E-ISSN: 2717-4581 | P-ISSN: 2783-1345

Innovation Management and Operational Strategies

www.journal-imos.ir

Inov. Manage. Oper. Stra. Vol. 6, No. 4 (2025) 485–500.

Paper Type: Original Article

Evaluating the Efficiency of Resilient Supply Chain Using Data Envelopment Analysis Technique in the Textile Industry

Iman Hosseiny Vajary[1], Mohammad Taleghani[1,*], Mansour Soufi[1], Behrouz Fathi[2]

[1]Department of Industrial Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; Ie_iman@yahoo.com, Taleghani@iaurasht.ac.ir; mansour.soufi@yahoo.com.

[2]Department of Statistics, University of Guilan, Rasht, Iran; behrouz.fathi@gmail.com.

Citation:

Hosseiny Vajary, I., Taleghani, M., Soufi, M., & Fathi, B. (2025). Evaluating the efficiency of resilient supply chain using data envelopment analysis technique in the textile industry. *Innovation management and operational strategies, 6*(4), 485-500.

Received: 24/04/2025 Reviewed: 27/06/2025 Revised: 21/08/2025 Accepted: 08/09/2025

Abstract

Purpose: This study initially identifies the pivotal criteria influencing the resilience of the textile industry's supply chain. Subsequently, data encompassing both desirable and undesirable inputs and outputs of the supply chain were meticulously gathered from several leading companies operating within this sector.

Methodology: This research undertakes an evaluation of the efficiency of resilient supply chains within the textile industry, employing the Data Envelopment Analysis (DEA) technique. In the textile industry, the optimization of production processes and the enhancement of decision-making unit efficiency are of paramount importance. Leveraging the distinct features and advantages of the SBM (Slacks-Based Measure) model within DEA, this study pioneers an innovative optimization system. This system, built upon the SBM model, is designed to rigorously assess and markedly improve efficiency within the textile production process.

Findings: The results unequivocally demonstrated that the highest and most optimal efficiency was attributed to DMU 1-3, exhibiting a remarkable relative efficiency of 100%. Conversely, DMU 4 was clearly identified as an inefficient unit. Furthermore, by applying the Anderson-Peterson method for prioritization, DMU 3 emerged as the top-ranked unit, followed by DMU 2 in second place, DMU 1 in third, and DMU 4 in fourth. Additionally, to validate the robustness and capability of the proposed model, a comparative analysis was conducted against established basic models such as BCC and CCR based on their efficiency scores.

Originality/Value: This study underscores the critical importance of utilizing advanced analytical methodologies for evaluating supply chains within the textile industry, thereby pinpointing significant opportunities for process and performance improvements.

Keywords: Resilience, Supply chain, Efficiency, Data envelopment analysis, Adverse output.

Corresponding Author: Taleghani@iaurasht.ac.ir

10.22105/imos.2025.503942.1435

Licensee. **Innovation Managemrnt & Operational Strategeis.** This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی
دوره ۶، شماره (۴)، (۱۴۰۴)، ۵۰۰-۴۸۵
www.journal-imos.ir

نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی کارایی زنجیره‌تامین تاب آور با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها در صنعت نساجی

ایمان حسینی واجاری[۱]، محمد طالقانی[۱،*]، منصور صوفی[۱]، بهروز فتحی[۲]
[۱] گروه مدیریت صنعتی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
[۲] گروه آمار، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

چکیده

هدف: در دنیای امروز، زنجیره‌های تامین با چالش‌های متعددی از جمله نوسانات بازار، تغییرات تقاضا و اختلالات غیرمنتظره مواجه هستند؛ بنابراین، تاب‌آوری و کارایی این زنجیره‌ها به‌عنوان عوامل کلیدی در موفقیت و پایداری کسب‌وکارهای صنعتی موردتوجه قرار گرفته است. در این مطالعه، ابتدا معیارهای موثر بر تاب‌آوری زنجیره‌تامین صنعت نساجی شناسایی و سپس داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب و نامطلوب زنجیره‌تامین از چندین شرکت فعال در این صنعت جمع‌آوری شده است.

روش‌شناسی پژوهش: این تحقیق به ارزیابی کارایی زنجیره‌تامین تاب آور در صنعت نساجی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها می‌پردازد. در صنعت نساجی، بهینه‌سازی فرایند تولید و افزایش کارایی واحدهای تصمیم‌گیری از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به ویژگی‌ها و مزایای مدل *SBM* در *DEA* به توسعه یک سیستم بهینه‌سازی نوآور مبتنی بر مدل *SBM* برای ارزیابی و بهبود کارایی در فرایند تولید نساجی پرداخته است. این نوآوری با بهینه‌سازی فرایند تولید در صنعت نساجی از طریق مدل *SBM*، می‌تواند به افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها کمک کند. با استفاده از این سیستم، تولیدکنندگان نساجی قادر خواهند بود تا منابع خود را به‌طور موثرتری مدیریت کرده و به بهبود کیفیت محصولات و رضایت مشتریان دست یابند. با استفاده از مدل *DEA* پیشنهادی، کارایی نسبی زنجیره‌های تامین تاب آور چهار شرکت فعال در حوزه نساجی موردبررسی قرار گرفته و نقاط قوت و ضعف آن‌ها تحلیل شده است.

یافته‌ها: نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بهترین و بالاترین کارایی مربوط به *DMU* 1-3 با کارایی نسبی ۱۰۰% محاسبه شده و *DMU* 4 به‌عنوان یک واحد ناکارا تعیین شده است. علاوه بر این، با استفاده از روش اندرسون پترسون اولویت‌بندی واحدها شده که در نتیجه براساس اولویت‌های به‌دست‌آمده *DMU* 3 رتبه اول، *DMU* 2 رتبه دوم، *DMU* 1 رتبه سوم و *DMU* 4 رتبه چهارم را کسب کرده‌اند. همچنین، یک مقایسه براساس امتیاز کارایی با مدل‌های پایه اعم از *BCC* و *CCR* برای بررسی قابلیت مدل پیشنهادی ارایه شده است. اختلاف ناکارایی حاصل‌شده بین روش پیشنهادی و روش *BCC* جزیی و در حد ۰/۰۰۵ است. در پایان نیز تغییرات مقادیر ورودی محاسبه‌شده که در نتیجه حداکثر مقدار کاهش در مقدار ورودی *DMU* 4 برابر با ۰/۱۴۱ واحد محاسبه شده است. بنابراین، در صورتی که مقدار ورودی *DMU* 4 از ۰/۱۶۲ به ۰/۰۲۱ واحد کاهش یابد این واحد تولیدی نیز به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری کارا شناخته می‌شود.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: این مطالعه به اهمیت استفاده از روش‌های تحلیلی پیشرفته در ارزیابی زنجیره‌های تامین صنعت نساجی و شناسایی فرصت‌های بهبود در فرایندها و عملکردهای آن تاکید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، زنجیره‌تامین، کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، خروجی نامطلوب.

۱- مقدمه

هر زنجیره‌تامین، شبکه پیوسته‌ای از شرکای کسب‌وکار است که در فرایندهای تولیدی نقش داشته و مواد خام اولیه را به محصولات و خدمات نهایی تبدیل می‌کند تا تقاضای مشتریان در زمان مناسب، با کیفیت بالا و با کمترین هزینه برآورده شود [1]. امروزه عوامل فرهنگی، سیاسی، اقتصادی و اجتماعی تاثیرگذار بر فضای کسب‌وکار با تحولات و تغییرات بسیاری مواجه می‌شوند. این نوسانات احتمال بروز رویدادهای موثر بر عملکرد

زنجیره‌تامین را افزایش می‌دهند. بنابراین اگر مدیران در بخش زنجیره‌تامین نتوانند به‌طور صحیح اختلالات پیش‌بینی‌نشده را مدیریت کنند، با پیامدهای منفی فراوانی مواجه خواهند شد، به‌طوری‌که ریسک فضای کسب‌وکار را افزایش داده و منجر به زیان‌های مالی می‌شود [2]

از سوی دیگر عوامل مختلفی می‌توانند باعث ایجاد وقفه شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به انواع بیماری‌ها (بیماری‌هایی همچون کرونا)، بلایای طبیعی، جنگ، حملات سایبری، تحریم، رکود اقتصادی، تروریسم و غیره اشاره نمود [3]. به‌عنوان نمونه در سال ۲۰۱۶ زمین لرزه‌ای بزرگ ژاپن را لرزاند و شرکت‌های جهانی مانند تویوتا، هوندا، نیسان و سونی را به دلیل کمبود قطعات به تعطیلی کشاند [4] و یا در حادثه‌ای دیگر، آتش‌سوزی بزرگی در محصولات منیزیم مریدیان در سال ۲۰۱۸ که عمده تامین‌کننده قطعات سازندگان خودروهای آمریکایی است، رخ داد. این رویداد تاثیر مختل‌کننده‌ای بر زنجیره‌تامین تولیدکنندگان خودرو مانند *Ford*، *GM* و *BMW* داشته و منجر به تاخیر قابل‌توجهی در تولید آن‌ها شده است. این وقایع نشان می‌دهند که اگرچه عوامل خطر می‌توانند در هر سطحی از یک شرکت تاثیر بگذارند، اما اختلال در تجارت در شرکت‌هایی که زنجیره‌تامین جهانی دارند، بسیار متداول است. توانایی بنگاه‌ها برای مدیریت منابع و پیکربندی مجدد آن‌ها با توجه به شرایط محیطی، برای بقا و عملکرد مالی بلندمدت یک شرکت بسیار مهم است [5].

تاب‌آوری حدی از تحمل انسان، مجموعه انسانی و یا سازمانی از نیروی انسانی در مقابل مشکلات است که در جریان آن واکنشی که غیرطبیعی جلوه کند، رخ ندهد و بتواند به‌صورت عادی تداوم یابد. واضح است که آنچه تحمل و حد تاب‌آوری در سازمان‌های انسانی را به چالش می‌کشاند، انواع مختلفی از فشارها و ناملایمات محیط‌های کاری است [6]. در چنین شرایطی نیاز به طراحی الگوی زنجیره‌تامین تاب‌آور بیشتر احساس شده، زیرا چنین زنجیره‌تامینی آمادگی مواجهه با هرگونه رویدادی را خواهد داشت و ضمن اینکه پاسخی کارا و اثربخش را فراهم می‌آورد، توانایی بازگشت به وضعیت اولیه یا مطلوب‌تر پس از اختلال است که این همان معنای تاب‌آوری زنجیره‌تامین است [7]. در گذشته تاب‌آوری به‌عنوان تحلیل حساسیت در تحقیق و عملیات برای مدل‌های مختلف انجام می‌شد. این مفهوم از ترکیب مفاهیم علم مواد در توصیف موادی که پس از تغییر شکل ناشی از فشار یا انبساط یا هر روش دیگر، به شکل اولیه خود بازخواهند گشت، به‌دست آمده است [8].

تاب‌آوری زنجیره‌تامین[1] می‌تواند تحت‌تاثیر عوامل بسیاری از جمله دید زنجیره‌تامین، در دسترس بودن موجودی، اتخاذ برنامه‌های مناسب برای کاهش اختلال و ساختار کلی شبکه باشد. *SCR* در سال‌های اخیر توسط دانشگاهیان، مشاوران و ارایه‌دهندگان موضوع تدارکات موردبررسی قرار گرفته است [9]. با توجه به کاربرد گسترده تاب‌آوری در موضوعات مختلف همچون اقتصاد، روانشناسی، محیط‌زیست و رویکردهای سازمان‌های اجتماعی، تاب‌آوری به یک پدیده چندبعدی و چندرشته‌ای در چهل سال اخیر تبدیل شده است [10]. براساس بررسی‌های صورت گرفته توسط انجمن جهانی اقتصاد، ۸۰% از شرکت‌ها عنوان کرده‌اند که تاب‌آوری در زنجیره‌تامین یکی از مهم‌ترین اولویت‌های آن‌ها است. اصطلاح تاب‌آوری را می‌توان ظرفیت یک سیستم برای انطباق با تغییر و مقابله با وقایع پیش‌بینی‌نشده تعریف کرد، ضمن اینکه عملکرد و ساختار اصلی سیستم را نیز حفظ می‌کند [11]. این دیدگاه توسط دانشمندان دیگری مطرح‌شده که استدلال می‌کنند تاب‌آوری زنجیره‌تامین، توانایی زنجیره‌تامین برای زنده ماندن، سازگاری و رشد در مواجهه با تغییرات آشفته است [12].

در فضای کسب‌وکار کنونی درباره این موضوع که زنجیره‌های تامین جهانی از اخلال در عملکرد زنجیره‌تامین و کاهش بازده زنجیره‌تامین رنج می‌برند، توافق کلی وجود دارد [13]. به دلیل کاهش این خطر، زنجیره‌های تامین می‌بایست چندبعدی و چندرشته‌ای بوده و به‌منظور آمادگی جهت مقابله با وقایع مختلف طراحی شوند، پاسخ کارآمد و موثر را ارایه دهند و امکان بازیابی به حالت اصلی خود یا حالت مطلوب بعد از اختلال را داشته باشند و این همان مفهوم تاب‌آوری در زنجیره‌تامین است [14]. از سوی دیگر شرکت‌ها به‌منظور کاهش تاثیر اختلالات در زنجیره‌تامین، به ایجاد تاب‌آوری روی آورده‌اند [15]. همچنین *SCR* به‌عنوان "قابلیت یک سیستم جهت بازگشت به وضعیت اولیه و یا حرکت به وضعیت مطلوب‌تر پس از وقوع اختلال" تعریف شده است [16]. *SCR* بر قابلیت انطباق سیستم جهت مقابله با رویدادهای مخل موقت تمرکز دارد [17]. برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که *SCR* می‌تواند یک مزیت رقابتی پایدار توسط قابلیت‌های تطبیق و توسعه مداوم ایجاد نماید [18]. بیشتر تعاریف نشان‌دهنده توانایی واکنش، انطباق، مقابله و یا مقاومت در برابر وقایع غیرمنتظره بوده و لذا آن‌ها به محیط کسب‌وکار آشفته و نامطمئن نیاز دارند [19].

[1] Supply Chain Resilience (SCR)

در این تحقیق برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده، از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای استفاده می‌گردد. سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در طول سالیان گذشته همواره موردتوجه بوده و اکثر سازمان‌ها در تلاش هستند تا واحدهای خود را با شاخص‌های مشخص با یکدیگر مقایسه نمایند. لذا بدین منظور یکی از روش‌های پرکاربرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها است. این روش برای اولین بار در رشته‌ی تحقیق در عملیات توسط چارلز، کوپر و رودز؛ در سال ۱۹۷۸ معرفی شد. تحلیل پوششی داده‌ها در طیف وسیعی از نهادهای مختلف مانند، موسسات غیرانتفاعی مانند مدارس، بیمارستان‌ها، شرکت‌های تجاری و دولتی، واحدهای نظامی کاربرد دارد. نتیجه ارزیابی نهادها امتیازی است بین صفر و یک که بیان‌کننده درجه‌ی کارایی یا اثربخشی نهاد مورد ارزیابی است. علاوه بر این امتیاز، تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند برای هر نهاد منبع و مقدار عدم کارایی را در هر ورودی و خروجی بسنجد. تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها یکی از فنونی است که به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد واحدها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تکنیک، ابزاری مناسب جهت اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری است که دارای چندین ورودی و خروجی مشابه هستند [20].

هدف این پژوهش ارایه مدل جدیدی از تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه‌ای جهت ارزیابی کارایی در شرکت‌های نساجی کشور است. در این مدل سعی شده است علاوه بر شاخص‌های رایج مالی و فنی، خروجی‌های نامطلوب و معیارهای تاب‌آوری نیز در شبکه تامین تاب‌آور مدنظر قرار گیرد. در ضمن دیدگاه ذهنی تصمیم‌گیرندگان در خصوص اهمیت ترجیحی برخی از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر نیز در قالب محدودیت‌های وزنی لحاظ شده است تا میزان کارایی حاصل‌شده به مقدار واقعی نزدیک‌تر شود. بررسی عملکرد زنجیره‌تامین تاب‌آور در شرکت‌های نساجی کشور نمونه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری چندمرحله‌ای و شبکه‌ای به شمار می‌آید. در موارد سنتی *DEA*[1]، کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده با توجه به ورودی‌هایی که برای تولید خروجی‌های نهایی به کار می‌رود، ارزیابی می‌شود، به‌طوری‌که از مشکلات این مدل‌ها نادیده گرفتن محصولات میانی و ارتباط فعالیت‌ها بین بخش‌های مختلف درون‌سیستمی است. البته به‌منظور رفع این مشکل و ارتقاء مدل‌های کلاسیک، در مدل ارایه شده هر فعالیت باید یا متعلق به ورودی باشد و یا خروجی و نه هر دو؛ بنابراین ارزیابی در هر دو مرحله انجام می‌شود، یعنی در یک مرحله محصولات میانی به‌عنوان خروجی و در مرحله دیگر به‌عنوان ورودی به کار می‌روند که در واقع همان مدل شبکه ساده است. همچنین مهم‌ترین اشکال این مدل‌ها نادیده گرفتن محصولات چندبخش و مولفه میانی است که در آن خروجی بخش اول به‌طور مستقیم در یک مرحله استفاده می‌شود. هم‌چنین مشکل دیگر این است که معمولا واحدها به انجام فعالیت‌های انتقالی و ارتباط داخلی مولفه‌ها در بین چند دوره متوالی بی‌توجه هستند. در این حالت تنها مدل بهینه‌سازی شبکه ساده برای ارزیابی عملکرد مناسب نیست، زیرا ارتباط خصوصی یا مشترک بخش‌های درون‌سیستمی را موردتوجه قرار نداده و قابلیت سنجش کارایی و عملکرد را در چند دوره متوالی به هم وابسته نمی‌سازد و به همین دلیل بسیاری از تحقیقات مشابه در ارزیابی شرکت‌ها بر اساس مدل‌های کلاسیک و شبکه ساده انجام گرفته‌اند که به‌طور دقیق امکان محاسبه کارایی با ساختار پیچیده و شبکه‌ای را میسر نمی‌کند. بنابراین در این پژوهش یک مدل *DEA* با ساختار شبکه‌ای را مبتنی بر مدل *SBM*[2] و تاکید بر متغیرهای کمکی طبق اصول موضوع تحلیل پوششی داده‌ها به کار می‌گیرد. بنابراین، مهم‌ترین سوالی که در طول اجرای این تحقیق مدنظر قرار گرفته است عبارت است از این‌که چگونه می‌توانیم کارایی یک زنجیره‌تامین تاب‌آور را با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه در صنعت نساجی محاسبه نماییم؟ مدل *SBM* یکی از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها است که برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری[3] مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل به دلیل ویژگی‌ها و مزایای خاص خود نسبت به مدل‌های بازده به مقیاس ثابت[4] و متغیر[5] محبوبیت یافته است. مزیت‌های مدل *SBM* عبارت‌اند از:

۱. مدل *SBM* به‌طور خاص به مدیریت ناکارایی‌ها و عدم تعادل‌ها در ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌پردازد. این مدل به‌جای تمرکز بر نسبت خروجی به ورودی، به بررسی مقدار اضافی ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌پردازد که می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر نقاط ضعف کمک کند.
۲. می‌تواند ناکارایی‌های غیرمتوازن را بهتر شناسایی کند، به این معنی که می‌تواند به‌طور همزمان به ورودی‌ها و خروجی‌ها توجه کند و به تحلیل دقیق‌تری از کارایی واحدها منجر شود.
۳. مدل *SBM* نیاز به فرضیات قوی کمتری نسبت به مدل‌های *CRS* و *VRS* دارد. این امر باعث می‌شود که *SBM* در شرایط واقعی و پیچیده‌تر کاربردی‌تر باشد.
۴. این مدل به دلیل توانایی در اندازه‌گیری ناکارایی‌ها به‌صورت جداگانه و در نظر گرفتن مقادیر اضافی ورودی‌ها و خروجی‌ها، انعطاف‌پذیری بیشتری در تحلیل‌های مختلف ارایه می‌دهد.

---

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)
[2] Slack-Based Measure (SBM)
[3] Decision-Making Units (DMU)
[4] Constant Returns Scale (CRS)
[5] Variable Returns Scale (VRS)

۵. مدل *SBM* به دلیل توجه به مقادیر اضافی ورودی‌ها و خروجی‌ها، دقت بیشتری در ارزیابی کارایی واحدها نسبت به مدل‌های *CRS* و *VRS* دارد. این دقت می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر نقاط ضعف و فرصت‌های بهبود کمک کند.

۶. می‌تواند ناکارایی‌های خاصی را که ممکن است در مدل‌های *CRS* و *VRS* نادیده گرفته شوند، شناسایی کند. این ویژگی به تحلیلگران کمک می‌کند تا راهکارهای بهبود مناسبی ارایه دهند.

۷. در بسیاری از موارد، داده‌های واقعی ممکن است به‌صورت غیرمتوازن و نامتقارن توزیع شده باشند. مدل *SBM* به دلیل توانایی در مدیریت این نوع داده‌ها، می‌تواند نتایج بهتری ارایه دهد.

۸. قابلیت تجزیه‌وتحلیل چندبعدی را فراهم می‌کند، به این معنی که می‌تواند به‌طور همزمان به چندین ورودی و خروجی توجه کند و به تحلیل دقیق‌تری از کارایی منجر شود.

در نتیجه، مدل *SBM* به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در تحلیل پوششی داده‌ها، به دلیل ویژگی‌ها و مزایای خاص خود، به‌عنوان یک گزینه مناسب برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در شرایط مختلف شناخته می‌شود.

با لحاظ کردن داده‌های مربوط به ورودی، خروجی و میانی‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌های پیشنهادی و فرمول‌نویسی در نرم‌افزار گمز، امتیاز کارایی واحدهای تصمیم‌گیری اندازه‌گیری شده است.

باقیمانده مقاله به صورتی که مشخص شده است، سازماندهی شده است. در بخش دوم، یک مرور ادبیات برای شناسایی شکاف تحقیق ارایه شده است. در بخش سوم، مدل ریاضی تحلیل پوششی داده‌های پیشنهادی معرفی شده است. در بخش چهارم، یافته‌های تحقیق حاصل از به‌کارگیری مدل پیشنهادی ارایه شده است. سرانجام در بخش پنجم یک نتیجه‌گیری به همراه پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارایه شده است.

۲- مرور ادبیات

سلطانی‌فر [21]، در مطالعه خود یک ارزیابی برای مراکز درمانی و بیمارستانی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها انجام داده است. برای این منظور، پس از بررسی برخی معیارهای نسبتی برای ارزیابی بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی دولتی، مدل‌های *DEA-R* برای رسیدگی به این داده‌ها هم در موارد داده‌های غیرمنفی و هم در موارد داده‌های منفی ارایه شده است. صوفی [22]، یک چارچوب برای تصمیم‌گیری در خصوص رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری براساس داده‌های قطعی و غیرقطعی در مراکز درمانی ارایه کرده است. این سیستم بر اساس ارتباطات بی‌سیم، شبکه‌های اجتماعی، حسگرها، ربات‌ها، هوش‌مصنوعی، ابر و داده‌های سلامت هوشمند ساخته شده است. برای این منظور، ویژگی‌هایی از قبیل فاصله بیمارستان تا محل سکونت، تعداد تخت‌های بیمارستانی و تعداد پزشکان متخصص برای ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته است. سرانجام، از چند روش تصمیم‌گیری برای رتبه‌بندی ویژگی‌های ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت هوشمند مراقبت‌های بهداشتی استفاده شده است. امیر تیموری و همکاران [23]، در مطالعه خود سه جنبه اصلی هزینه، درآمد و نزدیک‌ترین نقاط پیش‌بینی را براساس یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین واحدهای کارا و ناکارا بررسی کردند. روش پیشنهادی نزدیک‌ترین فاصله ممکن، کمترین هزینه و بیشترین درآمد را به‌طور همزمان برای تعیین امتیاز کارایی در نظر می‌گیرد. نتایج اجرای این رویکرد در صنعت نساجی چین، قابلیت کاربرد مدل را نشان داده است.

واعظی [24]، کارایی چند آزمایشگاه تشخیص پزشکی منتخب در شهر تهران را بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه ارزیابی کرده است. برای این منظور، یک ساختار چهار مرحله‌ای با ورودی‌های اضافی و خروجی‌های نامطلوب در مدل ارایه شده توسط وی در نظر گرفته شده است که عملکرد آزمایشگاه‌ها را در یک دوره ۶ ماهه در سال ۲۰۲۲ با فرایند تحلیل *NDEA* ارزیابی می‌کند. برای این هدف، یک مدل ساختاری چهار مرحله‌ای از سه فرایند اصلی آزمایشگاه تشخیص پزشکی به‌عنوان پیش‌آزمون، آزمون و پس‌آزمون طراحی شده است. علاوه بر این، معیارهای پایداری (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) برای ارزیابی عملکرد آزمایشگاه‌ها در نظر گرفته‌شده و با استفاده از دیدگاه دلفی، معیارهای ارزیابی کارایی به دست آمده است. سپهریان و همکاران [25]، در مطالعه خود رویکردی مبتنی بر تحلیل مرزی دوگانه برای تعیین اولویت‌ها در *AHP* را پیشنهاد کرده‌اند. در این رویکرد، از دو مدل خاص *DEA* برای به دست آوردن بهترین اولویت‌های محلی از یک یا گروهی از ماتریس‌های مقایسه زوجی استفاده شده است. روش پیشنهادی قادر است وزن‌های واقعی را برای ماتریس‌های مقایسه‌ای ارایه نماید. واعظی و همکاران [26]، در تحقیق خود یک سیستم سه مرحله‌ای، متشکل از شش زیر *DMU* را در ترکیب با ورودی‌های اضافی و خروجی‌های نامطلوب در نظر گرفته‌اند. مدل‌های پیشنهادی شبیه‌سازی امتیاز کارایی یک کارخانه را با یک منطقه تولید و سه انبار برای ذخیره‌سازی کالا و دو نقطه تحویل ارایه کرده است. برای این

منظور، از مدل *DEA* مضربی با رویکرد فازی برای اندازه‌گیری کارایی یک سیستم عمومی و بهبود دقت کارایی استفاده شده است. کائور و پوری [27]، یک رویکرد *DEA* پویای شبکه‌ای را پیشنهاد کرده‌اند که شامل ساختاری پویا است که در آن دوره‌ها از طریق پیوندهای مختلف همراه با خروجی‌های مطلوب و نامطلوب به هم متصل شده‌اند و از داده‌های بازه‌ای استفاده کرده‌اند. نعمتی‌زاده و همکاران [28]، در مطالعه خود یک مدل ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌ها و حداقل مربعات معمولی[1] ارایه کرده‌اند.

برای این منظور، ابتدا *DEA* با در نظر گرفتن تمام ورودی‌ها و تنها یک خروجی، کارایی جزیی هر واحد را ارزیابی کرده است. در مرحله بعد، *OLS* تاثیر متغیرهای زمینه‌ای را بر کارایی جزیی حذف می‌کند. در نهایت، یک معیار رتبه‌بندی بر اساس بازده جزیی اصلاح‌شده فرموله شده است. این روش برای داده‌های ۱۰۰ بانک چینی از جمله موسسات دولتی، تجاری و صنعتی برای سال ۲۰۲۰ اعمال شده است. در مقاله هادی و همکاران [29]، یک مدل یکسان‌سازی برای امتیازات کارایی در صنعت بانکداری ارایه شده است. مدل پیشنهادی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری را از طریق روشی دو مرحله‌ای از دیدگاه‌های مختلف ارزیابی می‌کند. این مطالعه امتیازهای کارایی را از چند جنبه و به ازای ورودی/خروجی‌های مختلف را در مرحله اول محاسبه می‌کند، بنابراین در مرحله دوم از فضای گسترده استفاده کرده‌اند. تمام دیدگاه‌ها به فضای جدیدی منتقل می‌شوند و یک مرز کارآمد جدید در فضای گسترش‌یافته ایجاد کرده‌اند. این مدل امتیاز کارایی یکپارچه را از *DMU* با استفاده از مدل مبتنی بر *SBM* ارایه می‌کند که دستورالعمل‌های بهبود را پیشنهاد می‌کند. یک امتیاز کارایی یکپارچه با در نظر گرفتن سه دیدگاه تولید، سودآوری و واسطه ایجاد شده است. برخلاف میانگین امتیاز، نتایج نشان می‌دهد که امتیاز کارایی یکپارچه می‌تواند منعکس‌کننده تفاوت عملکرد بین سه امتیاز به‌دست‌آمده از سه منظر باشد. علاوه بر این، این روش نشان می‌دهد که *DMU* نمی‌توانند به کارایی کلی دست یابند اگر حداقل در یکی از سه جنبه ناکارآمد باشند. در میان مطالعات داخلی نیز، غفوری [10]، با درنظر گرفتن هم‌زمان دارایی‌های ورودی و تامین سرمایه، کارایی مالی شرکت‌ها را اندازه‌گیری کرده است. برای این منظور، روش جدیدی به نام مدل سه‌بعدی تحلیل پوششی داده‌ها معرفی و در مورد ۱۰ شرکت فعال در حوزه صنعت فولاد در ایران طی یک دوره زمانی ۵ ساله و از سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ تحلیل کارایی انجام شده است. نتایج پژوهش نشان داده است که شرکت‌های متعددی وجود دارند که عملکرد مناسبی در مدیریت دارایی‌های ورودی داشته، اما از نظر تامین سرمایه ناکارا هستند. درعین‌حال، شرکت‌هایی وجود دارند که در آن‌ها عملکرد مدیریت در مقایسه با دارایی‌های ورودی ضعیف بوده ولی از نظر تامین سرمایه کارا هستند؛ بنابراین، هنگام تحلیل کارایی شرکت، به شاخصی برای اندازه‌گیری کارایی نیاز است که هم ورودی‌ها و هم تامین سرمایه را هم‌زمان مدنظر قرار دهد.

خداپرست پیرسرایی [2]، در تحقیق خود به بررسی علل، عوامل و پیامدهای کاهش سودآوری و ضعف عملکرد در صنعت متانول در ایران پرداخته است. به‌زعم این پژوهشگر متانول یکی از محصولات اصلی صنعت پتروشیمی کشور بوده که افزون بر مصارف داخلی، بخش مهمی از صادرات محصولات پتروشیمیایی را نیز شامل می‌شود. با افزایش جهانی قیمت نفت‌وگاز به دلیل تحولات اخیر در جهان (ازجمله حمله روسیه به اوکراین و افزایش تقاضای جهانی انرژی) و به‌تبع آن، افزایش قیمت خوراک واحدهای پتروشیمی (متانول‌سازان)، قیمت محصول تولیدی این واحدها (متانول) به تناسب قیمت خوراک رشد نکرده و این موضوع به همراه تغییرات شدید قیمت یوتیلیتی، موجب شده که حاشیه سود متانول‌سازان به‌شدت کاهش یابد تا جایی که برخی از آن‌ها در ماه‌های اخیر اقدام به تعطیلی فعالیت کرده‌اند. طیبی، ابوالحسنی و کوشا [5]، در تحقیق خود به ارزیابی عملکرد با به‌کارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. برای این منظور، ارزیابی عملکرد گروه مشاوران جوان شهرداری مشهد طبق روش تحلیل پوششی داده‌ها و *TOPSIS*[2] انجام شده است. در نهایت با ارایه نتایج این روش در سازمان موردنظر و ارایه پیشنهادهایی جهت بهبود وضعیت ارایه شده است.

حسینی و احتیاطی [6]، در مطالعه خود به بررسی مزیت رقابتی در عملکرد واحدهای تولیدکننده متانول ایران پرداخته‌اند. این مقاله با در نظر گرفتن واقعیت‌های فوق و جایگاه متانول در طرح‌های سرمایه‌گذاری، تولید و صادرات صنعت پتروشیمی به اندازه‌گیری مزیت این محصول اختصاص پیدا کرده است. در این مقاله، چهار شاخص برای اندازه‌گیری مزیت رقابتی محصول متانول ایران مورد استفاده قرار گرفته است. براساس نتایج حاصل‌شده، متانول تولیدی ایران با در نظر گرفتن هزینه فرصت منابع داخلی به‌کاررفته در تولید و چه با در نظر گرفتن اطلاعات تجاری، از توان رقابت برخوردار است. مهرگان و همکاران [7]، در مطالعه خود، به بررسی توان رقابتی در عملکرد پتروشیمی متانول در میان تولیدکنندگان ایرانی

[1] Ordinary Least Squares (OLS)

[2] Technique for order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

پرداخته‌اند. این پژوهش در حوزه متانول شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران انجام شده است. برای اندازه‌گیری توان رقابتی حوزه متانول شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران، ابتدا مدلی مفهومی توسعه داده شده است که دربرگیرنده سه حوزه اصلی است. سپس با استفاده از تکنیک‌های تحلیل عاملی و مدل‌سازی معادلات ساختاریافته این مدل با چندبار اصلاح و تعدیل به تایید رسیده است. سپس با استفاده از مدل‌سازی شبکه‌های بیزین، دوباره این ادعا موردبررسی قرار گرفته و تایید شده است. سپس براساس دانش ایجادشده توسط دو تکنیک فوق، یک سیستم فازی طراحی و طبق نتایج حاصل‌شده در این مطالعه، مشخص گردید که توان رقابتی شرکت صنایع پتروشیمی ایران وابسته به منابع است؛ به عبارت دیگر رویکرد این شرکت رویکرد مبتنی بر منابع ورودی بنگاه است.

براساس موارد اشاره‌شده در بالا و بررسی ادبیات تحقیق مهم‌ترین شکاف‌های تحقیق حاضر به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است.

۱. ارزیابی نقاط قوت و ضعف شرکت‌های نساجی در بازار از طریق مدل *DEA* و مقایسه آن با نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های سنتی
۲. بررسی تاثیر عوامل مختلف خروجی اعم از خروجی مطلوب و نامطلوب بر عملکرد این شرکت‌ها

۳- روش تحقیق

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده وجود داشته که محقق آن‌ها را با DMU_j $(j = 1, \dots, n)$ نشان می‌دهد. DMU_o $(o \in \{1, \dots, n\})$ ، نشان‌دهنده واحد تحت ارزیابی بوده و نماد (*) نشان‌دهنده بهینه بودن مقدار متغیر است. در **جدول ۱** به معرفی متغیرها و نمادهای مورد استفاده در این مقاله پرداخته می‌شود. در این تحقیق یک مدل غیرشعاعی برای محاسبه امتیاز کارایی ارایه شده است. زیرا، مدل‌های غیرشعاعی در مقایسه با مدل‌های شعاعی، مزایای خاصی برای مساله تاب‌آوری در صنعت نساجی دارند. زیرا، مدل‌های غیرشعاعی، به‌ویژه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها غیرشعاعی، قابلیت انعطاف‌پذیری بیشتری در تحلیل داده‌ها دارند. این مدل‌ها می‌توانند به‌طور موثری با داده‌های غیرخطی و پیچیده کار کنند و به تحلیل دقیق‌تری از *SCR* کمک کنند. مدل‌های غیرشعاعی می‌توانند ناکارآمدی‌های خاص و جزیی را شناسایی کنند که ممکن است در مدل‌های شعاعی نادیده گرفته شوند. این ویژگی به مدیران کمک می‌کند تا نقاط ضعف خاصی را که بر *SCR* تاثیر می‌گذارند، شناسایی کنند. مدل‌های غیرشعاعی می‌توانند به تحلیل عمیق‌تری از عملکرد زنجیره‌تامین بپردازند و به شناسایی عواملی که بر تاب‌آوری تاثیر می‌گذارند، کمک کنند. این تحلیل عمیق می‌تواند به بهبود فرایندها و کاهش ریسک‌ها منجر شود. علاوه بر این، مدل‌های غیرشعاعی می‌توانند روابط غیرخطی بین متغیرها را در نظر بگیرند، که این امر به تحلیل دقیق‌تری از تاثیرات مختلف بر *SCR* کمک می‌کند. بنابراین، به‌طورکلی، مدل‌های غیرشعاعی با ارایه یک چارچوب تحلیلی جامع و دقیق‌تر، به سازمان‌ها کمک می‌کنند تا *SCR* خود را بهبود بخشند و در برابر چالش‌های بازار مقاوم‌تر شوند. این مزایا باعث می‌شود که مدل‌های غیرشعاعی به‌عنوان ابزاری موثر در ارزیابی و بهبود تاب‌آوری در صنعت نساجی مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۱- معرفی متغیرهای تحقیق.
Table 1- Introducing research variables.

ورودی‌های اول	$X_{j=}(X_j^{DI^T}, X_j^{UI^T})^T$
ورودی‌های مطلوب	$X_j^{DI} = (x_{1j},\dots,x_{m^D j})^T$
ورودی‌های نامطلوب	$X_j^{UI^T} = (x_{1j},\dots,x_{m^U j})^T$
اندازه‌های میانی (واسط)	$Zj = \left(Z_j^{DODI^T}, Z_j^{UOUI^T}, Z_j^{UODI^T}, Z_j^{DOUI^T}\right)^T$
خروجی‌های مطلوب زیر سیستم ۱ و ورودی‌های مطلوب زیر سیستم ۲	$Z_j^{DODI} = (z_{1j},\dots z_{q_{DODI}j})^T$
خروجی‌های نامطلوب زیر سیستم ۱ و ورودی‌های نامطلوب زیر سیستم ۲	$Z_j^{UOUI} = (z_{1j},\dots z_{q_{UOUI}j})^T$

جدول ۱- ادامه.

Table 1- continued.

ورودی‌های اول	$X_{j=}(X_j^{DI^T}, X_j^{UI^T})^T$
خروجی‌های نامطلوب زیر سیستم ۱ و ورودی‌های مطلوب زیر سیستم ۲	$Z_j^{UODI} = (z_{1j},...z_{q^{UODI}j})^T$
خروجی‌های مطلوب زیر سیستم ۱ و ورودی‌های نامطلوب زیر سیستم ۲	$Z_j^{DOUI} = (z_{1j},...z_{q^{UODI}j})^T$
خروجی‌های نهایی	$Y_j = (Y_j^{DO^T}, Y_j^{UO^T})^T$
خروجی‌های مطلوب	$Y_j^{DO} = (y_{1j},..., y_{S^D j})^T$
خروجی‌های نامطلوب	$Y_j^{UO} = (y_{1j},..., y_{S^U j)}^T$
متغیر کمکی ورودی‌های مطلوب	S_X^{DI}
متغیر کمکی ورودی‌های نامطلوب	S_X^{DU}
متغیر کمکی خروجی مطلوب زیرسیستم ۱ و ورودی مطلوب زیرسیستم ۲	S_z^{DODI}
متغیر کمکی خروجی نامطلوب زیرسیستم ۱ و ورودی نامطلوب زیرسیستم ۲	S_z^{UOUI}
متغیر کمکی خروجی مطلوب زیرسیستم ۱ و ورودی نامطلوب زیرسیستم ۲	S_z^{DOUI}
متغیر کمکی خروجی نامطلوب زیرسیستم ۱ و ورودی مطلوب زیرسیستم ۲	S_z^{UODI}

جهت ارزیابی واحد تحت ارزیابی مدل غیرشعاعی زیر پیشنهاد می‌شود:

$$\min E = \frac{1-\dfrac{\sum_{a=1}^{ms^{DI}} \frac{S_{Xa}^{DI}}{x_{a0}^{DI}} + \sum_{b=1}^{S^{UO}} \frac{S_{Yb}^{UO}}{y_{b0}^{UO}} + \sum_{c=1}^{q^{DODI}} \frac{S_{Wc}^{DODI}}{z_{c0}^{DODI}} + \sum_{d=1}^{q^{UOUI}} \frac{S_{Zd}^{UOUI}}{z_{d0}^{UOUI}} + \sum_{u=1}^{q^{UOUI}} \frac{S_{Zu}^{UODI}}{z_{u0}^{UODI}}}{m^{DI}+s^{UO}+q^{DODI}+q^{UOUI}+q^{UODI}}}{1+\dfrac{\sum_{e=1}^{s^{DO}} \frac{S_{Ye}^{DO}}{y_{e0}^{DO}} + \sum_{f=1}^{m^{UI}} \frac{S_{Xf}^{UI}}{x_{f0}^{UI}} + \sum_{g=1}^{q^{DODI}} \frac{S_{Zg}^{DODI}}{z_{g0}^{DODI}} + \sum_{h=1}^{q^{UOUI}} \frac{S_{Wh}^{UOUI}}{z_{h0}^{UOUI}} + \sum_{v=1}^{q^{DOUI}} \frac{S_{Zv}^{DOUI}}{z_{v0}^{DOUI}}}{m^{DO}+s^{UI}+q^{DODI}+q^{UOUI}+q^{DODI}}} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j^{DI} + S_X^{DI} = X_0^{DI} \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j^{UI} - S_X^{UI} = X_0^{UI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Z_j^{UODI} - S_Z^{DODI} = Z_0^{DODI} \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Z_j^{UOUI} + S_Z^{UOUI} = Z_0^{UOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Z_j^{UODI} + S_Z^{UODI} = Z_0^{UODI} \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Z_j^{DOUI} + S_Z^{DOUI} = Z_0^{DOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Z_j^{UODI} + S_Z^{UODI} = Z_0^{UODI} \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Z_j^{DOUI} + S_Z^{DOUI} = Z_0^{DOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \mu_j Z_j^{DODI} + S_w^{DODI} = Z_0^{DODI}, \quad \sum_{j=1}^{n} \mu_j Z_j^{UOUI} - S_w^{UOUI} = Z_0^{UOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \mu_j Z_j^{UODI} + S_Z^{UODI} = Z_0^{UODI}, \quad \sum_{j=1}^{n} \mu_j Z_j^{DOUI} + S_w^{DOUI} = Z_0^{DOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j Y_j^{DO}-S_Y^{DO}=Y_0^{DO},\quad \sum_{j=1}^{n}\mu_j Y_j^{UO}+S_Y^{UO}=Y_0^{UO}.$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j Y_j^{DO}-S_Y^{DO}=Y_0^{DO},\quad \sum_{j=1}^{n}\mu_j Y_j^{UO}+S_Y^{UO}=Y_0^{UO}.$$

$$\sum_{j=1}^{N}\lambda_j=1,\ \sum_{j=1}^{N}\mu_j=1,\ \lambda_j,\mu_j\geq 0,\ \ j=1,2,...,n.$$

$S_X^{DI},S_X^{UI},S_Z^{DODI},S_Z^{UOUI},S_W^{DODI},S_W^{UOUI},S_Y^{DO},S_Y^{UO}\geq 0, S_Z^{UOUI},S_Z^{DOUI}$ آزاد در علامت.

به طوری‌که

$$\bar{x}_{ij}^{DI}=M-x_{ij}^{UI}.$$
$$\bar{y}_{rj}^{DO}=G-y_{rj}^{UO}.$$
$$\bar{z}_{qj}^{DODI}=F-z_{qj}^{UOUI}.$$
$$M>\max_{j=1,..,n}\left(x_{ij}^{UI}\right).$$
$$F>\max_{j=1,..,n}\left(z_{qj}^{UOUI}\right).$$
$$G>\max_{j=1,..,n}\left(y_{rj}^{UO}\right).$$
$$\bar{X}_j^{DI}=\left(\bar{x}_{1j}^{DI},...,\bar{x}_{mj}^{DI}\right)^T.$$
$$\bar{Y}_j^{DO}=\left(\bar{y}_{1j}^{DO},...,\bar{y}_{sj}^{DO}\right)^T.$$
$$\bar{Z}_j^{DODI}=\left(\bar{z}_{1j}^{DODI},\bar{x}_{2j}^{DI},...,\bar{z}_{q^{UOUI}j}^{DODI}\right)^T.$$

چنانچه ملاحظه می‌شود مدل بالا یک مدل غیرخطی بوده که با استفاده از تغییر متغیر چارنز و کوپر [30] می‌توان آن را به مدل خطی زیر تبدیل نمود.

$$\min E=t-\frac{\sum_{a=1}^{ms^{DI}}\frac{S_{Xa}^{DI}}{x_{a0}^{DI}}+\sum_{b=1}^{S^{UO}}\frac{S_{Yb}^{UO}}{y_{b0}^{UO}}+\sum_{c=1}^{q^{DODI}}\frac{S_{Wc}^{DODI}}{z_{c0}^{DODI}}+\sum_{d=1}^{q^{UOUI}}\frac{S_{Zd}^{UOUI}}{z_{d0}^{UOUI}}+\sum_{u=1}^{q^{UOUI}}\frac{S_{Zu}^{UODI}}{z_{u0}^{UODI}}}{m^{DO}+s^{UI}+q^{DODI}+q^{UOUI}+q^{DODI}}.$$

$$s.t.$$

$$t+\frac{\sum_{e=1}^{s^{DO}}\frac{S_{Ye}^{DO}}{y_{e0}^{DO}}+\sum_{f=1}^{m^{UI}}\frac{S_{Xf}^{UI}}{x_{f0}^{UI}}+\sum_{g=1}^{q^{DODI}}\frac{S_{Zg}^{DODI}}{z_{g0}^{DODI}}+\sum_{h=1}^{q^{UOUI}}\frac{S_{Wh}^{UOUI}}{z_{h0}^{UOUI}}+\sum_{v=1}^{q^{DOUI}}\frac{S_{Zv}^{DOUI}}{z_{v0}^{DOUI}}}{m^{DO}+s^{UI}+q^{DODI}+q^{UOUI}+q^{DODI}}=1.$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Z_j^{DODI}-S_Z^{DODI}=tZ_0^{DODI},\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j Z_j^{UOUI}+S_Z^{UOUI}=tZ_0^{UOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Z_j^{UODI}+S_Z^{UODI}=tZ_0^{UODI},\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j Z_j^{DOUI}+S_Z^{DOUI}=tZ_0^{DOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j Z_j^{DODI}+S_w^{DODI}=tZ_0^{DODI},\quad \sum_{j=1}^{n}\mu_j Z_j^{UOUI}-S_w^{UOUI}=tZ_0^{UOUI}. \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j Z_j^{UODI}+S_Z^{UODI}=tZ_0^{UODI},\quad \sum_{j=1}^{n}\mu_j Z_j^{DOUI}+S_Z^{DOUI}=tZ_0^{DOUI}.$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j Y_j^{DO}-S_Y^{DO}=tY_0^{DO},\quad \sum_{j=1}^{n}\mu_j Y_j^{UO}+S_Y^{UO}=tY_0^{UO}.$$

$S_X^{DI}, S_X^{UI}, S_Z^{DODI}, S_Z^{UOUI}, S_W^{DODI}, S_W^{UOUI}, S_Y^{DO}, S_Y^{UO} \geq 0$, S_Z^{UODI}, S_Z^{DOUI} آزاد در علامت.

پس از حل **مدل (۲)** و به دست آوردن جواب بهینه آن برای هر DMU، نمره کارایی محاسبه شده و در صورت ناکارا بودن نیز می‌توان الگوی آن واحد را به دست آورد. DMU_o یعنی واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی را کارا تلقی نموده و هرگاه در جواب بهینه **مدل (۲)** در ارزیابی آن $E^*=1$، باشد، در غیر این صورت آن را ناکارا می‌نامند [31]، [32]. بر طبق توصیه ابوالقاسمیان و همکاران [33]،جهانگیری و همکاران [34] بررسی دو قضیه جهت بررسی اعتبار مدل پیشنهادی لازم و ضروری است.

قضیه ۱- شدنی بودن **مدل (۲)**

برای اثبات شدنی بودن مدل پیشنهادی باید نشان دهیم که به ازای حداقل یک جواب تمامی مقادیر $\mu_j z_j$، $\mu_j y_j$، شدنی است [35]. اثبات: یک جواب مانند مجموعه جواب $\mu_j=0;\ \mu_o=1;\ E=1$ برای واحد تحت بررسی o در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه این جواب در تمام قیدهای مساله صدق می‌کند، پس مساله حداقل یک جواب شدنی دارد.

قضیه ۲- در **مدل (۲)** همواره $E^*\leq 1$ است.

فرض می‌کنیم جواب بهینه بزرگ‌تر از ۱ است (فرض خلف).

اثبات: فرض می‌کنیم به ازای $E=1$ و همه μ برابر صفر به‌جز واحد تحت ارزیابی برابر یک جواب شدنی وجود دارد؛ یعنی $\mu_j=0;\ \mu_o=1;\ E=1\ \ \forall j\neq o$. این جواب در تمام محدودیت‌ها صدق می‌کند و به زبان ریاضی یک جواب شدنی است. با توجه به min بودن تابع هدف در هر تکرار مینیمم سازی، مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد و مقدار $E^*=1$ محاسبه‌شده است. بنابراین وجود جواب بهینه بزرگ‌تر از یک برای E با در نظر گرفتن جواب شدنی $E=1$ تناقض و خلاف مینیمم‌سازی است. درنتیجه فرض خلف باطل و قضیه ثابت می‌شود که $E^*\leq 1$ است [36]. به‌منظور تشریح عددی قضایای اثبات‌شده، فرض می‌کنیم تعداد واحدهای تصمیم‌گیری برابر با ۲ است. در این صورت، مقادیر ورودی و خروجی‌ها را به‌صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$X_0^{DI}=10; X_0^{UI}=5; Z_0^{DOI}=15; Z_0^{UOI}=20;\ Z_0^{DODI}=25; Y_0^{DO}=30; Y_0^{UI}=35.$$

با فرض اینکه متغیرهای تصمیم برابر با صفر باشند در این صورت خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1}^{2}\lambda_j X_j^{DI}+S_x^{DI}=X_0^{D}.$$

با فرض $X_j^{DI}=0$ در نتیجه $S_x^{DI}=10$ خواهد بود، در نتیجه معادله برقرار است. در این صورت مقدار تابع هدف نیز برابر با یک به‌صورت زیر محاسبه می‌شود. برای این منظور، فرض می‌شود تا همه ضرایب در تابع هدف برابر با یک هستند. چون متغیرهای تصمیم نیز صفر هستند، مجموع داخل صورت و مخرج صفر می‌شود. در این صورت داریم:

$$min\ E=\frac{1-0}{1+0}=1.$$

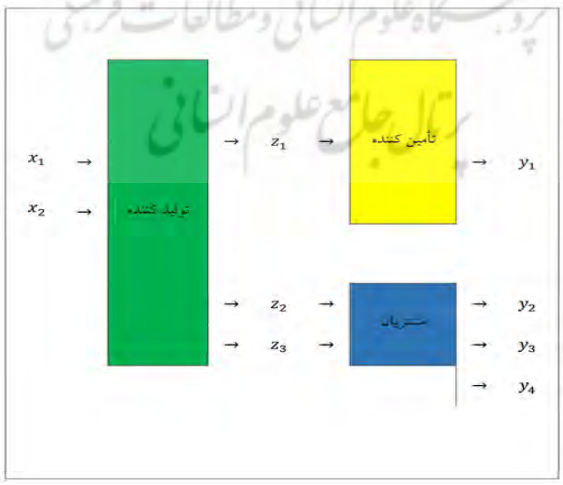
بنابراین، با مقداردهی ساده، تمامی محدودیت‌ها احصا می‌شوند، پس مدل شدنی است. علاوه بر این، تابع هدف مقدار عددی مشخص دارد و قابل کاهش نیست، پس مدل کراندار است.

۴- یافته‌ها و نتایج

همان‌طور که گفته شد، در این تحقیق به ارزیابی عملکرد و محاسبه کارایی *SCR* شرکت‌های نساجی پرداخته می‌شود، به‌طوری‌که با توجه به شاخص‌های موجود در ارزیابی عملکرد، محقق به دنبال طراحی و توسعه مدلی است که ورودی، خروجی و خروجی‌های نامطلوب نیز در آن مطرح شوند. مدل *DEA* ارایه شده به‌صورت یک مدل شبکه‌ای بوده و همچنین برخی از متغیرهای نهایی که به سبب ماهیت باید عدد صحیح باشند نیز در مدل دیده شده‌اند. شاخص‌هایی که در این تحقیق برای مقایسه و ارزیابی عملکرد *SCR* در نظر گرفته‌شده، در **جدول ۲** آورده شده است. این شاخص‌ها می‌توانند از نوع ورودی، خروجی و یا اندازه واسطه باشند. اندازه‌های واسطه در یک واحد تصمیم‌گیرنده شبکه‌ای، شاخص‌هایی هستند که همزمان به‌عنوان خروجی یک زیر واحد و ورودی یک زیر واحد دیگر در نظر گرفته می‌شوند. همچنین برخی از خروجی‌های در نظر گرفته‌شده نیز از نوع خروجی نامطلوب بوده که هرچه کمتر باشند، بهتر است. شبکه تعریف‌شده برای هر واحد تصمیم-گیرنده در این تحقیق به‌صورت **شکل ۱** بوده که از سه زیر بخش تشکیل‌شده و ورودی‌ها، خروجی‌ها و اندازه‌های واسطه به‌عنوان ورودی و خروجی آن‌ها در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی عملکرد تاب‌آوری زنجیره‌تامین.
Table 2. Supply chain resilience performance evaluation indicators.

نماد شاخص	شاخص	نوع شاخص
x_1	مواد اولیه	ورودی
x_2	کاهش زمان چرخه توسعه	ورودی
z_1	توانایی تغییر زمان سفارش تامین‌کنندگان	اندازه واسطه
z_2	سرعت در بهبود خدمت به مشتریان	اندازه واسطه
z_3	افزایش فراوانی معرفی محصول جدید	اندازه واسطه
y_1	برنامه‌ریزی مناسب، متمرکز و مشترک	خروجی مطلوب
y_2	تنوع تامین‌کنندگان	خروجی مطلوب
y_3	رضایت مشتری	خروجی مطلوب
y_4	محصولات برگشتی	خروجی نامطلوب



شکل ۱- نمای کلی واحدهای تصمیم‌گیرنده شبکه تحت ارزیابی.
Figure 1- Overview of the network's decision-making units under evaluation.

همچنین، با استفاده از مقادیر بهینه متغیرهای مدل می‌توان الگوی واحدهای تصمیم‌گیرنده ناکارا را نیز پیدا نمود. الگوی به‌دست‌آمده، میزان کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌های مطلوب واحدهای تصمیم‌گیرنده ناکارا را برای رسیدن به مرز کارایی مشخص کرده و با این اطلاعات می‌توان تصمیم مناسبی را برای بهبود عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده ناکارا اتخاذ نمود. مدل پیشنهادی مدلی ترکیبی است و یک رویکرد ترکیبی را با کاهش

ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها به‌طور همزمان برای رسیدن واحدهای ناکارا به مرز کارایی در نظر می‌گیرد. برای پیدا کردن الگوی کارای هر واحد ناکارا، از جواب بهینه مدل استفاده کرده و می‌توان مقادیر ورودی، اندازه‌های واسطه و خروجی‌های بهبود یافته را به دست آورد.

۱-۴- نتایج تحقیق

در این بخش از تحقیق به‌منظور نشان دادن قابلیت مدل پیشنهادی به ارزیابی عملکرد چهار شرکت تولیدی نساجی در ایران پرداخته شده است. با به‌کارگیری داده‌های مربوط به هر یک از عناصر اصلی مدل یعنی ورودی، خروجی (مطلوب و نامطلوب) و میانی در مدل ریاضی توسعه داده‌شده، نتایج کارایی قابل‌محاسبه خواهند بود. برای اینکه مقایسه براساس ورودی با کمیت‌های مختلف منطقی و معنی‌دار باشد، لازم است کمیت از واحد اندازه‌گیری آن‌ها حذف شود. برای این منظور از روش خطی برای نرمال‌سازی داده‌های مربوط به ورودی، خروجی و میانی مساله مطابق با رابطه $\frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}$ استفاده شده است. در **جدول ۳** مقادیر نرمال شده داده‌های ورودی نشان داده شده است.

جدول ۳- داده‌های نرمال شده ورودی، خروجی و میانی.

Table 3- Normalized input, output, and intermediate data.

شرکت‌ها	ورودی		میانی			خروجی			
	مواد اولیه	زمان چرخه‌توسعه	توانایی تغییر زمان‌های سفارش تامین‌کنندگان	سرعت در بهبود خدمات مشتریان	افزایش فراوانی معرفی محصول جدید	توانایی برنامه‌ریزی مناسب، متمرکز، مشترک	تنوع تامین‌کنندگان	رضایت مشتریان	محصولات برگشتی
DMU 1	0.305	0.211	0.151	0.232	0.221	0.204	0.267	0.231	0.229
DMU 2	0.221	0.232	0.499	0.393	0.150	0.273	0.206	0.211	0.167
DMU 3	0.150	0.393	0.099	0.162	0.322	0.510	0.420	0.286	0.463
DMU 4	0.322	0.162	0.249	0.232	0.499	0.011	0.105	0.210	0.139

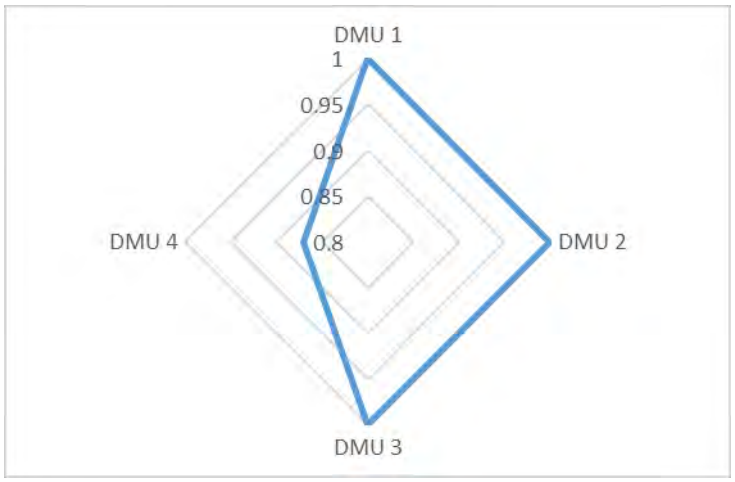
سپس با به‌کارگیری داده‌های فوق در مدل توسعه داده‌شده امتیاز کارایی واحدهای تحت ارزیابی قابل محاسبه خواهد بود. برای این منظور ابتدا مدل ارایه شده در نرم‌افزار گمز فرمول‌نویسی شده و در ادامه مدل توسعه داده‌شده با استفاده از ابزار *BARON* موجود در نرم‌افزار گمز حل می‌شود که مدت زمان اجرای آن تا حصول نتیجه حدود ۲ ثانیه به طول می‌انجامد. در **جدول ۴**، مقدار امتیاز کارایی هر یک از واحدهای تولیدی نساجی ارایه شده است.

جدول ۴- امتیاز کارایی واحدهای تحت ارزیابی.

Table 4. Efficiency scores of the units under evaluation.

شرکت‌ها	امتیاز کارایی	وضعیت
DMU 1	1.000	کارا
DMU 2	1.000	کارا
DMU 3	1.000	کارا
DMU 4	0.870	ناکارا

در **شکل ۲**، نمودار رادار مربوط به محاسبه امتیاز کارایی هر یک از *DMU* ارایه شده است.



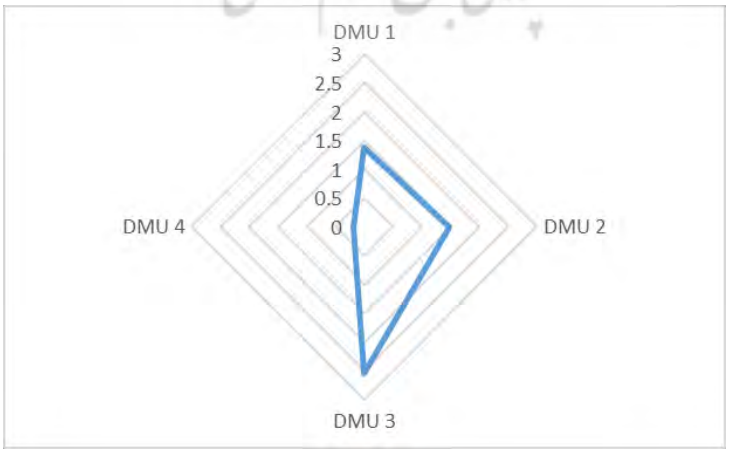
شکل ۲- نمودار رادار کارایی واحدهای تحت ارزیابی.
Figure 2- Radar chart of the efficiency of the units under evaluation.

با توجه به اینکه در محاسبه مقدار امتیاز کارایی واحدهایی که مقدار کارایی آن‌ها برابر با یک باشد، به‌عنوان واحد کارا و در غیر این‌صورت به‌عنوان واحد ناکارا محسوب می‌شوند، *DMU 1*، *DMU 2* و *DMU 3* عنوان واحد کارا و واحد تولیدی *DMU 4* به‌عنوان واحد ناکارا شناخته می‌شوند. با توجه به اینکه سه واحد تولیدی *DMU1-3* با امتیاز کارایی یک روبرو شده‌اند، تفکیک اولویت بین آن‌ها کار مشکلی خواهد بود. برای این منظور، از روش اولویت‌بندی اندرسون پترسون استفاده‌شده تا اولویت‌بندی واحدهای تولیدی محاسبه شود. طبق روش اندرسون پترسون واحدهای کارا ممکن است با یک امتیاز ابرکارایی منحصربه‌فرد بیشتر از یک روبرو شوند. نتایج اجرای روش اندرسون پترسون در **جدول ۵** نشان داده شده است.

جدول ۵- امتیاز ابرکارایی اندرسون پترسون.
Table 5. Anderson-Peterson super-efficiency scores.

شرکت‌ها	امتیاز ابر کارایی	اولویت‌ها
DMU 1	1.374	سوم
DMU 2	1.475	دوم
DMU 3	2.550	اول
DMU 4	0.188	چهارم

در **شکل ۳**، نمودار رادار امتیاز اندرسون-پترسون ارایه شده است. با اجرای روش اندرسون پترسون، اولویت واحدهای *DMU1-3* به ترتیبی که مشخص‌شده، نشان داده شده است. براساس اولویت به‌دست‌آمده *DMU 3* رتبه اول، *DMU 2* رتبه دوم، *DMU 1* رتبه سوم و *DMU 4* رتبه چهارم را کسب کرده است.



شکل ۳- نمودار رادار کارایی اندرسون-پترسون واحدهای تحت ارزیابی.
Figure 3- Anderson-Peterson efficiency radar chart of the units under evaluation.

همچنین به‌منظور مقایسه مدل پیشنهادی با مدل‌های پایه *CCR* و *BCC* جهت اعتبارسنجی مدل توسعه داده اقدام شده است. در **جدول ۵**، امتیاز کارایی بر اساس این دو مدل نشان داده شده است. اختلاف نظر بین مدل پیشنهادی و مدل‌های پایه بر روی *DMU 1* است. به‌طوری‌که این واحد تولیدی، در روش *CCR* و *BCC* به‌عنوان واحد ناکارا معرفی شده است. همچنین، مشاهده می‌شود که طبق روش *CCR* ناکارایی بیشتری دارد، اما در روش *BCC* اختلاف ناکارایی حاصل‌شده با نتیجه کارایی به‌دست‌آمده در مدل پیشنهادی جزیی و در حد ۰/۰۰۵ است. دلیل بهبود کارایی در روش *BCC* و مدل پیشنهادی نسبت به مدل *CCR* این است که مرزی که از طریق دو مدل ساخته می‌شود، بهتر می‌تواند مجموعه امکان تولید را در نظر بگیرد، اما مرز امکان تولید در *CCR* به‌صورت یک خط ساده است که قادر به تخمین درستی از کارایی میان واحدهای تحت ارزیابی نخواهد بود.

جدول ۶- امتیاز کارایی براساس مدل‌های پایه.

Table 6. Efficiency scores based on basic models.

شرکت‌ها	امتیازکارایی CCR	وضعیت آزمون تی	امتیاز کارایی BCC	وضعیت آزمون تی	امتیاز کارایی پیشنهادی
DMU 1	0.529	0.2000	0.995	2.012	1.000
DMU 2	1.000	2.569	1.000	2.569	1.000
DMU 3	1.000	2.569	1.000	2.569	1.000
DMU 4	0.188	1.996	0.960	2.001	0.870

با توجه به اینکه واحد تولیدی متانول مرجان بر طبق مدل پیشنهادی به‌عنوان واحد ناکارا شناسایی شده است و با توجه به اینکه مدل پیشنهادشده یک مدل ورودی‌محور است، باید میزان تغییر در ورودی به‌منظور قرار گرفتن بر روی مرز کارا تعیین شود. برای این منظور، حداکثر کاهش در مقدار ورودی‌ها را محاسبه نموده تا واحد موردنظر بر روی مرز کارایی قرار گیرد. بنابراین، از طریق حاصل‌ضرب امتیاز کارایی *DMU 4* در مقدار ورودی آن حداکثر مقدار کاهش در مقدار ورودی‌های آن برابر با ۰/۱۴۱ واحد محاسبه می‌شود. بنابراین، درصورتی‌که مقدار ورودی *DMU 4* از ۰/۱۶۲ به ۰/۰۲۱ واحد کاهش یابد، این واحد تولیدی نیز به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری کارا شناخته می‌شود. همچنین، آزمون معنی‌داری نتایج براساس آزمون تی برای هر یک از مشاهدات ارایه شده است. وضعیت آزمون تی بر اساس مقایسه امتیاز کارایی *CCR* و مدل پیشنهادی در تمامی حالات به‌جز *DMU1* معنی‌دار هستند؛ زیرا مقادیر همه واحدها بزرگتر از ۱/۹۶ هستند. علاوه بر این، در حالات مقایسه بین مدل *BCC* و مدل پیشنهادی در تمامی حالات معنی‌دار هستند.

۲-۴- تحلیل حساسیت

در این بخش از تحقیق به بررسی میزان تغییر در ورودی‌های در نظر گرفته‌شده و اثر آن بر روی کارایی می‌پردازیم. در حقیقت، می‌خواهیم مشخص کنیم که در چه صورت واحدهای ناکارا قادر خواهند بود به‌عنوان واحد کارا تبدیل شوند. برای این منظور، ابتدا واحدهای کارا را کنار می‌گذاریم. سپس، مقدار ناکارایی که به‌عنوان ضریب تعدیل دهنده واحد در مقدار ورودی‌ها عمل می‌کند تا تصویر واحد روی مرز کارایی قرار بگیرد را در مقدار ورودی‌های مربوط به واحد تحت ارزیابی ضرب می‌نماییم. حاصل مقدار محاسبه‌شده میزان تغییرات در ورودی مربوطه را نشان می‌دهد. تعبیر مقدار به‌دست‌آمده این است، اگر چنانچه هر یک از واحدهای ناکارا مقدار ورودی آن‌ها به میزان تغییرات مشخص‌شده کم شوند در این صورت واحد موردنظر به‌عنوان یک واحد کارا تلقی می‌شود. در **جدول ۷** نتایج مربوط به میزان تغییرات در ورودی هر یک از واحدهای ناکارا به‌عنوان واحدهای تحت ارزیابی نشان داده‌شده است. نتایج ارایه شده به ازای کاهش ۳۰% در منابع ورودی ارایه شده است.

جدول ۷- تغییرات ورودی‌ها.

Table 7. Changes in inputs.

شرکت‌ها	امتیاز کارایی (فعلی)	مواد اولیه	زمان چرخه‌توسعه	میزان تغییرات در ورودی مواد اولیه $\Delta x_1 = \theta x_1$	میزان تغییرات در زمان چرخه‌توسعه $\Delta x_2 = \theta x_2$	امتیاز کارایی بهبودیافته
DMU 4	0.870	0.322	0.162	0.225	0.113	1.000

با توجه به نتایج مندرج در **جدول ۷**، در صورت کاهش ۳۰% ورودی‌های در نظر گرفته‌شده امتیاز کارایی بهبودیافته است و از ۰/۸۷۰ به ۱/۰۰۰ ارتقا یافته است و به‌عنوان یک واحد کارا شناسایی شده است.

۵- کاربردهای مدیریتی تحقیق

با توجه به نتایج حاصل‌شده در زیر پیشنهادها مدیریتی کاربردی برای تحقیق جاری ارایه شده است. مدیران صنعت نساجی باید با استفاده از تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها نقاط قوت و ضعف زنجیره‌تامین خود را شناسایی نمایند. این تحلیل می‌تواند به شناسایی بخش‌هایی که نیاز به بهبود دارند کمک کند و مدیران را در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک یاری کند. مدیران باید استراتژی‌هایی برای افزایش تاب‌آوری زنجیره‌تامین طراحی کنند. این استراتژی‌ها می‌توانند شامل تنوع تامین‌کنندگان، بهبود روابط با تامین‌کنندگان و ایجاد سیستم‌های انعطاف‌پذیر برای پاسخ به تغییرات بازار باشند. سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا[1] تحلیل داده‌ها می‌تواند به بهبود کارایی زنجیره‌تامین کمک کند. این فناوری‌ها می‌توانند به مدیران در نظارت بر عملکرد زنجیره‌تامین و شناسایی مشکلات به‌موقع کمک کنند. مدیران باید برنامه‌های آموزشی برای کارکنان خود ایجاد کنند تا آن‌ها را با مفاهیم زنجیره‌تامین تاب‌آور و تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها آشنا کنند. توانمندسازی کارکنان می‌تواند به بهبود عملکرد کلی زنجیره‌تامین کمک کند. تشویق به همکاری‌های استراتژیک با تامین‌کنندگان و سایر ذینفعان می‌تواند به بهبود کارایی زنجیره‌تامین کمک کند. این همکاری‌ها می‌توانند شامل اشتراک‌گذاری اطلاعات، بهبود فرآیندها و کاهش هزینه‌ها باشند. مدیران باید سیستم‌های نظارتی برای ارزیابی مستمر کارایی زنجیره‌تامین ایجاد کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به شناسایی مشکلات و فرصت‌های بهبود کمک کنند و به مدیران اجازه دهند تا به‌سرعت به تغییرات پاسخ دهند. مدیران باید به جنبه‌های پایداری و مسئولیت اجتماعی در زنجیره‌تامین توجه کنند. این امر نه‌تنها به بهبود تصویر برند کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی نیز منجر شود. ایجاد برنامه‌های مدیریت ریسک و بحران برای زنجیره‌تامین می‌تواند به تاب‌آوری بیشتر کمک کند. مدیران باید سناریوهای مختلف را شبیه‌سازی کنند و برنامه‌های عملیاتی برای مواجهه با بحران‌ها تدوین کنند. مدیران باید از داده‌های تحلیلی برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه استفاده کنند. تحلیل داده‌ها می‌تواند به شناسایی روندها و الگوهای بازار کمک کند و به مدیران اجازه دهد تا استراتژی‌های بهتری را تدوین کنند. تشویق به ایجاد فرهنگی از بهبود مستمر در سازمان می‌تواند به افزایش کارایی زنجیره‌تامین کمک کند. مدیران باید کارکنان را تشویق کنند تا ایده‌ها و پیشنهادها خود را برای بهبود فرآیندها ارایه دهند. این پیشنهادها می‌توانند به مدیران در صنعت نساجی کمک کنند تا کارایی زنجیره‌تامین تاب آور خود را بهبود بخشند و در برابر چالش‌های بازار مقاوم‌تر شوند.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق با رویکرد بررسی و مقایسه کارایی شرکت‌های نساجی کشور صورت گرفته است. بر این اساس چهار شرکت به‌عنوان شرکت‌های تولیدکننده منسوجات، به‌عنوان شرکت‌های نمونه موردبررسی قرار گرفتند. برای بررسی کارایی از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر استفاده همزمان ورودی، خروجی (مطلوب و نامطلوب) و عناصر میانی استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بهترین و بالاترین کارایی مربوط به *DMU1-3* با کارایی نسبی ۱۰۰% محاسبه‌شده که *DMU 4* به‌عنوان واحد ناکارا تعیین شده است. علاوه بر این، با استفاده از روش اندرسون پترسون اولویت‌بندی انجام شده است. براساس اولویت به‌دست‌آمده *DMU 3* رتبه اول، *DMU 2* رتبه دوم، *DMU 1* رتبه سوم و *DMU 4* رتبه چهارم را کسب کرده است. همچنین، یک مقایسه بر اساس امتیاز کارایی با مدل‌های پایه اعم از *BCC* و *CCR* برای بررسی قابلیت مدل پیشنهادی ارایه شده است. اختلاف ناکارایی حاصل‌شده بین روش پیشنهادی و روش *BCC* جزیی و در حد ۰/۰۰۵ است. در پایان نیز تغییرات مقدار ورودی محاسبه شده است که در این صورت حداکثر مقدار کاهش در مقدار ورودی برای واحد ناکارا برابر با ۰/۱۴۱ واحد محاسبه‌شده تا بتوان از طریق ایجاد کاهش در آن بر روی مرز کارایی قرار گرفت؛ بنابراین، در صورتی‌که مقدار ورودی *DMU 4* از ۰/۱۶۲ به ۰/۰۲۱ واحد کاهش یابد، این واحد تولیدی نیز به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری کارا شناخته می‌شود. طبق یافته‌های تحقیق کاربردهای مدیریتی متصور از تحقیق جاری در حوزه‌های مختلفی می‌تواند قابل بررسی باشد. برای مثال، بازشناسایی عوامل کلیدی موفقیت و عوامل مخاطره‌آفرین که بر عملکرد تاب‌آوری شرکت‌های نساجی تاثیر می‌گذارند، قابل بررسی است. اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد شرکت‌ها بر اساس پارامترهای اساسی بهبود عملکردی، ارایه روش‌های بهینه‌سازی برای بهبود عملکرد شرکت‌های نساجی از طریق تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس داده‌های واقعی، شناسایی الگوهای موفقیت و شکست در صنعت نساجی به‌منظور ارایه راهکارهای بهبوددهنده، پیشنهاد اقدامات تصحیحی و اصلاحی برای بهبود عملکرد شرکت‌های نساجی

[1] Internet of Things (IoT)

تحت مطالعه قابل‌اندازه‌گیری است. در تحقیق جاری، ممکن است با محدودیت‌های مختلفی روبرو شویم. برای مثال، دستیابی به داده‌های دقیق و کامل برای ارزیابی کارایی ممکن است دشوار باشد که می‌تواند نتایج تحقیق را تحت‌تاثیر قرار دهد. مدل‌های *DEA* ممکن است پیچیده باشند و نیاز به درک عمیق از مفاهیم ریاضی و آماری داشته باشند که ممکن است برای برخی از کاربران چالش‌برانگیز باشد. افزایش تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌تواند منجر به کاهش دقت نتایج و افزایش پیچیدگی تحلیل شود. مدل‌های *DEA* ممکن است تاثیرات خارجی و عوامل محیطی را که بر کارایی زنجیره‌تامین تاثیر می‌گذارند، نادیده بگیرند. عوامل انسانی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی که بر کارایی زنجیره‌تامین تاثیر می‌گذارند، ممکن است به‌خوبی در مدل‌های *DEA* منعکس نشوند. این محدودیت‌ها می‌توانند بر دقت و اعتبار نتایج تحقیق تاثیر بگذارند و باید در طراحی و اجرای تحقیق مدنظر قرار گیرند.

همچنین برای تحقیقات آتی می‌توان به‌منظور اولویت‌بندی واحدهای تولیدی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند *BWM*، *VIKOR* و... استفاده نمود. علاوه بر این، در نظر گرفتن عوامل ورودی‌های مدیریت‌پذیر و غیرمدیریت‌پذیر در مدل *DEA* می‌تواند برای تحقیقات آتی به پژوهشگران توصیه شود. همچنین، استفاده از داده‌های تصادفی و ارایه مدل‌های دینامیکی برای تحلیل کارایی در دوره‌های مختلف پیشنهاد می‌شود.

منابع

[1] Mousaei, A., Firoozeh, M., & Hatefi, M. A. (2021). Formation of methanol industrial cluster based on market elasticity. *Quarterly journal of industrial technology development*, *19*(46), 45-62. (**In Persian**). https://doi.org/10.22034/jtd.2021.249020

[2] Pirsaraei, K. (2024). Declining profitability of Iran's methanol industry; causes, factors and consequences of its energy security. *Monthly scientific journal {guillemotleft}economic security{guillemotright}*, *10*(7.8), 75-86. (**In Persian**). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17354188.1401.10.7.5.6

[3] Mobbarezi, H., Hossein Zadeh, A., & Ghasemi Namaghi, M. (2020). Model of Strategic Marketing Alliance of Methanol Producing Petrochemical Companies in Iran. *Political sociology of iran*, *3*(1), 740_755. (**In Persian**). https://www.doi.org/10.30510/psi.2022.321955.2868

[4] Garavand, S., Mehregan, N., Sadegh, H., & Malekshahi, M. (2013). Energy efficiency analysis in the petrochemical industry of Iran. *The journal of economic policy*, *5*(10), 57-74. (**In Persian**). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453967.1392.5.10.2.3

[5] Tayebi Abolhasani, A., & Koosha, H. (2016). Performance evaluation using data envelopment analysis and Topsis (Case: mashhad municipality's youth consultants group). *Organizational culture management*, *14*(3), 909-936.(**In Persian**). https://doi.org/10.22059/jomc.2016.58895

[6] Hosseini, S., Ehtiyati, E., & others. (2006). Competitive advantage and its measurement; A case study of Iran's methanol products. *Iranian journal of economic research*, *8*(24), 169_194. (**In Persian**). https://www.sid.ir/paper/2696/en

[7] Mehrgan, M. R., Safari, H., & Asgharizadeh, E. (2010). Measuring competitiveness of methanol through fuzzy system. *Journal of business management*, *2*(1), 165_184. (**In Persian**). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085907.1389.2.1.10.2

[8] Jamshidi, M., Sanei, M., Mahmoodirad, A., Tohidi, G., & Lotfi, F. H. (2021). Uncertain BCC data envelopment analysis model with belief degree: a case study in Iranian Banks. *Journal of Industrial Mathematics*

, *13*(3), 239-249. (**In Persian**). https://www.researchgate.net/profile/Ali-Mahmoodirad/publication/357097146

[9] Bahiraie, A., Hamedi, R., Alinia, H., & others. (2020). Modeling the efficiency of banks by cover data method and Genetic programming. *Islamic economics and banking*, *9*(31), 69-98. (**In Persian**). https://mieaoi.ir/article-1-960-en.html

[10] Ghafoori, & Kasra. (2023). Investigating financial efficiency in steel industry companies: Evidence from the three-dimensional DEA approach. *Decision making and operations research*, *8*(4), 832-843. (**In Persian**). https://doi.org/10.22105/dmor.2022.361244.1663

[11] Pashapour, S., Bozorgi-Amiri, A., Azadeh, A., Ghaderi, S. F., & Keramati, A. (2019). Performance optimization of organizations considering economic resilience factors under uncertainty: A case study of a petrochemical plant. *Journal of cleaner production*, *231*, 1526–1541. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.171

[12] Valera, H., & Agarwal, A. K. (2018). Methanol as an alternative fuel for diesel engines. In *methanol and the alternate fuel economy* (pp. 9–33). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3287-6_2

[13] Farashah, V. H., Hosseini, S. H., Sazvar, Z., & Ganjavi, H. S. (2020). An investigation on the petrochemical industry development in Iran: a system dynamics approach. *International journal of energy technology and policy*, *16*(5–6), 493–509. https://doi.org/10.1504/IJETP.2020.109312

[14] Asadi, F., Kordrostami, S., Amirteimoori, A., & Bazrafshan, M. (2023). Inverse data envelopment analysis without convexity: double frontiers. *Decisions in economics and finance*, *46*(1), 335–354. https://doi.org/10.1007/s10203-022-00377-8

[15] Noveiri, M. J. S., Kordrostami, S., & Amirteimoori, A. (2022). Performance analysis of sustainable supply networks with bounded, discrete, and joint factors. *Environment, development and sustainability*, *24*(1), 238–270. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01415-y

[16] Mahboubi, M., Kordrostami, S., Amirteimoori, A., & Ghane-Kanafi, A. (2022). Undesirable factors and marginal rates of substitution in data envelopment analysis. *Mathematical sciences*, *16*(1), 23–35. https://doi.org/10.1007/s40096-021-00389-2

[17] Fakhr Mousavi, S. M., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Vaez-Ghasemi, M. (2023). Non-radial two-stage network DEA model to estimate returns to scale. *Journal of modelling in management*, *18*(1), 36–60. https://doi.org/10.1108/JM2-09-2020-0228

[18] Arana-Jiménez, M., Sánchez-Gil, M. C., Younesi, A., & Lozano, S. (2021). Integer interval DEA: An axiomatic derivation of the technology and an additive, slacks-based model. *Fuzzy sets and systems*, *422*, 83–105. https://doi.org/10.1016/j.fss.2020.12.011

[19] Kordrostami, S., Amirteimoori, A., & Noveiri, M. J. S. (2019). Inputs and outputs classification in integer-valued data envelopment analysis. *Measurement*, *139*, 317–325. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.02.087

[20] Noveiri, M. J. S., & Kordrostami, S. (2023). Estimating sustainability dimensions using fuzzy inverse directional distance model with flexible measures: A health sector application. *Soft computing*, *27*(22), 17025–17041. https://doi.org/10.1007/s00500-023-08666-z

[21] Soltanifar, M. (2024). Evaluation of hospitals and health care centers with ratio data. *In decision making in healthcare systems* (pp. 29–47). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46735-6_4

[22] Soufi, M. (2024). Multiple attribute decision making in ranking the criteria in health (With certain and uncertain data). *In decision making in healthcare systems* (pp. 49–128). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46735-6_5

[23] Amirteimoori, A., Allahviranloo, T., Kordrostami, S., & Bagheri, S. F. (2024). Improving decision-making units in performance analysis methods: a data envelopment analysis approach. *Mathematical sciences*, *18*(3), 451–461. https://doi.org/10.1007/s40096-023-00512-5

[24] Vaezi, E. (2023). Measuring an efficiency aggregation of medical diagnostic laboratories: A window NDEA approach. *Medical imaging process & technology*, *6*(1), 160–2578. https://doi.org/10.24294/mipt.v6i1.3138

[25] Sepehrian, Z., Khoshfetrat, S., & Ebadi, S. (2022). Weight derivation in analytic hierarchy process using based on double-frontier analysis. *Journal of operational research in its applications (applied mathematics)-lahijan azad university*, *19*(2), 93–111. http://dx.doi.org/10.52547/jamlu.19.2.93

[26] Vaezi, E., Najafi, S. E., Molana, M. H., Lotfi, F. H., & Namin, M. A. (2020). Efficiency evaluation in hybrid three-stage network data envelopment analysis from the double-frontier standpoint. *International journal of supply and operations management*, *7*(3), 222–241. http://dx.doi.org/10.22034/IJSOM.2020.3.2

[27] Kaur, R., & Puri, J. (2024). Interval efficiency estimation using relational dynamic DEA approach: case of Indian banks. *RAIRO-operations research*, *58*(5), 4651–4680. https://doi.org/10.1051/ro/2024177

[28] Nematizadeh, M., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Khoshandam, L. (2025). A novel ranking method in data envelopment analysis: a real case on Chinese banking industry. *Journal of modelling in management*, *20*(4), 1117–1137. https://doi.org/10.1108/JM2-04-2024-0122

[29] Hadi, A., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Mehrabian, S. (2025). An efficiency score unification method in data envelopment analysis using slack-based models with application in banking. *Decision analytics journal*, *14*, 100541. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100541

[30] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

[31] Tone, K., & Tsutsui, M. (2014). Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. *Omega*, *42*(1), 124–131. https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.04.002

[32] Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. *European journal of operational research*, *239*(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.039

[33] Abolghasemian, M., Bigdeli, H., & Shamami, N. (2024). Modeling the positioning of support forces in future battles using data envelopment analysis and the principles of natural and managerial accessibility. *Defensive future studies*, *9*(32), 65–98. https://doi.org/10.22034/dfsr.2024.2007554.1720

[34] Jahangiri, S., Abolghasemian, M., Ghasemi, P., & Chobar, A. P. (2023). Simulation-based optimisation: analysis of the emergency department resources under COVID-19 conditions. *International journal of industrial and systems engineering*, *43*(1), 1–19. https://doi.org/10.1504/IJISE.2023.128399

[35] Rezaei Kallaj, M., Abolghasemian, M., Moradi Pirbalouti, S., Sabk Ara, M., & Pourghader Chobar, A. (2021). Vehicle routing problem in relief supply under a crisis condition considering blood types. *Mathematical problems in engineering*, *2021*(1), 7217182. https://doi.org/10.1155/2021/7217182

[36] Vaseei, M., Agha, M. N. J., Abolghasemian, M., & Chobar, A. P. (2024). Investigating the role of transformative technologies and smart processes on sustainable business. In *Building smart and sustainable businesses with transformative technologies* (pp. 38–51). IGI global scientific publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0210-1.ch003