

ارائه مدل بودجه‌ریزی در تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری

امینه قاضی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، گروه ریاضی کاربردی، تهران، ایران

فرهاد حسین‌زاده لطفی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه ریاضی کاربردی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

مسعود صانعی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، گروه ریاضی کاربردی، تهران، ایران

قاسم توحیدی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، گروه ریاضی کاربردی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۷

چکیده

تحلیل پوششی داده‌ها یکی از تکنیک‌های ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری می‌باشد. این تکنیک علاوه بر ارزیابی، توانمندی‌های بسیاری در حوزه مدیریت و اقتصاد دارد. تخصیص منابع یکی از این توانایی‌های جالبی است که به وسیله مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها قابل اجرا است. از آنجایی که بودجه به عنوان یک منبع در نظر گرفته می‌شود، با استفاده از روش‌های تخصیص منابع می‌توان بودجه‌ریزی را نیز انجام داد. در این تحقیق یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای بودجه‌ریزی ارائه شده است که براساس یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه طراحی شده است. سپس این مدل چند هدفه به وسیله روش مجموعه وزن‌های مشترک به یک مدل تک هدفه خطی در تحلیل پوششی داده‌ها تبدیل می‌شود. مدل جدید با این هدف طراحی شده است که بودجه طوری بین واحدهای تصمیم‌گیری تخصیص یابد که عملکرد کل سیستم بهبود پیدا کند. مدل ارائه شده یک مدل کاربردی است که از آن برای تخصیص بودجه در بعضی از بیمارستان‌های مراکز استانی شمال غرب ایران استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، بودجه‌ریزی، ارزیابی عملکرد، برنامه‌ریزی چند هدفه.

۱- مقدمه

برای انجام ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها یک روش غیرپارامتری است که به وسیله مفاهیم تحقیق در عملیات مدل‌هایی برای محاسبه نمره کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس با چند ورودی و چند خروجی طراحی می‌کند. واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌تواند شکل‌های مختلف از قبیل بانک، بیمارستان و دانشگاه داشته باشند. تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها برای اولین بار توسط چارلز و همکارانش در سال ۱۹۷۸ ارائه شده است [6]. کاربردهای تحلیل پوششی داده‌ها در جهان واقعیت باعث شده است که این تکنیک امروزه پیشرفت چشمگیری داشته باشد. با توجه به اهمیت بالای سیستم بهداشت در هر کشور، ارزیابی بیمارستان‌ها با هدف بهبود عملکرد آن یکی از عمده کاربردهای تحلیل پوششی داده‌ها است [5,7].

هدف اصلی تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری است. اما موضوعات مختلفی در علوم مدیریت و اقتصاد وجود دارد که کمک می‌کنند بتوان از این تکنیک استفاده‌های بیشتری بشود. یکی از این موضوعات که در اقتصاد بسیار حائز اهمیت می‌باشد تخصیص منابع است، به طوری که یک مقدار ثابت از منابع بین واحدهای تصمیم‌گیری تقسیم می‌شود. در تحلیل پوششی داده‌ها مطالعات فراوانی برای انجام تخصیص منابع با اهداف مختلف انجام شده است [3,9,13]. در بیشتر مطالعات اقتصادی به وسیله تحلیل پوششی داده‌ها، بودجه به عنوان یک ورودی ثابت برای تخصیص در نظر گرفته می‌شود.

برای ارزیابی همه واحدهای تصمیم‌گیری، مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها [1,6] باید به ازای هر واحد به صورت مجزا حل شوند تا نمره کارایی نسبی همه واحدها مشخص شود. اما مدل‌های مجموعه وزن‌های مشترک تحلیل پوششی داده‌ها بر این مشکل غلبه کرده است و توانسته‌اند با یک معیار مشترک همه واحدهای تصمیم‌گیری را فقط با حل یک مدل ارزیابی کنند. لازم به ذکر است که بیشتر مدل‌های مجموعه وزن‌های مشترک تحلیل پوششی داده‌ها براساس تصمیم‌گیری چند هدفه است. در پیشینه ادبیات، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌هایی وجود دارد که براساس مجموعه وزن‌های مشترک تخصیص منابع را انجام می‌دهند [4,12].

بسیاری از کشورهای در حال توسعه منبع کافی برای ارائه خدمات بهداشت را ندارند زیرا همانطور که بیان شده است منابع در جهان محدود می‌باشند [15]، بنابراین به کارگیری روش‌های علمی برای تخصیص منابع در این حوزه کار با اهمیتی می‌باشد. محققان معتقد هستند که تحقیق در عملیات

به ویژه تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک مناسب برای تخصیص منابع بهداشت است [2,10,14, 15,16]. بنابراین به کارگیری مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در تخصیص منابع، یک روش مناسب برای بودجه‌ریزی در سیستم بهداشت کشور است. اما متأسفانه تحقیقات کمی در بودجه‌ریزی علمی به وسیله مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده است [17]. برای برطرف کردن این کاستی، در این تحقیق یک مدل تحلیل پوششی داده‌های چند هدفه برای بودجه‌ریزی در سیستم بهداشت ایران ارائه شده است. سپس این مدل به وسیله روش مجموعه وزن‌های مشترک و تغییر متغیر به یک مدل تک هدفه خطی تبدیل می‌شود. مدل ارائه شده، تخصیص بودجه را براساس ارزیابی عملکرد انجام می‌دهد به طوری که تا حد امکان عملکرد کل سیستم بهبود یابد. اما در بودجه‌ریزی سنتی، مدیر هر سازمان در تلاش است بودجه بیشتری را از مدیریت مرکزی دریافت کند، بدون اینکه توجهی به عملکرد سازمان تحت مدیریتش داشته باشد؛ بنابراین هدف بودجه‌ریزی سنتی از لحاظ علمی پسندیده نمی‌باشد. محققان حوزه علوم مدیریت و اقتصاد بر این باور هستند که هر سازمانی عملکرد بهتری داشته باشد لایق دریافت بودجه بیشتری از مدیریت مرکزی است. همچنین برای نشان دادن کاربردی بودن مدل ارائه شده در این تحقیق، بودجه‌ریزی در بعضی از بیمارستان‌هایی که در مراکز استان‌های شمال غرب ایران واقع هستند، انجام می‌شود. تخصیص بودجه یکی موضوعات مهم در مدیریت مرکزی سیستم بهداشت هر کشور است زیرا منابع کافی باعث کاهش مرگ و میر افزایش طول عمر انسان می‌شود و همچنین از بروز بیماری‌های مسری تا حد امکان پیشگیری می‌کند. لذا به این دلایل چنین مطالعه کاربردی برای این تحقیق استفاده شده است.

ادامه ساختار مقاله به صورت زیر است. در بخش ۲ یک مرور کوتاه بر یکی از مدل‌های مجموعه وزن‌های مشترک تحلیل پوششی داده‌ها انجام می‌شود. مدل جدید بودجه‌ریزی در بخش ۳ ارائه می‌شود. در بخش ۴ تخصیص بودجه به وسیله مدل ارائه شده برای ۲۳ بیمارستان واقع در شمال غرب ایران انجام می‌شود. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات آتی نیز در بخش آخر انجام می‌شود.

۲- مدل مجموعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی

داده‌ها

در این بخش به معرفی یکی از مدل‌های اولیه مجموعه وزن‌های مشترک تحلیل پوششی داده‌ها که توسط چن و همکارانش [8] در سال ۲۰۰۹ ارائه شده، پرداخته می‌شود.

از این رو از مدل مجموعه وزن‌های مشترک (1) برای بودجه‌ریزی در این تحقیق استفاده خواهد شد. از آنجایی که n واحد تصمیم‌گیری وجود دارد، برای تخصیص بودجه‌های Q_i ($i=1, \dots, m$) به منابع واحدهای تصمیم‌گیری ویژه، مساله برنامه‌ریزی غیرخطی n هدفه تحلیل پوششی داده‌های زیر ارائه می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \{d_p(g_1, 0), \dots, d_p(g_n, 0)\} \\ \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i(x_{ij} + q_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, T, \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=T+1, \dots, n, \quad (3) \\ & \sum_{j=1}^T q_{ij} = Q_i, \quad i=1, \dots, m, \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, r=1, \dots, s, \\ & q_{ij} \geq 0, \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, T, \end{aligned}$$

که در آن

$$(j=1, \dots, T) \quad g_j = \sum_{i=1}^m v_i(x_{ij} + q_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}$$

و

$$(j=T+1, \dots, n) \quad g_j = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}$$

هدف مدل (3) تخصیص هر بودجه Q_i ($i=1, \dots, m$) به منبع i ام واحدهای تصمیم‌گیری ویژه است به طوری که فاصله d بین g_j برای هر واحد تصمیم‌گیری بعد از تخصیص و مقدار ایده‌آل صفر تحت نرم p مینیمم شود. به عبارت دیگر، هدف مینیمم کردن فاصله بین نمره کارایی هر واحد تصمیم‌گیری از بهترین نمره کارایی نسبی است. با توجه به تابع هدف این مدل، در بهینگی لاقل یکی از n قید اول به حالت تساوی تبدیل می‌شود. لذا بعد از بودجه‌ریزی لاقل یکی از واحدهای تصمیم‌گیری کارا می‌شود که این نشان دهنده به دست آوردن نمره کارایی نسبی بعد از بودجه‌ریزی توسط مدل جدید است. مساله برنامه‌ریزی غیرخطی n هدفه (3) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

یک مجموعه از n واحد تصمیم‌گیری متجانس در نظر گرفته می‌شود که هر یک با مصرف m ورودی δ خروجی تولید می‌کنند. ورودی‌ها و خروجی‌ها به ترتیب با نمادهای x_{ij} ($i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$) و y_{rj} ($r=1, \dots, s, j=1, \dots, n$) نمایش داده می‌شوند. آن‌گاه یکی از مدل‌های اولیه مجموعه وزن‌های مشترک به صورت زیر ارائه شده است [8]:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \|(g_1, \dots, g_n) - (0, \dots, 0)\|_p \\ \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (1) \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, r=1, \dots, s, \end{aligned}$$

که در آن

$$(j=1, \dots, n) \quad g_j = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}$$

$p = \{1, 2, \dots\} \cup \{+\infty\}$ و ε عدد کوچک غیرارشمیدسی است. مدل (1)، مساله برنامه‌ریزی خطی n هدفه است. با انتخاب نرم مناسب p ، این مدل به راحتی به یک مدل برنامه‌ریزی خطی تک هدفه تحلیل پوششی داده‌ها تبدیل می‌شود.

نمره کارایی واحد تصمیم‌گیرنده j ام به صورت

$$\theta_j^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{ij}}, \quad j=1, \dots, n, \quad (2)$$

محاسبه می‌شود که در آن $(v_1^*, \dots, v_m^*, u_1^*, \dots, u_s^*)$ جواب بهینه مدل (1) با انتخاب نرم مناسب p است.

۳- ارائه مدل بودجه‌ریزی در تحلیل پوششی داده‌ها

سازمانی در نظر دارد یک برنامه بودجه‌ریزی را با هدف تخصیص بودجه برای بعضی واحدهای تصمیم‌گیری به منظور بالا بردن عملکرد کل سیستم اجرا نماید. لازم به ذکر است که در این بخش نمادگذاری‌ها مشابه بخش ۲ می‌باشد. بدون از دست دادن کلیت مساله، فرض کنید T واحد تصمیم‌گیری اول ویژه می‌باشند که بودجه فقط به آن‌ها تخصیص داده می‌شود $(DMU_j, j=1, \dots, n)$. از آنجایی که مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها توانایی به دست آوردن جواب مشترک را ندارند چون n مدل مجزا حل می‌شود، بنابراین استفاده از اینگونه مدل‌ها برای تخصیص بودجه نامناسب است.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij} + q_{ij}) \leq 0, \quad j = 1, \dots, T, \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = T+1, \dots, n.$$

همچنین تابع هدف این مدل را نیز می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\text{Max} \quad \sum_{j=1}^T \left[\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij} + q_{ij}) \right] + \sum_{j=T+1}^n \left[\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \right]. \quad (7)$$

با توجه به بازنویسی‌های انجام شده در عبارات (6) و (7)، بودجه به واحدهای تصمیم‌گیری ویژه به وسیله مدل (5) تخصیص می‌یابد به طوری که سود همه واحدهای سیستم ماکزیمم شود. در کاربردهای واقعی بودجه‌ریزی سنتی، مدیر هر سیستم تلاش می‌کند که بودجه بیشتر را از مدیریت مرکزی به دست آورد بدون اینکه به عملکرد واحد تحت کنترل خود توجهی کند. اما مدل بودجه‌ریزی (5) این مشکل را رفع می‌کند و توجه به سودآوری کل سیستم در بودجه‌ریزی را مد نظر قرار می‌دهد.

v_i و u_r ($i=1, \dots, m, r=1, \dots, s$) قیمت‌های سایه برای ورودی i ام و خروجی r ام می‌باشند [11] که این‌ها متفاوت از قیمت‌های واقعی بازار است. لذا با توجه به عبارات (6) و (7)، بیشترین میزان سود برای هر واحد تصمیم‌گیری بعد از بودجه‌ریزی صفر به دست می‌آید.

مدل (5) غیرخطی است و به وسیله تغییر متغیر $v_i q_{ij} = \bar{q}_{ij}$ ($i=1, \dots, m, j=1, \dots, T$)، به مساله برنامه‌ریزی خطی (8) تبدیل می‌شود:

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^T \left[\sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} + \bar{q}_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right] + \sum_{j=T+1}^n \left[\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right]$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} + \bar{q}_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, T,$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=T+1, \dots, n, \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^T \bar{q}_{ij} = v_i Q_i, \quad i=1, \dots, m,$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, r=1, \dots, s,$$

$$\bar{q}_{ij} \geq 0, \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, T.$$

مدل (8) شامل هیچگونه نظر مدیر در بودجه‌ریزی نمی‌باشد. از سوی دیگر تفاوت فاحش برای بودجه‌های

$$\text{Min} \quad \|(g_1, \dots, g_n) - (0, \dots, 0)\|_p$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij} + q_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, T,$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=T+1, \dots, n, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^T q_{ij} = Q_i, \quad i=1, \dots, m,$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, r=1, \dots, s,$$

$$q_{ij} \geq 0, \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, T,$$

با در نظر گرفتن $p=1$ ، مدل (4) به مساله تک هدفه تحلیل پوششی داده‌های زیر تبدیل می‌شود:

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^T \left[\sum_{i=1}^m v_i (x_{ij} + q_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right] + \sum_{j=T+1}^n \left[\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right]$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij} + q_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, T,$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=T+1, \dots, n, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^T q_{ij} = Q_i, \quad i=1, \dots, m,$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, r=1, \dots, s,$$

$$q_{ij} \geq 0, \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, T,$$

از دیدگاه اقتصادی $\sum_{r=1}^s u_r^* y_{rj}$ و $\sum_{i=1}^m v_i^* x_{ij}$ به ترتیب

مجموع هزینه و مجموع درآمد برای واحد تصمیم‌گیرنده j ام ($j=1, \dots, n$) است که توسط مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها به دست می‌آید [11]. اما در مدل (5)، با افزوده شدن بودجه‌های Q_i ($i=1, \dots, m$) به واحدهای تصمیم‌گیری

ویژه، هزینه اضافی $\sum_{i=1}^m v_i^* q_{ij}$ نیز به آن‌ها افزوده می‌شود. لذا

مجموع هزینه کل برای واحد تصمیم‌گیرنده $\sum_{i=1}^m v_i^* (x_{ij} + q_{ij})$

j ام ($j=1, \dots, T$) و $\sum_{i=1}^m v_i^* x_{ij}$ مجموع هزینه کل برای واحد

تصمیم‌گیرنده j ام ($j=T+1, \dots, n$) است که توسط مدل جدید بودجه‌ریزی به دست آمده‌اند.

قیود اول و دوم مدل (5) را می‌توان به فرم قیود سود بازنویسی کرد (هزینه-درآمد = سود):

مدل (۹)، مدل نهایی مجموعه وزن‌های مشترک تحلیل پوششی داده‌های ارائه شده برای بودجه‌ریزی در این تحقیق است.

۴- مثال کاربردی

در این بخش نتایج محاسباتی مدل جدید ارائه شده برای بودجه‌ریزی براساس ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری ارائه می‌شود. با توجه به اهمیت بیمارستان‌ها در اقتصاد بهداشت، در این مطالعه موردی ۲۳ بیمارستان واقع در مراکز استانی شمال غرب ایران در نظر گرفته شده است. بیمارستان‌های در نظر گرفته شده به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند: دولتی و خصوصی. بیمارستان‌های دولتی در کشور به وسیله وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مدیریت می‌شوند و تحت نظارت مستقیم دانشگاه‌های علوم و پزشکی می‌باشند. لازم به ذکر است که منابع بیمارستان‌های دولتی به وسیله وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تامین می‌شود. بیمارستان‌های خصوصی در ایران با هدف خصوصی‌سازی سیستم بهداشت تاسیس می‌شوند. ساختار مدیریتی و تامین منابع اینگونه بیمارستان‌ها به وسیله بخش خصوصی انجام می‌شود و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به خدمات‌دهی آن‌ها نظارت دارد. با توجه به توضیحات فوق، بودجه توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی فقط به بیمارستان‌های دولتی تخصیص می‌یابد. به این دلیل در این مطالعه آن‌ها واحدهای تصمیم‌گیری ویژه نامیده می‌شوند که مشمول بودجه‌ریزی توسط وزارتخانه هستند.

در این مطالعه موردی، شاخص‌های ورودی و خروجی برای ارزیابی عملکرد و بودجه‌ریزی بیمارستان‌های مذکور به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود. شاخص‌های ورودی عبارت است از: پرسنل (x1)، تجهیزات پزشکی (x2) و تعداد تخت (x3). شاخص‌های خروجی تعداد بیماران سرپایی (y1)، تعداد بیماران بستری شده (y2) و تعداد بیماران خاص (y3) است. جدول ۱ توصیفات آماری داده‌های ۲۳ بیمارستان را نشان می‌دهد.

در این مطالعه موردی ۱۷ بیمارستان اول دولتی و مابقی خصوصی می‌باشند. لازم به ذکر است که هدف از طراحی مدل بهینه‌سازی در این تحقیق، تخصیص بودجه ارائه شده به وسیله وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به ۱۷ بیمارستان دولتی است. با در نظر گرفتن نظر مدیریت سیستم برای کران‌های بودجه‌های تخصیص یافته و کد نویسی به وسیله نرم‌افزار گمز (GAMS)، نتایج در جدول ۲ ارائه شده است:

تخصیص یافته توسط این مدل ممکن است مشکل ساز بشوند. برای غلبه بر این مشکل می‌توان از روش اعمال کنترل وزن به روش ناحیه اطمینان استفاده کرد. برای نمونه، قیود محدودیت بودجه به صورت $D_i \leq q_{ij} \leq C_i$ ($i=1, \dots, m, j=1, \dots, T$) را می‌توان به مدل (5) اضافه کرد به طوری که D_i و C_i کران‌های پایین و بالا می‌باشند که مقدار بودجه‌های اختصاص یافته برای هر واحد تصمیم‌گیری ویژه می‌توانند اختیار کنند و توسط مدیریت سیستم انتخاب می‌شوند.

اگر θ_j^* نمره کارایی واحد تصمیم‌گیرنده j ام ($j=T+1, \dots, n$) باشد که به وسیله مدل (1) برای $p=1$ به دست آمده است، افزودن قیود

$$(j=1, \dots, T) \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i (x_{ij} + q_{ij})} \geq \theta_j^*$$

$$(j=T+1, \dots, n) \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \geq \theta_j^*$$

نتیجه می‌دهند که نمره کارایی واحدهای تصمیم‌گیری بعد از بودجه‌ریزی بزرگتر یا مساوی نمرات کارایی متناظرشان قبل از بودجه‌ریزی است.

با توجه به محدودیت‌های مذکور در فوق و مدل (8)، مساله برنامه‌ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌های (9) برای بودجه‌ریزی پیشنهاد می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{j=1}^T \left[\sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} + \bar{q}_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right] + \sum_{j=T+1}^n \left[\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right] \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} + \bar{q}_{ij}) - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, T, \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=T+1, \dots, n, \\ & \sum_{j=1}^T \bar{q}_{ij} = v_i Q_i, \quad i=1, \dots, m, \\ & D_i v_i \leq \bar{q}_{ij} \leq C_i v_i \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, T, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \theta_j^* \left(\sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} + \bar{q}_{ij}) \right) \geq 0, \quad j=1, \dots, T, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \theta_j^* \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \right) \geq 0, \quad j=T+1, \dots, n, \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, r=1, \dots, s, \\ & \bar{q}_{ij} \geq 0, \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, T. \end{aligned} \quad (9)$$

جدول ۱- توصیف آماری داده‌های ۲۳ بیمارستان

شاخص	میانگین	ماکزیمم	مینیمم
پرسنل	485.26	128	1154
تجهیزات پزشکی	427.09	14	1258
تعداد تخت	203.61	36	581
تعداد بیماران سرپایی	125634.39	17577	490876
تعداد بیماران بستری شده	210918.48	19798	782631
تعداد بیماران خاص	67445.39	8127	498031

بیمارستان‌های دولتی بالاتر از میانگین نمرات کارایی بیمارستان‌های خصوصی است که به ترتیب عبارت است از 0.5232 و ۰.۳۳۳۴. نمرات کارایی بیمارستان‌های دولتی و خصوصی بعد از بودجه‌ریزی به وسیله مدل (9) در ستون سوم جدول ۲ نشان داده شده است که میانگین نمرات کارایی آن‌ها به ترتیب عبارت است از 0.5970 و 0.3951. مقایسه ستون‌های دوم و سوم جدول ۲ نشان می‌دهد نمرات کارایی بعد از بودجه‌ریزی بزرگتر یا مساوی نمرات کارایی متناظر قبل از بودجه‌ریزی است.

نتایج کارایی به صورت هندسی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

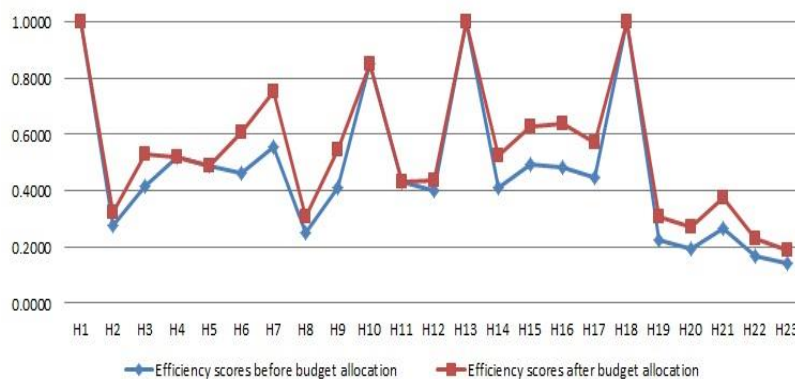
جدول ۲- نتایج نمرات کارایی مدل‌های (1) و (9)

شماره بیمارستان	نمره کارایی قبل از تخصیص	نمره کارایی بعد از تخصیص
۱	1.0000	1.0000
۲	0.2771	0.3254
۳	0.4144	0.5303
۴	0.5179	0.5179
۵	0.4894	0.4894
۶	0.4626	0.6074
۷	0.5566	0.7495
۸	0.2497	0.3091
۹	0.4122	0.5456
۱۰	0.8487	0.8487
۱۱	0.4334	0.4334
۱۲	0.3993	0.4345
۱۳	1.0000	1.0000
۱۴	0.4089	0.5229
۱۵	0.4918	0.6271
۱۶	0.4845	0.6378
۱۷	0.4486	0.5701
۱۸	1.0000	1.0000
۱۹	0.2242	0.3066
۲۰	0.1962	0.2717
۲۱	0.2679	0.3739
۲۲	0.1680	0.2283
۲۳	0.1442	0.1899
میانگین	0.4737	0.5443

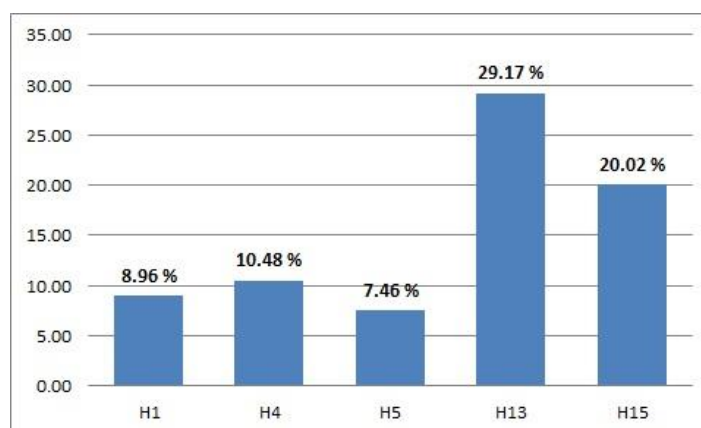
لازم به ذکر است که نظر مدیر در انتخاب پارامترهای D_i و C_i ($i = 1, 2, 3$) تاثیر مستقیم در نتایج ستون سوم جدول ۲ دارد. مقدار بودجه دریافت شده توسط بیمارستان‌های دولتی به وسیله جواب بهینه مدل (9) مشخص می‌شود. بیمارستان ۱۳ که کارا می‌باشد بیشترین مقدار بودجه را برای هر سه ورودی دریافت کرده است؛ اما بیمارستان ۱ که نیز کارا است بیشترین مقدار بودجه را در همه ورودی‌ها دریافت نکرده است. براساس جواب بهینه به دست آمده، بیمارستان‌های ۱۳، ۱۵، ۴، ۱ و ۵ به ترتیب بیشترین مقدار بودجه را در کل دریافت کرده‌اند. شکل ۲ میزان کل بودجه دریافت شده برحسب درصد توسط این بیمارستان‌های دولتی را نمایش می‌دهد.

پنج بیمارستان مذکور فوق، 76.09% از بودجه کل اختصاص داده شده توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به خود اختصاص داده‌اند.

نمرات کارایی بیمارستان‌ها قبل از بودجه‌ریزی در ستون دوم جدول ۲ نمایش داده شده است. دو بیمارستان دولتی ۱ و ۱۳ و یک بیمارستان خصوصی ۱۸ کارا می‌باشند. جدول ۲ نشان می‌دهد که قبل از بودجه‌ریزی میانگین نمرات کارایی



شکل ۱- نتایج نمرات کارایی ۲۳ بیمارستان



شکل ۲- بودجه‌های اختصاص یافته برای پنج بیمارستان

بعد از بودجه‌ریزی نمره کارایی هیچ یک از بیمارستان‌ها کاهش پیدا نکرده است و کارایی کل سیستم مورد بررسی بهبود پیدا کرده است. از آنجایی که در دنیای واقعی بیشتر داده‌ها نادقیق هستند، برای انجام تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که مدل بودجه‌ریزی تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های نادقیق طراحی شود.

فهرست منابع

- * Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science. 30, 1078-1092.
- * Bastian, N.D., Ekin, T., Kang, H., Griffin, P.M., Fulton, L.V., Grannan, B.C (2017). Stochastic multi-objective auto-optimization for resource allocation decision-making in fixed-input health systems. Health Care Management Science. 246, 246-264.

۵- نتیجه‌گیری

در بودجه‌ریزی سنتی مدیران درصدی می‌باشند مقدار بودجه بیشتری را از مدیریت مرکزی دریافت کنند، بدون این که بدانند بودجه دریافتی چه کمکی به عملکردشان دارد. لذا در این تحقیق یک مدل مجموعه وزن‌های مشترک تحلیل پوششی داده‌ها برای بودجه‌ریزی علمی ارائه شده است. هدف این مدل بر این اصل بنا شده است که مقدار بودجه را طوری به واحدهای تصمیم‌گیری تخصیص دهد که عملکرد کل سیستم را بهبود بدهد. مدل ارائه شده در ابتدا به صورت یک مساله برنامه‌ریزی خطی چند هدفه می‌باشد، سپس به وسیله استفاده از نرم مناسب به یک مساله برنامه‌ریزی تک هدفه تبدیل می‌شود. برای نشان دادن کاربردی بودن مدل ارائه شده در این تحقیق، مطالعه کاربردی برای بودجه‌ریزی براساس ارزیابی عملکرد تعدادی از بیمارستان‌های مراکز استانی واقع در شمال غرب ایران انجام شده است. نتایج نشان داده است که

- * Beasley, J.E (2003). Allocating fixed costs and resources via data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*. 147, 198-216.
- * Bi, G., Ding, J., Luo, Y., Liang, L (2011). Resource allocation and target setting for parallel production system based on DEA. *Applied Mathematical Modelling*. 35, 4270-4280.
- * Brailsford, S., Vissers, J (2011). OR in healthcare: a European perspective. *European Journal of Operational Research*. 212, 223-234.
- * Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E (1978). Measuring the efficiency of decision-making. *European Journal of Operational Research*. 2, 429-444.
- * Chen, Y., Wang, J., Zhu, J., David Sherman, H., Chou, S.Y (2017). How the Great Recession affects performance: a case of Pennsylvania hospitals using DEA. *Annals of Operations Research*. 2017, 1-23.
- * Chen, Y.W., Larbani, Y.W., Chang, Y.P (2009). Multiobjective data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*. 60, 1556-1566.
- * Cook, W.D., Kress, M (1999). Characterizing an equitable allocation of shared costs: a DEA approach. *European Journal of Operational Research*. 119, 652-661.
- * Flokou, A., Aletras, V., Niakas, D (2016). Decomposition of potential efficiency gains from hospital mergers in Greece. *Health Care Management Science*. 2016, 1-18.
- * Forsund, F.R (2017). Economic Interpretations of DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2017, 1-20.
- * Hosseinzadeh Lotfi, F., Hatami-Marbini, A., Agrell, P.J., Aghayi, N., Gholami, K (2013). Allocating fixed resources and setting targets using a common-weights DEA approach. *Computers & Industrial Engineering*. 64, 631-640.
- * Korhonen, P., Syrjänen, M (2004). Resource allocation based on efficiency analysis. *Management Science*. 50, 1134-1144.
- * Lai, K.K., Cheung, M.T., Fu, Y. J (2017). Resource allocation in public healthcare: A team-dea model. *Journal of Systems Science and Complexity*. 2017, 1-10.
- * Shinjo, D., Aramaki, T (2012). Geographic distribution of healthcare resources, healthcare service provision, and patient flow in Japan: a cross sectional study. *Social Science & Medicine*. 75, 1954-1963.
- * Vissers, J.M.H (1998). Patient flow-based allocation of hospital resources: a case study. *European Journal of Operational Research*. 105, 356-370.
- * Yang, C.C (2016). Measuring health indicators and allocating health resources: a DEA-based approach. *Health Care Management Science*. 2016, 1-14.