تحلیل حساسیت اوزان ۱۳ معیار مورد بررسی، تغییرات ناچیزی در رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت گرفت که بیانگر پایداری و استحکام مدل می‌باشد. همچنین ارزیابی عملکرد در مراکز مورد مطالعه با محدودیت‌هایی از جمله زمان بر بودن جمع‌آوری اطلاعات از ۴۰ بیمارستان آموزشی، دشواری توجیه فرم‌های ارزیابی عملکرد و عدم اشراف پرسنل بر آمار و ارقام واقعی در بیمارستان‌های مورد مطالعه مواجه بوده است.

بنابراین به منظور رفع محدودیت‌ها و مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود داده‌ها از حالت قطعی خارج شده و

of the efficiency of Japanese hospitals using a dynamic and network data envelopment analysis model. *Health care management science*. 2014 Jun 1;17(2):101-12.

12. Chowdhury H, Zelenyuk V. Performance of hospital services in Ontario: DEA with truncated regression approach. *Omega*. 2016 Sep 30;63:111-22.

13. Bagherikahvarin M, De Smet Y. A ranking method based on DEA and PROMETHEE II (a rank based on DEA & PR. II). *Measurement*. 2016 Jul 31;89:333-42.

14. Brans JP, Vincke P. Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management science*. 1985 Jun;31(6):647-56.

15. Ghasemi P, Komijan AR. Decision making using PROMETHEE method with learning Visual PROMETHEE software. Tehran: Azad Islamic University; 2015. [Persian].

16. Zhao X, Qi Q, Li R. The establishment and application of fuzzy comprehensive model with weight based on entropy technology for air quality assessment. *Procedia Engineering*. 2010 Dec 31;7:217-22.

17. Mehregan M. Quantitative models in performance evaluation of organizations (Data Envelopment Analysis). Iran: Tehran University. 2004. [Persian].

18. Charnes A, Cooper WW, Lewin AY, Seiford LM, editors. *Data envelopment analysis: Theory, methodology, and applications*. Springer Science & Business Media; 2013 Dec 1.

19. Vojdanian S, Parsi S. *Data envelopment analysis models*. Tehran: Nooreelm Publication; 2014. [Persian].

20. Olson DL. *Decision aids for selection problems*. Springer Science & Business Media; 1996.

21. Jahantigh FF, Malmir B, Avilaq BA. An integrated approach for prioritizing the strategic objectives of balanced scorecard under uncertainty. *Neural Computing and Applications*. 2016: 1-10.

22. Pedrycz W, Ekel P, Parreiras R. *Fuzzy multicriteria decision-making: models, methods and applications*. John Wiley & Sons; 2011 Jun 15.

23. Behzadian M, Kazemzadeh RB, Albadvi A, Aghdasi M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European journal of Operational research*. 2010 Jan 1;200(1):198-215.

24. Ishizaka A, Nemery P. *Multi-criteria decision analysis: methods and software*. John Wiley &

به صورت فازی در نظر گرفته شود. همچنین می توان این مدل را به صورت تخصصی تر برای یک بخش از بیمارستان مانند بخش اورژانس، مورد بررسی قرار داد.

## منابع

1. Al-Shayea AM. Measuring hospital's units efficiency: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Engineering & Technology*. 2011 Dec;11(6):7-19.

2. Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision-making units. *European journal of operational research*. 1979 Jul 31;3(4):339.

3. Cooper WW, Seiford LM, Zhu J, editors. *Handbook on data envelopment analysis*. Springer Science & Business Media; 2011 Aug 23.

4. Sun B, Zhang L, Yang W, Zhang J, Luo D, Han C. Data envelopment analysis on evaluating the efficiency of public hospitals in Tianjin, China. *Transactions of Tianjin University*. 2016 Apr;22:182-8.

5. Nayar P, Ozcan YA. Data envelopment analysis comparison of hospital efficiency and quality. *Journal of medical systems*. 2008 Jun 1;32(3):193-9.

6. Jahangiri A. Application of Data Envelopment Analysis Technique in Iranian hospitals (A Systematic Review). *Journal of Hospital*. 2016 Aug 15;15(3):103-24 [Persian].

7. Al-Refaie A, Fouad RH, Li MH, Shurrah M. Applying simulation and DEA to improve performance of emergency department in a Jordanian hospital. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2014 Feb 28;41:59-72.

8. Azadi M, Saen RF. A combination of QFD and imprecise DEA with enhanced Russell graph measure: a case study in healthcare. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2013 Dec 31;47(4):281-91.

9. Chuang CL, Chang PC, Lin RH. An efficiency data envelopment analysis model reinforced by classification and regression tree for hospital performance evaluation. *Journal of medical systems*. 2011 Oct 1;35(5):1075-83.

10. Nazarko J, Chodakowska E. Labour efficiency in construction industry in Europe based on frontier methods: data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2017 Aug 18;23(6):787-95.

11. Kawaguchi H, Tone K, Tsutsui M. Estimation

Sons; 2013 Jun 10.

25. Ranjbar A, Torabi SA, Hakimpur F. Location urban waste landfill based on the Analytic Hierarchy and promethee V with programmable zero & one (Case study: Tabriz city). *journal of geomatics science and technology*. 2014; 4(2): 217-30 [Persian].

26. Arab M, Rahimi A, Vali L, Ravangard R, Akbari Sari A. Study of the relationship between nurses' work environment indices and their burnout aspects in TUMS teaching hospitals. *Iran Occupational Health*. 2012 Apr 15;9(3):39-51 [Persian].

27. Ramanathan R. Operations assessment of hospitals in the Sultanate of Oman. *International Journal of Operations & Production Management*. 2005 Jan 1;25(1):39-54.

28. Asadi MM, Ghafuri SH, Arani ZS, Khosravian HR. Performance Evaluation of Yazd governmental hospitals using a combination of balanced scorecard, DEA and Servqual models. *Journal of Shahid Sadoughi university of medical sciences*. 2011 Feb; 18:559-69 [Persian].

29. Kabir G, Sumi RS. Power substation location selection using fuzzy analytic hierarchy process and PROMETHEE: A case study from Bangladesh. *Energy*. 2014 Aug 1;72:717-30.

30. Wang TC, Lee HD. Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*. 2009 Jul 31;36(5):8980-5.

31. Shanian A, Savadogo O. A material selection model based on the concept of multiple attribute decision making. *Materials & Design*. 2006 Dec 31;27(4):329-37.

## Performance evaluation of hospitals affiliated to Tehran University of Medical Sciences using a hybrid model of data envelopment analysis and PROMETHEE method

Farzad Firouzi Jahantigh\*<sup>1</sup>, Maryam Ostovare<sup>2</sup>

Received: 2016/12/02

Revised: 2017/07/27

Accepted: 2017/10/08

### Abstract

**Background and aims:** The limited economic resources and investment in university educational hospitals is an important issue. Therefore, the optimal allocation of existing funds and resources has a great impact on providing appropriate medical services and improving the efficiency of hospitals. This study aimed to evaluate the performance and efficiency of hospitals in Tehran University of Medical Sciences.

**Methods:** In this study, by employing data envelopment analysis, the performance of 40 hospitals of Tehran University of Medical Sciences was evaluated through five inputs and eight outputs, by assuming variable return on scale and with an input-and-output-based approach. Finally, the ranking of efficient units was done by PROMETHEE method.

**Results:** The results of DEA method showed that 13 out of 40 hospitals had a performance less than one and they were inefficient. Then, using PROMETHEE ranking method, Hospital 20, with a net flow of 0.7452, was designated as the best hospital among efficient hospitals.

**Conclusion:** The sensitivity analysis on weights was shown that the results of the model were reliable and had high efficiency. Using the results of this approach, top managers of healthcare centers can apply necessary planning to optimally use their resources.

**Keywords:** Hospital performance, Data envelopment analysis, Return on scale, PROMETHEE ranking method, Sensitivity analysis.

---

1. (**Corresponding author**) Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. firouzi@eng.usb.ac.ir

2. MSc, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.