




Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329
Vol. 15, Issue 2, No. 37, Summer 2024

 <https://doi.org/10.22108/pom.2024.141101.1551>

(Research paper)

Evaluating the Cellophane Production Supply Chain Using Multi-Criteria Decision-Making Approaches

Ahmad Jafarnejad *

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran,
jafarnjd@ut.ac.ir

Amir Mohammad Khani

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran,
amir.mo.khani@ut.ac.ir

Purpose: The supply chain of cellophane includes an independent set of parts whose relationship has to be properly managed to ascertain efficiency, performance, and sustainability. This research aims to provide detailed information regarding the cellophane supply chain and, using the Supply Chain Operations Reference model, act as a benchmark to enhance the adaptability and growth of the supply chain. Therefore, it can help the cellophane supply chain to remove its performance gap.

Design/methodology/approach: Interpretive Structural Modelling (ISM) has been used along with the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approaches, supported by the Analytic Network Process (ANP). ISM has been applied to analyze the interdependencies among different components of the supply chain; DANP has been implemented to prioritize the processes of the supply chain and potential suppliers. An investigation has been also performed on the intensity of influence and dependence among various methods in the supply chain.

Findings: Findings indicated that the current market, demand, and competition are the biggest known factors impacting supply chain management. While this is more about learning the present state of the market, it is also important to realize future trends, customer needs, and competition. It includes information on marketing research, customer surveys, and competitive studies. A five-level hierarchical structure of the supply chain processes is reported, with levels one and five as the key drivers. The first level is wherein the market understanding, customer demand, and competitor

* Corresponding author



practices are known. The fifth level involves the identification of potential risks and working out strategies to mitigate the risks. This level is all about active risk management. This involves developing ways through which contingency plans and strategies can be drafted to ensure the impact of the identified potential hazards is reduced. This level is so critical because it has a tremendous impact on performance and sustainability in the supply chain. Identifying potential risks and formulating strategies to reduce them are seen as independent variables with enormous impacts on other processes. These are very important processes as they could affect the effectiveness and efficiency of the entire chain. Both require careful management and continuous improvement to guarantee the smooth operation of the chain.

Research limitations/implications: This study concentrated on possible constraints due to supply chain complexity and market changes. Since the cellophane supply chain is dependent on several factors, further research on optimization methods and improvement of decision-making processes can lead to more effective operational results.

Practical implications: Findings are likely to give insight into the supply chain of cellophane, with an understanding of the market, customer demand, and competitive landscape. It also goes on to highlight potential risks, and the strategies formulated to reduce them. The use of the DANP technique helped rank the supply chain processes and identify potential suppliers, hence assisting in the effective allocation of needed resources such as materials, labour, and capital. This will assist those individuals concerned with the cellophane supply chain in the process of planning and making strategic decisions. This study contributes to the knowledge of SCM since it has elicited how much one needs to understand the market, manage risks, and ensure compliance.

Social implications: Given the significance of sustainability and the need to lessen effects in the packaging sector, this study seeks to enhance procedures and mitigate risks, within the cellophane supply chain. Such efforts aim to safeguard the environment and uphold accountability.

Originality/value: This study presented a comprehensive analysis and optimization of the cellophane supply chain using ISM and MCDM approaches. The new integrated approach of ISM and DANP helps to improve management processes and reduce supply chain risks.

Keywords: Cellophane production supply chain, SCOR model, ISM-DANP, Identification of potential risks, Performance improvement



پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۵، شماره ۲، پیاپی ۳۷، تابستان ۱۴۰۳

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۴ ص ۱۰۷-۱۳۰



<https://doi.org/10.22108/pom.2024.141101.1551>

(مقاله پژوهشی)

ارزیابی زنجیره تأمین تولید سلفون با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

احمد جعفرنژاد^{۱*}، امیرمحمد خانی^۲

۱- استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، jafarnjd@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، amir.mo.khani@ut.ac.ir

چکیده: زنجیره تأمین سلفون، یک شبکه پیچیده از اجزای وابسته به هم است که ترجیحاً به مدیریت محتاطانه برای اطمینان از کارایی عملیاتی، عملکرد و پایداری نیاز دارد. زنجیره تأمین سلفون به‌طور جامع با استفاده از مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین (SCOR)، به‌عنوان یک ابزار معیار در این مطالعه تحلیل می‌شود. این مطالعه از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (DEMATEL) براساس فرآیندهای شبکه تحلیلی (DANP) برای بررسی وابستگی‌های متقابل در اجزای زنجیره تأمین، رتبه‌بندی فرآیندها و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه استفاده می‌کند. یافته‌ها بر اهمیت درک بازار فعلی، خواسته‌های مشتری و چشم‌انداز رقابتی تأکید می‌کنند. این مستلزم درک خواسته‌های مشتری، دیدن روندهای نوظهور و پیشی‌گرفتن از رقباست. پنج سطح، ساختار سلسله‌مراتبی فرآیندهای زنجیره تأمین را تشکیل می‌دهند. سطح بالا و سطح پایین، به‌عنوان سطوح مهم برجسته می‌شوند. موضوعاتی از جمله درک بازار، نیازهای مشتری و استراتژی‌های رقابتی در سطح اول پوشش داده شده است. سطح پنجم نیز شامل شناسایی ریسک‌های احتمالی و توسعه استراتژی‌های کاهش ریسک است که طرح‌ها و استراتژی‌های کاهش احتمالی را در بر می‌گیرد و بنابراین خطرات بالقوه را به حداقل می‌رساند. این عملیات، نقش مهمی در نحوه عملکرد این سرویس دارد و لازم است با احتیاط انجام شود و بهبود یابد. این مطالعه بر اهمیت درک بازار، کنترل ریسک‌ها و بررسی انطباق تأکید می‌کند. تکنیک DANP در تعیین موقعیت فرآیندهای زنجیره تأمین مختلف و یافتن تأمین‌کنندگان بالقوه، در عین حال کارآمدتر کردن فرآیند تخصیص منابع کمک بزرگی کرده است. این تجزیه و تحلیل یک منبع ارزشمند برای ذی‌نفعان در زنجیره تأمین سلفون است و به برنامه‌ریزی استراتژیک و فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین تولید سلفون، مدل SCOR، ISM-DANP، شناسایی ریسک‌های بالقوه، بهبود عملکرد



۱- مقدمه

تولیدکنندگان، خرده‌فروشان، انبارها، تأمین‌کنندگان، حامل‌ها و دیگر شرکت‌ها همگی بخشی از زنجیره تأمین‌اند. این فعالیت‌ها همه جنبه‌های حمل‌ونقل منابع و تبدیل کالا، از مواد خام تا مصرف‌کننده نهایی، از جمله برنامه‌ریزی، اجرا، نظارت و کنترل این عملیات را در بر می‌گیرد (خان و یو^۱، ۲۰۱۹). در طول ۴۰ سال گذشته، توسعه دائمی در زنجیره تأمین وجود داشته است که سیستمی از افراد، سازمان‌ها، فعالیت‌ها، منابع و داده‌های دخیل در جابه‌جایی کالا یا خدمات از تأمین‌کننده به مشتری تعریف می‌شود (زنگ و همکاران^۲، ۲۰۲۱). بهره‌وری و کارایی یک تکنیک یا فعالیت به صورت کمی یا کیفی در ارزیابی عملکرد محاسبه می‌شود (کاترتسون و پیوتروویچ^۳، ۲۰۱۱). شواهدی از تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که طراحی یک سیستم اندازه‌گیری زنجیره تأمین، یک تلاش پیچیده است و به قوانین عملی نیاز دارد (دولگی و همکاران^۴، ۲۰۱۷).

مدل SCOR شورای زنجیره تأمین، به ارزیابی و نظارت بر عملیات زنجیره تأمین کمک و امکان تدوین استراتژی‌های عملیاتی را براساس نتایج ارزیابی زنجیره تأمین فراهم می‌کند (ریکاردیانتو و همکاران^۵، ۲۰۲۲). معیارهای استاندارد شده، عملکرد زنجیره تأمین را ارائه می‌کند و معیاری برای سازمان‌ها برای ارزیابی عملکرد و تعیین اهداف استراتژیک است (ریکاردیانتو و همکاران^۶، ۲۰۲۲). ادغام رویکردهای کمی با مدل اندازه‌گیری عملکرد SCOR، راهی برای حمایت از ارزیابی مدیریت در مقیاسی در حال گسترش مطالعه شده است. برای چنین کاربردهایی، درباره تعدادی تکنیک ترکیبی از هوش مصنوعی و ارزیابی چندمعیاره تحقیق شده است (محرم‌خانی و همکاران^۷، ۲۰۱۷). برای بهبود سطوح پاسخگویی و بهره‌وری، هر سازمان زنجیره تأمین باید یک سیستم اندازه‌گیری عملکرد را برای هر رویه خاص راه‌اندازی کند. این ابزارها تضمین می‌کنند که اهداف آنها برآورده می‌شود و روندهای آنها همچنان بهبود می‌یابد. مطالعه تالوکدر و تریپاتی^۸ (۲۰۲۱) بر اهمیت سیستم‌های اطلاعاتی در مدیریت زنجیره تأمین برای اهداف استراتژیک، بهبود عملکرد، تسهیل اشتراک‌گذاری اطلاعات سهامداران و توسعه استراتژی‌های تجاری رقابتی در بازار، در کارخانه‌های تولید سلفون تأکید می‌کند.

زنجیره تأمین سلفون به دلیل خواص منحصر به فرد و سازگاری با نوسانات بازار، برای صنایع مختلف حیاتی است. با تأکید روزافزون بر مواد بسته‌بندی پایدار، تولیدکنندگان به طور مداوم در حال بررسی راه‌هایی برای افزایش کارایی تولید با حفظ استانداردهای زیست محیطی‌اند (سیلانبا^۹، ۲۰۱۱). نوآوری‌ها در تجهیزات اکستروژن، عملیات شیمیایی و فرآیندهای کنترل کیفیت، کارایی را بهبود می‌بخشد. دیجیتالی‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها همچنین زنجیره تأمین را تقویت و امکان نظارت در زمان واقعی و شناسایی فعال مشکلات بالقوه را فراهم می‌کند (وانگ و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۲). این سیستم پیچیده شامل تأمین مواد اولیه، کنترل کیفیت، بسته‌بندی و توزیع است که تضمین می‌کند سلفون یک راه‌حل بسته‌بندی باارزش و پایدار باقی می‌ماند (شیخ و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۱). زنجیره تأمین شامل تولیدکنندگان، خرده‌فروشان، انبارها، تأمین‌کنندگان و حاملان، برای جریان کالا و خدمات بسیار مهم است (خان و زمان^{۱۲}، ۲۰۲۳).

هدف این مقاله، تحلیل و بررسی جامع زنجیره تأمین سلفون با استفاده از مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین (SCOR) به منظور بهبود کارایی عملیاتی، عملکرد و پایداری است. این مطالعه با بهره‌گیری از مدل‌سازی ساختاری

تفسیری (ISM)، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (DEMATEL) و فرآیندهای شبکه تحلیلی (DANP)، وابستگی‌های متقابل اجزای زنجیره تأمین، رتبه‌بندی فرآیندها و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه را بررسی می‌کند. هدف نهایی این است که از طریق درک بازار، نیازهای مشتری و چشم‌انداز رقابتی، کنترل ریسک‌ها و بهبود فرآیند تخصیص منابع، برنامه‌ریزی استراتژیک و فرآیندهای تصمیم‌گیری برای ذی‌نفعان در زنجیره تأمین سلفون تسهیل شود.

۲- پیشینه پژوهش

هدف از بررسی مطالعات گذشته، مطابق با جدول ۱ برای بررسی چالش‌ها با استفاده از مدل‌های تحلیلی پیشرفته برای شناسایی توانمندی‌ها و ضعف‌های کلی زنجیره تأمین مبتنی بر مدل SCOR است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش

Table 1- Research background

نویسندگان	عنوان مقاله	نتایج	زمینه مطالعاتی
ترابی و نصرتی ^{۱۲} (۱۴۰۲)	ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس معیارهای SCOR	این تحقیق امکان اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین را با استفاده از مدل SCOR فراهم می‌کند و بینش‌هایی را برای تحلیل شکاف بین سطوح عملکرد مورد انتظار و فعلی به مدیران ارائه می‌دهد.	شرکت خالص‌سازان روی زنجان
راضی خانقاه و کردی ^{۱۳} (۱۴۰۰)	نظام ارزیابی عملکرد پایدار مبتنی بر مدل اسکور	فرآیندهای زنجیره تأمین شرکت سپاهان نقش مهمی در ارتقای پایداری در جامعه، محیط‌زیست و اقتصاد دارد و نیازمند شناسایی معیارهای مؤثر برای مدیریت و سیاست‌گذاری است.	شرکت سپاهان سپاهان
کیریش و همکاران ^{۱۴} (۲۰۱۹)	یک پیشنهاد روش‌شناسی برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کننده: روش DEMATEL فازی با مدل SCOR یکپارچه	این مطالعه رویکرد مدل پایداری یکپارچه SCOR را برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کننده با استفاده از روش فازی DEMATEL، تحلیل روابط علی و اولویت‌بندی معیارها براساس سطح تأثیر پیشنهاد می‌کند.	شرکت‌های تولیدی
تسانگ و همکاران ^{۱۵} (۲۰۱۹)	مروری بر پیشینه مدیریت زنجیره تأمین سبز: روندها و چالش‌های آینده	تحقیقات مدیریت زنجیره تأمین سبز، روند کاهشی را در محرک‌ها و موانع نشان می‌دهد، اما روند رو به رشدی در مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی برای بهبود تصمیم‌گیری و عملکرد محیطی دارد.	مقاله مروری
رونل و همکاران ^{۱۶} (۲۰۲۱)	بقای زنجیره تأمین: مفهوم‌سازی، اندازه‌گیری و اعتبارسنجی زنجیره تأمین	زنجیره تأمین یک ساختار سلسله‌مراتبی و چند بعدی است که تحت تأثیر ساختارهای سازمانی، منابع، قابلیت‌های طراحی پویا و جنبه‌های عملیاتی قرار دارد و پیکربندی مجدد پویا یک ویژگی اصلی است.	صنایع تولیدی
گوا و وو ^{۱۷} (۲۰۲۲)	ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین پایدار اجتماعی با استفاده از ترکیبی فازی	رویکرد پیشنهادی که با تجزیه و تحلیل داده‌ها و مطالعه موردی پشتیبانی می‌شود، برنامه‌ریزی و توزیع و تحویل تقاضا را به‌عنوان ابعاد مهم اقتصادی و اجتماعی، اولویت‌بندی می‌کند.	شرکت‌های تولیدی
تسای و همکاران ^{۱۸} (۲۰۲۳)	به‌کارگیری یک مدل ترکیبی MCDM برای ارزیابی شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز	تغییرات سازمانی بیشترین تأثیر را بر اجرای شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز دارد و تخصیص منابع و بهینه‌سازی گسترش بازار مهم‌ترین معیارها هستند.	شرکت‌های صنعتی

۳- مبانی نظری

شناسایی سطوح، عمق و فرایندهای زنجیره تأمین مطالعه شده مبتنی بر مدل اسکور

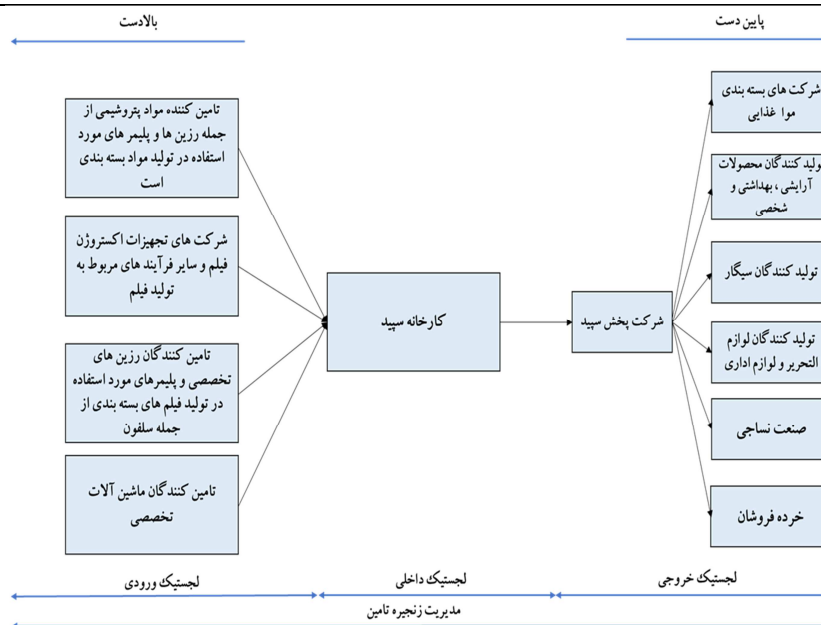
«سطح» در مدیریت زنجیره تأمین به مرحله خاصی در فرآیند انتقال محصول از تولید به مصرف کننده نهایی اشاره دارد که شامل فعالیت‌هایی مانند منبع‌یابی، تولید، پردازش، توزیع یا خرده‌فروشی است (جنکینز^{۱۹}، ۲۰۲۳). مدیریت مؤثر زنجیره تأمین نیاز به هماهنگی بین سطوح مختلف از جمله تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مشتریان برای اطمینان از جریان روان کالاها، اطلاعات و امور مالی دارد (فریجه و همکاران^{۲۰}، ۲۰۲۲).

«عمق» در مدیریت زنجیره تأمین به پیچیدگی و یکپارچگی عمودی در هر مرحله از جمله تأمین‌کنندگان، واسطه‌ها و فرایندها اشاره دارد. این نشان‌دهنده کنترل یک شرکت بر زنجیره تأمین خود، از مواد اولیه تا تحویل محصول نهایی است (لطفی و همکاران^{۲۱}، ۲۰۲۳). عمق در یک زنجیره تأمین، انعطاف‌پذیری را افزایش می‌دهد، اما پیچیدگی و نقاط شکست احتمالی را نیز افزایش می‌دهد و بر مدیریت ریسک و کارایی عملیاتی تأثیر می‌گذارد.

جدول ۲- سطح و عمق زنجیره تأمین تولید سلفون مبتنی بر مدل SCOR (براساس نظرات خبرگان)

Table 2- The level and depth of the cellophane production supply chain based on the SCOR model (based on experts' opinions)

سطح	عمق
تأمین مواد اولیه: جنگل‌ها یا مزارع پنبه برای سلولز	شامل ارائه‌دهندگان مختلف مواد خام، حمل و نقل و جابه‌جایی‌های واسطه است.
پردازش مواد: فرآوری سلولز	شامل تکنیک‌های مختلف پردازش، تأمین‌کنندگان مواد شیمیایی و کنترل‌کننده‌های محصول میانی است.
سلفون‌سازی: کارخانه تولید سلفون	شامل مراحل مختلف تولید سلفون، تأمین‌کنندگان ماشین‌آلات و تجهیزات مختلف و فرایندهای کنترل کیفیت است.
بسته‌بندی و توزیع: تأسیسات بسته‌بندی و مراکز توزیع	شامل تأمین‌کنندگان بسته‌بندی، شرکت‌های لجستیک و شبکه‌های توزیع می‌شود.
کاربران نهایی: مشاغل و مصرف‌کنندگان سلفون	بسته به صنایع و مصرف‌کنندگانی که از سلفون استفاده می‌کنند، بسیار متفاوت است.



شکل ۱- شبکه زنجیره تأمین کارخانه تولید سلفون مبتنی بر مدل هریسون و ون هوک (۲۰۰۸)

Fig. 1- The supply chain network of the cellophane factory based on the model of Harrison and Van Hoek (2008)

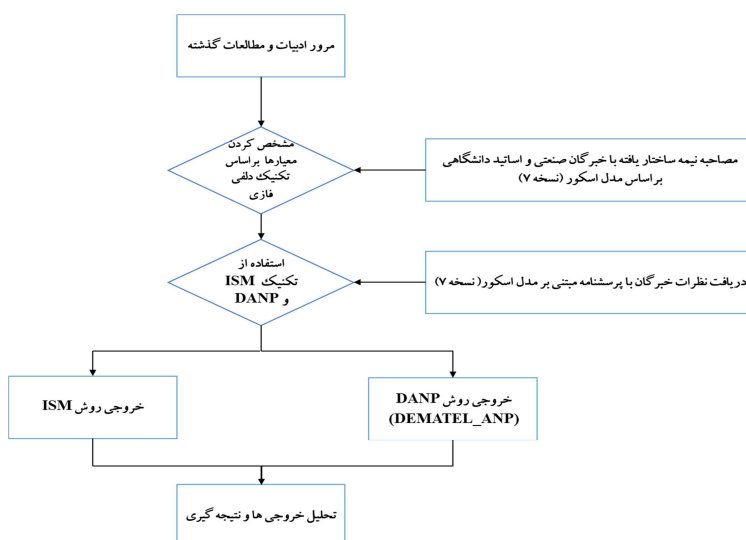
جدول ۳- زیربخش‌های مدل اسکور در سطح سوم زیرفرآیندهای زنجیره تأمین سلفون

Table 3- The sub-sections of the score model at the third level of the cellophane supply chain sub-processes

کلاس فرآیند	سطح دوم مرتبط	عنوان زیر فرآیند سطح سه	علامت اختصاری
برنامه ریزی	تحلیل بازار	درک بازار فعلی، خواسته‌های مشتری و چشم‌انداز رقابتی.	C1
	پیش‌بینی تقاضا	پیش‌بینی تقاضای آتی برای همسوکردن سطح تولید و موجودی.	C2
	برنامه‌ریزی ظرفیت	تعیین ظرفیت تولید لازم برای تأمین تقاضای پیش‌بینی‌شده.	C3
	تخصیص منابع	تخصیص مؤثر منابع مورد نیاز مانند مواد، نیروی کار و سرمایه.	C4
	طراحی زنجیره تأمین	توسعه ساختار زنجیره تأمین کارآمد و مؤثر، شامل انتخاب تأمین‌کننده و برنامه‌ریزی لجستیک.	C5
	مدیریت ریسک	شناسایی ریسک‌های بالقوه و تدوین استراتژی‌هایی برای کاهش آنها.	C6
	انطباق و مقررات	اطمینان از مطابقت عملیات زنجیره تولید و تأمین با قوانین، مقررات و استانداردهای صنعت مربوطه.	C7
منبع یابی	شناسایی و انتخاب تأمین‌کننده	تحقیق و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه‌ای که مواد اولیه موردنیاز برای تولید سلفون مانند سلولز، مواد شیمیایی و دیگر ورودی‌های ضروری را تهیه کنند.	C8
	مذاکره و مدیریت قراردادها	شناسایی تأمین‌کنندگان و مذاکره برای قرارداد با آنها مستلزم حصول اطمینان از رعایت شرایطی مانند قیمت‌گذاری، زمان‌بندی تحویل و استانداردهای کیفیت در طول رابطه است.	C9
	تضمین و کنترل کیفیت	این فرآیند شامل تنظیم و حفظ استانداردهای کیفیت برای مواد خام، شامل بررسی و ممیزی منظم برای اطمینان از مطابقت آنها با استانداردهای لازم برای تولید سلفون است.	C10
	مدیریت ارتباط با تأمین‌کننده	این فرآیند شامل مدیریت و بهینه‌سازی روابط تأمین‌کننده از طریق ارتباطات، نظارت بر عملکرد، حل تعارض و همکاری برای بهبود مستمر و همسویی استراتژیک است.	C11
	برنامه‌ریزی تولید	شامل تعیین جدول زمانی و زمان‌بندی تولید براساس پیش‌بینی تقاضا، در دسترس بودن منابع و قابلیت‌های تولید است.	C12
ساخت	جابه‌جایی و آماده‌سازی مواد اولیه	این فرآیند شامل دریافت، ذخیره‌سازی و آماده‌سازی مواد خام مانند سلولز و مواد شیمیایی مورد نیاز برای تولید سلفون است.	C13
	اجرای تولید	فرآیند ساخت که در آن مواد خام به سلفون تبدیل می‌شود و مراحل مختلف شیمیایی و مکانیکی را در بر می‌گیرد.	C14
	مدیریت تعمیر و نگهداری و تجهیزات	شامل نگهداری و مدیریت منظم ماشین‌آلات و تجهیزات استفاده‌شده در فرآیند تولید برای اطمینان از کارایی عملیاتی و به حداقل رساندن زمان خرابی است.	C15
	مدیریت سفارش	این فرآیند شامل مدیریت سفارش‌های مشتری از دریافت تا پردازش است. این شامل ورود سفارش، تأیید و اطمینان از انجام سفارش با توجه به نیاز مشتری است.	C16
تحویل	حمل و نقل و لجستیک	فرآیند برنامه‌ریزی و جابه‌جایی کالا از مرکز تولید به مشتری یا توزیع‌کننده است.	C17
	خدمات و پشتیبانی مشتری	این فرآیند شامل فعالیت‌های پشتیبانی مشتری پس از خرید، از جمله رسیدگی به سؤالات، ارائه اطلاعات محصول، رسیدگی به شکایات یا برگشت‌ها و اطمینان از رضایت مشتری است.	C18
	لجستیک معکوس	این فرآیند شامل مدیریت بازگشت کالا از مشتریان به شرکت و شامل رسیدگی به حمل و نقل، ردیابی و دریافت اقلام برگشتی است.	C19
بازگشت	پردازش کالاهای برگشتی	پس از دریافت اقلام برگشتی، این فرآیند به بازرسی، مرتب‌سازی و تصمیم‌گیری درباره اقدامات بعدی این کالاها روی می‌آورد و شامل تعمیر، نوسازی، بازیافت یا دفع می‌شود.	C20

۴- روش شناسی پژوهش

در این پژوهش از روش‌های نمونه‌گیری غیراحتمالی، هدفمند و گلوله برفی استفاده شد. نظرات کارشناسان، دانشگاهیان و متخصصان در زمینه مدیریت زنجیره تأمین برای این مطالعه به صورت حضوری و مجازی بررسی شد. به منظور اجرای تکنیک دلفی فازی، در این پژوهش ۱۴ پرسش‌نامه توزیع شد که در نهایت ۱۱ نفر از متخصصان، پرسش‌نامه را تا پایان نظرسنجی تکمیل کردند. جدول ۴ مشخصات خبرگان را نشان می‌دهد. خبرگان دانشگاهی با مدل اسکور و زنجیره تأمین آشنا بودند. حداقل تحصیلات خبرگان در درجه کارشناسی و همچنین حوزه فعالیت آنها در زمینه تولید و عملیات، بازاریابی، کیفیت و بهره‌وری و کارآفرینی بود. شایان ذکر است برای ساخت اجزای پرسش‌نامه از مدل اسکور (نسخه ۷) استفاده شده است. به صورت کلی روش انجام پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- روش پژوهش

Fig. 2- Research method

جدول ۴- مشخصات خبرگان

Table 4- Specifications of experts

سمت اجرایی	سابقه فعالیت	سن	تحصیلات	حوزه فعالیت
مدیر ارشد	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	بین ۳۰ تا ۴۰ سال	ارشد	تولید و عملیات
مدیر ارشد	بیش از ۲۰ سال	بیش از ۵۰ سال	کارشناسی	تولید و عملیات
عضو هیئت علمی دانشگاه	بیش از ۲۰ سال	بیش از ۵۰ سال	دکتری	بازاریابی
مدیر تولید	کمتر از ۱۰ سال	بین ۳۰ تا ۴۰ سال	کارشناسی	تولید و عملیات
مدیر فروش	کمتر از ۱۰ سال	بین ۳۰ تا ۴۰ سال	ارشد	بازاریابی
استاد دانشگاه	کمتر از ۱۰ سال	بین ۴۰ تا ۵۰ سال	دکتری	کارآفرینی
عضو هیئت علمی دانشگاه	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	بیش از ۵۰ سال	دکتری	تولید و عملیات
مدیر میانی	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	بیش از ۵۰ سال	ارشد	تولید و عملیات
عضو هیئت علمی دانشگاه	کمتر از ۱۰ سال	بین ۴۰ تا ۵۰ سال	دکتری	تولید و عملیات
استاد دانشگاه	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	بین ۴۰ تا ۵۰ سال	دکتری	کیفیت و بهره‌وری
مدیر تولید	بیش از ۲۰ سال	بیش از ۵۰ سال	ارشد	تولید و عملیات

فازی‌زدایی یا Defuzzification فرایندی است که در آن اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل می‌شوند. این فرایند در سیستم‌های مبتنی بر منطق فازی، مانند کنترل فازی و سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی، بسیار مهم است. یکی از روش‌های متداول فازی‌زدایی، روش مثلثی است که در ادامه به صورت جامع آن را بررسی می‌کنیم (راس^۳، ۲۰۱۰).

یک عدد فازی مثلثی با سه نقطه اصلی تعریف می‌شود:

L: نقطه کمینه (Lower bound)

M: نقطه مرکزی (Peak point)

U: نقطه بیشینه (Upper bound)

این سه نقطه یک مثلث را تشکیل می‌دهند که نشان‌دهنده توزیع احتمالی عدد فازی است. عدد فازی مثلثی به صورت $T(L,M,U)$ نشان داده می‌شود.

روش مثلثی یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌های فازی‌زدایی است که شامل مراحل زیر است:

تعیین نقاط کلیدی: ابتدا نقاط L، M و U مشخص می‌شوند که معرف عدد فازی اند.

محاسبه مرکز ثقل: برای تبدیل عدد فازی به یک عدد قطعی، مرکز ثقل مثلث محاسبه می‌شود. فرمول محاسبه

مرکز ثقل به صورت معادله ۱ است:

$$\frac{L + M + U}{3} = \text{Defuzzified value} \quad (1)$$

این فرمول میانگین ساده‌ای از سه نقطه اصلی عدد فازی است که به عنوان نماینده عدد قطعی استفاده می‌شود.

خروجی فازی‌زدایی شده: نتیجه فازی‌زدایی مطابق جدول ۵، مقدار C است که نشان‌دهنده یک مقدار دقیق

بر اساس تابع عضویت فازی است.

جدول ۵- نتایج روش دلفی فازی

Table 5- Results of fuzzy Delphi method

رتبه	وضعیت فرآیند انتخابی	مقدار قطعی	مقدار فازی U	مقدار فازی M	مقدار فازی L	فرآیند
۵	تأیید	۵,۸۶۲۱۴	۷	۵,۵۸۶۴۲۱	۵	C1
۱۰	تأیید	۵,۴۲۹۸۸۶	۷	۵,۲۸۹۶۵۷	۴	C2
۱۲	تأیید	۴,۹۷۸۵۲۳	۷	۴,۹۳۵۵۶۹	۳	C3
۸	تأیید	۵,۴۹۶۰۹۲	۷	۵,۴۸۸۲۷۵	۴	C4
۲۰	رد	۳,۸۴۰۹۱۵	۶	۳,۵۲۲۷۴۶	۲	C5
۱	تأیید	۶,۰۱۷۸۶۳	۷	۶,۰۵۳۵۸۸	۵	C6
۴	تأیید	۵,۸۹۳۲۶۲	۷	۵,۶۷۹۷۸۵	۵	C7
۱۳	تأیید	۴,۸۳۸۱۷۸	۷	۴,۵۱۴۵۳۳	۳	C8
۷	تأیید	۵,۵۱۰۳۰۹	۷	۵,۵۳۰۹۲۸	۴	C9
۱۴	تأیید	۴,۷۰۳۷۱۳	۷	۴,۱۱۱۱۳۸	۳	C10
۱۷	رد	۴,۳۸۱۹۷۸	۶	۴,۱۴۵۹۳۴	۳	C11
۱۸	رد	۴,۳۶۰۲۴۶	۷	۴,۰۸۰۷۳۸	۲	C12
۱۹	رد	۳,۹۴۲۹۱۹	۶	۳,۸۲۸۷۵۶	۲	C13
۹	تأیید	۵,۴۸۰۰۰۳	۷	۵,۴۴۰۰۱	۴	C14
۳	تأیید	۵,۹۵۲۰۶۸	۷	۵,۸۵۶۲۰۵	۴	C15

رتبه	وضعیت فرآیند انتخابی	مقدار قطعی	مقدار فازی U	مقدار فازی M	مقدار فازی L	فرآیند
۱۱	تأیید	۵,۴۰۷۹۰۶	۷	۵,۴۰۷۹۰۶	۴	C16
۲	تأیید	۶,۰۱۲۷۰۲	۷	۶,۰۳۸۱۰۵	۵	C17
۶	تأیید	۵,۵۲۱۹۰۹	۷	۵,۵۲۱۹۰۹	۴	C18
۱۵	تأیید	۴,۵۴۴۷۲	۷	۴,۶۳۴۱۵۹	۲	C19
۱۶	رد	۴,۴۹۵۴۳۵	۷	۴,۴۸۶۳۰۶	۲	C20

۵- یافته‌ها

الف) روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

گام اول. فرآیندهای زنجیره تأمین کارخانه سلفون بر زیرفرآیندهای دیگر تأثیر بگذارد و باعث ایجاد پرسش‌نامه برای تعیین رابطه بین فرآیندهای I و J شود، همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- فرآیند ها و زیرفرآیندهای نهایی ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین (SCORE) در کارخانه تولید سلفون

Table 6- Final processes and sub-processes of supply chain performance evaluation based on supply chain operations reference model (SCORE) in cellophane manufacturing plant

علامت اختصاری	عنوان زیرفرآیند سطح سه	سطح دوم مرتبط	کلان فرآیند
C1	درک بازار فعلی، خواسته‌های مشتری و چشم‌انداز رقابتی.	تحلیل بازار	برنامه ریزی
C2	پیش‌بینی تقاضای آتی برای همسوکردن سطح تولید و موجودی.	پیش‌بینی تقاضا	
C3	تعیین ظرفیت تولید لازم برای تأمین تقاضای پیش‌بینی شده.	برنامه‌ریزی ظرفیت	
C4	تخصیص مؤثر منابع موردنیاز مانند مواد، نیروی کار و سرمایه.	تخصیص منابع	
C5	شناسایی ریسک‌های بالقوه و تدوین استراتژی‌هایی برای کاهش آنها.	مدیریت ریسک	
C6	اطمینان از مطابقت عملیات زنجیره تولید و تأمین با قوانین، مقررات و استانداردهای صنعت مربوطه.	انطباق و مقررات	
C7	تحقیق و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه‌ای که مواد اولیه موردنیاز برای تولید سلفون مانند سلولز، مواد شیمیایی و دیگر ورودی‌های ضروری را تهیه می‌کنند.	شناسایی و انتخاب تأمین‌کننده	منبع یابی
C8	شناسایی تأمین‌کنندگان و مذاکره برای قرارداد با آنها مستلزم حصول اطمینان از رعایت شرایطی مانند قیمت‌گذاری، زمان‌بندی تحویل و استانداردهای کیفیت در طول رابطه است.	مذاکره و مدیریت قراردادها	
C9	این فرآیند شامل تنظیم و حفظ استانداردهای کیفیت برای مواد خام، شامل بررسی و ممیزی منظم برای اطمینان از مطابقت آنها با استانداردهای لازم برای تولید سلفون است.	تضمین و کنترل کیفیت	
C10	فرآیند ساخت که در آن مواد خام به سلفون تبدیل می‌شود و مراحل مختلف شیمیایی و مکانیکی را در بر می‌گیرد.	اجرای تولید	
C11	شامل نگهداری و مدیریت منظم ماشین‌آلات و تجهیزات استفاده‌شده در فرآیند تولید برای اطمینان از کارایی عملیاتی و به حداقل رساندن زمان خرابی است.	مدیریت تعمیر، نگهداری و تجهیزات	
C12	این فرآیند شامل مدیریت سفارش‌های مشتری از دریافت تا پردازش است. این شامل ورود سفارش، تأیید و اطمینان از انجام سفارش یا توجه به نیاز مشتری است.	مدیریت سفارش	
C13	فرآیند برنامه‌ریزی و جابه‌جایی کالا از مرکز تولید به مشتری یا توزیع‌کننده است.	حمل‌ونقل و لجستیک	

C14	این فرآیند شامل فعالیت‌های پشتیبانی مشتری پس از خرید، از جمله رسیدگی به سؤالات، ارائه اطلاعات محصول، رسیدگی به شکایات یا برگشت‌ها و اطمینان از رضایت مشتری است.	خدمات و پشتیبانی مشتری	تحویل
C15	این فرآیند شامل مدیریت بازگشت کالا از مشتریان به شرکت است؛ این شامل رسیدگی به حمل و نقل، ردیابی و دریافت اقلام برگشتی است.	لجستیک معکوس	بازگشت

گام دوم) به دست آوردن ماتریس ساختاری روابط درونی متغیرها (SSIM)^{۲۴}: خبرگان شرکت‌کننده در فرآیند ISM در پاسخ به سؤالات مطرح‌شده فوق برای تعیین روابط بین فرآیندهای تأییدشده در هر مقایسه زوجی، یکی از نشانه‌های زیر را به کار گرفته‌اند:

۱: ارتباط یک طرفه از i به j؛

۱-: ارتباط یک طرفه از j به i؛

۲: ارتباط دوطرفه بین i و j؛

۰: هیچ ارتباطی بین i و j نیست.

جدول ۷- ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)

Table 7- Structural self-interaction matrix (SSIM)

	C15	C14	C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
C1	۲	۱	۱	۲	۱-	۱	۰	۱	۲	۰	۲	۱	۱	۱	-	C1
C2	-۱	۰	۲	-۱	-۱	-۱	-۱	۲	۱	۰	-۱	-۱	۲	-	-۱	C2
C3	-۱	-۱	۱	۱	۱	۱	-۱	۰	-۱	۰	-۱	۲	-	۲	-۱	C3
C4	۱	۱	۱	۱	-۱	۱	-۱	۱	-۱	-۱	-۱	-	۲	۱	-۱	C4
C5	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	-	۱	۱	۱	۲	C5
C6	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	-	-۱	۱	۰	۰	۰	C6
C7	۱	۱	۰	۱	۰	۲	-۱	۲	-	۰	-۱	۱	۱	-۱	۲	C7
C8	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	-	۲	-۱	۰	-۱	۰	۲	-۱	C8
C9	۱	۱	۰	۰	۱	۱	-	-۱	۱	-۱	-۱	۱	۱	۱	۰	C9
C10	۱	۰	۱	۱	-۱	-	-۱	۲	۲	-۱	-۱	-۱	-۱	۱	-۱	C10
C11	۱	۰	۱	۱	-	۱	-۱	-۱	۰	-۱	-۱	۱	-۱	۱	۱	C11
C12	۲	۱	۲	-	-۱	-۱	۰	۲	-۱	۰	۰	-۱	-۱	۱	۲	C12
C13	۱	۱	-	۲	-۱	-۱	۰	-۱	۰	-۱	-۱	-۱	-۱	۲	-۱	C13
C14	۱	-	-۱	-۱	۰	۰	-۱	-۱	-۱	-۱	۰	-۱	۱	۰	-۱	C14
C15	-	-۱	-۱	۲	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	۱	۱	۲	C15

گام چهارم: ماتریس دستیابی اصلاح‌شده که ماتریس دستاورد نهایی نیز شناخته می‌شود، با اعمال ویژگی جمع، که در آن عناصر i و j به یکدیگر منتهی می‌شوند، تشکیل می‌شود و رابطه بین فرآیندها به صورت ۱^* ارتباط برقرار می‌کند. ستاره‌ها سازگاری با ماتریس اصلی را نشان می‌دهند.

جدول ۸- ماتریس دستیابی نهایی

Table 8- Final achievement matrix

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	قدرت نفوذ
C1	۱	۱	۱	۱	۱	*۱	۱	۱	*۱	۱	*۱	۱	۱	۱	۱	15
C2	*۱	۱	۱	*۱	۰	۰	۱	۱	*۱	*۱	*۱	*۱	۱	*۱	*۱	13
C3	*۱	۱	۱	۱	۰	۰	*۱	*۱	۰	۱	۱	۱	۱	*۱	*۱	12
C4	*۱	۱	۱	۱	۰	۰	*۱	۱	*۱	۱	*۱	۱	۱	۱	۱	13
C5	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	*۱	۱	۱	۱	*۱	۱	*۱	۱	15
C6	*۱	*۱	۱	۱	۰	۱	*۱	۱	۱	۱	۱	*۱	۱	۱	۱	14
C7	۱	*۱	۱	۱	*۱	۰	۱	۱	*۱	۱	*۱	۱	*۱	۱	۱	14
C8	*۱	۱	*۱	*۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	13
C9	*۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	*۱	۱	۱	۱	*۱	*۱	۱	۱	13
C10	*۱	۱	*۱	*۱	۰	۰	۱	۱	*۱	۱	*۱	۱	۱	*۱	۱	13
C11	۱	۱	*۱	۱	*۱	۰	*۱	*۱	۰	۱	۱	۱	۱	*۱	۱	13
C12	۱	۱	*۱	*۱	*۱	۰	*۱	۱	*۱	*۱	*۱	۱	۱	۱	۱	14
C13	*۱	۱	*۱	۰	۰	۰	*۱	*۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	9
C14	*۱	*۱	۱	*۱	۰	۰	۰	۰	۰	*۱	*۱	*۱	*۱	۱	۱	10
C15	۱	۱	۱	*۱	*۱	۰	*۱	*۱	۰	*۱	*۱	۱	*۱	*۱	۱	13
میزان وابستگی	15	15	15	14	6	3	14	10	14	11	14	15	15	15	15	

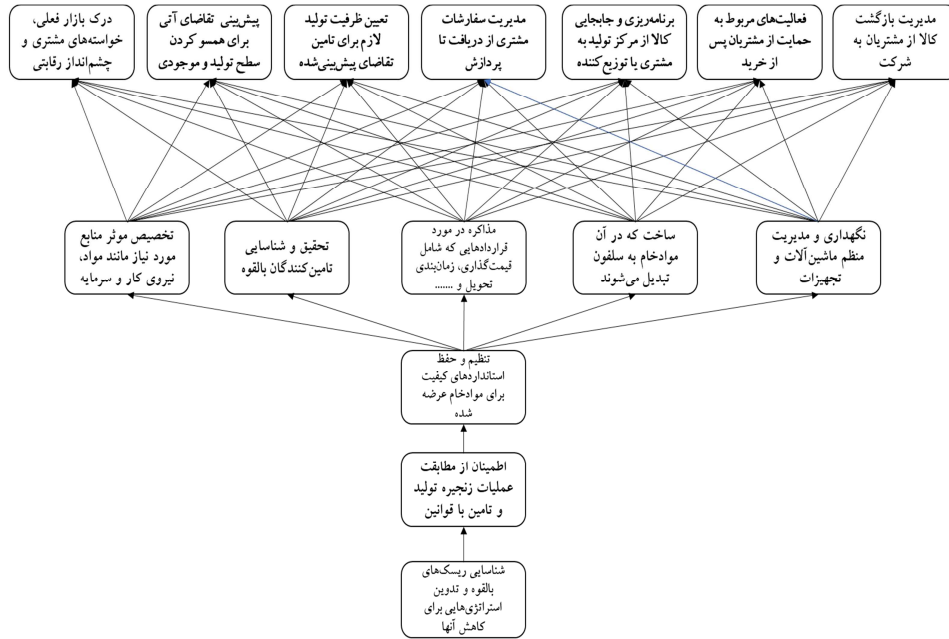
گام پنجم) مدل ISM سطح و اولویت‌بندی فرآیندها را با تعیین دسترسی و مجموعه‌های پیشین برای یک مانع تعیین می‌کند. یک مانع با هر دو مجموعه در سطح I در نظر گرفته می‌شود و پس از رسیدن به این سطح، تکرارها برای تعیین سطوح هر مانع و حذف موانع از سطح اول ادامه می‌یابد (تقوی‌فرد و همکاران^{۱۵}، ۱۴۰۲).

جدول ۹- تعیین سطوح فرآیندها

Table 9- Explanation of the levels of indicators

سطح	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه اشتراک	فرآیند
1	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C1
1	C-1C-2C-3C-4C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C2
1	C-1C-2C-3C-4C-7C-8C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-7C-8C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C3
1	C-1C-2C-3C-4C-5C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C12
1	C-1C-2C-3C-7C-8C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-7C-8C-12C-13C-14C-15	C13
1	C-1C-2C-3C-4C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C14
1	C-1C-2C-3C-4C-5C-7C-8C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C-1C-2C-3C-4C-5C-7C-8C-10C-11C-12C-13C-14C-15	C15
2	C-4C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-7C-8C-9C-10C-11	C4
2	C-4C-5C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-5C-7C-8C-9C-10C-11	C7
2	C-4C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-7C-8C-9C-10C-11	C8
2	C-4C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-7C-8C-9C-10C-11	C10
2	C-4C-5C-7C-8C-10C-11	C-4C-5C-6C-7C-8C-9C-10C-11	C-4C-5C-7C-8C-10C-11	C11
3	C-9	C-5C-6C-9	C-9	C9
4	C-6	C-5C-6	C-6	C6
5	C-5	C-5	C-5	C5

گام ششم) ترسیم مدل نهایی: پس از مشخص شدن سطوح هریک از فرآیندها و با در نظر گرفتن ماتریس دستیابی نهایی، مدل ساختاری تفسیری ترسیم می‌شود. مدل نهایی در شکل ۳ مشاهده می‌شود. این مدل، از ۵ سطح تشکیل شده است که سطح اول، تأثیرگذارترین و سطح پنجم آن تأثیرپذیرترین سطوح‌اند.

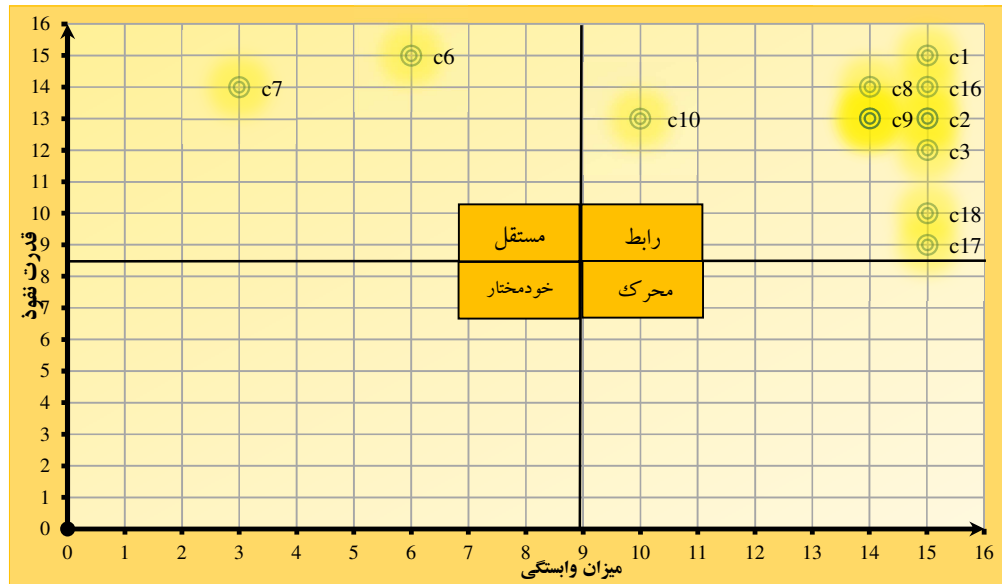


شکل ۳- مدل ساختاری تفسیری فرآیندهای زنجیره تأمین مبتنی بر مدل اسکور

Fig. 3- Interpretive structural model of supply chain processes based on SCORE model

ب) تحلیل شدت نفوذ و وابستگی (MICMAC)

با استفاده از شدت نفوذ و وابستگی هریک از توانمندی‌ها (جدول SSIM)، فرآیندها با استفاده از روش تحلیل میک‌مک گروه‌بندی می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- نمودار قدرت نفوذ و وابستگی

Fig. 4- Diagram of power of influence and dependence

ج) روش DANP

روش DANP (DEMATEL-based ANP) ترکیبی از دو تکنیک معروف در حوزه تصمیم‌گیری چند معیاره، یعنی روش DEMATEL و روش ANP است. این روش به منظور تحلیل پیچیدگی‌ها و روابط متقابل بین معیارهای مختلف در یک سیستم استفاده می‌شود (سی و همکاران^{۲۶}، ۲۰۱۸). روش DANP با استفاده از خروجی‌های روش DEMATEL، ورودی‌های روش ANP، پیچیدگی‌ها و روابط متقابل بین معیارها را تحلیل می‌کند. با شناسایی جامعه پژوهش، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش DEMATEL تجزیه و تحلیل می‌شود. در ادامه تلاش شده است تا فرآیندهای سطح یک و دو مدل‌سازی تفسیری که اهمیت بیشتری دارند، از گام اول تا پنجم براساس مراحل روش DEMATEL تجزیه و تحلیل شود. در گام‌های ششم تا نهم با استفاده از نتایج DEMATEL در ANP، ابتدا مسئله با توجه به روابط شناسایی شده در DEMATEL ساختاردهی و سپس مقایسه‌های زوجی انجام شده و سوپرماتریس با توجه به روابط تأثیرگذار و تأثیرپذیر تشکیل می‌شود. در نهایت، وزن‌های نهایی معیارها با استفاده از ANP محاسبه می‌شود.

جدول ۱۰- فرآیندهای اصلی زنجیره تأمین مبتنی بر سطح سوم مدل اسکور

Table 10- The main supply chain processes based on the third level of the score model

فرآیند	نماد	فرآیند	نماد
فرآیند ساخت که در آن مواد خام به سلفون تبدیل می‌شوند	C7	درک بازار فعلی، خواسته‌های مشتری و چشم‌انداز رقابتی	C1
نگهداری و مدیریت منظم ماشین‌آلات و تجهیزات	C8	پیش‌بینی تقاضای آتی برای همسورکردن سطح تولید و موجودی	C2
مدیریت سفارش‌های مشتری از دریافت تا پردازش	C9	تعیین ظرفیت تولید لازم برای تأمین تقاضای پیش‌بینی شده	C3
فرآیند برنامه‌ریزی و جابه‌جایی کالا از مرکز تولید به مشتری یا توزیع‌کننده	C10	تخصیص مؤثر منابع موردنیاز مانند مواد، نیروی کار و سرمایه	C4
فعالیت‌های مربوط به حمایت از مشتریان پس از خرید	C11	تحقیق و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه	C5
مدیریت بازگشت کالا از مشتریان به شرکت	C12	مذاکره درباره قراردادهایی که شامل قیمت‌گذاری، زمان‌بندی تحویل، استانداردهای کیفیت و دیگر شرایط می‌شود	C6

همان‌طور که در جدول (۱۰) مشاهده می‌شود، در این تحقیق ۱۲ فرآیند اصلی زنجیره تأمین مبتنی بر مدل اسکور شناسایی شده است. پرسش‌نامه‌های پژوهش بین ۱۰ خبره صنعتی و دانشگاهی با استفاده از روش دیمتل برای تجزیه و تحلیل و تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده استفاده شد.

گام اول: میانگین ماتریس A: این ماتریس ترکیبی از پاسخ‌های خبرگان است و عبارات آن براساس معادله ۲ محاسبه می‌شود و H تعداد خبرگان و x_{ij} مقادیری است که آنها نسبت به آن پاسخ می‌دهند. میانگین ماتریس پاسخ‌های کارشناسان، در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

$$a_{ij} = \frac{1}{H} \times \sum_{K=1}^H X_{ij}^{(K)} \quad (2)$$

جدول ۱۱- ماتریس میانگین

Table 11- Average matrix

	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1
C1	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۴	۳	۴	۴	۰
C2	۱	۲	۳	۴	۳	۳	۴	۳	۴	۴	۰	۴
C3	۲	۱	۲	۲	۲	۳	۲	۳	۳	۰	۳	۴
C4	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۳	۴	۰	۳	۴	۳
C5	۳	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۰	۳	۳	۲	۲
C6	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۰	۳	۳	۲	۳	۴
C7	۱	۲	۲	۳	۳	۰	۳	۴	۳	۴	۳	۳
C8	۲	۱	۲	۱	۰	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۱
C9	۲	۲	۲	۰	۲	۳	۳	۲	۳	۲	۳	۳
C10	۲	۳	۰	۳	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۲	۲
C11	۲	۰	۳	۱	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۴
C12	۰	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۲	۳

گام دوم. محاسبه ماتریس همبستگی‌های مستقیم **D**: ماتریس A معادلات ۳ و ۴ را به اولین ماتریس همبستگی‌های مستقیم به نام ماتریس D تبدیل می‌کند. به این ترتیب در جدول ۱۲، ماتریس رابطه برقرارشده روابط مستقیم به دست آمده و در مدل نمایش داده می‌شود.

$$D = m \times A \quad (3)$$

$$m = \min \left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right] \quad (4)$$

جدول ۱۲- ماتریس روابط نرمال‌شده روابط مستقیم (شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم)

Table 12- Matrix of normalized relationships of direct relationship (relative intensity governing direct relationships)

	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1
C1	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۱۱۴۳	۰
C2	۰/۰۲۸۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۱۱۴۳	۰	۰/۱۱۴۳
C3	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۸۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳
C4	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۸۵۷
C5	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۸۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱
C6	۰/۰۲۸۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳
C7	۰/۰۲۸۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷
C8	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۸۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۸۶	۰	۰/۰۲۸۶	۰/۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۸۶
C9	۰/۰۵۷۱	۰/۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷
C10	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۸۶	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱
C11	۰/۰۵۷۱	۰	۰/۰۸۵۷	۰/۰۲۸۶	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۱۱۴۳
C12	۰	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۵۷۱	۰/۰۸۵۷

گام سوم. محاسبه ماتریس ارتباط کامل (T): برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل، ابتدا ماتریس همانی تشکیل می‌شود؛ سپس ماتریس همانی (I) منهای ماتریس نرمال و سپس ماتریس حاصل معکوس می‌شود. در نهایت ماتریس نرمال در ماتریس معکوس ضرب می‌شود.

جدول ۱۳- ماتریس روابط کلی

Table 13- General relationship matrix

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰/۳۵۱۴	۰/۳۷۴۸	۰/۴۰۷۷	۰/۴۰۲۵	۰/۳۹۳	۰/۴۱۶۵	۰/۴۵۶۶	۰/۵۱۲	۰/۴۹۴	۰/۵۰۰۵	۰/۴۹۷۷	۰/۴۱۵۵	C1
۰/۳۰۱۷	۰/۳۵۰۶	۰/۴۰۵۹	۰/۴۲۸۳	۰/۴۱۶۱	۰/۴۱۸۱	۰/۴۸۰۵	۰/۴۹۰۵	۰/۵۱۷۲	۰/۵۰۰۸	۰/۳۹۷۲	۰/۵۱۷۷	C2
۰/۲۷۱۶	۰/۲۶۵۵	۰/۳۱۵۵	۰/۳۱۳۷	۰/۳۲۲۸	۰/۳۴۸۵	۰/۳۵۵۱	۰/۴۰۷۶	۰/۴۰۸۸	۰/۳۱۸۷	۰/۳۹۴۴	۰/۴۳۲۳	C3
۰/۳۰۵۷	۰/۳۵۲۶	۰/۳۵۸	۰/۳۷۸	۰/۳۶۷۷	۰/۳۹۱۹	۰/۴۲۸۹	۰/۴۸۲۳	۰/۳۸۳۸	۰/۴۴۶۷	۰/۴۶۸۸	۰/۴۶۳۳	C4
۰/۲۷۰۲	۰/۲۶۰۸	۰/۲۸۴	۰/۲۵۴۳	۰/۲۹۱۱	۰/۲۸۹۱	۰/۳۱۷۵	۰/۲۸۶۵	۰/۳۶۸۲	۰/۳۵۵۸	۰/۳۲۹۸	۰/۳۴۳۸	C5
۰/۲۵۱۹	۰/۲۹۶۶	۰/۳۲۲۲	۰/۳۱۸۹	۰/۳۵۵۲	۰/۳۵۴۶	۰/۳۰۸۵	۰/۴۱۶۲	۰/۴۱۶۹	۰/۳۸۰۶	۰/۴۰۲۸	۰/۴۴۰۴	C6
۰/۲۷۱۱	۰/۳۱۵۲	۰/۳۴۳۸	۰/۳۶۴۷	۰/۳۷۸۱	۰/۲۹۹۸	۰/۴۱۲۵	۰/۴۶۸۱	۰/۴۴۵۸	۰/۴۵۵۹	۰/۴۲۹۵	۰/۴۴۵۷	C7
۰/۲۰۴۸	۰/۱۹۱۳	۰/۲۳۴۷	۰/۲۰۵۶	۰/۱۸۶۵	۰/۲۱۳۲	۰/۲۶۰۹	۰/۳۰۴۲	۰/۲۸۲۳	۰/۲۷۱۹	۰/۲۶۹۸	۰/۲۵۵۹	C8
۰/۲۶۹۱	۰/۲۸۹۹	۰/۳۱۴۹	۰/۲۵۸۵	۰/۳۲۳۵	۰/۳۴۷۹	۰/۳۸	۰/۳۸۰۷	۰/۴۰۸	۰/۳۷۰۱	۰/۳۹۳۸	۰/۴۰۸۶	C9
۰/۲۵۲۱	۰/۲۹۳۹	۰/۲۳۸	۰/۳۱۲۱	۰/۲۹۸۷	۰/۲۷۳۱	۰/۳۲۷۳	۰/۳۴۸۹	۰/۳۷۸۷	۰/۳۶۴	۰/۳۴۰۶	۰/۳۵۵	C10
۰/۲۷۶۴	۰/۲۴۲۸	۰/۳۴۷۹	۰/۲۹۳۵	۰/۳۵۵۳	۰/۳۲۷۷	۰/۳۸۶۸	۰/۳۸۹۳	۰/۴۱۶۲	۰/۳۷۸۵	۰/۴۰۱۵	۰/۴۴۰۳	C11
۰/۲۱۱۹	۰/۲۸۵۱	۰/۳۳۴۴	۰/۳۰۵۱	۰/۳۴۲۲	۰/۳۱۴۶	۰/۳۷۱۸	۰/۳۷۲۵	۰/۳۹۹۹	۰/۳۶۱۴	۳۶۰۹	۰/۳۹۹۱	C12

گام چهارم. ایجاد نمودار علی معلولی: برای محاسبه نقشه رابطه شبکه، شدت آستانه را با نادیده گرفتن روابط جزئی و ترسیم شبکه‌ای از روابط معنی‌دار محاسبه کنید. فقط روابطی را با مقادیر بیشتر از مقدار آستانه در نقشه رابطه T نمایش دهید و همه مقادیر کوچک‌تر را صفر کنید.

جدول ۱۴- ماتریس روابط کلی- اعمال حد آستانه

Table 14- Matrix of general relationships-threshold limit applications

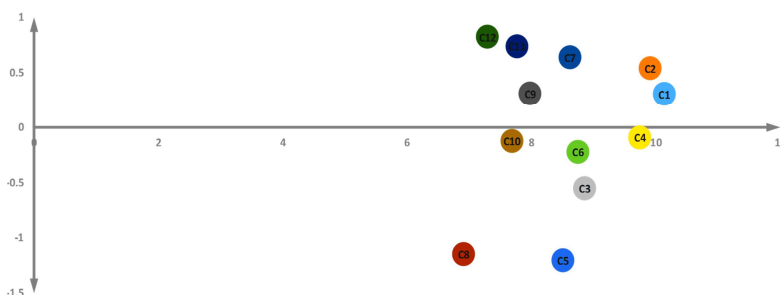
C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
.	۰/۳۷۴۸	۰/۴۰۷۷	۴۰۲۴	۰/۳۹۳	۰/۴۱۶۵	۰/۴۵۶۶	۰/۵۱۲	۰/۴۹۴	۰/۵۰۰۵	۰/۴۹۷۷	۰/۴۱۵۵	C1
.	.	۰/۴۰۵۹	۰/۴۲۸۳	۰/۴۱۶۱	۰/۴۱۸۱	۰/۴۸۰۵	۰/۴۹۰۵	۰/۵۱۷۲	۰/۵۰۰۸	۰/۳۹۷۲	۰/۵۱۷۷	C2
.	۰/۳۵۵۱	۰/۴۰۷۶	۰/۴۰۸۸	.	۰/۳۹۴۴	۰/۴۳۲۳	C3
.	.	۰/۳۵۸	۰/۳۷۸	۰/۳۶۷۷	۰/۳۹۱۹	۰/۴۲۸۹	۰/۴۸۲۳	۰/۳۸۳۸	۰/۴۴۶۷	۰/۴۶۸۸	۰/۴۶۳۳	C4
.	۰/۳۶۸۲	۰/۳۵۵۸	.	.	C5
.	.	.	.	۰/۳۵۵۲	.	.	۰/۴۱۶۲	۰/۴۱۶۹	۰/۳۸۰۶	۰/۴۰۲۸	۰/۴۴۰۴	C6
.	.	.	۰/۳۶۴۷	۰/۳۷۸۱	.	۰/۴۱۲۵	۰/۴۶۸۱	۰/۴۴۵۸	۰/۴۵۵۹	۰/۴۲۹۵	۰/۴۴۵۷	C7
.	C8
.	۰/۳۸	۰/۳۸۰۷	۰/۴۰۸	۰/۳۷۰۱	۰/۳۹۳۸	۰/۴۰۸۶	C9
.	۰/۳۷۸۷	۰/۳۶۴	.	۰/۳۵۵	C10
.	.	.	.	۰/۳۵۵۳	.	۰/۳۸۶۸	۰/۳۸۹۳	۰/۴۱۶۲	۰/۳۷۸۵	۰/۴۰۱۵	۰/۴۴۰۳	C11
.	۰/۳۷۱۸	۰/۳۷۲۵	۰/۳۹۹۰	۰/۳۶۱۴	۰/۳۶۰۹	۰/۳۹۹۱	C12

جدول ۱۵- اهمیت و تاثیرپذیری فرآیندها

Table 15- Importance and effectiveness of processes

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۴/۰۵۵۸	۴/۲۵۶۱	۳/۷۸۲۴	۴/۱۴۵	۲/۸۸۰۹	۴/۶۳۰۱	۴/۲۶۴۸	۳/۶۵۱۱	۴/۸۲۷۶	۴/۱۵۴۵	۵/۲۲۴۶	۵/۲۲۲۲	R
۳/۲۳۸	۳/۵۱۹۱	۳/۹۰۷	۳/۸۳۵۲	۴/۰۳۰۳	۳/۹۹۴۹	۴/۴۸۶۳	۴/۸۵۸۶	۴/۹۱۹۸	۴/۷۰۴۹	۴/۶۸۶۸	۴/۹۱۷۵	C
۷/۲۹۶۷	۷/۷۷۵۲	۷/۶۸۹۴	۷/۹۸۰۲	۶/۹۱۱۲	۸/۶۲۵	۸/۷۵۱۱	۸/۵۰۹۸	۹/۷۴۷۴	۸/۸۵۹۴	۹/۹۱۱۴	۱۰/۱۴	C+R
۰/۸۲۰۸	۰/۷۳۷	-۰/۱۲۵	۰/۳۰۹۹	-۱/۱۴۹	۰/۶۳۵۳	-۰/۲۲۲	-۱/۲۰۷	-۰/۰۹۲	-۰/۵۵	۰/۵۳۷۸	۰/۳۰۴۷	R-C

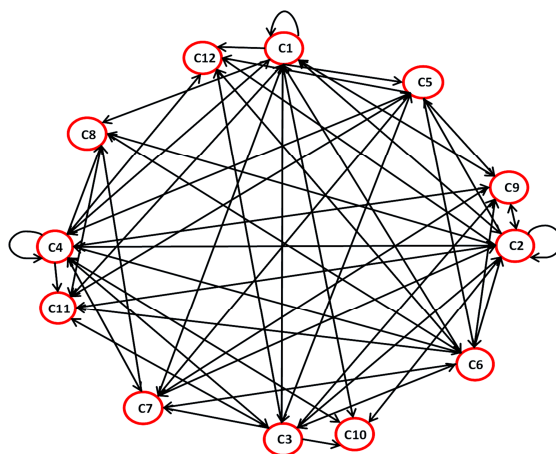
گام پنجم. رسم نمودار علی (علت و معلولی): نمودار نتایج ماتریس روابط عمومی را نشان می‌دهد که محور افقی R+D مشخص‌کننده اهمیت فرآیندهاست و محور عمودی D-R فرآیندها را به گروه‌های علت و معلولی تقسیم می‌کند. مقادیر مثبت نشان‌دهنده علت و مقادیر منفی نشان‌دهنده تأثیرند.



شکل ۵- نمودار علت و معلولی

Fig. 5- Cause and effect diagram

بردار افقی (D+R)، میزان تأثیر و تأثر عامل مدنظر در سیستم را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با دیگر عوامل سیستم دارد. در این تحقیق درک بازار فعلی، خواسته‌های مشتری و چشم‌انداز رقابتی، بیشترین تأثیرگذاری را دارد. این تحقیق از یک بردار عمودی (D-R) برای نشان‌دادن تأثیر عوامل استفاده می‌کند که D-R مثبت نشان‌دهنده علت و D-R منفی نشان‌دهنده تأثیر است. درک بازار، خواسته‌های مشتری، پیش‌بینی چشم‌انداز رقابتی، فرآیندهای تولید، مدیریت سفارش مشتری، پشتیبانی مشتری و بازده را پوشش می‌دهد. مدل این پژوهش به صورت شکل (۵) است.



شکل ۶- نقشه روابط شبکه‌ای

Fig. 6- Map of network relationships

گام ششم. نرمال‌سازی ماتریس روابط کلی (سوپرماتریس ناموزون): در این بخش هرکدام از درایه‌های جدول ۱۲ (ماتریس روابط کلی) بر جمع هر سطرش تقسیم می‌شود که در نتیجه سوپرماتریس ناموزون تشکیل و در جدول ۱۶ آورده شده است.

جدول ۱۶- سوپرماتریس ناموزون
Table 16- Unbalanced supermatrix

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰/۰۶۷۳	۰/۰۷۱۸	۰/۰۷۸۱	۰/۰۷۷۱	۰/۰۷۵۳	۰/۰۸۹۷	۰/۰۸۷۴	۰/۰۹۸۰	۰/۰۹۴۶	۰/۰۹۵۸	۰/۰۹۵۳	۰/۰۷۹۶	C1
۰/۰۵۷۷	۰/۰۶۷۱	۰/۰۷۷۷	۰/۰۸۲۰	۰/۰۷۹۶	۰/۰۸۰۰	۰/۰۹۲۰	۰/۰۹۳۹	۰/۰۹۹۰	۰/۰۹۵۹	۰/۰۷۶۰	۰/۰۹۹۱	C2
۰/۰۶۵۴	۰/۰۶۳۹	۰/۰۷۵۹	۰/۰۷۵۵	۰/۰۷۷۷	۰/۰۸۳۹	۰/۰۸۵۵	۰/۰۹۸۱	۰/۰۹۸۴	۰/۰۷۶۷	۰/۰۹۴۹	۰/۰۱۰۴۱	C3
۰/۰۶۳۳	۰/۰۷۳۰	۰/۰۷۴۲	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۶۲	۰/۰۸۱۲	۰/۰۸۸۸	۰/۰۹۹۹	۰/۰۷۹۵	۰/۰۹۲۵	۰/۰۹۷۱	۰/۰۹۶۰	C4
۰/۰۷۴۰	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۷۸	۰/۰۶۹۷	۰/۰۷۹۷	۰/۰۷۹۲	۰/۰۸۷۰	۰/۰۷۸۵	۰/۰۱۰۰۸	۰/۰۹۷۵	۰/۰۹۰۳	۰/۰۹۴۲	C5
۰/۰۵۹۱	۰/۰۶۹۵	۰/۰۷۵۵	۰/۰۷۴۸	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۳۱	۰/۰۷۲۳	۰/۰۹۷۶	۰/۰۹۷۸	۰/۰۸۹۲	۰/۰۹۴۴	۰/۰۱۰۳۳	C6
۰/۰۵۸۶	۰/۰۶۸۱	۰/۰۷۴۳	۰/۰۷۸۸	۰/۰۸۱۷	۰/۰۶۴۷	۰/۰۸۹۱	۰/۰۱۰۱۱	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۸۵	۰/۰۹۲۸	۰/۰۹۶۳	C7
۰/۰۷۱۱	۰/۰۶۶۴	۰/۰۸۱۵	۰/۰۷۱۴	۰/۰۶۴۷	۰/۰۷۴۰	۰/۰۹۰۶	۰/۰۱۰۵۶	۰/۰۹۸۰	۰/۰۹۴۴	۰/۰۹۳۶	۰/۰۸۸۸	C8
۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۹۹	۰/۰۷۶۰	۰/۰۶۲۴	۰/۰۷۸۰	۰/۰۸۳۹	۰/۰۹۱۷	۰/۰۹۱۸	۰/۰۹۸۴	۰/۰۸۹۳	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۸۶	C9
۰/۰۶۶۷	۰/۰۷۷۷	۰/۰۶۲۹	۰/۰۸۲۵	۰/۰۷۹۰	۰/۰۷۲۲	۰/۰۸۶۵	۰/۰۹۲۲	۰/۰۱۰۰۱	۰/۰۹۶۲	۰/۹۰۰	۰/۰۹۳۹	C10
۰/۰۶۴۹	۰/۰۵۷۰	۰/۰۷۱۸	۰/۰۶۹۰	۰/۰۸۳۵	۰/۰۷۷۰	۰/۰۹۰۹	۰/۰۹۱۵	۰/۰۹۷۸	۰/۰۸۸۹	۰/۰۹۴۳	۰/۰۱۰۳۴	C11
۰/۰۵۲۲	۰/۰۷۰۲	۰/۰۸۲۴	۰/۰۷۵۲	۰/۰۸۴۳	۰/۰۷۷۵	۰/۰۹۱۶	۰/۰۹۱۸	۰/۰۹۸۵	۰/۰۸۹۰	۰/۰۸۸۹	۰/۰۹۸۳	C12

گام هفتم. تشکیل سوپرماتریس موزون: سوپرماتریس ناموزون در جدول ۱۵ جابه‌جا و پس از تغییر سطرها و ستون‌ها، ابرماتریس متعادلی در جدول ۱۷ ایجاد می‌شود.

جدول ۱۷- سوپرماتریس موزون
Table 17- Balanced supermatrix

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰/۰۹۸۳	۰/۱۰۳۴	۰/۰۹۳۹	۰/۰۹۸۶	۰/۰۸۸۸	۰/۰۹۶۳	۰/۱۰۳۳	۰/۰۹۴۲	۰/۰۹۶۰	۰/۱۰۴۱	۰/۰۹۹۱	۰/۰۷۹۶	C1
۰/۰۸۸۹	۰/۰۹۴۳	۰/۰۹۰۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۳۶	۰/۰۹۲۸	۰/۰۹۴۴	۰/۰۹۰۳	۰/۰۹۷۱	۰/۰۹۴۹	۰/۰۷۶۰	۰/۰۹۵۳	C2
۰/۰۸۹۰	۰/۰۸۸۹	۰/۰۹۶۲	۰/۰۸۹۳	۰/۰۹۴۴	۰/۰۹۸۵	۰/۰۸۹۲	۰/۰۹۷۵	۰/۰۹۲۵	۰/۰۷۶۷	۰/۰۹۵۹	۰/۰۹۵۸	C3
۰/۰۹۸۵	۰/۰۹۷۸	۰/۱۰۰۱	۰/۰۹۸۴	۰/۰۹۸۹	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۷۸	۰/۱۰۰۸	۰/۰۷۹۵	۰/۰۹۸۴	۰/۰۹۹۰	۰/۰۹۴۶	C4
۰/۰۹۱۸	۰/۰۹۱۵	۰/۰۹۲۲	۰/۰۹۱۸	۰/۱۰۵۶	۰/۱۰۱۱	۰/۰۹۷۶	۰/۰۷۸۵	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۸۱	۰/۰۹۳۹	۰/۰۹۸۰	C5
۰/۰۹۱۶	۰/۰۹۰۹	۰/۰۸۶۵	۰/۰۹۱۷	۰/۰۹۰۶	۰/۰۸۹۱	۰/۰۷۲۳	۰/۰۸۷۰	۰/۰۸۸۸	۰/۰۸۵۵	۰/۰۹۲۰	۰/۰۸۷۴	C6
۰/۰۷۷۵	۰/۰۷۷۰	۰/۰۷۲۲	۰/۰۸۳۹	۰/۰۷۴۰	۰/۰۶۴۷	۰/۰۸۳۱	۰/۰۷۹۲	۰/۰۸۱۲	۰/۰۸۳۹	۰/۰۸۰۰	۰/۰۷۹۸	C7
۰/۰۸۴۳	۰/۰۸۳۵	۰/۰۸۹۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۶۴۷	۰/۰۸۱۷	۰/۰۸۳۳	۰/۰۷۹۷	۰/۰۷۶۲	۰/۰۷۷۷	۰/۰۷۹۶	۰/۰۷۵۳	C8
۰/۰۷۲۵	۰/۰۶۹۰	۰/۰۸۲۵	۰/۰۶۲۴	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۸۸	۰/۰۷۴۸	۰/۰۶۹۷	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۵۵	۰/۰۸۲۰	۰/۰۷۷۱	C9
۰/۰۸۲۴	۰/۰۸۱۷	۰/۰۶۲۹	۰/۰۷۶۰	۰/۰۸۱۵	۰/۰۷۴۳	۰/۰۷۵۵	۰/۰۷۷۸	۰/۰۷۴۲	۰/۰۷۵۹	۰/۰۷۷۷	۰/۰۷۸۱	C10
۰/۰۷۰۲	۰/۰۵۷۰	۰/۰۷۷۷	۰/۰۶۹۹	۰/۰۶۶۴	۰/۰۶۸۱	۰/۰۶۵۹	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۳۰	۰/۰۶۳۹	۰/۰۶۷۱	۰/۰۷۱۸	C11
۰/۰۵۲۲	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۶۷	۰/۰۶۴۹	۰/۰۷۱۱	۰/۰۵۸۶	۰/۰۵۹۱	۰/۰۷۴۰	۰/۰۶۳۳	۰/۰۶۵۴	۰/۰۵۷۷	۰/۰۶۷۳	C12

گام هشتم. تشکیل سوپرماتریس حدی: در این بخش سوپرماتریس موزون، که در جدول ۱۶ آورده شده است، به توان رسانده می‌شود تا اعداد هر سطر به سمت عددی واحد همگرا شوند که در این پژوهش در توان ۵ همگرایی انجام و سوپرماتریس حدی در جدول ۱۸ آورده شده است.

جدول ۱۸- سوپرماتریس حدی

Table 18- Limit supermatrix

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	۰/۰۹۶۱	C1
۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	۰/۰۹۱۹	C2
۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	۰/۰۹۲۱	C3
۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	۰/۰۹۶۳	C4
۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	۰/۰۹۵۰	C5
۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	۰/۰۸۷۶	C6
۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	C7
۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	۰/۰۷۸۴	C8
۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۰۷۴۹	C9
۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	۰/۰۷۶۴	C10
۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۰	C11
۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	۰/۰۶۴۰	C12

گام نهم. تعیین وزن نهایی فرآیندها: درایه‌های سوپرماتریس حدی، همان وزن نهایی فرآیندها می‌شود که در جدول ۱۹ نیز به صورت رتبه‌بندی آورده شده است.

جدول ۱۹- وزن و رتبه نهایی فرآیندها

Table 19- weight and final rating of criteria

ردیف	نماد	وزن نهایی	رتبه
۱	C1	۰/۰۹۶۱	۲
۲	C2	۰/۰۹۱۹	۵
۳	C3	۰/۰۹۲۱	۴
۴	C4	۰/۰۹۶۳	۱
۵	C5	۰/۰۹۵۰	۳
۶	C6	۰/۰۸۷۶	۶
۷	C7	۰/۰۷۸۳	۸
۸	C8	۰/۰۷۸۴	۷
۹	C9	۰/۰۷۴۹	۱۰
۱۰	C10	۰/۰۷۶۴	۹
۱۱	C11	۰/۰۶۹۰	۱۱
۱۲	C12	۰/۰۶۴۰	۱۲

۶- بحث

این مطالعه، زنجیره تأمین تولید سلفون را با استفاده از مدل SCOR و تکنیک‌های ISM-DANP ارزیابی می‌کند. سه سطح اصلی، بیست فرآیند ارزیابی شده با استفاده از دلفی فازی و پنج سطح از مدل ISM بررسی شد. این تحقیق بر درک بازار، خواسته‌های مشتری، تخصیص منابع، شناسایی تأمین‌کننده، مذاکره قرارداد، تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات، استانداردهای کیفیت، انطباق صنعت و استراتژی‌های کاهش ریسک تمرکز دارد. در مقالات مشابه نیز از مدل SCOR برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین و از مدل‌های ISM و DEMATEL برای تحلیل روابط و تأثیرات استفاده شده است؛ این نشان‌دهنده توافق عمومی در استفاده از این مدل‌ها برای بررسی زنجیره تأمین است (امین و ژانگ^{۳۷}، ۲۰۱۲؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۶).

این تحقیق فرآیندهای زنجیره تأمین را در پنج سطح طبقه‌بندی کرد که سطوح یک بیشترین و پنج کم‌ترین تأثیر را دارند. این سطوح شامل درک روندهای بازار، خواسته‌های مشتری و چشم‌اندازهای رقابتی، شناسایی ریسک‌ها و تدوین استراتژی‌هایی برای کاهش آنهاست که برای پاسخ مؤثر بازار و نیازهای مشتری بسیار مهم است. عوامل در سطح اول برای تصمیم‌گیری استراتژیک و برنامه‌ریزی عملیاتی بسیار مهم‌اند. شناسایی ریسک‌ها و تدوین استراتژی‌ها در سطح پنجم، انعطاف‌پذیری، پایداری و رقابت زنجیره تأمین را در مواجهه با اختلالات تضمین می‌کند. درک پویایی بازار و مدیریت ریسک برای چابکی، کارایی و قدرت زنجیره تأمین یک شرکت بسیار مهم است. تجزیه و تحلیل منظم روندهای بازار، درک نیازهای مشتری، نظارت بر اقدامات رقبا و توسعه یک رویکرد ساختاریافته برای شناسایی، ارزیابی و کاهش ریسک‌های زنجیره تأمین، مزیت رقابتی یک شرکت تولیدی را افزایش می‌دهد و اطمینان حاصل می‌کند که موقعیت خوبی برای مقابله با چالش‌های فعلی و آینده دارد. این مطالعه فرآیندها را با استفاده از روش تحلیل شدت نفوذ و وابستگی تجزیه و تحلیل می‌کند و تأثیر زیاد و وابستگی کم فرآیندهایی مانند شناسایی ریسک و استانداردهای صنعت را نشان می‌دهد، در حالی که متغیرهای رابط، وابستگی و تأثیر بالایی دارند. یک استراتژی شناسایی ریسک که به‌خوبی توسعه یافته است، به پیش‌بینی اختلالات و حفظ عملیات کمک می‌کند.

پیشنهادها برای مدیریت این فرآیندها عبارت‌اند از: (۱) فرآیندهای قوی را برای شناسایی ریسک و تدوین استراتژی برای مدیریت فعالانه اختلالات احتمالی ایجاد کنید؛ (۲) به‌طور منظم اقدامات مربوط به انطباق را به‌روز و حسابرسی کنید تا با قوانین، مقررات و استانداردهای فعلی صنعت مطابقت داشته باشد؛ (۳) انعطاف‌پذیری متغیرهای رابط را با ایجاد سیستم‌های منعطف بهبود ببخشید که به‌سرعت با تغییرات سازگار می‌شوند؛ (۴) از بینش‌های حاصل از تجزیه و تحلیل MICMAC برای اولویت‌بندی ابتکارات استراتژیک استفاده کنید که بیشترین تأثیر را بر زنجیره تأمین دارند.

تمامی فرآیندهای سطح یک و دو مدل ساختاری تفسیری فرآیندهای زنجیره تأمین که شامل دوازده فرآیند است، با استفاده از روش DEMATEL تجزیه و تحلیل شد. مقدار بالاتر (D+R) عاملی را نشان می‌دهد که تعاملات بیشتری دارد و در شبکه روابط در زنجیره تأمین مرکزی‌تر است؛ یعنی درک بازار فعلی، خواسته‌های مشتری و چشم‌انداز رقابتی بسیار مهم است؛ زیرا این عوامل بیشترین تأثیر را بر سیستم کلی دارند. برای تأکید بر اهمیت این

موضوع ۱) شرکت‌ها باید فرآیندهای زنجیره تأمین را با نیازهای مشتری همسو کنند تا از رضایت و وفاداری اطمینان حاصل شود؛ ۲) به‌طور منظم تجزیه و تحلیل SWOT را برای درک توانمندی، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در چشم‌انداز رقابتی انجام دهند و ۳) این مطالعه یک فرآیند مدیریت تغییر قوی، از جمله ارزیابی تأثیر، مشاوره با ذی‌نفعان و برنامه‌ریزی و اجرای دقیق را به‌دلیل تأثیر درخور توجه تغییرات پیشنهاد می‌کند.

نتایج این تحقیق با یافته‌های مطالعه چنگ و همکاران^{۲۸} (۲۰۱۸) همخوانی دارد و هر دو مطالعه بر اهمیت تخصیص منابع و مدیریت ریسک تأکید دارند. این مطالعه بر مدیریت سبز زنجیره تأمین تمرکز دارد و از تکنیک‌های ترکیبی DANP و روش‌های فازی برای بهبود عملکرد تأمین‌کنندگان سبز استفاده می‌کند. مطالعه تسای و همکاران (۲۰۲۳) از روش‌های ترکیبی مانند DANP برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سبز استفاده کرد و نتایج هم‌راستا با این پژوهش، بر تخصیص منابع مناسب تأکید دارند. تحقیق روثل و همکاران (۲۰۲۱) به اهمیت ساختارهای انعطاف‌پذیر برای بقا و پایداری زنجیره تأمین اشاره کرده است که با نتایج این پژوهش درباره اهمیت شناسایی ریسک‌ها و تدوین استراتژی‌های کاهش ریسک همخوانی دارد. نوآوری در زنجیره تأمین و همکاری با تأمین‌کنندگان منتخب، بهبود کارایی زنجیره تأمین را به‌همراه دارد. این نتیجه با نتایج این پژوهش درباره اهمیت تخصیص مؤثر منابع و همکاری قوی با تأمین‌کنندگان همخوانی دارد. نتایج مطالعه آگی و نیشانت^{۲۹} (۲۰۱۷) نشان می‌دهد عوامل کلیدی نظیر اعتماد و تعهد مدیریت ارشد بر اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت زنجیره تأمین سبز تأثیر دارند. این یافته‌ها با نتایج این پژوهش درباره اهمیت درک بازار و نیازهای مشتری هم‌راستاست. در این پژوهش با استفاده از تحلیل MICMAC، تأثیرات و وابستگی‌های فرآیندها را بررسی کرده و اهمیت فرآیندهایی مانند شناسایی ریسک و استانداردهای صنعت را نشان داده است. مطالعه تسانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز با استفاده از تحلیل MICMAC عوامل مؤثر را بر انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین بررسی کرده است. این نشان‌دهنده کارایی این روش در تحلیل وابستگی‌ها و تأثیرات در زنجیره تأمین است. در این مطالعه به‌طور خاص بر شناسایی و مدیریت ریسک‌ها و تدوین استراتژی‌های کاهش آنها تمرکز کرده است. در مقاله فیصل و همکاران^{۳۰} (۲۰۰۶) نیز به اهمیت شناسایی ریسک و تدوین استراتژی‌های مناسب برای کاهش آنها تأکید شده است؛ این نشان‌دهنده اهمیت مدیریت ریسک در بهبود عملکرد زنجیره تأمین است.

۷- نتیجه‌گیری

تکنیک DANP، ترکیبی از DEMATEL و ANP، برای رتبه‌بندی فرآیندهای زنجیره تأمین و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه، با وزن‌های نهایی فهرست و در جدول ۱۹ برای وضوح از آنها استفاده شد. در این جدول، تخصیص مؤثر منابع مورد نیاز مانند مواد، نیروی کار و سرمایه در رتبه اول قرار گرفت. تخصیص مؤثر منابع یک جزء حیاتی در زنجیره تأمین، به‌ویژه در تولید سلفون است؛ این شامل توزیع استراتژیک مواد، نیروی کار و سرمایه است تا اطمینان حاصل شود که فرآیند تولید کارآمد، مقرون به صرفه و پاسخگو به تقاضاهای بازار است. تخصیص منابع به‌طور مؤثر، هزینه‌ها را کنترل می‌کند، کارایی زنجیره تأمین را بهبود بخشید و تضمین می‌کند که کیفیت محصول مطابق با استانداردهای صنعت و انتظارات مشتری در تولید سلفون باشد.

براساس استفاده از تکنیک DANP برای رتبه‌بندی فرآیندهای زنجیره تأمین و شناسایی تأمین‌کنندگان بالقوه، نتایج نشان‌دهنده اهمیت بالای تخصیص مؤثر منابع است. در ادامه، چند پیشنهاد برای بهبود این فرآیندها در زنجیره تأمین تولید سلفون ارائه می‌شود:

۱. تخصیص مؤثر منابع: با استفاده از سیستم‌های مدیریت منابع پیشرفته (ERP) و تکنیک‌های بهینه‌سازی، توزیع مواد اولیه به صورت بهینه انجام شود تا از هدررفت و هزینه‌های اضافی جلوگیری شود. پیاده‌سازی روش‌های مدیریت موجودی مانند JIT (Just-In-Time) برای کاهش هزینه‌های نگهداری و افزایش کارایی پیشنهاد می‌شود؛
۲. افزایش کارایی زنجیره تأمین: فناوری‌های اینترنت اشیا (IoT) را برای نظارت بر فرآیندهای تولید و حمل‌ونقل به صورت بلادرنگ پیاده‌سازی و از ربات‌ها و اتوماسیون در خطوط تولید برای افزایش سرعت و دقت فرآیندها استفاده کنید. همچنین مسیرهای حمل‌ونقل را با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته مسیریابی، بهینه‌سازی کنید؛
۳. تضمین کیفیت محصول: از استانداردهای بین‌المللی مانند ISO 9001 برای اطمینان از کیفیت مستمر محصولات استفاده شود. از سیستم‌های دریافت بازخورد از مشتریان، برای ارزیابی رضایت و شناسایی ضعف محصولات استفاده کنید؛
۴. مدیریت ریسک: روش‌های ارزیابی ریسک مانند FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های مختلف را در زنجیره تأمین پیاده‌سازی کنید. استراتژی‌های کاهش ریسک را با توجه به تحلیل‌های انجام‌شده و اجرای برنامه‌های مدیریت بحران ایجاد و از تأمین‌کنندگان متعدد برای کاهش وابستگی به یک منبع خاص استفاده کنید.

References

- Amin, S. H., & Zhang, G. (2012). An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach. *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6782–6791. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.12.056>
- Agi, M., & Nishant, R. (2017). Understanding influential factors on implementing green supply chain management practices: An interpretive structural modelling analysis. *Journal of Environmental Management*, 188, 351–363. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.081>
- Chuang, Y., Hu, S., Liou, J. J. H., & Lo, H. (2018). Building a decision dashboard for improving green supply chain management. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(05), 1363–1398. <https://doi.org/10.1142/s0219622018500281>
- Cuthbertson, R., & Piotrowicz, W. (2011). Performance measurement systems in supply chains. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(6), 583–602. <https://doi.org/10.1108/17410401111150760>
- Dolgui, A., Ivanov, D., & Sokolov, B. (2017). Ripple effect in the supply chain: an analysis and recent literature. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 414–430. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1387680>
- Faisal, M. N., Banwet, D., & Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modeling the enablers. *Business Process Management Journal*, 12(4), 535–552. <https://doi.org/10.1108/14637150610678113>
- Freije, I., De La Calle, A., & Ugarte, J. V. (2022). Role of supply chain integration in the product innovation capability of servitized manufacturing companies. *Technovation*, 118, 102216. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102216>
- Guo, R., & Wu, Z. (2022). Social sustainable supply chain performance assessment using hybrid fuzzy-AHP-DEMATEL-VIKOR: a case study in manufacturing enterprises. *Environment*,

- Development and Sustainability*, 25(11), 12273–12301. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02565-3>
- Harrison, A., and Van Hoek, R. (2008). *Logistics management and strategy: competing through the supply chain*. Prentice-Hall.
- Jenkins, A. (2023, September 8). *Guide to inbound and Outbound logistics: Processes, differences and how to Optimize*. Oracle NetSuite. <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/inbound-outbound-logistics.shtml>
- Kiriş, S. B., Börekçi, D. Y., & Koç, T. (2019). A Methodology Proposal for Supplier Performance Evaluation: Fuzzy DEMATEL Method with Sustainability Integrated SCOR Model. *In Advances in intelligent systems and computing* (pp. 488–496). https://doi.org/10.1007/978-3-030-23756-1_61
- Khan, S. a. R., & Yu, Z. (2019). Introduction to supply chain management. *In EAI/Springer Innovations in Communication and Computing* (pp. 1–22). https://doi.org/10.1007/978-3-030-15058-7_1
- Khan, S. A., & Zaman, S. I. (2023). Supply Chain Performance Measurement: current challenges and opportunities. *In Springer eBooks* (pp. 1–18). https://doi.org/10.1007/978-3-030-89822-9_27-1
- Lotfi, F. H., Allahviranloo, T., Shafiee, M., & Saleh, H. (2023). Supply chain management. *In Springer eBooks* (pp. 1–46). https://doi.org/10.1007/978-3-031-28247-8_1
- Moharamkhani, A., Bozorgi-Amiri, A., & Mina, H. (2017). Supply chain performance measurement using SCOR model based on interval-valued fuzzy TOPSIS. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 27(1), 115. <https://doi.org/10.1504/ijlsm.2017.083225>
- Razi Khanegah, Z., & Foukerdi, A. (2021). A SCOR-based Sustainable Performance Evaluation System: A Case of Sepahan Cement Company. *Industrial Management Journal*, 13(2), 246-277. (In Persian). <https://10.22059/imj.2021.319358.1007824>
- Ricardianto, P., Barata, F. A., Mardiyani, S., Setiawan, E. B., Subagyo, H., Saribanon, E., & Endri, E. (2022). Supply chain management evaluation in the oil and industry natural gas using SCOR model. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(3), 797–806. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.4.001>
- Ross, T.J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. 3rd Edition, Wiley, Hoboken. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119994374>
- Ruel, S., Baz, J. E., Ivanov, D., & Das, A. (2021). Supply chain viability: conceptualization, measurement, and nomological validation. *Annals of Operation Research/Annals of Operations Research*, 335(1), 1-30 <https://doi.org/10.1007/s10479-021-03974-9>
- Shaikh, S. A., Yaqoob, M., & Aggarwal, P. (2021). An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current Research in Food Science*, 4, 503–520. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2021.07.005>
- Sillanpää, I. (2011). *Supply chain performance measurement in the manufacturing industry: a single case study research to develop a supply chain performance measurement framework* [Master Thesis, University of Oulu, Faculty of Technology, Department of Industrial Engineering and Management]. <https://urn.fi/URN:ISBN:9789514293269>
- Si, S., You, X., Liu, H., & Zhang, P. (2018). DEMATEL Technique: A Systematic review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, (1), 1–33. <https://doi.org/10.1155/2018/3696457>
- Taghavifard, M. T., Khani, A. M., & Beyrami, S. (2023). Green HR Model Design in Small and Medium Industries Using Interpretive Structural Modeling (ISM). *Management Studies in Development and Evolution*, 32(107), 75-108. (In Persian). <https://10.22054/jmsd.2022.66417.4111>
- Talukder, B., & Tripathi, S. (2021). Impact of supply chain performance on firms' export capability: development of a statistical model. *Global Business Review*, 1-20. <https://doi.org/10.1177/09721509211044303>

- Torabi, H., & Nosrati, M. (2023). Evaluation of Supply Chain Performance Based on SCOR Criteria (Case Study: Zanjan Zinc Refinery Company). *Supply Chain Management*, 25(79), 39-48. (In Persian).
- Tsai, J., Shen, S., & Lin, M. (2023). Applying a hybrid MCDM model to evaluate green supply chain management practices. *Sustainability*, 15(3), 2148. <https://doi.org/10.3390/su15032148>
- Tseng, M., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., & Afrin, S. (2019). A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 145–162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.009>
- Wang, X., Kumar, V., Kumari, A., & Kuzmin, E. (2022). Impact of digital technology on supply chain efficiency in manufacturing industry. In *Springer eBooks* (pp. 347–371). https://doi.org/10.1007/978-3-030-94617-3_25
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>
- Zeng, L., Liu, S. Q., Kozan, E., Corry, P., & Masoud, M. (2021). A comprehensive interdisciplinary review of mine supply chain management. *Resources Policy*, 74, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102274>

¹ Khan & Yu

² Zeng et al.

³ Cuthbertson & Piotrowicz

⁴ Dolgui et al.

⁵ Ricardianto et al.

⁶ Moharamkhani et al.

⁷ Talukder & Tripathi

⁸ Sillanpää

⁹ Wang et al.

¹⁰ Shaikh et al.

¹¹ Khan & Zaman

¹² Torabi & Nosrati

¹³ Razi Khaneqah & Foukerdi

¹⁴ Kiriş et al.

¹⁵ Tsang et al.

¹⁶ Ruel et al.

¹⁷ Guo & Wu.

¹⁸ Tsai et al.

¹⁹ Jenkins

²⁰ Freije et al.

²¹ Lotfi et al.

²² Harrison and Van Hoek

²³ Ross

²⁴ Structural self-interaction matrix

²⁵ Taghavifard et al.

²⁶ Si et al.

²⁷ Amin & Zhang

²⁸ Chuang et al.

²⁹ Agi and Nishant

³⁰ Faisal et al.