Iranian Journal of Supply Chain Management
Vol. 27, No. 3, Autumn 2025, Serial No. 88
ISSN: 2008-9198 , E-ISSN: 2717-1647

Designing and Optimizing a Sustainable Supply Chain Network for Textile Products and Examining the Priority of Addressing Sustainability Indicators and Assessing the Importance of Indicators

Hooman Jafari Kaliji[1], Ashkan Mohsenzadeh Ledari[2*]

[1] Master's Degree Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Behshahr, Iran. Email Address: hoomanjk99@gmail.com

[2] Correspondence: Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, University of Science and Technology of Mazandaran, Behshahr, Iran. Email Address: ashkanmo87@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 26 March 2025

Received in revised form: 11 June 2025

Accepted: 24 September 2025

Available online: 21 November 2025

Keywords:

Sustainable Supply Chain Network Design

Textile Products

Sustainability Indicators

Importance Assessment of Sustainability Indicators

ABSTRACT

A sustainable supply chain network has many benefits for factories engaged in the production of textile industries and related industries in economic, social and environmental dimensions. Also, considering the existence of various indicators related to sustainable development, the existence of threats and opportunities, natural, social and industrial capacities, etc., the importance of addressing these indicators and also considering the different perspectives of experts and business owners, assessing the importance of sustainability indicators in the textile industry supply chain network is considered a very important issue in today's world. For this purpose, in this research, a method has been presented in such a way that first a supply chain network plan for textile products is modeled and then optimized. In the next step, using the optimization outputs, consulting with experts, and studying previous research related to the subject under study, a series of sustainability indicators are introduced. Finally, with the help of experts' perspectives and using the SWARA weighting method, the importance of each of these indicators is estimated in order to prioritize their consideration and strengthening.

Cite this article: H. Jafari Kaliji and A. Mohsenzadeh Ledari, "Designing and Optimizing a Sustainable Supply Chain Network for Textile Products and Examining the Priority of Addressing Sustainability Indicators and Assessing the Importance of Indicators," Journal of Supply Chain Management, vol. 27, no. 3, pp. 61-74, 2025. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089198.1404.27.88.3.9

OPEN ACCESS

Publisher: Imam Hossein University.© The Author(s).

Introduction

The adoption of a sustainable supply chain network presents a transformative opportunity for factories within the textile industry and its associated sectors, offering a synergistic blend of economic, social, and environmental advantages. Economically, it transcends mere short-term cost-cutting, paving the way for long-term resilience and profitability through enhanced resource efficiency, reduced waste, and minimized energy consumption. Furthermore, it significantly bolsters brand reputation and market access, as increasingly conscious consumers and stringent international regulations favor ethically and environmentally responsible producers. Socially, a commitment to sustainability fosters safer working conditions, ensures fair wages and equitable labor practices, and strengthens community relations, thereby investing in human capital and building a loyal, productive workforce. Environmentally, the benefits are paramount, encompassing a substantial reduction in the industry's ecological footprint through careful water management, responsible chemical usage, a shift towards renewable energy sources, and the integration of circular economy principles such as recycling and waste valorization.

Result and Discussion

However, the path to a truly sustainable supply chain is fraught with complexity, necessitating a nuanced and strategic approach. This complexity arises from the intricate interplay of a vast array of potential sustainability indicators, the dynamic landscape of external threats and opportunities, and the diverse, often competing, perspectives of various stakeholders. The spectrum of indicators is broad, ranging from quantifiable metrics like carbon emissions, water footprint, and energy efficiency to more qualitative social measures such as worker satisfaction, community engagement, and adherence to ethical sourcing protocols. Simultaneously, factories must navigate a terrain of unique regional challenges, such as water scarcity or specific regulatory pressures, while also leveraging inherent capacities, be they natural assets like abundant sunlight for solar power or industrial strengths like advanced technological infrastructure. Compounding this is the critical need to reconcile the different viewpoints of business owners, who rightly prioritize economic viability and return on investment, with those of sustainability experts, non-governmental organizations, and local communities, who may emphasize environmental preservation and social equity. This confluence of factors underscores the critical importance of a systematic methodology to assess, weight, and prioritize these sustainability indicators, ensuring that limited resources are allocated to the areas of greatest impact and strategic alignment.

To address this pressing need, this research proposes a comprehensive and integrated multi-stage methodology designed to move from theoretical modeling to actionable, prioritized insights. The initial phase involves the meticulous modeling and subsequent optimization of a textile product supply chain network. This model encapsulates the entire ecosystem, from raw material suppliers and manufacturing plants to distribution centers and end customers. Utilizing

advanced operational research techniques and sophisticated software, the model is optimized against key performance objectives such as total cost minimization, lead-time reduction, and logistical flow efficiency. The output of this stage is not merely an optimized network blueprint for cost-effective operation; it also serves as a critical data source, generating initial quantitative insights into resource consumption, waste generation, and transportation emissions, which form a foundational layer for the subsequent sustainability analysis.

Building directly upon this optimized model, the next phase focuses on the identification and compilation of a robust set of relevant sustainability indicators. This is achieved through a triangulation approach that integrates three rich sources of information to ensure both practical relevance and academic rigor. Firstly, the quantitative outputs from the optimization model are analyzed to pinpoint key performance indicators related to operational efficiency and environmental impact. Secondly, structured interviews and Delphi workshops are conducted with a diverse panel of experts, including seasoned textile industry managers, supply chain logisticians, and environmental scientists, to ground the indicators in real-world practicality and challenges. Thirdly, a systematic review of extant literature on sustainable supply chain management and textile industry best practices is undertaken to align the indicator set with globally recognized standards and theoretical frameworks. The culmination of this phase is a comprehensive, multi-dimensional list of sustainability indicators, categorically organized into the economic, social, and environmental pillars of sustainability.

Conclusion

The final and most crucial step of the methodology is the precise weighting and prioritization of these identified indicators, accomplished through the application of the SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method. This expert-driven technique is particularly valuable in this context due to its ability to efficiently capture and quantify nuanced expert judgment. In a structured process, the consulted experts systematically compare the relative importance of each indicator, making pairwise comparisons to determine which criteria hold greater significance in the specific context of the textile industry. The SWARA algorithm then processes these comparisons to assign a definitive weight to each indicator, effectively creating a clear hierarchy of priorities. The final output is a transparent and defensible ranking that answers the pivotal question: for a textile supply chain aiming for holistic sustainability, where should managerial attention and investment be focused first? Should water conservation take precedence over carbon neutrality? Is investing in community development more immediately critical than achieving full circularity in materials? By providing these answers, the research transitions from abstract assessment to a strategic decision-support tool, empowering business owners and policymakers to make informed, evidence-based investments that fortify their supply chains, enhance their competitive advantage, and contribute meaningfully to the overarching global goal of sustainable development in the textile industry.

نشریه علمی «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و هفتم، شماره ۸۸، پاییز ۱۴۰۴؛ ص ۷۴-۶۱
شاپای چاپی: ۲۰۰۸-۹۱۹۸| شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۱۶۴۷

طراحی و بهینه‌سازی شبکه زنجیره‌تأمین پایدار محصولات نساجی و بررسی اولویت پرداختن به شاخص‌های پایداری و اهمیت‌سنجی شاخص‌ها

هومن جعفری کلیجی[۱]، اشکان محسن‌زاده لداری[۲]

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران. رایانامه: hoomanjk99@gmail.com

[۲] استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران (نویسنده مسئول). رایانامه: ashkanmo87@gmail.com

چکیده

این مقاله به معرفی و ارزیابی شاخص‌های کلیدی تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین پایدار صنعت نساجی می‌پردازد. پژوهش حاضر برای اولین‌بار زنجیره تأمین نساجی را در ایران با رویکرد توسعه پایدار تحلیل و مدل‌سازی کرده است. ابتدا یک شبکه زنجیره تأمین با درنظرگرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طراحی شد و با نرم‌افزار anyLogistix بهینه‌سازی گردید. سپس با استفاده از داده‌های میدانی و نظرات خبرگان، شاخص‌های پایداری در سه بُعد توسعه پایدار استخراج شد. اهمیت این شاخص‌ها با روش SWARA و مشارکت کارشناسان سنجیده شد. نتایج نشان داد شاخص‌های اقتصادی مانند سودآوری و زمان تدارک در اولویت هستند، درحالی‌که شاخص‌های اجتماعی و زیست‌محیطی مانند ایمنی کارکنان و مصرف انرژی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. یافته‌ها تأکید می‌کنند که برای ایجاد زنجیره تأمین پایدار، توجه هم‌زمان به ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ضروری است. چنین زنجیره‌ای نه‌تنها عملکرد بهتری دارد، بلکه از تاب‌آوری و مزیت رقابتی بالاتری در بازارهای جهانی برخوردار خواهد بود.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:
نوع مقاله: علمی پژوهشی
دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۰۶
بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۲
ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰

کلیدواژه‌ها:
طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار
محصولات نساجی
شاخص‌های پایداری
اهمیت‌سنجی شاخص‌های پایدار

استناد: جعفری کلیجی، هومن، محسن‌زاده لداری، اشکان، " طراحی و بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین پایدار محصولات نساجی و بررسی اولویت پرداختن به شاخص‌های پایداری و اهمیت‌سنجی شاخص‌ها "، نشریه مدیریت زنجیره تامین، دوره ۱۶، شماره ۸۸، صفحات ۷۴-۶۱، ۱۴۰۴.
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089198.1404.27.88.3.9

OPEN ACCESS
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین(ع). © نویسندگان.

۱- مقدمه

در دنیای امروزی، در اختیار داشتن یک شبکه زنجیره تأمین پایدار در بهبود عملکرد کارخانه‌ها و شرکت‌ها نقش بسیار مهم و غیرقابل‌انکاری است. تمامی شرکت‌ها در ابعاد مختلف، وابسته یا مستقل از دولت، تولیدکننده محصولات یا ارائه‌دهنده‌ی خدمات و... همواره در تلاش هستند تا به نیازهای مشتریان خود در سریع‌ترین زمان ممکن پاسخ دهند. به همین دلیل؛ برای رسیدن به این مهم نیاز به انجام اقداماتی است که فقط در چهارچوب یک زنجیره تأمین بهینه و پایدار قابل‌انجام است [۳]. در نتیجه، میزان کارایی یک ارگان تأثیر پذیرفته از یک شبکه‌ی زنجیره تأمین بهینه و پایدار است. بنابراین، سازمان‌ها و شرکت‌هایی موفق هستند که می‌توانند در مدیریت شبکه‌ی زنجیره تأمین خود، به بهترین شکل ممکن عمل کنند. از طرفی، در دنیای کسب‌وکارهای امروزی توسعه پایدار مفهومی است که بیش‌ازپیش موردتوجه قرار گرفته است. به‌طورکلی پرداختن هم‌زمان به ارکان زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی یک زنجیره تأمین سنتی با عملکرد نه‌چندان بهینه را به یک شبکه زنجیره تأمین پایدار با شرایط مناسب تغییر می‌دهد. علی‌رغم اینکه در ابتدای این تغییر در زنجیره تأمین، ممکن است هزینه‌های کل افزایش یابد، اما در نهایت منجر به بهبود چشمگیر سودآوری و کارایی زنجیره تأمین به دلیل افزایش رضایت و وفاداری مشتریان می‌شود که تأثیر مثبتی بر افزایش درآمد و بهبود عملکرد سازمان‌ها دارد. به همین جهت، می‌توان به دولت مصر اشاره کرد که با تأکید زیاد بر پیاده‌سازی ارکان پایداری در مدیریت شبکه زنجیره تأمین وفاداری مشتریان و کسب مزیت رقابتی در صنایع نساجی را به طور قابل‌توجهی تقویت داد [۴]. باتوجه‌به اهمیت بالای پایداری در مدیریت زنجیره تأمین و سودآوری صنعت نساجی و نقش مهم این صنعت در اقتصاد کشورهای مختلف، مطالعات بسیار زیادی در حوزه‌ی پایداری در زنجیره تأمین و زنجیره تأمین محصولات نساجی صورت‌گرفته است. باتوجه‌به افزایش قابل‌توجه تعداد مطالعات انجام شده در زمینه زنجیره تأمین پایدار و همچنین زنجیره تأمین محصولات نساجی، هنوز خلأهایی وجود دارد که موردتوجه قرار نگرفته است.

باتوجه‌به موارد ذکر شده و همچنین بررسی تمام جوانب و چشم‌اندازی که از صنایع نساجی بنا بر بررسی‌های میدانی در اختیار است، برای انجام این تحقیق، اهدافی به‌منظور دستیابی در نظر گرفته شد بطوریکه در نظر است به‌منظور بهبود هر چه بیشتر عملکرد شبکه‌های زنجیره تأمین در صنایع مختلف و علی‌الخصوص صنایع نساجی و باتوجه‌به وجود نقاط ضعف و قوت، در ابتدا شاخص‌های مناسب پایداری را معرفی شده و سپس به بررسی اهمیت هر یک از این شاخص‌ها پرداخته می‌شود. از طرفی، به‌منظور ایجاد تعامل میان کارخانجات نساجی و مشتریان، یک شبکه زنجیره تأمین پایدار را طراحی و بهینه می‌گردد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش به بررسی و طبقه‌بندی یافته‌های تحقیقات دیگر محققان در سطح دنیا و تعیین و شناسایی خلأهای تحقیقاتی در این بخش انجام می‌شود و همچنین برخی مفاهیم مهم و مرتبط با موضوع پژوهش تعریف و بررسی می‌شود.

صنعت نساجی و صنایع وابسته، وظیفه تولید انواع مختلف محصولات ازجمله پوشاک، فرش، موکت و... را بر عهده دارد. روند تولید منسوجات متشکل از ریسندگی (تولید الیاف یا فتیله) تا تولید محصول نهایی است که بنا بر شرایط بازار می‌تواند پوشاک، فرش و ... باشد. در واقع رایج‌ترین محصول که پوشاک است با عبور از مراحل؛ تولید لیف (ریسندگی)، تولید نخ و تولید پارچه (بافندگی)، انجام فرایندهای نهایی و تکمیلی همچون رنگرزی، چاپ و سایر فرایندهای شیمیایی و فیزیکی، در نهایت دوخت حاصل می‌شود. صنعت نساجی در کشورهای مختلف جهان باتوجه‌به حجم سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجه در کشورها رواج زیادی دارد. مرز مشترک بین صنعت نساجی و صنعت پتروشیمی، تولید الیاف و البته مواد شیمیایی استفاده شده در واحدهای مختلف صنعت نساجی است. در واقع الیاف دسته‌ای از مواد هستند که رشته مانند بود و به نسبت ضخامتشان، طول بسیار زیادی دارند و از خواصی همچون استحکام، انعطاف‌پذیری و راحتی البته بسته به نوع محصول نهایی و کارایی محصولات برخوردار هستند. این الیاف به دودسته کلی طبیعی و مصنوعی طبقه‌بندی می‌شوند که الیاف پلی‌استر، نایلون و اکریلیک از جمله الیاف مصنوعی پرکاربرد در صنایع مختلف هستند. همچنین که گفته شد درصد قابل‌توجهی از مواد اولیه صنایع نساجی از مواد شیمیایی و پلیمرهایی به دست می‌آید که طی فرایندهای پتروشیمی تولید شده‌اند. در واقع در صنعت نساجی؛ رنگزاها، مواد انعطاف‌زا، مواد استحکام‌زا و... را عموماً از صنایع پتروشیمی تأمین می‌کنند.

در این مقاله، مقالات و آثار مرتبط با این تحقیق در دودسته که عبارت‌اند از: زنجیره تأمین پایدار و زنجیره تأمین محصولات نساجی، موردمطالعه قرار گرفت که در ادامه به شرح این مقالات و نحوه‌ی عملکرد آنها پرداخته می‌شود.

باتوجه‌به اهمیت بسیار بالای زنجیره تأمین پایدار این موضوع در کسب‌وکارهای مختلف دنیا، مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. گل محمدی و همکاران [۷] به بهینه‌سازی مواردی همچون میزان تولید و موجودی انبارها، مکان‌یابی مناسب و یافتن بهترین مسیرها در سطح زنجیره تأمین پرداختند. در این تحقیق، زنجیره تأمین به‌گونه‌ای بود که محصولات پس از تولید به مراکز توزیع و سپس به شرکت‌ها منتقل شدند که در نهایت بنا بر موقعیت شرکت‌ها، بهترین مسیرها برای خودروها در جهت جابه‌جایی مواد برگزیده شد. به همین منظور، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط با نام الگوریتم سنجاقک چندهدفه برای حل این مدل توسعه داده شده است تا به طور هم‌زمان هزینه‌های زنجیره تأمین و آثار مخرب به محیط‌زیست را به حداقل رسد. آباکو و اودمیرها [۱۰] در ابتدا به بیان اهمیت روزافزون پایداری در عملیات مراقبت‌های بهداشتی و چالش‌های منحصربه‌فردی که بخش پزشکی در دستیابی به زنجیره‌های تأمین پایدار با آن مواجه است، پرداخت. در این تحقیق به مسائلی همچون کاهش تولید کربن و ضایعات، ایجاد مسئولیت‌پذیری اجتماعی در کارکنان و افزایش کارایی هزینه‌های صورت‌گرفته شده پرداخته شد. بلو و امبله [۵] معیارهای مؤثر در عملکرد زنجیره تأمین برنج در نیجریه شناسایی شد. سپس هر یک از این معیارها باتوجه‌به اهمیتشان اولویت‌بندی شدند تا مشخص شود که برای بهبود هر چه بیشتر زنجیره تأمین محصول مذکور باید به کدام یک از این معیارها توجه شود. اخیراً، حیدری و همکاران [۸] در حوزه کوددهی مناسب درختان با عناصر غذایی ضروری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در ارتقای کمی و کیفی محصولات باغی محسوب می‌شود، مطالعاتی انجام دادند. کارآمدترین راه برای کوددهی درختان، حفر سوراخ در اطراف تنه و پر کردن آنها با کود شیمیایی و آلی مناسب است. انجام این عملیات با روش‌های مکانیزه باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری نسبت به روش‌های سنتی می‌شود. بنابراین با استفاده از FAHP[1]، TOPSIS و فرایند شبکه تحلیلی، اولویت هر یک از روش‌های کوددهی برای درختان سیب در استان اصفهان در ایران تعیین شد. توانا و همکاران [۹] یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط دو هدفه را برای طراحی یک زنجیره تأمین دایره‌ای پایدار برای مدیریت ساخت، تولید مجدد و توزیع باتری‌های لیتیوم یونی وسایل نقلیه الکتریکی تحت عدم قطعیت با استفاده از اینترنت اشیا و داده‌های بزرگ توسعه دادند. مدل پیشنهادی به طور هم‌زمان هزینه‌های کل و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به حداقل رساند و از اینترنت اشیا برای بهبود عملکرد شبکه و ایجاد یک محیط قابل‌ردیابی و ایمن استفاده کرد. یک روش چندهدفه فازی مدل بهینه‌سازی دوهدفه را تحت عدم قطعیت حل کرد و یک الگوریتم شبیه‌سازی اثربخشی مدل پیشنهادی را از طریق مسائل شبیه‌سازی شده بررسی نمود. یانگ و وانگ [۱۱] به بررسی رابطه بین مدیریت زنجیره تأمین پایدار، پویایی مراکز توزیع و عملکرد اقتصادی شرکت‌ها پرداخته است. در این تحقیق از روش تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی استفاده شده است. در این تحقیق، داده‌ها از ۱۷۸ شرکت تولیدی چینی جمع‌آوری شد. یافته‌ها نشان دادند که شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین پایدار به طور قابل‌توجهی بر عملکرد اقتصادی و مراکز توزیع، تأثیر مثبتی می‌گذارد. نتایج نشان داد که مراکز توزیع تا حدی رابطه بین شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین پایدار و عملکرد اقتصادی شرکت‌ها را واسطه می‌کنند. مریدها و همکاران [۱۲] باهدف نشان‌دادن اثرات بهبود کیفیت سوخت‌های فسیلی با درنظرگرفتن انتشار کربن‌دی‌اکسید در یک مدیریت زنجیره تأمین پایدار ارائه شد. در این تحقیق مدلی ارائه شد که شامل یک تأمین‌کننده و یک تولیدکننده بود که محصولات خود را تولید و به چند خرده‌فروش می‌فروختند. ماگابله و همکاران [۱۳] به‌منظور تعیین تأمین‌کنندگان گندم برای کشور اردن ارائه شد. در این مقاله معیارهایی در نظر گرفته شد که در فرایند تصمیم‌گیری تأثیرگذار بودند. نتیجه نهایی این تحقیق اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس این معیارها و به روش FVIKOR بود. بهشت‌نیا و فتحی [۱۴] باهدف کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های زنجیره تأمین ارائه شده است. برای دستیابی به این هدف، برنامه‌ریزی یکپارچه در زمینه تولید و حمل‌ونقل ارائه و بهینه‌سازی شد. در این تحقیق و باتوجه‌به اهداف توسعه پایدار به‌ویژه در بعد اجتماعی که سازمان ملل متحد برای توسعه پایدار زنجیره تأمین‌های جهانی ارائه کرده است. لازم به ذکر است شبکه زنجیره تأمین متشکل از یک مرکز تولید اصلی، چندین تأمین‌کننده و خودروهای مختلف در ناوگان حمل‌ونقل در نظر گرفته شده است. گیلانی و همکاران [۲] باهدف مطالعه‌ی رابطه آب و انرژی در سیاست‌گذاری‌های کلان، یک مدل استوار چندهدفه برای طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار تولید انرژی زیستی ارائه دادند که از طریق فرایند هضم مشترک بی‌هوازی فاضلاب صورت گرفت. در این تحقیق، نتایجی حاصل شد که نشان می‌دهد احداث نیروگاه در دو استان اصفهان و گلستان می‌تواند در استفاده بهتر از منابع و مدیریت بهتر مشکلات ناشی از خشکسالی، مؤثر بود. کماسی و همکاران [۱] یک شبکه زنجیره تأمین پایدار با استفاده از تکنیک‌های ناب مدل‌سازی کردند. به همین منظور، یک مدل چندهدفه

[1] Fuzzy Analytical Hierarchy Process

غیرخطی عدد صحیح آمیخته ارائه شد. در این مقاله چندین تکنیک معرفی شدند که از آن‌ها برای دستیابی به یک شبکه زنجیره تأمین پایدار کمک گرفته شد. در نهایت، نتایجی حاصل شد که نشان می‌دهد پیاده‌سازی این تکنیک‌ها منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها و رسیدن به اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی می‌شود.

محسن‌زاده لداری و ارشدی خمسه [۲۲] یک مدل زنجیره تأمین سه سطحی شامل دو تولیدکننده، یک توزیع‌کننده و یک خرده‌فروش ارائه کرده‌اند. هر یک از تولیدکنندگان، کالایی مشابه اما با برندها و کیفیت‌های متفاوت تولید می‌کنند. هر تولیدکننده کانال توزیع مخصوص به خود را دارد، به‌طوری‌که خرده‌فروش می‌تواند به‌صورت انحصاری تنها محصولات یکی از تولیدکنندگان را عرضه کرده و در ازای خرید از توزیع‌کننده تخفیف دریافت کند (بازار انحصاری)، یا اینکه محصولات هر دو تولیدکننده را هم زمان عرضه کند (بازار غیرانحصاری). تصمیم‌گیری‌های مربوط به قیمت‌گذاری برای کالاهای جانشین با برندهای مختلف، در شرایط بازار انحصاری و غیرانحصاری توسعه‌یافته است.

در ادامه بخش به بررسی تحقیقاتی می‌پردازیم که در زمینه زنجیره تأمین محصولات نساجی بررسی شده است. ها و همکاران [۱۵] باهدف طراحی یک مدل چندمعیاره برای ارزیابی و انتخاب پایدارترین تأمین‌کنندگان در صنعت پوشاک و تلاش برای ایجاد تعادل در مجموعه معیارهای توسعه پایدار ارائه شد. این تحقیق با ادغام الگوریتم‌های سلسله‌مراتبی و تاپسیس به انتخاب پایدارترین تأمین‌کنندگان پرداخت. بطوریکه با استفاده از الگوریتم سلسله‌مراتبی تصمیم‌گیرندگان ابتدا با معیارهای تصمیم‌گیری درگیر شده و اهمیت هر یک را مشخص کردند و سپس به روش تاپسیس اولویت هر یک از تأمین‌کنندگان با محاسبه امتیازاتشان مشخص شد. لی و همکاران [۱۶] با بررسی مطالعات قبلی در زمینه‌ی زنجیره تأمین محصولات نساجی، موانع توسعه پایدار زنجیره تأمین محصولات نساجی در اقتصادهای نوظهور شناسایی شد و سپس با استفاده از روش DEMATEL[1] ترتیب مقابله با این موانع بر اساس اهمیت آنها اولویت‌بندی شد و در نهایت با کمک پارتو نتایج مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. اولویرو و همکاران [۱۷] یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار و ارزیابی آن را با استفاده از فرایند سلسله‌مراتبی و تکنیک تاپسیس ایجاد کرد. این مدل یک رویکرد در شرایط ریسک را ارائه داد که هم تکنیک‌های غیرجبرانی و هم تکنیک‌های جبرانی را برای ارزیابی پایداری اجتماعی تأمین‌کنندگان اجرا کرد. روش پیشنهادی در این تحقیق برای مطالعه موردی یک شرکت مد ایتالیایی با نام Benetton Group به کار گرفته شد. این روش اثربخشی خود را در ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس عملکرد اجتماعی آنها را نشان داد که ابزار مفیدی برای مدیران پایداری باشد. قابل‌ذکر است، این کار اولین روش را برای ارزیابی کمی پایداری اجتماعی در زنجیره‌های تأمین چندلایه در صنعت نساجی توسعه داد. دوهاله و همکاران [۱۸] باهدف اجرای پایداری در زنجیره تأمین محصولات نساجی در ایالات متحده ارائه شد. در این تحقیق معیارهای تصمیم‌گیری مختلفی در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است تا یک زنجیره تأمین پایدار در بهینه‌ترین حالت آن پیشنهاد شود. بنابراین از VAHP[2] برای این منظور استفاده شد. لازم به ذکر است که هدف اصلی این تحقیق به‌حداقل‌رساندن انتشار گاز دی‌اکسیدکربن بوده است. ونوگوپال و همکاران [۱۹] انتخاب تأمین‌کنندگان صنعت نساجی در هند اولویت‌بندی شدند تا به تصمیم‌گیرندگان کمک کند بهترین گزینه‌ها را انتخاب کنند. برای این کار از سلسله‌مراتبی فازی و تاپسیس فازی استفاده شد. فادارا و وونگ [۲۰] باتوجه‌به مقیاس قابل‌توجه صنعت نساجی که منجر به افزایش نگرانی جهانی در مورد پایداری این بخش شده است انجام شد. این تحقیق باهدف بررسی معیارهای پایداری برای ارزیابی انتخاب محصولات نساجی پایدار انجام شد. بنابراین، با استفاده از مطالعه موردی صنعت نساجی در نیجریه، این مقاله یک سیستم پشتیبانی تصمیم فازی برای تجزیه‌وتحلیل انتخاب محصولات نساجی پایدار در صنعت نساجی این کشور ارائه داد. این مطالعه از یک روش FBWM[3] برای محاسبه وزن هر معیار استفاده کرد و از طرفی یک سیستم استنتاج فازی را برای انتخاب بهترین محصول به کاربرد. چاودهری و همکاران [۲۱] به چالش‌هایی پرداختند که صنعت نساجی در اتخاذ SWMS[4] به‌ویژه در زمینه اقتصاد در حال ظهور با آن مواجه است. برای شناسایی سیستماتیک چالش‌های مهم و تحلیل استراتژی‌ها برای رسیدگی به این چالش‌ها، یک چارچوب تحقیقاتی با استفاده از یک رویکرد ترکیبی، یعنی فرایند شبکه تحلیلی خاکستری، توسعه داده شد. این مطالعه از مطالعه موردی صنعت نساجی در بنگلادش برای تأیید اثربخشی چارچوب استفاده کرد. یافته‌ها حاکی از آن است که نظارت و کنترل کارآمد بازیافت زباله حیاتی‌ترین گام در اتخاذ SWMS است. این مطالعه بینش دقیق

[1] Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory

[2] Voting Analytical Hierarchy Process
[3] Fuzzy Best Worst Method
[4] Smart Waste Management Systems

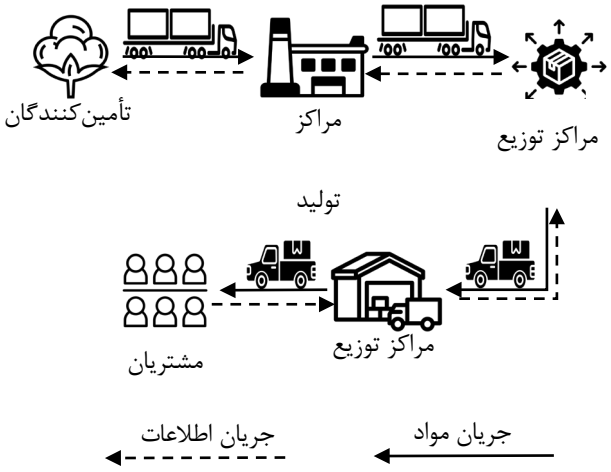
و مقایسه‌ای را در مورد چارچوب اجرای SWMS در صنعت نساجی ارائه داد. علاوه بر این، این تحقیق اولین تحقیقی است که یک رویکرد تصمیم‌گیری تحلیلی را برای ترسیم چالش‌ها و استراتژی‌ها در اجرای SWMS انجام داد. نتایج مطالعه برای دست‌اندرکاران صنعت مفید بود تا از نظارت و کنترل کارآمد بازیافت زباله اطمینان حاصل کنند و به صنعت کمک کند به سمت یک اقتصاد دایره‌ای پایدار حرکت کند.

بررسی‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که مطالعات صورت‌گرفته برای اهمیت‌سنجی شاخص‌های پایداری در شبکه زنجیره تأمین چندمحصولی صنایع نساجی به‌صورت هم‌زمان نپرداخته است. از سوی دیگر باتوجه‌به پتانسیل بالای کشور ایران در صنعت نساجی، مطالعاتی در این حوزه و با درنظرگرفتن ارکان پایداری و صادرات محصول به کشورهای همسایه صورت نگرفته است. در نهایت می‌توان گفت هیچ تحقیقی یافت نشد که یک شبکه زنجیره تأمین را از یک مطالعه‌ی موردی واقعی در کشور ایران، برای چندین نوع محصول مدل‌سازی و بهینه‌سازی کرده باشد و در مرحله‌ی نهایی شاخص‌های پایداری را اهمیت‌سنجی کند. برای پوشش شکاف‌های تحقیقاتی ذکر شده، مطالعه حاضر چارچوب تصمیم‌گیری جامعی را برای بررسی مشکل طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار محصولات نساجی در ایران پیشنهاد می‌کند. به‌طورکلی، این مطالعه اولین مطالعه‌ای است که به طراحی شبکه زنجیره تأمین نساجی در ایران می‌پردازد. باتوجه‌به اهمیت بالای صنعت نساجی و سودآوری بالای این صنعت، برای اولین‌بار به بهینه‌سازی و ارزیابی شاخص‌های پایداری در زنجیره تأمین محصولات نساجی برای چندین محصول پرداخته شده است. در این راستا، پس از مدل‌سازی و بهینه‌سازی طرح پیشنهادی، شاخص‌های پایداری را شناسایی و وزن هر شاخص را با استفاده از روش سوارا محاسبه می‌کنیم.

۳- روش تحقیق

در این بخش، به بیان مسئله، توضیحات در مورد چگونگی ارزیابی داده‌ها، تعریف شاخص‌های تصمیم‌گیری و منطق ارائه آن‌ها، بیان روش به‌کارگرفته‌شده در این تحقیق و چگونگی اهمیت‌سنجی و اولویت‌بندی شاخص‌های تصمیم‌گیری پرداخته می‌شود.

این مقاله بر روی زنجیره تأمین محصولات نساجی تمرکز دارد که شامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، مراکز توزیع مرکزی و منطقه‌ای و مشتریان است (شکل ۱). مواد در این شبکه به‌گونه‌ای در جریان است که در ابتدا؛ مواد اولیه از تأمین‌کنندگان خریداری و به کارخانجات منتقل می‌شوند. در کارخانجات با انجام عملیات تولید محصولاتی تولید می‌شود که سه نوع نخ باضخامت و کاربرد متفاوت در صنعت پوشاک (نخ نوع ۳ و ۱) و صنعت فرش (نخ نوع ۲) است و دوره تولید برای هر یک از آنها نیز متفاوت است. بعد از اتمام فرایند تولید در کارخانجات، محصولات نهایی به مراکز توزیع مرکزی و منطقه‌ای که بر حسب تقاضا در نقاط مختلف در سراسر ایران مستقر هستند منتقل می‌شوند تا جایگاهی برای تحویل محصولات نهایی به مشتریان باشند. لازم به ذکر است مراکز توزیع مرکزی، رابط بین کارخانه‌ها و مراکز توزیع منطقه‌ای هستند و مراکز توزیع منطقه‌ای تنها مکان‌هایی برای تحویل محصولات نهایی به مشتریان هستند.



شکل (۱): ساختار زنجیره تأمین محصولات نساجی

این پژوهش، در نظر دارد تا یک طرح شبکه زنجیره تأمین پایدار محصولات نساجی در کشور ایران مدل‌سازی شود. بنابراین، از داده‌هایی که طی مطالعه میدانی به‌دست‌آمده‌اند و برای مدل‌سازی لازم است، همچون هزینه‌هایی مبنی بر تأمین مواد اولیه، هزینه‌های ترابری و جابه‌جایی مواد و محصولات، هزینه‌های جاری ماهیانه همچون دستمزد کارکنان، هزینه‌های انرژی و... استفاده شد تا مدل‌سازی و سپس بهینه‌سازی مدل در بستر نرم‌افزار anyLogistix انجام شود. پس از آن با استفاده از نتایج حاصل از بهینه‌سازی طرح مذکور، نظرات خبرگان و اطلاعات برآورد شده از مطالعه تحقیقات مرتبط پیشین، یک سری شاخص‌های تصمیم‌گیری در حوزه پایداری معرفی گردید و در نهایت با مشورت خبرگان، به بررسی اهمیت هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شد. منطق در این تحقیق این است که بر حسب نقاط ضعف و قوت موجود در مطالعه موردی در نظر گرفته شده، به این مسئله پرداخته شود که کدام‌یک از شاخص‌ها، اولویت بالاتری در اعمال و تقویت در شبکه زنجیره تأمین و تصمیم‌گیری‌های کلان را به خود اختصاص می‌دهند و کدام‌یک از این شاخص‌ها در ردیف‌های بعدی این صف قرار دارند.

۳-۱- شاخص‌های تصمیم‌گیری

باتوجه‌به مطالعات انجام‌شده در حوزه‌های مرتبط با زنجیره تأمین پایدار در صنعت نساجی، و با بهره‌گیری از تجارب و دیدگاه‌های خبرگان فعال در این حوزه و صنایع وابسته، تلاش شد تا تصویری جامع از وضعیت موجود ترسیم گردد. برای این منظور، فرایند تحقیق شامل بررسی اسناد علمی و صنعتی، مطالعات میدانی، مصاحبه با متخصصان، و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از فعالیت‌های اجرایی در صنعت نساجی بود. در گام نخست، وضعیت موجود زنجیره تأمین در مطالعه موردی انتخاب‌شده از منظر سه بعد اصلی توسعه پایدار ـــ اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ـــ موردبررسی قرار گرفت. هدف از این بررسی، شناسایی شکاف‌های دانشی و اجرایی، همچنین ناحیه‌هایی بود که در آن‌ها یا تحقیقاتی انجام نشده یا اطلاعات کافی برای تحلیل کامل وجود نداشت. این امر به‌ویژه در بخش‌هایی چون مدیریت پسماند، بهره‌وری انرژی، مسئولیت‌پذیری اجتماعی در قبال کارکنان، و پایداری اقتصادی در زنجیره تأمین مشاهده شد. در ادامه، مجموعه‌ای از شاخص‌های مرتبط با توسعه پایدار با درنظرگرفتن شرایط بومی و صنعتی تدوین گردید تا بتوان با استفاده از آن‌ها، ابعاد مختلف پایداری در زنجیره تأمین صنایع نساجی را به صورت جامع ارزیابی کرد. این شاخص‌ها علاوه بر شناسایی نقاط ضعف و قوت، امکان تحلیل ساختاری‌تر از عملکرد زنجیره تأمین را نیز فراهم می‌سازند. نتایج به‌دست‌آمده از این ارزیابی، به‌عنوان مبنایی برای بازنگری طرح پیشنهادی به کار گرفته شد و پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد در بخش های مختلف ارائه گردید؛ ازجمله پیشنهادهایی در حوزه کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی، افزایش کارایی عملیاتی، ارتقای کیفیت ارتباطات بین اعضای زنجیره، و بهبود مسئولیت پذیری اجتماعی. شایان ذکر است، معیارهای انتخاب خبرگان برای مشاوره و بررسی‌های کیفی، شامل داشتن سابقه کاری یا پژوهشی قابل‌توجه در صنعت نساجی یا صنایع مرتبط، همچنین آشنایی با مفاهیم زنجیره تأمین پایدار و مدیریت ریسک در این حوزه بود. علاوه بر این، مطالعات پیشینی که به‌عنوان منابع پایه بررسی شدند، به‌گونه‌ای انتخاب شدند که یا مستقیماً به صنعت نساجی مربوط بودند، یا در ارتباط با زنجیره تأمین محصولات مشابه از نظر ساختار و پیچیدگی، قابل‌استفاده محسوب می‌شدند. در مجموع، این رویکرد تلفیقی از تحلیل نظری، مطالعات میدانی، و مشورت با خبرگان، بستری مناسب برای طراحی و ارزیابی یک طرح پیشنهادی منسجم و کاربردی در راستای توسعه پایدار زنجیره تأمین صنعت نساجی فراهم ساخت. در ادامه، هر یک از این شاخص‌های پایداری که بنا بر توضیحات قبل با بررسی تحقیقات پیشین که مرتبط با موضوع موردمطالعه در این تحقیق هستند، مشورت با خبرگان و پرسش از آن‌ها و همچنین مطالعات میدانی و برآورد اطلاعات موجود به‌دست‌آمده‌اند معرفی می‌گردند و توضیحاتی نیز در مورد ماهیت و نحوه محاسبه برخی از آن‌ها، واحدهای اندازه‌گیری آن‌ها و اطلاعات دیگر ارائه می‌گردد که همگی در جدول (۱) قابل‌مشاهده است:

جدول (۱): شاخص‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق

شاخص‌های تصمیم‌گیری	توضیحات	واحد	مرجع
سود	سود حاصل از پیاده‌سازی طرح پیشنهادی زنجیره تأمین در دوره‌ی بیست و پنج‌ساله که حاصل تفاضل درآمدها و هزینه‌ها است.	دلار	[23]
زمان تدارک	مدت زمانی است که طول می‌کشد تا پس از ثبت سفارش توسط مشتریان، محصول به آنها برسد.	ساعت	[24]
سطح سرویس	توانایی سازمان‌ها در برآورده‌کردن نیاز مشتریان است که معمولاً طبق نسبت تقاضای برآورده شده به کل تقاضا محاسبه می‌شود.	-	[25]
فرصت شغلی	نشان‌دهنده امکان استخدام صنعت موردبررسی در طرح پیشنهادی است که با مشورت کارشناسان می‌توان به آن دست‌یافت.	-	[23]
ایمنی کارکنان	سطح ایمنی نیروی کار در کارخانه‌ها را نشان می‌دهد.	-	[24]
آلودگی آب	میزان تولید پسماندهای صنعتی را نشان می‌دهد که با آب‌های طبیعی (زیرزمینی یا رودخانه‌ای) ترکیب شده و در نهایت منجر به آلودگی آب می‌شود.	کیلوگرم	[25]
انتشار گازهای گلخانه‌ای	باتوجه‌به میزان جریان مواد و برآورد تعداد وسایل نقلیه برای جابه‌جایی مواد و میزان آلودگی این خودروها و تولید گاز دی‌اکسیدکربن، شاخصی در نظر گرفته شده است که مجموع تولید گاز دی‌اکسیدکربن در تمام مدت دوره مدل‌سازی را نشان می‌دهد.	کیلوگرم	[26]
مصرف برق	مقدار برق مصرفی کارخانه‌ها در طول دوره مدل‌سازی است.	کیلووات ساعت	[27]

۳-۲- روش‌شناسی

در این بخش، فرایند انجام تحقیق به‌صورت گام‌به‌گام تشریح می‌گردد. هدف از این بخش، ارائه‌ی تصویری شفاف از مراحل علمی طی شده برای طراحی، مدل سازی، تحلیل و ارزیابی زنجیره تأمین صنعت نساجی با رویکرد توسعه پایدار است. در گام نخست، باتوجه‌به اهداف پژوهش و شرایط منطقه‌ای، یک مطالعه موردی در صنعت نساجی تعریف شد. بر اساس بررسی‌های اولیه، طرحی برای طراحی زنجیره تأمین منطقه ای محصولات نساجی با محوریت کشور ایران پیشنهاد گردید. انتخاب این کشور با درنظرگرفتن عواملی چون ظرفیت تولیدی، سطح تقاضا، روابط تجاری، دسترسی به بازارهای منطقه‌ای و اشتراکات فرهنگی و لجستیکی صورت‌گرفته است. در مرحله دوم، طرح پیشنهادی زنجیره تأمین در بستر نرم‌افزار تخصصی anyLogistixمدل‌سازی و بهینه‌سازی شد. این نرم‌افزار یکی از ابزارهای شناخته شده در حوزه تحلیل زنجیره تأمین است که قابلیت‌های گسترده‌ای در زمینه شبیه‌سازی، بهینه‌سازی شبکه، طراحی ساختارهای لجستیکی و ارزیابی عملکرد در شرایط مختلف را فراهم می‌آورد. داده‌های موردنیاز برای مدل‌سازی از طریق مطالعات میدانی، مصاحبه‌های ساختاریافته با خبرگان صنعت نساجی، تحلیل اسناد موجود، و همچنین پایگاه‌های آماری داخلی و بین‌المللی گردآوری گردید. در مرحله سوم، پس از اجرای مدل بهینه‌سازی و استخراج نتایج، ارزیابی شاخص های پایداری در زنجیره تأمین مدنظر قرار گرفت. شاخص هایی که در این تحقیق برای ارزیابی پایداری انتخاب شده‌اند، بر مبنای سه بعد اصلی توسعه پایدار ـــ اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ـــ تدوین و از منابع علمی معتبر و همچنین نظرات خبرگان اقتباس شده‌اند. برای تعیین میزان اهمیت و وزن هر یک از این شاخص‌ها، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SWARAاستفاده شد. این روش، یکی از روش‌های نوین و پرکاربرد در تحلیل تصمیم گیری گروهی است که بر پایه قضاوت متخصصان، وزن شاخص‌ها را به‌صورت گام‌به‌گام تعیین می‌کند و اولویت‌های نسبی را در شرایط واقعی بهتر نمایان می‌سازد. در نهایت، در این تحقیق تلاش شد با تحلیل نتایج حاصل از مدل سازی و وزن‌دهی شاخص‌ها، نقاط قوت و ضعف طرح پیشنهادی شناسایی شده و راهکارهایی به‌منظور بهبود عملکرد زنجیره تأمین ارائه گردد. همچنین، در طول فرایند تحقیق، مزایا و دلایل استفاده از ابزارهای مختلف (نظیر نرم افزار anyLogistix، روش SWARA و رویکردهای میدانی) به دقت بررسی شد تا اطمینان حاصل شود که انتخاب این ابزارها با منطق علمی و باهدف دستیابی به نتایجی دقیق و قابل‌اتکا صورت‌گرفته است.

۳-۳- مدل‌سازی

به‌منظور مدل‌سازی طرح پیشنهادی، از نرم‌افزار anyLogistix استفاده شده است. از مزایای این نرم‌افزار این است که مسیرها را به‌صورت واقعی نشان می‌دهد، توانایی بالایی در مدل‌سازی مراحل زنجیره تأمین از تأمین مواد اولیه تا تحویل محصول نهایی به مشتریان را دارد، از توانایی ایجاد وسایل نقلیه مختلف با ویژگی‌های مختلف همچون سرعت متوسط، ظرفیت بارگیری و... و توانایی تعریف نمودار شکست محصول BOM[1] برخوردار است و همه قابلیت‌های دیگری که به داشتن مدلی شبیه‌تر به دنیای واقعی کمک می‌کند. در این قسمت نقاط تقاضا و محل تأسیسات زنجیره تأمین برای هر پروژه بر روی نقشه مشخص می‌شود. سپس مقدار تقاضای ماهانه برای هر نقطه تعیین می‌شود. در ادامه، هزینه‌های تأسیسات، مانند هزینه‌های نگهداری و سایر هزینه‌ها تعریف می‌شود. در مرحله بعد هزینه‌های حمل‌ونقل وسایل نقلیه در هر یک از مسیرهای بین تأسیسات و مشتریان مشخص می‌شود. سپس دوره‌های زمانی تولید محصولات مختلف تعریف شده و در نهایت با تعیین هزینه‌های تولید و قیمت نهایی فروش هر محصول، مدل‌سازی به پایان می‌رسد.

۳-۳- تحلیل نتایج حاصل از مدل‌سازی و ارزیابی شاخص‌ها

در این بخش، نتایج به‌دست‌آمده از فرایند مدل‌سازی و بهینه‌سازی زنجیره تأمین پیشنهادی ارائه می‌شود. این نتایج بر اساس اطلاعات برآوردشده و شاخص‌های از پیش تعریف‌شده تصمیم‌گیری، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته اند. هدف از این تحلیل، بررسی عملکرد طرح پیشنهادی در برابر هر یک از شاخص های کلیدی توسعه پایدار و تعیین میزان انطباق آن با اهداف تعریف شده در سطوح اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است.

به منظور ارزیابی دقیق، مقادیر عددی مربوط به هر یک از شاخص‌ها از سه منبع اصلی استخراج شده‌اند:

خروجی‌های مستقیم نرم‌افزارanyLogistix : بخشی از امتیازات شاخص‌ها به طور مستقیم از نتایج بهینه‌سازی مدل در محیط نرم‌افزار anyLogistix استخراج شده‌اند. این نرم‌افزار با تحلیل شبکه

[1] Bill of Material

زنجیره تأمین، امکان محاسبه پارامترهایی مانند هزینه کل، زمان تحویل، سطح خدمت، میزان موجودی و ظرفیت های لجستیکی را فراهم می‌سازد.

محاسبات تکمیلی بر اساس خروجی های مدل: بخشی دیگر از مقادیر شاخص ها با استفاده از روابط ریاضی و فرمول های تحلیلی بر پایه خروجی‌های اولیه نرم‌افزار محاسبه شده‌اند. این تحلیل‌ها باهدف ایجاد ارتباط میان متغیرهای مدل و شاخص های ارزیابی توسعه پایدار انجام‌گرفته و به درک دقیق‌تر اثرات تصمیمات مدل کمک می‌کنند.

نظرات تخصصی خبرگان: در مواردی که شاخص ها ماهیت کیفی یا ترکیبی داشته‌اند و یا به اطلاعات زمینه‌ای و تجربی نیاز بوده است، از نظرات جمعی خبرگان بهره گرفته شده است. به این منظور، فرایند نظرسنجی در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول، از خبرگان خواسته شد تا ارزیابی خود را نسبت به هریک از شاخص ها به صورت کیفی و توصیفی بیان کنند. در مرحله دوم، این داده های کیفی با بهره‌گیری از روش‌های استاندارد کمی‌سازی ـــ از جمله استفاده از طیف های لیکرت و تبدیل مقادیر زبانی به اعداد فازی یا امتیازدهی ترتیبی ـــ به مقادیر عددی قابل تحلیل تبدیل شدند. در ادامه، نتایج به‌دست‌آمده برای هر یک از شاخص‌ها به تفکیک ارائه می‌گردد و نحوه عملکرد طرح پیشنهادی در مواجهه با هر بعد از توسعه پایدار به‌صورت تحلیلی موردبررسی قرار می‌گیرد. همچنین، فرایند تبدیل نظرات کیفی به داده‌های کمی و معیارهای به‌کاررفته برای اعتبارسنجی و وزن‌دهی این نظرات، به‌تفصیل توضیح داده خواهد شد تا شفافیت لازم در فرایند تصمیم‌گیری حفظ شود. در ادامه و در جدول (۲) نتایج عددی حاصل از مدل‌سازی و بهینه‌سازی طرح پیشنهادی زنجیره تأمین پایدار محصولات نساجی در بستر نرم‌افزار anyLogistix قابل‌مشاهده می‌باشد:

جدول (۲): یافته‌های پژوهش

شاخص‌های تصمیم‌گیری	یافته‌های عددی
سود	۴۴۷۷۸۴۸۳۴۴
زمان تدارک	۳/۴۹
سطح سرویس	۰/۴۱
فرصت شغلی	۹
ایمنی کارکنان	۶
آلودگی آب	۲۹۲۵۷
انتشار گازهای گلخانه‌ای	۲۴۳۵۶
مصرف برق	۲۶۴۴۷۳۱۶

۳-۴- وزن‌دهی شاخص‌های پایداری به روش سوآرا

در این تحقیق، به‌منظور تعیین میزان اهمیت و اولویت هر یک از شاخص های پایداری معرفی‌شده، نیاز بود تا وزن هر شاخص بر اساس سطح تأثیرگذاری آن در تصمیم گیری مشخص گردد. تعیین وزن شاخص ها نقش کلیدی در ارزیابی عملکرد گزینه ها و سنجش میزان تحقق اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین دارد؛ زیرا تمامی شاخص‌ها از اهمیت یکسان برخوردار نیستند و برخی از آن‌ها تأثیر بیشتری بر نتایج نهایی خواهند داشت.

برای این منظور، از روش **SWARA** جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها استفاده شد. این روش، یکی از رویکردهای نوین و کارآمد در حوزه تصمیم‌گیری است که به‌ویژه در محیط‌هایی که قضاوت‌های انسانی و تخصصی نقش پررنگی دارند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. **SWARA** این امکان را فراهم می‌سازد تا دیدگاه‌های خبرگان به شکل ساختاریافته وارد فرایند وزن‌دهی شود، به‌گونه‌ای که وزن نهایی هر شاخص حاصل ترکیب منطقی نظرات تخصصی افراد باتجربه در حوزه ی موردبررسی خواهد بود. برای اجرای این مرحله، ابتدا از سه نفر از خبرگان فعال در صنعت نساجی ـــ که دارای تجربه مستقیم در زمینه پایداری زنجیره تأمین، مدیریت عملیات، یا طراحی سیستم های صنعتی بودند ـــ دعوت به همکاری شد. معیار انتخاب این افراد، علاوه بر تخصص و سابقه کاری مرتبط، آشنایی کامل آن‌ها با مفاهیم توسعه پایدار در صنایع تولیدی بود. در گام نخست، از این خبرگان خواسته شد تا اهمیت نسبی هر یک از شاخص های پایداری (در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) را به‌صورت کیفی ارزیابی کنند. این ارزیابی به صورت توصیفی و در قالب عباراتی مانند «خیلی زیاد»، «زیاد»، «متوسط»، و... صورت گرفت تا فرایند نظردهی برای خبرگان ساده و منعطف باشد. سپس، این نظرات کیفی با استفاده از طیف‌های استاندارد و مقیاس‌های ترجمه‌شده به داده‌های عددی تبدیل شد تا امکان پردازش در چارچوب روش **SWARA** فراهم گردد. جدول (۳) خلاصه ای از این ارزیابی های اولیه را ارائه می‌دهد. پس از آن، با استفاده از فرمول‌ها و مراحل روش **SWARA**، مقادیر عددی مربوط به هر شاخص به‌صورت گام‌به‌گام تحلیل شد و وزن نهایی آن‌ها به دست آمد. این اوزان، مبنای رتبه‌بندی شاخص‌ها و تحلیل نهایی عملکرد زنجیره تأمین در مراحل بعدی تحقیق قرار گرفتند.

جدول (۳): نظر خبرگان در مورد اهمیت هر شاخص

شاخص‌های پایداری	خبره اول	خبره دوم	خبره سوم
سود	خیلی زیاد	زیاد	خیلی زیاد
زمان تدارک	متوسط	کم	متوسط
سطح سرویس	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
فرصت شغلی	کم	زیاد	خیلی کم
ایمنی کارکنان	متوسط	زیاد	متوسط
آلودگی آب	کم	کم	خیلی کم
انتشار گازهای گلخانه‌ای	خیلی کم	خیلی کم	کم
مصرف برق	کم	خیلی کم	خیلی کم

در ادامه فرایند ارزیابی، نظرات کیفی ارائه‌شده توسط خبرگان صنعت که در مرحله پیشین گردآوری شده بود با استفاده از طیف های ترکیبی کمی و کیفی به مقادیر عددی قابل‌تحلیل تبدیل شد. به‌منظور این تبدیل، از مقیاس‌های رتبه‌بندی استاندارد بهره گرفته شد که امکان ترجمه مفاهیم کیفی مانند "اهمیت زیاد"، "متوسط"، یا "کم" را به اعداد فازی یا ترتیبی فراهم می سازد. این مرحله از اهمیت بالایی برخوردار است، چراکه به محقق اجازه می دهد قضاوت‌های انسانی را به صورتی عینی و قابل‌پردازش وارد مدل تصمیم‌گیری کند. پس از کمی‌سازی داده‌ها، فرایند تلفیق نظرات خبرگان انجام شد تا به یک دیدگاه جمعی و اجماعی درباره اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌های پایداری دست‌یافته شود. در این مرحله، از میانگین‌گیری وزنی یا روش‌های اجماع‌سازی مناسب استفاده شد تا ضمن حفظ تفاوت‌های احتمالی در نظرات، یک نمای کلی و یکپارچه از اولویت‌ها استخراج گردد. در گام بعد، مجموعه داده‌های حاصل‌شده وارد فرایند وزن‌دهی به روش SWARA شد. این روش، با درنظرگرفتن اولویت‌های نسبی خبرگان و مقایسه گام‌به‌گام میان شاخص ها، وزن نهایی هر شاخص را محاسبه می نماید. خروجی این فرایند، جدولی از وزن های نهایی است که نشان دهنده میزان اهمیت هر شاخص در ارزیابی کلی پایداری زنجیره تأمین می باشد. هر چه وزن یک شاخص بالاتر باشد، اولویت پرداختن به آن در طراحی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بیشتر است .در نهایت، نتایج حاصل از اجرای کامل فرایند وزن دهی به روش SWARA در جدول (۴) ارائه شده است. این جدول شامل نام شاخص ها، امتیازهای نسبی هر یک، ضریب اولویت و وزن نهایی آن‌ها است. تحلیل این نتایج به تصمیم گیرندگان کمک می کند تا منابع، توجه و اصلاحات مدیریتی خود را به سمت شاخص‌هایی بااهمیت بالاتر هدایت کنند و به‌این‌ترتیب، طراحی زنجیره تأمین با رویکردی واقع‌گرایانه‌تر و منطبق با اصول توسعه پایدار انجام گیرد.

جدول (۴): وزن نهایی شاخص‌های تصمیم‌گیری

شاخص‌های تصمیم‌گیری	وزن نهایی
سود	۰/۱۵۵۳
زمان تدارک	۰/۱۴۷۹
سطح سرویس	۰/۱۳۴۴
فرصت شغلی	۰/۱۲۸۰
ایمنی کارکنان	۰/۱۲۱۹
آلودگی آب	۰/۱۱۰۹
انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰/۱۰۵۶
مصرف برق	۰/۰۹۶۰

۳-۵- تحلیل نتایج وزن دهی شاخص ها و پیشنهادهای کاربردی برای صنعت

باتوجه‌به نتایج ارائه‌شده در جدول (۴)، می توان دریافت که در میان شاخص های بررسی‌شده در چارچوب توسعه پایدار، سود به‌عنوان یکی از ارکان اصلی بُعد اقتصادی، از بالاترین درجه اهمیت برخوردار است. این یافته کاملاً منطبق با واقعیت های اقتصادی صنایع تولیدی است؛ چراکه سودآوری، به‌عنوان مهم‌ترین شاخص عملکرد مالی، همواره یکی از اهداف اساسی تمامی بنگاه های صنعتی و تجاری به شمار می‌آید. دستیابی به سود بیشتر نه‌تنها بقای مالی سازمان را تضمین می کند، بلکه امکان سرمایه‌گذاری مجدد، توسعه خطوط تولید، ارتقای فناوری و رقابت‌پذیری را نیز فراهم می‌سازد .در اولویت دوم، شاخص زمان تأمین یا زمان تدارک قرار دارد. این شاخص نیز از منظر عملیاتی اهمیت بالایی دارد، زیرا کاهش زمان تأمین کالا یا خدمت به صورت مستقیم موجب افزایش رضایتمندی مشتری، افزایش چابکی زنجیره تأمین و کاهش هزینه‌های ناشی از نگه‌داری موجودی می‌شود. در محیط های رقابتی امروز، توانایی پاسخ‌گویی سریع به نیاز بازار، یکی از مؤلفه های کلیدی موفقیت سازمان ها محسوب می‌شود. سطح سرویس، به‌عنوان سومین شاخص مهم، منعکس کننده توانمندی تولیدکنندگان در پاسخ گویی به تقاضای بازار است. این شاخص، در واقع مکمل سودآوری محسوب می شود، چراکه پاسخ مؤثر به نیازهای مشتریان نه‌تنها موجب افزایش فروش، بلکه موجب ارتقای جایگاه برند و تثبیت موقعیت رقابتی در بازار نیز می گردد. بدیهی است که افزایش سطح سرویس بدون برنامه ریزی مناسب، می تواند منجر به افزایش هزینه‌ها شود؛ اما با طراحی صحیح

زنجیره تأمین، این هدف می‌تواند با حداقل منابع تحقق یابد. از سوی دیگر، شاخص‌هایی همچون ایمنی کارکنان، مصرف برق، انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی آب و ایجاد فرصت‌های شغلی نیز گرچه در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند، اما نقش آن‌ها در تحقق اهداف توسعه پایدار به‌هیچ‌وجه قابل‌چشم‌پوشی نیست. کاهش اثرات زیست محیطی و ارتقای شرایط اجتماعی، در بلندمدت موجب افزایش مقبولیت اجتماعی سازمان، کاهش ریسک‌های حقوقی و زیست‌محیطی و در نتیجه پایداری بلندمدت کسب‌وکار خواهد شد. براین‌اساس، پیشنهاد می‌شود فعالان حوزه صنعت، به‌ویژه در بخش صنایع نساجی، در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و استراتژیک خود، تقویت شاخص‌های اولویت‌دار همچون سود، زمان تدارک و سطح سرویس را در اولویت قرار دهند. بااین‌حال، نباید از توجه به شاخص‌های زیست‌محیطی و اجتماعی غفلت کرد، چراکه تعادل میان سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، شرط لازم برای پایداری واقعی و قابل اتکای زنجیره تأمین است.

۴- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

این پژوهش باهدف طراحی و تحلیل یک مدل زنجیره تأمین پایدار برای صنعت نساجی ایران، با بهره‌گیری از نرم‌افزار تخصصی AnyLogistix انجام شد. فرایند تحقیق شامل جمع‌آوری داده‌ها از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی پیشینه پژوهش، مشاوره با خبرگان فعال در صنعت نساجی و همچنین مطالعات میدانی در مناطق هدف بود. پس از تحلیل شرایط موجود و شناسایی نقاط قوت و ضعف زنجیره تأمین نساجی در کشور، مجموعه‌ای از شاخص‌های کلیدی پایداری در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تعریف گردید. برای اولویت‌بندی این شاخص‌ها، از روش وزن‌دهی SWARA استفاده شد تا اهمیت نسبی هر شاخص از دیدگاه خبرگان تعیین شود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که سودآوری، زمان تأمین و سطح سرویس‌دهی به مشتریان از مهم‌ترین شاخص‌های پایداری در صنعت نساجی محسوب می‌شوند و باید در اولویت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی قرار گیرند. در مقابل، شاخص‌هایی مانند مصرف انرژی، ایمنی کارکنان، آلودگی زیست‌محیطی و ایجاد اشتغال نیز گرچه از اهمیت برخوردارند، اما در اولویت های بعدی قرار گرفتند و نیازمند سیاست‌گذاری حمایتی در بلندمدت هستند.

باتوجه به سودآور بودن صنعت نساجی، مدیران و سرمایه‌گذاران باید با آگاهی کامل از پیچیدگی ها، نیازهای فناورانه، الزامات بازار و تغییرات سریع سلیقه مصرف کننده وارد این صنعت شوند. ورود غیرتخصصی بدون شناخت عمیق از بازار، منجر به ریسک‌های بالا و اتلاف منابع خواهد شد، باتوجه‌به کاهش کشت پنبه در کشور، یکی از چالش های اساسی در زنجیره تأمین نساجی، عدم اطمینان در دسترسی به مواد اولیه است. مدیران باید سیاست هایی برای تنوع‌بخشی منابع تأمین، حمایت از کشت داخلی و انعقاد قراردادهای بلندمدت با تأمین کنندگان خارجی تدوین کنند تا پایداری زنجیره تأمین تضمین شود، در فرایند تصمیم‌سازی مبتنی بر مدل‌های بهینه‌سازی، مدیران باید سعی کنند تا مدل‌های مورداستفاده را به‌گونه‌ای طراحی کنند که تمام مفروضات، محدودیت‌ها و ویژگی‌های بومی بازار و عملیات، در آن لحاظ شده باشد. این امر باعث می‌شود که نتایج مدل قابلیت اجرایی بالاتری داشته و ریسک تصمیمات استراتژیک کاهش یابد، اگرچه تمرکز بر سود و کارایی عملیاتی در اولویت است، اما غفلت از جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی می‌تواند در بلندمدت منجر به هزینه‌های جبران‌ناپذیری از منظر شهرت برند، مسائل قانونی یا فشارهای اجتماعی گردد. ازاین‌رو، مدیران باید رویکردی یکپارچه و متوازن در مدیریت زنجیره تأمین پایدار اتخاذ کنند.

این مطالعه نشان می‌دهد که پیاده‌سازی یک زنجیره تأمین پایدار در صنعت نساجی ایران، نه‌تنها امکان‌پذیر بلکه ضروری است. با بهره‌گیری از ابزارهای تصمیم‌گیری کمّی و درنظرگرفتن دیدگاه‌های کارشناسی، مدیران می‌توانند برنامه‌هایی طراحی کنند که هم‌زمان به افزایش بهره‌وری اقتصادی، کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و ارتقای شرایط اجتماعی منجر شود. در نهایت، دستیابی به توسعه پایدار در صنایع نساجی مستلزم همگرایی سیاست‌گذاری، نوآوری مدیریتی و رویکردی داده‌محور در طراحی زنجیره‌های تأمین است.

۵- مراجع

[1] کماسی, میرزاپور آل هاشم ,سید محمدجواد, ‘طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار با بکارگیری اصول ناب’, مدیریت زنجیره تأمین , vol. 22, no. 69, pp. 101–116, 2021.

[2] گیلانی, هانی ,صاحبی, ‘زنجیره تأمین لجن فاضلاب با رابطه متقابل آب و انرژی تحت شرایط اختلال: یک مدل استوار سناریو محور’, مدیریت زنجیره تأمین , vol. 23, no. 72, pp. 55–70, 2022.

[3] R. Lee, ‘The effect of supply chain management strategy on operational and financial performance’, Sustainability, vol. 13, no. 9, p. 5138, 2021.

[4] A. Attia, ‘Effect of Sustainable Supply Chain Management and Customer Relationship Management on Organizational Performance in the Context of the Egyptian Textile Industry’, Sustainability, vol. 15, no. 5, p. 4072, 2023.

[5] A. O. Bello and T. P. Mbhele, ‘A Fuzzy-AHP Multi-Criteria Decision-Making Approach for a Sustainable Supply Chain of Rice

Farming Stakeholders in Edu-Patigi LGA, Kwara State, Nigeria', Sustainability, vol. 16, no. 5, p. 1751, 2024.
[6] D. Jianguo and Y. A. Solangi, 'Sustainability in Pakistan's textile industry: analyzing barriers and strategies for green supply chain management implementation', Environ Sci Pollut Res, vol. 30, no. 20, pp. 58109–58127, Apr. 2023, doi: 10.1007/s11356-023-26687-x.
[7] A.-M. Golmohammadi, H. Abedsoltan, A. Goli, and I. Ali, 'Multi-objective dragonfly algorithm for optimizing a sustainable supply chain under resource sharing conditions', Computers & Industrial Engineering, vol. 187, p. 109837, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.cie.2023.109837.
[8] M. Heidarisoltanabadi, B. Elhami, A. Imanmehr, and A. Khadivi, 'Determination of the most appropriate fertilizing method for apple trees using multicriteria decision-making (MCDM) approaches', Food Science & Nutrition, vol. 12, no. 2, pp. 1158–1169, 2024.
[9] M. Tavana, M. Sohrabi, H. Rezaei, S. Sorooshian, and H. Mina, 'A sustainable circular supply chain network design model for electric vehicle battery production using internet of things and big data', Expert Systems, vol. 41, no. 7, p. e13395, Jul. 2024, doi: 10.1111/exsy.13395.
[10] E. A. Abaku and A. C. Odimarha, 'Sustainable supply chain management in the medical industry: a theoretical and practical examination', International Medical Science Research Journal, vol. 4, no. 3, pp. 319–340, 2024.
[11] X. Yang and J. Wang, 'The relationship between sustainable supply chain management and enterprise economic performance: does firm size matter?', Journal of Business & Industrial Marketing, vol. 38, no. 3, pp. 553–567, 2023.
[12] B. Mridha, S. Pareek, A. Goswami, and B. Sarkar, 'Joint effects of production quality improvement of biofuel and carbon emissions towards a smart sustainable supply chain management', Journal of Cleaner Production, vol. 386, p. 135629, 2023.
[13] G. M. Magableh, 'Evaluating Wheat Suppliers Using Fuzzy MCDM Technique', Sustainability, vol. 15, no. 13, Art. no. 13, Jan. 2023, doi: 10.3390/su151310519.
[14] M. A. Beheshtinia and M. Fathi, 'Energy-efficient and sustainable supply chain in the manufacturing industry', Energy Science & Engineering, vol. 11, no. 1, pp. 357–382, 2023, doi: 10.1002/ese3.1337.
[15] N. N. P. Ha, D. D. Nguyen, and S. T. Q. Le, 'Sustainable supplier selection in the apparel industry: an integrated AHP-TOPSIS model for multi-criteria decision analysis', Research Journal of Textile and Apparel, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, Aug. 2024, doi: 10.1108/RJTA-04-2024-0056.
[16] Y. Li et al., 'A review on carbon emission accounting approaches for the electricity power industry', Applied Energy, vol. 359, p. 122681, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2024.122681.
[17] F. Olivero, A. Tuni, P. C. Priarone, F. Morandi, and G. Bassani, 'A methodology to assess social sustainability of multi-tier supply chains in the textile industry', Decision Sciences Institute, 2024. Accessed: Nov. 10, 2024. [Online]. Available: https://iris.polito.it/handle/11583/2989449
[18] V. Dohale, S. Kamble, P. Ambilkar, S. Gold, and A. Belhadi, 'An integrated MCDM-ML approach for predicting the carbon neutrality index in manufacturing supply chains', Technological Forecasting and Social Change, vol. 201, p. 123243, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.techfore.2024.123243.
[19] R. Venugopal, C. Veeramani, and S. Muruganandan, 'Enhancing Supply Chain Decision-Making in the Textile Industry: A Hybrid Interval-Valued Neutrosophic MCDM Approach', 2023.
[20] T. G. Fadara and K. Y. Wong, 'A decision support system for sustainable textile product assessment', Textile Research Journal, vol. 93, no. 9–10, pp. 1971–1989, May 2023, doi: 10.1177/00405175221135167.
[21] N. R. Chowdhury, S. K. Paul, T. Sarker, and Y. Shi, 'Implementing smart waste management system for a sustainable circular economy in the textile industry', International Journal of Production Economics, vol. 262, p. 108876, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.ijpe.2023.108876.
[22]A. Mohsenzadeh Ledari and A. Arshadi Khamseh,'Optimal Decisions in a Dual-channel Supply Chain for the Substitute Products with Special Orders under Disruption Risk and Brand Consideration' ,International Journal of Engineering, vol. 31, no.5, pp. 759-769, 2018.