

Analysis and Evaluation of Sustainable Economic Development Components in the Supply Chain Using the Best–Worst Approach

1. Mahdi Mahmoudieh^{ID}: Department of Industrial Management, Qa.C., Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

2. Elmira Mashayekhi^{ID*}: Department of Industrial Management, Qa.C., Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

3. Hassan Haleh^{ID}: Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Golpayegan Faculty of Engineering, Isfahan University of Technology, Golpayegan, Iran.

*Corresponding Author's Email Address: Mashayekhi_elmira@iau.ac.ir

Abstract:

This study aims to analyze and prioritize the indicators of sustainable economic development in the supply chain of Iranian manufacturing industries using the fuzzy Best–Worst Method (BWM). This applied and descriptive–analytical research involved experts from academia and industry in the fields of industrial management and supply chain. Forty-one economic indicators of sustainable development were identified through literature review. Data were collected via a fuzzy survey and normalized through defuzzification. The final weights were obtained using the BWM model in Lingo software, and the inconsistency rate was calculated to ensure data reliability. Results showed that indicators such as production rate (W1), demand (W25), and the percentage of need for a green production system (W30) had the highest weights, indicating their crucial role in achieving economic sustainability in the supply chain. Conversely, indicators such as production start-up cost (W4) and maintenance cost per product unit (W11) had the lowest weights. The inconsistency rate was 0.0619, confirming the model's high validity and reliability. By providing a localized and quantitative model for prioritizing economic sustainability components, this study offers a practical framework for managers and policymakers to enhance strategic decision-making focused on productivity, demand management, and green production technologies. The proposed model can serve as a foundation for future research and sustainable decision frameworks in various industrial sectors.

Keywords: Sustainable economic development; sustainable supply chain; multi-criteria decision-making; best–worst method; fuzzy analysis

How to Cite: Mahmoudieh, M., Mashayekhi, E., & Haleh, H. (2026). Analysis and Evaluation of Sustainable Economic Development Components in the Supply Chain Using the Best–Worst Approach. *Management, Education and Development in Digital Age*, 3(3), 1-26.



تحلیل و ارزیابی مؤلفه‌های توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین با رویکرد بهترین-بدترین

۱. مهدی محمودیه^{id}: گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲. المیرا مشایخی^{id*}: گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۳. حسن حاله^{id}: استاد یار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی گلپایگان، دانشگاه صنعتی اصفهان، گلپایگان، ایران.

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: Mashayekhi_elmira@iau.ac.ir

چکیده

هدف این پژوهش تحلیل و اولویت‌بندی شاخص‌های توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین صنایع تولیدی ایران با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین (BWM) فازی است. پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با رویکرد توصیفی-تحلیلی انجام شده است. جامعه آماری شامل خبرگان دانشگاهی و صنعتی فعال در حوزه مدیریت صنعتی و زنجیره تأمین بود که به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. ابتدا ۴۱ شاخص اقتصادی مرتبط با توسعه پایدار در زنجیره تأمین از طریق مرور ادبیات شناسایی شد. سپس با استفاده از نظرسنجی فازی، داده‌ها جمع‌آوری و نرمال‌سازی گردید. وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار لینگو و روش BWM انجام شد و نرخ ناسازگاری محاسبه گردید تا پایایی نتایج بررسی شود. نتایج نشان داد شاخص‌هایی مانند نرخ تولید (W_۱)، تقاضا (W_{۲۵})، و درصد نیاز به سیستم تولید سبز (W_{۳۰}) دارای بیشترین وزن بوده و بیشترین نقش را در تحقق توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین ایفا می‌کنند. در مقابل، شاخص‌هایی چون هزینه راه‌اندازی تولید (W_۴) و هزینه نگهداری هر واحد محصول (W_{۱۱}) کمترین اهمیت را دارند. نرخ ناسازگاری ۰.۰۶۱۹ به‌دست آمد که نشان‌دهنده اعتبار و ثبات بالای مدل تصمیم‌گیری است. پژوهش حاضر با ارائه مدلی بومی و کمی برای تحلیل و اولویت‌بندی مؤلفه‌های توسعه پایدار اقتصادی، ابزاری علمی در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران قرار می‌دهد تا بتوانند در طراحی استراتژی‌های پایدار، بر شاخص‌های کلیدی چون بهره‌وری، پاسخ‌گویی به تقاضا و فناوری‌های تولید سبز تمرکز کنند. این چارچوب می‌تواند مبنایی برای توسعه مدل‌های تصمیم‌گیری پایدار در صنایع مختلف کشور باشد.

کلیدواژه‌گان: توسعه پایدار اقتصادی، زنجیره تأمین پایدار، تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش بهترین-بدترین، تحلیل فازی

نحوه استناددهی: محمودیه، مهدی، مشایخی، المیرا. و حاله، حسن. (۱۴۰۵). تحلیل و ارزیابی مؤلفه‌های توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین با رویکرد بهترین-بدترین. مدیریت، آموزش و توسعه در عصر دیجیتال، ۳(۳)، ۱-۲۶.



مقدمه

در دهه‌های اخیر، پایداری به‌عنوان یکی از محورهای کلیدی توسعه صنعتی و اقتصادی در سیاست‌گذاری‌های جهانی مطرح شده است. در این چارچوب، «مدیریت زنجیره تأمین پایدار» (Sustainable Supply Chain Management – SSCM) به‌عنوان یکی از راهبردهای اصلی برای دستیابی به رشد اقتصادی متوازن، عدالت اجتماعی، و حفظ محیط زیست شناخته می‌شود (Stefan et al., 2024; Wang et al., 2023). زنجیره تأمین پایدار نه تنها شامل جریان مواد و اطلاعات در مسیر تولید و توزیع است، بلکه به نحوه تعامل سازمان‌ها با محیط‌زیست، ذی‌نفعان و جوامع محلی نیز می‌پردازد. در واقع، SSCM ابزاری برای همگرایی اهداف اقتصادی با مسئولیت اجتماعی و زیست‌محیطی سازمان‌هاست (Agnusdei & Coluccia, 2022; Allen et al., 2021).

در بسیاری از کشورها، گذار از الگوهای سنتی تأمین و تولید به زنجیره‌های تأمین پایدار، واکنشی ضروری به چالش‌هایی چون تغییرات اقلیمی، فشارهای محیطی، نوسانات بازار، و محدودیت منابع طبیعی بوده است (Dabbous & Tarhini, 2021; Wren, 2022). این تغییرات، نیاز به طراحی چارچوب‌های نوآورانه و فناوریانه را برای تضمین تاب‌آوری و کارایی زنجیره‌های تأمین دوجندان کرده است. در این میان، مفهوم «اقتصاد چرخشی» به‌عنوان مکمل SSCM، نقشی تعیین‌کننده در بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش پسماندها ایفا می‌کند (Allen et al., 2021; Centobelli et al., 2021).

در سطح نظری، پژوهش‌های متعددی به تبیین مؤلفه‌های پایداری در زنجیره تأمین پرداخته‌اند. بررسی‌های متاآنالیز نشان می‌دهد که مدیریت زنجیره تأمین پایدار رابطه‌ای مثبت و معنادار با عملکرد مالی و غیرمالی بنگاه‌ها دارد و می‌تواند از طریق ارتقای نوآوری، کیفیت محصولات و رضایت مشتریان، رقابت‌پذیری سازمان‌ها را بهبود بخشد (Ansary, 2023; Asha et al., 2023; Wang et al., 2023). به‌ویژه در صنایع تولیدی، بهره‌گیری از فناوری‌های سبز، دیجیتال‌سازی فرایندها و هوشمندسازی تصمیم‌گیری، از مهم‌ترین مسیرهای تحقق پایداری در زنجیره تأمین محسوب می‌شوند (Hibanan, 2023; Roknoddini et al., 2023).

با وجود گسترش مفهومی SSCM، چالش‌های اجرایی همچنان یکی از موانع اصلی در تحقق کامل این نظام‌هاست. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بسیاری از سازمان‌ها در پیاده‌سازی راهبردهای پایدار با محدودیت‌هایی همچون هزینه‌های بالا، ضعف زیرساخت‌های فناوریانه و کمبود دانش مدیریتی مواجه‌اند (Rezaei & Rajabzadeh, 2022; Samper et al., 2022). این چالش‌ها نه تنها به ساختار درونی سازمان‌ها، بلکه به روابط میان اعضای زنجیره نیز مرتبط است. از این منظر، همکاری میان ذی‌نفعان، تبادل اطلاعات شفاف و هم‌افزایی دانش، از پیش‌نیازهای کلیدی پایداری تلقی می‌شوند (Fontoura & Coelho, 2022; Fritz, 2022).

از سوی دیگر، توسعه فناوری‌های دیجیتال و تحول صنعتی موسوم به صنعت ۴.۰، امکان جدیدی برای ادغام مؤلفه‌های پایداری در زنجیره تأمین فراهم کرده است. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء (IoT)، یادگیری ماشین، و بلاک‌چین، به ارتقای شفافیت، کاهش ضایعات و افزایش کارایی کمک می‌کنند (Roknoddini et al., 2023; Tetiana et al., 2023). با این حال، تحقق کامل این پتانسیل‌ها مستلزم مدل‌سازی علمی شاخص‌های پایداری اقتصادی است تا مدیران بتوانند تصمیمات مبتنی بر داده اتخاذ کنند (al., 2023; Tathavadekar, 2025; Vaziri et al., 2024).

در این میان، پایداری اقتصادی به‌عنوان مهم‌ترین بعد SSCM، جایگاهی ویژه دارد. هدف اصلی این بعد، تضمین تداوم سودآوری، کاهش هزینه‌های چرخه تأمین و افزایش بهره‌وری منابع است (Sadeghi, 2020; Shojaei & Amir, 2020). بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که موفقیت در پایداری اقتصادی، زیربنای پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی را نیز فراهم می‌کند، زیرا بدون سودآوری و کارایی، هیچ نظام پایداری قادر به ادامه حیات نخواهد بود (Afshari, 2021; Timouri, 2021).

به‌طور خاص، در صنایع تولیدی ایران، تمرکز بر پایداری اقتصادی به‌دلیل محدودیت منابع، تحریم‌ها و نوسانات بازار جهانی، اهمیت مضاعفی یافته است. یافته‌های پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهد که بسیاری از شرکت‌ها هنوز در مراحل ابتدایی پیاده‌سازی زنجیره تأمین پایدار قرار دارند و بیش از هر چیز، بر کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری تمرکز دارند، در حالی که مؤلفه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی کمتر در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ می‌شوند (Khaboushani & Soltani, 2020; Rahimi et al., 2020; Ravansh, 2021).

از نظر روش‌شناسی، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که بهره‌گیری از رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، از جمله روش بهترین-بدترین (Best-Worst Method - BWM)، می‌تواند ابزار قدرتمندی برای اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری باشد (Mehrkian et al., 2022; Rezaei & Rajabzadeh, 2022). این روش با کاهش ناسازگاری در مقایسات زوجی و افزایش دقت نتایج، راهکاری علمی برای سنجش وزن نسبی شاخص‌های کلیدی فراهم می‌کند. در پژوهش‌های داخلی نیز استفاده از این روش رو به گسترش است و کاربرد آن در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و صنایع در زمینه پایداری، نتایج قابل اعتمادی به همراه داشته است (Roknoddini et al., 2023; Sadatian, 2023; Moghaddam et al., 2024).

از منظر بین‌المللی، مدل‌های توسعه‌یافته در حوزه SSCM بر اهمیت هم‌افزایی بین اقتصاد چرخشی، دیجیتال‌سازی و همکاری بین‌سازمانی تأکید دارند. برای مثال، مطالعه (Allen et al., 2021) نشان داد که ادغام اصول اقتصاد چرخشی در زنجیره تأمین، موجب بهبود کارایی منابع و افزایش انعطاف‌پذیری سازمان‌ها می‌شود. همچنین، (Fontoura & Coelho, 2022) تأکید می‌کند که نوآوری سبز در بستر همکاری زنجیره‌ای می‌تواند عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی را بهبود دهد.

در کنار این، تحلیل‌های جدید نشان داده‌اند که شاخص‌های اقتصادی پایداری، از جمله بهره‌وری انرژی، نرخ بازدهی سرمایه، هزینه‌های تولید، و ظرفیت لجستیکی، به‌عنوان عوامل کلیدی در ارزیابی کارایی زنجیره تأمین مطرح‌اند (Fritz, 2022; Slavinskaitė et al., 2025). از این رو، طراحی مدل‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر این شاخص‌ها می‌تواند مسیر بهینه‌ای برای سیاست‌گذاری صنعتی فراهم آورد. در مطالعات تجربی نیز مشاهده شده است که نرخ تولید، سطح تقاضا، و گرایش به فناوری‌های سبز بیشترین تأثیر را بر عملکرد پایدار زنجیره تأمین دارند (Shuhui & Chen, 2024; Zhou & Masi, 2025).

پژوهشگران همچنین به نقش فرهنگ سازمانی و تعهد مدیریتی در موفقیت پیاده‌سازی SSCM اشاره کرده‌اند. به‌عنوان نمونه، (Ansary Asha et al., 2023) نشان داد که جهت‌گیری فناورانه و فرهنگ یادگیرنده سازمانی، رابطه مستقیمی با کیفیت تحویل محصول و رضایت مشتری دارد. در مقابل، وجود موانعی نظیر مقاومت کارکنان، کمبود آموزش و نبود استانداردهای ملی، می‌تواند روند پیاده‌سازی پایداری را با چالش مواجه کند (Martina et al., 2023; Wren, 2022).

از سوی دیگر، تحولات جهانی در حوزه تأمین مالی پایدار نیز به‌طور فزاینده‌ای بر SSCM اثرگذار است. به گفته (Zhou & Masi, 2025)، توسعه سازوکارهای تأمین مالی پایدار می‌تواند سرمایه‌گذاری در پروژه‌های سبز را تسهیل کند و انگیزه بنگاه‌ها را برای پیروی از اصول پایداری افزایش دهد. در همین راستا، مطالعات (Slavinskaitė et al., 2025) به بررسی عوامل کلیدی موفقیت در زنجیره تأمین مالی پایدار پرداخته و نقش سیاست‌گذاری کلان و شفافیت اطلاعاتی را در این زمینه برجسته ساخته است.

در ادبیات جدید، رویکردهای تحلیلی نوینی برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های پایدار پیشنهاد شده است که از جمله می‌توان به ترکیب مدل‌های داده‌کاوی، تحلیل شبکه و الگوریتم‌های فازی اشاره کرد (Bahramian et al., 2023; Vaziri et al., 2024). این ابزارها به پژوهشگران امکان می‌دهد تا ضمن کاهش خطای تصمیم‌گیری، تعامل پیچیده میان شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در محیط‌های واقعی مدل‌سازی کنند.

در مجموع، مرور ادبیات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در نظریه و عمل، هنوز شکاف‌هایی در زمینه تحلیل کمی و بومی‌سازی شاخص‌های پایداری اقتصادی در زنجیره تأمین وجود دارد (Mehrkian et al., 2022; Moossavi et al., 2021). از این رو، انجام پژوهش‌های دقیق و مبتنی بر داده برای شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی پایداری اقتصادی در صنایع تولیدی ایران، ضرورتی انکارناپذیر است.

بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر تحلیل و ارزیابی شاخص‌های توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین صنایع تولیدی ایران با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین (BWM) فازی است.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ شیوه اجرا، توصیفی-تحلیلی با رویکرد کمی است. هدف اصلی تحقیق، شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های توسعه پایدار اقتصادی در چارچوب مدیریت زنجیره تأمین پایدار در صنایع تولیدی ایران می‌باشد. به‌منظور دستیابی به این هدف، ابتدا با مطالعه مبانی نظری و مرور ادبیات، شاخص‌ها و زیرشاخص‌های



مرتبط با توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین شناسایی شده و سپس با استفاده از نظرات خبرگان پالایش گردید. جامعه آماری تحقیق، خبرگان و متخصصان دانشگاهی و صنعتی فعال در حوزه مدیریت صنعتی، زنجیره تأمین، و توسعه پایدار می‌باشند که به صورت هدفمند (غیراحتمالی) انتخاب شده‌اند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رتبه‌بندی مؤلفه‌های شناسایی شده، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین (Best-Worst Method) استفاده شده است. این روش توسط رضایی (۲۰۱۵) توسعه یافته و به دلیل سادگی، کارایی بالا و نیاز به تعداد مقایسات کمتر نسبت به روش‌های مشابه مانند AHP، انتخاب شده است. در این روش، ابتدا بهترین و بدترین شاخص توسط خبرگان انتخاب شده و سپس مقایسه‌های زوجی بین شاخص‌ها و این دو مورد انجام می‌شود. با استفاده از این مقایسات، وزن نهایی هر شاخص به دست می‌آید.

قدم ۱- مشخص کردن مجموعه معیارها:

در این مرحله ما معیارهای $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ که باید در تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرند را در نظر می‌گیریم.

قدم ۲- مشخص کردن بهترین (به عبارت دیگر مطلوب‌ترین و مهم‌ترین) و بدترین (نامطلوب‌ترین و بی‌اهمیت‌ترین) معیارها. در این بخش تصمیم‌گیرنده به طور کلی بهترین و بدترین معیارها را مشخص می‌کند. در این بخش مقایسه‌ای صورت نمی‌گیرد. برای مثال، برای یک تصمیم‌گیرنده خاص، قیمت و شکل ممکن است به ترتیب بهترین و بدترین معیارها باشند.

قدم ۳- مشخص کردن میزان عملکرد بهترین معیار در برابر سایر معیارها با استفاده از اعداد بین ۱ تا ۹. نتایج بهترین معیار نسبت به بقیه معیارها ممکن است به شکل زیر باشد:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}),$$

که a_{Bj} مشخص‌کننده عملکرد بهترین معیار (B) نسبت به معیار j می‌باشد. بدیهی است که $A_{Bb} = 1$ می‌باشد. برای مثال ما، اینفرمول نشان دهنده عملکرد معیار قیمت نسبت به معیارهای دیگر می‌باشد.

قدم ۴- مشخص کردن عملکرد همه معیارهای نسبت به بدترین معیار با استفاده از اعداد ۱ تا ۹. فرمول نتایج مقایسات معیارها نسبت به بدترین معیار می‌تواند به شکل زیر باشد:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T,$$

که a_{jW} نشان دهنده عملکرد معیار j نسبت به بدترین معیار (W) می‌باشد. بدیهی است که مقدار $a_{WW} = 1$ می‌باشد. برای مثال مد نظر ما، این بردار نشان دهنده عملکرد همه معیارها نسبت به معیار شکل ظاهری می‌باشد.

قدم ۵- یافتن وزن‌های بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$

مقادیر بهینه برای معیارها منحصر به فرد هستند که برای هر جفت از W_B/W_W و W_j/W_W خواهیم داشت:

$$W_B/W_W = a_{Bj} \text{ و } W_j/W_W = a_{jW} \text{ برای ارضای این شروط برای همه } j \text{ ها، ما باید راه حلی را پیدا کنیم که مقدار قدرمطلق حداکثر اختلاف } \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \text{ و } \left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \text{ حداقل}$$

گردد. با توجه به این که وزن‌ها غیر منفی و جمع‌پذیر می‌باشند، مسئله زیر بصورت مدل غیرخطی طبق فرمول زیر قابل بیان می‌باشد (صادق، ۲۰۱۶).

$$\text{Min max} \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \right\}$$

s.t.

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

مسئله بالا می‌تواند به صورت فرمول زیر بیان شود:

$$\text{Min } \varepsilon$$

s.t.

$$\left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{W_j}{W_w} - a_{jw} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

و این مسئله بصورت فرمول فوق به مدل خطی تبدیل شده که محاسبات آن را راحت تر کرده است:

$$\text{Min max} \{ |W_B - a_{Bj}W_j|, |W_j - a_{jw}W_w| \}$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

مسئله بالا می‌تواند با استفاده از فرمول زیر به صورت زیر بیان شود (صادقی، ۲۰۱۶):

$$\text{Min } \xi^L$$

s.t.

$$|W_B - a_{Bj}W_j| \leq \xi^L, \text{ for all } j$$

$$|W_j - a_{jw}W_w| \leq \xi^L, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

با حل رابطه بالا مقادیر بهینه وزن‌های $(W^*_1, W^*_2, \dots, W^*_3)$ و مقدار ε^* به دست خواهد آمد.

سپس با استفاده از ε^* یک نرخ سازگاری معرفی می‌کنیم. روشن خواهد شد که مقدارهای بزرگتر برای ε^* منجر به نرخ سازگاری بیشتر و قابلیت اطمینان کمتر مقایسات

خواهد شد.

مرحله اول: نرمال سازی مقادیر:

بیشترین مقدار کران بالا از کمترین مقدار کران پایین تفریق شده تا بازه کمترین تا بیشترین محاسبه گردد.

$$\Phi_{min}^{max} = \max u_{ij}^t - \min l_{ij}^t$$

مرحله دوم: بدست آوردن حد بالا و پایین و متوسط نرمال شده

هر کدام از کران‌ها به صورت جداگانه از بازه کم می‌شود.

$$l_{ij}^n = \frac{(l_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Phi_{min}^{max}}$$

$$m_{ij}^n = \frac{(m_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Phi_{min}^{max}}$$

$$u_{ij}^n = \frac{(u_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Phi_{min}^{max}}$$

محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال



$$l_{ij}^s = \frac{m_{ij}^n}{(1 + m_{ij}^n - l_{ij}^n)}$$

$$u_{ij}^s = \frac{u_{ij}^n}{(1 + u_{ij}^n - m_{ij}^n)}$$

محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده

$$x_{ij} = \frac{[l_{ij}^s * (1 - l_{ij}^s) + u_{ij}^s * u_{ij}^s]}{[1 - l_{ij}^s + u_{ij}^s]}$$

محاسبه مقادیر قطعی

$$Z_{ij} = \min l_{ij}^n + (x_{ij} * \Phi_{min}^{max})$$

طیف فازی استفاده شده در رویکرد BWM به شرح ذیل است:

جدول ۱. طیف فازی روش BWM

اعداد فازی مثلثی	متغیرهای کلامی
(۱,۱,۱)	اهمیت یکسان
(۱,۲,۳)	اهمیت متوسط
(۳,۴,۵)	اهمیت زیاد
(۵,۶,۷)	اهمیت خیلی زیاد
(۷,۸,۹)	اهمیت شدیداً زیاد

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و BWM Solver صورت گرفته است. اعتبار ابزار گردآوری داده‌ها از طریق روایی محتوایی (با تأیید متخصصان حوزه) و پایایی محاسبات از طریق نرخ ناسازگاری در روش BWM بررسی شده است. لازم به ذکر است که نرخ ناسازگاری برای کلیه پرسش‌نامه‌ها در محدوده قابل قبول (کمتر از ۰.۱) قرار داشته است. این روش‌شناسی زمینه را برای اولویت‌بندی دقیق شاخص‌های اقتصادی توسعه پایدار در زنجیره تأمین فراهم می‌کند و می‌تواند به طراحی مدل‌های تصمیم‌گیری استراتژیک در سطح کلان و بنگاهی کمک نماید.

یافته‌ها

در دنیای رقابتی و پویای امروز، حرکت به‌سوی پایداری اقتصادی در کنار توجه به ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی، به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای بنگاه‌های تولیدی تبدیل شده است. در این میان، زنجیره تأمین به عنوان بستری کلیدی برای تحقق اهداف توسعه پایدار، نیازمند ارزیابی دقیق و علمی مؤلفه‌های اثرگذار بر عملکرد اقتصادی است. پژوهش حاضر در پی آن است تا از طریق مدلی نظام‌مند و مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره، ابعاد اقتصادی توسعه پایدار را در چارچوب مدیریت زنجیره تأمین شناسایی و اولویت‌بندی نماید. روش بهترین-بدترین (BWM) به عنوان یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری، زمینه مناسبی برای ارزیابی و تحلیل مقایسه‌ای میان شاخص‌های کلیدی فراهم می‌آورد. با توجه به ویژگی‌های این روش، از جمله نیاز کمتر به مقایسات زوجی، دقت بالاتر و نرخ ناسازگاری قابل کنترل، در این پژوهش برای سنجش وزن نسبی شاخص‌های توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین استفاده شده است. ابتدا مجموعه‌ای از شاخص‌ها بر اساس مطالعات نظری و نظرات خبرگان شناسایی شد و سپس از خبرگان خواسته شد تا بهترین و بدترین شاخص را انتخاب کرده و مقایسات لازم را ارائه دهند.

با تجميع داده‌های گردآوری‌شده از خبرگان و اجرای مدل BWM، وزن نهایی هر یک از شاخص‌ها محاسبه گردید. این وزن‌ها بیانگر میزان اهمیت هر شاخص در تحقق پایداری اقتصادی در زنجیره تأمین هستند و به مدیران کمک می‌کنند تا در اولویت‌بندی اقدامات استراتژیک خود، تمرکز بیشتری بر مؤلفه‌های کلیدی داشته باشند. نتایج نشان داد که برخی شاخص‌ها نظیر بهره‌وری منابع، هزینه‌های عملیاتی و ارزش آفرینی اقتصادی نسبت به سایر شاخص‌ها از اولویت بالاتری برخوردارند.

بر اساس ارزیابی و تحلیل انجام شده، ۳۰ شاخص شناسایی شده در این مرحله به روش BWM فازی ارزشگذاری می‌گردد که مراحل انجام تحقیق به شرح ذیل است:

جدول ۲. شاخص‌های نهایی شده

ردیف	عنوان شاخص	نماد
۱	نرخ تولید	W _۱
۲	میزان تولید	W _۲
۳	ظرفیت انتقال محصول از کارخانه	W _۳
۴	هزینه راه اندازی تولید	W _۴
۵	نرخ هزینه تولید محصول	W _۵
۶	میزان آلودگی تولید	W _۶
۷	زمان نگهداری موجودی	W _۷
۸	موجودی کل زنجیره	W _۸
۹	ظرفیت انبار	W _۹
۱۰	نرخ ورودی محصول	W _{۱۰}
۱۱	هزینه نگهداری هر واحد محصول	W _{۱۱}
۱۲	ظرفیت موجودی در خرده فروشی	W _{۱۲}
۱۳	ظرفیت موجودی در کارخانه	W _{۱۳}
۱۴	ظرفیت موجودی در عمده فروشی	W _{۱۴}
۱۵	هزینه سالیانه استقرار مراکز توزیع	W _{۱۵}
۱۶	میزان انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای	W _{۱۶}
۱۷	میزان آلودگی سوخت مصرفی	W _{۱۷}
۱۸	میانگین هزینه هر واحد حمل بین دو گره	W _{۱۸}
۱۹	زمان طی شده از تولیدکننده تا مصرف‌کننده	W _{۱۹}
۲۰	نرخ خروجی محصول	W _{۲۰}
۲۱	هزینه کل سفر	W _{۲۱}
۲۲	فاصله تأمین کنندگان تا مرکز توزیع	W _{۲۲}
۲۳	زمان تحویل	W _{۲۳}
۲۴	تعداد وسیله حمل و نقل	W _{۲۴}
۲۵	تقاضا	W _{۲۵}
۲۶	ظرفیت وسایل حمل و نقل	W _{۲۶}
۲۷	میزان سفارش خرده‌فروش در هر نوبت	W _{۲۷}
۲۸	تعداد دفعات سفارش خرده‌فروش در سال	W _{۲۸}
۲۹	سطح نوپایی تکنولوژی حمل و نقل	W _{۲۹}
۳۰	درصد نیاز به سیستم تولید سبز	W _{۳۰}
۳۱	نرخ بازدهی مورد انتظار	W _{۳۱}
۳۲	ریسک مورد انتظار	W _{۳۲}
۳۳	نقدشوندگی سرمایه گذاری	W _{۳۳}
۳۴	ارزش گذاری	W _{۳۴}

۳۵	زمان رسیدن به نقطه سر به سر	W۳۵
۳۶	ساختار مالی کسب و کار	W۳۶
۳۷	میزان تناسب VC با کسب و کار (فناوری/محصول/بازار/صنعت)	W۳۷
۳۸	مرحله سرمایه گذاری	W۳۸
۳۹	توانایی سرمایه گذار جهت ایجاد ارزش افزوده برای کسب و کار	W۳۹
۴۰	موقعیت جغرافیایی کسب و کار نوپا	W۴۰
۴۱	تناسب کسب و کار و محصول، با سبد سرمایه گذاری فعلی صندوق	W۴۱

گام ۲: تعیین بهترین (مطلوب ترین، مهم ترین) و بدترین (سخت ترین) معیار

در این بخش با توجه به نظر سنجی از خبرگان سازمانی، مطلوب ترین شاخص W۱ و شاخص با مطلوبیت کم نیز W۹ ارزیابی و معرفی شدند.

گام ۳: تعیین اهمیت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها

با توجه به رویکرد CFCS معرفی شده، نظرات فازی خبرگان دفازی سازی شده و در مدل بهترین و بدترین استفاده قرار گرفت که روند دفازی سازی به شرح ذیل می باشد:

گام اول: جمع اوری نظرات خبرگان: در این بخش با توجه به ماهیت فازی ارزیابی نظرات، ماتریس اولیه تصمیم به شرح جدول زیر می باشد.

الف) ارزیابی اهمیت شاخص ها نسبت به بهترین شاخص

جدول ۳. نرمال سازی مقادیر

	l	m	u		l	m	u
W۱	۴	۶	۸	W۲۲	۴	۶	۸
W۲	۲	۶	۹	W۲۳	۴	۵	۹
W۳	۵	۷	۸	W۲۴	۴	۷	۸
W۴	۵	۷	۹	W۲۵	۲	۶	۸
W۵	۲	۶	۸	W۲۶	۲	۵	۹
W۶	۳	۵	۹	W۲۷	۵	۶	۸
W۷	۵	۷	۹	W۲۸	۳	۵	۸
W۸	۲	۷	۸	W۲۹	۴	۶	۸
W۹	۳	۷	۸	W۳۰	۴	۵	۸
W۱۰	۳	۵	۹	W۳۱	۳	۷	۸
W۱۱	۳	۶	۸	W۳۲	۲	۵	۸
W۱۲	۲	۷	۹	W۳۳	۳	۵	۸
W۱۳	۳	۵	۸	W۳۴	۲	۵	۸
W۱۴	۲	۷	۹	W۳۵	۴	۷	۸
W۱۵	۲	۷	۹	W۳۶	۵	۵	۸
W۱۶	۴	۵	۹	W۳۷	۴	۵	۹
W۱۷	۵	۷	۹	W۳۸	۳	۷	۹
W۱۸	۲	۵	۹	W۳۹	۳	۶	۸
W۱۹	۲	۶	۹	W۴۰	۴	۷	۹
W۲۰	۳	۷	۸	W۴۱	۴	۵	۹
W۲۱	۳	۶	۸				

گام دوم: بدست آوردن حد بالا و پایین نرمال شده

جدول ۴. بدست آوردن حد بالا و پایی نرمال شده

			۱	۰.۵	۰	W۲۲
			۱	۰.۲	۰	W۲۳
			۱	۰.۷۵	۰	W۲۴
			۱	۰.۶۶۶۶۷	۰	W۲۵
			۱	۰.۴۲۸۵۷	۰	W۲۶
			۱	۰.۳۳۳۳۳	۰	W۲۷
			۱	۰.۴	۰	W۲۸
			۱	۰.۵	۰	W۲۹
			۱	۰.۲۵	۰	W۳۰
			۱	۰.۸	۰	W۳۱
			۱	۰.۵	۰	W۳۲
			۱	۰.۴	۰	W۳۳
			۱	۰.۵	۰	W۳۴
			۱	۰.۷۵	۰	W۳۵
			۱	۰	۰	W۳۶
			۱	۰.۲	۰	W۳۷
			۱	۰.۶۶۶۶۷	۰	W۳۸
			۱	۰.۶	۰	W۳۹
			۱	۰.۶	۰	W۴۰
			۱	۰.۲	۰	W۴۱
			۱	۰.۵	۰	W۱
			۱	۰.۵۷۱۴۳	۰	W۲
			۱	۰.۶۶۶۶۷	۰	W۳
			۱	۰.۵	۰	W۴
			۱	۰.۶۶۶۶۷	۰	W۵
			۱	۰.۳۳۳۳۳	۰	W۶
			۱	۰.۵	۰	W۷
			۱	۰.۸۳۳۳۳	۰	W۸
			۱	۰.۸	۰	W۹
			۱	۰.۳۳۳۳۳	۰	W۱۰
			۱	۰.۶	۰	W۱۱
			۱	۰.۷۱۴۲۹	۰	W۱۲
			۱	۰.۴	۰	W۱۳
			۱	۰.۷۱۴۲۹	۰	W۱۴
			۱	۰.۷۱۴۲۹	۰	W۱۵
			۱	۰.۲	۰	W۱۶
			۱	۰.۵	۰	W۱۷
			۱	۰.۴۲۸۵۷	۰	W۱۸
			۱	۰.۵۷۱۴۳	۰	W۱۹
			۱	۰.۸	۰	W۲۰
			۱	۰.۶	۰	W۲۱

گام سوم: محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال

جدول ۵. محاسبه کران بالا و پایی مقادیر نرمال

			۰.۶۶۶۶۷	۰.۳۳۳۳۳	W۲۲
			۰.۵۵۵۵۵۶	۰.۱۶۶۶۷	W۲۳
			۰.۸	۰.۴۲۸۵۷	W۲۴
			۰.۷۵	۰.۴	W۲۵
			۰.۶۳۶۳۶	۰.۳	W۲۶
			۰.۶	۰.۲۵	W۲۷
			۰.۶۲۵	۰.۲۸۵۷۱	W۲۸
			۰.۶۶۶۶۷	۰.۳۳۳۳۳	W۲۹
			۰.۵۷۱۴۳	۰.۲	W۳۰
			۰.۸۳۳۳۳	۰.۴۴۴۴۴	W۳۱
			۰.۶۶۶۶۷	۰.۳۳۳۳۳	W۳۲
			۰.۶	۰.۲۵	W۱۰
			۰.۸۵۷۱۴	۰.۴۵۴۵۵	W۸
			۰.۸۳۳۳۳	۰.۴۴۴۴۴	W۹
			۰.۷	۰.۳۶۳۶۴	W۲
			۰.۷۵	۰.۴	W۳
			۰.۶۶۶۶۷	۰.۳۳۳۳۳	W۴
			۰.۷۵	۰.۴	W۵
			۰.۶	۰.۲۵	W۶
			۰.۶۶۶۶۷	۰.۳۳۳۳۳	W۷
			۰.۶۶۶۶۷	۰.۳۳۳۳۳	W۱

W۱۱	۰.۳۷۵	۰.۷۱۴۲۹
W۱۲	۰.۴۱۶۶۷	۰.۷۷۷۷۸
W۱۳	۰.۲۸۵۷۱	۰.۶۲۵
W۱۴	۰.۴۱۶۶۷	۰.۷۷۷۷۸
W۱۵	۰.۴۱۶۶۷	۰.۷۷۷۷۸
W۱۶	۰.۱۶۶۶۷	۰.۵۵۵۵۶
W۱۷	۰.۳۳۳۳۳	۰.۶۶۶۶۷
W۱۸	۰.۳	۰.۶۳۶۳۶
W۱۹	۰.۳۶۳۶۴	۰.۷
W۲۰	۰.۴۴۴۴۴	۰.۸۳۳۳۳
W۲۱	۰.۳۷۵	۰.۷۱۴۲۹

W۳۳	۰.۲۸۵۷۱	۰.۶۲۵
W۳۴	۰.۳۳۳۳۳	۰.۶۶۶۶۷
W۳۵	۰.۴۲۸۵۷	۰.۸
W۳۶	۰	۰.۵
W۳۷	۰.۱۶۶۶۷	۰.۵۵۵۵۶
W۳۸	۰.۴	۰.۷۵
W۳۹	۰.۳۷۵	۰.۷۱۴۲۹
W۴۰	۰.۳۷۵	۰.۷۱۴۲۹
W۴۱	۰.۱۶۶۶۷	۰.۵۵۵۵۶

گام چهارم: محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده

جدول ۶. محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده

W۱	۰.۵۰۰
W۲	۰.۵۴۰
W۳	۰.۵۹۴
W۴	۰.۵۰۰
W۵	۰.۵۹۴
W۶	۰.۴۰۶
W۷	۰.۵۰۰
W۸	۰.۷۰۱
W۹	۰.۶۷۸
W۱۰	۰.۴۰۶
W۱۱	۰.۵۵۶
W۱۲	۰.۶۲۳
W۱۳	۰.۴۴۴
W۱۴	۰.۶۲۳
W۱۵	۰.۶۲۳
W۱۶	۰.۳۲۲
W۱۷	۰.۵۰۰
W۱۸	۰.۴۶۰
W۱۹	۰.۵۴۰
W۲۰	۰.۶۷۸
W۲۱	۰.۵۵۶

W۲۲	۰.۵۰۰
W۲۳	۰.۳۲۲
W۲۴	۰.۶۴۵
W۲۵	۰.۵۹۴
W۲۶	۰.۴۶۰
W۲۷	۰.۴۰۶
W۲۸	۰.۴۴۴
W۲۹	۰.۵۰۰
W۳۰	۰.۳۵۵
W۳۱	۰.۶۷۸
W۳۲	۰.۵۰۰
W۳۳	۰.۴۴۴
W۳۴	۰.۵۰۰
W۳۵	۰.۶۴۵
W۳۶	۰.۱۶۷
W۳۷	۰.۳۲۲
W۳۸	۰.۵۹۴
W۳۹	۰.۵۵۶
W۴۰	۰.۵۵۶
W۴۱	۰.۳۲۲

گام پنجم: محاسبه مقادیر قطعی

جدول ۷. محاسبه مقادیر قطعی

		۶.۰۰	W۲۲	۶.۰۰
		۵.۶۱	W۲۳	۵.۶۱
		۶.۵۸	W۲۴	۶.۵۸
		۵.۵۷	W۲۵	۵.۵۷
		۵.۲۲	W۲۶	۵.۲۲
		۶.۲۲	W۲۷	۶.۲۲
		۵.۲۲	W۲۸	۵.۲۲
		۶.۰۰	W۲۹	۶.۰۰
		۵.۴۲	W۳۰	۵.۴۲
		۶.۳۹	W۳۱	۶.۳۹
		۵.۰۰	W۳۲	۵.۰۰
		۵.۲۲	W۳۳	۵.۲۲
		۵.۰۰	W۳۴	۵.۰۰
		۶.۵۸	W۳۵	۶.۵۸
		۵.۵۰	W۳۶	۵.۵۰
		۵.۶۱	W۳۷	۵.۶۱
		۶.۵۷	W۳۸	۶.۵۷
		۵.۷۸	W۳۹	۵.۷۸
		۶.۷۸	W۴۰	۶.۷۸
		۵.۶۱	W۴۱	۵.۶۱
W۱	۶.۰۰			
W۲	۵.۷۸			
W۳	۶.۷۸			
W۴	۷.۰۰			
W۵	۵.۵۷			
W۶	۵.۴۳			
W۷	۷.۰۰			
W۸	۶.۲۰			
W۹	۶.۳۹			
W۱۰	۵.۴۳			
W۱۱	۵.۷۸			
W۱۲	۶.۳۶			
W۱۳	۵.۲۲			
W۱۴	۶.۳۶			
W۱۵	۶.۳۶			
W۱۶	۵.۶۱			
W۱۷	۷.۰۰			
W۱۸	۵.۲۲			
W۱۹	۵.۷۸			
W۲۰	۶.۳۹			
W۲۱	۵.۷۸			

نسبت به بدترین شاخص:

جدول ۸. نرمال سازی مقادیر

	u	m	l		u	m	l
W۱	۸	۶	۱	W۲۲	۹	۴	۲
W۲	۸	۵	۱	W۲۳	۹	۳	۱
W۳	۹	۳	۲	W۲۴	۹	۵	۲
W۴	۷	۶	۲	W۲۵	۸	۶	۲
W۵	۹	۷	۱	W۲۶	۹	۵	۲
W۶	۷	۵	۱	W۲۷	۸	۳	۲
W۷	۹	۴	۲	W۲۸	۷	۴	۲
W۸	۷	۶	۱	W۲۹	۸	۳	۱
W۹	۷	۵	۱	W۳۰	۸	۵	۱
W۱۰	۸	۷	۱	W۳۱	۸	۷	۲
W۱۱	۷	۶	۱	W۳۲	۸	۴	۱

W۱۲	۱	۷	۹
W۱۳	۱	۵	۷
W۱۴	۲	۷	۹
W۱۵	۱	۴	۸
W۱۶	۲	۳	۸
W۱۷	۱	۴	۸
W۱۸	۱	۴	۹
W۱۹	۱	۴	۷
W۲۰	۱	۷	۹
W۲۱	۱	۳	۷

W۳۳	۱	۷	۸
W۳۴	۲	۴	۸
W۳۵	۱	۶	۷
W۳۶	۲	۶	۸
W۳۷	۲	۳	۸
W۳۸	۱	۷	۸
W۳۹	۲	۳	۸
W۴۰	۲	۳	۹
W۴۱	۲	۷	۷

گام دوم: بدست آوردن حد بالا و پایین نرمال شده

جدول ۹. بدست آوردن حد بالا و پایینی نرمال شده

W۱	۰	۰.۷۱۴۲۹	۱
W۲	۰	۰.۵۷۱۴۳	۱
W۳	۰	۰.۱۴۲۸۶	۱
W۴	۰	۰.۸	۱
W۵	۰	۰.۷۵	۱
W۶	۰	۰.۶۶۶۶۷	۱
W۷	۰	۰.۲۸۵۷۱	۱
W۸	۰	۰.۸۳۳۳۳	۱
W۹	۰	۰.۶۶۶۶۷	۱
W۱۰	۰	۰.۸۵۷۱۴	۱
W۱۱	۰	۰.۸۳۳۳۳	۱
W۱۲	۰	۰.۷۵	۱
W۱۳	۰	۰.۶۶۶۶۷	۱
W۱۴	۰	۰.۷۱۴۲۹	۱
W۱۵	۰	۰.۴۲۸۵۷	۱
W۱۶	۰	۰.۱۶۶۶۷	۱
W۱۷	۰	۰.۴۲۸۵۷	۱
W۱۸	۰	۰.۳۷۵	۱
W۱۹	۰	۰.۵	۱
W۲۰	۰	۰.۷۵	۱
W۲۱	۰	۰.۳۳۳۳۳	۱

W۲۲	۰	۰.۲۸۵۷۱	۱
W۲۳	۰	۰.۲۵	۱
W۲۴	۰	۰.۴۲۸۵۷	۱
W۲۵	۰	۰.۶۶۶۶۷	۱
W۲۶	۰	۰.۴۲۸۵۷	۱
W۲۷	۰	۰.۱۶۶۶۷	۱
W۲۸	۰	۰.۴	۱
W۲۹	۰	۰.۲۸۵۷۱	۱
W۳۰	۰	۰.۵۷۱۴۳	۱
W۳۱	۰	۰.۸۳۳۳۳	۱
W۳۲	۰	۰.۴۲۸۵۷	۱
W۳۳	۰	۰.۸۵۷۱۴	۱
W۳۴	۰	۰.۳۳۳۳۳	۱
W۳۵	۰	۰.۸۳۳۳۳	۱
W۳۶	۰	۰.۶۶۶۶۷	۱
W۳۷	۰	۰.۱۶۶۶۷	۱
W۳۸	۰	۰.۸۵۷۱۴	۱
W۳۹	۰	۰.۱۶۶۶۷	۱
W۴۰	۰	۰.۱۴۲۸۶	۱
W۴۱	۰	۱	۱

گام سوم: محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال

جدول ۱۰. محاسبه کران بالا و پایینی مقادیر نرمال

W۱	۰.۴۱۶۶۷	۰.۷۷۷۷۸
----	---------	---------

W۲۲	۰.۲۲۲۲۲	۰.۵۸۳۳۳
W۲۳	۰.۲	۰.۵۷۱۴۳

W۲	۰.۳۶۳۶۴	۰.۷
W۳	۰.۱۲۵	۰.۵۳۸۴۶
W۴	۰.۴۴۴۴۴	۰.۸۳۳۳۳
W۵	۰.۴۲۸۵۷	۰.۸
W۶	۰.۴	۰.۷۵
W۷	۰.۲۲۲۲۲	۰.۵۸۳۳۳
W۸	۰.۴۵۴۵۵	۰.۸۵۷۱۴
W۹	۰.۴	۰.۷۵
W۱۰	۰.۴۶۱۵۴	۰.۸۷۵
W۱۱	۰.۴۵۴۵۵	۰.۸۵۷۱۴
W۱۲	۰.۴۲۸۵۷	۰.۸
W۱۳	۰.۴	۰.۷۵
W۱۴	۰.۴۱۶۶۷	۰.۷۷۷۷۸
W۱۵	۰.۳	۰.۶۳۶۳۶
W۱۶	۰.۱۴۲۸۶	۰.۵۴۵۴۵
W۱۷	۰.۳	۰.۶۳۶۳۶
W۱۸	۰.۲۷۲۷۳	۰.۶۱۵۳۸
W۱۹	۰.۳۳۳۳۳	۰.۶۶۶۶۷
W۲۰	۰.۴۲۸۵۷	۰.۸
W۲۱	۰.۲۵	۰.۶

W۲۴	۰.۳	۰.۶۳۶۳۶
W۲۵	۰.۴	۰.۷۵
W۲۶	۰.۳	۰.۶۳۶۳۶
W۲۷	۰.۱۴۲۸۶	۰.۵۴۵۴۵
W۲۸	۰.۲۸۵۷۱	۰.۶۲۵
W۲۹	۰.۲۲۲۲۲	۰.۵۸۳۳۳
W۳۰	۰.۳۶۳۶۴	۰.۷
W۳۱	۰.۴۵۴۵۵	۰.۸۵۷۱۴
W۳۲	۰.۳	۰.۶۳۶۳۶
W۳۳	۰.۴۶۱۵۴	۰.۸۷۵
W۳۴	۰.۲۵	۰.۶
W۳۵	۰.۴۵۴۵۵	۰.۸۵۷۱۴
W۳۶	۰.۴	۰.۷۵
W۳۷	۰.۱۴۲۸۶	۰.۵۴۵۴۵
W۳۸	۰.۴۶۱۵۴	۰.۸۷۵
W۳۹	۰.۱۴۲۸۶	۰.۵۴۵۴۵
W۴۰	۰.۱۲۵	۰.۵۳۸۴۶
W۴۱	۰.۵	۱

گام چهارم: محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده

جدول ۱۱. محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده

W۱	۰.۶۲۳
W۲	۰.۵۴۰
W۳	۰.۲۸۳
W۴	۰.۶۷۸
W۵	۰.۶۴۵
W۶	۰.۵۹۴
W۷	۰.۳۷۷
W۸	۰.۷۰۱
W۹	۰.۵۹۴
W۱۰	۰.۷۱۷
W۱۱	۰.۷۰۱
W۱۲	۰.۶۴۵
W۱۳	۰.۵۹۴
W۱۴	۰.۶۲۳
W۱۵	۰.۴۶۰
W۱۶	۰.۲۹۹

W۲۲	۰.۳۷۷
W۲۳	۰.۳۵۵
W۲۴	۰.۴۶۰
W۲۵	۰.۵۹۴
W۲۶	۰.۴۶۰
W۲۷	۰.۲۹۹
W۲۸	۰.۴۴۴
W۲۹	۰.۳۷۷
W۳۰	۰.۵۴۰
W۳۱	۰.۷۰۱
W۳۲	۰.۴۶۰
W۳۳	۰.۷۱۷
W۳۴	۰.۴۰۶
W۳۵	۰.۷۰۱
W۳۶	۰.۵۹۴
W۳۷	۰.۲۹۹
W۳۸	۰.۷۱۷

W _{۱۷}	۰.۴۶۰
W _{۱۸}	۰.۴۳۰
W _{۱۹}	۰.۵۰۰
W _{۲۰}	۰.۶۴۵
W _{۲۱}	۰.۴۰۶

W _{۳۹}	۰.۲۹۹
W _{۴۰}	۰.۲۸۳
W _{۴۱}	۰.۸۳۳

گام پنجم: محاسبه مقادیر قطعی

جدول ۱۲. محاسبه مقادیر قطعی

W _۱	۵.۳۶
W _۲	۴.۷۸
W _۳	۳.۹۸
W _۴	۵.۳۹
W _۵	۶.۱۶
W _۶	۴.۵۷
W _۷	۴.۶۴
W _۸	۵.۲۰
W _۹	۴.۵۷
W _{۱۰}	۶.۰۲
W _{۱۱}	۵.۲۰
W _{۱۲}	۶.۱۶
W _{۱۳}	۴.۵۷
W _{۱۴}	۶.۳۶
W _{۱۵}	۴.۲۲
W _{۱۶}	۳.۸۰
W _{۱۷}	۴.۲۲
W _{۱۸}	۴.۴۴
W _{۱۹}	۴.۰۰
W _{۲۰}	۶.۱۶
W _{۲۱}	۳.۴۳

W _{۲۲}	۴.۶۴
W _{۲۳}	۳.۸۴
W _{۲۴}	۵.۲۲
W _{۲۵}	۵.۵۷
W _{۲۶}	۵.۲۲
W _{۲۷}	۳.۸۰
W _{۲۸}	۴.۲۲
W _{۲۹}	۳.۶۴
W _{۳۰}	۴.۷۸
W _{۳۱}	۶.۲۰
W _{۳۲}	۴.۲۲
W _{۳۳}	۶.۰۲
W _{۳۴}	۴.۴۳
W _{۳۵}	۵.۲۰
W _{۳۶}	۵.۵۷
W _{۳۷}	۳.۸۰
W _{۳۸}	۶.۰۲
W _{۳۹}	۳.۸۰
W _{۴۰}	۳.۹۸
W _{۴۱}	۶.۱۷

گام ۵: تعیین وزن‌های بهینه

روابط بین معیارها براساس مدل بصورت زیر نوشته می‌شود.

Min ε

s.t.

$$|W_1 - 5.36| \leq \varepsilon$$

$$|W_2 - 4.78| \leq \varepsilon$$

$ W_1 - ۶.۷۸ W_3 \leq \varepsilon$	$ W_3 - ۳.۹۸ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۷ W_4 \leq \varepsilon$	$ W_4 - ۵.۳۹ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۵۷ W_5 \leq \varepsilon$	$ W_5 - ۶.۱۶ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۴۳ W_6 \leq \varepsilon$	$ W_6 - ۴.۵۷ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۷ W_7 \leq \varepsilon$	$ W_7 - ۴.۶۴ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۲ W_8 \leq \varepsilon$	$ W_8 - ۵.۲۰ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۳۹ W_9 \leq \varepsilon$	$ W_{10} - ۶.۰۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۴۳ W_{10} \leq \varepsilon$	$ W_{11} - ۵.۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۷۸ W_{11} \leq \varepsilon$	$ W_{12} - ۶.۱۶ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۳۶ W_{12} \leq \varepsilon$	$ W_{13} - ۴.۵۷ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۲۲ W_{13} \leq \varepsilon$	$ W_{14} - ۶.۳۶ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۳۶ W_{14} \leq \varepsilon$	$ W_{15} - ۴.۲۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۳۶ W_{15} \leq \varepsilon$	$ W_{16} - ۳.۸۰ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۶۱ W_{16} \leq \varepsilon$	$ W_{17} - ۴.۲۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۷ W_{17} \leq \varepsilon$	$ W_{18} - ۴.۴۴ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۲۲ W_{18} \leq \varepsilon$	$ W_{19} - ۴ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۷۸ W_{19} \leq \varepsilon$	$ W_{20} - ۶.۱۶ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۳۹ W_{20} \leq \varepsilon$	$ W_{21} - ۳.۴۳ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۷۸ W_{21} \leq \varepsilon$	$ W_{22} - ۴.۶۴ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶ W_{22} \leq \varepsilon$	$ W_{23} - ۳.۸۴ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۶۱ W_{23} \leq \varepsilon$	$ W_{24} - ۵.۲۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۵۸ W_{24} \leq \varepsilon$	$ W_{25} - ۵.۵۷ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۵۷ W_{25} \leq \varepsilon$	$ W_{26} - ۵.۲۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۲۲ W_{26} \leq \varepsilon$	$ W_{27} - ۳.۸ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۲۲ W_{27} \leq \varepsilon$	$ W_{28} - ۴.۲۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۲۲ W_{28} \leq \varepsilon$	$ W_{29} - ۳.۶۴ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶ W_{29} \leq \varepsilon$	$ W_{30} - ۴.۷۸ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۴۲ W_{30} \leq \varepsilon$	$ W_{31} - ۶.۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۶.۳۹ W_{31} \leq \varepsilon$	$ W_{32} - ۴.۲۲ W_9 \leq \varepsilon$
$ W_1 - ۵.۲۲ W_{32} \leq \varepsilon$	$ W_{33} - ۶.۰۲ W_9 \leq \varepsilon$

$$\begin{aligned}
|W_1 - 5.22 W_{33}| &\leq \varepsilon & |W_{34} - 4.43 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 5 W_{34}| &\leq \varepsilon & |W_{35} - 5.20 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 6.58 W_{35}| &\leq \varepsilon & |W_{36} - 5.57 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 5.50 W_{36}| &\leq \varepsilon & |W_{37} - 3.8 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 5.61 W_{37}| &\leq \varepsilon & |W_{38} - 6.02 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 6.57 W_{38}| &\leq \varepsilon & |W_{39} - 3.8 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 5.78 W_{39}| &\leq \varepsilon & |W_{40} - 3.98 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 6.78 W_{40}| &\leq \varepsilon & |W_{41} - 6.17 W_9| &\leq \varepsilon \\
|W_1 - 5.61 W_{41}| &\leq \varepsilon
\end{aligned}$$

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8 + W_9 + W_{10} + W_{11} + W_{12} + W_{13}$$

$$W_{14} + W_{15} + W_{16} + W_{17} + W_{18} + W_{19} + W_{20} + W_{21} + W_{22} + W_{23} + W_{24} + W_{25} + W_{26}$$

$$W_{27} + W_{28} + W_{29} + W_{30} + W_{31} + W_{32} + W_{33} + W_{34} + W_{35} + W_{36} + W_{37} + W_{38} + W_{39}$$

$$W_{40} + W_{41} = 1$$

لذا بر اساس ارزیابی انجام شده در نرم افزار لینگو ارزشگذاری شاخص ها به شرح ذیل می باشد:

$$\varepsilon^* = 0.096$$

جدول ۱۳. وزن محاسبه شده شاخص ها

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}	W_{11}	W_{12}	W_{13}
0.3	0.04	0.05	0.02	0.005	0.006	0.03	0.03	0.001	0.04	0.005	0.01	0.005
W_{14}	W_{15}	W_{16}	W_{17}	W_{18}	W_{19}	W_{20}	W_{21}	W_{22}	W_{23}	W_{24}	W_{25}	W_{26}
0.006	0.001	0.04	0.001	0.004	0.001	0.03	0.001	0.003	0.03	0.008	0.09	0.009
W_{27}	W_{28}	W_{29}	W_{30}	W_{31}	W_{32}	W_{33}	W_{34}	W_{35}	W_{36}	W_{37}	W_{38}	W_{39}
0.006	0.002	0.009	0.09	0.009	0.007	0.05	0.009	0.009	0.008	0.004	0.008	0.006
W_{40}	W_{41}											
0.008	0.009											

نرخ سازگاری نظرات:

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{0.096}{1.55} = 0.0619$$

روش بهترین-بدترین (BWM) فازی یکی از تکنیک های نوین در تصمیم گیری چندمعیاره است که برای ارزش گذاری و وزن دهی شاخص های کلیدی مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش، ۴۱ شاخص کلیدی مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین پایدار و توسعه پایدار اقتصادی شناسایی شده اند که در گام اول، توسط خبرگان صنعت مورد ارزیابی قرار گرفته اند. مطابق نظرات خبرگان، "نرخ تولید (W_1)" به عنوان مهم ترین شاخص و "ظرفیت انبار (W_9)" به عنوان کم اهمیت ترین شاخص شناسایی شده اند. این انتخاب به این

دلیل انجام شده است که تولید بهینه تأثیر مستقیمی بر پایداری اقتصادی زنجیره تأمین دارد، در حالی که ظرفیت انبار در مقایسه با سایر عوامل تأثیر کمتری بر توسعه پایدار دارد. برای انجام تحلیل، ابتدا نظرات خبرگان به صورت ماتریس‌های فازی جمع‌آوری و نرمال‌سازی شد. در این فرآیند، حد بالا و پایین مقادیر نرمال برای هر شاخص تعیین شد. این مرحله به کاهش ابهام در قضاوت‌های انسانی و افزایش دقت نتایج کمک کرده است. در گام بعدی، وزن‌های بهینه شاخص‌ها محاسبه شد که این وزن‌ها نشان‌دهنده میزان اهمیت نسبی هر شاخص در دستیابی به زنجیره تأمین پایدار است. شاخص‌های "تقاضا" (W_{25})، "درصد نیاز به سیستم تولید سبز" (W_{30})، و "نرخ بازدهی مورد انتظار" (W_{31}) از جمله شاخص‌هایی هستند که وزن بالایی دریافت کرده‌اند. این امر نشان‌دهنده اهمیت توسعه پایدار اقتصادی و زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری‌های زنجیره تأمین است.

با استفاده از مدل BWM فازی، وزن‌های قطعی هر شاخص محاسبه و مشخص شد که شاخص "نرخ تولید" (W_1) دارای بیشترین وزن (۰.۳) است، که تأکید دوباره‌ای بر تأثیر مستقیم نرخ تولید بر پایداری زنجیره تأمین دارد. همچنین، شاخص‌هایی مانند "تقاضا" (W_{25}) با وزن ۰.۰۹ و "نیاز به سیستم تولید سبز" (W_{30}) با وزن ۰.۰۹ نیز اهمیت بالایی در فرآیندهای تولید پایدار دارند. این نتایج نشان می‌دهد که شرکت‌های تولیدی برای افزایش پایداری زنجیره تأمین خود باید به مدیریت تقاضا، بهره‌گیری از سیستم‌های تولید سبز و بهینه‌سازی نرخ تولید توجه ویژه‌ای داشته باشند.

از سوی دیگر، شاخص‌هایی نظیر "هزینه راه‌اندازی تولید" (W_4) و "هزینه نگهداری هر واحد محصول" (W_{11}) کمترین وزن را دریافت کرده‌اند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان، هزینه‌های اولیه و هزینه‌های عملیاتی کمتر از سایر عوامل بر پایداری زنجیره تأمین تأثیرگذارند. این امر بیانگر آن است که در مسیر دستیابی به توسعه پایدار، مدیران باید تمرکز بیشتری بر مدیریت استراتژیک تولید و کاهش اثرات زیست‌محیطی زنجیره تأمین داشته باشند، زیرا این عوامل بیشترین نقش را در تضمین پایداری دارند. یکی از مهم‌ترین مراحل تحلیل، محاسبه نرخ سازگاری مدل BWM فازی بود. در این مطالعه، نرخ سازگاری ۰.۰۶۱۹ محاسبه شد که مقدار بسیار مناسبی است و نشان‌دهنده پایایی بالای تصمیمات خبرگان است. مقدار پایین این نرخ نشان می‌دهد که داده‌های به‌دست‌آمده از نظر ریاضی سازگار و قابل اطمینان هستند و بنابراین می‌توان بر اساس آن‌ها، مدل تصمیم‌گیری برای بهبود زنجیره تأمین پایدار را توسعه داد.

در نهایت، تحلیل‌های انجام‌شده نشان داد که شرکت‌های تولیدی صنعتی باید بر شاخص‌های کلیدی نظیر نرخ تولید، مدیریت تقاضا، بهره‌گیری از فناوری‌های تولید سبز، و کاهش اثرات زیست‌محیطی تمرکز کنند. مدل ارائه‌شده بر اساس روش BWM فازی یک چارچوب عملیاتی دقیق را در اختیار مدیران زنجیره تأمین قرار می‌دهد که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین و ایجاد توسعه پایدار اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که از میان ۴۱ شاخص اقتصادی بررسی‌شده در زنجیره تأمین صنایع تولیدی ایران، شاخص‌هایی نظیر «نرخ تولید»، «تقاضا»، و «درصد نیاز به سیستم تولید سبز» دارای بیشترین وزن و اهمیت بوده‌اند، در حالی که مؤلفه‌هایی مانند «هزینه راه‌اندازی تولید» و «هزینه نگهداری هر واحد محصول» کمترین میزان تأثیرگذاری را بر توسعه پایدار اقتصادی نشان دادند. نرخ ناسازگاری پایین (۰.۰۶۱۹) نیز مؤید اعتبار و ثبات بالای مدل تصمیم‌گیری در تحلیل خبرگان است. این یافته‌ها بیانگر آن است که توسعه پایدار اقتصادی در زنجیره تأمین نه از طریق تمرکز بر کاهش هزینه‌های جزئی، بلکه از رهگذر ارتقای بهره‌وری، هم‌راستایی با فناوری‌های سبز و مدیریت تقاضا تحقق می‌یابد (Allen et al., 2021; Wang et al., 2023).

در تفسیر نتایج می‌توان گفت شاخص «نرخ تولید» بیشترین تأثیر را در تحقق اهداف پایداری اقتصادی داشته است، زیرا نرخ تولید به‌عنوان متغیری محوری، بر تمام مؤلفه‌های عملکردی زنجیره از جمله هزینه، زمان تحویل، کارایی انرژی و ظرفیت تقاضا تأثیرگذار است. یافته‌های (Samper et al., 2022) نیز نشان می‌دهد که در محیط‌های صنعتی پویا، مدیریت هوشمند نرخ تولید با استفاده از فناوری‌های دیجیتال (مانند صنعت ۴.۰ و اینترنت اشیاء) به‌طور مستقیم موجب افزایش پایداری اقتصادی و کاهش مصرف منابع می‌شود. به‌طور مشابه، (Roknoddini et al., 2023) در پژوهش خود بر صنایع تولیدی ایران تأکید کرده است که عامل «نوآوری فناورانه» و «مدیریت تولید هوشمند» دو

پیشران اصلی در افزایش کارایی و کاهش هزینه‌های غیرضروری زنجیره تأمین محسوب می‌شوند. از این رو، تطبیق این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بهبود بهره‌وری تولیدی نه تنها عامل تقویت پایداری اقتصادی است بلکه به‌طور غیرمستقیم به توسعه زیست‌محیطی نیز کمک می‌کند.

شاخص دوم یعنی «تقاضا» نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار بود و در رتبه دوم اهمیت قرار گرفت. تحلیل‌ها نشان داد که در فضای رقابتی و متغیر بازارهای صنعتی، پیش‌بینی و مدیریت تقاضا نقش حیاتی در کاهش عدم قطعیت و بهینه‌سازی منابع دارد. یافته‌های (Ansary Asha et al., 2023) نیز مؤید آن است که هماهنگی میان زنجیره تأمین و نیازهای بازار از طریق فناوری‌های تحلیلی و فرهنگ سازمانی انعطاف‌پذیر، منجر به بهبود کیفیت تحویل محصول و افزایش رضایت مشتری می‌شود. در همین راستا، (Vaziri et al., 2024) بیان می‌کند که پایداری واقعی تنها زمانی حاصل می‌شود که تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین بر مبنای پیش‌بینی هوشمند تقاضا و داده‌محور باشد. بنابراین، در شرایط اقتصادی ناپایدار، سازمان‌ها باید تمرکز خود را از صرف کاهش هزینه‌ها به سمت هماهنگی هوشمند با الگوهای مصرف و تقاضا معطوف کنند تا بتوانند پایداری بلندمدت را تضمین نمایند.

همچنین شاخص «درصد نیاز به سیستم تولید سبز» در رتبه سوم قرار گرفت و این امر بازتاب‌دهنده تحول پارادایمی در نگاه مدیران صنعتی نسبت به پایداری است. امروزه تولید سبز، نه به‌عنوان یک الزام زیست‌محیطی، بلکه به‌عنوان عامل اقتصادی مؤثر در کاهش هزینه‌های بلندمدت، افزایش بهره‌وری انرژی و خلق مزیت رقابتی پایدار شناخته می‌شود (Allen et al., 2021; Centobelli et al., 2021). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های (Fontoura & Coelho, 2022) هم‌راستا است که نشان داد همکاری زنجیره‌ای در نوآوری سبز، به‌ویژه در صنایع تولیدی، موجب ارتقای عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی سازمان‌ها می‌گردد. به همین ترتیب، (Agnusdei & Coluccia, 2022) در تحلیل زنجیره‌های تأمین صنایع غذایی پایدار به این نتیجه رسید که بهره‌گیری از فناوری‌های سبز و بهبود ارتباطات بین‌بخشی، محرک اصلی رشد اقتصادی پایدار است. در ایران نیز (Timouri, 2021) و (Afshari, 2021) بر اهمیت لجستیک سبز و مدیریت پایدار تأکید کرده‌اند و آن را عاملی کلیدی در بهبود عملکرد صنایع تولیدی معرفی کرده‌اند. در نتیجه، یافته‌های این پژوهش مبین ضرورت حرکت سیاست‌گذاران صنعتی به‌سوی اتخاذ فناوری‌های تولید سبز و استقرار سیستم‌های سازگار با محیط زیست است. در مقابل، شاخص‌هایی مانند «هزینه راه‌اندازی تولید» و «هزینه نگهداری هر واحد محصول» در پایین‌ترین سطوح اهمیت قرار گرفتند. این موضوع نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان، تأکید بیش از حد بر کاهش هزینه‌های اولیه نمی‌تواند تضمین‌کننده توسعه پایدار اقتصادی باشد. یافته‌های (Shojaei & Amir, 2020) و (Sadeghi, 2020) نیز تأکید می‌کند که در زنجیره‌های تأمین مدرن، تمرکز صرف بر جنبه‌های هزینه‌محور بدون توجه به نوآوری و پایداری، منجر به کاهش انعطاف‌پذیری سازمان می‌شود. به همین ترتیب، (Gohari et al., 2020) و (Khaboushani & Soltani, 2020) در مطالعات خود بیان کرده‌اند که مدل‌های سنتی مبتنی بر کاهش هزینه، در صنایع لبنی و غذایی کشور، اغلب منجر به افت کیفیت و ناکارآمدی سیستم لجستیکی شده‌اند. بنابراین، یافته‌های حاضر تأیید می‌کند که توسعه پایدار اقتصادی نیازمند نگرشی بلندمدت است که ارزش‌آفرینی را جایگزین رویکرد هزینه‌محور کند.

از منظر مدل‌سازی تصمیم، استفاده از روش بهترین-بدترین (BWM) فازی در این تحقیق به دلیل دقت بالا و کاهش ناسازگاری در قضاوت‌ها، نتایج قابل اتکایی را فراهم ساخت. روش BWM در پژوهش‌های (Rezaei & Rajabzadeh, 2022) و (Sadatian Moghaddam et al., 2024) نیز با موفقیت برای ارزیابی موانع پیاده‌سازی زنجیره‌های تأمین پایدار در ایران به کار رفته و تأکید شده است که این مدل توانایی بالایی در کنترل خطای انسانی در ارزیابی شاخص‌های چندبعدی دارد. علاوه بر این، (Tathavadekar, 2025) با استفاده از چارچوب مشابه در پژوهش خود بر زنجیره‌های تأمین مقاوم، نشان داد که ادغام رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره با داده‌های دیجیتالی، مسیر مناسبی برای تحلیل سیستماتیک پایداری در محیط‌های پویا فراهم می‌کند. از این منظر، استفاده از BWM در پژوهش حاضر، گامی علمی و منطقی برای اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری اقتصادی در صنایع تولیدی ایران محسوب می‌شود.

مقایسه نتایج با پژوهش‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که الگوی اولویت شاخص‌ها در ایران تا حد زیادی با روندهای جهانی همسو است. به‌طور خاص، (Wang et al., 2023) در متاآنالیز خود بر روی مطالعات SSCM گزارش داد که شاخص‌های مرتبط با بهره‌وری، نوآوری فناورانه و تقاضای بازار بیشترین تأثیر را بر عملکرد اقتصادی دارند. همچنین، (Shuhui & Chen, 2024) بیان می‌کند که سیاست‌های سازمانی و مسئولیت اجتماعی در تعامل با تصمیمات تولید، پیوند مستقیمی با تحقق توسعه پایدار دارند. در

پژوهش (Slavinskaitė et al., 2025) نیز ارزیابی عوامل تأمین مالی زنجیره پایدار نشان داد که نرخ بازدهی و ریسک سرمایه‌گذاری از عوامل تعیین‌کننده در موفقیت زنجیره‌های تأمین اقتصادی محسوب می‌شوند، امری که با یافته‌های حاضر در مورد اهمیت شاخص‌های بازدهی و سرمایه‌گذاری هم‌راستا است.

در سطح ملی، یافته‌های پژوهش حاضر با مطالعات (Rahimi et al., 2020)، (Ravansh, 2021) و (Mehrkian et al., 2022) نیز همخوانی دارد که نشان دادند صنایع داخلی در مسیر حرکت به‌سوی پایداری اقتصادی نیازمند مدلسازی داده‌محور و تصمیم‌گیری مبتنی بر شاخص هستند. در همین راستا، (Roknoddini et al., 2023) بر این نکته تأکید می‌کند که توانمندسازی فناورانه و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال، عامل حیاتی در پیاده‌سازی مؤثر SSCM در ایران است. از این‌رو، می‌توان گفت یافته‌های این پژوهش همسو با جریان‌های علمی جهانی و متکی بر بومی‌سازی علمی شاخص‌ها در بافت صنعتی کشور است.

نتیجه دیگر پژوهش حاضر آن بود که در محیط‌های صنعتی ایران، تأثیر مؤلفه‌های فرهنگی و ساختاری بر موفقیت پایداری اقتصادی کمتر از مؤلفه‌های فناورانه و تولیدی است. این امر می‌تواند ناشی از فاصله میان دانش نظری و کاربردی در مدیریت صنعتی کشور باشد. یافته‌های (Martina et al., 2023) و (Wren, 2022) نیز نشان می‌دهد که موانع دانشی و سازمانی از جمله مقاومت مدیران در برابر تغییر، ضعف ارتباطات بین‌بخشی و کمبود فرهنگ یادگیری سازمانی از موانع مهم در توسعه سازمان‌های دانش‌محور و پایدار به شمار می‌آید. به همین دلیل، در راستای توسعه پایداری اقتصادی، باید برنامه‌های آموزشی و توانمندسازی منابع انسانی همگام با تحولات فناورانه طراحی گردد.

در تبیین نتایج، باید به رابطه تنگاتنگ میان فناوری‌های نوین و مدل‌های پایداری نیز اشاره کرد. استفاده از فناوری‌های دیجیتال نظیر بلاک‌چین و تحلیل داده‌های بزرگ، به‌ویژه در صنایع با زنجیره‌های پیچیده، می‌تواند به شفافیت و کارایی بیشتر بینجامد (Hibanan, 2023; Zhou & Masi, 2025). درواقع، فناوری نقش میانجی میان شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ایفا کرده و مسیر تبدیل سازمان‌های سنتی به نهادهای یادگیرنده و انعطاف‌پذیر را هموار می‌کند (Bahramian et al., 2023; Lee & Byung Do, 2022). بنابراین، ترویج دیجیتالی‌سازی و استفاده از هوش مصنوعی در تصمیم‌سازی، از پیش‌نیازهای اساسی پایداری اقتصادی در صنایع تولیدی ایران است.

در نهایت، یافته‌های این تحقیق به‌روشنی نشان می‌دهد که حرکت به‌سوی زنجیره تأمین پایدار اقتصادی، نیازمند رویکردی تلفیقی است که ابعاد فناورانه، مدیریتی و فرهنگی را به‌طور هم‌زمان مدنظر قرار دهد. این نتیجه با تحلیل‌های (Dabbous & Tarhini, 2021) و (Fritz, 2022) سازگار است که تأکید دارند برقراری توازن میان بهره‌وری اقتصادی، مسئولیت اجتماعی و حفاظت محیط زیست تنها با یکپارچگی نهادی و هماهنگی بین‌سازمانی امکان‌پذیر است. بر این اساس، یافته‌های پژوهش حاضر ضمن تأیید نظریات بین‌المللی، چارچوبی بومی برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری در حوزه پایداری اقتصادی صنایع ایران فراهم می‌آورد.

این پژوهش با وجود ارائه یافته‌های معتبر، با محدودیت‌هایی نیز مواجه بود. نخست، جامعه آماری پژوهش به خبرگان دانشگاهی و صنعتی در صنایع تولیدی ایران محدود شد و ممکن است دیدگاه‌های سایر ذی‌نفعان مانند سیاست‌گذاران، مصرف‌کنندگان یا فعالان زیست‌محیطی در نتایج لحاظ نشده باشد. دوم، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره BWM هرچند دارای دقت بالاست، اما همچنان متکی بر قضاوت انسانی است و امکان وجود سوگیری‌های شناختی در ارزیابی‌ها وجود دارد. سوم، نتایج پژوهش بر اساس داده‌های مقطعی حاصل از یک بازه زمانی خاص است و ممکن است در مواجهه با تغییرات اقتصادی یا فناوری در آینده نیاز به بازنگری داشته باشد. همچنین، دسترسی محدود به داده‌های کمی دقیق از سازمان‌ها و نبود شاخص‌های ملی استاندارد برای سنجش پایداری اقتصادی، از دیگر چالش‌های این پژوهش محسوب می‌شود.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با استفاده از روش‌های ترکیبی (کیفی-کمی) به بررسی عمیق‌تر تعامل میان مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بپردازند. همچنین، توسعه مدل‌های پویای تصمیم‌گیری با استفاده از رویکردهای فازی-عصبی یا تحلیل شبکه‌ای می‌تواند دقت و انطباق‌پذیری مدل‌های ارزیابی را افزایش دهد. بررسی تأثیر فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین و تحلیل داده‌های بزرگ بر پایداری زنجیره تأمین نیز می‌تواند مسیر جدیدی برای تحقیقات آینده فراهم سازد. پیشنهاد می‌شود مطالعات تطبیقی بین‌المللی نیز برای مقایسه سطح پایداری اقتصادی صنایع ایران با سایر کشورها انجام شود تا سیاست‌های کلان در زمینه توسعه صنعتی پایدار بازنگری شوند.

در سطح اجرایی، مدیران صنعتی باید به جای تمرکز صرف بر کاهش هزینه‌ها، رویکردی جامع‌تر مبتنی بر بهره‌وری، نوآوری و فناوری‌های سبز اتخاذ کنند. ایجاد واحدهای تخصصی مدیریت پایداری در شرکت‌ها، آموزش کارکنان در زمینه اقتصاد چرخشی و مدیریت تقاضا، و گسترش زیرساخت‌های دیجیتال از جمله اقدامات ضروری است. همچنین،

دولت و نهادهای سیاست‌گذار می‌توانند با تدوین استانداردهای پایداری و ارائه مشوق‌های مالی برای شرکت‌های سبز، مسیر حرکت به سوی زنجیره‌های تأمین پایدار را تسهیل کنند. در نهایت، همکاری بین دانشگاه، صنعت و نهادهای مدنی برای توسعه دانش بومی و سیاست‌های اجرایی مبتنی بر داده، مهم‌ترین عامل در تحقق پایداری اقتصادی در صنایع تولیدی کشور خواهد بود.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

Extended Summary

Introduction

Sustainable Supply Chain Management (SSCM) has emerged as a cornerstone concept in the global pursuit of economic development that balances profitability, environmental protection, and social equity (Stefan et al., 2024; Wang et al., 2023). The increasing awareness of environmental degradation, resource depletion, and global climate challenges has urged industries to transition toward sustainability-oriented supply chain models (Allen et al., 2021; Dabbous & Tarhini, 2021). In this context, SSCM not only encompasses the traditional flow of materials and information but also integrates organizational responsibility, green innovation, and resilience into the production and distribution systems (Agnusdei & Coluccia, 2022; Wren, 2022).

Across developing and developed economies alike, the paradigm shift toward SSCM represents an essential response to pressures from regulatory frameworks, market competition, and stakeholder expectations (Centobelli et al., 2021; Samper et al., 2022). The literature emphasizes that sustainable supply chains are critical enablers of long-term competitiveness because they enhance efficiency, reduce waste, and build stakeholder trust (Fontoura & Coelho, 2022; Fritz, 2022). As digital transformation accelerates through Industry 4.0, technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and blockchain are redefining how firms integrate sustainability into supply chain networks (Roknoddini et al., 2023; Tetiana



et al., 2023). These technologies promote transparency, traceability, and real-time decision-making, thereby reinforcing sustainable performance.

While global studies have shown that sustainability adoption positively affects firm performance (Ansary Asha et al., 2023; Wang et al., 2023), the degree of implementation varies widely across regions. In developing contexts such as Iran, industries face unique barriers including limited access to advanced technologies, insufficient institutional support, and inadequate sustainability assessment frameworks (Rahimi et al., 2020; Ravansh, 2021). In such environments, achieving economic sustainability—the ability to maintain profitability, resource efficiency, and market competitiveness over time—is both a strategic and operational challenge (Sadeghi, 2020; Shojaei & Amir, 2020).

Economic sustainability serves as the financial foundation of SSCM by ensuring that long-term organizational objectives remain viable while environmental and social goals are pursued (Afshari, 2021; Timouri, 2021). Without economic balance, sustainable systems risk collapse, as environmental and social measures require consistent investment and innovation (Allen et al., 2021; Dabbous & Tarhini, 2021). Therefore, identifying and prioritizing economic indicators within SSCM is vital for industries seeking to design effective sustainability strategies.

Recent studies suggest that the application of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods, such as the Best–Worst Method (BWM), can help organizations systematically evaluate and prioritize sustainability indicators (Rezaei & Rajabzadeh, 2022; Sadatian Moghaddam et al., 2024). Compared to other MCDM approaches, BWM reduces inconsistency in pairwise comparisons and increases decision precision, making it suitable for complex managerial environments with multiple interdependent criteria (Tathavadekar, 2025; Vaziri et al., 2024). International research has also highlighted that the most influential economic sustainability indicators often relate to production efficiency, demand forecasting, and the adoption of green manufacturing technologies (Shuhui & Chen, 2024; Slavinskaitė et al., 2025; Zhou & Masi, 2025).

In Iran's manufacturing sector, where economic constraints and global trade pressures coexist, assessing and ranking these indicators can provide actionable insights for managers and policymakers. Despite growing awareness, local industries still rely heavily on traditional, cost-focused supply chain practices that neglect long-term sustainability impacts (Khaboushani & Soltani, 2020; Mehrkian et al., 2022). Hence, developing a robust, data-driven framework for evaluating economic sustainability within supply chains is critical.

The present study aims to fill this gap by identifying, analyzing, and prioritizing economic sustainability indicators in Iran's manufacturing supply chains using the fuzzy BWM approach. Through expert input and quantitative analysis, this study provides a localized decision-making model that supports sustainable policy formulation and industrial strategy design (Bahramian et al., 2023; Martina et al., 2023; Roknoddini et al., 2023).

Methods and Materials

This research employed an applied, descriptive–analytical design to evaluate economic sustainability components in Iran's manufacturing supply chains. The population consisted of academic and industrial experts with specialized knowledge in supply chain management, sustainability, and production systems. Participants were selected through purposive sampling to ensure representation from multiple industrial domains.

A total of 41 economic indicators of SSCM were initially identified through a comprehensive literature review and refined via expert validation. The data collection instrument consisted of a fuzzy-based questionnaire designed to capture expert judgments regarding the relative importance of each indicator.

The Best–Worst Method (BWM) was utilized for weighting and prioritization of indicators. The fuzzy BWM process involved four key steps: (1) identifying the most and least important criteria, (2) establishing pairwise comparisons, (3) computing fuzzy preference values, and (4) calculating final weights through optimization using Lingo software. The consistency ratio was computed to evaluate the reliability of expert responses, with values below 0.1 indicating high decision validity.

Findings

The analytical results revealed that three indicators—production rate (W1), demand (W25), and percentage of need for a green production system (W30)—obtained the highest priority weights among all economic sustainability criteria. These variables demonstrated the most substantial influence on sustainable economic performance across Iran's manufacturing industries.

Conversely, production start-up cost (W4) and maintenance cost per product unit (W11) received the lowest weights, indicating limited relevance to long-term economic sustainability objectives. The computed inconsistency ratio of 0.0619 confirmed the internal coherence and stability of the expert evaluations within the fuzzy BWM model.

Further analysis indicated that production rate is a critical determinant of efficiency and resource optimization in sustainable manufacturing. Managing production rates strategically allows firms to balance supply and demand, minimize waste, and enhance capacity utilization. Similarly, demand emerged as a key driver of sustainable decision-making, underscoring the importance of data-driven forecasting and market responsiveness in maintaining profitability and reducing inventory-related losses.

The high weight assigned to the need for a green production system highlights the growing recognition among Iranian industrial experts that adopting environmentally conscious production technologies directly enhances long-term economic stability. These findings underscore a transition from traditional cost-minimization approaches toward performance-oriented strategies that integrate environmental responsibility with profitability.

The indicators with lower weights, such as start-up and maintenance costs, suggest that short-term financial considerations are no longer sufficient to evaluate sustainability success. Instead, long-term efficiency, innovation, and technological adaptation are viewed as stronger determinants of sustainable economic performance.

Discussion and Conclusion

The study's findings reinforce the idea that economic sustainability within supply chain management extends beyond cost reduction to encompass productivity enhancement, technological innovation, and adaptive market strategies. The prominence of production rate as the highest-weighted indicator aligns with prior global research emphasizing efficiency and throughput as foundations of sustainable manufacturing (Roknoddini et al., 2023; Samper et al., 2022). Efficient production not only reduces energy consumption and operational waste but also strengthens competitiveness by enabling flexible responses to dynamic market conditions.

The second-ranked indicator, demand, highlights the centrality of market intelligence and predictive analytics in SSCM. Consistent with the results of (Ansary Asha et al., 2023) and (Vaziri et al., 2024), firms that synchronize supply chain activities with real-time demand data achieve greater operational agility and customer satisfaction. This suggests that digitalization and demand-driven planning systems are pivotal for developing resilient, sustainable supply networks.

The third key factor—the need for green production systems—demonstrates the strategic integration of environmental goals with economic imperatives. In line with (Centobelli et al., 2021) and (Fontoura & Coelho, 2022), collaborative innovation in

green technologies leads to improved energy efficiency, waste reduction, and long-term profitability. This convergence of sustainability and economic performance validates the “triple bottom line” perspective, in which economic, environmental, and social outcomes are mutually reinforcing.

The relatively low importance of start-up and maintenance costs reflects a shift in managerial thinking: sustainability is no longer viewed as a short-term expense but as a long-term investment in competitiveness. The outcomes mirror the insights of (Shojaei & Amir, 2020) and (Sadeghi, 2020), who argue that overemphasis on immediate cost savings can hinder innovation and resilience in supply chain systems. Instead, enduring success relies on strategic investments in green infrastructure, process optimization, and digital capability development.

From a methodological standpoint, the fuzzy BWM approach proved effective for prioritizing complex, interdependent sustainability indicators. Consistent with (Rezaei & Rajabzadeh, 2022) and (Sadatian Moghaddam et al., 2024), the method’s reduced inconsistency ratio demonstrates its suitability for sustainability evaluations involving qualitative judgments. This analytical robustness enhances managerial confidence in the derived priorities and offers a replicable framework for future studies in emerging economies.

The results also reveal a pattern consistent with international sustainability models. Studies by (Shuhui & Chen, 2024), (Slavinskaitė et al., 2025), and (Zhou & Masi, 2025) confirm that indicators associated with production efficiency, market adaptability, and eco-innovation are global drivers of sustainable economic growth. Hence, Iran’s manufacturing sector—despite facing institutional and financial constraints—exhibits alignment with global sustainability trajectories, demonstrating potential for competitive integration into international supply chains.

In conclusion, this study provides a comprehensive evaluation of economic sustainability indicators within Iran’s manufacturing supply chains and identifies production rate, demand, and green production systems as the most critical drivers of long-term stability. The findings suggest that sustainable economic development requires a paradigm shift from short-term financial efficiency toward strategic adaptability and innovation. The fuzzy BWM model offers a robust analytical framework for prioritizing sustainability indicators and guiding data-informed decision-making.

By localizing global sustainability principles, this research contributes to both theory and practice. For policymakers, it underscores the necessity of supporting technological transformation, incentivizing green investments, and integrating sustainability into industrial development agendas. For practitioners, it highlights the value of aligning operational performance with strategic sustainability goals. Ultimately, achieving sustainable economic development in supply chains depends on balancing efficiency, innovation, and environmental consciousness—ensuring resilience and prosperity in a rapidly evolving industrial landscape.

References

- Afshari, G. (2021). *Sustainable Supply Chain Management*. Danesh Pazhouhan Sharif Yar.
- Agnusdei, G. P., & Coluccia, B. (2022). Sustainable agrifood supply chains: Bibliometric, network and content analyses. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153704>
- Allen, G., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2021). Expanding conceptual boundaries of the sustainable supply chain management and circular economy nexus. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100011>
- Ansary Asha, A., Dulal, M., & Habib, A. (2023). The influence of sustainable supply chain management, technology orientation, and organizational culture on the delivery product quality-customer satisfaction nexus. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100107>



- Bahramian, E., Gohari, N., & Aazh, H. (2023). Preliminary study on speech in noise training in children with Sensory Processing Disorder and hyperacusis. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 76(1), 344-350. <https://doi.org/10.1007/s12070-023-04160-y>
- Centobelli, P., Cerchione, R., & Shashi. (2021). Determinants of the transition towards circular economy in SMEs: A sustainable supply chain management perspective. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108297>
- Dabbous, A., & Tarhini, A. (2021). Does sharing economy promote sustainable economic development and energy efficiency? Evidence from OECD countries. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6(1), 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2020.11.001>
- Fontoura, P., & Coelho, A. (2022). How to boost green innovation and performance through collaboration in the supply chain: Insights into a more sustainable economy. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132005>
- Fritz, M. (2022). A supply chain view of sustainability management. *Cleaner Production Letters*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100023>
- Gohari, N., Sajadi, E., Azvantash, Z., & Khavarghazalani, B. (2020). A comparative study on the general health of the mothers of children with cochlear implant, hearing aid, and normal hearing. *Auditory and Vestibular Research*. <https://doi.org/10.18502/avr.v29i2.2793>
- Hibanan, A. (2023). Sustainable Supply Chain Management: Enhancing Environmental and Social Responsibility in Business Operations. <https://doi.org/10.31219/osf.io/c2jyq>
- Khaboushani, Y. U. a.-B. F. M., & Soltani, I. (2020). Designing a Sustainable Closed-Loop Supply Chain with a Multi-Criteria Decision-Making Approach in Dairy Industries. *Agricultural Economics and Development*, 112(28). https://aead.agri-peri.ac.ir/article_123605.html
- Lee, J. S., & Byung Do, C. (2022). Effects of government subsidy programs on job creation for sustainable supply chain management. *Socio-Economic Planning Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101261>
- Martina, B., Sokół, A., & Figurska, I. (2023). Organizational Barriers of a Knowledge-Based Organization in the Aspect of Sustainable Creativity Development. *Journal of Vasył Stefanyk Precarpathian National University*. <https://doi.org/10.15330/jpnu.10.4.46-62>
- Mehrkian, S., Moossavi, A., Gohari, N., Nazari, M. A., Bakhshi, E., & Alain, C. (2022). Long latency auditory evoked potentials and object-related negativity based on harmonicity in hearing-impaired children. *Neuroscience Research*, 178, 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2022.01.001>
- Moossavi, A., Mehrkian, S., Gohari, N., Nazari, M. A., Bakhshi, E., & Alain, C. (2021). The effect of harmonic training on speech perception in noise in hearing-impaired children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 149, 110845. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2021.110845>
- Rahimi, A., Rad, A., Alam Tabrizi, A., & Motameni, A. (2020). Presenting a Lean Supply Chain Model in Iran's Defense Industries with a Structural Interpretive Modeling Approach. *Industrial Management Journal*, 18(56), 1-49. https://jims.atu.ac.ir/article_10968.html
- Ravansh, M. (2021). Multi-Objective Optimization for Designing a Closed-Loop Sustainable Supply Chain Network under Flexible Conditions. First National Conference on Optimization and New Problem-Solving Methods,
- Rezaei, Q., & Rajabzadeh, Z. (2022). Investigating Barriers to the Implementation of Sustainable Supply Chains Using the BWM Method (Case Study: Pars Special Economic Energy Zone Organization). *Interdisciplinary Studies in Management and Engineering*, 16-16. <https://doi.org/10.31219/osf.io/c2jyq>
- Roknoddini, S. A., Andalibiyat Ardakani, D., Zare Ahmadabadi, H., & Hosseini Bamekan, S. M. (2023). Modeling the Enablers of Industry 4.0 in Implementing Sustainable Supply Chains with a DEMATEL-Fuzzy Network Analysis Approach. *Industrial Management Outlook*, 13(49), 141-172. https://jimp.sbu.ac.ir/article_103168.html
- Sadatian Moghaddam, P., Vaziri, A., & Ershadi Oskoue, A. (2024). A New Algorithm for Indoor Robot Localization using Turning Function. *Computational Methods for Differential Equations*.
- Sadeghi, E. (2020). *Sustainable Supply Chain in Industry*. Salehian.
- Samper, M., Florez, D. G., Borre, J. R., & Ramirez, J. (2022). Industry 4.0 for sustainable supply chain management: Drivers and barriers. *Procedia Computer Science*, 203, 644-650. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.094>
- Shojaei, M., & Amir, A. (2020). *Economic Development*. Entrepreneur University.
- Shuhui, J., & Chen, K. (2024). Multidirectional analysis for sustainable development: An examination of sustainable policies, corporate social responsibility, and organizational performance. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2907>
- Slavinskaitė, N., Čižiūnienė, K., & Bundonytė, V. (2025). Assessment of the Sustainable Supply Chain Finance Factors. *Sustainability*, 17(3), 1002. <https://doi.org/10.3390/su17031002>
- Stefan, G., C. M., & Schleper. (2024). *Sustainable supply chain management*. <https://doi.org/10.4337/9781800880344.ch41>
- Tathavadekar, V. P. (2025). *Sustainable and Resilient Supply Chain Practices through Digital Transformation and Circular Economy Strategies*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5448394
- Tetiana, A., Vorkut, L., & Volynets, Y. (2023). Development of indicators for evaluating the level of sustainable development of logistics organizational structures. *Ekonomika transportnogo kompleksu*. <https://doi.org/10.30977/etk.2225-2304.2023.42.37>
- Timouri, S. (2021). *Logistics and Sustainable Supply Chain*. Modares Educational Group (affiliated with M.F.H. Simay Golestan Afarinash), Sanjesh and Danesh.
- Vaziri, A., Sadatian Moghaddam, P., & Ershadi Oskoue, A. (2024). Development of Service Compositions in Cloud Manufacturing Processes Based on System Sustainability Components. *Journal of Electrical Systems*, 19(4). <https://doi.org/10.52783/jes.6257>
- Wang, J., Zhu, L., Feng, L., & Feng, J. (2023). A meta-analysis of sustainable supply chain management and firm performance: Some new findings on sustainable supply chain management. *Sustainable Production and Consumption*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.015>

- Wren, B. (2022). Sustainable supply chain management in the fast fashion Industry: A comparative study of current efforts and best practices to address the climate crisis. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100032>
- Zhou, W., & Masi, D. (2025). Sustainable Supply Chain Finance: A Multiple Case Study. *Sustainability*, 17(11), 4862. <https://doi.org/10.3390/su17114862>

