سنجش کارایی نسبی شرکت‌های توزیع برق کشور: تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه

مسلم علی‌محمدلو[۱]، استادیار بخش مدیریت، آزیتا دامن‌کشان[۲]، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، زهره مطفف[۳]، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی

۱- دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی- دانشگاه شیراز- شیراز- ایران
mslmaml@gmail.com
۲- دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی- دانشگاه شیراز- شیراز- ایران
s.damankeshan@rose.shirazu.ac.ir
۳- دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی- دانشگاه شیراز- شیراز- ایران
zohreh.motaffef@yahoo.com

چکیده

پژوهش‌های متعددی اقدام به سنجش کارایی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های سنتی نموده‌اند. اما پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که تنها با اتکا به تحلیل پوششی داده‌های سنتی یا خوش‌بینانه نمی‌توان با اطمینان بنگاه‌ها را برحسب کارایی‌شان رتبه‌بندی کرد، ازاین‌رو از مفهوم کارایی بدبینانه نیز استفاده کرده و این دو کارایی را در قالب یک رابطه ریاضی باهم ادغام نموده‌اند، تا با اطمینان بیشتر و بدون نیاز به محاسبات پیچیده بتوان بنگاه‌ها را رتبه‌بندی کرد. ازاین‌رو در این پژوهش برآنیم تا کارایی نسبی را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه محاسبه نماییم، که بسیار دقیق‌تر از روش سنتی است. نتایج نشان می‌دهد، شرکت توزیع برق شهرستان مشهد در میان ۳۹ شرکت بررسی‌شده، حائز رتبه اول است. درصورتی‌که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های سنتی، ده شرکت دیگر نیز روی مرز کارایی قرار می‌گرفتند.

واژه‌های کلیدی : **تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه، کارایی.**

تاریخ ارسال مقاله:۱۳۹۵/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۹۵/۰۸/۲۲

نام نویسنده مسئول: مسلم علی‌محمدلو
نشانی نویسنده مسئول: استادیار بخش مدیریت دانشگاه شیراز

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

۱- مقدمه

همگان اذعان دارند که هر پدیده، تنها در صورتی قابل‌بهبود است که بتوان آن را اندازه‌گیری و ارزیابی کرد. این حقیقت، ضرورت اندازه‌گیری کارایی برای بهبود بهره‌وری را بیش‌ازپیش روشن می‌کند. به همین دلیل، امروزه بررسی و ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و اداره‌ها، یکی از داغ‌ترین مباحثی است که دنیای صنعتی را به خود مشغول کرده است[۱].

صنعت برق به خاطر نقش زیربنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تأثیرگذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق، می‌توان آن را به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. صنعت برق به دو بخش تولید و توزیع تقسیم می‌شود که هرکدام به‌نوبه خود اهمیت اساسی دارند. دراین‌بین، بخش توزیع برق به دلیل ارتباط نزدیک با مشترکان از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است. افزایش درصد اندکی در قابلیت بهره‌برداری مناسب‌تر از شبکه‌های توزیع، صرفه‌جویی‌های کلانی را در بردارد که این امر حکایت از اهمیت بالای سطح بهره‌وری عوامل دخیل در این بخش از صنعت برق دارد[۲].

تحلیل پوششی داده‌ها یک رویکرد داده‌ای برای ارزیابی عملکرد مجموعه‌ای از موجودیت‌های متجانس به نام واحدهای تصمیم‌گیری[1] است که عملکرد آن‌ها بر اساس اندازه‌های متعدد مشخص می‌شود. تحلیل پوششی داده‌های سنتی که مبتنی بر مفهوم مرز کارایی است، بهترین نمره کارایی را تعیین می‌کند که می‌توان به هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری اختصاص داد. واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس این نمرات به‌عنوان کارای تحلیل پوششی داده‌ها (کارای خوش‌بینانه) یا غیرکارای تحلیل پوششی داده‌ها (غیرکارای خوش‌بینانه) تقسیم‌بندی می‌شوند و واحدهای تصمیم‌گیری کارای تحلیل پوششی داده‌ها، مرز کارایی را مشخص می‌کنند. رویکرد مشابهی وجود دارد که از مفهوم مرز ناکارایی برای تعیین بدترین نمره‌ی کارایی نسبی که می‌توان به هر واحد تصمیم‌گیری اختصاص داد، استفاده می‌کند. واحدهای تصمیم‌گیری واقع روی مرز ناکارایی به‌عنوان ناکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا ناکارای بدبینانه تعیین می‌شوند و آن‌هایی که روی مرز ناکارا نیستند، به‌عنوان غیر ناکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا غیر ناکارای بدبینانه اعلام می‌شوند. این رویکرد که تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه نام دارد، هر دو کارایی نسبی را در نظر می‌گیرد و چنین بحث می‌کند که هر رویکردی که فقط یکی از آن‌ها را در نظر بگیرد، دچار سوگیری خواهد بود[۳].

به دلیل نقش پراهمیت شرکت‌های توزیع برق در صنعت برق و لزوم افزایش کارایی آن‌ها، هدف اصلی این مقاله سنجش کارایی شرکت‌های مذکور است. ازآنجاکه در پژوهش‌های پیشین، سنجش کارایی در این صنعت صرفاً با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های سنتی که فقط مرز خوش‌بینانه را در نظر می‌گیرد، انجام‌شده است، در این مقاله برای این‌که از تحلیل پوششی داده‌ها بهترین بهره گرفته شود، از روش تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه که هم‌زمان کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه را در نظر می‌گیرد، برای سنجش کارایی و رتبه‌بندی دقیق‌تر شرکت‌های توزیع برق استفاده می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

برای بررسی و ارزیابی عملکرد بنگاه‌های اقتصادی، می‌توان از روش‌های متعددی استفاده کرد. یکی از رایج‌ترین روش‌های ارزیابی عملکرد بنگاه‌ها، استفاده از نسبت محصول به عوامل تولید و مقایسه آن با یک سطح استاندارد مشخص است که این مفهوم، کارایی واحد اقتصادی مربوطه نامیده می‌شود.

مباحث کارایی به‌صورت مدون و نظام‌یافته توسط بررسی‌ها و مطالعات دبرو[2] (۱۹۵۱) و کوپمنس[3] (۱۹۵۱) آغاز شد و توسط فارل[4] در سال ۱۹۵۷ ادامه یافت. ولی امکان عملی اندازه‌گیری آن در سال‌های ۱۹۷۷ (روش اقتصادسنجی SFA[5]) و ۱۹۷۸ (روش برنامه‌ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها) فراهم شد[۴].

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتریک مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری بر مبنای ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه است [9]. روش تحلیل پوششی داده‌ها را ابتدا چارنز[6] و همکاران وی در سال ۱۹۷۸ ارائه نمودند. این روش برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری، که وظایف یکسانی انجام می‌دهند، به کار می‌رود، مانند سنجش و مقایسه کارایی نسبی واحدهای سازمانی نظیر ادارات دولتی یک وزارتخانه، مدارس، بیمارستان‌ها، فروشگاه‌های زنجیره‌ای، شعب بانک‌ها و موارد مشابهی که در آن‌ها واحدهای تصمیم‌گیری همگنی وجود دارند. همچنین تحلیل پوششی داده‌ها به‌طور گسترده‌ای در الگوبرداری، بهبود مستمر و تحلیل استراتژیک به کار می‌رود[۵].

تحلیل پوششی داده‌های سنتی که مبتنی بر مفهوم مرز کارایی است، فقط بهترین کارایی‌های نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را ضمن اجتناب از کارایی‌های بدبینانه، اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین نمی‌تواند یک سنجش کلی از واحدهای تصمیم‌گیری ارائه دهد [۶]. بنابراین به‌منظور کسب مزایای تحلیل پوششی داده‌ها و تعیین عملکرد کلی هر واحد تصمیم‌گیری، هر دو مرز کارا و ناکارا باید به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته شوند. رویکردی که عملکرد هر واحد تصمیم‌گیری را با هر دو مرز کارا (خوش‌بینانه) و ناکارا (بدبینانه) ارزیابی می‌کند، تحلیل

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

پوششی داده‌ها با مرز دوگانه نامیده می‌شود. با در نظر گرفتن کارایی‌های نسبی خوش‌بینانه و بدبینانه باهم، تمام واحدهای تصمیم‌گیری را می‌توان بدون نیاز به محاسبات بسیار زیاد و ترجیحات ذهنی تصمیم‌گیرنده رتبه‌بندی کرد [10].

بررسی جدیدترین منابع اطلاعات علمی و مطالعات محققان نشان می‌دهد که هیچ‌یک از مطالعات پیشین، از تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه در سنجش کارایی صنعت برق و به‌ویژه در شرکت‌های توزیع برق استفاده نکرده‌اند. جدول ۱ خلاصه‌ای از مهم‌ترین مطالعه‌های پیشین در حوزه سنجش کارایی شرکت‌های صنعت برق، به همراه متغیرهای ورودی و خروجی آن‌هاست.

جدول (۱): مطالعات پیشین درزمینه اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های صنعت برق به روش تحلیل پوششی داده‌ها [۷].

نام محقق	کشور تحت بررسی	بخش بررسی	متغیرهای ورودی	متغیرهای خروجی
سیوشی و گوتو (۲۰۱۲)	ژاپن	تولید، انتقال و توزیع	سرمایه تولید نیرو، سرمایه انتقال نیرو، سرمایه توزیع نیرو، هزینه‌های عملیاتی، تعداد کارکنان	برق فروخته‌شده، تعداد مشترکان
گروویچ (۲۰۱۲)	نروژ	توزیع	هزینه‌های عملیاتی، هزینه کیفیت	مشترکان نهایی، انرژی عرضه‌شده
یوژی و ژانکن (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	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، اندازه منطقه تحت پوشش
پرز و توار (۲۰۰۹)	پرو	توزیع	تعداد کارکنان، تلفات شبکه 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
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 اندازه شبکه، تعداد کارکنان	انرژی فروخته‌شده، تعداد مشترکان
پومبو و تابوردا (۲۰۰۶)	کلمبیا	توزیع	تعداد کارکنان، اندازه شبکه، ظرفیت ترانسفورماتورها	انرژی فروخته‌شده، تعداد مشترکان

از اولین افرادی که عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری را با هر دو مرز خوش‌بینانه و بدبینانه مطالعه کرده‌اند، می‌توان به دوئل[۷] [11] وانتانی[۸] [12] اشاره کرد. مدل‌های پیشنهادی این دو محقق ساختار مشابهی دارد. آن‌ها کارایی بازه‌ای را محاسبه کردند که کران پایین آن، کارایی بدبینانه و کران بالای آن، کارایی خوش‌بینانه بود. انتانی و همکاران [12] دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور محاسبه کارایی بازه‌ای پیشنهاد دادند. اما مدل پیشنهادی آن‌ها عیب مهمی دارد و آن اینکه بدون توجه به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های هر واحد تصمیم‌گیری تنها یک ورودی و یک خروجی را برای تعیین کران پایین کارایی بازه‌ای هر واحد تصمیم‌گیری مورداستفاده قرار می‌دهد، که این منجر به از دست رفتن اطلاعات مربوط به ورودی و خروجی واحد تصمیم‌گیری تحت مطالعه می‌شود. به‌علاوه، مرزهای تولید متغیری را برای اندازه‌گیری کارایی بازه‌ای استفاده می‌کند. وانگ و لوئو[۹] [13]

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه واحدهای تصمیم‌گیری را با معرفی دو واحد تصمیم‌گیری مجازی اندازه‌گیری می‌کنند: واحد تصمیم‌گیری ایده‌آل و واحد تصمیم‌گیری غیرایده‌آل و با ادغام این دو کارایی، یک شاخص نزدیکی نسبی به دست می‌آورند که به‌عنوان مبنایی برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری به کار می‌رود، ولی در بیشتر موارد مدل‌های آن‌ها برای تمامی واحدهای تصمیم‌گیری وزن ثابتی در نظر می‌گیرد و زمانی که در هر ورودی و هر خروجی صفر وجود داشته باشد، مدل‌های آن‌ها امکان‌ناپذیر می‌شود. وانگ و یانگ[10] [14]، دو مدل تحلیل پوششی داده‌های کران‌دار را ارائه کردند، که مدل آن‌ها حداکثر بهره را از تمامی داده‌های ورودی و خروجی به هنگام ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه هر واحد تصمیم‌گیری با واردکردن یک واحد تصمیم‌گیری مجازی که واحد تصمیم‌گیری غیرایده‌آل نامیده می‌شد، می‌برد. واحد تصمیم‌گیری غیر ایده‌آل، حداکثر مقدار ورودی را به‌منظور تولید حداقل مقدار خروجی به کار می‌برد و مقدار کارایی زمانی که در هر خروجی عدد صفر وجود داشت، صفر می‌شد، لذا مدل آن‌ها هنگام تعیین کران پایین کارایی بازه‌ای برای هر واحد تصمیم‌گیری با مشکل مواجه بود. وانگ و چین[11] [10] به‌منظور انتخاب فناوری‌های پیشرفته تولید[12]، به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه را پیشنهاد کردند که در مقایسه با DEA سنتی، می‌تواند بهترین واحد تصمیم‌گیری را به‌درستی شناسایی کند. همچنین آن‌ها چهار مثال عددی را بررسی کردند تا سهولت و مفید بودن مدل ارائه شده را در قضاوت و انتخاب فناوری پیشرفته تولید نشان دهند. عزیزی و فتحی اجیرلو [15] به‌منظور تعیین کران پایین کارایی بازه‌ای، از کارایی خوش‌بینانه واحد تصمیم‌گیری ایده‌آل و کارایی بدبینانه واحد تصمیم‌گیری غیر ایده‌آل استفاده کردند. همچنین مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های کران‌دار آن‌ها زمانی که در هر ورودی و هر خروجی صفر وجود دارد، با مشکلاتی در تعیین کران پایین کارایی بازه‌ای مواجه است. عزیزی و جاهد [16] یک جفت مدل تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای بهبودیافته را ارائه کردند که عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری را در شرایطی که در بین مقدار ورودی‌ها، صفر نیز وجود داشته باشد، اندازه‌گیری می‌کند. عزیزی و وانگ [17]، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های کران‌دار بهبودیافته را که مقادیر کارایی واحدهای تصمیم‌گیری را در حضور هر خروجی اندازه‌گیری می‌کند، توسعه داده‌اند. عزیزی و همکاران[۶] نیز برای انتخاب فناوری های پیشرفته تولید، مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه را پیشنهاد کردند. آنان پس از مرور پیشینه پژوهش بیان کردند که باید تلاش‌های قابل توجهی برای انتخاب فناوری‌های پیشرفته تولید انجام شود، زیرا تحلیل پوششی داده‌ها غالباً تعداد زیادی از فناوری‌های پیشرفته تولید را به عنوان کارا شناسایی می‌کند. بدین معنا که فناوری‌های پیشرفته تولید که با تحلیل پوششی داده‌ها کارا تعیین شدند بعداً باید با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه یا منطق فازی، با تحمیل محدودیت‌های وزنی بر ورودی‌ها و خروجی‌ها، و با محاسبه ماتریس کارایی متقابل، مورد ارزیابی قرار گیرند. لذا با معرفی مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه برای انتخاب واحد کارا، استدلال می‌کنند که تلاش‌های صورت گرفته قبلی در حقیقت ضروری نیستند، و بهترین فناوری پیشرفته تولید را می‌توان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه به آسانی شناسایی کرد. جاهد و همکاران (۲۰۱۵) [18] جهت ادغام دو مقدار کارایی خوش‌بینانه و بدبینانه، رابطه جدیدی را برای اندازه‌گیری عملکرد کلی ارائه نمودند و مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های فازی جدیدی که هر واحد تصمیم‌گیری را از منظر خوش‌بینانه و بدبینانه در یک محیط فازی ارزیابی می‌کند، پیشنهاد کردند.

۲-۱ جمع بندی پیشینه پژوهش

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه سنجش کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها تک مرز یا خوشبینانه، می‌توان استدلال کرد که چون با این روش واحدهای متعددی ممکن است روی مرز کارا قرار گیرند، بنابراین خود را کارا دانسته و تلاشی برای بهبود ورودی‌ها و خروجی‌های خود نمی‌کنند. اما با روش تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه این امکان وجود دارد که با مقایسه هر واحد تصمیم‌گیری با بهترین و بدترین وضعیت و سپس محاسبه عملکرد کلی، رتبه‌بندی دقیق‌تری از بنگاه‌ها به دست آورد و همچنین نیاز به محاسبات پیچیده بر ای رتبه‌بندی بنگاه‌ها را از بین می‌برد. در میان مطالعات انجام شده در زمینه تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه پژوهش وانگ و چین (۲۰۰۹)، محدودیت‌های پژوهش‌های پیشین همچون عدم اجرای مدل به دلیل وجود عدد صفر در ورودی یا خروجی و ایجاد واحد مجازی جهت محاسبه کارایی را نداشته و از رابطه مناسبی جهت اندازه‌گیری عملکرد کلی استفاده نموده است.

بنابراین در این پژوهش برآنیم تا کارایی نسبی شرکت‌های توزیع برق در ایران را که تاکنون به روش تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه سنجیده نشده‌اند را به کمک مدل وانگ و چین مورد سنجش قرار دهیم.

۳- روش پژوهش

مقاله حاضر ازنظر ماهیت پژوهشی، مطالعه‌ای توصیفی است. جامعه موردمطالعه، شرکت‌های توزیع برق کشور می‌باشند. برای انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های پژوهش، به بررسی متغیرهای به‌کاررفته در مطالعات قبلی ارزیابی کارایی صنعت برق در ایران و جهان پرداخته‌شده است. با جمع‌بندی مطالعات محققان پیشین و بررسی امکان جمع‌آوری داده‌ها، متغیرهای تعداد کارکنان، ظرفیت

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

ترانسفورماتورها و طول شبکه به‌عنوان ورودی و متغیرهای تعداد مشترکان و انرژی تحویلی به‌عنوان متغیرهای خروجی پژوهش حاضر انتخاب شدند. جدول ۲ مطالعات پیشین که متغیرهای مذکور را به عنوان ورودی و خروجی انتخاب کرده‌اند، نشان می‌دهد.

جدول (۲): ورودی‌ها و خروجی‌های انتخاب شده در مطالعات پیشین

	نام	فراوانی در مطالعات پیشین
ورودی	تعداد کارکنان	سیوشی و گوتو، سلن و یالسین، سجادی و همکاران، عمرانی و همکاران، خدابخشی، پرز و توار، راموس و همکاران، گوتو و تسوتسی، کالمن و هیرچاسن، هس و کالمن، پومبو و تابوردا
	ظرفیت ترانسفورماتورها	یوژی و ژانکن، سلن و یالسین، سجادی و همکاران، عمرانی و همکاران، خدابخشی، کالمن و هیرچارسن، پومبو و تابوردا
	طول شبکه	یوژی و ژانکن، سلن و یالسین، سجادی و همکاران، عمرانی و همکاران، خدابخشی، راموس و همکاران، کالمن و هیرچاسن، هس و کالمن، پومبو و تابوردا
خروجی	تعداد مشترکان	سیوشی و گوتو، گروویچ، یوجی و ژانکن، سلن و یالسین، سجادی و همکاران، عمرانی و همکاران، پرز و توار، راموس و همکاران، گوتو و تسوتسی، کالمن و هیرچاسن، هس و کالمن، پومبو و تابوردا
	انرژی تحویلی	گروویچ، سلن و یالسین، خدابخشی، پرز و توار، کالمن و هیرچاسن

اطلاعات مزبور از نشریه آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه توزیع نیروی برق در سال ۱۳۹۳ استخراج شده‌اند [۷] . در این مقاله از مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه وانگ و چین (۲۰۰۹) برای سنجش کارایی و رتبه‌بندی ۳۹ شرکت توزیع برق کشور استفاده‌شده است. در زیر به توضیح مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه مذکور پرداخته می‌شود.

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیری وجود دارند، که باید ازنظر m ورودی و s خروجی ارزیابی شوند. برای DMU_j $(j = ۱,\ldots,n)$، مقادیر ورودی را با نماد x_{ij} $(i = ۱,\ldots,m)$ و مقادیر خروجی را با نماد y_{rj} $(r = ۱,\ldots,s)$ نشان می‌دهیم، که همه آن‌ها معلوم و نامنفی هستند. کارایی DMU_j به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\theta_j = \frac{\sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{rj}}{\sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{ij}} \qquad (۱)$$

که در اینجا u_r $(r = ۱,\ldots,s)$ و v_i $(i = ۱,\ldots,m)$ وزن‌هایی هستند که به ترتیب برای s خروجی و m ورودی تعیین‌شده‌اند.

کارایی خوش‌بینانه DMU_j نسبت به DMU های دیگر با مدل CCR[۱۳] زیر سنجیده می‌شود

$$\begin{aligned} &\text{Max } \theta_o = \frac{\sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{ro}}{\sum_{i=۱}^{m} v_i x_{io}} \\ &\text{s.t.} \\ &\theta_j = \frac{\sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{rj}}{\sum_{i=۱}^{m} v_i x_{ij}} \le ۱,\ j = ۱,\ldots,n, \\ &u_r, v_i \ge ۰,\ r = ۱,\ldots,s,\ i = ۱,\ldots,m. \end{aligned} \qquad (۲)$$

با استفاده از تبدیل چارنز و کوپر، مدل برنامه‌ریزی کسری فوق را می‌توان به برنامه‌ریزی خطی زیر تبدیل کرد:

$$\begin{aligned} &\text{Max } \theta_o = \sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{ro} \\ &\text{s.t.} \\ &\sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{rj} - \sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{ij} \le ۰,\ j = ۱,\ldots,n, \\ &\sum_{i=۱}^{m} v_i\, x_{io} = ۱, \\ &u_r, v_i \ge ۰,\ r = ۱,\ldots,s,\ i = ۱,\ldots,m. \end{aligned} \qquad (۳)$$

اگر مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت u_r^* $(r= ۱,\ldots,s)$ و v_i^* $(i= ۱,\ldots,m)$ وجود داشته باشند تا $\theta_o^*= ۱$ را تأمین کنند، آنگاه DMU_o، کارای تحلیل پوششی داده‌ها یا به‌اختصار کارا نامیده می‌شود؛ در غیر این صورت، به آن غیرکارای تحلیل پوششی داده‌ها می‌گویند. کارایی خوش‌بینانه، در مقالات تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی CCR نیز نامیده می‌شود. برای n واحد تصمیم‌گیری مختلف، مدل برنامه‌ریزی خطی (۳) جمعاً n بار، هر بار برای یک واحد تصمیم‌گیری، حل می‌شود. کارایی بدبینانه DMU_j نسبت به واحدهای تصمیم‌گیری دیگر با مدل کارایی بدبینانه زیر اندازه‌گیری می‌شود.

$$\begin{aligned} &\text{Min } \varphi_o = \frac{\sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{ro}}{\sum_{i=۱}^{m} v_i x_{io}} \\ &\text{s.t.} \\ &\phi_j \frac{\sum_{r=۱}^{s} u_r\, y_{rj}}{\sum_{i=۱}^{m} v_i x_{ij}} \ge ۱,\ j = ۱,\ldots,n, \\ &u_r, v_i \ge ۰,\ r = ۱,\ldots,s,\ i = ۱,\ldots,m. \end{aligned} \qquad (۴)$$

که تفاوت آن با مدل مشهور CCR (۲) در این است که در اینجا، کارایی DMU_j نسبت به دیگران در محدوده یک یا بالاتر

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

کمینه‌سازی می‌شود، درحالی‌که در آن مدل، کارایی آن در محدوده صفر و یک بیشینه‌سازی می‌شود.

با استفاده از تبدیل چارنز و کوپر، برنامه‌ریزی کسری (۴) را می‌توان به‌طور هم‌ارز به مدل برنامه‌ریزی خطی زیر تبدیل کرد:

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \geq 0,\ j = 1,\ldots,n,$$
$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1,$$
$$u_r, v_i \geq 0,\ r = 1,\ldots,s,\ i = 1,\ldots,m. \qquad (۵)$$

زمانی که مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت $(u_r^*, r = 1,\ldots,s)$ و $(v_i^*, i = 1,\ldots,m)$ وجود داشته باشد تا $\phi_o^* = 1$ را تأمین کند، می‌گوییم که DMU_o ناکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا ناکارای بدبینانه است. در غیر این صورت، می‌گوییم که DMU_o غیرناکارای بدبینانه است. مدل برنامه‌ریزی خطی (۵) نیز n بار، هر بار برای یک واحد تصمیم‌گیری، حل می‌شود.

در این مقاله از روش وانگ و چین (۲۰۰۹) (رابطه ۶)، برای اندازه‌گیری عملکرد کلی استفاده می‌شود:

$$nj = \frac{\theta_j^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \theta_i^{*2}}} + \frac{\varphi_j^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \varphi_j^{*2}}} \qquad (۶)$$

که در اینجا θ_o^* و φ_o^* به ترتیب کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه هر واحد تصمیم‌گیری می‌باشند و اندازه عملکرد کلی تعریف‌شده در (۶)، بزرگی دو کارایی را در نظر می‌گیرد.

۴- یافته‌های پژوهش

جدول ۳ مقادیر ورودی و خروجی را برای شرکت‌های توزیع برق کشور نشان می‌دهد.

جدول (۳): مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی پژوهش

	ورودی‌ها			خروجی‌ها	
شرکت توزیع	تعداد کارکنان (نفر)	ظرفیت ترانسفورماتور (مگاولت آمپر)	طول شبکه (کیلومتر)	انرژی تحویلی (میلیون کیلووات ساعت)	تعداد مشترکان (هزار مشترک)
شهرستان تبریز	۵۷۲	۱۶۸۶	۸۲۸۳	۳۸۱۶	۸۷۳
آذربایجان شرقی	۷۰۰	۱۷۳۱	۲۲۷۰۸	۳۲۹۶	۷۴۹
آذربایجان غربی	۷۲۵	۲۳۳۰	۲۵۹۲۸	۵۰۵۹	۱۱۰۳
استان اردبیل	۲۹۹	۸۵۳	۱۲۹۸۲	۱۶۴۰	۴۷۹
استان اصفهان	۵۱۲	۵۰۶۹	۳۵۹۵۸	۹۵۶۴	۱۲۷۹
شهرستان اصفهان	۲۹۵	۲۴۹۸	۱۳۰۰۴	۵۴۰۹	۱۰۴۰
چهارمحال و بختیاری	۱۵۸	۹۷۱	۱۰۸۵۱	۱۶۵۱	۳۱۵
استان مرکزی	۳۱۵	۲۲۱۵	۱۹۱۸۳	۴۷۸۷	۶۴۱
استان همدان	۳۶۹	۲۱۱۸	۱۷۴۸۳	۳۵۲۱	۶۶۳
استان لرستان	۲۲۱	۱۷۹۷	۱۵۸۳۴	۲۹۲۶	۵۶۱
استان البرز	۳۴۹	۲۶۵۹	۱۲۰۴۷	۶۲۸۶	۱۱۵۹
تهران بزرگ	۱۷۴۲	۱۰۷۵۶	۳۰۷۶۸	۲۰۵۱۲	۴۲۶۷
استان تهران	۷۲۰	۷۵۹۲	۳۱۲۹۲	۱۲۶۵۴	۱۹۶۵
استان قم	۲۵۰	۱۴۰۶	۶۸۵۶	۳۱۸۸	۴۸۷
شهرستان مشهد	۳۹۶	۲۵۹۶	۱۴۴۵۶	۶۴۷۷	۱۳۷۷
استان خراسان رضوی	۵۷۲	۲۹۹۸	۳۹۰۸۲	۷۶۱۳	۱۱۲۱
استان خراسان جنوبی	۱۸۹	۹۰۸	۱۷۰۴۵	۱۵۳۹	۳۲۹
استان خراسان شمالی	۱۹۶	۶۹۹	۹۹۲۲	۱۲۰۵	۳۱۱
شهرستان اهواز	۴۱۹	۴۲۲۸	۹۲۶۴	۸۹۵۷	۵۰۲
استان خوزستان	۵۰۷	۷۳۲۲	۲۸۹۲۸	۱۶۱۹۵	۹۱۵
استان کهکیلویه و بویراحمد	۱۷۴	۱۰۸۳	۸۰۰۶	۱۵۸۳	۲۱۶
استان زنجان	۲۳۲	۱۳۶۳	۱۳۲۹۴	۳۰۹۹	۳۹۳
استان قزوین	۲۳۶	۱۷۵۰	۱۱۶۴۸	۴۴۱۲	۵۳۰
استان سمنان	۱۸۳	۱۲۴۱	۱۱۰۵۱	۲۵۳۰	۳۳۹
استان سیستان و بلوچستان	۶۷۱	۲۴۶۰	۳۴۰۴۹	۵۱۶۵	۶۸۷

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

استان کرمانشاه	۲۹۶	۱۹۲۲	۱۷۷۰۹	۳۱۴۲	۶۷۹
استان کردستان	۲۳۲	۱۲۷۳	۱۵۱۳۱	۲۱۲۰	۵۶۳
استان ایلام	۱۱۲	۸۵۷	۶۸۶۰	۱۳۲۰	۱۹۴
شهرستان شیراز	۵۳۰	۳۶۸۰	۲۲۸۲۷	۵۸۰۷	۹۲۸
استان فارس	۳۵۶	۳۶۲۱	۳۳۶۷۲	۶۹۷۷	۸۴۲
استان بوشهر	۲۲۷	۲۹۷۰	۱۲۸۷۴	۵۴۸۶	۳۸۹
شمال استان کرمان	۳۸۰	۲۰۱۹	۱۸۶۱۱	۴۰۹۰	۵۴۶
جنوب استان کرمان	۳۶۸	۲۷۰۸	۳۰۵۸۰	۵۵۰۰	۴۷۱
استان گیلان	۶۲۱	۲۸۹۰	۲۷۱۷۶	۵۰۸۰	۱۲۵۴
استان مازندران	۶۲۴	۳۳۳۱	۲۴۵۸۲	۵۹۴۱	۱۱۷۱
غرب استان مازندران	۲۳۲	۱۶۹۱	۱۰۰۳۳	۲۱۳۱	۵۰۲
استان گلستان	۳۴۸	۲۰۲۱	۱۴۰۶۶	۳۲۵۸	۶۳۵
استان هرمزگان	۴۴۷	۳۷۵۰	۲۲۱۹۴	۸۱۹۹	۵۸۷
استان یزد	۳۴۹	۱۷۶۵	۱۷۰۶۶	۴۴۹۱	۵۷۸

پس از حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی برای شرکت‌های توزیع برق (روابط ۳ و ۵) مقادیر کارایی خوش‌بینانه به کمک نرم‌افزار deep و کارایی بدبینانه به کمک نرم‌افزار winqsb برای هریک از واحدهای تصمیم‌گیرنده به دست آمد و سپس با استفاده از رابطه اندازه‌گیری عملکرد کلی وانگ و چین (۲۰۰۹) (رابطه ۱۰)، عملکرد کلی هر واحد تصمیم‌گیری تعیین شد مدل‌های برنامه‌ریزی خطی حل‌شده برای شهرستان تبریز در ذیل آمده است. جدول ۴ کارایی خوش‌بینانه، بدبینانه و عملکرد کلی هر شرکت را نشان می‌دهد.

$$\text{Max } \theta_o = ۳۸۱۶u_۱ + ۸۷۳u_۲ \qquad (۷)$$
s.t.
$$۳۸۱۶u_۱ + ۸۷۳u_۲ - ۵۷۲v_۱ - ۱۶۸۶v_۲ - ۸۲۸۳v_۳ \le ۰,$$
$$۳۲۹۶u_۱ + ۷۴۹u_۲ - ۷۰۰v_۱ - ۱۷۳۱v_۲ - ۲۲۷۰۸v_۳ \le ۰,\ldots,$$
$$۴۴۹۱u_۱ + ۵۷۸u_۲ - ۳۴۹v_۱ - ۱۷۶۵v_۲ - ۱۷۰۶۶v_۳ \le ۰$$
$$۵۷۲v_۱ + ۱۶۸۶v_۲ + ۸۲۸۳v_۳ = ۱,$$
$$u_r, v_i \ge ۰,\ r = ۱,\ldots,s,\ i = ۱,\ldots,m.$$

$$\text{Min } \varphi_o = ۳۸۱۶u_۱ + ۸۷۳u_۲ \qquad (۸)$$
s.t.
$$۳۸۱۶u_۱ + ۸۷۳u_۲ - ۵۷۲v_۱ - ۱۶۸۶v_۲ - ۸۲۸۳v_۳ \ge ۰,$$
$$۳۲۹۶u_۱ + ۷۴۹u_۲ - ۷۰۰v_۱ - ۱۷۳۱v_۲ - ۲۲۷۰۸v_۳ \ge ۰,\ldots,$$
$$۴۴۹۱u_۱ + ۵۷۸u_۲ - ۳۴۹v_۱ - ۱۷۶۵v_۲ - ۱۷۰۶۶v_۳ \ge ۰$$
$$۵۷۲v_۱ + ۱۶۸۶v_۲ + ۸۲۸۳v_۳ = ۱,$$
$$u_r, v_i \ge ۰,\ r = ۱,\ldots,s,\ i = ۱,\ldots,m.$$

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

جدول (۴): ارزیابی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه

شرکت توزیع	کارایی خوش‌بینانه	کارایی بدبینانه	عملکرد کلی	رتبه‌بندی
شهرستان تبریز	۱	۱/۲۹۵۴	۰/۳۶۱۴	۸
آذربایجان شرقی	۰/۸۰۵	۱	۰/۲۸۰۴	۲۷
آذربایجان غربی	۰/۸۸۸	۱/۲۷۱۳	۰/۳۲۵۸	۱۵
استان اردبیل	۱	۱/۰۲۳۰	۰/۳۱۷۱	۱۷
استان اصفهان	۰/۸۴۲	۱/۲۸۶۱	۰/۳۵۰۹	۱۱
شهرستان اصفهان	۱	۱/۶۱۴۸	۰/۳۸۲۳	۴
چهارمحال و بختیاری	۰/۶۷۸	۱/۱۳۸۳	۰/۲۶۰۷	۳۳
استان مرکزی	۰/۸۵۸	۱/۳۹۵۲	۰/۳۵۳۰	۹
استان همدان	۰/۶۶۲	۱/۱۵۷۶	۰/۲۸۰۲	۲۸
استان لرستان	۰/۷۳۰	۱/۱۵۰۱	۰/۲۹۴۶	۲۲
استان البرز	۱	۱/۷۴۲۴	۰/۴۰۳۱	۲
تهران بزرگ	۱	۱/۴۰۶۲	۰/۳۴۱۶	۱۲
استان تهران	۰/۸۵۸	۱/۱۸۷۳	۰/۳۳۰۴	۱۳
استان قم	۰/۹۳۸	۱/۵۳۲۷	۰/۳۷۸۸	۵
شهرستان مشهد	۱	۱/۸۸۰۱	۰/۴۱۳۳	۱
استان خراسان رضوی	۱	۱/۴۳۳۷	۰/۳۷۱۱	۷
استان خراسان جنوبی	۰/۶۸۲	۱	۰/۲۵۵۷	۳۴
استان خراسان شمالی	۰/۸۰۹	۱/۰۰۷۱	۰/۲۸۲۳	۲۶
شهرستان اهواز	۱	۱	۰/۳۱۴۲	۱۸
استان خوزستان	۱	۱/۸۶۶۱	۰/۳۱۴۲	۱۸
استان کهکیلویه و بویراحمد	۰/۵۷۹	۱	۰/۲۲۹۵	۳۷
استان زنجان	۰/۸۹۷	۱/۳۵۴۱	۰/۳۵۲۲	۱۰
استان قزوین	۱	۱/۶۳۶۱	۰/۳۹۸۲	۳
استان سمنان	۰/۸۰۸	۱/۳۰۴۴	۰/۳۲۱۹	۱۶
استان سیستان و بلوچستان	۰/۸۲۶	۱	۰/۲۹۲۴	۲۴
استان کرمانشاه	۰/۶۶۶	۱/۱۷۵۸	۰/۳۰۵۱	۲۰
استان کردستان	۰/۸۲۷	۱/۱۲۲۸	۰/۲۹۵۲	۲۳
استان ایلام	۰/۶۲۶	۱/۰۵۲۰	۰/۲۵۰۷	۳۶
شهرستان شیراز	۰/۶۲۹	۱/۱۲۰۲	۰/۲۶۷۰	۳۱
استان فارس	۰/۸۴۶	۱/۱۶۰۹	۰/۳۲۷۱	۱۴
استان بوشهر	۰/۸۲۶	۱	۰/۳۱۴۲	۱۸
شمال استان کرمان	۰/۷۹۸	۱/۲۳۲۲	۰/۳۰۶۲	۱۹
جنوب استان کرمان	۰/۸۰۵	۱	۰/۲۷۶۱	۳۰
استان گیلان	۰/۸۰۳	۱/۱۸۷۱	۰/۲۹۱۱	۲۵
استان مازندران	۰/۷۱۲	۱/۲۴۷۹	۰/۲۷۶۷	۲۹
غرب استان مازندران	۰/۶۱۹	۱	۰/۲۶۷۰	۳۲
استان گلستان	۰/۶۴۳	۱/۱۵۵۸	۰/۲۵۴۳	۳۵
استان هرمزگان	۰/۸۹۵	۱/۰۷۰۰	۰/۲۹۷۶	۲۱
استان یزد	۱	۱/۴۶۱۶	۰/۳۷۹۰	۶

همان‌طور که یافته‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد؛ با تحلیل ۳۹ شرکت توزیع برق کشور از منظر کارایی خوش‌بینانه، شرکت‌های توزیع برق شهرستان تبریز، استان اردبیل، شهرستان اصفهان، استان البرز، تهران بزرگ، شهرستان مشهد، استان خراسان رضوی، شهرستان اهواز، استان خوزستان، استان قزوین و استان یزد روی مرز کارایی قرار می‌گیرند. همچنین اگر شرکت‌ها را تنها از منظر کارایی بدبینانه بررسی کنیم، شرکت‌های توزیع برق آذربایجان شرقی، استان خراسان جنوبی، شهرستان اهواز، استان کهکیلویه و بویراحمد، استان سیستان و بلوچستان، استان بوشهر،

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

جنوب استان کرمان و غرب استان مازندران، واحدهای تصمیم‌گیری ناکارای بدبینانه هستند. اما یافته‌های پژوهش حاضر که واحدهای تصمیم‌گیری را از منظر هر دو کارایی خوش‌بینانه و بدبینانه بررسی می‌کند، حاکی از این است که شرکت توزیع برق شهرستان مشهد با مقدار عملکرد کلی ۰/۴۱۳۳، بهترین عملکرد را در میان سایر شرکت‌های توزیع برق کشور دارد. پس‌ازآن شرکت‌های توزیع برق استان البرز، استان قزوین، شهرستان اصفهان و استان قم به ترتیب کاراترین واحدهای تصمیم‌گیری بوده‌اند. از طرفی شرکت توزیع برق استان کهکیلویه و بویراحمد نیز رتبه ۳۷ بوده و پایین‌ترین عملکرد کلی را داشته است. همان‌طور که یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد، بر اساس نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌های سنتی که تنها کارایی خوش‌بینانه را می‌سنجد، شرکت توزیع برق شهرستان مشهد و ۱۰ شرکت دیگر روی مرز کارایی قرار می‌گیرند، حال‌آنکه با روش تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه تنها شرکت توزیع برق شهرستان مشهد، بهترین است. لذاروش تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا مزیت قابل‌توجهی نسبت به تحلیل پوششی داده‌های سنتی دارد، چراکه این روش کارایی را دقیق‌تر بیان می‌کند و با استفاده از آن می‌توان بهترین واحد تصمیم‌گیری را به‌آسانی و به‌درستی شناسایی کرد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

طی سالیان گذشته و از زمان به وجود آمدن مفهوم کارایی، مطالعات بسیاری در این خصوص انجام پذیرفته است. مطالعاتی که عمدتاً از تحلیل پوششی‌داده‌ها استفاده شده است. ولی با توجه به نقص این روش در ارزیابی دقیق کارایی نیازمند این است که در تحلیل‌ها از روشهای کارامدتری که توسعه یافته روش تحلیل پوششی داده‌ها است استفاده شود. یکی از جدیدترین روش‌ها در این زمینه تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه است که با وجود استفاده گسترده آن در تحقیقات خارجی، به دلیل عدم اشنایی محققین داخلی از این روش کمتر استفاده شده است.

در مقاله حاضر برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های توزیع برق کشور از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه استفاده‌شده است. این رویکرد نه‌فقط کارایی‌های خوش‌بینانه واحدهای تصمیم‌گیری، بلکه کارایی‌های بدبینانه آن‌ها را نیز هم‌زمان در نظر می‌گیرد و با محاسبه عملکرد کلی این امکان را فراهم می‌آورد که برایندی از مجموع دوکارایی محاسبه شده و نیاز به محاسبات پیچیده برای اولویت بندی واحدهای تصمیم-گیری نباشد. بدین منظور برای سنجش کارایی، تعداد کارکنان، طول شبکه، ظرفیت ترانسفورماتورها به‌عنوان متغیرهای ورودی و انرژی تحویلی و تعداد مشترکان به‌عنوان متغیرهای خروجی انتخاب شدند. پس از محاسبه کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه، به‌منظور ادغام این دو کارایی در قالب عملکرد کلی از رابطه ارائه‌شده توسط وانگ و چین (۱۳۹۲) استفاده‌شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که رویکرد حاضر، رتبه‌بندی دقیق‌تری از واحدهای تصمیم‌گیری را میسر می‌سازد. لذا با توجه به مزایای یادشده، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی، محاسبه شاخص بهره‌وری مالم کوئیست که تغییرات بهره‌وری و کارایی را در طول زمان نشان می‌دهد، با در نظر گرفتن هر دو مرز خوش‌بینانه و بدبینانه صورت گیرد.

منابع

[۱] صادقی مقدم، محمدرضا؛ غریب، علی حسین. (۱۳۹۲). «**ارزیابی کارایی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی و اعمال محدودیت فازی برای کنترل اوزان و یافتن اوزان عمومی**»، مجله مدیریت صنعتی (دانشگاه تهران)، ۵(۲)، ۸۴-۷۱.

[۲] فلاحی، محمدعلی؛ احمدی، وحیده. (۱۳۸۴). «**ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران**»، مجله تحقیقات اقتصادی، ۴۰(۴)، ۳۲۰-۲۹۷.

[۳] عزیزی، حسین. (۱۳۹۱). «**سنجش کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از مرزهای کارا و ناکارا**»، مجله پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۱۶(۳)، ۱۷۳-۱۵۳.

[۴] ختایی، محمود؛ فرزین، محمدرضا؛ موسوی، علی. (۱۳۸۷). «**اندازه‌گیری کارآیی برخی هتل‌های شهر تهران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)**»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۸(۲)، ۲۴-۱.

[۵] مؤمنی، منصور. (۱۳۸۹). **مباحث نوین تحقیق در عملیات**، تهران: مؤلف.

[۶] عزیزی، حسین؛ بهاری، علیرضا؛ جاهد، رسول. (۱۳۹۲). «**یک رویکرد جدید برای انتخاب فناوری‌های پیشرفته تولید: تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه**»، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن،۱۰(۱)، ۱۱۷-۹۹.

[۷] خسروی، محمدرضا؛ شاهرودی، کامبیز. (۱۳۹۳). «**کاربست مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی بخش انتقال نیروی صنعت برق**»، مجله مدیریت صنعتی (دانشگاه تهران)، ۶(۲)، ۲۸۲-۲۶۳.

[۸] سایت آمار صنعت برق (۱۳۹۴). **نشریه آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه توزیع نیروی برق** در سال ۱۳۹۳، ناشر: شرکت مادر تخصصی توانیر. بازیابی از:
http://amar.tavanir.org.ir/pages/report/stat93/tafsili/tozee/tozee%201393.pdf

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]

[9] Puri, J., & Yadav, S. P. (2014). *A fuzzy DEA model with undesirable fuzzy outputs and its application to the banking sector in India*. Expert Systems with Applications, 41(14), 6419-6432.

[10] Wang, Y. M., & Chin, K. S. (2009). *A new approach for the selection of advanced manufacturing technologies: DEA with double frontiers*. International Journal of Production Research, 47(23), 6663-6679.

[11] Doyle, J. R., Green, R. H., & Cook, W. D. (1995). *Upper and lower bound evaluation of multiattribute objects: Comparison models using linear programming*. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 64(3), 261-273.

[12] Entani, T., Maeda, Y., & Tanaka, H. (2002). *Dual models of interval DEA and its extension to interval data*. European Journal of Operational Research, 136(1), 32-45.

[13] Wang, Y. M., & Luo, Y. (2006). *DEA efficiency assessment using ideal and anti-ideal decision making units*. Applied Mathematics and Computation, 173(2), 902-915.

[14] Wang, Y. M., & Yang, J. B. (2007). *Measuring the performances of decision-making units using interval efficiencies*. Journal of Computational and Applied Mathematics, 198(1), 253-267.

[15] Azizi, H., & Ajirlu, S. F. (2010). *Measurement of overall performances of decision-making units using ideal and anti-ideal decision-making units*. Computers & Industrial Engineering, 59(3), 411-418.

[16] Azizi, H., & Jahed, R. (2011). *Improved data envelopment analysis models for evaluating interval efficiencies of decision-making units*. Computers & Industrial Engineering, 61(3), 897-901.

[17] Azizi, H., & Wang, Y. M. (2013). *Improved DEA models for measuring interval efficiencies of decision-making units*. Measurement, 46(3), 1325-1332.

[18] Jahed, R., Amirteimoori, A., & Azizi, H. (2015). *Performance measurement of decision-making units under uncertainty conditions: An approach based on double frontier analysis*. Measurement, 69, 264-279.

[1] DMU (Decision Making Unit)
[2] Debreu
[3] Copmans
[4] Farrell
[5] Stochastic frontier analysis
[6] Charnes
[7] Doyle
[8] Entani
[9] Wang & Luo
[10] Yang
[11] Chin
[12] Advanced manufacturing technology (AMT)
[13] Charnes, Cooper & Rhodes

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1395.5.2.10.2]