Iranian Electric Industry Journal
Quality & Productivity
P.P 44-52

Vol. 12/ No. 3/ Fall 2023
ISSN 2322-2344
EISSN 2717-1639

Presenting a Malmquist productivity index based on the coverage analysis of network data in the sustainable supply chain of the electricity industry

Mohammad Hossein Darvish Motevalli [1], Assistant Professor, Majid Motamedi[2,*] , Assistant Professor, , Omid Vahedi[3], Master's Student.

1-Department of Industrial Managemrnt, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Mhd.darvish@gmail.com Mhd.darvish@iau.ac.ir
2- Department of Industrial Managemrnt, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran
Moatamedi.m@gmail.com
3- Department of Industrial Managemrnt, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract:
Climate change and environmental instability have made the supply chain of the electricity industry face a serious challenge. Calculating the productivity of the three-stage sustainable supply chain of this industry during consecutive years is the main research problem. The research is an applied study that aimed to develop mathematical models of data coverage analysis. It is a quantitative study in terms of variables and a retrospective study in terms of cross-sectional time. The article presents a new model based on data envelopment analysis, which can be combined with Malmquist's productivity index, in addition to determining the efficiency score and the productivity level in the three-stage supply chain of electricity production areas to measure Iran's electricity industry in 2020-2022 and showing the amount of progress or regression. Based on the results, out of 16 studied districts, five have progressed consecutively.

Keywords: productivity, Iran's electricity industry, coverage analysis of network data, Malmquist productivity index.

Submit date: 2022/09/11
Accepted date: 2023/05/02

Corresponding author's name: Majid Motamedi
Corresponding author's address: Department of Industrial Managemrnt, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

Iranian Electric Industry Journal
Quality & Productivity
ص.ص ۵۲-۴۴

Vol. 12 / No. 3/ Fall 2023
ISSN 2322-2344
EISSN 2717-1639

ارائه یک اندیس بهره‌وری مالم کوئیست بر پایه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در زنجیره تامین پایدار صنعت برق

نوع مطالعه: پژوهشی

محمد حسین درویش متولی [1] ، مجید معتمدی[2]، امید واحدی[۳]

۱- استادیارگروه مدیریت صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
Mhd.darvish@gmail.com
۲- استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران
Moatamedi.m@gmail.com
۳-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده:

تغییرات اقلیمی و ناپایداری در محیط زیست، زنجیره تامین صنعت برق را با چالش جدی روبرو ساخته است. محاسبه بهره‌وری زنجیره تامین پایدار سه مرحله‌ای این صنعت در طی سالیان متوالی، مساله اصلی این پژوهش به شمار می‌آید. روش این پژوهش از نوع کاربردی و با هدف توسعه مدل‌های ریاضی از تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که به لحاظ متغیر از نوع کمی و از نظر زمان مقطعی گذشته نگر می‌باشد. در این مقاله مدلی جدید بر پایه تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده که قادر است با ترکیب شدن با شاخص بهره‌وری مالم کوئیست، علاوه بر تعیین نمره کارایی، میزان بهره‌وری را در زنجیره تامین سه مرحله‌ای نواحی تولید برق در کشور ایران را طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ اندازه‌گیری نماید و میزان پیشرفت یا پسرفت را نشان دهد که بر این اساس از ۱۶ ناحیه تحت مطالعه ۵ ناحیه دارای پیشرفت متوالی هستند.

واژه‌های کلیدی: **بهره وری، صنعت برق ایران، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، اندیس بهره‌وری مالم کوئیست.**

تاریخ ارسال مقاله : ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

نام نویسنده‌ی مسئول : مجید معتمدی

نشانی نویسنده‌ی مسئول : دانشگاه آزاد اسلامی واحد نوشهر

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

۱- مقدمه

از نقطه نظر میزان و حجم سرمایه‌گذاری، صنعت برق به عنوان یکی از صنایع سرمایه‌بر در سطح جهان شناخته می‌شود و بر پایه پیش‌بینی‌های انجام گرفته، سرمایه‌گذاری جهانی در تولید و عرضه برق، دو سوم کل سرمایه‌گذاری در عرصه انرژی را به خود اختصاص داده است. نقش این صنعت در برپا داشتن فعالیت‌های اقتصادی بسیار چشم‌گیر و تعیین‌کننده است و در اکثر کشورها به عنوان صنعت مادر شناخته شده است. داشتن این ویژگی‌ها و همچنین کاربرد وسیع برق در همه حیطه زندگی ملت‌ها و ویژگی‌های برجسته آن در مصرف نسبت به سایر انرژی‌ها، ایجاب می‌کند که در سطح جهانی و ملی توجه ویژه‌ای به صنعت برق اختصاص یابد (سویوشی و گوتو، ۲۰۱۲).

صنعت برق به خاطر نقش زیر بنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تأثیر گذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق، می‌توان آن را به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. صنعت برق به سه بخش تولید، انتقال و توزیع تقسیم می‌شود که هر کدام به نوبه خود اهمیت پایه‌ای دارند. در این بین بخش توزیع برق به دلیل ارتباط نزدیک با مشترکان از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اما متأسفانه به دلیل کاستی‌ها و ضعف نظام برنامه‌ریزی، به این بخش از صنعت برق طی سالیان متمادی توجه لازم نشده است (برزی و همکاران، ۱۳۹۹).

آمار و ارقام عوامل مرتبط با عملکرد این بخش در کشور، گویای پایین بودن سطح بهره‌وری آن در مقایسه با کشورهای پیشرفته و حتی بسیاری از کشورهای در حال توسعه است. افزایش درصد اندکی در قابلیت بهره‌برداری مناسب‌تر از شبکه‌های توزیع، صرفه جویی‌های کلانی را در بر دارد که این امر حکایت از اهمیت بالای سطح بهره‌وری عوامل دخیل در این بخش از صنعت برق دارد (امینی و انصاری، ۱۳۹۱).

بهره‌وری و کارایی به عنوان ارکان اصلی توسعه، از مهم‌ترین و متداول‌ترین ساز و کارها جهت ارزیابی و اندازه‌گیری عملکرد یک بنگاه اقتصادی و تولیدی به شمار می‌رود. لذا در چند دهه گذشته بررسی بهره‌وری بخش‌های مختلف سازمان‌ها یا بنگاه‌ها و واحدهای اقتصادی در سطح خرد، از طریق سنجش و برآورد بهره‌وری و کارایی، همواره مورد توجه محققان بوده است (قربان پور، ۱۳۹۸). این موضوع با در نظر گرفتن سلول‌های ارزش افزا در طول زنجیره یا شبکه تامین با شاخص‌های پایدار، اهمیت دو چندان پیدا می‌کند.

مدیریت زنجیره تامین پایدار نیازمندی‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی را در جریان مواد و خدمات بین تامین کنندگان و مشتریان فراهم می‌کند. ساختار مدیریت زنجیره تامین پایدار به عنوان یک پیش نیاز برای موفقیت پایدار و بلند مدت در نظر گرفته می‌شود. طراحی یک ساختار مدیریت زنجیره تامین پایدار، مزیت رقابتی برای شرکت‌ها فراهم می‌کند. در این بین سنجش بهره‌وری شبکه تامین کننده بر اساس اصول و فاکتورهای پایداری نقش مهم و بسزایی دارد (یوسفی و همکاران، ۲۰۲۱).

هدف از این پژوهش محاسبه بهره‌وری صنعت برق ایران با رویکرد شبکه محور و در نظر گرفتن شاخص‌های پایداری، مبتنی بر یک روش علمی و قابل استدلال می‌باشد. بر همین اساس ساختار شبکه محور سه سطحی از تولید تا مصرف در نظر گرفته شده است. برای این کار مدلی جدید از تحلیل پوششی داده‌ها و تلفیق آن با یک شاخص اقتصادی ارائه می‌شود. این شاخص در اقتصاد به شاخص بهره‌وری مالم کوئیست (MPI) معروف است (مالم کوئیست ۱۹۵۳) و یکی از شاخص‌های معتبر در اقتصاد است. که برای محاسبه آن از تکنیک‌های ریاضی به ویژه تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) استفاده می‌شود (کریمی و همکاران، ۲۰۱۸).

در واقع سوالی که در این تحقیق درصدد پاسخگویی به آن می‌باشیم، به شرح زیر است:

چگونه می‌توان یک اندیس بهره‌وری مالم کوئیست برپایه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه نمود که به وسیله آن به ارزیابی بهره‌وری در زنجیره تامین پایدار صنعت برق ایران پرداخت؟

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) روشی برای اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) مشابه با چندین شاخص ورودی و خروجی است و یکی از روش‌های مؤثر در شناسایی بهترین مرزهای کارایی می‌باشد که می‌توان به وسیله آن به محاسبه کارایی و بهره‌وری DMU ها پرداخت. در این تحقیق به ارزیابی بهره‌وری در زنجیره تامین پایدار صنعت برق ایران با اندیس بهره‌وری مالم کوئیست و با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای می‌پردازیم. مدل ارائه شده یک توسعه از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی با خروجی نامطلوب و فاکتور دو نقشی می‌باشد. از طرفی یک ارزیابی زمانی اعتبار می‌یابد که تمامی فاکتورهای ارزیابی در آن لحاظ شده باشد. پس با توجه به اهمیت ارزیابی بهره‌وری برای صنعت برق کشور، مدلی جامع که قادر باشد ساختار شبکه‌ای در زنجیره تامین این صنعت را با عنایت به متغیرهای پایداری ارزیابی کند مشاهده نشده است. از اینروی مدل ارائه شده با این ویژگی و جامعیت در این پژوهش می‌تواند خلاء تحقیقاتی را برای ارزیابی بهره‌وری در صنعت برق ایران برطرف نماید و پرداختن به این تحقیق مهم و ضروری است.

در ادامه به برخی از تحقیقاتی که حول ادبیات تحقیق می‌باشد اشاره می‌گردد:

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

عزیزی و همکاران (۱۳۹۷) به سنجش میزان بهره‌وری با در نظر گرفتن فاکتورهای کلیدی انسانی ۱۵ شرکت سوله‌سازی سطح استان لرستان در سال ۱۳۹۶ پرداختند. ممی پرو و نجف زاده (۱۳۹۷) با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه به ارزیابی کارایی زیست محیطی در ایران پرداختند. درویش متولی و همکاران (۱۳۹۸) به محاسبه کارایی زنجیره تامین پایدار در صنعت سیمان با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پرداختند و نشان دادند که، تنها ۷ شرکت کارایی خود را حفظ کرده و سایر شرکت‌ها نوسان عملکرد داشته‌اند. درویش متولی و معتمدی (۱۳۹۹) به ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های پویا با ساختار شبکه‌ای و چند سطحی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تامین پایدار پرداختند. آزادی و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل یکپارچه‌ی جدید فازی برای انتخاب تأمین کننده‌ی پایدار و محاسبه بهره‌وری ارائه دادند. برداج (۲۰۱۶) یک مدل اجرای مسئولیت اجتماعی شرکتی به مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنایع کشور هند پرداختند. بادیه زاده و همکاران (۲۰۱۸) با ارائه مدلی از DEA با ساختار شبکه‌ای به ارزیابی عملکرد زنجیره تامین پایدار پرداختند. سون و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی پایداری زنجیره تامین برق نواحی کشور چین با استفاده از مدل دو مرحله‌ای در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و استفاده از مفهوم تابع فاصله‌ای پرداختند. چینگ و همکاران (۲۰۲۰) با ترکیب مدل سه مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با روش تحلیل پوششی داده‌ها فاصله‌ای یک مدل ارزیابی کارآیی سه مرحله‌ای پیشنهاد دادند و با استفاده از آن به ارزیابی کارایی در صنعت برق چین پرداختند. یوسفی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس به ارزیابی پایداری کشورهای اسلامی پرداختند. ژو و هو (۲۰۲۲) یک شاخص مالم کوئیست لونبرگ چند مرحله‌ای را با در نظر گرفتن تولید مشترک خروجی‌های مطلوب و نامطلوب در فرآیندهای تولید چندگانه توسعه دادند و به محاسبه بهره‌وری ۴۸ شرکت آهن و فولاد چین پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که بهره‌وری سیستم، فرآیند فرعی آهن‌سازی و فرآیند فرعی فولادسازی سالانه افزایش می‌یابد.

۲- روش تحقیق

این پژوهش بر اساس نتایج در حوزه تحقیقات کاربردی قرار دارد و از نظر هدف، توسعه‌ای می‌باشد و در حوزه پژوهش عملیاتی به توسعه مدل ریاضی می‌پردازد. نوع داده‌های تحقیق تاریخی یا پس رویدادی است، در این نوع پژوهش‌ها هدف، بررسی روابط موجود بین متغیرها است و داده‌ها از وقایع گذشته که بدون دخالت مستقیم پژوهشگر رخ داده است، جمع آوری و تجزیه و تحلیل می‌شوند و نوع روش تحقیق از نظر ماهیت اجرا توصیفی- علّی می‌باشد. شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق کمی و در حوزه مدیریت و زنجیره تامین هستند و تکنیک مورد استفاده نیز روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و اندیس بهره‌وری مالم کوئیست به عنوان یک شاخص غیر پارامتریک برای محاسبه بهره‌وری است که زیر مجموعه‌ای از تکنیک-های تحقیق در عملیات است. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و استخراج نتایج پژوهش، از نرم افزارهای Lingo و اکسل (۲۰۱۶) استفاده گردید. جامعه آماری تحقیق نواحی برق ایران می‌باشند که شامل ۱۶ ناحیه هستند و بازه زمانی تحقیق با توجه به در دسترس بودن اطلاعات دوره سه ساله ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ در نظر گرفته می‌شود.

در این تحقیق نخست با مطالعه پژوهش‌های انجام شده حول ادبیات تحقیق، مواردی که در ارزیابی کارایی برای صنعت برق بکارگیری شده است، شناسایی شد. برای بومی‌سازی ارزیابی کارایی در این صنعت از مصاحبه با خبرگان این حوزه معیارهای ارزیابی کارایی پایانی شدند و ساختار شبکه‌ای برای نواحی برق طراحی گردید. در ادامه با بکارگیری از ساختار شبکه‌ای نواحی، به ارائه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای با خروجی نامطلوب پرداخته می‌شود. در پایان با بکارگیری از مدل ارائه شده به ارزیابی کارایی و بهره‌وری نواحی ۱۶ گانه صنعت برق ایران پرداخته خواهند شد.

جهت محاسبه بهره‌وری مناطق با بکارگیری از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نیاز به معیارهای مناسبی است که در مدل قرار گیرد. با توجه به مطالعات انجام شده و نظر خبرگان در این پژوهش متغیرهای برای سنجش کارایی مناطق انتخاب شد.

با توجه به این که در این پژوهش برای محاسبه کارایی و رتبه-بندی مناطق از روش کارایی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بکارگیری می‌شود، بنابراین برای بکارگیری از این مدل نیاز به تعیین شاخص‌های ورودی، میانی و خروجی می‌باشیم و برای تعیین آنها هر شاخصی که کاهش آن نشان از عملکرد بهتر منطقه برق باشد، شاخص ورودی و هر شاخصی که افزایش آن نشان از عملکرد بهتر منطقه برق باشد شاخص خروجی نام دارد. شاخص‌های میانی نقش بی‌طرف برای ارزیابی عملکرد را دارند. بر این پایه متغیرهای پژوهش متغیرهای پژوهش به سه دسته تقسیم می‌شوند، که به تفکیک در جدول (۱) زیر آورده شده است:

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

جدول (۱): شاخص‌های ورودی، اندازه‌های میانی، خروجی های مطلوب و نامطلوب

فرایند	ورودی ها	اندازه‌های میانی	خروجی مطلوب	خروجی نامطلوب
تولید	هزینه سوخت مصرفی (شفیعی و همکاران،۲۰۱۷؛ خلیلی و شهمیر،۲۰۱۵)، مصرف داخلی (شفیعی و همکاران، ۲۰۱۷)، قدرت نامی، قدرت عملی (خبرگان)	تولید ویژه، تولید ناویژه (شفیعی و همکاران، ۲۰۱۷؛ خلیلی و شهمیر،۲۰۱۵)	قدرت نامی و قدرت عملی (شفیعی و همکاران،۲۰۱۷؛ خلیلی و شهمیر،۲۰۱۵)	گازهای آلاینده زیست محیطی (خلیلی و شهمیر، ۲۰۱۵)
انتقال	ظرفیت پست‌های انتقال(سخنور و همکاران،۲۰۱۲) طول خطوط انتقال برق (سخنور و همکاران،۲۰۱۲)	انرژی تحویلی (خلیلی و شهمیر،۲۰۱۵؛ پرز و توار،۲۰۰۹)	میزان رضایت مشترکین از انرژی تحویلی (روماس و همکاران،۲۰۰۹)،	ضریب خسارت مشترکین (شفیعی و همکاران،۲۰۱۷؛ خلیلی و شهمیر،۲۰۱۵)،
توزیع	ظرفیت ترانسفورماتورها (روماس و همکاران،۲۰۰۹)، طول شبکه فشار ضعیف و متوسط (خلیلی و شهمیر، ۲۰۱۵)	طول خطوط، ظرفیت پست های انتقال، ظرفیت ترانصورماتورها (برزی و همکاران، ۱۳۹۹، خبرگان)	حدبیشتر بار غیر همزماننظر خبرگان)	تلفات انرژی و پیک سایی ، تلفات و هزینه خاموشی (نظر خبرگان)

همانطور که مشاهده می‌شود، شاخص‌ها برای هر سه فرآیند تولید، انتقال و توزیع آورده شده است. علاوه بر این خروجی‌ها شامل خروجی مطلوب و نامطلوب می‌باشند.

برای استخراج داده‌های اولیه مربوط به متغیرهای تحقیق حاضر از داده‌ها از سالنامه آماری صنعت برق ایران استفاده شده است. برای آماده سازی داده‌ها و اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق با بکارگیری از داده‌های اولیه از نرم افزار Excel استفاده شده است و در نهایت داده-های نهایی مربوط به متغیرهای تحقیق برای انجام تحلیل از فایل Excel به نسخه ۱۱ نرم افزار Lingo منتقل شد. آمار توصیفی متغیرها در جدول (۲) آورده شده است.

جدول(۲): آمار توصیفی متغیرهای تحقیق، منبع (جدول ۱)

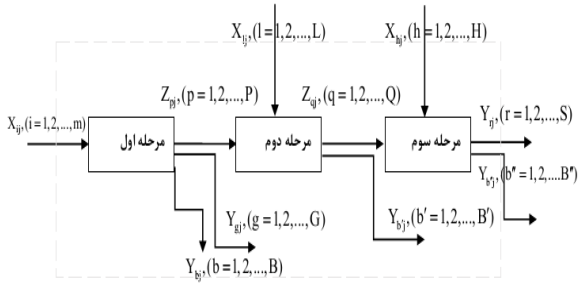
متغیر	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار
هزینه سوخت مصرفی (R/MWh)	۴.۶۵۷۱۹۱۶۷۱	۱۹.۰۲۰۳۲۶۴۷	۰.۰۷۳۹۷۱۰۸۳	۴.۸۰۹۵۷۸۵۰۸
مصرف داخلی (MWh)	۱.۶۸۳۶۰۲۰۳۲	۸.۶۲۴۲۵۶۷۸۹	۰.۰۰۵۴۹۳۱۷۲	۲.۰۶۶۷۱۹۳۹۷
قدرت نامی (MW)	۹۴۴۸.۲۳۶۲۲۶	۴۵۴۶۶.۶۱۷۳	۵۷۹.۷۶۲۳۴۲۷	۱۰۵۲۷.۴۲۳۶۵
قدرت عملی (MW)	۹۸۹۹.۲۳۳۶۹۶	۴۷۷۳۴.۲۱۷۴۳	۵۷۲.۷۷۵۸۰۱۵	۱۱۱۱۰.۸۷۲۲۹
تولید ویژه (MWh)	۴۸۱۷.۲۶۷۵۳۵	۲۲۷۴۱.۸۶۲۶۷	۲۶۱.۸۹۳۳۷۴	۵۳۲۳.۷۳۲۸۹۵
تولید ناویژه (MWh)	۳۷۳۸.۲۵۳۵۲۱	۱۷۶۴۸.۴۳۷۹۵	۲۰۳.۱۶۸۸۱۷۷	۴۱۳۱.۴۰۳۶
گازهای آلاینده زیست محیطی (تن)	۱۲۲۱.۳۴۲۰۹۳	۲۸۱۰.۶۸۲۶۲۶	۵۳۴.۷۹۳۲۸۴۳	۶۶۶.۳۰۸۹۹۴۹
ظرفیت پست‌های انتقال (Kv)	۴۴۵.۲۷۶۱۹۴۱	۱۸۸۲.۲۵۸۸۱۵	۹۰.۲۶۶۶۹۶۹۱	۴۷۲.۲۴۱۲۵۳۱
طول خطوط انتقال برق (Km)	۸۱۲۳.۷۹۷۳۷۶	۳۴۰۳۱.۷۲۶۸۲	۱۲۸۸.۶۹۲۲۶۷	۸۳۶۴.۲۷۴۷۷۵
تلفات انرژی و پیک سایی (MW)	۵۳۰.۸۳۹۵۲۷۱	۲۱۲۲.۴۸۲۵۲۲	۶۱.۸۳۴۰۷۰۵۲	۵۴۵.۷۰۱۷۴۷۴
ضریب خسارت مشترکین	۱۴۱۹۱.۱۳۶۳۹	۵۶۱۶۹.۲۵۹۷۵	۱۸۷۵.۱۳۷۵۹۸	۱۴۲۳۷.۴۸۷۱۷
ظرفیت ترانسفورماتورها (MW)	۱۵۴۷۰.۰۹۴۳۶	۶۱۵۷۹.۷۲۱۱۶	۱۳۷۰.۴۶۶۳۲۳	۱۶۰۶۵.۹۹۳۷۷
طول شبکه فشار ضعیف و متوسط (Km)	۴۴۹۷۷.۸۵۸۱	۱۸۲۸۰۳.۳۳۱۶	۵۰۱۹.۴۴۱۴۱۵	۴۷۰۰۴.۴۱۷۱۳
میزان رضایت مشترکین از انرژی تحویلی (MW)	۱۰۳۰۰.۳۹۲۷۴	۴۱۰۵۸.۶۸۳۲۹	۱۱۴۹.۹۲۶۸۷۲	۱۰۶۱۷.۶۸۲۷۹
حدبیشتر بار غیر همزمان (MW)	۷.۸۳۰۵۹۷۹۹	۳۰.۹۶۴۵۳۳۵۴	۰.۸۲۳۶۳۷۵۴۶	۸.۲۳۷۰۲۴۷۵۸
تلفات و هزینه خاموشی (MW)	۷۲۳.۰۳۲۵۳۴۸	۲۸۴۴.۲۹۹۶۷۳	۶۸.۳۲۱۷۴۶۰۸	۷۷۸.۲۵۷۶۸۴۳

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

پس از تعیین متغیرهای ورودی، میانی و خروجی همچنین گردآوری داده‌ها مناطق ۱۶ گانه برق ایران، اقدام به ارزیابی کارایی مناطق به عنوان واحد تصمیم‌گیری، خواهد شد.

برای حالت سه مرحله‌ای با خروجی‌های نامطلوب یک مدل جدید تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای گسترش داده شده است. مدل شبکه‌ای سه مرحله‌ای مطابق شکل (۲) است.



شکل ۲: ساختار شبکه‌ای سه مرحله‌ای متوالی با خروجی‌های مطلوب و نامطلوب

با توجه به شکل (۲) فرض می‌کنیم n واحد تصمیم‌گیری $DMU_j,(j=1,2,...,n)$ داریم که شامل m متغیر ورودی $X_{ij},(i=1,2,...,m)$ در مرحله اول هستند و خروجی‌های Z_{pj}, Y_{gj}, Y_{bj} را تولید می‌کنند. بخشی از خروجی‌های مرحله اول به عنوان ورودی مرحله دوم $Z_{pj},(p=1,2,...,P)$ وارد مرحله دوم فرایند شده و بخش دیگر به عنوان خروجی‌های مطلوب و نامطلوب میانی $Y_{gj}, Y_{bj},(g=1,2,...,G),(b=1,2,...,B)$ از سیستم خارج می‌شود. مرحله دوم علاوه بر متغیرهای دریافتی از مرحله اول، دارای متغیرهای ورودی دیگری است که از مرحله قبل وارد فرایند تولید نمی‌شوند و به گونه $X_{lj},(l=1,2,...,L)$ نمایش داده شده‌اند. در پایان مرحله دوم دو نوع خروجی مطلوب و نامطلوب تولید می‌شود؛ خروجی مطلوب $Z_{qj},(q=1,2,...,Q)$ به عنوان ورودی وارد مرحله سوم شده و خروجی نامطلوب $Y_{b'j},(b'=1,2,...,B')$ از سیستم خارج می‌شود. مرحله سوم علاوه بر ورودی‌های دریافتی از مرحله قبل، دارای ورودی‌هایی است که از مرحله قبل وارد فرایند نمی‌شوند و به گونه $X_{hj},(h=1,2,...,H)$ نمایش داده می‌شود. در پایان مرحله سوم، خروجی های پایانی مطلوب $Y_{rj},(r=1,2,...,S)$ و نامطلوب $Y_{b''j},(b''=1,2,....B'')$ تولید می‌شوند.

همچنین در جدول زیر متغیر و پارامترهای مورد استفاده آورده می‌شود.

جدول (۳)- متغیرها و پارامترهای استفاده شده در مدل

متغیر/پارامتر	تعاریف
X_{ij}	iامین ورودی اصلی فرایند اول jامین واحد تصمیم‌گیرنده
Y_{bj}	bامین خروجی نامطلوب فرایند اول jامین واحد تصمیم‌گیرنده که از سیستم خارج می شود.
Z_{pj}	pامین خروجی فرایند اول از jامین واحد تصمیم‌گیرنده که به‌عنوان اندازه میانی وارد فرایند دوم سیستم می شود
Y_{gj}	gامین خروجی مطلوب فرایند اول از jامین واحد تصمیم‌گیرنده که از سیستم خارج می شود
v_i	متغیر مضربی iامین ورودی اصلی فرایند اول
η_b	متغیر مضربی bامین خروجی نامطلوب فرایند اول
u_g	متغیر مضربی gامین خروجی فرایند اول که به‌عنوان اندازه میانی وارد فرایند سیستم می شود.
w_P	متغیر مضربی pامین خروجی مطلوب فرایند اول که به‌عنوان اندازه میانی وارد فرایند دوم می شود.
X_{lj}	lامین ورودی اصلی فرایند دوم مربوط به jامین واحد تصمیم‌گیرنده
$Y_{b'j}$	b' امین خروجی نامطلوب فرایند دوم مربوط به jامین واحد تصمیم‌گیرنده که از سیستم خارج می شود.
Z_{qj}	qامین خروجی فرایند دوم از jامین واحد تصمیم‌گیرنده که به‌عنوان اندازه میانی وارد فرایند سوم سیستم می شود.
v_l	متغیر مضربی lامین ورودی اصلی فرایند دوم
$\eta_{b'}$	متغیر مضربی b' امین خروجی نامطلوب فرایند دوم
w_q	متغیر مضربی qامین خروجی مطلوب فرایند دوم که به‌عنوان اندازه میانی وارد فرایند سوم سیستم می شود.
X_{hj}	hامین ورودی اصلی فرایند سوم jامین واحد تصمیم‌گیرنده
$Y_{b''j}$	b'' امین خروجی نامطلوب فرایند سوم از jامین واحد تصمیم‌گیرنده که از سیستم خارج می شود.
Y_{rj}	rامین خروجی مطلوب فرایند سوم از jامین واحد تصمیم‌گیرنده که از سیستم خارج می شود.
v_h	متغیر مضربی hامین ورودی اصلی فرایند سوم
$\eta_{b''}$	متغیر مضربی b'' امین خروجی نامطلوب فرایند سوم
u_r	متغیر مضربی rامین خروجی فرایند سوم که از سیستم خارج می شود.

در ادامه با توجه به ایده برای محاسبه کارایی در ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها (مانند: کریمی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ژو و هو، ۲۰۲۲) به

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

ارائه مدل ارزیابی کارایی شبکه‌ای برای شبکه آورده شده در شکل (۲) می‌پردازیم. مدل ارائه شده به گونه مدل برنامه‌ریزی خطی زیر است.

$$\text{Max} \quad w_1k_1 + w_2k_2 + w_3k_3 \qquad (۱)$$

$$S.t.$$

$$-\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{po} + \sum_{g=1}^{G} u_g Y_{go} \le -k_1$$

$$-\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qo} \le -k_2$$

$$-\sum_{r=1}^{R} u_r Y_{ro} \le -k_3$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{io} + \sum_{b=1}^{B} \eta_b Y_{bo} \le 1$$

$$\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{po} + \sum_{l=1}^{L} v_l X_{lo} + \sum_{b'=1}^{B'} \eta_b Y_{b'o} \le 1$$

$$\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qo} + \sum_{h=1}^{H} v_h X_{ho} + \sum_{b''=1}^{B''} \eta_b Y_{b''o} \le 1$$

$$\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{pj} + \sum_{g=1}^{G} u_g Y_{gj} - (\sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} + \sum_{b=1}^{B} \eta_b Y_{bj}) \le 0 \quad j = 1,2,...,n$$

$$\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qj} - (\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{pj} + \sum_{l=1}^{L} v_l X_{lj} + \sum_{b'=1}^{B'} \eta_{b'} Y_{b'j}) \le 0, \; j = 1,2,..,n$$

$$\sum_{r=1}^{R} u_r Y_{rj} - (\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qj} + \sum_{h=1}^{H} v_h X_{hj} + \sum_{b''=1}^{B''} \eta_{b''} Y_{b''j}) \le 0 \quad j = 1,2,...,n$$

$$v_h \ge 0 \quad (h = 1,2,...,H), \qquad v_i \ge 0 \quad (i = 1,2,...,I),$$

$$v_l \ge 0 \quad (l = 1,2,...,L), \qquad u_r \ge 0 \quad (r = 1,2,...,R),$$

$$u_g \ge 0 \quad (g = 1,2,...,G), \qquad \eta_b \ge 0 \quad (b = 1,2,...,B),$$

مدل یک مدل شبکه‌ای سه مرحله‌ای با خروجی نامطلوب است که در آن $\mathbf{W_1}$، $\mathbf{W_2}$ و $\mathbf{W_1}$ به ترتیب وزن مربوط به هدف اول، دوم و سوم می‌باشند که باید نامنفی و جمع آن‌ها برابر با یک باشد. همچنین مقادیر آن به وسیله تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود.

بعد از اجرای این مدل می‌توان کارایی گام‌ها و شبکه‌ای برای ارزیابی $\mathbf{DMU_o}$ را به گونه زیر (روابط۳) به دست آورد.

$$E_0^{1*} = \frac{\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{po} + \sum_{g=1}^{G} u_g Y_{go}}{\sum_{i=1}^{m} v_i X_{io} + \sum_{b=1}^{B} \eta_b Y_{bo}} \qquad (۲)$$

$$E_0^{2*} = \frac{\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qo}}{\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{po} + \sum_{l=1}^{L} v_l X_{lo} + \sum_{b'=1}^{B'} \eta_{b'} Y_{b'o}}$$

$$E_0^{3*} = \frac{\sum_{r=1}^{R} u_r Y_{ro}}{\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qo} + \sum_{h=1}^{H} v_h X_{ho} + \sum_{b''=1}^{B''} \eta_{b''} Y_{b''o}}$$

$$E^* = w_1 \frac{\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{po} + \sum_{g=1}^{G} u_g Y_{go}}{\sum_{i=1}^{m} v_i X_{io} + \sum_{b=1}^{B} \eta_b Y_{bo}} + w_2 \frac{\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qo}}{\sum_{p=1}^{P} w_p Z_{po} + \sum_{l=1}^{L} v_l X_{lo} + \sum_{b'=1}^{B'} \eta_{b'} Y_{b'o}} + w_3 \frac{\sum_{r=1}^{R} u_r Y_{ro}}{\sum_{q=1}^{Q} w_q Z_{qo} + \sum_{h=1}^{H} v_h X_{ho} + \sum_{b''=1}^{B''} \eta_{b''} Y_{b''o}}$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش حاضر از روش شاخص بهره‌وری مالم کوئیست و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با مرز دوگانه و خروجی نامطلوب استفاده شده است. جهت تشریح و تلخیص داده‌های جمع‌آوری شده از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و غیره) و برای تجزیه و تحلیل از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست بهره گرفته شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و استخراج نتایج پژوهش، از نرم افزارهای Lingo 11 استفاده گردید.

شاخص بهره وری مالم‌کوئیست، تغییرات بهره وری کل عوامل تولید را با استفاده از دو مجموعه اطلاعات داده شده، براساس محاسبه نسبت مسافت هر مجموعه از داده‌ها در مقایسه باتکنولوژی مشترک اندازه-گیری می‌کند. برای این کار رابطه زیر را داریم (ژو و هو، ۲۰۲۲):

$$MPI = \left[\frac{\delta^t((x_k,y_k)^{t+1})}{\delta^t((x_k,y_k)^t)} \times \frac{\delta^{t+1}((x_k,y_k)^{t+1})}{\delta^{t+1}((x_k,y_k)^t)}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۳)$$

که x_p متغیرهای ورودی و y_p متغیرهای خروجی‌های مربوط به دوره p ام (p=t دوره اول و p=s مربوط به دوره دوم ارزیابی می‌باشد) است. در اینجا برای محاسبه $d_i^k(y_p, x_p)$ $k, p = t, s$. از مدل‌های ریاضی استفاده می‌کنیم. به اینصورت که معیارهای ارزیابی بهره‌وری را به صورت شاخص‌های ورودی و خروجی دسته‌بندی می-کنیم (شاخص ورودی شاخصی است که کاهش آن به سود باشد همچنین برای خروجی شاخصی است که افزایش آن به سود باشد). سپس با توجه به موجود بودن اطلاعات این شاخص‌ها برای چند دوره از مدل‌های موجود شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست را برای هر شرکت محاسبه می‌کنیم. برای شاخص بهره وری مالم‌کوئیست سه حالت زیر ممکن است.

MPI > 1 افزایش بهره‌وری را نشان می‌دهد و پیشرفت مشاهده می-شود.

MPI < 1 کاهش بهره‌وری را نشان می‌دهد و پسرفت مشاهده می‌شود.

MPI =1 نشان می‌دهد که هیچ تغییری در بهره‌وری رخ نداده است.

همچنین در این تحقیق برای بدست آوردن $d_i^k(y_p, x_p)$ از روابط (۳) استفاده می‌شود. بعد از اجرای مدل (۱) و استفاده از روابط (۲) کارایی نواحی (یعنی E^*) به دست می‌آید (جدول ۴).

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

جدول۴: نمره کارایی فرآیندها و کلی برای نواحی برق در سال ۱۳۹۸

نواحی	کارایی در سال ۱۳۹۸	کارایی در سال ۱۳۹۹	کارایی در سال ۱۴۰۰
ناحیه ۱	۰/۸۶۱	۰/۸۶۱	۰/۸۶۱
ناحیه ۲	۰/۸۳۷	۰/۸۳۷	۰/۸۳۷
ناحیه ۳	۰/۸۰۱	۰/۸۰۱	۰/۸۰۱
ناحیه ۴	۰/۸۶۸	۰/۸۶۸	۰/۸۶۸
ناحیه ۵	۰/۸۸۱	۰/۸۸۱	۰/۸۸۱
ناحیه ۶	۰/۹۶۰	۰/۹۶۰	۰/۹۶۰
ناحیه ۷	۰/۸۷۶	۰/۸۷۶	۰/۸۷۶
ناحیه ۸	۰/۸۰۷	۰/۸۵۸	۰/۸۵۸
ناحیه ۹	۰/۹۲۵	۰/۸۱۹	۰/۸۱۹
ناحیه ۱۰	۰/۹۴۵	۰/۹۴۵	۰/۹۴۵
ناحیه ۱۱	۰/۸۴۸	۰/۸۴۸	۰/۸۴۸
ناحیه ۱۲	۰/۸۰۲	۰/۸۰۲	۰/۸۰۲
ناحیه ۱۳	۰./۸۳۰	۰/۸۳۰	۰/۸۳۰
ناحیه ۱۴	۰/۸۹۷	۰/۸۹۷	۰/۸۹۷
ناحیه ۱۵	۰/۸۸۹	۰/۸۸۹	۰/۸۸۹
ناحیه ۱۶	۰/۸۴۵	۰/۸۴۵	۰/۸۴۵

به این ترتیب کارایی نـواحی بـرق ایـران محاسـبه شـد. بـدترین نمـره کارایی طی این سه سال مربوط به ناحیه ۳ می باشد. همچنین بهترین نمره کارایی کلی مربوط ناحیه ۱۰ است. پس بین ۱۶ ناحیه طـی ایـن سه سال بهترین عملکرد مربوط به ناحیه ۱۰ و بدترین عملکرد مربـوط به ناحیه ۳ است.

در ادامه به ارزیابی بهره وری در این صنعت پرداخته خواهد شد. بـرای این کار از مدل (۳) استفاده می‌کنیم. نتایج اجرای مدل در جـدول (۵) آورده شده است.

جدول (۵): شاخص بهره وری مالم‌کوئیست برای دوره مطالعه

نواحی	دوره ۱۳۹۹-۱۳۹۸		دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۹	
	MI	پیشرفت/پسرفت بهره وری	MI	پیشرفت/پسرفت بهره وری
ناحیه ۱	۰.۹۸۵۳۱۲	پسرفت	۱.۱۴۴۳۴۴	پیشرفت
ناحیه ۲	۰.۹۳۷۸۸۶	پسرفت	۰.۹۸۹۳۰۵	پسرفت
ناحیه ۳	۱.۰۱۹۸۰۴	پیشرفت	۱.۰۳۰۷۷۶	پیشرفت
ناحیه ۴	۰.۹۴۶۵۲۷	پسرفت	۱.۱۴۴۹۰۶	پیشرفت
ناحیه ۵	۱.۰۲۹۵۶۳	پیشرفت	۱.۰۷۶۰۵۵	پیشرفت
ناحیه ۶	۱.۸۵۶۳۶۹	پیشرفت	۰.۶۹۲۸۲	پسرفت
ناحیه ۷	۲.۹۷۸۱۸۲	پیشرفت	۱.۷۴۰۹۵۹	پسرفت
ناحیه ۸	۰.۹۴۳۷۲۹	پسرفت	۱.۰۵۱۸۴۷	پیشرفت
ناحیه ۹	۲.۱۹۸۲۶	پسرفت	۳.۱۶۸۰۲۲	پیشرفت
ناحیه ۱۰	۱.۲۷۸۶۰۱	پیشرفت	۱.۱۵۴۷۰۱	پیشرفت
ناحیه ۱۱	۱.۲۵۰۴۵۴	پیشرفت	۱.۳۷۳۲۱۳	پیشرفت
ناحیه ۱۲	۱.۱۴۸۷۵۹	پیشرفت	۰.۸۴۵۱۵۴	پسرفت
ناحیه ۱۳	۱.۰۱۴۱۸۵	پیشرفت	۰.۹۷۰۱۴۳	پسرفت
ناحیه ۱۴	۰.۹۹۴۱۲۳	پسرفت	۱.۲۳۲۸۸۳	پیشرفت
ناحیه ۱۵	۰.۶۸۰۵۷۱	پسرفت	۰.۹۱۱۰۴۳	پسرفت
ناحیه ۱۶	۱.۸۱۱۴۲۲	پیشرفت	۱.۱۷۰۴۷	پیشرفت

همانطور که توضیح دادیم اگر شاخص بهره‌وری بیشتر از ۱ باشد، بهره‌وری ناحیه پیشرفت داشته است. اما اگر کمتر از یک باشد پسرفت بهره‌وری ناحیه را نشان می‌دهد. و شاخص بهره‌وری ۱ نشان از بدون تغییر ماندن بهره‌وری است. ناحیه‌های ۷ و ۹ بیشترین بهره وری را به خود اختصاص داده‌اند. اما ناحیه ۱۵ کمترین بهره‌وری را داشته است.

علاوه بر این می‌توان روند بهره‌وری هر ناحیه را طی دوره مورد مطالعه بررسی نمود. به عنوان مثال ناحیه (۱) در دوره اول ۱۳۹۹-۱۳۹۸ پسرفت در بهره‌وری داشته اما در دوره بعد یعنی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ پیشرفت بهره‌وری داشته است. علاوه بر این می‌توان تفسیر مشابهی را

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

برای بقیه نواحی برق ایران با توجه به اندیس بهره‌وری مالم کوئیست بیان نمود.

۳- نتیجه گیری

یکی از ویژگی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی کارایی و بهره‌وری است. اما مدل‌های اولیه و کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها برای رسیدن به هدف ارزیابی کارایی مطلوب دارای محدودیت‌های هستند که طی چند سال اخیر مدل‌های جدیدی برای رفع این مشکل ارائه شده است. در این تحقیق با توجه به ساختار نواحی برق ایران و فرآیندی که دارند، اقدام به معرفی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و چند سطحی به منظور ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده در این صنعت پرداخته شد. در ادامه با استفاده از مدل ارائه شده و فرمول اندیس بهره‌وری مالم کوئیست بهره‌وری در زنجیره تامین پایدار صنعت برق محاسبه گردید.

با توجه به مطالعات آورده شده در بخش پیشینه پژوهش، مطالعات قبلی که در آنها به ارائه مدل های چند سطحی در تحلیل پوششی داده‌ها و سنجش بهره‌وری پرداخته شده بود، معرفی شدند. عزیزی و همکاران (۱۳۹۷) و ژو و هو (۲۰۲۲) به ارزیابی بهره‌وری در صنایع مختلف پرداختند. همچنین ممی‌پورو نجف‌زاده (۱۳۹۷)، درویش متولی و همکاران (۱۳۹۸، ۱۳۹۹)، بادیه‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) و یوسفی و همکاران (۲۰۲۱) با ارائه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به ارزیابی کارایی در صنایع مختلف پرداختند. در نهایت تحقیقاتی مانند سون و همکاران (۲۰۲۰) و چینگ و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی کارایی در صنعت برق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پرداختند. در تحقیق حاضر برای نخستین بار به ارزیابی بهره‌وری در صنعت برق ایران با استفاده از ترکیب اندیس بهره‌وری مالم کوئیست و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای سه مرحله‌ای پرداخته شد، که در هیچ یک از تحقیقات گذشته به آن پرداخته نشده است.

نتایج حاصل از پیاده سازی مدل نشان داد که بیشترین منبع ناکارایی مربوط به فرآیند توزیع می‌باشد. بنابراین به نواحی توصیه می‌شود برای بهبود در عملکرد و بهره‌وری خود به فرآیند توزیع توجه داشته باشند. به ویژه شاخص‌های ارزیابی در این مرحله باید مورد توجه قرار گیرند و مشکلات آنها مرتفع شود. به عنوان مثال این نواحی با بهبود ظرفیت ترانسفورماتورها، افزایش رضایت مشترکین در انرژی تحویلی و یا کاهش تلفات انرژی خود می‌توانند عملکرد و کارایی خود را بالا ببرند. بدترین نمره کارایی مربوط به نواحی ۳ و ۱۲ است، پس به این نواحی توصیه می‌شود که از این نواحی به عنوان یک الگوی بد استفاده نمایند. همچنین یکی از دلایل ناکارآمدی این نواحی شاید شرایط محیطی حاکم بر آنها باشد. به عنوان مثال تراکم جمعیتی این ناحیه نسبت به نواحی دیگر ایران ممکن است سبب ناکارایی آنها باشد.

ناحیه ۱۵ در طول دوره مورد مطالعه همواره پسرفت بهره‌وری داشته است، پس جهت بهبود بهره‌وری این ناحیه به مدیران آن توصیه می‌شود که نواحی مانند ناحیه ۹ به دلیل بالا بودن بهره‌روی را به عنوان الگو قرار دهند.

مدل ارائه شده در این پژوهش قادر است تمامی شبکه‌های ۳ سطحی در صنعت برق را مورد ارزیابی قرار دهد و میزان بهره‌وری، پیشرفت یا پسرفت طی دوره‌های متوالی را با لحاظ کردن متغیرهای پایداری شبکه نظیر متغیرهای اقتصادی، محیطی و اجتماعی مورد سنجش قرار دهد. از اینرو به منظور تدوین برنامه‌های استراتژیک و کاهش هزینه‌های رایج در طول شبکه تامین در صنعت برق می‌توان از این مدل استفاده نمود.

مراجع

Azadi، M., Jafarian، M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. Computers & Operations Research، 54: 274 -285.

Badiezadeh T، Farzipoor Saen R، Samavati T (2018) Assessing sustainability of supply chains by double frontier network DEA: a big data approach. Comput Oper Res 98:284–290

Cheng، P.، Jin، Q.، Jiang، H.، Hua، M, Ye، Z. (2020). Efficiency assessment of rural domestic sewage treatment facilities by a slacked-based DEA model. Journal of Cleaner Production، 267، 122111.

Darvish Motevali, M. H., Motamedi, M. (2020). Dynamic modeling to evaluate the efficiency of a sequential multilevel supply network. Journal of Decisions and Operations Research, 5(3), 272-289. doi: 10.22105/dmor.2020.242474.1196.

Govindan، K.، Kadziński، M.، Sivakumar، R. (2016). Application of a novel PROMETHEE-based method for construction of a group compromise ranking to prioritization of green suppliers in food supply chain. In Omega journal، 58: 132–142.

Karimi، B.، Davtalab-Olyaie، M, Abdali، A. A. (2018). A suitable business model for bank branches: combining business model and Malmquist Productivity Index (MPI). Business and Economics Journal، 9(2)، 348.

Khalili-Damghani، K.، Shahmir، Z. (2015). Uncertain network data envelopment analysis with undesirable outputs to evaluate the efficiency of electricity power production and distribution processes. Computers & Industrial Engineering، 88، 131-150.

Ramos-Real، F.j., Tovar، B.، Iootty، M.، Almeida، E.F.، Pinto، H.Q. (2009). The evolution and main determinants of productivity in Brazilian electricity distribution 1998–

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]

2005: An empirical analysis. Energy Economics، 31: 298-305.

Shafiei M. Designing a Multi-level Data Envelopment Analysis Model to Evaluate the Efficiency of Financial Organizations. jor. 2017; 14 (2) :41-66

Son، D. H.، Gang، Y. S، Kim، H. J. (2020). Evaluation of Operational Efficiency for Electric Vehicle Charging Stations Using Data Envelopment Analysis. Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering، 43(3)، 53-60.

Sokhanvar، M.، Sadeghi، H.، Assari، A.، Yavari، K.، Mehregan، N. (2012). Structural Analysis and Efficiency Trend of Electricity Distribution Companies in Iran by Using Window Data Envelopment Analysis. Economic Growth and Development Research، 1(4)، 182-145.

Sueyoshi، T. Goto، M. (2012). "Efficiency-based rank assessment for electric power industry: A combined use of Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-Discriminant Analysis (DA)". Energy Economics، 62(3)، 104-124.

Yousefi، S.، Shabanpour، H، Saen، R. F. (2021). Sustainable clustering of customers using capacitive artificial neural networks: a case study in Pegah Distribution Company. RAIRO-operations Research، 55(1)، 51-60.

Zhu, L., He، F. (2022). A multi-stage Malmquist Luenberger index to measure environmental productivity in China's iron and steel industry. Applied Mathematical Modelling، 103، 162-175.

اردبیلی میانجی، پرویز، بریم نژاد، ولی. (۱۳۹۵). بررسی کارایی شعبه‌های بانک کشاورزی به روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی شعبه‌ها استان البرز). فصلنامه علمی -پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی،(۳۲)۸، ۳۸-۱۹.

اسدی روح انگیز، اعتمادیان مسعود، شادپور پژمان، سمنانی فاطمه. ارائه مدل انتخاب و ارزیابی تامین کنندگان خدمات برون سپاری بر پایه ی رویکرد تحلیل سلسله مراتبی در بیمارستانها .بیمارستان. ۱۳۹۶; ۱۶ (۴) :۹-۱۸

امامی میبدی، علی، (۱۳۷۹)، اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی و کاربردی)، انتشارات، مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران،

امینی، علی، انصاری، رضا. (۱۳۹۱).تعیین نقش سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه در ارتقای بهره وری کل عوامل تولید در بخش‌های خدماتی منتخب . اقتصاد مالی، (۲۱)۶، ۸۲-۵۹.

برزی، علی‌رضا، هاشم زاده خوراسگانی، غلامرضا، فتحی هفشجانی، کیامرث، علی رضایی، ابوتراب. (۱۳۹۹). آنالیز و ارزیابی مدل اقتصادی ریزشبکه سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه توزیع برق ایران .فصلنامه علمی نظریه های کاربردی اقتصاد، ((۴)۷، ۲۵۰-۲۱۹.

جعفری محمدعلی، خواجه زاده دزفولی مهدی(۱۳۹۳). استفاده از مدل ریاضی بهینه‌سازی چندهدفه استوار فازی در انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه . فصلنامه مهندسی تصمیم، ۱ (۱) :۳۱-۵۶

جهانشاهلو، غلامرضا، حسین زاده لطفی، فرهاد، نیکومرام، هاشم. (۱۳۹۵). تحلیل پوششی داده ها و کاربردهای آن. دانشگاه آزاد.

درویش متولی، محمد حسین، حسین زاده لطفی، فرهاد، شجاع، نقی، غلام ابری، امیر. (۱۳۹۸). محاسبه کارایی زنجیره تامین پایدار در صنعت سیمان (کاربرد مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای .(فصلنامه علمی مدلسازی اقتصادی، (۴۶)۱۳، ۱۰۰-۷۳.

سخنور، محمد، صادقی، حسین، عصاری، عباس ، یاوری، کاظم و مهرگان، نادر (۱۳۹۱)، تعیین کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران و عوامل مؤثر بر آن با بکارگیری از تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد دومرحله‌ای، مجله تحقیقات اقتصادی، ۱(۴)، ۱۴۵-۱۸۲.

شاه بهرامی الهام، عموزاد مهدیرجی حنان، حسین زاده مهناز. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت زنجیره تأمین پایدار دارو در داروخانه‌های بیمارستان‌های آموزشی منتخب .فصلنامه مدیریت سلامت. ۱۳۹۹; ۲۳ (۲) :۸۹-۱۰۱.

شفیعی نیک‌آبادی، محسن، یاکیده، کیخسرو و اویسی عمران، اکرم، (۱۳۹۶)، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با تلفیقی از ستاده‌های مطلوب و نامطلوب میانی و پایانی، نشریه پژوهش در عملیات و کاربردهای آن، ۱۴(۱)، ۹۵-۱۱۶.

شفیعی نیک‌آبادی، محسن، یاکیده، کیخسرو و اویسی عمران، اکرم، (۱۳۹۶)، رویکردی ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌ها با انواع ستاده‌ها و تحلیل پنجره در ارزیابی کارایی صنعت برق، نشریه چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۶(۴)، ۱۵۷-۱۸۰.

صالحی، اله‌کرم. (۱۳۹۹). تاثیر مالکیت نهادی بر شاخص‌های ارزیابی عملکرد مبتنی بر اجزای سود باقیمانده و بازار .دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، (۴۶)۱۳، ۱-۱۴.

عزیزی، امیر، رهنما، شقایق، رزاقی، شروین (۱۳۹۷)،سنجش میزان بهره وری با در نظر گرفتن فاکتورهای کلیدی انسانی بر روی عوامل ورودی- مطالعه موردی : شرکتهای سوله سازی،پنجمین کنفرانس ملی پژوهش های مدیریت و مهندسی صنایع،تهران

قربان پور، احمد (۱۳۹۸). طراحی مدل دوسطحی اقدامات مدیریت زنجیره تأمین سبز و تحلیل فازی اهمیت- عملکرد آنها جهت ارتقای بهره وری سبز (مطالعه موردی: صنایع پتروشیمی استان بوشهر .(مدیریت بهره‌وری، ۱۳ (۱(۴۸) بهار)، ۷۷-۱۰۴.

کیانی، ندا، رادفر، رضا (۱۳۹۴). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری سازمان با استفاده از مدل دیماتل .مدیریت بهره‌وری،(۳۵)۴. ۹ زمستان)، ۱۱۱-۱۳۰.

مرادی، مصطفی، طلوعی اشلقی، عباس، شهباز مرادی، سعید. (۱۳۹۹). مدل‌سازی ارزیابی عملکرد کارکنان با استفاده از سیستم‌های خبره .نشریه علمی راهبردهای بازرگانی، (۴۷)۹، ۵۴-۳۵.

مظفری، محمد مهدی، اجلی، مهدی، جعفرقلی، دل آرام. (۱۳۹۹). بررسی تاثیر عملیات مدیریت زنجیره تامین بر مزیت رقابتی و عملکرد شرکت (مورد مطالعه : مجتمع صنعتی ماموت). علمی اندیشه آماد،(۷۴)۱۹، ۱۷۷-۱۵۷.

ممی پور، سیاب، نجف زاده، بهنام. (۱۳۹۷). ارزیابی سه بخشی کارایی زیست محیطی صنعت برق ایران: رهیافت تحلیل پوششی داده های شبکه‌ای. مجله پژوهشات اقتصادی، ۵۳(۲)، ۱۹۱-۲۱۷.

یاریان تل زالی، زینب، شمس الدینی، اسماعیل. (۱۳۹۵). یکپارچگی زنجیره تامین. کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری. تهران، ایران.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1402.12.3.5.8]