مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۲
تابستان ۱۳۹۳
ص. ۲۸۲-۲۶۳

کاربست مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی بخش انتقال نیروی صنعت برق ایران

محمدرضا خسروی[۱]، کامبیز شاهرودی[۲]

چکیده: از میان صنایع راهبردی و زیربنایی موجود در هر کشور، صنعت برق از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین صنایع است که به‌دلیل سرمایه‌بر بودن و پرهزینه‌بودن، صنعتی انحصاری محسوب می‌شود، لذا افزایش کارایی در این صنعت از اهمیت زیادی برخوردار است. این پژوهش با هدف بررسی و سنجش کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها صورت پذیرفته است. همچنین به‌دلیل اینکه عملیات انتقال نیرو توسط شرکت‌های مزبور، طی فرایندهای چندگانه توسط واحدهای مختلف صورت می‌گیرد، در این پژوهش از مدل‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران استفاده شده تا کارایی مراحل و فرایندهای داخلی شرکت‌ها نیز بررسی شود. اطلاعات لازم برای تجزیه و تحلیل کارایی، از عملکرد سال ۱۳۹۰ شرکت‌ها مندرج در سالنامهٔ آماری صنعت برق ایران استخراج شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد شرکت‌های برق منطقه‌ای اصفهان، زنجان و کرمان، در هر دو مرحلهٔ کاری کارایی واحدی دارند. همچنین نتایج پژوهش بیان می‌کند که استفاده از مدل‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران، این امکان را به محققان می‌دهد تا ضمن بررسی وضعیت کارایی فرایندهای داخلی شرکت‌ها، تصویر روشن‌تری از عملکرد سازمان ارائه کنند و به‌کمک این مدل‌ها می‌توان دلایل ناکارایی شرکت‌ها را تشخیص داد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، شرکت برق منطقه‌ای، صنعت برق ایران، کارایی.

۱. کارشناس ارشد مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات گیلان، رشت، ایران
۲. استادیار مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۰۹
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۱۰
نویسندهٔ مسئول مقاله: محمدرضا خسروی
E-mail: M.khosravi@gilrec.co.ir

مقدمه

در محیط کسب‌وکار کنونی، سازمان‌ها به‌منظور کسب قدرت بیشتر در رقابت‌های جهانی، تلاش می‌کنند تا کارایی خود را به‌طور مستمر بهبود دهند. به بیان دیگر، مسائل ناشی از افزایش رقابت و پیچیدگی محیط، شرکت‌ها را به فکر استفاده از روش‌های کاراتر و مؤثرتری در ادارهٔ امورشان انداخته است. بنا به این دلایل، ارزیابی عملکرد یکی از مهم‌ترین وظایف مدیریت شناخته شده و شاخص‌های گوناگونی برای معیار عملکرد سازمان‌ها مطرح شده است. ارزیابی عملکرد فرایندی است که به سنجش و اندازه‌گیری، ارزش‌گذاری و قضاوت دربارهٔ عملکرد سازمان در دورهٔ معینی می‌پردازد و چنانچه با دیدگاه فرایندی و به‌طور صحیح و مستمر انجام گیرد، موجب ارتقای عملکرد سازمان‌ها می‌شود (صالح‌زاده، حجازی، ارکان و حسینی، ۱۳۹۰). اندازه‌گیری کارایی یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی عملکرد و بهره‌وری یک شرکت به‌شمار می‌رود و همواره در کانون توجه محققان بوده است. کارایی بیانگر این مفهوم است که یک سازمان در یک دورهٔ زمانی مشخص، تا چه اندازه‌ای توانسته از منابع خود در راستای تولید استفاده کند. به‌گفتهٔ دیگر، کارایی میزان مصرف منابع برای تولید مقدار معینی محصول است (مهرگان، ۱۳۸۳: ۴۴). مرحلهٔ نخست در زمینهٔ بهبود کارایی، «اندازه‌گیری» است. اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری شرایطی را فراهم می‌آورد تا مدیران سازمان دریابند درچه وضعیتی قرار دارند و بتوانند برای بهبود شرایط فعلی برنامه‌ریزی کنند (امامی میبدی، افقه و رحمانی صفتی، ۱۳۸۸).

در یک طبقه‌بندی کلی، روش‌های سنجش کارایی را به دو گروه پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌کنند. در روش‌های پارامتریک با استفاده از تکنیک‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، به تعیین کارایی اقدام می‌شود و در روش‌های ناپارامتریک، به‌کمک مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی (بهینه‌سازی تابع هدف) کارایی هر واحد محاسبه می‌شود (مهرگان، ۱۳۸۳: ۳۱).

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] یکی از روش‌های ناپارامتریک ارزیابی کارایی است و از پرکاربردترین این روش‌ها محسوب می‌شود. DEA روشی مبتنی بر رویکرد بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است و برای ارزیابی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU)[2] که وظایف یکسانی را انجام می‌دهند، به‌کار می‌رود.

اهمیت انرژی الکتریکی و نقش آن در توسعه و رفاه کشورها تا جایی است که دولت‌ها این صنعت را یکی از صنایع زیرساخت قلمداد کرده و به‌طور ویژه بر آن نظارت می‌کنند. صنعت برق با تأمین یکی از مهم‌ترین صور انرژی، نقش انکارناپذیری در شکوفایی اقتصاد ملی کشورها دارد.

---

1. Data Envelopment Analysis
2. Decision Making Unit

برق امتیازهایی بر دیگر انواع انرژی دارد که از میان آنها می‌توان به انتقال نسبتاً آسان آن به فواصل دور، سهولت در توزیع میان مشترکان و تبدیل راحت آن به سایر گونه‌های انرژی اشاره کرد (مونتکو ایران، ۱۳۹۲: ۱۹).

یکی از شرکت‌های مهم و تأثیرگذار در حوزهٔ صنعت برق، شرکت‌های برق منطقه‌ای هستند که وظیفهٔ اصلی آنها، انتقال نیروی برق است. شرکت‌های برق منطقه‌ای این وظیفه را از طریق پست‌ها، خطوط و شبکهٔ انتقال نیرو انجام داده و از طریق فروش انرژی در بازار برق ایران، برق را به شرکت‌های توزیع نیروی برق انتقال می‌دهند. از آنجا که فرایند انتقال نیروی برق ماهیت چندمرحله‌ای دارد و نیز، مدل‌های مرسوم DEA فرایندهای داخلیDMUها را بررسی نمی‌کنند، در این پژوهش از مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای سنجش کارایی کلی و کارایی فرایندهای داخلی شرکت‌های برق منطقه‌ای استفاده شده است.

مدل‌های شبکه‌ای این امکان را برای محققان فراهم می‌کنند تا علاوه‌بر کارایی کلی هر DMU، به بررسی فرایندهای داخلی و مراحل کاری واحدهای تصمیم‌گیرنده نیز بپردازند (چن و یان، ۲۰۱۱).

به‌دلیل نقش پراهمیت شرکت‌های برق منطقه‌ای در صنعت برق و لزوم افزایش کارایی آنها، هدف اصلی این پژوهش، سنجش کارایی شرکت‌های نام‌برده به‌تفکیک مراحل کاری آنها، رتبه‌بندی شرکت‌ها در هریک از مراحل کاری و تعیین واحدهای الگو برای شرکت‌های ناکارا در هر مرحله است.

مبانی نظری پژوهش

نخستین بار فارل در سال ۱۹۵۷ به تعیین کارایی به روش غیرپارامتری پرداخت. پس از آن چارنز، کوپر و رودز (۱۹۷۸) با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی، روش ناپارامتریک فارل را برای سیستمی با ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه تعمیم دادند و عنوان «تحلیل پوششی داده‌ها» از این زمان به مجموعه مدل‌های توسعه‌یافتهٔ برنامه‌ریزی ریاضی در این زمینه، اطلاق شد. مدل چارنز، کوپر و رودز که در آن بازده به مقیاس، ثابت فرض می‌شود، به نام مدل CCR معروف شد و پس از آن بنکر، چارنز و کوپر (۱۹۸۴) روش CCR را برای حالت‌های بازده به مقیاس متغیر تعمیم دادند که مدل پیشنهادی آنها به BCC معروف شد.

در این روش یک منحنی مرزی کارا از یک سری نقاط ایجاد می‌شود که این نقاط به‌وسیلهٔ برنامه‌ریزی خطی تعیین شده‌اند. روش برنامه‌ریزی خطی با یک سری بهینه‌سازی، مشخص می‌کند که آیا DMU مد نظر روی خط کارایی قرار گرفته است یا خارج از آن قرار دارد. DEA

این قابلیت را دارد که هر DMU را به‌طور مجزا تجزیه و تحلیل کرده و مواردی را کـه بهتـرین عملکرد را دارند، معرفی کند (خدابخشی، ۲۰۱۰).

هدف تحلیل پوششی داده‌ها، تعیین کارایی یک سیستم یا واحد تصمیم‌گیری از طریق فرایند چگونگی تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها است. به بیان دیگر، هدف، شناسایی واحدهایی است کـه بیشترین میزان خروجی را از کمترین میزان ورودی به‌دست می‌آورنـد، چنـین واحـدی کـه دارای کارایی مساوی یک باشد، واحد کارا نام دارد و دیگر واحدها که کارایی بـین صـفر و یـک دارنـد، واحدهای ناکارا شناخته می‌شوند. DEA این امکان را فراهم می‌کند که مدیران ارزیابی درستی از واحدهای خود داشته باشند و تصمیم‌های درست و منطقی برای تخصیص بهینهٔ منابع اتخاذ کنند (شهریاری، رضوی و اصغری‌زاده، ۱۳۹۲).

ایرادی که از سوی محققان به مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌هـا وارد مـی‌شـود، ایـن است که این مدل‌ها، سیستم‌ها را به‌مانند یک مجموعهٔ بسته در نظر می‌گیرند و فرایندهای داخل سیستم، عملکرد و روابط میان آنها را نادیده مـی‌انگارنـد. ایـن دیـدگاه کـه معـروف بـه دیـدگاه «جعبهٔ سیاه[1]» است، بسیاری از اطلاعات ارزشمند را در مورد واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) از دست می‌دهد و تحلیل کارایی DMUها را به ورودی‌های اولیـه و خروجـی‌هـای نهـایی محـدود می‌کند. (فار و گراسکف، ۲۰۰۰؛ کاستلی، پسنتی و یوکوویچ، ۲۰۰۴؛ لیانـگ، یانـگ، کـوک و ژو، ۲۰۰۶؛ کائو و هوانگ، ۲۰۰۸؛ کائو، ۲۰۰۹؛ تُن و تسوتسوی، ۲۰۰۹؛ فوکویاما و وبر، ۲۰۱۰).

در واقع مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها، در محاسبهٔ کارایی سیسـتم‌هـای پیچیـده و فرایندهایی که متشـکل از چندمرحلـه‌انـد و دارای انـدازه‌هـای میـانی هسـتند، مشـکل دارنـد و نمی‌توانند کارایی هر یک از فرایندهای داخلی را به‌درستی محاسـبه کننـد (چـن و یـان، ۲۰۱۱). بنابراین نتایج اندازه‌گیری کارایی با روش‌هـای مرسـوم DEA ممکـن اسـت مـانع دسـتیابی بـه اطلاعات مدیریتی با ارزش شود. نکتهٔ اساسی اینجاست که بسیاری از واحدهای تصـمیم‌گیرنـده، ساختارهای مرکب و متنوعی دارند که نوع این ساختار و عملکرد این اجزا بر کارایی سیستم تأثیر می‌گذارد. درواقع، در دنیای واقعی واحدهای تصمیم‌گیری‌ای وجود دارند که در آنها فرایند تولید را می‌توان به‌صورت یک فرایند دو یا چندمرحله‌ای در نظـر گرفـت. درون DMUهـا بـرای تبـدیل ورودی‌های اولیه به خروجی‌های نهایی، ممکن است فرایندهای داخلی بسیار زیادی وجود داشـته باشد؛ در حالیکه در مدل‌های معمولی، ورودی‌ها برای تولید خروجی‌ها به‌کار می‌روند، بدون اینکه توجهی به ارتباطات بخش‌های داخلی واحدها شود (کوک، ژو، بی و یانگ، ۲۰۱۰).

---

1. Black-box

به‌منظور رفع این مشکل، فار و گراسکف (۲۰۰۰) با نگارش مقاله‌ای، ضمن اشاره به ضعف مدل مرسوم DEA، به معرفی «تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای[1]» پرداختند و اهمیت آن را در تحلیل دقیق‌تر کارایی‌DMUها توصیف کردند. این مدل یک واحد تصمیم‌گیرنده را با تمامی زیرواحدها و ارتباطات موجود در آن، به صورت ساختار شبکه‌ای در نظر می‌گیرد. در این مدل فرض می‌شود که سیستم تحت ارزیابی، شامل چندین واحد تصمیم‌گیرندهٔ مشابه هم است که هر واحد نیز، چندین زیرواحد به هم مرتبط دارد (صالح‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

از آنجایی که مدل‌های شبکه‌ای امکان بررسی فرایندهای داخلی هر واحد تصمیم‌گیرنده را فراهم می‌کنند، لذا این مدل‌ها تصویر دقیق‌تری از کارایی DMUها ارائه می‌دهند. در مدل‌های مرسوم DEA، چنانچه واحد تصمیم‌گیرنده دارای فرایندهای داخلی باشد، کارایی هر یک از فرایندهای داخلی و فرایند کل به‌صورت مستقل محاسبه می‌شود؛ در حالیکه در مدل‌های شبکه‌ای، محدودیت‌های فرایندهای داخلی به محدودیت فرایند کل اضافه می‌شود، درنتیجه نمرهٔ کارایی کل، کوچک‌تر از نمرهٔ کارایی فرایندهای داخلی خواهد بود. بنابراین، مدل‌های شبکه‌ای به‌طور مناسبی رابطه میان کارایی کل و کارایی فرایندهای داخلی را توصیف می‌کنند، اما در مدل‌های مرسوم، کارایی هریک از فرایندهای داخلی و فرایند کل به‌طور مستقل اندازه‌گیری می‌شود (مؤمنی و شاه‌خواه، ۱۳۹۰).

پس از معرفی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، مطالعات زیادی در این زمینه انجام گرفت و مدل‌های مختلفی با کاربردهای گوناگون در انواع صنایع برای آن ارائه شد. برای مثال کائو (۲۰۰۹) مدل‌های شبکه‌ای را به سه دسته مدل‌های سری، موازی و ارتباطی تقسیم کرد. در یک واحد تصمیم‌گیری چندبخشی، وقتی فعالیت بخش‌ها در امتداد یکدیگر قرار می‌گیرند، سیستم، ساختار سری دارد. درواقع ساختار شبکه‌ای سری، شامل دو یا بیش از دو فرایند است که از طریق اندازه‌های میانی به‌طور سری به هم متصل شده‌اند. اندازه‌های میانی همان خروجی‌های یک مرحله هستند که با عنوان ورودی، وارد مرحلهٔ بعد می‌شوند. در این حالت ورودی کل سیستم به بخش اول وارد می‌شود و خروجی نهایی سیستم از آخرین بخش خارج می‌شود. در ساختار سری چون کارایی کل، حاصل مجموع کارایی زیرواحدها است، زمانی یک واحد تصمیم‌گیرنده کاراست که تمامی زیر فرایندهای آن کارا باشند. همچنین در یک واحد تصمیم‌گیری چندبخشی، هرگاه بخش‌ها به‌صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گیرند، سیستم ساختار موازی دارد. در ساختار موازی، ورودی کل بین تمامی بخش‌ها تقسیم می‌شود و خروجی

1. Network DEA

کل از خروجی تمام بخش‌ها حاصل می‌شود. یک ساختار موازی وقتی کاراست که همهٔ فرایندهایش کارا باشد.

به اعتقاد کائو برای ارزیابی عملکرد هر بخش از سیستم‌های دوبخشی، به‌راحتی می‌توان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مرسوم را به‌کار برد تا کارایی هر بخش به‌طور مستقل اندازه‌گیری شود، اما در حالتی که واحد تصمیم‌گیری دارای چندین بخش است، به‌کارگیری مدل‌های رابطه‌ای پیشنهاد می‌شود. از آنجایی که در مدل‌های رابطه‌ای، متغیرهای میانی ماهیت دوگانه دارند، یعنی نسبت به مرحلهٔ اول خروجی و نسبت به مرحلهٔ دوم ورودی محسوب می‌شوند، لذا فرض اساسی در مدل‌های رابطه‌ای این است که وزن اختصاص داده شده به متغیر خروجی در ارزیابی کارایی مرحلهٔ اول، با وزن اختصاص داده شده به همان متغیر در ارزیابی کارایی مرحلهٔ دوم، یکسان در نظر گرفته می‌شود. درواقع تفاوت مدل‌های رابطه‌ای با مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها در این است که در مدل‌های رابطه‌ای کارایی کل سیستم توسط اندازهٔ کارایی بخش‌های آن به‌دست می‌آید (کائو، ۲۰۰۹).

کوک و همکاران (۲۰۱۰) با توسعهٔ مدل‌های DEA شبکه‌ای، مدلی چند مرحله‌ای را معرفی کردند که خروجی‌های هر مرحله می‌توانند محصول نهایی تلقی‌شده و از سیستم خارج شوند. این مدل بیانگر یک فرایند چندمرحله‌ای باز[1] است. به این معنا که خروجی‌های هر مرحله می‌توانند سیستم را ترک کنند، یا به‌منزلهٔ ورودی، وارد مرحلهٔ بعد شوند، ضمن اینکه ورودی‌های جدیدی نیز در هر مرحله می‌توانند وارد سیستم شوند. تفاوت این مدل با مدل‌های بسته[2] در این است که در سیستم‌های بسته، امکان واردکردن ورودی‌های جدید در هر مرحله به سیستم وجود ندارد و صرفاً خروجی‌های مرحلهٔ آخر، خروجی‌های نهایی محسوب می‌شوند.

پیشینهٔ پژوهش

هرچند مطالعات زیادی به بررسی و سنجش کارایی صنعت برق در ایران و سایر کشورها با استفاده از مدل DEA پرداخته‌اند، اما بررسی جدیدترین منابع اطلاعات علمی و مطالعات محققان نشان می‌دهد که هیچ‌یک از مطالعات پیشین، از مدل‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی صنعت برق و به‌ویژه در شرکت‌های برق منطقه‌ای استفاده نکرده‌اند. جدول ۱ خلاصه‌ای از مهم‌ترین مطالعه‌های پیشین در حوزهٔ سنجش کارایی شرکت‌های صنعت برق، به‌همراه متغیرهای ورودی و خروجی آنهاست.

1. Multistage Process Open
2. Closed

جدول ۱. مطالعات پیشین در زمینهٔ اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های صنعت برق به روش DEA

نام محقق	کشور تحت بررسی	بخش تحت بررسی	متغیرهای ورودی	متغیرهای خروجی
سیوشی و گوتو (۲۰۱۲)	ژاپن	تولید، انتقال و توزیع	سرمایهٔ تولید نیرو، سرمایهٔ انتقال نیرو، سرمایهٔ توزیع نیرو، هزینه‌های عملیاتی، تعداد کارکنان	برق فروخته‌شده، تعداد مشترکان
گروویچ (۲۰۱۲)	نروژ	توزیع	هزینه‌های عملیاتی، هزینهٔ کیفیت	تعداد مشترکان نهایی، انرژی عرضه‌شده
کوژمانن (۲۰۱۲)	فنلاند	توزیع	مجموع هزینه‌ها	انتقال انرژی، طول شبکه، تعداد مشترکان
یوژی و ژانگن (۲۰۱۲)	چین	انتقال و توزیع	طول کل خطوط، ظرفیت تجهیزات پست برق	تعداد مشترکان، برق فروخته‌شده، درصد خروج خط از مدار
سلن و یالسین (۲۰۱۲)	ترکیه	توزیع	طول خطوط توزیع نیرو، تعداد کارکنان، ظرفیت ترانسفورماتور	مقدار انرژی تحویلی، تعداد مشترکان، درصد کیفیت خدمات
سجادی و همکاران (۲۰۱۱)	ایران	توزیع	طول خط شبکه، ظرفیت ترانس‌ها، تعداد کارکنان	فروش برق، تعداد مشترکان
عمرانی و همکاران (۲۰۱۰)	ایران	توزیع	طول خطوط شبکه، ظرفیت ترانس‌ها، تعداد کارکنان	فروش برق، تعداد مشترکان
خدابخشی (۲۰۱۰)	ایران	توزیع	طول خطوط شبکه، ظرفیت ترانسفورماتورها، تعداد کارکنان	انرژی تحویلی، اندازهٔ منطقه تحت پوشش
پرز و توار (۲۰۰۹)	پرو	توزیع	تعداد کارکنان، تلفات شبکهٔ توزیع، تعداد پست‌های برق طول شبکه	مقدار انرژی تحویلی، تعداد مشترکان
راموس و همکاران (۲۰۰۹)	برزیل	توزیع	طول خطوط شبکه، تعداد کارکنان، تلفات برق	مقدار فروش برق، تعداد مشترکان

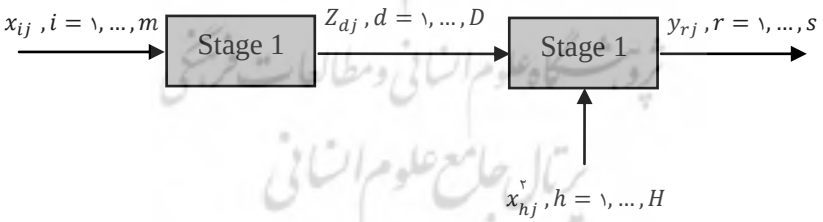
ادامهٔ جدول ۱

نام محقق	کشور تحت بررسی	بخش تحت بررسی	متغیرهای ورودی	متغیرهای خروجی
گوتو و تسوتسی (۲۰۰۸)	آمریکا	انتقال و توزیع	میزان سرمایه‌گذاری، تعداد کارکنان، طول خطوط انتقال	میزان فروش انرژی، تعداد مشترکان
کالمن و هیرچاسن (۲۰۰۸)	شرق اروپا	توزیع	تعداد کارکنان، ظرفیت ترانسفورماتورها، طول شبکه، هزینه‌های عملیاتی	مقدار انرژی تحویلی به مشترکان، تعداد مشترک
هس و کالمن (۲۰۰۸)	آلمان	توزیع	مجموع اندازهٔ شبکه، تعداد کارکنان	انرژی فروخته‌شده، تعداد مشترکان
پومبو و تابوردا (۲۰۰۶)	کلمبیا	توزیع	تعداد کارکنان، اندازهٔ شبکه، ظرفیت ترانسفورماتورها	انرژی فروخته‌شده، تعداد مشترکان

منبع: مطالعات محققان

مدل شبکه‌ای لی و همکاران

چارچوب این پژوهش بر اساس یکی از جدیدترین مدل‌های پیشنهادی در حوزهٔ مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها است که لی و همکارانش در سال ۲۰۱۲، آن را ارائه کرده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱. مدل شبکه‌ای لی و همکاران

منبع: لی و همکاران، ۲۰۱۲

این مدل مبتنی بر این پیش فرض است که در یک ساختار فرایندی دو مرحله‌ای، یکی از مراحل برای مدیریت سازمان از اهمیت بیشتری برخوردار است. لی و همکاران این مرحله را

مرحلهٔ «رهبر»[1] می‌نامند و مرحلهٔ دیگر را با عنوان «پیرو»[2] معرفی می‌کنند. با توجه بـه اهمیـت بیشتر مرحلهٔ رهبر، ابتدا باید کارایی این مرحله محاسبه و حداکثر شود. سپس با توجـه بـه مقـدار کارایی مرحلهٔ رهبر، کارایی مرحلهٔ پیرو نیز تعیین خواهد شد. برای نمونه، اگر در شکل ۱ مرحلـهٔ ۱ را رهبر در نظر بگیریم، کارایی این واحد از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۱)

$$e_1^{o*} = max \sum_{d=1}^{D} w_d z_{do}$$

$$s.t. \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0 \ \forall j$$

$$v_i, w_d, Q_h, u_r \geq 0, \forall i, d, h, r$$

و کارایی مرحلهٔ دوم نیز از رابطهٔ ۲ حاصل می‌شود:

رابطهٔ ۲)

$$e_2^{o*} = max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r j_0}$$

$$s.t. \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0 \ \forall j$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{h=1}^{H} Q_h x_{hj}^2 - \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} \leq 0 \ \forall j$$

$$\sum_{h=1}^{H} Q_h x_{ho}^2 + \sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} = 1$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} - e_1^{o*} \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 0$$

$$v_i, w_d, Q_h, u_r \geq 0, \forall i, d, h, r$$

1. Leader
2. Follower

برای انتخاب این مدل در سنجش کارایی مراحل و فرایندهای داخلی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران، چند اقدام انجام شد:

درگام نخست، مدل‌های ارائه‌شده در حوزهٔ تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، از جمله مدل‌های فار و گراسکف (۲۰۰۰)، کائو (۲۰۰۹)، کوک و همکاران (۲۰۱۰)، چن و یان (۲۰۱۱) و لی و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه و بررسی شدند. سپس به مطالعهٔ مأموریت و اهداف، وظایف و فرایندهای کاری شرکت‌های برق منطقه‌ای پرداخته و میزان انطباق فرایندهای کاری شرکت‌های برق منطقه‌ای با مدل‌های شبکه‌ای مزبور بررسی شد. در مرحلهٔ انتهایی، از نظرهای استادان دانشگاه که در حوزهٔ تحلیل پوششی داده‌ها تخصص داشتند، استفاده شده و با جمع‌بندی این موارد، مدل لی و همکاران (۲۰۱۲) با فرایند انتقال نیروی برق توسط شرکت‌های برق منطقه‌ای، دارای انطباق بیشتری تشخیص داده شد؛ بنابراین مدل لی و همکاران برای انجام تحقیق استفاده شد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به بررسی کارایی بخش انتقال نیرو در صنعت برق ایران می‌پردازد. داده‌های مورد استفاده در پژوهش، مربوط به عملکرد سال ۱۳۹۰ شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران است. اطلاعات مزبور از سالنامهٔ آماری صنعت برق ایران (بخش انتقال نیرو) و گزارش خلاصه‌وضعیت صنعت برق (ویژه مدیران) استخراج شده‌اند.

تعیین متغیرهای ورودی و خروجی شرکت‌های برق منطقه‌ای

انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی یکی از مهم‌ترین گام‌های ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها است. به بیان دیگر، انتخاب نادرست متغیرها، نتایج ارزیابی را بی‌اعتبار می‌کند. بنا به این دلایل، برای انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های این پژوهش، سه نکتهٔ مهم در کانون توجه قرار گرفته است:

۱. متغیرهای به‌کار رفته در مطالعات قبلی ارزیابی کارایی صنعت برق در جهان؛

۲. امکان دسترسی و جمع‌آوری داده‌ها در خصوص متغیرهای پژوهش؛

۳. استفاده از نظرات متخصصان و کارشناسان ارشد صنعت برق.

با توجه به مواردی که در بالا بیان شد و با جمع‌بندی مطالعات محققان پیشین، بررسی امکان جمع‌آوری داده‌ها و لحاظ‌کردن نظرات کارشناسان و متخصصان صنعت برق، متغیرهای ورودی و خروجی پژوهش حاضر انتخاب شدند که نتایج آن در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۲. متغیرهای ورودی و خروجی پژوهش

نوع متغیر	شمارهٔ مرحله	عنوان متغیر
ورودی	مرحلهٔ اول	هزینهٔ طرح‌های انتقال نیرو (میلیون ریال)
ورودی	مرحلهٔ اول	تعداد کارکنان طرح و توسعه (نفر)
ورودی	مرحلهٔ دوم	ظرفیت ترانسفورماتورهای موجود (مگاولت‌آمپر)
ورودی	مرحلهٔ دوم	طول شبکهٔ موجود (کیلومتر)
ورودی	مرحلهٔ دوم	تعداد کل کارکنان (نفر)
میانی	مرحلهٔ اول ـ مرحلهٔ دوم	افزایش ظرفیت ترانسفورماتورها (مگاولت‌آمپر)
میانی	مرحلهٔ اول ـ مرحلهٔ دوم	افزایش طول شبکه (کیلومتر)
خروجی نهایی	مرحلهٔ دوم	میزان انرژی تحویلی (میلیون کیلووات ساعت)

این موضوع که شرکت‌های برق منطقه‌ای از چه فرایندی برای تحقق هدف اصلی خود (انتقال نیروی برق) استفاده می‌کنند، در بخش‌هایی از استاندارد IEEE-۱۱۲۷ آمده است. این استاندارد را انجمن مهندسان برق و الکترونیک (IEEE)[1] در سال ۲۰۰۴، به‌منظور سازگاری فعالیت‌های انتقال نیروی برق با محیط زیست تدوین کرده است. براساس این استاندارد، فعالیت‌های انتقال نیرو طی مراحل طراحی[2] (برنامه‌ریزی)، ساخت و ساز[3] (طرح و توسعه) و عملیات[4] (بهره‌برداری) انجام می‌گیرد.

ساختار شرکت‌های برق منطقه‌ای در ایران نیز با استاندارد مزبور مطابقت دارد. این شرکت‌ها در ساختار سازمانی خود دارای سه معاونت فنی با عناوین معاونت برنامه‌ریزی و تحقیقات، معاونت طرح و توسعه و معاونت بهره‌برداری هستند (مونتکو ایران، ۱۳۹۲: ۴۹۰). معاونت برنامه‌ریزی و تحقیقات، مسئولیت تهیه و تدوین برنامه‌های تولید و انتقال نیرو را برعهده دارد. همچنین برنامه‌ریزی و برآورد میزان انرژی مورد نیاز با رویکرد بلندمدت جزء وظایف این بخش است.

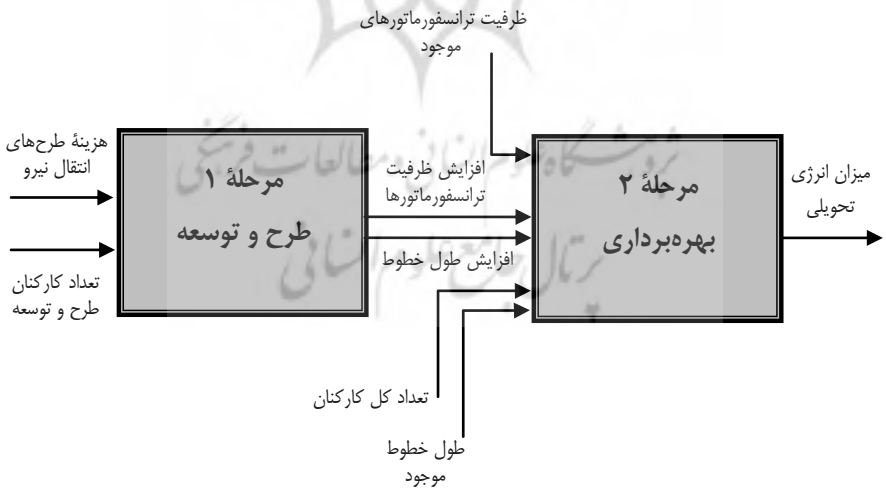
معاونت طرح و توسعه بر اساس برنامه‌ریزی صورت‌گرفته توسط معاونت برنامه‌ریزی و تحقیقات درخصوص پیش‌بینی مقدار نیاز انرژی در آینده، اقدام به طراحی و احداث خطوط و

1. Institute of Electrical and Electronics Engineers
2. Design
3. Construction
4. Operation

پست‌های انتقال نیرو می‌کند و درنهایت معاونت بهره‌برداری از خطوط و پست‌های انتقال نیرو پس از قرار گرفتن در مدار، بهره‌برداری کرده و آنها را تعمیر و نگهداری می‌کند.

نکتهٔ شایان ذکر در تحلیل کارایی واحدهای داخلی شرکت‌های برق منطقه‌ای اینکه، وظیفهٔ معاونت برنامه‌ریزی و تحقیقات، وظیفه‌ای با رویکرد بلندمدت بوده و به‌دلیل ماهیت وظایف این معاونت، آمار و اطلاعاتی از فعالیت‌های این حوزه انتشار نمی‌یابد. بنابراین درعمل سنجش کارایی این مرحله و مقایسهٔ شرکت‌ها با یکدیگر در این بخش امکان‌پذیر نبود. به همین دلیل در این پژوهش فرایند انتقال نیروی برق توسط شرکت‌های برق منطقه‌ای، به‌صورت یک فرایند دو مرحله‌ای در نظرگرفته شده است. بر مبنای این فرایند، شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران برای انتقال نیروی برق از نیروگاه‌ها به مراکز توزیع و رساندن آن به مشتری نهایی، از دو مرحله استفاده می‌کنند. در مرحلهٔ اول، واحد طرح و توسعه با صرف هزینه و سرمایه‌گذاری و استفاده از کارکنان متخصص، نسبت به احداث پست‌ها و خطوط انتقال و توزیع اقدام می‌کند. در مرحلهٔ دوم، پست‌ها و خطوط پس از احداث و گذراندن مراحل آزمایش و راه‌اندازی توسط واحدهای بهره‌برداری، در مدار قرار می‌گیرند و پس از انجام تغییرات لازم در ولتاژ برق، انرژی لازم را به مقاصد مد نظر انتقال می‌دهند.

بر اساس توضیحات فوق و با توجه به متغیرهای معرفی‌شده، فرایند دو مرحله‌ای انتقال نیروی برق و نحوهٔ ارتباط میان متغیرهای ورودی و خروجی به‌صورت شکل ۲ است.



شکل ۲. فرایند دو مرحله‌ای انتقال نیروی برق

برای محاسبهٔ کارایی بر اساس مدل لی و همکاران (۲۰۱۲)، باید واحدهای رهبر و پیرو با توجه به اهمیت آنها در فرایند انتقال نیروی برق، تعیین شوند. در این پژوهش هر دو مرحلهٔ طرح و توسعه و بهره‌برداری امکان رهبربودن را دارند، اما با توجه به پیش‌نیاز مرحلهٔ اول (طرح و توسعه)، خبرگان صنعت برق این مرحله را برای مرحلهٔ رهبر معرفی کردند.

تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه، پس از فرموله‌کردن مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی برای سنجش کارایی هر شرکت برای هر دو مرحلهٔ طرح و توسعه و بهره‌برداری، به‌کمک نرم‌افزار GAMS انجام شد. مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی مربوط به مرحلهٔ اول (طرح و توسعه) پژوهش به تفکیک ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای، در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی در مرحلهٔ اول (طرح و توسعه)

شمارهٔ DMU	نام شرکت	هزینهٔ انتقال نیرو	تعداد کارکنان	افزایش ظرفیت ترانسفورماتور	افزایش طول شبکه
۱	برق منطقه‌ای آذربایجان	۳۵۳۰۵۳	۵۰	۲۵۵	۳۵۹/۱
۲	برق منطقه‌ای اصفهان	۷۳۸۳۸۲	۵۳	۹۱۰	۵۱۷
۳	برق منطقه‌ای باختر	۱۷۷۷۳۷	۲۸	۲۴۵	۱۱۷/۳
۴	برق منطقه‌ای تهران	۱۲۴۷۸۳۶	۸۶	۲۶۰	۲۸۷
۵	برق منطقه‌ای خراسان	۵۳۹۴۴۵	۳۸	۶۵۰	۷/۷
۶	برق منطقه‌ای خوزستان	۶۲۴۹۱۱	۱۵۲	۱۰۵۴	۹/۴
۷	برق منطقه‌ای زنجان	۲۲۱۵۲۹	۴۰	۵۸۰	۳۱۳/۸
۸	برق منطقه‌ای سمنان	۹۸۶۲۴	۱۰	۱۰۷۰	۰
۹	برق منطقه‌ای سیستان	۲۳۹۰۰۴	۱۲۴	۲۸۵	۱۹۳
۱۰	برق منطقه‌ای غرب	۳۸۴۳۴۵	۵۵	۱۲۱۳	۴۷/۳
۱۱	برق منطقه‌ای فارس	۶۵۲۹۷۴	۷۱	۲۵۷۵	۲۷۱/۳
۱۲	برق منطقه‌ای کرمان	۸۷۸۳۴	۳۸	۹۰	۳۰۸/۵
۱۳	برق منطقه‌ای گیلان	۲۲۳۶۲۷	۲۹	۷۵۵	۵۷/۳
۱۴	برق منطقه‌ای مازندران	۵۲۴۰۷۲	۴۳	۸۵۰	۹۳
۱۵	برق منطقه‌ای هرمزگان	۵۴۸۴۲۵	۲۹	۷۸۳	۳۰۰/۹
۱۶	برق منطقه‌ای یزد	۲۹۹۲۷۰	۲۵	۳۵۰	۱۰۳/۵

در جدول ۴، مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) شرکت‌های برق منطقه‌ای درج شده است.

جدول ٤. مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی پژوهش در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری)

شمارهٔ DMU	نام شرکت	ظرفیت ترانسفورماتور موجود	طول شبکهٔ موجود	تعداد کل کارکنان	میزان انرژی تحویلی
۱	برق منطقه‌ای آذربایجان	۱۵۰۳۱	۷۷۱۵/۵	۱۵۰۲	۱۶۲۳۰
۲	برق منطقه‌ای اصفهان	۲۱۳۰۵	۸۵۵۹/۴	۱۰۸۲	۲۸۲۱۲
۳	برق منطقه‌ای باختر	۱۶۸۶۳	۹۷۷۰/۱	۱۱۱۸	۲۲۷۰۹
۴	برق منطقه‌ای تهران	۴۹۳۳۴	۸۷۸۵/۳	۲۶۰۸	۴۹۷۶۰
۵	برق منطقه‌ای خراسان	۱۷۱۲۶	۱۰۷۴۰/۱	۹۶۲	۱۹۵۲۰
۶	برق منطقه‌ای خوزستان	۳۴۶۶۹	۸۱۰۷/۳	۲۴۲۵	۳۶۴۸۳
۷	برق منطقه‌ای زنجان	۶۷۳۲	۳۶۳۴/۳	۷۹۹	۹۴۹۳
۸	برق منطقه‌ای سمنان	۳۷۵۳	۲۰۷۵/۹	۳۵۷	۴۸۸۱
۹	برق منطقه‌ای سیستان	۵۴۶۴	۷۰۸۵/۸	۹۸۲	۴۹۳۱
۱۰	برق منطقه‌ای غرب	۱۰۲۸۲	۷۶۳۱/۹	۸۶۷	۱۲۲۳۲
۱۱	برق منطقه‌ای فارس	۲۶۳۹۵	۱۳۹۱۱/۶	۱۶۸۳	۲۳۵۶۵
۱۲	برق منطقه‌ای کرمان	۱۰۹۶۷	۷۸۵۷/۶	۳۶۶	۱۳۸۷۱
۱۳	برق منطقه‌ای گیلان	۷۵۵۴	۲۴۸۸/۹	۶۹۳	۹۸۶۶
۱۴	برق منطقه‌ای مازندران	۱۴۹۳۴	۵۷۰۶	۹۶۹	۱۶۴۷۹
۱۵	برق منطقه‌ای هرمزگان	۱۲۷۴۶	۵۱۷۵/۱	۸۶۰	۱۴۰۳۱
۱۶	برق منطقه‌ای یزد	۵۴۸۳	۳۱۷۴/۴	۵۰۴	۶۷۸۹

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته‌های پژوهش

مقادیر کارایی شرکت‌ها

پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی برای شرکت‌های برق منطقه‌ای (روابط ۱ و ۲)، درصد کارایی آنها مطابق جدول ۵ در هر یک از مراحل طرح و توسعه و بهره‌برداری تعیین شد و کارایی کلی هر DMU از حاصل ضرب کارایی مراحل اول و دوم به‌دست آمد. در جدول ۵ رتبهٔ هر شرکت در هر مرحله و همچنین، رتبهٔ شرکت در کارایی کل نیز مشخص شده است.

جدول ۵. مقادیر کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای

شمارهٔ DMU	نام شرکت	کارایی مرحلهٔ اول	رتبهٔ شرکت در مرحلهٔ اول	کارایی مرحلهٔ دوم	رتبهٔ شرکت در مرحلهٔ اول	کارایی کلی	رتبهٔ شرکت در کارایی کل
۱	برق منطقه‌ای آذربایجان	۰/۸۲	۲	۰/۷۹	۸	۰/۶۵	۴
۲	برق منطقه‌ای اصفهان	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۳	برق منطقه‌ای باختر	۰/۵۳	۴	۱	۱	۰/۵۳	۵
۴	برق منطقه‌ای تهران	۰/۳۴	۸	۱	۱	۰/۳۴	۹
۵	برق منطقه‌ای خراسان	۰/۱۷	۱۰	۱	۱	۰/۱۷	۱۳
۶	برق منطقه‌ای خوزستان	۰/۱۶	۱۱	۰/۹۸	۲	۰/۱۶	۱۴
۷	برق منطقه‌ای زنجان	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۸	برق منطقه‌ای سمنان	۱	۱	۰/۹۵	۳	۰/۹۵	۲
۹	برق منطقه‌ای سیستان	۰/۳۲	۹	۰/۶۵	۱۰	۰/۲۱	۱۲
۱۰	برق منطقه‌ای غرب	۰/۳۲	۹	۰/۸۷	۵	۰/۲۸	۱۱
۱۱	برق منطقه‌ای فارس	۰/۷۲	۳	۰/۶۷	۹	۰/۴۸	۶
۱۲	برق منطقه‌ای کرمان	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۳	برق منطقه‌ای گیلان	۰/۴۶	۶	۱	۱	۰/۴۶	۷
۱۴	برق منطقه‌ای مازندران	۰/۳۷	۷	۰/۸۳	۶	۰/۳۱	۱۰
۱۵	برق منطقه‌ای هرمزگان	۱	۱	۰/۸۳	۷	۰/۸۳	۳
۱۶	برق منطقه‌ای یزد	۰/۵	۵	۰/۹	۴	۰/۴۵	۸

نتایج کارایی شرکت‌ها در مرحلهٔ اول، نشان می‌دهد که مرحلهٔ طرح و توسعهٔ شرکت برق منطقه‌ای اصفهان، زنجان، سمنان، کرمان و هرمزگان، دارای کارایی ۱۰۰ درصد هستند. در مرحلهٔ دوم نیز نتایج بیانگر این است که کارایی مرحلهٔ بهره‌برداری شرکت‌های برق منطقه‌ای اصفهان، باختر، تهران، خراسان، زنجان، کرمان و گیلان نیز، ۱۰۰ درصد است. نتایج مربوط به کارایی کلی نیز نشان می‌دهد فقط شرکت‌های برق منطقه‌ای اصفهان، زنجان و کرمان کارا هستند. در مرحلهٔ اول (طرح و توسعه) شرکت‌های برق منطقه‌ای اصفهان، زنجان، سمنان، کرمان و هرمزگان با کارایی واحد، رتبهٔ نخست را به خود اختصاص دادند و شرکت‌های خراسان و خوزستان نیز با کمترین میزان کارایی، در رتبه‌های انتهایی جای گرفتند. همچنین در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) رتبهٔ نخست به شرکت‌های برق منطقه‌ای اصفهان، باختر، تهران، خراسان، زنجان،

کرمان و گیلان که کارایی واحدی داشتند، تعلق گرفت و شرکت‌های برق منطقه‌ای سیستان و بلوچستان و فارس، ضعیف‌ترین عملکرد را از خود نشان دادند.

معرفی واحدهای الگو برای شرکت‌های ناکارا

در این بخش برای هر یک از شرکت‌های ناکارای برق منطقه‌ای ایران، واحد الگو و مرجع معرفی می‌شود تا شرکت‌های ناکارا در مقایسه با شرکت‌های الگو با پیروی از واحد مرجع خود در میزان ورودی‌ها و خروجی‌ها، به مرز کارایی برسند. جدول ۶ واحدهای مرجع و الگو برای هر یک از شرکت‌های ناکارا را در مرحلهٔ طرح و توسعه معرفی می‌کند.

جدول ٦. معرفی واحدهای الگو در مرحلهٔ اول (طرح و توسعه)

شمارهٔ DMU ناکارا	نام شرکت ناکارا	شمارهٔ DMU الگو	نام شرکت الگو
۱	برق منطقه‌ای آذربایجان	۲ ، ۱۲	برق منطقه‌ای اصفهان و کرمان
۳	برق منطقه‌ای باختر	۷، ۸، ۱۵	برق منطقه‌ای زنجان، سمنان و هرمزگان
۴	برق منطقه‌ای تهران	۲، ۱۵	برق منطقه‌ای اصفهان و هرمزگان
۵	برق منطقه‌ای خراسان	۸، ۱۵	برق منطقه‌ای سمنان و هرمزگان
۶	برق منطقه‌ای خوزستان	۸، ۱۲	برق منطقه‌ای سمنان و کرمان
۹	برق منطقه‌ای سیستان	۸، ۱۲	برق منطقه‌ای سمنان و کرمان
۱۰	برق منطقه‌ای غرب	۸، ۱۲	برق منطقه‌ای سمنان و کرمان
۱۱	برق منطقه‌ای فارس	۷، ۸، ۱۵	برق منطقه‌ای زنجان، سمنان و هرمزگان
۱۳	برق منطقه‌ای گیلان	۷، ۸، ۱۵	برق منطقه‌ای زنجان، سمنان و هرمزگان
۱۴	برق منطقه‌ای مازندران	۷، ۸، ۱۵	برق منطقه‌ای زنجان، سمنان و هرمزگان
۱۶	برق منطقه‌ای یزد	۷، ۸، ۱۵	برق منطقه‌ای زنجان، سمنان و هرمزگان

برای نمونه، شرکت برق منطقه‌ای آذربایجان به‌منزلهٔ یک شرکت ناکارا در واحد طرح و توسعه، می‌تواند با الگو قراردادن شرکت‌های برق منطقه‌ای اصفهان و کرمان، کارایی خود را بهبود دهد.

در جدول ۷ واحدهای مرجع و الگو برای هر یک از شرکت‌های ناکارا در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) معرفی شده است.

جدول ۷. معرفی واحدهای الگو در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری)

شمارهٔ DMU ناکارا	نام شرکت ناکارا	شمارهٔ DMU الگو	نام شرکت الگو
۱	برق منطقه‌ای آذربایجان	۳، ۷، ۱۳	برق منطقه‌ای باختر، زنجان و گیلان
۶	برق منطقه‌ای خوزستان	۳، ۴، ۱۳	برق منطقه‌ای باختر، تهران و گیلان
۸	برق منطقه‌ای سمنان	۳، ۷، ۱۳	برق منطقه‌ای باختر، زنجان و گیلان
۹	برق منطقه‌ای سیستان	۳، ۷	برق منطقه‌ای باختر و زنجان
۱۰	برق منطقه‌ای غرب	۳، ۷	برق منطقه‌ای باختر و زنجان
۱۱	برق منطقه‌ای فارس	۲، ۳، ۷	برق منطقه‌ای اصفهان، باختر و زنجان
۱۴	برق منطقه‌ای مازندران	۲، ۷، ۱۳	برق منطقه‌ای اصفهان، زنجان و گیلان
۱۵	برق منطقه‌ای هرمزگان	۲، ۳، ۷، ۱۳	برق منطقه‌ای اصفهان، باختر، زنجان و گیلان
۱۶	برق منطقه‌ای یزد	۳، ۷	برق منطقه‌ای باختر و زنجان

برای نمونه، در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) شرکت برق منطقه‌ای آذربایجان به‌منزلهٔ یک شرکت ناکارا، می‌تواند شرکت‌های برق منطقه‌ای باختر، زنجان و گیلان را الگو قرار دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فلسفهٔ به‌وجود آمدن مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، نادیده‌گرفتن مراحل و فرایندهای داخلی در درون DMUها است. درواقع مدل‌های مرسوم DEA، هر شرکت را یک DMU در نظر گرفته و محاسبات خود را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی محدود می‌کنند. با توجه به اینکه شرکت‌های برق منطقه‌ای برای انتقال نیرو در صنعت برق، از فرایند چندمرحله‌ای استفاده می‌کنند و کارایی هر یک از این مراحل اهمیت زیادی دارد، این پژوهش نشان داد به‌کارگیری مدل‌های شبکه‌ای و بررسی فرایندهای داخلی شرکت‌ها، امکان بررسی دقیق‌تری برای یافتن دلایل ناکارایی فراهم می‌کنند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و مقایسهٔ کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای در مراحل اول، دوم و کارایی کلی آنها، چنانچه در تحلیل کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران، هدف محقق صرفاً تعیین کارایی کلی شرکت‌ها بدون توجه به واحدهای داخلی آنها باشد، نتایج دقیق و واقعی از عملکرد و کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای حاصل نمی‌شود. برای روشن شدن بیشتر موضوع ذکر چند نمونه لازم است:

۱. کارایی شرکت برق منطقه‌ای خوزستان در میان شرکت‌های شانزده‌گانهٔ برق منطقه‌ای در سراسر کشور، برابر با ۱۶ درصد است. این شرکت کمترین میزان کارایی در میان شرکت‌های نام برده را به خود اختصاص داده است. موضوع کارایی ضعیف شرکت برق منطقه‌ای خوزستان در مقایسه با سایر شرکت‌ها را با دو رویکرد می‌توان تفسیر کرد:

الف) در نگاه اول و بدون تحلیل فرایندهای داخلی این شرکت، می‌توان این‌گونه نظر داد که این شرکت در تمامی واحدهای زیرمجموعهٔ خود دارای کمترین میزان کارایی است. به مدیریت این شرکت پیشنهاد می‌شود که در کلیهٔ فرایندهای کاری و فعالیت‌های واحدهای گوناگون شرکت، تجدید نظر جدی به‌عمل آورد و از شرکت‌های کارا به‌منظور افزایش کارایی شرکت الگوبرداری کند.

ب) بر اساس رویکرد شبکه‌ای و با محاسبهٔ کارایی مراحل اول (طرح و توسعه) و دوم (بهره‌برداری) شرکت برق منطقه‌ای خوزستان، مشاهده می‌شود که کارایی شرکت در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) وضعیت مناسبی دارد و با کارایی ۹۸ درصدی، رتبهٔ دوم را بین ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای کسب کرده است. درواقع عملکرد ضعیف مرحلهٔ اول (طرح و توسعه)، کارایی این شرکت را کاهش داده تا جایی که در رتبهٔ انتهایی میان شرکت‌های برق منطقه‌ای قرار گرفته است. به مدیریت این شرکت باید پیشنهاد می‌شود که در فرایندهای کاری مرحلهٔ طرح و توسعه خود تجدید نظر جدی به‌عمل آورد.

۲. در تحلیل کارایی شرکت برق منطقه‌ای گیلان نیز وضعیتی مشابه مشاهده می‌شود. این شرکت با ۴۶ درصد کارایی از شرکت‌های ناکارا محسوب‌شده و عملکرد نامناسبی در مقایسه با شرکت‌های دیگر دارد. پس از بررسی فرایندهای داخلی مشخص شد که شرکت برق منطقه‌ای گیلان در مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) کارایی ۱۰۰ درصدی داشته است؛ بنابراین دلیل ناکارایی این شرکت به مرحلهٔ طرح و توسعه مربوط می‌شود.

بر اساس نتایج این پژوهش، بسیاری از شرکت‌ها با وجود عملکرد مناسب در واحدهای بهره‌برداری، در واحد طرح و توسعه کارایی کمتری داشته‌اند، لذا پیشنهاد می‌شود از سوی وزارت نیرو و شرکت مادر تخصصی توانیر، شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی عملکرد واحدهای طرح و توسعهٔ شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران در نظر گرفته شود تا این واحدها نیز بتوانند متناسب با واحدهای بهره‌برداری، بر میزان کارایی خود بیفزایند.

همچنین پیشنهاد می‌شود محققان آتی در پژوهشی دیگر، مرحلهٔ دوم (بهره‌برداری) را واحد «رهبر» در نظر بگیرند و نتایج مطالعهٔ خود را با یافته‌های این پژوهش مقایسه کنند.

منابع

امامی میبدی، ع.، افقه، م. و رحمانی صفتی، م. ح. (۱۳۸۸). اندازه‌گیری کارایی فنی و بهره‌وری در نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکلترکیبی. *فصلنامه اقتصاد مقداری*، ۶ (۳): ۱۰۳-۷۹.

شرکت مهندسین مشاور موننکو ایران. (۱۳۹۲). *تجدید ساختار در صنعت برق*. تهران: انتشارات شیوه.

شهریاری، س.؛ رضوی، س. م. و اصغری‌زاده، ع. (۱۳۹۲). تحلیل پوششی داده‌های فازی و رویکرد نوین FIEP/AHP جهت رتبه‌بندی کامل واحدهای تصمیم گیرنده (مطالعهٔ موردی: دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه تهران). *مدیریت صنعتی*، ۵ (۱): ۴۲-۲۱.

صالح‌زاده، س. ج.؛ حجازی، س. ر.؛ ارکان، ع. و حسینی، س. م. (۱۳۹۰). ارائهٔ روش تلفیقی اندازه‌گیری کارایی ساختارهای شبکه‌ای شامل دور و لینک تخصیصی. *مجله علمی ـ پژوهشی مدیریت تولید و عملیات*، ۲ (۱): ۶۰-۴۷.

مؤمنی، م. و شاه‌خواه، ن. (۱۳۹۰). کاربرد مدل ارتباطی تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای در ارزیابی کارایی. *دانشور رفتار*، ۱ (۴۷): ۳۴۴-۳۳۳.

مهرگان، م. ر. (۱۳۸۳). *مدل‌های کمی برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها*. تهران: انتشارات دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران.

Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30 (9): 1078-1092.

Castelli, L., Pesenti, R. & Ukovich, W. (2004). DEA-like models for the efficiency evaluation of hierarchically structured units. *European Journal of Operational Research*, 154 (2): 465-476.

Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision- making units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6): 429-444.

Chen, C. & Yan, H. (2011). Network DEA model for supply chain performance evaluation. *European Journal of Operational Research*, 213 (1): 147–155.

Cook, W.D., Zhu, J., Bi, G. & Yang, F. (2010). Network DEA: additive efficiency decomposition. *European Journal of Operational Research*, 207 (2): 1122–1129.

Fare, R. & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *socio-economic planning science*, 34: 35-49.

Farell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistics Society*, Series A, 120 (3): 253-281.

Fukuyama, H. & Weber, W.L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs. *Omega*, 38 (5): 398-409.

Goto, M. & Tsutsui, M. (2008). Technical efficiency and impacts of deregulation: An analysis of three functions in U.S. electric power utilities during the period from 1992 through 2000. *Energy Economics*, 30 (1): 15-38.

Hess, B., Cullmann, A. (2007). Efficiency analysis of East and West German electricity distribution companies e Do the ‘‘Ossis’’ really beat the ‘‘Wessis’’? *Utilities Policy*, 15 (3): 206-214.

Kao, C. & Hwang, S.N. (2008). Efficiency de composition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185 (1): 418-429.

Kao, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. *European Journal of Operational Research*, 192 (3): 949-962.

Khodabakhshi, M. (2010). An output oriented super-efficiency measure in stochastic data envelopment analysis: Considering Iranian electricity distribution companies. *Computers & Industrial Engineering*, 58 (4): 663-671.

Kuosmanen, T. (2012). Stochastic semi-nonparametric frontier estimation of electricity distribution networks: Application of the StoNED method in the Finnish regulatory model. *Energy Economics*, 34 (6): 2189-2199.

Li, Y., Chen, Y., Liang, L. & Xie, J. (2012). DEA models for extended two-stage network structures. *Omega*, 40 (5): 611–618.

Liang, L., Yang, F., Cook, W.D. & Zhu, J. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation. *Annals of Operations Research*, 145 (1): 35-49.

Pe´rez-Reyes, R. & Tovar, B. (2009). Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms. *Energy Policy*, 37 (6): 2249-2261.

Sadjadi, S.J., Omrani, H., Makui, A. & Shahanaghi, K. (2011). An interactive robust data envelopment analysis model for determining alternative targets in Iranian electricity distribution companies. *Expert Systems with Applications*, 38 (8): 9830-9839.

Sueyoshi, T. & Goto, M. (2012). Efficiency-based rank assessment for electric power industry: A combined use of Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-Discriminate Analysis (DA). *Energy Economics*, 34 (3): 634-644.

Tone, K. & Tsutsui M. (2009). Network DEA: a slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197 (1): 243-252.