



A Systematic Review of Network Data Envelopment Analysis with an Uncertainty Approach

Hossein Sayyadi
Tooranloo

Professor, Department of Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran.

Mohammad Zarei
Mahmoudabadi

Associate Professor, Department of Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran.

Reza Norouzi
Avargani

Ph.D. Student in Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran.

Abstract

Over the past decade, the development of *Network Data Envelopment Analysis (NDEA)* models has enabled researchers to capture the internal structures and interrelationships among sub-units of decision-making units (DMUs). Compared to conventional DEA models, this approach provides deeper managerial and analytical insights into performance evaluation. The purpose of this study is to systematically review and clarify the overall trends in the development and application of NDEA models, with a particular focus on uncertainty-based approaches, over the period from 2014 to 2024. This research employs Microsoft Excel and VOSviewer software tools to conduct co-word analysis, visualize scientific networks, and identify research clusters. The reviewed articles were classified into two major dimensions: *research domain* (application areas) and *research logic* (deterministic or non-deterministic). The results indicate that most NDEA applications are concentrated in industrial sectors, and that deterministic logic dominates the existing body of literature. The term “*network data envelopment analysis*” was identified as the second most frequent keyword following “*data envelopment*” *analysis*. Based on the synthesis of reviewed studies, this research proposes a conceptual framework for NDEA and outlines potential future research directions centered on the integration of NDEA with uncertainty theories. To the best of our knowledge, no comprehensive study has

* Corresponding Author: zareim@meybod.ac.ir

How to Cite: Sayyadi Tooranloo, H., Zarei Mahmoudabadi, M., Norouzi Avargani, R. (2026). A Systematic Review of Network Data Envelopment Analysis with an Uncertainty Approach, *Industrial Management Studies*, 23(79), 1-42.

simultaneously addressed *network data envelopment analysis* and *uncertainty*. By identifying research gaps, mapping the scientific structure of the field, and highlighting emerging themes and future avenues, this study provides a valuable reference for researchers and practitioners interested in performance evaluation under uncertainty.

Introduction

Over the past decade, Network Data Envelopment Analysis (NDEA) has emerged as a powerful extension of conventional Data Envelopment Analysis (DEA), enabling researchers to explicitly model the internal structures, intermediate products, and complex interrelationships among sub-processes within decision-making units (DMUs). Unlike traditional “black-box” DEA models, NDEA provides richer analytical and managerial insights by decomposing overall efficiency into stage-wise and network-based components. As real-world systems increasingly operate under uncertain, imprecise, or incomplete information, integrating uncertainty into NDEA models has become a critical methodological challenge. Despite the growing number of studies addressing NDEA and uncertainty separately, a comprehensive and systematic synthesis of the literature that jointly examines network DEA structures and uncertainty approaches remains limited.

Research Gap and Objective

Existing review studies on DEA and NDEA have primarily focused on methodological classifications, application domains, or dynamic and hierarchical extensions, while the uncertainty dimension has often been treated marginally or in isolation. Moreover, prior reviews rarely employ scientometric techniques to map the intellectual structure, thematic evolution, and research clusters within the NDEA–uncertainty literature. To address these gaps, the present study aims to systematically review and map the scientific landscape of Network Data Envelopment Analysis with an uncertainty approach. Specifically, this research seeks to (i) identify publication trends and influential sources, (ii) classify NDEA studies based on application domains and research logic (deterministic vs. non-deterministic), (iii) examine the dominant uncertainty modeling approaches adopted in NDEA, and (iv) propose a conceptual framework to guide future research in this field.

Methodology

This study adopts a systematic literature review combined with science mapping and bibliometric analysis. A structured search strategy was implemented in the Scopus and Web of Science databases, covering peer-reviewed journal articles

published between 2014 and 2024. Keywords related to “Network Data Envelopment Analysis,” “Two-Stage DEA,” and “Uncertainty” were applied to titles, abstracts, and keywords. Following a multi-stage screening and filtering process based on time span, document type, language, and journal quality, a refined dataset of relevant articles was obtained. Bibliometric analyses, including co-word analysis and visualization of scientific networks, were conducted using Microsoft Excel and VOSviewer. The reviewed studies were systematically classified along two main dimensions: (1) research domain (application areas) and (2) research logic (deterministic versus non-deterministic modeling). Qualitative synthesis was then employed to interpret thematic patterns and methodological trends.

Results

The results reveal a steadily increasing trend in NDEA-related publications over the examined period, with a noticeable surge after 2020. Industrial and production systems constitute the dominant application domain, followed by energy, healthcare, transportation, banking, and supply chain management. The analysis indicates that deterministic NDEA models still prevail in the literature; however, uncertainty-based approaches—such as fuzzy sets, robust optimization, grey systems, stochastic programming, and rough sets—have gained growing attention in recent years. Keyword co-occurrence analysis identifies “data envelopment analysis” as the most frequent term, with “network data envelopment analysis” emerging as the second most prominent keyword. The findings further highlight that two-stage and multi-stage network structures are the most commonly employed configurations. Based on the synthesis of reviewed studies, this research develops a conceptual framework that links NDEA structures, uncertainty modeling techniques, and application domains, while outlining potential future research directions focused on hybrid and advanced uncertainty integration.

Discussion

The findings demonstrate that incorporating uncertainty into NDEA models significantly enhances their realism and applicability in complex decision-making environments. However, the dominance of deterministic logic suggests that many real-world uncertainties remain insufficiently addressed. From a methodological perspective, the study underscores the need for more integrated and hybrid uncertainty frameworks that combine multiple uncertainty theories within network DEA structures. From a practical standpoint, uncertainty-aware NDEA models provide decision-makers with more robust efficiency assessments, particularly in

volatile sectors such as energy, healthcare, and supply chains. The scientometric mapping also reveals underexplored research clusters, indicating opportunities for interdisciplinary collaboration and methodological innovation.

Conclusion

This study represents one of the first comprehensive systematic and bibliometric reviews focusing explicitly on Network Data Envelopment Analysis under uncertainty. By simultaneously examining publication trends, research structures, uncertainty approaches, and application domains, the study offers a holistic understanding of the field. The proposed conceptual framework and identified research gaps provide valuable guidance for future theoretical development and empirical applications. Overall, this research contributes to advancing performance evaluation methodologies in uncertain environments and serves as a reference point for researchers and practitioners interested in NDEA and efficiency analysis under uncertainty.

Keywords: Network Data Envelopment Analysis (NDEA), Data Envelopment Analysis (DEA), Uncertainty, Systematic Review, Science Mapping, Decision-Making.



مرور نظام‌مند تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد عدم قطعیت

حسین صبادی تورانلو ^{id} | استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

محمد زارعی محمودآبادی * ^{id} | دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

رضا نوروزی آورگانی ^{id} | دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

چکیده

طی دهه اخیر، توسعه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA) موجب شد تا ساختارهای درونی و روابط پیچیده میان زیرواحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) در ارزیابی کارایی موردتوجه قرار گیرد. این رویکرد در مقایسه با مدل‌های سنتی DEA از توان تبیین مدیریتی و تحلیلی بالاتری برخوردار است. هدف پژوهش حاضر، مرور نظام‌مند و تحلیل روندهای کلان در توسعه، کاربرد و بسط مدل‌های NDEA با تأکید بر رویکردهای مبتنی بر عدم قطعیت در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ است. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Microsoft Excel و VOSviewer به منظور انجام تحلیل هم‌واژگانی، ترسیم شبکه‌های علمی و شناسایی خوشه‌های پژوهشی استفاده شده است. مقالات منتخب بر اساس دو محور اصلی شامل حوزه پژوهش (کاربردی) و منطق پژوهش (قطعی یا غیرقطعی) طبقه‌بندی گردیدند. نتایج نشان داد بیشترین حجم مطالعات کاربردی NDEA در بخش صنعت متمرکز بوده و در بعد منطقی، مدل‌های قطعی بیشترین فراوانی را داشته‌اند. واژه «تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای» پس از «تحلیل پوششی داده‌ها» به عنوان پرتکرارترین کلیدواژه شناسایی شد. علاوه بر این، پژوهش حاضر با تلفیق یافته‌ها، یک چارچوب مفهومی برای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه می‌دهد و مسیرهای بالقوه آینده را در زمینه تلفیق NDEA با نظریه‌های عدم قطعیت ترسیم می‌نماید. تاکنون پژوهشی جامع که به طور هم‌زمان به تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و ابعاد عدم قطعیت پرداخته باشد انجام نشده است. این مطالعه با شناسایی خلأهای پژوهشی، ترسیم نقشه علمی حوزه و معرفی موضوعات نوظهور و زمینه‌های پژوهشی آتی، می‌تواند به عنوان مرجعی مفید برای پژوهشگران و تصمیم‌گیران در حوزه تحلیل کارایی تحت عدم قطعیت محسوب شود.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، عدم قطعیت، مرور نظام‌مند، نقشه علم، تصمیم‌گیری.

مقدمه

در چند دهه اخیر با پیشرفت‌های چشمگیر در علم مدیریت، ارزیابی عملکرد به یکی از بخش‌های کلیدی این حوزه تبدیل شده است. ارزیابی عملکرد همیشه یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها برای بررسی وضعیت موجود و کشف فرصت‌های بهبود است (Tabasi, et al., 2019). استفاده حداکثری از منابع موجود با استفاده از روشی بهینه‌تر برای به دست آوردن بهترین نتیجه ممکن را کارایی گویند (عبدالرحیمان و همکاران، ۱۴۰۴). یکی از روش‌های پرکاربرد در زمینه اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد و کارایی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها^۱ است (Sahil & Lohani, 2024; Zarei Mahmoudabadi & Emrouznejad, 2022). تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از داده‌های واقعی، عملکرد واحدهای مختلف را بر اساس چند ورودی و خروجی می‌سنجد (Shahbazifar et al., 2021; Tehci, et al., 2025). فارل^۲ (۱۹۷۵) نخستین بار روش‌های غیرپارامتری را برای تعیین کارایی مطرح کرد (Azadi et al., 2023; Arbabi et al., 2023). کار او در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز، کوپر و رودز تعمیم یافت و تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها مطرح گردید و منجر به مقاله مربوط به روش بازده به مقیاس ثابت^۳ (CRS) شد (Azar et al., 2016). در روش بازده به مقیاس ثابت کارایی چند ورودی-یک خروجی فارل به حالت کلی چند ورودی-چند خروجی تعمیم داده شد. در سال ۱۹۸۴ مقاله مربوط به روش بازده به مقیاس متغیر^۴ (VRS) توسط بنکر و همکاران منتشر شد (Kamyab et al., 2021). علاوه بر مدل‌های روش بازده به مقیاس ثابت و روش بازده به مقیاس متغیر مدل‌های اساسی دیگری نظیر مدل‌های جمعی و SBM مطرح شد. به همه این مدل‌ها، مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها گفته می‌شود. محدوده عملی تحلیل پوششی داده‌ها یک روش خطی و غیرپارامتریک است که برای ارزیابی عملکرد نسبی یک مجموعه همگن از واحدهای تصمیم‌گیری استفاده می‌شود (Zarei Mahmoudabadi & Emrouznejad, 2019). یک ضعف مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی این است که واحد تصمیم‌گیرنده به عنوان یک سیستم جعبه سیاه در نظر گرفته می‌شود و به فعالیت و ساختار درونی آن‌ها توجه نمی‌شود (Zarei Mahmoudabadi et al., 2018). به دلیل روابط متقابل اجزاء، ناکارآمدی هر جزء ممکن است اثرات منفی بر عملکرد کلی سیستم داشته باشد و منجر به انحراف معیارهای کارایی از واقعیت شود (Salehzadeh et al., 2024). به منظور مقابله با این

1 data envelopment analysis (DEA)

2 Farrell

2 constant returns to scale (CRS)

4 variable returns to scale (VRS)

موضوع، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای معرفی شد. تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای^۱ (NDEA) یک روش محبوب برای اندازه‌گیری کارایی فرآیند دومارحله‌ای است (Peykani et al., 2024). برخلاف مدل‌های کلاسیک، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای یک فرم استاندارد ندارند و مدل‌های آن‌ها بستگی به ساختار واحد تصمیم‌گیرنده و نحوه ارتباط زیربخش‌های آن و نوع ورودی‌ها و خروجی‌ها دارد (زارعی محمودآبادی، ۱۳۹۵). تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برخلاف مدل‌های سنتی، ساختار درونی سازمان را هم در نظر می‌گیرد و عملکرد هر بخش را به‌صورت جداگانه تحلیل می‌کند. این روش به‌ویژه برای سیستم‌هایی که چند مرحله یا چند زیر واحد دارند (مثل زنجیره تأمین، سیستم‌های خدماتی یا آموزشی) بسیار مناسب است (Poudineh et al., 2020)، همچنین این مدل اطلاعات بیشتری نسبت به مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی دارند، زیرا آن‌ها سیستم تولید را به دو یا چند زیرسیستم که توسط خروجی‌های به‌اصطلاح میانی به هم مرتبط هستند تقسیم می‌کنند. در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، ساختار واحدها به شکل‌های مختلفی مثل سری، موازی، یا ترکیبی است. این انعطاف‌پذیری باعث می‌شود که مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای تصویر دقیق‌تر و واقعی‌تری از کارایی سازمان ارائه دهد (Sahil & Lohani, 2024). در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فرض می‌شود که خروجی‌های مرحله اول به ورودی‌های مرحله دوم و خروجی‌های مرحله دوم به ورودی‌های مرحله سوم تبدیل می‌شوند. به همین ترتیب یک رویکرد قدرتمند و کاربردی برای ارزیابی کارایی DMU ها با ساختارهای شبکه‌ای چندمرحله‌ای است. لازم به ذکر است که هدف رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، ارزیابی عملکرد DMU ها و زیر DMU ها با توجه به روابط داخلی است (آذر و همکاران، ۱۳۹۳). از سوی دیگر در دنیای واقعی، داده‌ها همیشه دقیق و قطعی نیستند. ممکن است به دلایل مختلفی؛ مثل خطای انسانی، تغییرات محیطی یا نوسانات بازار، اطلاعاتی که وارد مدل می‌شوند ناپایدار یا نامطمئن باشند. این «عدم قطعیت» می‌تواند نتایج تحلیل را دچار خطا کند. اگر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس داده‌های قطعی ساخته شوند، ممکن است به اشتباه یک واحد ناکارا را کارا نشان دهند یا بالعکس. برای حل این مشکل، محققان روش‌هایی را توسعه داده‌اند که با استفاده از نظریه عدم قطعیت، بتوانند این ناپایداری داده‌ها را در مدل لحاظ کنند. یکی از مهم‌ترین نظریه‌ها در این زمینه، نظریه‌ای است که توسط لئو در سال ۲۰۰۷ معرفی و در سال ۲۰۰۹ کامل شد (Ghaffari-Hadigheh & Lio, 2020). در ادامه تحقیقات زیادی برای توسعه روش‌های بهینه‌سازی به‌منظور مقابله با عدم قطعیت داده‌ها در مدل‌های ریاضی انجام شده

1 network data envelopment analysis (NDEA)

است. در این راستا؛ هدف این پژوهش، مرور نظام‌مند تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد عدم قطعیت طی ۱۰ سال گذشته (۲۰۱۴-۲۰۲۴) است. این مطالعه از روش بررسی ادبیات نظام‌مند استفاده می‌کند. با توجه به ماهیت پیچیده سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمرحله‌ای و شبکه‌ای، فرض قطعیت کامل داده‌ها در بسیاری از کاربردهای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA) با واقعیت‌های عملی سازگار نیست. از این رو، بخش قابل توجهی از ادبیات این حوزه به توسعه و به کارگیری رویکردهای مختلف مدل‌سازی عدم قطعیت اختصاص یافته است.

لازم به تأکید است که مفهوم عدم قطعیت در این پژوهش نه به عنوان یک نظریه منطقی مستقل، بلکه به عنوان یک ابرمفهوم در نظر گرفته می‌شود که طیف متنوعی از پارادایم‌های مدل‌سازی را در بر می‌گیرد. این پارادایم‌ها، هرچند از منظر فلسفی و نظری دارای روابط سلسله‌مراتبی مشخصی هستند، اما در ادبیات NDEA عمدتاً به صورت رویکردهای عملیاتی متمایز به کار رفته‌اند. به طور مشخص، منطق فازی کلاسیک، منطق فازی شهودی و منطق نتروسوفیک همگی زیرمجموعه پارادایم فازی و به تبع آن، ذیل مفهوم کلان عدم قطعیت قرار می‌گیرند. باین حال، به دلیل تفاوت‌های بنیادین در سازوکارهای ریاضی، نحوه نمایش اطلاعات، تفسیر عدم عضویت و درجه تردید، این رویکردها در مطالعات NDEA به عنوان چارچوب‌های مدل‌سازی مستقل توسعه یافته و تحلیل شده‌اند.

بر این اساس، این مقاله در مرور نظام‌مند خود، مطالعات را نه بر مبنای طبقه‌بندی فلسفی نظریه‌های عدم قطعیت، بلکه بر اساس پارادایم عملیاتی مدل‌سازی عدم قطعیت در پیاده‌سازی NDEA دسته‌بندی و تحلیل می‌کند. این رویکرد ضمن حفظ انسجام مفهومی، امکان مقایسه دقیق‌تر روندهای پژوهشی، کاربردها و شکاف‌های موجود در ادبیات را فراهم می‌سازد.

بررسی ادبیات مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای باهدف پاسخ‌دهی به پرسش‌های زیر انجام شده است:

- نویسندگان برتر در این زمینه چه کسانی هستند؟
- بیشتر از چه کلمات کلیدی استفاده شده است؟
- بیشترین حجم مقالات در حوزه موردنظر در چه سال‌هایی منتشر شده‌اند؟
- کدام مجلات بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟

در خصوص اصالت/نوآوری پژوهش حاضر لازم به ذکر است که باوجود رشد چشمگیر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA)، تاکنون مرور نظام‌مندی که هم‌زمان چهار منطق اصلی غیرقطعی شامل: فازی، فازی شهودی، نتروسوفیک و عدم قطعیت (با رویکردهای تصادفی، استوار و بازه‌ای) را در کنار منطق قطعی بررسی و طبقه‌بندی تطبیقی کند، منتشر نشده است. پژوهش حاضر نوآوری‌های زیر را ارائه می‌دهد:

۱. ارائه چارچوب طبقه‌بندی جدید

پژوهش حاضر با مطالعه ۳۲۰ مقاله طی ده سال گذشته، یک ساختار طبقه‌بندی جدید و پیشنهادی ارائه می‌کند که مدل‌های NDEA را به‌صورت یکپارچه بر اساس دو بُعد منطق پژوهش (قطعی، فازی، فازی شهودی، نتروسوفیک و عدم قطعیت) و حوزه کاربرد (صنعتی / خدماتی) دسته‌بندی می‌کند. این نوع ترکیب دوگانه منطق-حوزه قبلاً در هیچ پژوهش SLR ارائه نشده است.

۲. شناسایی شکاف‌های پژوهشی با رویکرد عدم قطعیت محور^۱

برای نخستین بار شکاف‌های پژوهشی بر پایه عدم قطعیت در مدل‌های شبکه‌ای استخراج شده است:

- کمبود جدی پژوهش‌ها در منطق عدم قطعیت (تنها ۲٪ مقالات)؛
- نبود مدل‌های شبکه‌ای استوار چندمرحله‌ای^۲؛
- عدم توجه به انتشار عدم قطعیت^۳ در ساختارهای سلسله‌مراتبی.

۳. توسعه یک مدل مفهومی جدید

مقاله یک مدل مفهومی جدید برای توسعه NDEA تحت عدم قطعیت ارائه می‌دهد که دربرگیرنده زنجیره تبدیل داده؛ جایگاه عدم قطعیت در متغیرهای ورودی-میانجی-خروجی و ارتباط با روش‌های مکمل مانند SOCP^۴، CCP^۵، Z-Number است.

1. uncertainty-centric

2. robust multi-stage

3. uncertainty propagation

4. second-order cone programming (SOCP)

5. constraint chance programming (CCP)

۴. ارائه پیشنهادهای پژوهشی آینده مبتنی بر تحلیل کتاب‌سنجی

این پژوهش نخستین SLR است که مسیری پژوهشی برای آینده NDEA را بر اساس داده‌کاوی کتاب‌سنجی ترسیم می‌کند.

روش‌شناسی پژوهش

جهت پاسخگویی به سؤالات و نیز رسیدن به اهداف پژوهش، فرآیند تحقیق در شش مرحله مطابق شکل ۱ سازمان‌دهی شده است. در ابتدا، مقالات مرتبط با جستجوی پیشرفته کلیدواژه‌های: “Network Data Envelopment Analysis”; “Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data”; “Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach”; “Two-Stage Data Envelopment Analysis” در عنوان، چکیده و کلمات کلیدی در دو پایگاه داده Web of Science و Scopus که از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ منتشر شده بودند بازبینی شدند. از دلایل انتخاب این پایگاه داده‌ها، مشارکت آن‌ها در جستجوی ادبیات و تجزیه و تحلیل اطلاعات کتاب‌شناختی است (نوروزی آورگانی و همکاران، ۱۴۰۲).

شکل ۱. گام‌های پژوهش



در تحقیق حاضر، از ۴ مرحله تجزیه و تحلیل اصلی برای انتخاب مقالات استفاده شده است:

مرحله اول: در این مرحله مقالاتی با عنوان «تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای»، «تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی»، «شبکه‌ای دومرحله‌ای»، «تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و عدم قطعیت» در عنوان، کلمات کلیدی و چکیده مقالات، جست‌وجو و جمع‌آوری شدند. با در نظر گرفتن موضوعات ذکر شده تعداد ۳۲۰ مقاله از مجموع ۱۹۶۹ مقاله استخراج شد. خلاصه‌ای از فرایند جست‌وجو در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. نتیجه جست‌جو در پایگاه داده Scopus (2014-2024)

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
"Network Data Envelopment Analysis"	All	All	All	3386
"Network Data Envelopment Analysis"	All	All	English	3386
"Network Data Envelopment Analysis"	All	Journal Articles	English	3385
"Network Data Envelopment Analysis"	Title, abstract, keywords	All	All	694
"Network Data Envelopment Analysis"	Title, abstract, keywords	All	English	693
"Network Data Envelopment Analysis"	Title, abstract, keywords	Journal Articles	English	633

جدول ۲. نتیجه جست‌جو در پایگاه داده Scopus (2014-2024)

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
"Network Data Envelopment Analysis And Fuzzy Data"	All	All	All	26
"Network Data Envelopment Analysis And Fuzzy Data"	All	All	English	24
"Network Data Envelopment Analysis And Fuzzy Data"	All	Journal Articles	English	23
"Network Data Envelopment Analysis And Fuzzy Data"	Title, abstract, keywords	All	All	4
"Network Data Envelopment Analysis And Fuzzy Data"	Title, abstract, keywords	All	English	4
"Network Data Envelopment Analysis And Fuzzy Data"	Title, abstract, keywords	Journal Articles	English	4

جدول ۳. نتیجه جستجو در پایگاه داده Scopus (2014 - 2024)

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
"Two-Stage Data Envelopment Analysis"	All	All	All	603
"Two-Stage Data Envelopment Analysis"	All	All	English	593
"Two-Stage Data Envelopment Analysis"	All	Journal Articles	English	534
"Two-Stage Data Envelopment Analysis"	Title, abstract, keywords	All	All	77
"Two-Stage Data Envelopment Analysis"	Title, abstract, keywords	All	English	77
"Two-Stage Data Envelopment Analysis"	Title, abstract, keywords	Journal Articles	English	77

جدول ۴. نتیجه جستجو در پایگاه داده web of science (2014 - 2024)

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data	All	All	All	247
Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data	All	All	English	247
Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data	All	Journal articles	English	233
Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data	Title, abstract, keywords	All	All	117
Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data	Title, abstract, keywords	All	English	111
Network Data Envelopment Analysis and Fuzzy Data	Title, abstract, keywords	Journal articles	English	103

جدول ۵. نتیجه جستجو در پایگاه داده Web of Science (2014-2024)

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach	All	All	All	105
Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach	All	All	English	105

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach	All	Journal articles	English	101
Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach	Title, abstract, keywords	All	All	38
Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach	Title, abstract, keywords	All	English	38
Network Data Envelopment Analysis and Uncertainty Approach	Title, abstract, keywords	Journal articles	English	38

جدول ۶. نتیجه جستجو در پایگاه داده Web of Science (2014-2024)

Keywords	Field	Type of document	Language	Quantity
Two-stage data envelopment analysis	All	All	All	1895
Two-stage data envelopment analysis	All	All	English	1872
Two-stage data envelopment analysis	All	Journal articles	English	1725
Two-stage data envelopment analysis	Title, abstract, keywords	All	All	1444
Two-stage data envelopment analysis	Title, abstract, keywords	All	English	1424
Two-stage data envelopment analysis	Title, abstract, keywords	Journal articles	English	1114

مرحله دوم: داده‌های خام تحقیق با استفاده از معیارهای زیر فیلتر شدند: (۱) انتخاب مقالات در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۴. به دلیل تعداد بسیار زیاد مقالات و مدیریت مقالات مرتبط، غربالگری و تحلیل آن‌ها دشوار یا غیرممکن خواهد بود؛ بنابراین در بازه زمانی ۱۰ ساله مقالات انتخاب شده‌اند. (۲) به منظور اطمینان از اعتبار نتایج، تنها از مقالات منتشرشده در مجلات معتبر علمی استفاده شده است. (۳) با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از پژوهش‌های علمی معتبر به زبان انگلیسی منتشر می‌شوند، استفاده از مقالات انگلیسی در مرور نظام‌مند، دقت، جامعیت و کیفیت علمی مطالعه را افزایش می‌دهد؛ بنابراین در این پژوهش از مقالات زبان انگلیسی استفاده شده است.

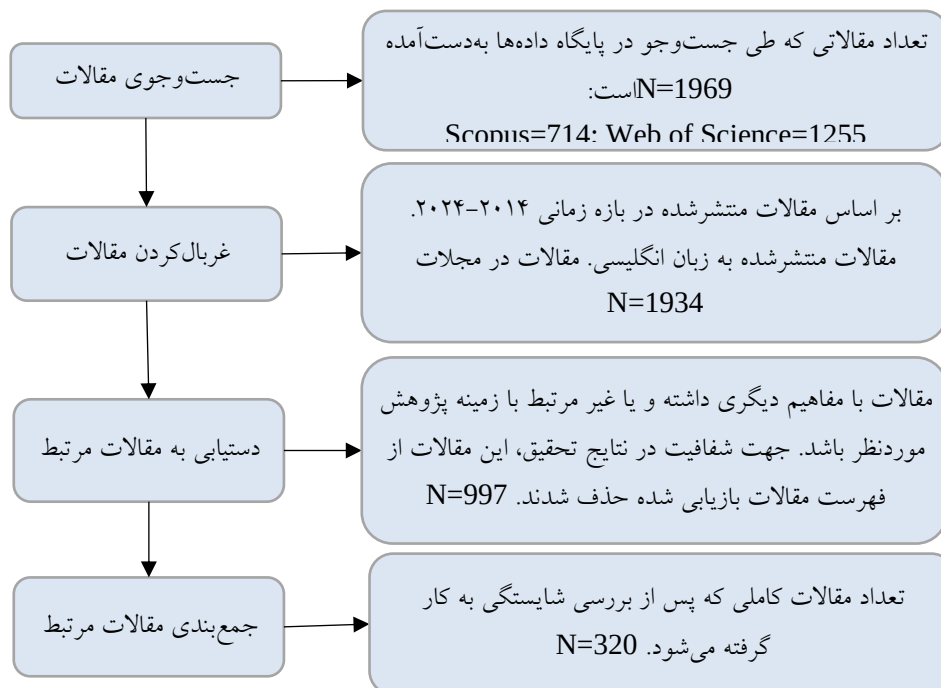
مرحله سوم: در مرحله بعد، مقالات شناسایی شده موردبررسی قرار گرفت و موارد تکراری حذف شدند.

مرحله چهارم: با مرور و بررسی مقالات، مشخص شد، کلیدواژه‌های: “Network data envelopment analysis”, “Network Data Envelopment”, “Analysis with Fuzzy Data”, “Network Data Envelopment Analysis with Uncertainty Approach” & “Two-stage data envelopment analysis” ممکن است در برخی از مقالات مفاهیم دیگری داشته و یا غیرمرتبط با زمینه پژوهش موردنظر باشد؛ با در نظر گرفتن این موضوع، پس از شناسایی این مقالات، جهت شفافیت در نتایج تحقیق، این مقالات از فهرست مقالات بازیابی شده حذف شدند.

جدول ۷. تعداد کل مقالات برای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بر اساس پایگاه داده

پایگاه داده‌ها	گام دوم	گام سوم	گام چهارم
Scopus	۶۸۰	۳۷۵	۱۳۲
Web of Science	۱۲۵۴	۶۲۲	۱۸۸
Total	۱۹۳۴	۹۹۷	۳۲۰

نمودار ۱. فرایند غربالگری مقالات انتخابی در جهت اهداف پژوهش



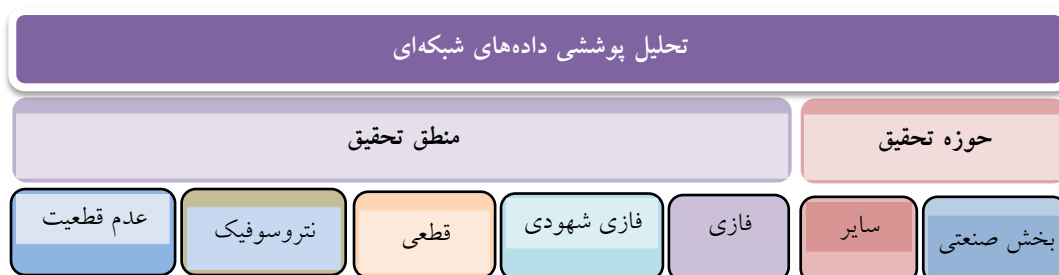
بعد از اتمام مراحل فوق، پژوهش حاضر به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود: (۱) مرور نظام‌مند (SLR) و (۲) پروفایل تحقیق.

مرور نظام‌مند (SLR)

هدف اصلی از انجام مرور نظام‌مند (SLR) سازمان‌دهی ادبیات مربوط به NDEA منتشر شده در ده سال گذشته بود. با توجه به پروفایل تحقیق، هدف اصلی این پژوهش، تهیه نقشه پژوهشی از طریق بررسی نشریات برای پاسخگویی به سؤالات زیر بود.

«کدام نویسندگان بیشتر به NDEA پرداخته‌اند؟»، «بیشترین حجم مقالات از کجا آمده است؟»، «زمینه‌های اصلی تحقیقات NDEA کدام‌اند؟» و «کلیدواژه‌های پرکاربرد کدام‌اند؟».

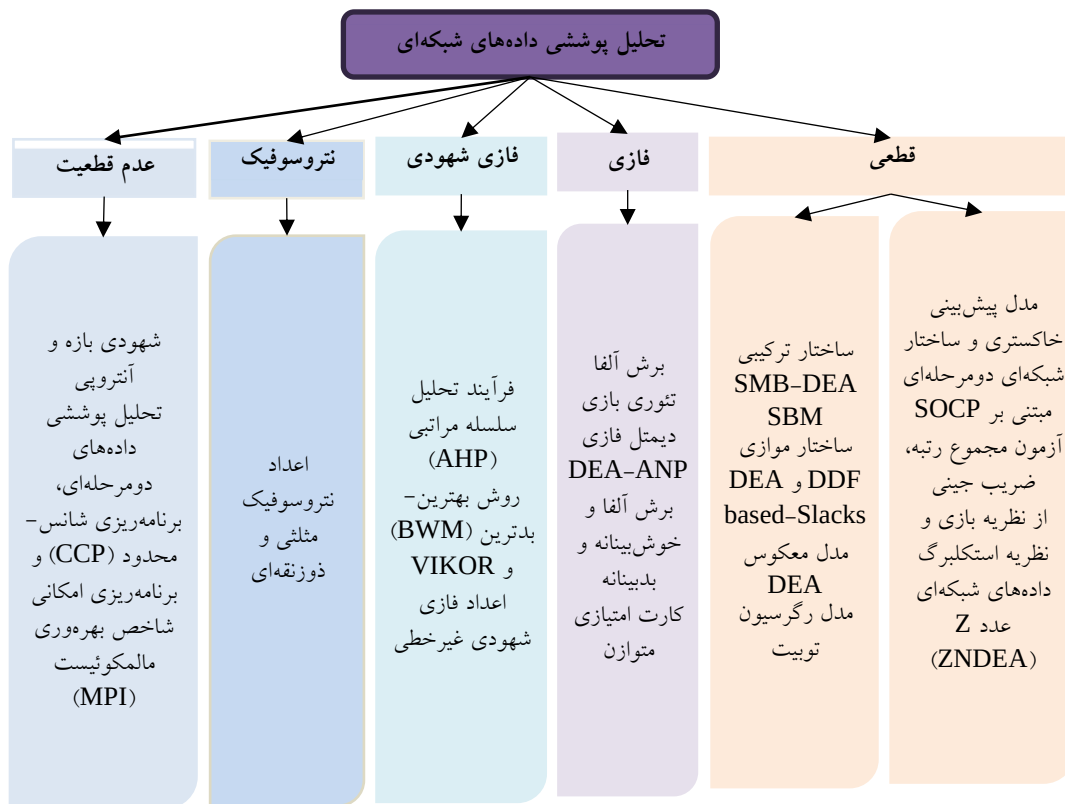
شکل ۲. نقشه مرور نظام‌مند



درمجموع ۳۲۰ مقاله بر اساس منطق تحقیق و حوزه‌های تحقیق جدول‌بندی شده‌اند. برای تسریع در یک بررسی نظام‌مند، مطالعه حاضر رویکرد SLR را برای دستیابی به دیدگاه آینده و شکاف دانش در این زمینه اتخاذ کرده است. در این قسمت؛ نتایج SLR بر اساس نقش‌هایی که در شکل ۲ نشان داده شده است، ارائه و سازمان‌دهی شد.

مقالات نهایی مربوط به موضوع پژوهش از منظر منطق تحقیق و حوزه تحقیق بررسی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که منطق تحقیق به پنج دسته شامل منطق قطعی، فازی، فازی شهودی، نترسوفیک و عدم قطعیت تقسیم شده‌اند. نقشه مرور نظام‌مند از منظر منطق تحقیق در شکل ۲ با شرح جزئیات نشان داده شده است. همچنین، حوزه تحقیق به دو دسته بخش‌های صنعتی و سایر تقسیم شده است. بخش‌های صنعتی شامل انرژی، حمل‌ونقل، خودرو، تولیدی، کاغذ، صنایع غذایی، صنایع هوایی و هتل‌داری، برق، ساخت‌وساز و پوشاک شده‌اند. سایر بخش‌ها شامل بخش بیمارستان، بانک، گردشگری، زنجیره تأمین، زیست‌محیطی، دانشگاه، کشاورزی می‌باشند. نقشه مرور نظام‌مند از منظر حوزه تحقیق در شکل ۳ با شرح جزئیات نشان داده شده است.

شکل ۳. نقشه مرور نظام‌مند از منظر منطق تحقیق



حوزه تحقیق

در این مطالعه با بررسی‌های صورت گرفته، مقالات مرتبط با NDEA از لحاظ حوزه تحقیق به دو بخش صنعت و سایر تقسیم شدند. هر کدام از بخش‌ها خود شامل زیربخش‌هایی به شرح زیر می‌شوند.

بخش‌های صنعتی: یکی از حوزه‌های تحقیقاتی است که بیشترین توجه محققان دانشگاهی را به خود جلب کرده صنعت است (Shao & Feng, 2019). تجزیه و تحلیل عملکرد، به‌ویژه ارزیابی کارایی در بخش صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، ارزیابی کارایی نه تنها قادر است وضعیت عملکرد صنایع را از نظر تخصیص منابع تشخیص دهد، بلکه پیامدهای سیاستی مهمی را برای بهینه‌سازی عملکرد و کاهش هزینه‌ها ایجاد می‌کند (آذر و زارعی محمودآبادی، ۱۳۹۲). یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای ارزیابی کارایی فرآیندها، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای است.

جدول ۸. مقالات مربوط به بخش‌های صنعتی

بخش‌های صنعتی	تعداد	درصد	بخش‌های صنعتی	تعداد	درصد
صنعت حمل‌ونقل	۳۵	۱۸/۵	ساخت‌وساز	۸	۴/۲
صنعت انرژی	۲۶	۱۳/۸	پوشاک	۵	۲/۶
صنعت خودرو	۲۵	۱۳/۲	بیمه	۲	۱/۰
تولیدی	۲۰	۱۱/۱	کاغذ	۱	۰/۵
هتلداری	۲۱	۱۰/۶	فولاد	۱	۰/۵
صنایع غذایی	۱۸	۹/۵	آرایشی و بهداشتی	۱	۰/۵
صنعت برق	۱۵	۸/۵	نفت و پتروشیمی	۱	۰/۵
صنعت هواپیمایی	۱۱	۵/۸			

بر اساس جدول ۸ در طی یک دهه گذشته ۱۹۰ مقاله به بخش صنعت اختصاص یافته است. بخش حمل‌ونقل با ۳۵ مقاله در رتبه اول بخش صنعت قرار گرفته است. صنعت انرژی با ۲۶ مقاله در رتبه دوم، صنعت خودرو با ۲۵ مقاله در رتبه سوم، تولیدی با ۲۰ مقاله در رتبه چهارم قرار دارد.

الرشیدی و همکاران^۱ (۲۰۲۴) در تحقیقی به‌اندازه‌گیری کارایی خطوط هوایی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا در حضور سرمایه نوآوری پرداختند. نتایج نشان داد که امتیاز کارایی خطوط هوایی در سال ۲۰۱۷ در مقایسه با سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ به ترتیب بالاتر است. به‌طور کلی، خطوط هوایی تأکید بیشتری بر مرحله خدمات نسبت به مرحله تولید دارند. چاوز^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به تحلیل کارایی با مدل DEA شبکه‌ای در صنعت نفت پرداختند. نتایج نشان داد که کارآمدترین گره اکتشاف و تولید بود، درحالی‌که کشورهای نفتی کارآمد؛ ایالات متحده آمریکا، فرانسه، امارات متحده عربی و آنگولا بودند. توسلی^۳ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی به ارزیابی کارایی شبکه‌ای توزیع برق ایران با ملاحظات پایداری، فناوری انرژی با یک مدل DEA شبکه‌ای فازی پرداختند. نتایج نشان داد که مرحله انتقال نسبت به مراحل تولید و توزیع عملکرد بهتری داشته است. تان و دسپوتیس^۴ (۲۰۲۱) در پژوهش خود به بررسی کارایی در صنعت هتلداری انگلستان با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

1 AlRashid

2 Chávez

3 Tavassoli

4 Tan & Despotis

پرداختند. یافته‌ها نشان داد که صنعت هتلداری انگلستان بسیار ناکارآمد است. رقی^۱ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌های برق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی پرداختند. آن و گان^۲ (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی سودآوری و کارایی شرکت‌های تولیدی ویتنام با کاربرد یک فرآیند چندمرحله‌ای پرداختند. سونگ^۳ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود به ارزیابی رقابت‌پذیری برای پایداری صنعت هوانوردی با استفاده از مدل DEA شبکه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که بهره‌وری در بین کشورها در هر مرحله متفاوت است و فرآیند ایجاد ارزش افزوده عمیق‌ترین اثر را بر تعیین پایداری کلی صنعت هوانوردی ملی دارد. ژای^۴ و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به اندازه‌گیری کارایی زنجیره‌های تأمین انرژی با مدل تحلیل پوششی داده‌های دوجمله‌ای پرداختند.

سایر بخش‌ها

بر اساس جدول ۹ در طی یک دهه گذشته ۱۳۰ مقاله از مقالات بررسی شده به بخش سایر اختصاص یافته است. بخش بانکداری با ۲۶ مقاله در رتبه اول بخش «سایر» قرار گرفته است. بیمارستان‌ها با ۲۲ مقاله در رتبه دوم، زنجیره تأمین، زنجیره تأمین سبز و زنجیره تأمین پایدار و چابک با ۱۹ مقاله در رتبه سوم، دانشگاه‌ها با ۱۱ مقاله در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند.

جدول ۹. مقالات مربوط به سایر بخش

سایر بخش‌ها	تعداد	درصد	سایر بخش‌ها	تعداد	درصد
بانکداری	۲۶	۲۰	زیست محیطی	۵	۳/۸
بیمارستان‌ها	۲۲	۱۶/۹	داروسازی	۵	۳/۸
زنجیره تأمین سبز، پایدار، چابک	۱۹	۱۴/۶	شهرداری	۵	۳/۸
دانشگاه‌ها	۱۱	۸/۵	فرودگاه‌ها	۳	۲/۳
سیستم‌های آموزشی	۹	۶/۹	کشتیرانی	۱	۰/۸
مراقبت‌های بهداشتی	۸	۶/۲	نظامی	۱	۰/۸
کشاورزی	۷	۵/۴	فلزی	۱	۰/۸
صنایع دستی و گردشگری	۶	۴/۶	چوب (مبل سازی)	۱	۰/۸

1 Roghaee

2 Anh & Gan

3 Song

4 Zhai

تموسو^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی به ارزیابی کارایی آموزش عالی آفریقای جنوبی با رویکرد DEA شبکه‌ای و شواهدی از تجزیه و تحلیل تدریس و تحقیق در سطح دانشگاه پرداختند. یافته‌ها نشان داد که کارایی فعالیت‌های آموزشی ۰/۹۴۲ و کارایی عملیاتی پژوهشی ۰/۷۸۲ است. عملکرد مبتنی بر شبکه دانشگاه‌های آفریقای جنوبی ۰/۸۴۴ است که به شدت با کارایی تحقیقات مرتبط است. آزادی^۲ و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی به استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برای ارزیابی پایداری و انعطاف‌پذیری زنجیره‌های تأمین مراقبت‌های بهداشتی در پاسخ به همه‌گیری کووید ۱۹ پرداختند. نتایج نشان داد که چگونه مدل پیشنهادی می‌تواند پایداری و انعطاف‌پذیری زنجیره‌های تأمین مراقبت‌های بهداشتی را در حضور انواع مختلف داده‌ها ارزیابی کند و چگونه، تحت شرایط مختلف، کارایی واحدهای تصمیم‌گیری تغییر می‌کند. جونیور^۳ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی به زیرساخت و کارایی یکپارچه‌سازی پرواز فرودگاه‌های بین‌المللی عمومی و خصوصی برزیل با رویکرد DEA دوحله‌ای و شاخص مالمکوئیست پرداختند. نتایج آماری نشان داد که تفاوت قابل توجهی در کارایی بین فرودگاه‌های تحت مدیریت دولت و فرودگاه‌های تحت امتیازبخش خصوصی وجود دارد. آقاسی‌زاده^۴ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی کارایی بیمارستان‌ها با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و ارائه مدلی مناسب برای تخصیص منابع برای سرمایه‌گذاری‌های آتی پرداختند. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن بخش‌های داخلی سازمان و همچنین روابط بین بخش‌ها، تحلیل دقیق‌تری از کارایی بیمارستان‌ها انجام می‌شود و تفکیک بهتری در رتبه‌بندی بین سازمان‌ها خواهیم داشت. سی^۵ و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به تحلیل کارایی فرامرزی برای خدمات داروسازی با استفاده از چارچوب DEA شبکه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که ناکارآمدی کلی داروخانه بیمارستانی تا حد زیادی تحت تأثیر ناکارآمدی خدمات به بیمار است. شیائو و چن^۶ (۲۰۱۹) در پژوهشی به ارزیابی عملکرد برای بیمارستان‌های تایوان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای چندفعالیتی پرداختند. نتایج نشان داد که فرآیندهای تولید محصولات پزشکی و توان‌بخشی در تایوان دارای میانگین راندمان بالاتری نسبت به فرآیندهای خدماتی خود هستند، در حالی که فرآیندهای تولید محصولات دارویی دارای متوسط راندمان پایین‌تری نسبت به

1 Temoso

2 Azadi

3 Junior

4 Aghasizadeh

5 See

6 Hsiao & Chen

فرآیندهای خدماتی آن هستند. این نتایج مرجعی برای ارتقای راهبردهای بهره‌برداری و مدیریت برای تمامی بیمارستان‌های کشور است.

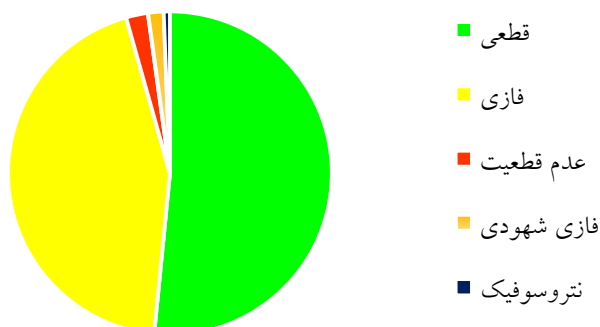
منطق پژوهش

بر اساس نقشه مرور نظام‌مند از منظر منطق پژوهش، ۳۲۰ مقاله نهایی به چهار دسته تقسیم شدند. بیشترین منطق مورد استفاده در NDEA در طی یک دهه گذشته مربوط به منطق «قطعی» است که تعداد ۱۶۵ مقاله را به خود اختصاص داده است. سپس منطق «فازی» با ۱۴۱ مقاله، «عدم قطعیت» با ۷ مقاله، «فازی شهودی» با ۵ مقاله و «نترسوفیک» با ۲ مقاله (جدول ۱۰ و شکل ۴).

جدول ۱۰. مقالات مربوط به منطق پژوهش

منطق پژوهش	تعداد	درصد
قطعی	۱۶۵	۰/۵۱۶
فازی	۱۴۱	۰/۴۴۱
عدم قطعیت	۷	۰/۰۲۲
فازی شهودی	۵	۰/۰۱۶
نترسوفیک	۲	۰/۰۰۶

شکل ۴. مقالات مربوط به منطق پژوهش



منطق قطعی: هنگام استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای ارزیابی کارایی یک سیستم صنعتی با تکنولوژی بالا، لازم است که فرآیند عملیاتی در هر دوره و وابستگی متقابل بویا بین دوره‌های سیستم در نظر گرفته شود. در این میان، نمی‌توان کاستی‌های حالت خودارزیابی DEA را نادیده گرفت. با این حال،

مطالعات کمی با این سه مشکل در یک چارچوب یکپارچه سروکار دارند (Huang & Wang, 2024). مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به بررسی کارایی واحدهایی کمک می‌کند که دارای ساختارهای شبکه‌ای هستند و ارائه‌گر معیارهایی برای مؤلفه‌هایی است که این واحدهای تصمیم‌گیری را ایجاد می‌کنند. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، موانع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی را که از محصولات یا خدمات داخلی غافل است را حذف می‌کند (Mahdiloo et al., 2016). تفاوت اصلی بین تحلیل پوششی داده‌های مرسوم (DEA) و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA) در ساختار داخلی یک واحد تصمیم‌گیری نهفته است. بسیاری از متدولوژی‌های DEA از پرداختن به موضوع گنجاندن تأثیر واسطه، مستقیماً در تابع هدف غفلت می‌کنند (Golshani et al., 2021). توسلی (۲۰۲۴) در مطالعه خود به ارزیابی انعطاف‌پذیری پایداری زنجیره تأمین با رویکرد DEA شبکه‌ای پویا پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین کارایی بخش انتقال از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ بالاتر از دو بخش تولید و توزیع دیگر است. رجایی^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد مزارع گندم با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای چندمرحله‌ای پویا پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که به دلیل عدم برنامه‌ریزی بلندمدت و اتکای بیش‌ازحد به بارندگی، اکثر مناطق موردبررسی از نظر کارایی پایداری ندارند و کارایی مناطق به‌صورت زیگزاگ در طول زمان تغییر می‌کند. کائور و پوری^۲ (۲۰۲۳) در تحقیقی به تحلیل کارایی هزینه با استفاده از DEA شبکه‌ای پویا پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که اهداف مقرون‌به‌صرفه برای سیاست‌گذاران مفید هستند.

منطق فازی: مدل‌های کلاسیک DEA برای کار با داده‌های قطعی طراحی شده‌اند و نمی‌توانند با عدم قطعیت در ورودی‌های خود مقابله کنند. تکنیک‌هایی که تاکنون برای ارزیابی کارایی نادقیق (فازی) توسعه یافته‌اند نیز بسیار محدود و در برخی موارد معیوب هستند. با توجه به اینکه ورودی‌ها و خروجی‌های مسائل دنیای واقعی همیشه قطعی و دقیق نیستند و برخی از داده‌ها را فقط می‌توان به‌صورت کلامی و ذهنی بیان کرد؛ بنابراین ماهیت فازی دارند، استفاده از مجموعه‌های فازی در مدل‌سازی ریاضی برای غلبه بر چالش‌های مواجهه با چنین داده‌هایی امری ضروری است (زارعی محمودآبادی و نوروزی آورگانی، ۱۴۰۳). توسلی و قندهاری^۳ (۲۰۲۴) در پژوهشی به ارزیابی پایداری و تاب‌آوری زنجیره تأمین در یک

1 Rajaei

2 Kaur & Puri

3 Tavassoli & Ghandehari

مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی پرداختند. نتایج نشان داد که معیارهای اجتماعی و تاب‌آوری به‌طور قابل توجهی بر عملکرد و رتبه‌بندی زنجیره‌های تأمین تأثیر می‌گذارند. منصوری^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی اعتباری صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی پرداختند. نتایج نشان داد که در نظر گرفتن ساختار داخلی صندوق‌های سرمایه‌گذاری و همچنین ادغام منطق فازی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، منجر به ارزیابی دقیق‌تر و جامع‌تری از عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری می‌شود. درواقع رویکرد پیشنهادی پژوهش علاوه برافزایش دقت فرآیند اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد، بینش‌های ارزشمندی را در مورد وضعیت کارایی و شناسایی علل ناکارآمدی صندوق‌های سرمایه‌گذاری ارائه کرده و به مدیران صندوق‌ها و سرمایه‌گذاران اجازه می‌دهد تا با شناسایی عوامل کلیدی عملکرد و زمینه‌های بهبود، تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند. توسلی و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی به ارزیابی کارایی شبکه‌ای توزیع برق ایران با ملاحظات پایداری، فناوری انرژی یک مدل DEA شبکه‌ای فازی پرداختند. مارینی^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی به توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه فازی برای اندازه‌گیری سطوح بلوغ یک سیستم بودجه‌بندی مبتنی بر عملکرد پرداختند. نتایج نشان داد که قدرت تمایز مدل چندلایه پیشنهادی بهتر از مدل‌های موجود با یک‌لایه است و در موقعیت‌هایی که تعداد DMU ها نسبتاً کم است، مدل توسعه‌یافته می‌تواند راه‌حل خوبی برای کاهش ابعاد شاخص‌ها باشد.

منطق فازی شهودی: به دنبال توسعه منطق فازی، آتاناسوف در سال ۱۹۸۶ نظریه مجموعه‌های فازی را بیشتر گسترش داد تا مجموعه‌های فازی شهودی را با سه ویژگی «درجه عضویت»، «درجه عدم عضویت» و «درجه تردید» ارائه دهد؛ بنابراین، مجموعه‌های فازی شهودی^۳ (IFS) می‌توانند به‌طور کارآمد اطلاعات ناقص را مدل‌سازی کنند، بنابراین برای مقایسه با مجموعه‌های فازی، IFS ها در برخورد با ابهام و عدم قطعیت مؤثرتر هستند. IFS از میان چندین مجموعه فازی مرتبه بالاتر، توانایی بیشتری برای مقابله با ابهام دارد. مجموعه‌های فازی فقط درجه پذیرش را در نظر می‌گیرند، درحالی‌که IFS با هر دو تابع عضویت و تابع غیرعضو مشخص می‌شود به‌طوری‌که مجموع هر دو مقدار کمتر از یک است (رحمتی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۲).

1 Mansouri

2 Marbini

3 intuitive fuzzy sets (IFS)

محمدی اردکانی^۱ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی به توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای محدود در محیط فازی شهودی پرداختند. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی با نتایج NDEA سنتی با داده‌های واضح، نتایج به وضوح قدرت تمایز بالاتر را در رتبه‌بندی DMU ها از نظر کارایی آن‌ها دارد. شکوری^۲ و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیق خود از اعداد فازی شهودی و کاربرد آن برای حل مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی شهودی استفاده کردند. سپس با معرفی تابع دقت، مدل را به یک برنامه‌ریزی خطی تبدیل کرده و واحدهای تصمیم‌گیری را بر اساس تعریف برش آلفا و درجه تردید رتبه‌بندی و ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که مدیریت مصرف منابع، به‌ویژه تجهیزات و سرمایه، مناسب نیست و سرمایه‌گذاری ناکافی است. اگرچه نرخ استهلاک تأسیسات سرمایه‌ای در این صنعت بالا است، اما هدف از سرمایه‌گذاری، ارتقاء سطح فناوری نیست. عامری^۳ و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به ارزیابی NDEA در محیط فازی شهودی برای اندازه‌گیری کارایی سیستم موازی پرداختند. نتایج نشان داد که با توجه به تفاوت‌های اساسی در سازمان‌ها، خودارزیابی به عنوان یکی از بهترین روش‌های ارزیابی در نظر گرفته می‌شود. سازمان‌ها می‌توانند فعالیت‌های خود را در افق‌های زمانی مختلف تقسیم‌بندی کرده و عملکرد خود را در هر نقطه از زمان با زمان‌های دیگر مقایسه کرده و دلایل کارایی و عدم کارایی خود را کشف کنند.

منطق نتروسوفیک: منطق نتروسوفیک جامع‌ترین نوع منطق است که نخستین بار در سال ۱۹۹۷ برای مواجهه با عدم قطعیت و نقصان اطلاعات در فرآیند تصمیم‌گیری معرفی شد. مجموعه نتروسوفیک بخشی از مفهوم نتروسوفی است که تعامل با طیف‌های مختلف اندیشه‌ای را مورد مطالعه قرار می‌دهد و در این راستا به مفاهیم درستی و نادرستی از دو منظر نسبی و مطلق می‌نگرد به گونه‌ای که درستی یا نادرستی نسبی از هر فرد به فرد دیگر متفاوت است در حالی که درستی یا نادرستی مطلق مستقل از افراد است (Otay & Kahraman, 2019). به کارگیری رویکردهای غیرقطعی نوینی مانند منطق نتروسوفیک به مثابه سازوکاری برای مواجهه با عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های ذهنی خبرگان به جای سایر رویکردها می‌تواند از سوگیری نظرات خبرگان کاسته و با اعمال عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های آن‌ها علاوه بر افزایش

1 Mohammadi Ardakani

2 Shakouri

3 Ameri

انعطاف‌پذیری بر دقت قضاوت و ارزیابی بیفزاید. موهانتا و شاراناپا^۱ (۲۰۲۳) در تحقیقی به توسعه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای دومرحله‌ای نتروسوفیک برای اندازه‌گیری عملکرد صنعت بیمه پرداختند. تابع میانگین احتمالی وزنی برای حل مدل‌های پیشنهادی استفاده می‌شود که مدل‌های Neu-TSNDEA^۲ را به مسائل برنامه‌ریزی خطی (LP) قطعی مربوطه تبدیل می‌کند. راسینجه‌دهی و والامی^۳ (۲۰۲۳) در تحقیقی به یک مدل جامع نتروسوفیک برای ارزیابی کارایی خطوط هوایی بر اساس مدل SBM از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه موردی و تحلیل نشان داد که مدل ساخته‌شده می‌تواند با موفقیت ارزیابی‌های عملکرد را انجام دهد. با در نظر گرفتن تعداد کمبودها یا مازادها در تابع هدف، مدل پیشنهادی به تحلیلگران و مدیران ارزیابی دقیق‌تری از کارایی ساختار شبکه ارائه داد.

عدم قطعیت: عدم قطعیت و ابهام داده‌ها به دلایل مختلفی از جمله خطاهای اندازه‌گیری، داده‌های از دست‌رفته و تخمین‌های نادرست ایجاد می‌شود. نادیده گرفتن عدم قطعیت داده‌ها می‌تواند منجر به ارزیابی‌های مغرضانه و غیرقابل اعتماد شود (زارعی محمودآبادی و نوروزی آورگانی، ۱۴۰۳). از این رو، نیاز به توسعه تکنیک‌های مؤثر اندازه‌گیری بهره‌وری وجود دارد که عدم قطعیت داده‌ها را در زمینه سیستم‌های شبکه‌ای دومرحله‌ای در نظر بگیرند.

شجاعی^۴ و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی به بررسی شاخص بهره‌وری مالمکوئیست برای سیستم‌های شبکه‌ای دومرحله‌ای تحت عدم قطعیت داده‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که بینش‌های ارزشمندی را برای مدیران صندوق، سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران در درک پویایی بهره‌وری صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک و تصمیم‌گیری آگاهانه ارائه می‌دهد. در مجموع، این تحقیق به پیشرفت روش‌های اندازه‌گیری بهره‌وری کمک می‌کند و چارچوبی جامع و مؤثر برای تحلیل عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری شبکه‌ای دومرحله‌ای تحت ابهام داده‌ها ارائه می‌دهد. آفونسو^۵ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی به مقابله با عدم قطعیت در ارزیابی عملکرد مراقبت‌های بهداشتی با رویکرد DEA شبکه‌ای با خروجی‌های نامطلوب پرداختند. نتایج نشان داد که پتانسیل بهبود کارایی بیمارستان در پرتغال حدود ۲۰ درصد، به‌ویژه با توجه به همه‌گیری کووید-۱۹، وجود دارد. علاوه بر این، بسته به اندازه بیمارستان، تغییراتی در عملکرد مشاهده

1 Mohanta & Sharanappa

2 neutrosophic version of two-stage network DEA

3 Rasinojehdehi & Valami

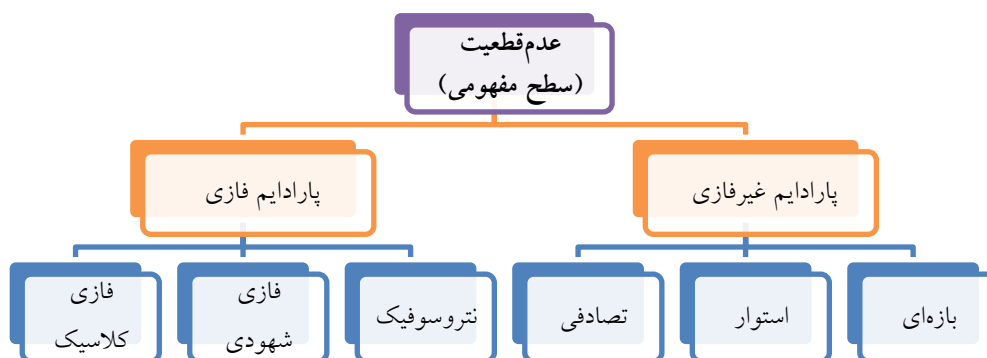
4 Shojaie

5 Afonso

شد. علایی^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد با استفاده از یک مدل جدید DEA شبکه‌ای در رابطه با پایداری و عوامل نامطلوب تحت عدم قطعیت پرداختند. نتایج نشان داد که بهره‌برداری هم‌زمان از سیاست‌های پیش از توزیع و پس از توزیع می‌تواند کارایی سیستم موردبررسی را ۳۶٪ افزایش دهد. همچنین، اصلاح طرح‌بندی برای حذف عملیات حمل‌ونقل زائد می‌تواند منجر به افزایش ۱۸ درصدی بهره‌وری شود. پیکانی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی به ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای دو مرحله‌ای تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. در نهایت، یک مطالعه موردی واقعی از بورس اوراق بهادار تهران مورد استفاده قرار گرفت و یافته‌ها نشان داد که مدل توسعه‌یافته مؤثر است. شیری^۲ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به مدل DEA شبکه‌ای تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. نتایج نشان داد که ترجیحات تصمیم‌گیرندگان نقش کلیدی در برنامه‌ریزی منابع انسانی و توسعه منطقه‌ای ایفا می‌کند. علاوه بر این، نتایج، کارایی رویکرد پیشنهادی را در نمونه‌های مختلف در بازه‌های زمانی معقول تأیید می‌کند. لین^۳ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد خلق ارزش برای شرکت‌های هلدینگ مالی تایوان در طول بحران مالی جهانی بر اساس مدل NDEA چند مرحله‌ای تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند.

روابط سلسله‌مراتبی مفهومی میان عدم قطعیت، پارادایم فازی و توسعه‌های آن و همچنین تمایز آن‌ها از پارادایم‌های غیرفازی، در شکل ۵ به صورت شماتیک ارائه شده است.

شکل ۵. چارچوب مفهومی سلسله‌مراتبی عدم قطعیت و پارادایم‌های عملیاتی مدل‌سازی در ادبیات NDEA



1 Allaei

2 Shiri

3 Lin

این شکل، جایگاه مفهومی عدم قطعیت را به عنوان یک ابرمفهوم در سطح نظری نشان می‌دهد که شامل پارادایم‌های مختلف مدل‌سازی است. در این چارچوب، پارادایم فازی و پارادایم‌های غیرفازی (شامل رویکردهای تصادفی، استوار و بازه‌ای) همگی ذیل مفهوم کلان عدم قطعیت قرار می‌گیرند. همچنین، منطق فازی کلاسیک، فازی شهودی و نتروسوفیک در سطح نظری زیرمجموعه پارادایم فازی محسوب می‌شوند. باین حال، در ادبیات تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA)، این رویکردها به دلیل تفاوت‌های ساختاری، ریاضی و عملیاتی، به صورت پارادایم‌های مستقل مدل‌سازی توسعه یافته‌اند. از این رو، طبقه‌بندی حاضر مبتنی بر سطح عملیاتی مدل‌سازی بوده و نه بر تفکیک فلسفی نظریه‌های عدم قطعیت. برای امکان قیاس راحت‌تر، تقسیم‌بندی‌های منطق پژوهش در جدول ۱۱ به صورت مقایسه‌ای نیز ارائه شده است.

جدول ۱۱. مقایسه پارادایم‌های عملیاتی مدل‌سازی عدم قطعیت در ادبیات NDEA

پارادایم عملیاتی مدل‌سازی	جایگاه مفهومی	نوع عدم قطعیت مدل شده	ویژگی متمایز	کاربرد متداول در NDEA
قطعی (Deterministic)	خارج از عدم قطعیت	عدم وجود عدم قطعیت	داده‌های دقیق و ثابت	تحلیل پایه و مقایسه‌ای
فازی کلاسیک (Fuzzy DEA)	عدم قطعیت ← پارادایم فازی	ابهام و نادقیقی	تابع عضویت و درجات پیوسته	داده‌های ذهنی و زبانی
فازی شهودی (IFDEA)	عدم قطعیت ← پارادایم فازی	ابهام + عدم عضویت	لحاظ هم‌زمان عضویت، عدم عضویت و تردید	قضایات‌های چندمعنایی
نتروسوفیک (NDEA-N)	عدم قطعیت ← پارادایم فازی	ابهام + عدم اطمینان صریح	مدل‌سازی هم‌زمان درستی، نادرستی و نامعینی	داده‌های بسیار نامطمئن
تصادفی (Stochastic DEA)	عدم قطعیت ← پارادایم غیرفازی	تغییرپذیری تصادفی	توزیع احتمالی داده‌ها	محیط‌های نوسانی
استوار (Robust DEA)	عدم قطعیت ← پارادایم غیرفازی	انحراف ساختاری	بدترین حالت محور	تحلیل پایداری
بازه‌ای (Interval DEA)	عدم قطعیت ← پارادایم غیرفازی	دامنه نادقیقی	کران بالا و پایین	داده‌های ناقص

اطلاعات کتاب‌شناختی

در بخش حاضر، نتایج تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بر اساس اطلاعات استخراج شده از نرم‌افزارهای

مرور نظام‌مند تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد عدم قطعیت؛ صیادی تورانلو و همکاران | ۲۷

Microsoft Excel و VOSviewer برای پاسخ به سؤالات زیر استفاده شده است. WOS و اسکوپوس، معتبرترین پایگاه استنادی در جهان هستند و همچنین از نظر تحقیقات کتاب‌سنجی جزو معتبرترین پایگاه داده هستند.

- نویسندگان برتر در این زمینه چه کسانی هستند؟
- بیشتر از چه کلمات کلیدی استفاده شده است؟
- بیشترین حجم مقالات در حوزه موردنظر در چه سال‌هایی منتشر شده‌اند؟
- کدام مجلات بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟

نویسندگان

باتوجه به تجزیه و تحلیل داده‌های استخراج شده در مجموع ۸۲۹ نویسنده در نگارش مقالاتی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند مشارکت داشته‌اند. فراوانی این نویسندگان از ۱ تا ۱۳ متغیر بوده است. در جدول ۱۲ فهرستی از برترین نویسندگانی که بیشترین تعداد مقالات چاپ شده در زمینه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را داشته‌اند ارائه شده است.

جدول ۱۲. نویسندگان برتر در زمینه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

نویسنده	تعداد	نویسنده	تعداد
Zhu.j.	13	Chen.y	6
Lotfi.f.h	9	Azadi.m	6
Emrouznejad	7	Kao.c	5
Yu,m.m	6	li.y	5
Saen.r.f	6	Chiu.y.k	5
Omrani.h	6		

کلیدواژه

کلمات کلیدی که غالباً در مقالات مرتبط با موضوع تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای توسط نویسندگان استفاده شده‌اند، در جدول ۱۳ ارائه شده است. رایج‌ترین این واژه‌ها «Data Envelopment Analysis» با فراوانی ۲۱۹ تکرار است. بعد از آن واژه‌های Network Data با ۱۲۴ فراوانی بوده است.

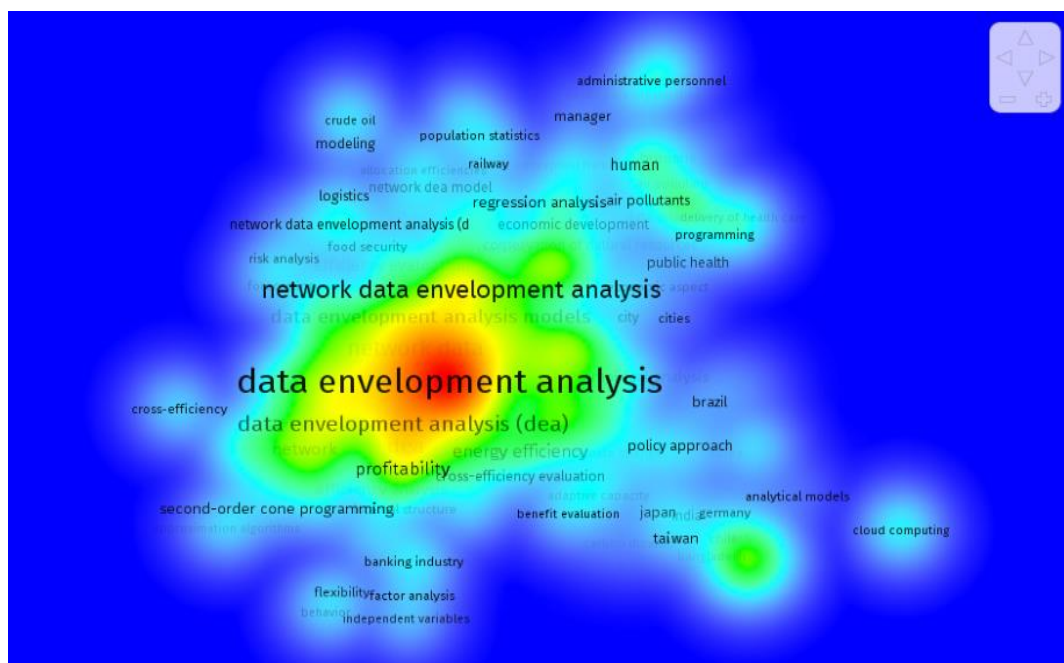
جدول ۱۳. پرکاربردترین کلیدواژه‌ها

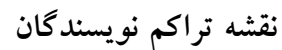
تعداد	کلیدواژه
219	Data Envelopment Analysis
124	Network Data
113	Efficiency
92	Network Data Envelopment Analysis
27	Energy Efficiency
17	Performance Assessment

پیرکاربردترین کلیدواژه‌ها

بعد از انجام مراحل فوق در این بخش، شناسایی پرتکرارترین کلمات کلیدی مورد استفاده در مقالات با موضوع تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با نرم‌افزار VOSviewer در دستور کار قرار گرفت. نتایج این قسمت در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل، بزرگی دایره نشان‌دهنده کاربرد بیشتر آن واژه کلیدی است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود واژه «تحلیل پوششی داده‌ها» رایج‌ترین کلمه کلیدی مورد استفاده در این مقالات بوده است.

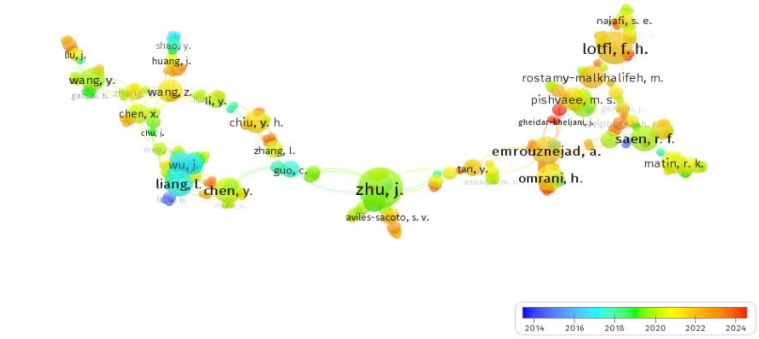
شکل ۶. پرکاربردترین کلیدواژه‌ها در منابع علمی تحلیل پوششی داده‌ها شبکه‌ای



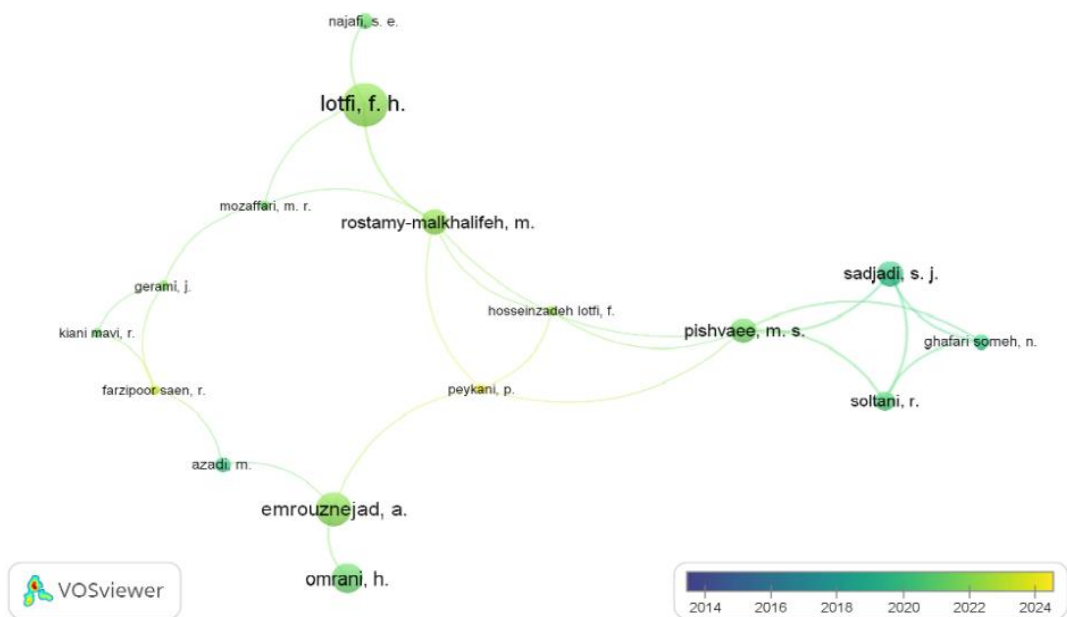


با استفاده از نرم افزار VOSviewer نقشه نویسدگانی که ارتباط علمی بیشتری با یکدیگر داشتند به دست آمد. آن‌هایی که ارتباط بالاتری با یکدیگر دارند نزدیک به یکدیگر هستند و آن‌هایی که ارتباط‌های پایین‌تری با یکدیگر دارند دورتر نشان داده شده‌اند. همچنین حضور محقق در مرکز طرح چگالی نشان‌دهنده اهمیت آن در شبکه مشارکتی محققین است. لازم به ذکر است که تحلیل خوشه‌ای از شبکه هم‌نویسدگی نویسدگان تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نشان می‌دهد که شبکه داده‌شده از ۱۸ خوشه مجزا تشکیل شده است. در نهایت، شبکه هم‌نویسدگی از نقشه چگالی محققین بر اساس تولیدات علمی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در شکل ۸ نشان داده شده است. همچنین در شکل ۹ نویسدگان ایرانی که در این حوزه باهم همکاری داشتند نشان داده شده است. با این توضیح، نویسدگان نامرتب و نمایه شده در داده زیر، هیچ‌گونه همکاری با سایر نویسدگان در انتشار مقالات با موضوع تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نداشته‌اند.

شکل ۸. نقشه تراکم پژوهشگران از نظر تولیدات علمی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای



شکل ۹. نقشه تراکم پژوهشگران از نظر تولیدات علمی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در ایران



مرتبط‌ترین منابع

بهترین مجلات از نظر تعداد مقالات منتشر شده توسط هر مجله در جدول ۱۴ نشان داده شده است. در مجموع تعداد ۲۷ مجله یافت شد. تعداد اسناد منتشر شده در این مجلات از ۱ تا ۱۳ سند متغیر است. پنج مجله: European Journal of Operational Research; Annals of Operations Research; Sustainability Socio-Economic Planning Sciences sustainabiliy; با بیشترین تعداد اسناد منتشر شده در مقایسه با سایر مجلات رتبه اول تا پنجم را به خود اختصاص دادند.

جدول ۱۴. مؤثرترین مجلات بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴

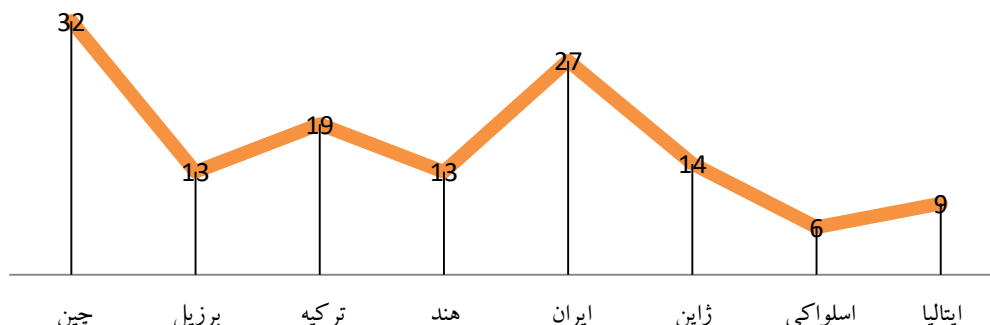
مجله	تعداد
Annals of Operations Research	13
European Journal of Operational Research	13
SUSTAINABILITY	11
Socio-Economic Planning Sciences	8
Sustainability	7

کشور نویسنده مسئول

در شکل ۱۰ کشور نویسنده مسئول هر مقاله نشان داده شده است. ۸ کشور برتر با توجه به تعداد مقالات منتشر شده، در این داده‌ها گنجانده شده‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، کشور چین با چاپ ۳۲ مقاله در این زمینه در جایگاه اول قرار می‌گیرد. کشورهای ایران، ترکیه، ژاپن، هند، برزیل در زمینه مورد مطالعه در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

شکل ۱۰. کشور نویسنده مسئول هر مقاله

کشور نویسنده مسئول



بحث:

مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در شرایط عدم قطعیت به ارزیابی عملکرد سیستم‌های پیچیده با چندین واحد یا مرحله کمک می‌کند. این روش با مدیریت داده‌های ناقص یا مبهم، دقت تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد و به بهینه‌سازی تخصیص منابع و شناسایی نقاط ضعف سیستم‌ها کمک می‌کند. استفاده از این تحلیل در شرایط عدم قطعیت امکان بهبود کارایی و شفافیت بیشتر در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را

فراهم می‌آورد. به این ترتیب، این روش در بسیاری از حوزه‌ها مانند تولید، بهداشت و حمل و نقل کاربرد گسترده‌ای دارد.

در راستای اهداف مطرح شده در این تحقیق، ۳۲۰ مقاله مرتبط با تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی انتزاعی و استنادی «Scopus» و «Web of Science» برای مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۴ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بر اساس عنوان، چکیده و کلمه کلیدی انجام شد. در پژوهش‌های مشابه مانند راتنر^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی مرور نظام‌مند تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و کاربردهای آن، ۵۹۸ مقاله در بازه زمانی (۲۰۱۷-۲۰۲۲) را بررسی کردند که ساختارهای شبکه‌ای برای مدل‌های بانکی، مدل‌های زنجیره تأمین، مدل‌های بهره‌وری اقتصادی سیستم‌های تولیدی پیچیده، مدل‌های فرآیندهای نوآوری و مدل‌های دانشگاه‌ها یا بخش‌های آن‌ها و سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌شوند. در حالی که در پژوهش حاضر مقالات بازه زمانی اخیر در شرایط عدم قطعیت به همراه تجزیه و تحلیل کتاب‌شناختی مورد بررسی قرار گرفت. ادبیات مربوط به تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به طور گسترده در این پژوهش بررسی و بر اساس حوزه تحقیق و منطق تحقیق طبقه‌بندی شد. همه ۳۲۰ مقاله انتخاب شده با توجه به مواردی مانند نویسنده، رویکردها، روش‌ها و غیره به دقت مورد بررسی و تحلیل واقعی قرار گرفتند. با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نمودارهای این پژوهش رسم و همچنین از نرم‌افزار VOS viewer برای شناسایی واژه‌های کلیدی پر کاربرد و ساخت شبکه کتاب‌سنجی مشترک محققین پیشرو استفاده شد. اهداف زیر پس از بررسی مقالات محقق شد:

- ارائه مطالعه جامع در زمینه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای؛
- تجزیه و تحلیل ویژگی‌های کتاب‌شناختی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای؛
- کمک به محققان برای درک بهتر مفاهیم کلی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای؛
- تعیین حوزه‌های اصلی تحقیق در زمینه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای.

بر اساس یافته‌های تحقیق پاسخ پرسش‌های اصلی به شرح زیر است:

– نویسندگان برتر در این زمینه چه کسانی هستند؟

در مجموع ۸۲۹ نویسنده در نگارش مقالاتی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند مشارکت داشته‌اند که در این میان، Zhu.j از تأثیرگذارترین نویسندگان در این زمینه بودند.

- بیشتر از چه کلمات کلیدی استفاده شده است؟

رایج‌ترین این واژه‌ها «Data Envelopment Analysis» با فراوانی ۱۹۰ تکرار است.

- بیشترین حجم مقالات در حوزه موردنظر در چه سال‌هایی منتشر شده‌اند؟

دوره ۲۰۲۲ با رشد قابل توجه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای همراه بود.

- کدام مجلات بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟

پنج مجله: “Annals of Operations Research”; “European Journal of Operational Research”;

“Sustainability”; “Sustainability Socio-Economic Planning Sciences” با بیشترین تعداد اسناد

منتشر شده در مقایسه با سایر مجلات رتبه اول تا پنجم را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه، ادبیات موضوعی NDEA را روشن می‌کند و توسعه‌یافته‌ترین حوزه‌های کاربردهای عملی مدل‌های شبکه‌ای را برجسته می‌کند. اغلب، مدل‌های شبکه‌ای برای توصیف ساختار و فرآیندهای داخلی استفاده می‌شوند. مدل‌های دو مرحله‌ای که در آن خروجی‌های مرحله اول، ورودی‌های مرحله دوم (خروجی‌های میانی) هستند، رایج‌ترین مدل‌ها هستند. باین حال، در سال‌های اخیر، تمایل قابل توجهی به پیچیده کردن مدل‌ها و معرفی ساختارهای سلسله‌مراتبی در آن‌ها وجود داشته است. طبقه‌بندی مقالات به شناسایی شکاف‌های علمی موجود در این عرصه کمک می‌کند و برای تحقیقات آینده مفید خواهد بود. بررسی مقالات منتشر شده در دوره مورد مطالعه حاکی از این است که مقالات منتشر شده مربوط به بخش صنعت (صنعت حمل و نقل) بیشترین فراوانی را آن خود کرده است. این نتایج حاکی از این است که بخش خدمات کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده در بخش خدمات نظیر آموزش، گردشگری و... پرداخته شود.

پژوهش‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که بیشتر از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای قطعی استفاده شده است. به طوری که مباحث نظیر، فازی شهودی، فازی فاصله‌ای، فرماتین، نتروسوفیک، کمتر و یا اصلاً مورد توجه قرار نگرفته است؛ بنابراین در خصوص روش، پیشنهاد می‌شود که محققان در مطالعات خود به موارد ذکر شده بیشتر بپردازند. در نهایت تحقیق حاضر از نظر موضوعی به تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، از نظر زمانی به مطالعات سال ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۴ و از نظر روش به SLR محدود می‌شود که در تحقیقات دیگر می‌تواند موارد دیگری از نظری موضوعی، زمانی و روش مورد بررسی قرار گیرد. همچنین در تحقیق

حاضر مقالات از پایگاه‌های «Scopus» و «Web of Science» جمع‌آوری شده است که در تحقیقات آینده می‌توان از پایگاه‌های داده دیگر مانند IEEE Xplore یا Google Scholar نیز استفاده کرد.

یکی از بزرگ‌ترین مزایای NDEA مدیریت پیچیدگی‌های شبکه‌ای است؛ این روش به‌طور خاص برای سیستم‌هایی طراحی شده که از چندین واحد یا زیرسیستم تشکیل شده‌اند و روابط پیچیده‌ای بین آن‌ها وجود دارد. در چنین سیستم‌هایی، NDEA قادر است عملکرد کلی سیستم و زیرسیستم‌ها را به‌طور هم‌زمان ارزیابی کرده و تعاملات درون سیستمی را در نظر بگیرد. با استفاده از NDEA، مدیران می‌توانند بخش‌های ضعیف یا ناکارآمد سیستم را شناسایی کنند و منابع را به‌طور بهینه تخصیص دهند. این ویژگی به‌ویژه در صنایع و سیستم‌های پیچیده که منابع محدود هستند، بسیار ارزشمند است. همچنین، ارزیابی چندگانه و جامع از دیگر ویژگی‌های NDEA است که به ارزیابی سیستم بر اساس چندین معیار مختلف می‌پردازد. این امر کمک می‌کند تا تصویری جامع از کارایی کلی سیستم به دست آید و تصمیمات بهتری اتخاذ شود. انعطاف‌پذیری در مدل‌سازی عدم قطعیت یکی از ویژگی‌های مهم NDEA است. در دنیای واقعی، داده‌ها معمولاً ناقص یا مبهم هستند و مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها در این شرایط نمی‌توانند عملکرد دقیقی ارائه دهند؛ اما NDEA توانایی مدل‌سازی داده‌های فازی، تصادفی یا بازه‌ای را دارد، به‌طوری‌که در شرایط عدم قطعیت هم نتایج قابل اطمینانی ارائه می‌دهد. از دیگر مزایای NDEA می‌توان به افزایش دقت ارزیابی اشاره کرد. به دلیل توانایی این روش در تحلیل ساختارهای پیچیده و تعاملات درون شبکه‌ها، دقت ارزیابی عملکرد نسبت به مدل‌های سنتی بسیار بالاتر است. همچنین، NDEA قابلیت تعمیم‌پذیری بالا دارد و می‌تواند به راحتی در صنایع مختلف، از جمله تولید، حمل و نقل، بهداشت و درمان و بسیاری از دیگر زمینه‌ها کاربرد داشته باشد. به این ترتیب، نتایج حاصل از NDEA قابل تعمیم به انواع مختلف شبکه‌ها و سیستم‌ها است. در نهایت، بهبود فرآیند تصمیم‌گیری یکی از ویژگی‌های بارز این روش است. با استفاده از NDEA، مدیران می‌توانند تصمیمات بهتری بر اساس تحلیل‌های دقیق و مبتنی بر داده‌های معتبر بگیرند و عملکرد سیستم‌های خود را بهبود بخشند. در مجموع، NDEA به دلیل جامعیت، دقت و توانایی تحلیل سیستم‌های پیچیده، به ابزاری کارآمد برای ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد شبکه‌ها و سیستم‌ها تبدیل شده است.

در پایان دلایل نوآوری این پژوهش مرور نظام‌مند را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

برخلاف مرورهای قبلی که معمولاً تنها به یکی از موارد زیر پرداخته‌اند:

- مرور مدل‌های شبکه‌ای کلاسیک؛
- مرور مدل‌های فازی؛
- مرور کاربردها در صنعت خاص؛

این پژوهش نخستین مطالعه‌ای است که مدل‌های NDEA را از منظر «منطق پژوهش + حوزه کاربرد» به‌طور هم‌زمان مقایسه و طبقه‌بندی می‌کند. این کار منجر به نوآوری در «دسته‌بندی جدید پنج‌گانه منطق‌های NDEA در یک چارچوب یکپارچه و جامع» شده است. این دسته‌بندی جدید اکنون شکاف‌های زیر را آشکار می‌کند:

- بیش از ۵۰٪ مطالعات همچنان قطعی‌اند؛
- مدل‌های نترسوفیک و عدم قطعیت واقعی تقریباً مغفول مانده‌اند.
- هیچ مرور پیشین، NDEA را از زاویه «انتقال و گسترش عدم قطعیت در مدل^۱» تحلیل نکرده است.

در مرورهای پیشین، تمرکز مطالعات بیشتر بر ساختارهای شبکه‌ای و کاربردها بوده است و منطق‌های مختلف مدل‌سازی (فازی، عدم قطعیت، نترسوفیک) در کنار یکدیگر تحلیل نشده‌اند. با توجه به افزایش مدل‌های غیرقطعی طی دهه اخیر، اکنون امکان ارائه دسته‌بندی جدید فراهم شده است؛ زیرا حجم ادبیات در این حوزه به حد بلوغ لازم برای طبقه‌بندی تطبیقی رسیده است. حتی اگر طبقه‌بندی جدید ارائه نمی‌شد، این پژوهش ارزش افزوده علمی خود را از طریق یکپارچه‌سازی یافته‌ها، تحلیل کتاب‌سنجی، کشف شکاف‌های پژوهشی و ارائه مسیرهای آینده^۲ حفظ می‌کرد؛ زیرا پیش‌ازاین هیچ بررسی نظام‌مندی، مدل‌های NDEA با رویکرد عدم قطعیت را به‌صورت تلفیقی تحلیل نکرده بود.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

ORCID

Hossein Sayyadi Tooranloo

Mohammad Zarei Mahmoudabadi

Reza Norouzi Avargani

 <http://orcid.org/0000-0001-9418-8187>

 <http://orcid.org/0000-0001-9544-2490>

 <http://orcid.org/0009-0004-7659-325X>

1. propagation of uncertainty

2. future directions

منابع

۱. آذر، عادل؛ زارعی محمودآبادی، محمد؛ (۱۳۹۲). بهبود سنجش کارایی و قدرت تفکیک در الگوهای DEA با ارائه یک الگوی جدید CSW، نشریه بهبود مدیریت، ۷(۲۰): ۹۹-۱۱۴.
۲. آذر، عادل؛ زارعی محمودآبادی، محمد؛ مقبل باعرض، عباس؛ خدیور، آمنه. (۱۳۹۳). سنجش بهره‌وری شعب بانک با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (یکی از بانک‌های استان گیلان)، فصلنامه پژوهش‌های پولی-بانکی، ۷(۲۰): ۲۸۵-۳۰۵.
۳. رحمتی نژاد، فاطمه؛ زارعی محمودآبادی، محمد؛ صیادی تورانلو، حسین (۱۴۰۲). ارزیابی ریسک در صنایع غذایی با رویکرد ترکیبی FMEA و BWM در شرایط فازی شهودی (مطالعه موردی: کارخانه لبنیات تاشال قوچان)، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۱۱(۲۲): ۱۸۵-۱۷۱.
10.22084/ier.2023.5426
۴. زارعی محمودآبادی، محمد. (۱۳۹۵). ارزیابی چندسطحی کارایی در صنعت بانکداری (رویکرد SBM شبکه‌ای)، نشریه مدیریت صنعتی دانشگاه تهران، ۸(۳۲): ۳۸۰-۳۵۹.
10.22059/imj.2016.61711
۵. زارعی محمودآبادی، محمد؛ نوروزی آورگانی، رضا. (۱۴۰۳). ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی (FWDEA) با حضور خروجی نامطلوب، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴(۳): ۲۳۵-۲۱۲.
10.48308/jimp.14.3.212
۶. عبدالرحیمیان، محمدحسین؛ حیدری، نیما؛ زارعی محمودآبادی، محمد. (۱۴۰۴). بررسی عوامل تأثیرگذار بر کارایی بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و مدل رگرسیون لاجیت و پروییت، راهبرد مدیریت مالی، ۱۳(۴): ۱۴۶-۱۲۳.
10.22051/jfm.2025.47090.2921
۷. نوروزی آورگانی، رضا؛ زارعی محمودآبادی، محمد؛ محمودیان، حامد (۱۴۰۲). مرور نظام‌مند مطالعات کارایی انرژی و زیست‌محیطی، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۹(۳): ۲۰۳-۱۷۱.

References:

1. Afonso, G. P., Figueira, J. R., & Ferreira, D. C. (2025). Dealing with uncertainty in healthcare performance assessment: a fuzzy network- DEA approach with undesirable outputs. *International Transactions in Operational Research*, 32(5), 2732-2766. <https://doi.org/10.1111/itor.13490>
2. Aghasizadeh, Z., POOYA, A., Motahari, F. N., & Vafaei, N. A. (2022). Evaluating the Efficiency of Hospitals Using Network Data Envelopment Analysis (NDEA) and Providing a Suitable Model of Allocating Resources for Future Investments. 20.1001.1.17358132.1401.16.1.4.1

3. Allaei, A. S., Vahdani, B., Gholami, H. R., & Alinezhad, A. (2024). Assessing cross-docking performance using a novel network DEA model regarding sustainability and undesirable factors under uncertainty. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 11(1), 2436182. <https://doi.org/10.1080/23302674.2024.2436182>
4. Ameri, Z., Sana, S. S., & Sheikh, R. (2019). Self-assessment of parallel network systems with intuitionistic fuzzy data: a case study. *Soft Computing*, 23(23), 12821-12832. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-03835-5>
5. Anh, D. L. T., & Gan, C. (2020). Profitability and marketability efficiencies of Vietnam manufacturing firms: An application of a multi-stage process. *International Journal of Social Economics*, 47(1), 54-71. <https://doi.org/10.1108/IJSE-05-2019-0321>
6. Arbabi, M., Moghaddas, Z., Amirteimoori, A., & Khunsiavash, M. (2023). Inverse model of network data envelopment analysis: reallocation of resources in hospitals. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 57(4). DOI: 10.24818/18423264/57.4.23.19
7. Ardakani, S. M., Meybodi, H. B., & Tooranloo, H. S. (2022). Development of a bounded two-stage data envelopment analysis model in the intuitionistic fuzzy environment. *Advances in Operations Research*, 2022. DOI: 10.1155/2022/3652250
8. Azadi, M., Moghaddas, Z., Saen, R. F., Gunasekaran, A., Mangla, S. K., & Ishizaka, A. (2023). Using network data envelopment analysis to assess the sustainability and resilience of healthcare supply chains in response to the COVID-19 pandemic. *Annals of Operations Research*, 328(1), 107-150. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05020-8>
9. Azar, A., Zarei Mahmoudabadi, M., & Emrouznejad, A., (2016). A new fuzzy additive model for determining the common set of weights in Data Envelopment Analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 30(1), 61-69. DOI:10.3233/IFS-151710
10. Ghaffari-Hadigheh, A., & Lio, W. (2020). Network data envelopment analysis in uncertain environment. *Computers & Industrial Engineering*, 148, 106657. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106657>
11. Golshani, H., Khoveyni, M., Valami, H. B., & Eslami, R. (2021). Performance evaluation in a two-stage network-DEA with intermediate products. *International Journal of Information and Decision Sciences*, 13(1), 42-58. <https://doi.org/10.1504/IJIDS.2021.113600>
12. Hatami-Marbini, A., Toloo, M., Amini, M. R., & Azar, A. (2022). Extending a fuzzy network data envelopment analysis model to measure maturity levels of a performance based-budgeting system: A case study. *Expert systems with applications*, 200, 116884. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116884>
13. Hsiao, B., & Chen, L. H. (2019). Performance evaluation for Taiwanese hospitals by multi-activity network data envelopment analysis. *International Journal of*

- Information Technology & Decision Making*, 18(03), 1009-1043. <https://doi.org/10.1142/S0219622018500165>
14. Huang, Y., & Wang, M. (2024). Efficiency evaluation of China's high-tech industry with a dynamic network data envelopment analysis game cross-efficiency model. *Operational research*, 24(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s12351-024-00815-y>
 15. Kamyab, P., Mozaffari, M. R., Gerami, J., & Wankei, P. F. (2021). Two-stage incentives system for commercial banks based on centralized resource allocation model in DEA-R. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(2), 427-458. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2018-0396>
 16. Kaur, R., & Puri, J. (2024). Cost efficiency analysis using relational dynamic network DEA: A case study in the Indian banking sector. *The Journal of Analysis*, 32(1), 243-267. <https://doi.org/10.1007/s41478-023-00632-0>
 17. Lin, T. Y., Chiu, S. H., Wang, Y., & Ouyang, Z. (2022). Value Creation Performance Evaluation for Taiwanese Financial Holding Companies during the Global Financial Crisis Based on a Multi-Stage NDEA Model under Uncertainty. *Axioms*, 11(2), 35. <https://doi.org/10.3390/axioms11020035>
 18. Mahdiloo, M., Jafarzadeh, A. H., Saen, R. F., Tatham, P., & Fisher, R. (2016). A multiple criteria approach to two-stage data envelopment analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 317-327. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.04.008>
 19. Mansouri, H., Mollaei, H. R., Mousavi-Nasab, S. H., Firoozi, Z., & Mohammadi, E. (2024). Performance Evaluation and Credit Rating of Mutual Funds Using the Optimistic-Pessimistic Fuzzy Network Data Envelopment Analysis Approach. *Fuzzy Systems and its Applications*, 7(2), 149-180. [10.22034/jfsa.2025.479866.1243](https://doi.org/10.22034/jfsa.2025.479866.1243)
 20. Mohanta, K. K., & Sharanappa, D. S. (2023). Development of the neutrosophic two-stage network data envelopment analysis to measure the performance of the insurance industry. *Soft computing*, 1-32. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09294-3>
 21. Navarro-Chávez, C. L., Delfin-Ortega, O. V., & Guardado Ibarra, E. (2022). Oil industry in the international context, 2010–2017: an analysis of efficiency through the network DEA model. *International Journal of Energy Sector Management*, 16(6), 1111-1129. <https://doi.org/10.1108/IJESM-05-2020-0001>
 22. Ota, I., & Kahraman, C. (2019). A state-of-the-art review of neutrosophic sets and theory. *Fuzzy multi-criteria decision-making using neutrosophic sets*, 3-24. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00045-5_1
 23. Pacagnella Junior, A. C., Hollaender, P. S., Mazzanati, G. V., & Bortolotto, W. W. (2020). Infrastructure and flight consolidation efficiency of public and private Brazilian international airports: A two- stage DEA and Malmquist index approach. *Journal of Advanced Transportation*, 2020(1), 2464869. <https://doi.org/10.1155/2020/2464869>
 24. Peykani, P., Sargolzaei, M., Hamidzadeh, F., Seyed Esmaeili, F. S., & Takaloo, A. (2024). Possibilistic Network DEA Approach for Performance Evaluation of Two-

- Stage Decision Making Units Under Uncertainty. In *Analytical Decision Making and Data Envelopment Analysis: Advances and Challenges* (pp. 59-79). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: 10.1007/978-981-97-6972-8_3
25. Poudineh, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., Payan, A., & Noura, A. (2020). A fully fuzzy DEA approach for network cost efficiency measurement based on ranking functions. *Italian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 44, 170-187.
26. Rajaei Qazlue, S., Mehrabian, A., Khalili-Damghani, K., & Amirkhan, M. (2024). A dynamic multi-stage network data envelopment analysis approach for evaluating performance of wheat farms. *Journal of Modelling in Management*, 19(2), 556-580. <https://doi.org/10.1108/JM2-09-2022-0213>
27. Rashid, A. A., See, K. F., & Yu, M. M. (2024). Measuring airline efficiency using a dynamic network data envelopment analysis in the presence of innovation capital. *Technological Forecasting and Social Change*, 206, 123457. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123457>
28. Rasinojehdehi, R., & Valami, H. B. (2023). A comprehensive neutrosophic model for evaluating the efficiency of airlines based on SBM model of network DEA. *Decision making: applications in management and engineering*, 6(2), 880-906. <https://doi.org/10.31181/dma622023729>
29. Ratner, S. V., Shaposhnikov, A. M., & Lychev, A. V. (2023). Network DEA and its applications (2017–2022): A systematic literature review. *Mathematics*, 11(9), 2141. <https://doi.org/10.3390/math11092141>
30. Roghaee, N., Mohammadi, E., & Varzгани, N. (2020). Performance evaluation and ranking of electricity companies using fuzzy network data envelopment analysis: A case study of Iranian regional electricity organisations. *International Journal of Management and Decision Making*, 19(4), 450-472. <https://doi.org/10.1504/IJMDM.2020.110885>
31. Sahil, M. A., & Lohani, Q. D. (2024). Comprehensive intuitionistic fuzzy network data envelopment analysis incorporating undesirable outputs and shared resources. *MethodsX*, 12, 102710. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102710>
32. Sahil, M. A., & Lohani, Q. D. (2024). Comprehensive intuitionistic fuzzy network data envelopment analysis incorporating undesirable outputs and shared resources. *MethodsX*, 12, 102710. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102710>
33. Salehzadeh, S. J., Hejazi, S. R., & Rezvan, M. T. (2024). An approach based slack variables in network data envelopment analysis to incorporate dynamic effects. *Interdisciplinary Journal of Management Studies (Formerly known as Iranian Journal of Management Studies)*, 17(3), 817-838. [10.22059/ijms.2023.340611.675017](https://doi.org/10.22059/ijms.2023.340611.675017)
34. See, K. F., Hamzah, N. M., & Yu, M. M. (2021). Metafrontier efficiency analysis for hospital pharmacy services using dynamic network DEA framework. *Socio-Economic Planning Sciences*, 78, 101044. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101044>

35. Shahbazifar, M. S., Matin, R. K., Khounsiavash, M., & Koushki, F. (2021). Group ranking of two-stage production units in network data envelopment analysis. *RAIRO-Operations Research*, 55(3), 1825-1840. DOI: 10.1051/ro/2021082
36. Shakouri, B., Abbasi Shureshjani, R., Daneshian, B., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2020). A parametric method for ranking intuitionistic fuzzy numbers and its application to solve intuitionistic fuzzy network data envelopment analysis models. *Complexity*, 2020(1), 6408613. <https://doi.org/10.1155/2020/6408613>
37. Shao, L., Yu, X., & Feng, C. (2019). Evaluating the eco-efficiency of China's industrial sectors: A two-stage network data envelopment analysis. *Journal of environmental management*, 247, 551-560. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.099>
38. Shiri, M., Ahmadizar, F., Thiruvady, D., & Farvaresh, H. (2023). A sustainable and efficient home health care network design model under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 211, 118185. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118185>
39. Shojaie, S. E., Sadjadi, S. J., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2024). Malmquist productivity index for two-stage network systems under data uncertainty: A real-world case study. *Plos one*, 19(7), e0307277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307277>
40. Song, K. H., Choi, S., & Han, I. H. (2020). Competitiveness evaluation methodology for aviation industry sustainability using network DEA. *Sustainability*, 12(24), 10323. <https://doi.org/10.3390/su122410323>
41. Tabasi, M., Navabakhsh, M., Kotobashkan, H., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2019). Performance evaluation using network data envelopment analysis approach with game theory under mixed grey-fuzzy uncertainty in Iran Khodro company. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 10(13), 10A13L. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2019.176
42. Tan, Y., & Despotis, D. (2021). Investigation of efficiency in the UK hotel industry: A network data envelopment analysis approach. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 33(3), 1080-1104. DOI: 10.1108/IJCHM-07-2020-0641
43. Tavassoli, M. (2024). Resilience-sustainability assessment of electricity supply chain under uncertainty: a new fuzzy dynamic network DEA based on rang adjusted measure. *Opsearch*, 1-40. DOI: 10.1007/s12597-024-00827-4
44. Tavassoli, M., & Ghandehari, M. (2024). Estimating most productive scale size decomposition in a fuzzy network data envelopment analysis model: assessing the sustainability and resilience of the supply chain. *RAIRO-Operations Research*, 58(2), 1807-1833. <https://doi.org/10.1051/ro/2024047>
45. Tavassoli, M., Ketabi, S., & Ghandehari, M. (2022). A novel fuzzy network DEA model to evaluate efficiency of Iran's electricity distribution network with sustainability considerations. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102269. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102269>

46. Tehci, A., Ersoy, Y., & Selamzade, F. (2025). Application of data envelopment analysis in marketing. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, (15), 23-28. DOI: 10.58627/dpuibf.1632573
47. Temoso, O., Tran, C. T. T. D., & Myeki, L. (2023). Network DEA efficiency of South African higher education: evidence from the analysis of teaching and research at the university level. *Journal of Further and Higher Education*, 47(8), 1009-1026. <https://doi.org/10.1080/0309877X.2023.2209799>
48. Zarei Mahmoudabadi, M., & Emrouznejad, A., (2019). Comprehensive performance evaluation of banking branches: A three-stage slacks-based measure (SBM) data envelopment analysis. *International Review of Economics and Finance*, 64, 359-376. DOI: 10.1016/j.iref.2019.08.001
49. Zarei Mahmoudabadi, M., & Emrouznejad, A., (2022). Balanced Performance Assessment Under Uncertainty: An Integrated CSW-DEA and Balanced Scorecard (BSC). *Annals of Operations Research*. 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04637-z>
50. Zarei Mahmoudabadi, M., Azar, A., & Emrouznejad, A., (2018). A novel multilevel network slacks-based measure with an application in electric utility companies. *Energy*, 158, 1120-1129. DOI:10.1016/j.energy.2018.05.161
51. Zhai, D., Shang, J., Yang, F., & Ang, S. (2019). Measuring energy supply chains' efficiency with emission trading: A two-stage frontier-shift data envelopment analysis. *Journal of cleaner production*, 210, 1462-1474. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.355>

References [In Persian]

1. Abdorrahimian, M., Heydari, N., and Zarei Mahmoudabadi, M., (2025). Investigating the Factors Affecting the Efficiency of Banks Listed in the Tehran Stock Exchange by using the Data Coverage Analysis Approach and Logit and Probit Regression Models. *Financial Management Strategy*, 13(4), 123-146. doi: 10.22051/jfm.2025.47090.2921
2. Azar, A., and Zarei Mohmoudabadi, M., (2013). The Improving Efficiency Measurement and Discriminating Power in the DEA Models with Presentation of a new Model of CSW. *Journal of Improvement Management*, 7(2), 99-113.
3. Azar, A., Zarei Mahmoudabadi, M., Moghbel Baerz, A., & Khadivar, A. (2014). Evaluating Branches Productivity of Bank by Using Network Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of Monetary and Banking Researches*, 7(20), 285-305.
4. Norouzi Avargani R., Zarei Mahmoudabadi, M., and Mahmoudyan, H. A., (2023). systematic review of energy and environmental efficiency studies. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, 9(3), 171-203.
5. Rahmatinezhad, F., Zarei Mahmoudabadi, M., and Sayyadi, H., (2023). Risk Assessment in the Food Industry with the Combined Approach of FMEA and BWM in Intuitionistic Fuzzy Conditions (Case Study: Tashal Quchan Dairy Factory). *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, 11(22), 171-185. doi: 10.22084/ier.2023.5426

6. Zarei Mahmoudabadi, M., (2016). Multilevel Measuring of Efficiency in the Banking Industry (Network Slacks-Based Measure Approach). *Journal of Industrial Management*, 8(3), 359-380. 10.22059/imj.2016.61711
7. Zarei Mahmoudabadi, M., and Norouzi Avergani, R., (2024). Evaluating Environmental Efficiency of Iranian Provinces Using Fuzzy Window Data Envelopment Analysis (FWDEA) with Undesirable Output. *Journal of Industrial Management Perspective*, 14(3), 212-235. doi: 10.48308/jimp.14.3.212. 10.48308/jimp.14.3.212

استناد به این مقاله: نوروزی آورگانی، رضا، زارعی محمودآبادی، محمد، صیادی تورانلو، حسین. (۱۴۰۴). مرور نظام‌مند تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد عدم قطعیت، مدیریت صنعتی، ۲۳(۷۹)، ۴۲-۱. DOI: 10.22054/jims.2026.89116.2997



Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.