

ارائه مدلی برای ارزیابی شرکت‌های برق منطقه‌ای در سال ۱۳۹۵

سید زمان حسینی^۱ فرهاد حسین‌زاده لطفی^۲ مهناز احدزاده نمین^۳

۱- گروه مهندسی صنایع، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

S.Z.HOSSEINI@tavanir.org.ir

۲- دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

farhad@hosseinzadeh.ir

۳- دانشکده ریاضیات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران

Mahnazahadzadehnamin@gmail.com

چکیده: ارزیابی عملکرد، به معنای سنجش میزان کارایی تصمیمات مدیریت، در استفاده بهینه از منابع و امکانات سازمان‌ها بوده است. در این راستا، ارزیابی عملکرد صنعت برق به‌عنوان یک صنعت زیرساخت و مهم در کشور، امری است ضروری، تا بتوان عملکرد گذشته را ارزیابی و برای بهبود در آینده برنامه‌ریزی نمود. شناسایی نقاط قوت و ضعف برای بهبود در توسعه این صنعت بسیار مؤثر خواهد بود. بیش از دو دهه روش‌های مختلف ارزیابی عملکرد مانند KPI، BSC و EFQM در صنعت برق وجود دارند، که تأکید اصلی آن‌ها بر میزان دستیابی به اهداف، استانداردها و به‌کارگیری فرایندها بوده است، و کمتر به موضوع مصرف بهینه منابع (کارایی) توجه دارد. اگر در اندازه استاندارد اشتباهی رخ دهد، ارزیابی مطابق با واقعیت‌ها نخواهد بود. لذا، مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) که در چهار دهه اخیر رشد چشمگیری در ارزیابی عملکرد در بخش‌های مختلف علمی، صنعتی و اقتصادی کاربرد فراوانی داشته است، را انتخاب و با طراحی ساختار مفهومی شبکه‌ای شرکت‌های ۱۶ گانه برق منطقه‌ای، میزان کارایی مرحله‌ها و کل و رتبه‌بندی (ابر کارایی) آن‌ها در سال ۱۳۹۵ (بازه مطالعاتی محقق) با نرم‌افزار در سیستم مدل‌سازی جبری عمومی (GAMS) اندازه‌گیری گردید. داده‌ها از گزارش‌ها سازمان حسابداری و هیئت‌مدیره شرکت‌ها استخراج شده است. نتایج حاصل از دو روش متفاوت بوده، به‌نحوی که از نظر رتبه‌بندی ۳ شرکت به هم نزدیک بودند و از منظر کارایی عمده شرکت‌ها در نزدیکی مرز کارایی قرار داشتند. با تحلیل داده و نتایج می‌توان گفت: شرکت‌های کوچک و متوسط نسبت به شرکت‌های بزرگ دارای رتبه‌بندی بالاتر و کاراتر هستند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، رتبه‌بندی، کارایی، شرکت‌های برق منطقه‌ای ۱۶ گانه.

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.52547/jiaeee.19.1.273

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۱

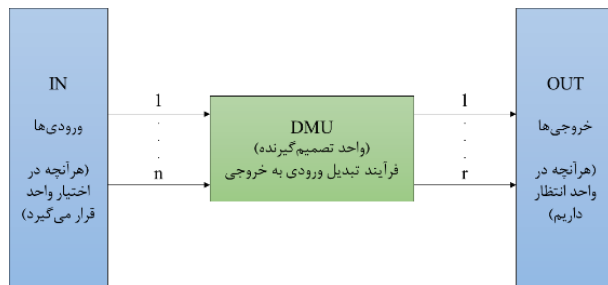
نام نویسنده‌ی مسئول: فرهاد حسین‌زاده لطفی

نشانی نویسنده مسئول: دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۱- مقدمه

منطبق بر واقعیت نباشد. لذا، با انتخاب تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA^۱) که اولین بار توسط چارلز، کوپر و رودز (۱۹۸۷) در توسعه کار فال (۱۹۵۶) توسعه یافت. در چهار دهه اخیر نسبت به سایر مدل‌ها کاربرد چشمگیری در دنیا داشته است. به طوری که در پنج سال اخیر از پر استنادترین کاربردها در محیط‌زیست، بهداشت، مالی، دانشگاه، بانکداری، کشاورزی، صنعت، بیمه بوده و نمونه‌های کاربردی زیادی در داخل ایران داشته است، و در مقالات، پایان‌نامه‌ها و کتاب‌های مختلفی بدان پرداخته شده است. همان‌طور که در شکل (۲) می‌بینیم، این تکنیک جهت محاسبه کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس با چندین ورودی و چندین خروجی بکار گرفته می‌شود. رابطه (۱) نحوه محاسبه میزان کارایی را نشان می‌دهد [۷].

$$(1) \quad \text{کارایی} = \frac{\text{مجموع وزن دار شده خروجی واحد}}{\text{مجموع وزن دار شده ورودی واحد}}$$

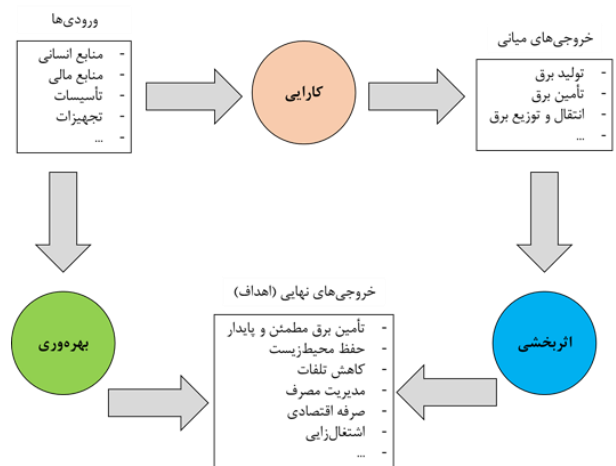


شکل (۲): شمای کلی مدل تحلیل پوششی داده‌ها [۳]

تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها که کاربرد آن در چهار دهه اخیر رشد چشم‌گیری در دنیا داشته است، توانمندی‌های بسیار زیادی در ارزیابی عملکرد دارد، که از جمله از کاربردهای آن می‌توان در حوزه‌های بانک، بیمه، دانشگاه، کارخانه‌ها و شرکت‌ها اشاره نمود. به کمک این تکنیک کارایی نسبی، الگویابی، رتبه‌بندی پیشرفت، پسرفت، تراکم موجود در ورودی‌ها، بازده به مقیاس، درجه‌بندی و ... را می‌توان برای مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس با چندین ورودی و چندین خروجی اندازه‌گیری نمود. ارزیابی عملکرد، از ابعاد مختلف و دست یافتن به همه موارد فوق می‌تواند کمک بسیار زیادی به مدیریت سازمان‌ها جهت برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت نماید [۳ و ۲]. در صنعت برق کشور، با وجود ارزیابی‌های عملکرد متعدد و موازی با مدل‌ها و رویکردهای مختلف مانند KPI، BSC و EFQM که تأکید اصلی آن‌ها بر میزان دستیابی به اهداف، استانداردها و به‌کارگیری فرآیندها بوده است و کمتر به موضوع مصرف بهینه منابع (کارایی) توجه دارد، اگر در اندازه استاندارد اشتباهی رخ دهد، یا استانداردها متناسب با پتانسیل سازمان نباشند، بعضاً تصمیم‌گیری‌های مدیران و مسئولین را دچار ابهام می‌نماید. روش تحلیل ارزیابی بر اساس امتیازات کل به دست آمده از چک‌لیست‌های مدل‌های ذکر شده، همچنین نتایج بازدهی‌های میدانی و بررسی‌های تحلیلی از فعالیت‌ها، تحقق اهداف و به‌کارگیری فرآیندها از بخش‌های مختلف فنی، مالی

هر سازمانی مسئولیت‌هایی دارد و تلاش می‌کند با امکانات، تجهیزات و منابع در اختیار و مطابق با استانداردهای تعریف شده آن‌ها را انجام دهد. تعیین سنجش و میزان دستیابی به استانداردهای تعریف شده در مقایسه با سایر رقبا یا سازمان مشابه خود را ارزیابی عملکرد می‌نامند و این عمل کمک می‌کند نقاط ضعف و قوت گذشته شناسایی و با برنامه‌ریزی مناسب با توجه به امکانات، تجهیزات، بودجه و منابع انسانی در اختیار برای برطرف نمودن نقاط ضعف (بهبود) و نگهداشت نقاط قوت اقدام نماید. ارزیابی عملکرد، در بعد نحوه استفاده از منابع و امکانات در قالب شاخص کارایی بیان می‌شود. اگر در ساده‌ترین حالت نسبت خروجی (ستانده) به ورودی (داده) را کارایی بنامیم، ارزیابی عملکرد، در واقع میزان کارایی تصمیمات مدیریت سازمان در خصوص چگونگی استفاده از منابع و امکانات را مورد سنجش قرار می‌دهد. و از بعد دست یافتن به اهداف در قالب اثربخشی بیان می‌شود. در حقیقت مطابق شکل (۱)، در ارزیابی عملکرد یک سازمان، به دو بعد چگونگی استفاده از منابع (کارایی) و چگونگی دست یافتن به اهداف (اثربخشی) و در نهایت بهره‌وری که عمل ضرب غیر جبرانی کارایی و اثربخشی هست بیان می‌شود.

سیستم‌ها و روش‌های مدیریت و ارزیابی عملکرد؛ 'EFQM'، 'CMMI'، 'ABC'، 'BSC'، 'KPI'، 'TQM'، 'ISO' و 'TOPSIS' روش‌های متداول ارزیابی عملکرد هستند که، در سازمان‌ها به کار گرفته می‌شوند، که به طور کلی می‌توان گفت؛ که مدل‌هایی هستند که با تعیین معیار و شاخص‌ها، میزان دستیابی به اهداف بلندمدت، کوتاه‌مدت و استراتژیک و به‌کارگیری، فرایندها، و برنامه‌های اجرایی، کیفیت و رضایت مشتریان را ارزیابی می‌نمایند و کمتر به چگونگی تحقق اهداف و استفاده بهینه از منابع (کارایی) توجه می‌کنند.



شکل (۱): چرخه بهره‌وری، کارایی و اثربخشی صنعت برق کشور [۱]

برای سنجش در تمام روش‌ها، نیاز به یک استاندارد برای هر معیار است که، لازم است از قبل به روش تحمیل شود. اگر در انتخاب و اندازه استانداردها اشتباهی رخ دهد و یا استانداردها متناسب با پتانسیل سازمان نباشد، سنجش عملکرد می‌تواند نتایجی بدهد که

اصلی توانمندسازها و نتایج، تعیین و جایگزین گردید. در این دوران (از سال ۸۲ لغایت ۸۵) ارزیابی‌ها یکپارچه و با هماهنگی شرکت توانیر سالی یکبار به صورت متحد و هماهنگ، با بیش از ۱۰۰۰ شاخص توسط شخص ثالث (مشاور) فقط از شرکتهای برق منطقه‌ای انجام شده است. از سال ۱۳۸۵، با استفاده از دانش و تجارب به دست آمده در چند دوره ارزیابی بیرونی با مدل EFQM، تصمیم بر آن شد تا رویکرد استفاده از این مدل، به خودارزیابی تغییر یافته و بر این اساس، به کارگیری از اصول مدل EFQM و راهنمایی آن خودارزیابی توسط خود شرکت‌ها با تعیین نقاط قوت و زمینه‌های قابل بهبود در جهت رشد و تعالی شرکت‌ها انجام گرفت. لازم به یادآوری است، از سال ۱۳۹۰ هر ساله ارزیابی دیگری بنام ارزیابی عملکرد شرکتهای زیرمجموعه در همایش مدیران ارشد به موازات توسط وزارت نیرو با همکاری شرکتهای مادر تخصصی انجام می‌گیرد، تا نسبت به تعیین و انتخاب شرکتهای برتر اقدام لازم به عمل آید. رویکرد این ارزیابی بیشتر برگرفته از مدل BSC بوده است. ضمناً از حدود سال ۱۳۸۰ همه ساله ارزیابی دیگری توسط استانداری‌ها، با استفاده از مدل ترکیبی KPI، BSC و EFQM از دستگاه‌های اجرایی استان جهت جشنواره شهید رجایی به عمل می‌آورند [۱].

۲-۲- وظایف شرکتهای ۱۶ گانه برق منطقه‌ای

با توجه به اینکه در این مقاله، ارزیابی عملکرد ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای، از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) انجام شد، ضرورت دارد به صورت خلاصه شرح وظایف آن‌ها تبیین گردد. همان طوری که در شکل (۳) فرآیند تولید، انتقال و توزیع برق ملاحظه می‌شود، انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های بخاری، گازی، سیکل ترکیبی، آبی، اتمی و تجدید پذیر که در مناطق مختلف کشور احداث شده‌اند تولید می‌گردند و از طریق شبکه‌های انتقال و فوق توزیع به مناطق گوناگون مصرف، انتقال تا عمداً به وسیله شبکه‌های توزیع در اختیار مصرف‌کنندگان مختلف (مشترکین) قرار می‌گیرد.



شکل (۳): فرآیند تولید، انتقال و توزیع برق

شرکتهای برق منطقه‌ای ۱۶ گانه، صد درصد دولتی و از شرکتهای تابعه شرکت توانیر می‌باشند که وظیفه تبدیل ولتاژ، تقسیم برق، ترانزیت و تأمین برق مطمئن و پایدار را به عهده دارند. فعالیت‌های احداث، توسعه، سرویس، تعمیرات تأسیسات و خدمات مورد نیاز آن‌ها به بخش خصوصی واگذار می‌شوند. این شرکت‌ها که در ۱۶ منطقه کشور فعالیت دارند عبارتند از: شرکتهای برق منطقه‌ای آذربایجان، اصفهان، باختر، تهران، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، غرب، فارس، کرمان، گیلان، مازندران، هرمزگان و یزد.

اداری شرکت‌ها بوده است. با توجه به رشد روزافزون علوم، پیچیدگی مسائل و حجم بسیار بالای امکانات، در این پژوهش از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، متشکل از مجموعه روابط و مدل‌های ریاضی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی غیر پارامتریک و نرم‌افزار دستگاه عمومی مدل‌سازی جبری (نرم‌افزار تخصصی GAMS) که توانایی ویژه‌ای در تسریع و کاهش خطای محاسباتی دارد، به عنوان ابزار نسبتاً مناسبی برای ارزیابی تحلیل عملکرد صنعت برق کشور در نظر گرفته شده است. مقاله محمود سلیمی و محمدعلی کرامتی [۲] با عنوان "ارزیابی و تجزیه کارایی فنی شرکتهای برق منطقه‌ای ایران با رویکرد سه مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها" با مدنظر قرار دادن ساختار فرآیندهای تولید، انتقال و فوق توزیع؛ شاخص‌های فنی برق و انرژی و رگرسیون؛ کارایی مراحل و کل؛ رتبه‌بندی بر اساس کارایی شرکتهای برق منطقه‌ای را محاسبه و ارزیابی نمودند. ولی در این مقاله برخلاف رگرسیون که با میانگین سازی در مقایسه واحدها (DMU) (ها) به بهترین عملکرد موجود در مجموعه واحدهای تحت بررسی که نیازمند تابع ریاضی است، دست می‌یابد، روش تحلیل پوششی داده‌ها که هر کدام از مشاهدات را در مقایسه با مرز کارا بهینه می‌کند، و نیاز به تابع توزیع ندارد. با ایجاد یک واحد مجازی با بالاترین کارایی، واحدهای ناکارا را با آن می‌سنجد. ساختار واقعی و مفهومی فعالیت‌های درون‌سازمانی شرکت‌ها را با شاخص‌های متفاوت مانند برق، انرژی، منابع انسانی، منابع مالی و کیفی، را مدنظر قرار می‌دهد. و برای رفع رتبه‌بندی واحدهای یکسان و برابر یک، محاسبات ابر کارایی (فوق کارا) را انجام داده است، را برای اندازه‌گیری کارایی مرحله‌ها، تجمعی کل و رتبه‌بندی، مدل‌سازی و اندازه‌گیری می‌نماید، که در بخش ۳ به طور مفصل بیان می‌شود.

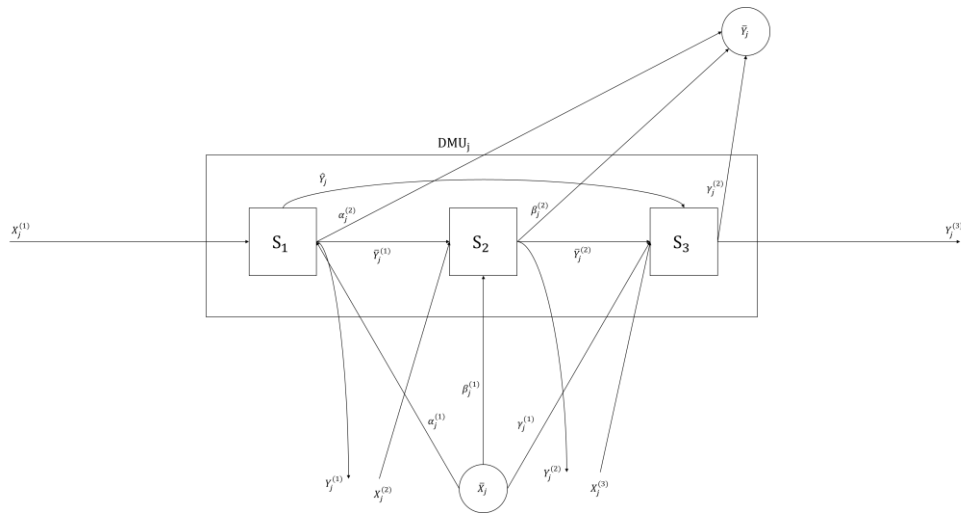
۲- ادبیات موضوع

۲-۱- تاریخچه ارزیابی عملکرد در صنعت برق ایران

از حدود دو دهه پیش، ارزیابی عملکرد به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزار کنترل صنعت برق کشور (شرکت توانیر)، مورد توجه ویژه مدیریت بوده، و بر اجرای آن اهتمام جدی داشته است. و به همین منظور با رشد علم و تکنولوژی دست‌اندرکاران و متولیان این امر از مدل‌ها، رویکردها و ابزارهای متعدد و متفاوتی مانند KPI، BSC و EFQM استفاده نمودند، ولی کارایی را کمتر مورد توجه قرار می‌دادند. در تاریخ ۱۳۷۳/۲/۳، بر اساس دستورالعمل ابلاغی وزارت نیرو به شماره ۴۱۴۳۲/۸۸/۱۷۰، ارزیابی عملکرد شرکتهای آب، برق و آب و فاضلاب شروع و عملیاتی شد. ابتدا مدل و نظام ارزیابی عملکرد مبتنی بر KPI بوده ولی، به تدریج با تغییرات و گسترش ابعاد بحث مدل BSC مبتنی بر ۹ محور اساسی عملکرد که شاخص‌های عملکردی آن توسط دفاتر تخصصی تعیین می‌گردید، سوق داده شده است. در سال ۱۳۸۲ مدل ارزیابی بر اساس دستورالعمل شماره ۴۱/دامت/۱ وزارت نیرو مدل تعالی سازمان EFQM (بنیاد اروپایی مدیریت کیفیت) با دو بخش

فرض کنید n واحد تحت ارزیابی DMU_j ($j=1, \dots, n$) مفروض باشند و هر یک دارای ساختار شبکه‌ای مشابه با شکل (۳) دارند.

۳- روش تحلیل با استفاده از مدل DEA در ساختار شبکه‌ای



شکل (۴): ساختار شبکه‌ای DMU_j

که در آن:

$$x_j^{(1)} = (x_{1j}^{(1)}, \dots, x_{m_1j}^{(1)})$$

$$x_j^{(2)} = (x_{1j}^{(2)}, \dots, x_{m_2j}^{(2)})$$

$$x_j^{(3)} = (x_{1j}^{(3)}, \dots, x_{m_3j}^{(3)})$$

$$\bar{x}_j = (\bar{x}_{1j}, \dots, \bar{x}_{m_4j})$$

$$\bar{y}_j^{(1)} = (\bar{y}_{1j}^{(1)}, \dots, \bar{y}_{t_1j}^{(1)})$$

$$\bar{y}_j^{(2)} = (\bar{y}_{1j}^{(2)}, \dots, \bar{y}_{t_2j}^{(2)})$$

$$\hat{y}_j = (\hat{y}_{1j}, \dots, \hat{y}_{t_3j})$$

$$y_j^{(1)} = (y_{1j}^{(1)}, \dots, y_{s_1j}^{(1)})$$

$$y_j^{(2)} = (y_{1j}^{(2)}, \dots, y_{s_2j}^{(2)})$$

$$y_j^{(3)} = (y_{1j}^{(3)}, \dots, y_{s_3j}^{(3)})$$

$$\bar{y}_j = (\bar{y}_{1j}, \dots, \bar{y}_{t_4j})$$

می‌باشد. کارایی هر یک از مرحله‌ها را با رابطه‌های (۲)، (۳) و (۴) با بازده به مقیاس ثابت در فرم مضربی، ماهیت ورودی، به صورت زیر تعریف می‌کنیم [۴، ۵]:

(۲)

همان‌طور که مشاهده می‌شود هر واحد سه مرحله‌ای بوده، به طوری که:

$x_j^{(1)}$: ورودی‌های مرحله اول

\bar{x}_j : ورودی مشترک هر سه مرحله که به نسبت $\alpha_j^{(1)}$ ، $\beta_j^{(1)}$ و $\gamma_j^{(1)}$ به ترتیب برای مرحله اول تا سوم تخصیص داده شده

$\bar{y}_j^{(1)}$ ، \hat{y}_j و $y_j^{(1)}$: خروجی‌های مرحله اول

\bar{y}_j : ورودی مرحله دوم

\hat{y}_j : ورودی مرحله سوم

$y_j^{(1)}$: خروجی از شبکه مرحله اول

\bar{y}_j : خروجی مشترک هر سه مرحله که به نسبت $\alpha_j^{(2)}$ ، $\beta_j^{(2)}$ و $\gamma_j^{(2)}$ به ترتیب برای مرحله اول تا سوم تخصیص داده شده

$\gamma_j^{(2)}$: خروجی از شبکه مرحله دوم

$x_j^{(2)}$: ورودی خارجی مرحله دوم

$\bar{y}_j^{(2)}$ ، $y_j^{(2)}$ و $\beta_j \bar{y}_j$: خروجی‌های مرحله دوم

$\bar{y}_j^{(2)}$: ورودی مرحله سوم

$y_j^{(2)}$: خروجی از شبکه دوم

$x_j^{(3)}$: ورودی خارجی مرحله سوم

$y_j^{(3)}$ و $\gamma_j^{(2)} \bar{y}_j$: خروجی مرحله سوم

$y_j^{(3)}$: خروجی از شبکه سوم

توجه شود؛ $\alpha_j^{(1)} + \beta_j^{(1)} + \gamma_j^{(1)} = 1$ و $\alpha_j^{(2)} + \beta_j^{(2)} + \gamma_j^{(2)} = 1$

می‌باشند.

$$e_j^{(1)} = \frac{\sum_{t=1}^{t_1} \bar{u}_t \bar{y}_{ij}^{(1)} + \sum_{t=1}^{t_3} \hat{u}_t \hat{y}_{ij} + (\alpha_j^{(2)} + \beta_j^{(2)} + \gamma_j^{(2)}) \sum_{t=1}^{t_4} \bar{u}_t \bar{y}_{ij}}{\sum_{i=1}^{m_1} v_i^{(1)} x_{ij}^{(1)} + (\alpha_j^{(1)} + \beta_j^{(1)} + \gamma_j^{(1)}) \sum_{i=1}^{m_4} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} + \sum_{i=1}^{m_2} v_i^{(2)} x_{ij}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{rj}^{(1)}} \quad i=1, \dots, n \quad (3)$$

$$e_j^{(2)} = \frac{\sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{rj}^{(1)} + \sum_{t=1}^{t_2} \bar{u}_t \bar{y}_{ij}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_2} u_r^{(2)} y_{rj}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_3} u_r^{(3)} y_{rj}^{(3)}}{\sum_{i=1}^{t_1} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(1)} + \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(3)} x_{ij}^{(3)} + \sum_{t=1}^{t_2} \bar{u}_t \bar{y}_{ij}^{(2)} + \sum_{t=1}^{t_3} \hat{u}_t \hat{y}_{ij}} \quad i=1, \dots, n \quad (4)$$

جهت محاسبه کارایی نسبی DMU_o ($o \in \{1, \dots, n\}$) از مدل زیر و رابطه (۶) استفاده می‌کنیم:

$$Max E_o^{(a)} = \frac{E_j^{(a)out}}{E_j^{(a)in}} \quad (6)$$

s.t.

$$e_j^1 \leq 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$e_j^2 \leq 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$e_j^3 \leq 1 \quad j=1, \dots, n$$

همه وزن‌ها نامنفی

مدل فوق کسری و غیرخطی می‌باشد، که با تغییر متغیر زیر از حالت کسری خارج می‌شود و به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود:

$$\frac{1}{E_j^{(a)in}} = t \quad (7)$$

$$\bar{u}_t = t \bar{u}_t$$

$$\hat{u}_t = t \hat{u}_t$$

$$u_r^{(1)} = t u_r^{(1)}$$

$$u_r^{(2)} = t u_r^{(2)}$$

$$u_r^{(3)} = t u_r^{(3)}$$

$$v_i^{(1)} = t v_i^{(1)}$$

$$v_i^{(3)} = t v_i^{(3)}$$

$$v_i = t v_i^{(2)}$$

$$\bar{v}_i = t \bar{v}_i$$

و به صورت مدل زیر تبدیل خواهد شد. قابل توجه خواهد بود که مقدار تابع هدف آن ممکن است برای برخی واحدها مقدار مساوی یک را نشان دهد و تعدادی از واحدها دارای رتبه یکسان باشند. بنابراین $Max E_o^{(a)}$ مطابق رابطه (۸) برابر خواهد بود با:

$$e_j^{(1)} = \frac{\sum_{t=1}^{t_1} u_t^{(1)} \bar{y}_{ij}^{(1)} + \sum_{t=1}^{t_3} \hat{u}_t \hat{y}_{ij} + \alpha_j^{(2)} \sum_{t=1}^{t_4} \bar{u}_t \bar{y}_{ij} + \sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{rj}^{(1)}}{\sum_{i=1}^{m_1} v_i^{(1)} x_{ij}^{(1)} + \alpha_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_4} \bar{v}_i \bar{x}_{ij}}$$

$$e_j^{(2)} = \frac{\sum_{t=1}^{t_2} u_t^{(2)} \bar{y}_{ij}^{(2)} + \beta_j^{(2)} \sum_{t=1}^{t_4} \hat{u}_t \hat{y}_{ij} + \sum_{r=1}^{s_2} u_r^{(2)} y_{rj}^{(2)}}{\sum_{i=1}^{m_2} v_i^{(2)} x_{ij}^{(2)} + \sum_{t=1}^{t_1} u_t^{(1)} \bar{y}_{ij}^{(1)} + \beta_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_4} \bar{v}_i \bar{x}_{ij}}$$

$$e_j^{(3)} = \frac{\sum_{r=1}^{s_3} u_r^{(3)} y_{rj}^{(3)} + \gamma_j^{(2)} \sum_{t=1}^{t_4} \bar{u}_t \bar{y}_{ij}}{\sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(3)} x_{ij}^{(3)} + \sum_{t=1}^{t_2} \bar{u}_t \bar{y}_{ij}^{(2)} + \gamma_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_4} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} + \sum_{t=1}^{t_3} \hat{u}_t \hat{y}_{ij}} \quad i=1, \dots, n$$

که در آن:

$$v^{(1)} = (v_1^{(1)}, \dots, v_{m_1}^{(1)})$$

$$v^{(2)} = (v_1^{(2)}, \dots, v_{m_2}^{(2)})$$

$$v^{(3)} = (v_1^{(3)}, \dots, v_{m_3}^{(3)})$$

$$\bar{v} = (\bar{v}_1, \dots, \bar{v}_{m_4})$$

$$u^{(1)} = (u_1^{(1)}, \dots, u_{s_1}^{(1)})$$

$$u^{(2)} = (u_1^{(2)}, \dots, u_{s_2}^{(2)})$$

$$u^{(3)} = (u_1^{(3)}, \dots, u_{s_3}^{(3)})$$

$$\bar{u}^{(1)} = (\bar{u}_1^{(1)}, \dots, \bar{u}_{t_1}^{(1)})$$

$$\bar{u}^{(2)} = (\bar{u}_1^{(2)}, \dots, \bar{u}_{t_2}^{(2)})$$

$$\bar{u} = (\bar{u}_1, \dots, \bar{u}_{t_4})$$

$$\hat{u} = (\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_{t_3})$$

به ترتیب وزن‌های مربوط به شاخص‌های $x_j^{(1)}, x_j^{(2)}, x_j^{(3)}, \bar{x}_j$ ، $\bar{y}_j^{(1)}, \bar{y}_j^{(2)}, \hat{y}_j, y_j^{(1)}, y_j^{(2)}, y_j^{(3)}$ و \bar{y}_j می‌باشند. همچنین کارایی تجمعی (Aggregate) که با a نشان داده می‌شود، برای DMU_j را با رابطه (۵) به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$E_j^{(a)} = \quad (5)$$

۴- مثال عددی (مثال کاربردی)

در این تحقیق به بررسی عملکرد ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای کشور ایران در سال ۱۳۹۵ از برنامه پنجم توسعه کشور، به‌عنوان یک مثال عددی و کاربردی خواهیم پرداخت. ساختار شرکت‌های برق منطقه‌ای مشابه شکل (۵) می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود فرآیند تبدیل ورودی به خروجی (فعالیت‌های داخلی شرکت‌ها)، سه مرحله‌ای بوده، در مرحله اول فعالیت‌های مالی اداری، در مرحله دوم فعالیت‌های طرح و توسعه و در مرحله سوم فعالیت‌های بهره‌برداری انجام می‌شود. شاخص‌های مورد مطالعه، از شاخص‌های استراتژیک و بسیار مهم و مرتبط با فعالیت‌های سه مرحله‌ای (stage) درون‌سازمانی شرکت‌ها هستند، از بین ده شاخص، که میزان آن‌ها قابل اندازه‌گیری و محاسبه و موجود در گزارش‌ها سازمان حسابرسی و هیئت‌مدیره بودند، شناسایی و انتخاب گردیدند. اندازه‌گیری بعضی شاخص‌های مدنظر مانند قابلیت اطمینان، تداوم برق‌رسانی و پایداری در حال حاضر مقدور نبوده است، ولی در این مثال عددی شاخص‌های ۱۳ و ۱۴ به‌نوعی آن‌ها را تبیین می‌نمایند. این شاخص‌ها، با ۵ شاخص ورودی، ۲ شاخص میانی و ۷ شاخص خروجی به‌صورت زیر می‌باشند:

- ۱- $x_{1j}^{(1)}$: منابع انسانی (نفر)
- ۲- $x_{2j}^{(1)}$: سابقه فعالیت شرکت (سال)
- ۳- \bar{x}_j : منابع مالی (منابع+درآمد) (میلیون ریال)
- ۴- $x_{1j}^{(3)}$: ظرفیت خطوط انتقال و فوق توزیع که در سال ۹۴ احداث شده‌اند (کیلومتر مدار)
- ۵- $x_{2j}^{(3)}$: ظرفیت پست‌های انتقال و فوق توزیع که در سال ۹۴ احداث شده‌اند (مگاوات آمپر)
- ۶- $\bar{y}_j^{(1)}$: تعداد منابع انسانی طرح و توسعه (نفر)
- ۷- \hat{y}_j : منابع انسانی بهره‌برداری (نفر)
- ۸- $y_{1j}^{(1)}$: جذب منابع و درآمد از برنامه (٪)
- ۹- $y_{2j}^{(1)}$: فعالیت طرح استقرار تأمین مدیر، تکریم ارباب‌رجوع و تعالی سازمانی (کیفی)
- ۱۰- \bar{y}_j : جذب سرمایه و مصارف از برنامه (٪)
- ۱۱- $y_{1j}^{(3)}$: تولید نیروی برق (میلیون کیلووات ساعت)
- ۱۲- $y_{2j}^{(3)}$: فروش انرژی به Igmcs و مشترکین (میلیون کیلووات ساعت)
- ۱۳- $y_{3j}^{(3)}$: تلفات انرژی در شبکه‌های انتقال و فوق توزیع (٪)
- ۱۴- $y_{4j}^{(3)}$: انرژی توزیع نشده (٪)

$$\eta_o^* = \text{Max } \theta =$$

$$\sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{io}^{(1)} + \sum_{i=1}^{f_2} \hat{u}_i \hat{y}_{io} + \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{io} + \sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{ro}^{(1)} + \sum_{r=1}^{f_2} \bar{u}_r \bar{y}_{ro}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_2} u_r^{(2)} y_{ro}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_3} u_r^{(3)} y_{ro}^{(3)} \quad (\lambda)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{m_1} v_i^{(1)} x_{io}^{(1)} + \sum_{i=1}^{m_2} \bar{v}_i \bar{x}_{io} + \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(2)} x_{io}^{(2)} + \sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{io}^{(1)} + \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(3)} x_{io}^{(3)} + \sum_{i=1}^{f_2} \bar{u}_i \bar{y}_{io}^{(2)} + \sum_{i=1}^{f_3} \hat{u}_i \hat{y}_{io} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(1)} + \sum_{i=1}^{f_2} \hat{u}_i \hat{y}_{ij} + \alpha_j^{(2)} \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{ij} + \sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{ij}^{(1)} - \sum_{i=1}^{m_1} v_i^{(1)} x_{ij}^{(1)} + \alpha_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_2} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{i=1}^{f_2} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(2)} + \beta_j^{(2)} \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{ij} + \sum_{r=1}^{s_2} u_r^{(2)} y_{ij}^{(2)} - \sum_{i=1}^{m_2} v_i^{(2)} x_{ij}^{(2)} - \sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(1)} + \beta_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_3} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{i=1}^{s_1} u_r^{(3)} y_{ij}^{(3)} + \gamma_j^{(2)} \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{ij} - \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(3)} x_{ij}^{(3)} - \sum_{i=1}^{f_2} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(2)} - \gamma_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_2} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} - \sum_{i=1}^{f_1} \hat{u}_i \hat{y}_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\alpha_j^{(1)} + \beta_j^{(1)} + \gamma_j^{(1)} = 1 \quad \forall j$$

$$\alpha_j^{(2)} + \beta_j^{(2)} + \gamma_j^{(2)} = 1 \quad \forall j$$

همه وزن‌ها نامنفی

گفتیم که، ممکن است کارایی برخی واحدها یکسان و برابر یک شود. لذا، همگی رتبه یکسان (یک) خواهند داشت. جهت رفع این مشکل و رتبه‌بندی واحدها از مدل ابر کارایی (فوق کارا) اندرسون-پترسون [۸] رابطه (۹)، که به‌صورت زیر تعریف می‌شود، استفاده می‌کنیم.

$$(9)$$

$$\xi_o^* = \text{Max } \theta =$$

$$\sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{io}^{(1)} + \sum_{i=1}^{f_2} \hat{u}_i \hat{y}_{io} + \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{io} + \sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{ro}^{(1)} + \sum_{r=1}^{f_2} \bar{u}_r \bar{y}_{ro}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_2} u_r^{(2)} y_{ro}^{(2)} + \sum_{r=1}^{s_3} u_r^{(3)} y_{ro}^{(3)}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{m_1} v_i^{(1)} x_{io}^{(1)} + \sum_{i=1}^{m_2} \bar{v}_i \bar{x}_{io} + \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(2)} x_{io}^{(2)} + \sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{io}^{(1)} + \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(3)} x_{io}^{(3)} + \sum_{i=1}^{f_2} \bar{u}_i \bar{y}_{io}^{(2)} + \sum_{i=1}^{f_3} \hat{u}_i \hat{y}_{io} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(1)} + \sum_{i=1}^{f_2} \hat{u}_i \hat{y}_{ij} + \alpha_j^{(2)} \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{ij} + \sum_{r=1}^{s_1} u_r^{(1)} y_{ij}^{(1)} - \sum_{i=1}^{m_1} v_i^{(1)} x_{ij}^{(1)} + \alpha_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_2} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} \leq 0, \quad \forall j \neq 0$$

$$\sum_{i=1}^{f_2} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(2)} + \beta_j^{(2)} \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{ij} + \sum_{r=1}^{s_2} u_r^{(2)} y_{ij}^{(2)} - \sum_{i=1}^{m_2} v_i^{(2)} x_{ij}^{(2)} - \sum_{i=1}^{f_1} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(1)} + \beta_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_3} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} \leq 0, \quad \forall j \neq 0$$

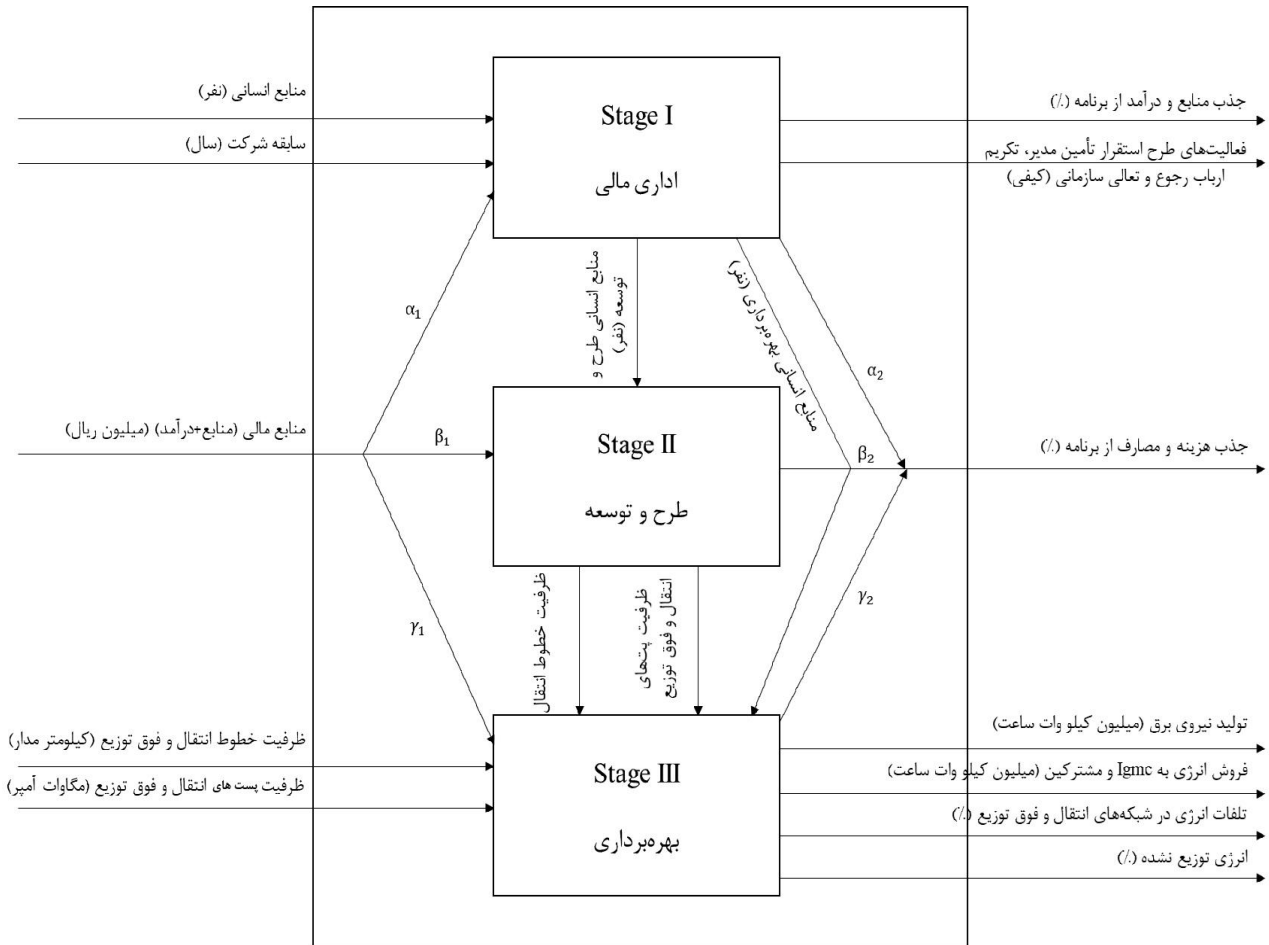
$$\sum_{i=1}^{s_1} u_r^{(3)} y_{ij}^{(3)} + \gamma_j^{(2)} \sum_{i=1}^{f_3} \bar{u}_i \bar{y}_{ij} - \sum_{i=1}^{m_3} v_i^{(3)} x_{ij}^{(3)} - \sum_{i=1}^{f_2} \bar{u}_i \bar{y}_{ij}^{(2)} - \gamma_j^{(1)} \sum_{i=1}^{m_2} \bar{v}_i \bar{x}_{ij} - \sum_{i=1}^{f_1} \hat{u}_i \hat{y}_{ij} \leq 0, \quad \forall j \neq 0$$

$$\alpha_j^{(1)} + \beta_j^{(1)} + \gamma_j^{(1)} = 1, \quad \forall j$$

$$\alpha_j^{(2)} + \beta_j^{(2)} + \gamma_j^{(2)} = 1, \quad \forall j$$

همه وزن‌ها نامنفی

ξ_o^* می‌تواند معیار مناسبی برای رتبه‌بندی واحدها باشد. توجه کنید که هر چه ξ_o^* ($j=1, \dots, n$) مربوط به DMU j بزرگ‌تر باشد، رتبه واحد بهتر است.



شکل (۵): ساختار شبکه‌ای شرکتهای برق منطقه‌ای

مطابق با مقدار ζ_j^* ، وجود خواهد داشت. جدول (۲)، مقایسه رتبه‌بندی دو مدل ارزیابی عملکرد (مدل ترکیبی BSC، KPI و EFQM و مدل DEA) را نشان می‌دهد که در آن، نتایج رتبه‌بندی ۳ شرکت نزدیک به هم؛ رتبه‌بندی ۳ شرکت نسبتاً نزدیک و رتبه‌بندی ۱۰ شرکت متفاوت هستند.

لذا، با بررسی گزارش‌ها ارزیابی عملکرد سال‌های مختلف و بحث و تبادل نظر با خبرگان و مسئولین مربوطه، همچنین با شناختی که محقق از امکانات، تجهیزات، منابع انسانی، منابع مالی و وضعیت مدیریت شرکت‌ها دارد، عدد رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از مدل DEA به واقعیت نزدیک‌تر بوده است و از بعد کارایی می‌توان گفت شرکتهای کوچک و متوسط نسبت به سایر شرکتهای بزرگ و نسبتاً بزرگ، دارای رتبه‌بندی بالاتر و کاراتر هستند.

با انتخاب و استخراج داده‌های ۱۴ شاخص شرکتهای برق منطقه‌ای ۱۶ گانه، از جامعه آماری گزارش‌ها ممیزی شده حسابرس مستقل و بازرس قانونی (سازمان حسابرسی کشور) و هیئت‌مدیره شرکت‌ها به مجمع عمومی صاحبان سهام سال ۱۳۹۵، که بنا به دلایل مدیریتی از ذکر آن‌ها خودداری می‌شود. جهت یافتن میزان کارایی هر یک از مرحله‌ها و کارایی کلی، مدل رابطه‌های (۲)، (۳)، (۴) و (۸) با بازده به مقیاس ثابت در فرم مضربی، ماهیت ورودی را به‌کاربرده‌ایم. در صورتی که مدل چند واحد را کارا و در نتیجه رتبه یکسان را نتیجه دهد از مدل فوق کارا شبکه یعنی مدل رابطه (۹) استفاده می‌نماییم. نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها در جدول (۱) آورده شده است.

در جدول (۱)، $E_j^{*(1)}$ ، $E_j^{*(2)}$ و $E_j^{*(3)}$ به ترتیب کارایی مرحله اول تا مرحله سوم، η_o^* کارایی کلی و ζ_o^* نمره فوق کارا (در این بررسی چند واحد کارا نداریم) و Rank رتبه DMU‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، فقط شرکت ردیف ۶ کارا بوده و ۱۵ شرکت ناکارا هستند که از بین آن‌ها ۱۰ شرکت بسیار نزدیک به مرز کارایی قرار داشتند و ۵ شرکت از مرز کارایی نسبتاً فاصله‌دارند.

در رابطه با رتبه‌بندی می‌توان گفت؛ هر چه ζ_j^* بزرگ‌تر باشد رتبه واحد بهتر است. لذا امکان رتبه‌بندی منحصربه‌فرد برای هر DMU

جدول (۱): نتایج کارایی هر یک از مرحله‌ها و کارایی کلی و رتبه هر شرکت در سال ۱۳۹۵

DMU	$E_j^{*(1)}$	$E_j^{*(2)}$	$E_j^{*(3)}$	η_j^*	Rank
۱	۱	۰/۴۱۶	۰/۶۷۴	۰/۹۹۹۹۸۶	۶
۲	۱	۰/۱۴۷	۰/۳۷۵	۰/۹۹۹۹۵۴	۱۰
۳	۰/۷۷۱	۰/۲۱۰	۰/۴۹۴	۰/۶۶۹۸۵۵	۱۵
۴	۰/۶۸۲	۰/۱۰۸	۰/۱۶۳	۰/۶۸۲۲۴۷	۱۴
۵	۰/۸۶۲	۰/۱۷۰	۰/۱۲۳	۰/۵۶۶۴۹۲	۱۶
۶	۱	۱	۱	۱	۱
۷	۱	۰/۶۶۹	۰/۸۱۳	۰/۹۹۹۹۹۲	۴
۸	۰/۶۸۴	۰/۲۰۵	۰/۳۳۰	۰/۶۸۴۴۸۷	۱۳
۹	۱	۰/۱۷۰	۱	۰/۹۹۹۹۷۳	۹
۱۰	۱	۰/۳۶۶	۱	۰/۹۹۹۹۹۴	۳
۱۱	۰/۹۵۲	۰/۱۸۶	۱	۰/۹۹۹۹۷۴	۸
۱۲	۰/۶۳۲	۰/۲۵۸	۱	۰/۹۹۹۹۷۸	۷
۱۳	۱	۰/۱۰۹	۱	۰/۹۹۹۹۸۱	۲
۱۴	۰/۵۱۴	۰/۰۶۱	۱	۰/۹۹۹۹۲۰	۱۱
۱۵	۰/۸۸۱	۰/۱۷۵	۰/۲۳۵	۰/۸۸۱۹۴۲	۱۲
۱۶	۱	۰/۱۹۸	۱	۰/۹۹۹۹۸۹	۵

جدول (۲): مقایسه رتبه‌بندی بدست آمده در ارزیابی عملکرد از مدل ترکیبی و DEA در سال ۱۳۹۵

شماره شرکت	مدل DEA	مدل ترکیبی و BSC .KPI (EFQM)	شماره شرکت	مدل DEA	مدل ترکیبی و BSC .KPI (EFQM)
۱	۶	۹	۹	۹	۴
۲	۱۰	۱۶	۱۰	۳	۵
۳	۱۵	۲	۱۱	۸	۱۲
۴	۱۴	۱۵	۱۲	۷	۶
۵	۱۶	۸	۱۳	۲	۱
۶	۱	۱۰	۱۴	۱۱	۱۴
۷	۴	۱۶	۱۵	۱۲	۳
۸	۱۳	۷	۱۶	۵	۱۳

۵- نتیجه گیری

هر سازمانی مسئولیت‌هایی دارد، و تلاش می‌کند با امکانات، تجهیزات و منابع در اختیار و مطابق با استانداردهای تعریف شده آن‌ها را انجام دهد. تعیین سنجش و میزان دستیابی به اهداف در مقایسه با سایر رقبا یا سازمان مشابه خود را، ارزیابی عملکرد می‌نامند. و این عمل کمک می‌کند نقاط ضعف و قوت گذشته شناسایی و با برنامه‌ریزی مناسب برای برطرف نمودن نقاط ضعف (بهبود) و نگه داشتن نقاط قوت در آینده اقدام نماید. با این توصیف باید گفت ارزیابی عملکرد صنعت برق کشور به عنوان یک صنعت زیربنایی و مادر امری است ضروری، لذا در این مقاله کاربردی ضمن نقد و بررسی روش‌های متعدد و موازی ارزیابی عملکرد به پیشینه بیش از ۲۰ سال مانند BSC, KPI, EFQM که تاکید اصلی آنها بر میزان دستیابی به اهداف، استانداردها و به کارگیری فرآیندها بوده است و کمتر به موضوع معرفی بهینه منابع (کارایی) توجه دارد، اگر در اندازه استاندارد اشتباهی رخ دهد یا استاندارد ها مناسب با پتانسل سازمان نباشند، بعضاً تصمیم‌گیری مدیران و مسئولین را دچار ابهام می‌نمود تکنیک جدیدی، تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) متشکل از مجموعه روابط و مدل‌های ریاضی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی غیرپارامتریک و کاربردهای آن که تقریباً در چهار دهه اخیر رشد بسیار چشم‌گیری در دنیا داشته که توسط چارنز، کوپر و رودز (۱۹۸۷) در توسعه کار فارل (۱۹۵۶) پایه‌گذاری گردید را پیشنهاد می‌نماید. با مدل‌سازی و طراحی ساختار شبکه‌ای سه مرحله‌ای، شرکت‌های ۱۶ گانه برق منطقه ای کشور و روش بازده به مقیاس ثابت، در فرم مضربی، در ماهیت ورودی، با ۵ شاخص ورودی، ۲ شاخص میانی و ۷ شاخص خروجی، پس از انتخاب و استخراج داده‌های شاخص‌ها، با بکارگیری نرم‌افزار سیستم مدل‌سازی جبری عمومی (GAMS) محاسبات کارایی و رتبه‌بندی شرکت‌ها انجام گردیده است، که نتایج آن در بخش ۴ نشان داده شده است. و بر اساس آن می‌توان گفت، فقط یک شرکت کارا و ۱۵ شرکت ناکارا هستند، که در میان آن‌ها ۱۰ شرکت به مرز کارایی بسیار نزدیک هستند. در جدول (۲)، نتایج رتبه‌بندی دو مدل؛ مدل ترکیبی (KPI, BSC و EFQM) و مدل DEA؛ با هم مقایسه شده‌اند، که رتبه‌بندی ۳ شرکت نزدیک به هم بوده است. می‌توان گفت نتایج حاصله از دو روش، اختلاف قابل بررسی و ملاحظه‌ای با هم دارند. تحلیل پوششی داده‌ها دامنه وسیعی دارد و نیاز به مطالعات و پژوهش‌های تکمیلی دارد، که می‌توان به سایر مدل‌ها و داده‌های منفی، فازی و ... در یک دوره پنج ساله اشاره کرد و پیشرفت‌ها و پسررفت‌ها را مورد بررسی قرار داد. همچنین پیشنهاد می‌شود روشی جهت یافتن الگوی مناسب برای واحدهای ناکارا ارائه شود.

مراجع

- [۱] شرکت توانیر، گزارشات ارزیابی، انتشارات شرکت توانیر، ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۴.

- [۲] سلیمی، مهرداد. کرامتی، محمدعلی. "ارزیابی و تجزیه کارایی فنی شرکتهای برق منطقه ای ایران با رویکرد سه مرحله ای تحلیل پوششی داده ها". کیفیت و بهره وری در صنعت برق ایران، سال چهارم، شماره ۸، ۳۷-۴۸، زمستان ۱۳۹۴.
- [۳] جهانشاهلو، حسین‌زاده لطفی، نیکومرام، "تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۷.
- [۴] کاظمی، متین. ملکی، "کارایی کلی و کارایی بخش به بخش در مدل‌های شبکه دو مرحله‌ای"، کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده‌ها (توسعه ملی)، ۹، ۱۲، بجنورد، ۱۳۹۶.
- [۵] مهرگان، "تحلیل پوششی داده‌ها (مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها)"، ویراسته سودخواه، تهران، نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۹۵.
- [۶] ابراهیم‌خانی قاضی، "بهبود کارایی واحدهای تحت ارزیابی با استفاده از ابر صفحه‌های تکیه کننده در تحلیل پوششی داده‌ها"، دکتری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ۱۳۹۶.
- [7] A. Charnes, W. W. Cooper, & E. Rhodes, (1978). "Measuring the efficiency of decision making units. European journal of operational research", 2(6), 429-444.
- [8] P. Andersen, & N. C. Petersen, (1993). "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. Management science", 39(10), 1261-1264.

زیر نویس‌ها

- ¹ European Foundation for Quality Management
- ² Capability Maturity Model
- ³ Activity-based costing
- ⁴ Balanced Scorecard
- ⁵ Key Performance Indicator
- ⁶ Total Quality Management
- ⁷ International Organization for Standardization
- ⁸ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
- ⁹ Data Envelopment Analysis
- ¹⁰ General Algebraic Modeling System
- ¹¹ Decision Making Unit