ارزیابی عملکرد فناوری‌ها با استفاده از مدل هیبریدی

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۱۸

■ **صفر فضلی**
استادیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین
fazli@ikiu.ac.ir

■ **واحد آغشلویی**
کارشناس ارشد مدیریت صنعتی
vahedagheshlouei@gmail.com

چکیده

در عصر رقابتی کنونی سازمان‌ها سعی در به دست آوردن مزیت رقابتی نسبت به یکدیگر دارند. برای رسیدن به توان رقابتی، مدیران نیازمند داشتن اطلاعاتی از عملکرد سازمان خود و تصمیم‌گیری برای بهبود آن هستند. از این رو لازم است تا از روشی برای گردآوری اطلاعات در مورد عملکرد استفاده نماییم. روش‌های متنوعی برای ارزیابی عملکرد وجود دارد که در آنها معیار کارایی واحدهای تحت مطالعه، قرار گرفتن آنها در مرز کارا می‌باشد. با این وجود، این روش‌ها از نقش متغیرهای مازاد در تولید غافل هستند و این خود باعث عدم وجود دقت کافی در ارزیابی کارایی واحدها می‌شود. در این مقاله مدل هیبریدی در ارزیابی عملکرد شش واحد تصمیم‌گیری بکار برده می‌شود و با توجه به نتایج به دست آمده به عنوان ابزار سنجش جامع با نتایج واقعی‌تر برای تصمیم‌گیری معرفی می‌شود.

واژگان کلیدی

متغیرهای مازاد[۱]، مدل هیبریدی[۲]، مرز کارایی[۳]، مزیت رقابتی[۴]، ارزیابی عملکرد[۵].

مقدمه

بی‌تردید انسان در تمامی دوران زندگی خود همواره با مشکلی به نام محدودیت و کمیابی مواجه بوده و هست. این محدودیت و کمیابی در تمام زمینه‌ها از جمله عوامل تولید و به تبع آن کالاها و خدمات کاملاً محسوس می‌باشد. از این رو برای فراهم نمودن شرایط بهتر، لازم است که از امکانات موجود به طور بهینه استفاده شود تا به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر دست یابد. این مفهوم به عنوان کارایی مورد توجه قرار می‌گیرد[۱] . سازمان‌ها نیز معمولاً برای افزایش رقابت‌پذیری خود به دنبال کاهش هزینه‌ها و در نهایت کاهش بهای تمام شده محصول خود هستند. کاهش هزینه‌های منابع اولیه مصرفی و افزایش کارایی، یکی از روش‌های مهم در بالا بردن توان رقابتی است. از این رو، در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و فناوری‌های مورد استفاده آنها نیز، سنجش کارایی همواره مورد توجه محققین قرار داشته است [۲]. از میان روش‌های موجود در ارزیابی کارایی، روش تحلیل پوششی داده‌ها با توجه به دیدگاه سیستمی ورودی و خروجی که دارد، در ارزیابی کارایی بسیار استفاده می‌شود [۳] . این روش با مدل شعاعی CCR[۶] توسط چارنز و دیگران (۱۹۷۸) ارائه شد [۴] و از آن پس با مدل‌های BCC [۵]، مدل جمعی[۷] [۶] و AP[۸] [۷] توسعه یافت. روش‌های غیرشعاعی[۹] با مقاله تون[۱۰] در سال ۲۰۰۱ مطرح گردید [۸]. تفاوت این روش با مدل‌های شعاعی در نسبت بهینه‌سازی ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها است. بدین ترتیب که مدل‌های شعاعی با یک نسبت ثابت و در مقابل مدل‌های غیرشعاعی با نسبت متفاوتی ورودی‌ها و خروجی‌ها را بهینه می‌کنند. هر دو گروه مدل‌های شعاعی و غیرشعاعی دارای نواقصی در سنجش کارایی می‌باشند [۹]. برای اینکه بتوانیم ارزیابی دقیق‌تری برای واحدها ارائه دهیم، به مدلی نیاز داریم که توانایی ارزیابی هر دو نوع ورودی‌های شعاعی و غیر شعاعی را دارا باشد. بنابراین این مقاله در صدد است تا با ادغام مدل‌های شعاعی و غیر شعاعی، مدل جامعی برای ارزیابی دقیق‌تر واحدهای تصمیم‌گیری[۱۱] ارائه دهد.

هدف اصلی

هدف اصلی این مقاله ارائه روشی برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها با توجه به فناوری‌های مورد استفاده هر سازمان و تعیین کارایی نسبی واحدها بر اساس متغیرهای شعاعی و غیرشعاعی می‌باشد و در نهایت به ارائه راهکارهای بهبود می‌پردازد.

1. Slack
2. Hybrid Model.
3. Efficiency frontier
4. Competitive edge
5. Performance measurement
6. Charnes , Cooper , Rhodes
7. Additive Model.
8. Anderson & Peterson
9. Non-Radial
10. Tone.k
11. Decision Making Units

در بخش ۱ به مروری بر تعاریف کارایی در ارزیابی عملکرد و روش‌های سنجش کارایی پرداخته و سپس مدل هیبریدی مورد نظر در بخش ۲ و ۳ ارائه می‌گردد. بخش ۴ با ارائه یک مثال به بررسی نتایج به دست آمده از مدل مورد نظر و مقایسه این نتایج با دو مدل شعاعی و غیر شعاعی می‌پردازد و نهایتاً در بخش آخر نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادات می‌پردازیم.

۱. مرور ادبیات

با توجه به اینکه این مقاله ارزیابی عملکرد را با توجه به شاخص کارایی محقق می‌نماید، مختصری در مورد کارایی و روش‌های اندازه‌گیری آن توضیح داده می‌شود.

کارایی "بیانگر این مفهوم است که یک سازمان به چه خوبی از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است." محاسبه کارایی با توجه به مقدار خروجی مورد انتظار(استاندارد) با استفاده از نسبت تعریف می‌گردد. [۱۰] .

(۱)

$$\text{کارایی} = \frac{\frac{\text{خروجی واقعی}}{\text{ورودی واقعی}}}{\frac{\text{خروجی مورد انتظار}}{\text{ورودی واقعی}}} = \frac{\text{خروجی مورد انتظار}}{\text{خروجی واقعی}}$$

گاه کارایی را با میزان بکارگیری منابع جهت دستیابی به اهداف توسط سازمان و با بکارگیری رابطه زیر نشان می‌دهند:

(۲)

$$\text{کارایی} = \frac{\text{مقدار منابع موردانتظار برای مصرف}}{\text{مقدار منابع واقعا مصرف شده}}$$

در تعریف دیگری کارایی به معنای انجام درست کار و رسیدن به سطح خروجی مورد انتظار از یک ورودی مشخص می‌باشد. با این فرض کارایی را به صورت زیر نمایش می‌دهند:

(۳)

$$\text{کارایی} = \frac{\text{ستاده}}{\text{نهاده}}$$

به طور کلی، دو گروه از روش‌های عمده برای اندازه‌گیری کارایی و تخمین تابع مرزی وجود دارد، این دو گروه عبارت از "روش‌های پارامتری" و"روش‌های غیر پارامتری" می‌باشند [۲] . در روش پارامتری تابع تولید مشخصی با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی تخمین زده می‌شود و سپس با بکارگیری این تابع نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. از جمله روش‌های پارامتریک می‌توان به تابع تولید مرزی قطعی و تابع تولید مرزی قطعی آماری اشاره نمود. تفاوت روش غیر پارامتری با روش پارامتریک در این است که نیازمند تخمین تابع تولید نمی‌باشد. در این روش به جای تعیین و حدس تابع تولید، مقادیر ورودی و خروجی مشاهده شده تعیین و سپس مرزی برای آنها ترسیم می‌شود که این مرز همان ملاک کارایی است.

به منظور تعیین کارایی یک واحد، باید از شاخصی به عنوان معیار مقایسه استفاده شود. معرفی انواع و روش‌های اندازه‌گیری کارایی، بر اساس روش فارل[1] صورت می‌گیرد [۲]. بدین ترتیب که عملکرد یک واحد با عملکرد بهترین واحد از واحدهای موجود در یک صنعت به عنوان الگو[2] مورد مقایسه و ارزیابی قرار می‌گیرد [۱]. در این روش از تابع تولید مرزی[3] برای حد کارایی به عنوان شاخص استفاده می‌شود. در تئوری تولید همواره این فرض وجود دارد که تعدادی از واحدها روی تابع مرزی قرار نگیرند و ناکارا عمل نمایند. [۱۱]

روش تحلیل پوششی داده‌ها[4] به لحاظ عدم نیاز آن به هم دیمانسیون نمودن ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها و استفاده از ساختار چند بعدی در محاسبات کاربرد قابل ملاحظه‌ای را در بین روش‌های مختلف اندازه‌گیری کارایی داراست. [۲] متد تحلیل پوششی داده‌ها با توجه به نوع بهینه‌سازی ورودی‌ها و خروجی‌ها به دو دسته شعاعی و غیر شعاعی تقسیم می‌شود. در مدل‌های شعاعی همه ورودی‌ها و خروجی‌ها با یک نسبت یکسان و ثابت بهینه می‌شود. در صورتی که در روش‌های غیر شعاعی نسبت بهینه‌سازی ورودی‌ها و خروجی‌ها متفاوت و غیرمتناسب می‌باشد. در روش‌های شعاعی توجه تابع هدف در تولید بیشتر یا کاهش هزینه‌ها می‌باشد لذا عملاً از به صفر رساندن متغیرهای غیرشعاعی کمکی غافل می‌باشد. این نقص در مدل‌های غیر شعاعی جبران شده است و تابع هدف آن سعی در کمینه نمودن متغیرهای کمکی مازاد دارد. با این وجود ضعف این مدل‌ها در عدم توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های شعاعی می‌باشد [۶]، [۹] . لذا تلفیقی از این دو مدل در سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیری می‌باشیم. در ادامه با این مدل تلفیقی آشنا می‌شویم.

۲. متد هیبریدی

همانطور که اشاره شد روش‌های شعاعی با توجه به روش بهینه‌سازی عملکرد، در راستای

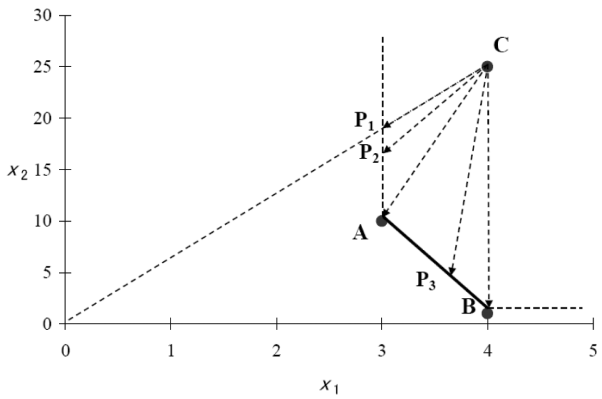
1. Farrell
2. Benchmark
3. Frontier Curve
4. Data Envelopment Analysis

مبدأ مختصات و به صورت یکسان اقدام به بهبود می‌کنند و از این رو در ارائه راهکارهای بهبود از ورودی‌های مازاد باقی مانده، غفلت می‌کنند. این مورد در شکل ۱ نشان داده شده است.

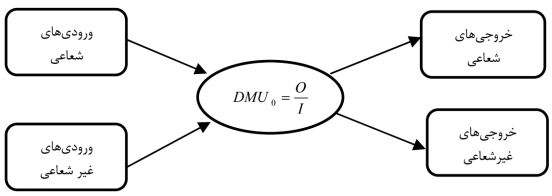
ورودی‌ها و خروجی‌های مازاد در محاسبات دقیق ساخت و تولید بسیار تأثیرگذار بوده و باعث عدم کارایی کامل در تولید می‌شوند. لذا مدل‌های غیرشعاعی با هدف برطرف کردن نقص مدل‌های شعاعی مطرح و با مقاله تون در سال ۲۰۰۱ مطرح گردیدند. این مدل‌ها از ساز و کار متفاوتی در بهبود متغیرهای ورودی و خروجی مازاد استفاده نموده و روش آنها بدین صورت بود که ورودی‌ها و خروجی‌ها را با نسبت‌های متفاوت و غیر یکسان بهبود می‌دهند. به نظر می‌رسید که این مدل‌ها به خوبی به ارزیابی عملکرد واحدهای تحت بررسی بپردازند ولی با مطرح شدن تقسیم‌بندی ورودی‌ها و خروجی‌ها به دو گروه شعاعی و غیر شعاعی این روش نیز از نقص در ارزیابی متغیرهای شعاعی برخوردار شدند. برای ارزیابی دقیق‌تر عملکرد لازم است تا از روشی استفاده شود که تلفیق روش‌های شعاعی و غیر شعاعی استفاده نماید. این روش به عنوان متد هیبریدی توسط تون در سال ۲۰۰۵ ارائه شد. حالت شماتیک آن در شکل ۲ نشان داده شده است.

اگر ورودی‌ها و خروجی‌های مشاهده شده به صورت ماتریس داده‌ها (به ترتیب) باشند، و به صورت $X \in R_+^{m\times n}$ و $Y \in R_+^{s\times n}$ نشان داده شوند، n واحد تصمیم‌ساز با m ورودی و s خروجی خواهند بود. حال اگر ماتریس ورودی به دو بخش شعاعی $X^R \in R_+^{m_1\times n}$ و غیر شعاعی $X^{NR} \in R_+^{m_2\times n}$ با:

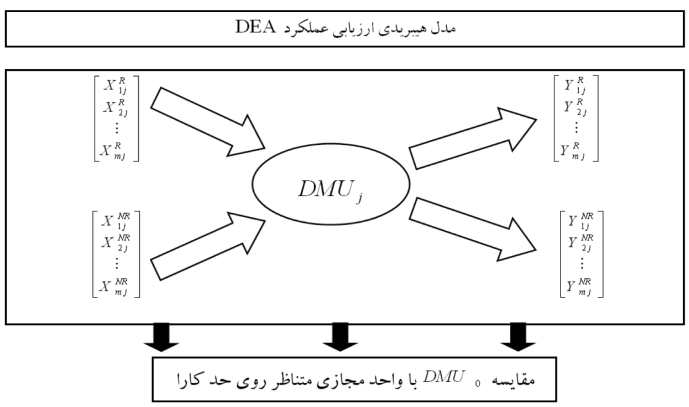
$m = m_1 + m_2$ تجزیه شود و شکل ریاضی آن به صورت رابطه (۴) نمایش داده می‌شود: [۸]



شکل ۱. مقایسه تصویر کردن دو مدل شعاعی و غیر شعاعی



شکل ۲. مدل سیستمی هیبریدی



شکل ۳. ساختار مدل مفهومی هیبریدی برای ارزیابی عملکرد فناوری‌های سازمان‌ها

$$X = \begin{pmatrix} X^R \\ X^{NR} \end{pmatrix}. \qquad (۴)$$

به مشابه، ماتریس خروجی Y به دو بخش شعاعی $Y^R \in R_+^{s_1 \times n}$ و غیرشعاعی $Y^{NR} \in R_+^{s_2 \times n}$ با $s = s_1 + s_2$ تجزیه می‌شود :

$$Y = \begin{pmatrix} Y^R \\ Y^{NR} \end{pmatrix}. \qquad (۵)$$

فرض می‌شود که مجموعه داده‌ها مثبت است. $X > 0 , Y > 0$ در نتیجه مجموعهٔ امکان تولید P به صورت زیر تعریف میگردد:

(۶)

$$P = \{ (x, y) \mid x \geq X\lambda , y \leq Y\lambda , \lambda \geq 0 \}$$

که λ بردار غیر منفی در R^n است. (ما می‌توانیم برخی محدودیت‌ها را با استفاده از λ اعمال کنیم، به عنوان مثال $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ برای بازده متغیر نسبت به مقیاس اعمال می‌شود.) برای شرح یک واحد تصمیم‌ساز معین، لازم است به عبارات زیر توجه گردد:

$$DMU\ (x_0 , y_0) = (x_0^R , x_0^{NR} , y_0^R , y_0^{NR}) \in P :$$

$$\begin{aligned} \theta\, x_0^R &= X^R \lambda + s^{R-} \\ x_0^{NR} &= X^{NR} \lambda + s^{NR-} \\ \phi\, y_0^R &= Y^R \lambda - s^{R+} \\ y_0^{NR} &= Y^{NR} \lambda - s^{NR+} \end{aligned} \qquad (۷)$$

با $\theta \leq 1$ و $\phi \geq 1$ و $\lambda \geq 0$ و $s^{R-} \geq 0$ و $s^{NR-} \geq 0$ و $s^{R+} \geq 0$ و $s^{NR+} \geq 0$ که بردار $s^{R-} \in R^{m_1}$ و $s^{NR-} \in R^{m_2}$ مقدار ورودی‌های مازاد شعاعی و غیر شعاعی را مشخص می‌کند. به طور مشابه بردارهای $s^{R+} \in R^{s_1}$ و $s^{NR+} \in R^{s_2}$ مقدار خروجی‌های کمبود شعاعی و غیر شعاعی را مشخص می‌کنند. این مقادیر متغیرهای کمکی نامیده می‌شوند.

به عنوان مثال،

$\theta = 1$ و $\phi = 1$ و $\lambda_j = 0 (\forall j \neq 0), \lambda_0 = 1$

همهٔ متغیرهای کمکی با مقدار صفر، یک جواب بهینه خواهد بود. ما یک شاخص ρ را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

(۸)

$$\rho = \frac{1 - \frac{m_1}{m}(1-\theta) - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} \Big/ x_{io}^{NR}}{1 + \frac{s_1}{s}(\phi - 1) + \frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s_2} s_r^{NR+} \Big/ y_{ro}^{NR}}.$$

این شاخص برای کاهش در θ و افزایش در ϕ و به صفر رساندن $s_i^{NR-} (\forall i)$ و $s_r^{NR+} (\forall r)$ طراحی شده است و به طور غیر مستقیم روی متغیرهای شعاعی تأثیر می‌گذارد.

بنابراین مدل برنامه‌ریزی هیبریدی تحلیل پوششی داده‌ها به صورت زیر ارائه می‌شود:

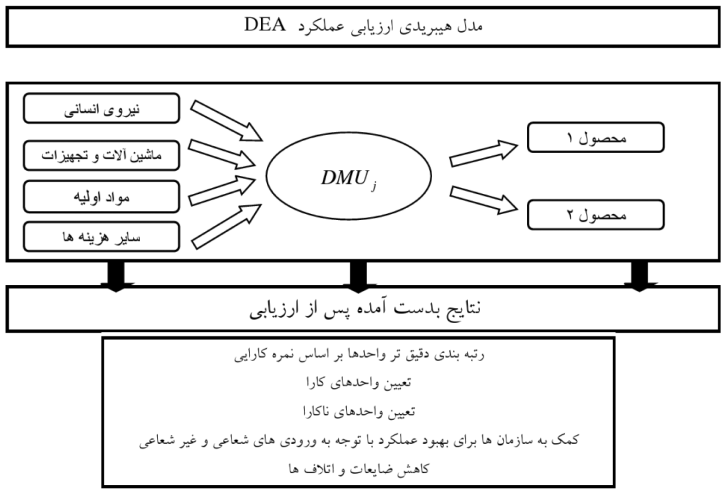
$$(Hybrid) \quad \rho^* = \min \frac{1 - \frac{m_1}{m}(1-\theta) - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} \Big/ x_{io}^{NR}}{1 + \frac{s_1}{s}(\phi - 1) + \frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s_2} s_r^{NR+} \Big/ y_{ro}^{NR}}$$

$$\begin{aligned} subject\ to: \quad & \theta\, x_0^R \geq X^R \lambda \\ & x_0^{NR} = X^{NR} \lambda + s^{NR-} \\ & \phi\, y_0^R \leq Y^R \lambda \\ & y_0^{NR} = Y^{NR} \lambda - s^{NR+} \\ & \theta \leq 1, \phi \geq 1, \lambda \geq 0, s^{NR-} \geq 0, s^{NR+} \geq 0. \end{aligned}$$

مدل هیبریدی نسبتی

۳. حالت کارای هیبریدی

واحد تصمیم ساز صفر $DMU(x_0,y_0)$ به صورت هیبریدی کارا می‌باشد اگر و تنها اگر $p=1$ برای هر جواب موجه فضای مدل (3.6) برقرار باشد و $s^{NR+} = 0, s^{NR-} = 0, \phi = 1, \theta = 1$ [۸] شاخص p برای کاهش در θ، $s_i^{NR-} \forall i$ و $s_r^{NR+} \forall r$ افزایش در θ طراحی شده است. ولی این شاخص به طور مستقیم در S^{R+}, S^{R-} تأثیر نمی‌گذارد. چون این متغیرهای کمکی آزاد در علامت هستند. این شاخص در مورد واحدهای اندازه‌گیری یکسان عمل می‌کند و لذا واحدهای مختلف



شکل ۴. مکانیزم تجزیه و تحلیل مدل هیبریدی

داده‌های ورودی‌ها و خروجی‌ها تأثیری در سنجش ندارند .

درحالت کلی می‌توان مدل هیبریدی و ورودی‌ها و خروجی‌های آن را به صورت سیستمی نشان داده و نتایج بدست آمده از ارزیابی بوسیله این مدل را به صورت راهکارهای بهبود بکار برد. شکل ۴ این فرایند را نشان می‌دهد.

۴. مثال عددی

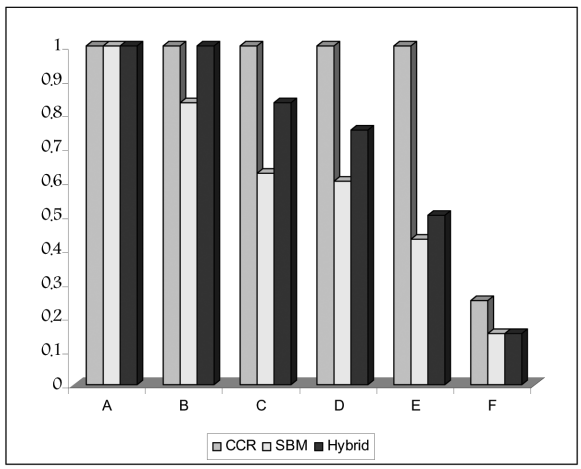
جدول ۱، داده‌های ۶ واحد تصمیم‌ساز را نشان می‌دهد که دارای دو ورودی شعاعی (x_1,x_2) و یک ورودی غیرشعاعی (x_3)، دو خروجی شعاعی (y_1,y_2) و یک خروجی غیر شعاعی (y_3) می‌باشند.

ما امتیاز کارایی واحدها را با سه مدل Hybrid و SBM و CCR سنجیده و در جدول آورده‌ایم. مدل CCR (نماینده مدل‌های شعاعی) تمام ورودی‌ها را به طور شعاعی فرض می‌کند و در مقابل مدل SBM (نماینده مدل‌های غیرشعاعی) تمام داده‌ها را به صورت غیرشعاعی فرض می‌کند. بنابراین این مقایسه این مفهوم را ارائه می‌کند که مدل Hybrid نتیجهٔ دقیق‌تری را ارائه می‌دهد.

در مدل SBM با توجه به مجموعه داده‌ها می‌توان دید که DMU A تنها واحد کارا در میان سایر واحدها است و سایر واحدها دارای مازاد ورودی یا کمبود در خروجی‌ها هستند. این مدل تنها واحد A را به عنوان واحد کارا معرفی می‌کند و سایر واحدها را ناکارا معرفی می‌کند. از طرف دیگر مدل CCR از متغیرهای کمکی غفلت می‌کند و امتیاز کارایی کامل را به همه واحدها به جز واحد F تخصیص می‌دهد. برای مثال DMU B یک واحد در ورودی مازاد دارد، با این وجود B مانند A امتیاز کارای کامل دارد.

جدول۱. مقایسه بین مدل‌های Hybrid, CCR و SBL

	Input			Output			Efficiency score		
	Radial		Non-radial	Radial		Non-radial			
DMU	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	Hybrid	CCR	SBM
A	1	1	1	2	2	2	1	1	1
B	1	2	1	2	2	2	1	1	0.833
C	1	1	2	1	2	2	0.833	1	0.625
D	1	1	1	1	2	1	0.75	1	0.6
E	1	1	1	2	1	0.5	0.5	1	0.429
F	2	2	2	0.5	0.5	1	0.15	0.25	0.15



شکل ۵. مقایسه امتیاز کارایی واحدهای تصمیم ساز بین واحدهای تصمیم ساز

لذا مدل CCR متغیرهای کمی را در بیان کارایی واحدها نادیده می‌گیرد. واحدهای C، D وE نیز دارای وضعیت‌های مشابهی در مدل CCR هستند. این حالت، یک مشخصه قابل توجه مدل‌های شعاعی است. شکل ۵ به‌صورت نموداری مقایسه بین نتایج سه مدل را نمایش می‌دهد.

مدل هیبریدی امتیاز مابین SBM و CCR را ارائه می‌دهد. با استفاده از این مدل می‌توان کمبودها و مازادهای غیرشعاعی را نیز محاسبه نمود.

جدول ۲ تجزیه امتیاز کارایی را نشان می‌دهد. با استفاده از این جدول می‌توان منابع ناکارایی و مقادیر هر کدام را تعیین کرد. برای مثال ناکارایی DMU C به دلیل ناکارایی ورودی است ($\alpha = 0.167$)،که در ادامه دلیل آن را در ناکارایی ورودی غیرشعاعی می‌بینیم ($\alpha = 0.167$) .

ناکارایی DMU F می‌تواند به ناکارایی خروجی $\beta = 5.67$ نسبت داده شود که مربوط به ناکارایی خروجی شعاعی $\beta_1 = 4.61$ و ناکارایی خروجی غیرشعاعی $\beta_2 = 1$ می‌شود. این مقدار با مقدار

$\phi_F = 8$ در جدول مطابقت می‌کند.$\theta = 1$ و $\phi = 1$ عدم وجود ناکارایی شعاعی و غیرشعاعی را در ورودی‌ها و خروجی‌ها نشان می‌دهد.

جدول۲. معیارهای اندازه گیری ناکارایی در مدل هیبریدی

		Input			Output			Input	Output
DMU	*Score*	α	α_1	α_2	β	β_1	β_2	θ	ϕ
A	1	0	0	0	0	0	0	1	1
B	1	0	0	0	0	0	0	1	1
C	0.833	0.167	0	0.167	0	0	0	1	1
D	0.75	0	0	0	0.333	0	0.333	1	1
E	0.5	0	0	0	1	0	1	1	1
F	0.15	0	0	0	5.67	4.67	1	1	8

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله مدل‌های شعاعی و غیرشعاعی به طور مختصر توضیح داده شد و ویژگی‌های هر کدام بررسی گردید. رویکرد شعاعی که با مدل‌های CCR و BCC معرفی شده است، با این نقص روبرو است که از متغیرهای کمکی ورودی/ خروجی غافل می‌باشد. اگرچه مدل SBM این نقص را جبران می‌کند، ولی این مدل نیز از مشخصه‌های شعاعی ورودی/ خروجی غفلت می‌کند. این ویژگی باعث شده است که ارزیابی‌هایی که تا کنون انجام گرفته است، فاقد دقت کافی و لازم باشند.

با توجه به مثال عددی ارائه شده به این نتیجه می‌رسیم که برای سنجش دقیق کارایی لازم است از ترکیب دو مدل شعاعی و غیرشعاعی استفاده شود و هر دو گروه داده‌های شعاعی و غیرشعاعی را پوشش دهیم. ترکیب دو مدل در یک چارچوب یکپارچه با عنوان مدل Hybrid برای اندازه‌گیری کارایی بیان شده است و این مقاله این مدل را به عنوان ابزار سنجش کارایی مناسب معرفی کرده است.

منابع و مآخذ

۱. امامی میبدی، علی، " اصول اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری، (علمی کاربردی)"، مؤسسه مطالعات بازرگانی، چاپ دوم، ص۱۳۸۴، ۱۰۳.

۲. کسایی، محمد علی و خبازی حسینی، مریم، "ارزیابی عملکرد سازمان‌های خدماتی با روش تحلیل پوششی داده‌ها" سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت کیفیت، ص۲ .

۳. صارمی، محمود و ملایی، حمیدرضا، " مدلی برای ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شعب در بانک رفاه کارگران"، فرهنگ مدیریت، سال اول شماره ۴، ص۷، ۱۳۸۲.

4. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.

5. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9), 1078-1092.

6. Cooper .W.W, Seiford L.M, and Zhu. J(2005), DATA ENVELOPMENT ANALYSIS,History, Models and Interpretations 10 ,5-12.

7 .Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993)" A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis". Management Science, 39(10), 1261-1264.

8. Cooper .W.W, Seiford L.M, Tone.K,(2007) "DATA ENVELOPMENT ANALYSIS" , 2th Edition .Book P106.

9. Avkiran, N.K., and Tone , K , Tsutsui, M.,(2006)." BRIDGING RADIAL AND NON-RADIAL MEASURES OF EFFICIENCY IN DEA." GRIPS Policy Information Center ,1-17(4)

۱۰. مهرگان. م ، "مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها"، تهران: دانشگاه تهران دانشکده مدیریت، چاپ دوم، ص۴۳، ۱۳۸۳.

11. Talluri, S., & Sarkis, J. (2000). Data Envelopment Analysis: Models and Extension , Production/Operations Management Silberman College of Business Administration, Fairleigh Dickinson University,4(1), 8-11.

12. Tone. K, (2004), "A Hybrid Measure of Efficiency in DEA," GRIPS Research Report Series 1-2004-0003.