



Research in Production and Operations Management

University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329

Vol. 17, Issue 1, No. 44, 2026



DOI: [10.22108/pom.2026.144892.1617](https://doi.org/10.22108/pom.2026.144892.1617)

(Research paper)

A Framework for Strengthening and Sustaining Supplier Relationships in Engineering-To-Order Manufacturing Systems

Meisam Shahbazi*

Department of Industrial Management and Technology, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Tehran, Iran, meisamshahbazi@ut.ac.ir

Mahdi Hooshmand

Department of Industrial Management and Technology, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Tehran, Iran, mahdi.hooshmand@ut.ac.ir

Fahimeh Norouzzadehghalhar

Department of Industrial Management and Technology, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Tehran, Iran, f.norouzzade@ut.ac.ir

Purpose: Engineering-to-order supply chains play a significant role in production and technological development. Many capital goods—such as production machinery, power plant equipment, aircraft, and ships—are produced within these systems. As suppliers of production machinery, they also influence other production systems. Based on observations, one of the main challenges in ETO supply chains is the durability and reliability of supplier relationships. The items required by these systems are extremely diverse while order quantities are often very small. Consequently, there is a persistent risk that supplier relationships will be terminated prematurely due to lack of economies of scale. It is therefore essential to identify and adopt solutions to address this problem.

Design/methodology/approach: After reviewing the literature, the required data were collected through interviews with experts from ETO companies, including Mapna Locomotive, Mapna Boiler, Iranian Shipbuilding Industries, and Dorna Aerospace Company. The interview results were organized and analyzed using thematic analysis. In the next phase, using the Best–Worst Method, Interpretive Structural Modeling, and MICMAC analysis, the solutions were ranked and their interrelationships examined.

* Corresponding author, [0000-0002-7801-8767](https://orcid.org/0000-0002-7801-8767)



Findings: The results show that "postponement and process redesigning" and "guaranteeing a minimum specific purchase value" are two important strategies, respectively, from the categories of structural solutions and financial dimensions. On the other hand, diversification of the supplier portfolio has not been identified as a priority and is not recommended as an effective solution for strengthening relationships with suppliers in ETO supply chains. Based on the interrelationship analysis, "postponement and process redesigning" is at the highest level of the ISM model, which means it receives the most influence from other strategies. It is also in the dependency area in the MICMAC matrix, meaning it has a high dependency on other solutions. Conversely, "increasing ownership" is a fundamental solution for strengthening relationships with suppliers in the ETO supply chain and is located at the basic level of the ISM model. As shown in the MICMAC matrix, "guaranteeing a minimum purchase value", "increasing ownership", and "training the supplier workforce and knowledge transfer" have a high influence on other solutions and can play an effective role in maintaining the supplier base of the ETO system.

Research limitations/implications: One common limitation in this type of research is the difficulty of evaluating the effectiveness of solutions in a data-driven, empirical manner. Doing so requires focusing on a specific project or product within a particular case study and assessing results through a longitudinal study. Therefore, examining the solutions identified in this study in a project-oriented company and practical context—and evaluating the outcomes over a medium-term period—is a valuable topic for future research. Although this research provides a general framework for ETO supply chains, the effectiveness and prioritization of solutions across different industries (including aircraft manufacturing, maritime industries, construction, etc.) merit separate investigation in future work.

Practical implications: Postponement and process redesign reduce the degree of internal divergence in the supply chain while helping maintain economic efficiency and providing the expected external variety. In addition, guaranteeing the purchase of a minimum quantity from suppliers who provide items with high risk, critical importance, or limited demand can increase supplier confidence and make them more willing to participate in providing the required items.

Social implications: The results of this research can enhance trust and interaction within the ETO supply chain as a socio-technical system, thereby improving competitiveness and profitability while also increasing employment levels across the supply chain.

Keywords: Engineering-To-Order systems, Robustness, Suppliers, Interpretive Structural Modeling, BWM, Thematic Analysis



پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۷، شماره ۱، پیاپی ۴۴، ۱۴۰۵

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸ ص ۱۲۵-۱۵۰



DOI: [10.22108/pom.2026.144892.1617](https://doi.org/10.22108/pom.2026.144892.1617)

(مقاله پژوهشی)

چارچوبی برای استحکام و استواری روابط با تأمین کنندگان

در سیستم‌های تولیدی مهندسی برای سفارش

میثم شهبازی^{۱*}؛ مهدی هوشمند^۲؛ فهیمه نوروززاده قاهر^۳

۱- دانشیار گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،

meisamshahbazi@ut.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،

mahdi.hooshmand@ut.ac.ir

۳- دکتری گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، تهران، ایران،

f.norouzzade@ut.ac.ir

چکیده: زنجیره‌های تأمین مهندسی بر مبنای سفارش، سهم بالایی در تولید و توسعه فناوری داشته و بسیاری از صنایع مادر برای تأمین تجهیزات، فناوری‌ها و ماشین‌آلات مورد نیاز به آنها وابسته‌اند؛ بنابراین باید به رفع مسائل و مشکلات آنها بیشتر توجه شود. براساس مشاهده‌ها، یکی از چالش‌های اساسی این سیستم‌ها، دوام و استواری روابط با تأمین کنندگان است. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که نیازهای این شرکت‌ها، بسیار متنوع بوده است، اما حجم تقاضاشده از هر قلم کالا یا قطعه، بسیار محدود است؛ در نتیجه ضروری است که راهکارهایی برای افزایش قابلیت اطمینان همکاری با تأمین کنندگان توسعه داده شود. پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از مبانی نظری موجود و مصاحبه با خبرگان شرکت‌های مپنا لوکوموتیو، مپنا بویلر، صنایع کشتی‌سازی ایران و شرکت هوافضای درنا، چارچوبی برای تقویت روابط شبکه تأمین ارائه و راهکارهایی برای تداوم همکاری با تأمین کنندگان در شرکت‌های مهندسی‌ساز شناسایی کرده است. همچنین با استفاده از روش بهترین - بدترین و مدل‌سازی ساختار تفسیری و تحلیل MICMAC، راهکارها اولویت‌بندی و روابط متقابل بینشان تحلیل شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد از بین ۹ راهکار اجرایی، استراتژی تعویق و بازطراحی فرآیندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی، بیشترین وزن و به دلیل سطح تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، نیاز به توجه ویژه‌ای دارند. خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین کنندگان نیز، از راهکارهای کلیدی محسوب می‌شود. از آن‌سو، متنوع‌سازی سبد تأمین کنندگان، راهکار اولویت‌دار و مناسبی برای انسجام روابط با تأمین کنندگان تشخیص داده نشده است.

واژه‌های کلیدی: مهندسی بر مبنای سفارش، استواری، همکاری، تأمین کنندگان، مدل‌سازی ساختار تفسیری



۱- مقدمه

یکی از اهداف اساسی در مدیریت زنجیره تأمین، ایجاد و تنظیم روابط درست بین تولیدکنندگان و تأمین کنندگان است؛ زیرا عملکرد کلی عناصر زنجیره، به تحقق اهداف اصلی عملکردی و ایجاد ارزش افزوده در زنجیره تأمین منجر می‌شود؛ در نتیجه، شناسایی و تشخیص عواملی اهمیت دارد که بر بهبود این روابط تأثیرگذارند. برای این منظور، آزدو و همکاران^۱ (۲۰۱۱) برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین، کاهش میزان موجودی نگهداری شده و اطمینان از موجودی، افزایش ارتباط با تأمین کننده را پیشنهاد می‌دهند.

این مسئله به‌طور خاص در شرکت‌های مهندسی، بر مبنای سفارش یک مسئله کلیدی محسوب می‌شود؛ زیرا در این شرکت‌ها معمولاً اقلام بسیار متنوعی مورد نیاز است و حجم مورد نیاز از هر نوع قطعه، در یک دوره زمانی مشخص معمولاً مقیاس اقتصادی ندارد و بسیار محدود است؛ برای مثال، به-جهت ساخت یک شناور دریایی هزاران نوع قطعه لازم است؛ اما بسیاری از آنها به تعداد بسیار معدودی نیاز دارند. این امر موجب می‌شود تا تأمین کنندگان شرکت‌های مهندسی ساز، به دلیل صرفه اقتصادی پایین، تمایل کمتری به ایجاد و تداوم همکاری و در نتیجه انعقاد قرارداد داشته باشند. همچنین با توجه به اینکه طراحی، تولید، مونتاژ و دیگر عملیات زنجیره تأمین ETO کاملاً به سفارش مشتریان وابسته است، این نوع زنجیره همیشه با سطح بالایی از عدم اطمینان مواجه است که به تحمیل پیچیدگی‌هایی به حوزه‌های مختلف مدیریت و سازمان‌دهی سیستم از جمله مدیریت روابط با تأمین کنندگان منجر می‌شود (Birkie & Trucco, 2016). این موضوع به‌ویژه در زمان توسعه محصولات سفارشی و جدید، اهمیت بیشتری می‌یابد؛ زیرا این محصولات به‌صورت اختصاصی یا نوآورانه به بازار عرضه می‌شوند و تا زمانی که تولید محصول مقیاس‌پذیر شود، تأمین کنندگان باید با اندازه‌های محدود سفارش از سوی تولیدکننده کنار بیایند. هرچند شرکت‌های ETO گاهی از راهکارهایی مانند تولید محصولات یا تأمین اقلام با کاربری‌های متنوع و نیز طراحی ماژولار تا حد امکان استفاده می‌کنند، این راهکارها به‌تنهایی صرفه اقتصادی را بر روابط تأمین کننده - تولیدکننده حاکم نمی‌کنند و در نتیجه این شرکت‌ها به‌طور پیوسته در معرض ریسک ناشی از شکنندگی و فروپاشی شبکه تأمین خود و افزایش زمان انتظار یا رشد هزینه‌های تولید قرار دارند (Duchi, 2017; Reitsma et al., 2025; Pettit et al., 2010).

هرچند صنایع پروژه‌ای به‌طور واقعی با این چالش دست به گریبان‌اند، بررسی پیشینه موضوع نشان می‌دهد تحقیقات چندانی برای رفع این مشکل یا کاهش آن در پیشینه مدیریت تولید و عملیات انجام نشده است. این در حالی است که مهندسی‌سازها نقش محوری در افزایش نوآوری و توسعه فناوری‌های تولید دارند و به دلیل تولید محصولات سرمایه‌ای، اثر کلیدی در توسعه دیگر بخش‌های صنعت و کسب و کار می‌گذارند؛ در نتیجه، شناسایی راهکارهایی برای افزایش استواری روابط شرکت‌های مهندسی ساز با تأمین کنندگان اصلی قطعات خود و افزایش قابلیت اطمینان ارتباط با تأمین کنندگان در شرکت‌های ETO، ضروری به نظر می‌رسد. این چارچوب به مدیران صنایع ETO کمک می‌کند بسترهای مناسب‌تری را برای تداوم همکاری با تأمین کنندگان کارآمد فراهم کنند که این امر به مقاوم‌سازی و بهبود عملکرد زنجیره تأمین از یک سو و نقش آفرینی بهتر در رشد و توسعه اقتصادی کشور از

سوی دیگر منجر می‌شود. برای این منظور، این تحقیق سؤالات زیر را بررسی و پاسخ مناسبی، متضمن راهکارهای اجرایی برای رفع این مشکل در زنجیره‌های تأمین ETO ارائه می‌کند:

۱. چه عواملی باعث افزایش دوام و استحکام روابط تولیدکننده و تأمین‌کننده در سیستم‌های ETO می‌شود؟
۲. هریک از این عوامل، چه سطحی از اولویت را در افزایش استحکام روابط شبکه تأمین دارد؟
- ۳- چارچوب اجرایی مناسب برای افزایش استحکام و دوام روابط شبکه تأمین در شرکت‌های مهندسی‌ساز چگونه است؟

۲- مبانی نظری تحقیق

کیفیت و توانایی تحویل اقلام به شرکت‌های تولیدی، تحت تأثیر عملکرد تأمین‌کننده است که به سهم خود بر عملکرد کل شرکت تأثیر می‌گذارد. عواملی نظیر دقت در تعداد سفارش‌های ارسالی، به‌موقع‌بودن پرداخت‌ها، تحویل و ارزیابی کیفیت مواد از تأمین‌کنندگان و همچنین ارائه بازخورد و پاداش به تأمین‌کنندگان به‌صورت منظم، راهکارهای مهمی در ارزیابی روابط بین تولیدکننده و تأمین‌کننده محسوب می‌شوند. افزایش میزان همکاری با تأمین‌کننده، اجازه می‌دهد تا سطح موجودی مواد و قطعات در زنجیره تأمین در حد تعادل باقی بماند و با نظارت دقیق، کیفیت مواد و قطعات موجود نیز حفظ شود و میزان پاسخگویی بیشتری را برای زنجیره تأمین حفظ کند. اتحاد با تأمین‌کنندگان، وسیله مناسبی برای اداره روابط با تأمین‌کنندگان است؛ این موضوع به‌ویژه در زمان تغییر تکنولوژی، اهمیت دوچندان خواهد یافت و سرمایه‌گذاری ویژه بر آنها و خریدهای استراتژیک توجه بیشتری خواهد داشت (Lee et al., 2009).

اعتماد، عامل مهم دیگری برای ایجاد یک رابطه قوی بین خریدار و تأمین‌کننده است. البته یک رابطه طولانی-مدت برای توسعه اعتماد لازم است. رابطه طولانی‌مدت به ایجاد اعتماد کمک می‌کند و دارای چندین مزیت متقابل، مانند تبادل اطلاعات، ارتباطات بیشتر در زمان نیاز و هدف‌گذاری متقابل است (Bandyopadhyay & Kim, 2022). انعطاف‌پذیری تأمین‌کنندگان و منبع‌یابی و همکاری، یکی دیگر از توانمندسازهای زنجیره تأمین‌اند. همکاری به توانایی کار مؤثر با دیگر موجودیت‌ها برای سود متقابل اطلاق و از طریق مشارکت، مدیریت مشتری، ارتباطات بلندمدت با تأمین‌کننده، تعویق سفارش‌ها، مدیریت چرخه عمر محصول و اشتراک ریسک با شرکا ایجاد می‌شود؛ (Pettit et al. 2010, Gosling & Naim, 2009). هماهنگی بین اعضای زنجیره تأمین نیز، بر عملکرد تحویل در زنجیره تأمین ETO و کاهش زمان انجام پروژه اثرگذار است (Mello et al., 2015). قدرت مالی و ظرفیت جذب نوسانات در جریان نقدی که از طریق بیمه، تنوع پرتفوی، ذخایر مالی و نقدینگی و حاشیه قیمت سنجیده می‌شود، یکی دیگر از عوامل توانمندساز زنجیره تأمین در مواجهه با هرگونه اختلال به حساب می‌آید (Pettit et al., 2010). مشارکت تأمین‌کنندگان در مراحل اولیه طراحی و توسعه محصول، یک توانمندساز کلیدی است که باعث افزایش کیفیت و بهره‌وری و کاهش زمان تحویل می‌شود؛ در نتیجه، این امر به تقویت روابط شرکت‌ها با تأمین‌کنندگان منجر می‌شود. هیکس و همکاران^۲ (۲۰۰۰) عقیده دارند علت بی‌نتیجه‌ماندن تلاش‌ها برای تغییر به‌سمت روابط مشارکتی، بیشتر به دلیل اعتمادداشتن به دلیل روابط خصمانه

طولانی مدت است و محدودیت‌های فرهنگی، اعتماد و شیوع فرصت‌طلبی را از موانع تغییر در روابط خریدار-تأمین‌کننده می‌دانستند.

در زنجیره تأمین ETO، نقطه انفصال سفارش مشتری در مرحله طراحی و سفارشی‌سازی قرار دارد؛ بنابراین هر سفارش مشتری در مرحله طراحی محصول نفوذ می‌کند و طراحی، مهندسی و تولید، پس از تأیید سفارش مشتری شروع می‌شود (Reitsma et al., 2025)؛ پس ساخت محصولات خاص برای مشتریان خاص، ویژگی کلیدی سیستم‌های ETO به شمار می‌رود. در این سیستم‌ها، اقلام بسیار سفارشی‌اند و در حجم کم تولید می‌شوند و فرایندها نیز معمولاً غیرتکراری و نیازمند نیروی کار بسیار ماهرند و ویژگی‌های مشترک و زیادشان با محصولات سفارشی (MTO) از جهتی است که به پیکربندی در یک فضای از پیش تعریف شده نیاز دارند (Reitsma et al., 2025 ; Powell et al., 2014).

یکی از قابلیت‌های اساسی ETO، توسعه محصولات جدید است؛ به‌ویژه زمانی که رقابت در صنعت به دلیل ورود بنگاه‌های دیرآمد^۳ شدیدتر می‌شود. تأمین‌کنندگان ETO، یکی از بازیگران زنجیره تأمین‌اند که در مرحله طراحی محصول جدید درگیر می‌شوند. همکاری تأمین‌کننده و به‌دنبال آن حفظ ارتباطات و استحکام روابط با تأمین‌کنندگان برای پیشی‌گرفتن از رقبای تولید محصولات جدید، یکی از استراتژی‌های مهم منبع‌یابی است (Reitsma et al., 2025). طراحی ETO شامل پروژه‌های طراحی برای ماشین‌های الکتریکی بزرگ، پمپ‌های گریز از مرکز عظیم، موتورهای نیروگاه، توربین و دیگ بخار، کشتی، هواپیما، لوکوموتیو، ساختمان‌سازی، نفت و گاز دریایی و به‌طور خلاصه مگا پروژه‌هاست. این شرکت‌ها ذی‌نفعان مختلفی دارند، مشتریان از ابتدای طراحی مفهومی محصول تا حین فرایند تولید و آزمایش را دنبال می‌کنند و امکان تغییر محصول در طی این فرایند، با توجه به تک-نوع بودن محصولات وجود دارد؛ این یعنی مراحل طراحی/مهندسی/تولید در یک ETO، با توجه به تنوع و عدم اطمینان موجود در آن، باید انعطاف‌پذیر و در این سیستم پویا، که آستن تغییرات در هر زمانی است، سازگار باشند؛ بنابراین، برنامه‌ریزی و کنترل فرایندها/فعالیت‌ها در یک پروژه ETO باید با پویایی سیستم، پیچیدگی در محصول و قطعیت‌نداشتن اطلاعات کنار بیاید و انعطاف‌پذیری لازم را در فرایند تأمین مواد اولیه داشته باشد (Mupparichalil, 2020).

برای این منظور، تعیین مقدار ذخایر احتیاطی که تحت تأثیر بحران‌ها افزایش یافت، برای کنترل عدم قطعیت‌های فرایند تأمین و مدیریت پیش‌بینی موجودی با توجه به ویژگی‌های سبد محصول، در صنایع ETO لازم است (Wenzel et al., 2023). از طرفی با توجه به اینکه به‌طور معمول، ETO درجه بالایی از عدم اطمینان را درباره مشخصات محصول، ماهیت تقاضا، زمان تحویل و عرضه و چارچوب زمانی فرایندهای تولید دارند (Adrodegari et al., 2015)، پویایی در ETO، به پیش‌بینی نوسانات درخور توجه در مواردی مثل حجم فروش نیاز دارد. این شرکت‌ها باید با نوسانات زیاد در حجم فروش در کوتاه‌مدت و میان‌مدت کنار بیایند. این نوسانات با مواردی نظیر ایجاد ذخایر ظرفیت مدیریت نمی‌شود؛ زیرا نگاه‌داشتن تمام مواد لازم در انبار بسیار گران است و تولید براساس سفارش‌های مشتری تعیین می‌شود (Alatalo, 2024) انعطاف‌پذیری بیرونی برای کنارآمدن با این نوسانات، راهکار دیگری است. با توجه به اینکه پروژه‌های ETO بیشتر به موارد شخصی‌سازی نیاز دارند که باعث افزایش پیچیدگی

می‌شود و تأثیر منفی بر تعادل بین عرضه و تقاضا دارد، بنابراین ساز و کارهای مختلفی نظیر انتخاب، اولویت‌بندی سفارش‌های مشتری و انتخاب مشارکت‌کنندگان خارجی در این صنایع پیشنهاد شده است (Shurrab et al., 2022).

به گفته برتراند و مونتسلاگ^۴ (۱۹۹۳)، یکی دیگر از عوامل پیچیدگی ساختارهای ETO، ساختار محصول است. محصول ممکن است شامل هزاران قسمت باشد که برخی از آنها مختص مشتری و اساساً منحصر به فردند. به همین دلیل ممکن است مواد خاصی، به‌ویژه برای یک پروژه خاص خریداری شود؛ یعنی برخی از موادی که زمان تولید طولانی دارند، باید در مراحل اولیه پروژه و زمانی خریداری شوند که تمام جزئیات درباره ساختار محصول هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است (Alatalo, 2024). همچنین در استراتژی ETO اقلام مصرفی در مقیاس زیاد است و بیشتر از هزاران ترکیب و قطعات مختلف وجود دارد که باید آماده شوند تا محصول نهایی شکل بگیرد؛ اما ضرایب مصرف آنها در هر بخش کم است و این امر نیز باعث ایجاد پیچیدگی در ETO می‌شود (Cameron & Braiden, 2004; Fatouh & Rego, 2023; Birkie & Trucco, 2016). بنابراین تولیدکنندگانی که سفارش‌های ETO را اداره می‌کنند، با توجه به توسعه، ساخت و تولید تجهیزات سفرشی، با چالش‌های زیادی در زمینه زنجیره تأمین روبه‌رو هستند. معمولاً تعداد کم، اما تنوع زیادی از اقلام در انبار نگهداری می‌شود؛ به‌طوری که بسیاری از ترکیبات مختلف، به‌سرعت تحویل داده می‌شوند. برای برخورداری صحیح از روش مهندسی برای سفارش، تمام بخش‌های درگیر در زنجیره ارزش به‌ویژه توسعه، ساخت و ساز، خرید و تأمین، تولید و نگهداری، به دسترسی به اطلاعات مطمئن در همه زمان‌ها نیاز دارند.

انتخاب تأمین‌کننده مؤثر نیز، یک استراتژی کلیدی در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین باید صرف‌نظر از معیارهای سنتی انتخاب تأمین‌کنندگان، استراتژی پایداری تأمین‌کنندگان در هنگام انتخاب یک تأمین‌کننده بالقوه لحاظ شود تا بهترین پشتیبانی را برای شرکت، حتی در هنگام رخداد اختلال فراهم کند (Sahu et al., 2016). مطالعه پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد بیشتر تحقیقات در صنایع ETO، درباره تعادل عرضه و تقاضا و راه‌های تأمین موجودی همانند؛ (Wenzel 2023) و برنامه‌ریزی و یا تأمین‌کنندگان را در شرایط همراه با پیچیدگی و عدم قطعیت (Sahu et al., 2016; Birkie & Trucco, 2016) ارزیابی کرده‌اند. با جست‌وجو در بین منابع معتبر علمی و بین‌المللی، پژوهشی مشاهده نشد که به‌طور مشخص بر مسئله این تحقیق تمرکز کرده باشد. در جدول (۱)، پژوهش‌های پیشین براساس اهداف، روش تحقیق و ابعاد کلیدی مبانی نظری در مقایسه با تحقیق حاضر ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسه تحقیقات پیشین در حوزه ETO

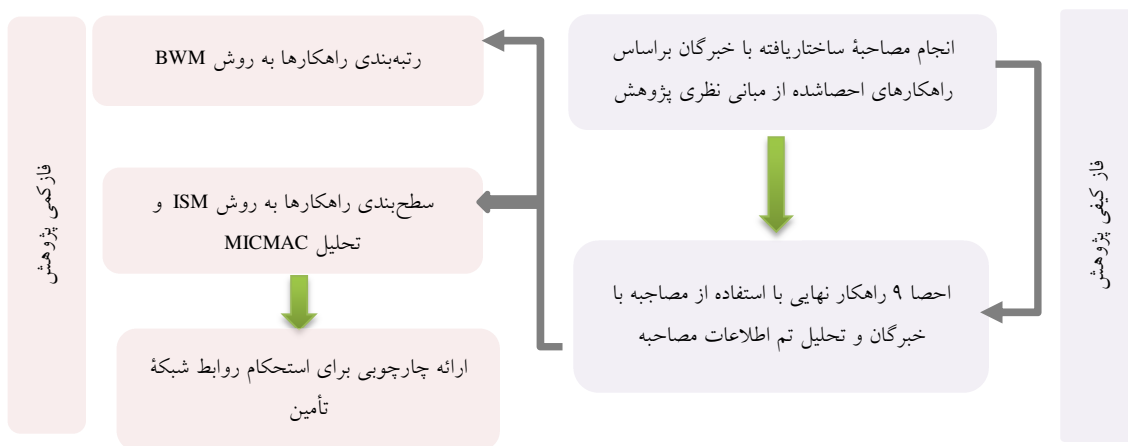
Table 1- Compare of literature of ETO

ردیف	محقق و سال	هدف تحقیق	حوزه بررسی شده کلیدی	روش تحقیق
۱	همکاران ^۵ (۲۰۲۵)	شناسایی روابط بین ابعاد زنجیره تأمین‌های مهندسی‌ساز: منبع‌یابی استراتژیک و همکاری بین R&D و منبع‌یابی	چگونگی منبع‌یابی استراتژیک در هنگام توسعه محصول جدید در شرکت‌های ETO	مطالعه موردی برای بررسی طراحی زنجیره تأمین در دو تولیدکننده ETO

ردیف	محقق و سال	هدف تحقیق	حوزه بررسی شده کلیدی	روش تحقیق
۲	چن و حمد ^۶ (۲۰۲۳)	بررسی سیستماتیک ترکیب مدل سازی ریاضی و شبیه سازی در مدیریت زنجیره تأمین ساخت و ساز	چه ویژگی هایی از زنجیره تأمین ساخت و ساز مدل سازی می شوند؟ رویکردها و چارچوب های مختلف مدل سازی ریاضی و شبیه سازی چیست؟	مرور سیستماتیک پیشینه نظری (۱۷۹ مقاله ژورنالی) و آنالیز بیلومتریکی
۳	ونزل و همکاران ^۷ (۲۰۲۳)	رویکرد مدیریت پیش بینی موجودی و مدل سازی ذخیره احتیاطی با استفاده از ویژگی های سبد محصول در شرایط بحران در شرکت های ETO	مدیریت موجودی پیش بینی شده برای تحقق فرآیندهای تولید پایدار و پیوند ویژگی های محصول و سیستم تولید در تولید مهندسی شده براساس سفارش و مدل سازی ریاضی انحراف مقدار تحویل به عنوان یک جزء ذخیره احتیاطی	مدل سازی قیاسی و رویکرد تحقیق قیاسی-آزمایشی/ ساختارگرا و کیفی
۴	شوراب و همکاران ^۸ (۲۰۲۲)	ارائه یک چارچوب برنامه ریزی تقاضا-عرضه تاکتیکی به منظور مدیریت پیچیدگی در شرکت های ETO	یک چارچوب، فرآیند برنامه ریزی در سطح تاکتیکی را نشان می دهند که شامل نه تصمیم کلیدی و سه فعالیت حیاتی و تأثیر بالقوه آنها بر کاهش و جذب پیچیدگی در متعادل سازی DS است: ۱. انتخاب و اولویت بندی سفارش های مشتری؛ ۲. انتخاب مشارکت کنندگان خارجی و ۳. بهینه سازی چندپروژه ای	مطالعه موردی عمیق
۵	سیگولینی و همکاران ^۹ (۲۰۲۰)	مدیریت زنجیره تأمین با استفاده از پیکربندی محصول و تولید ابری برای سفارشی سازی محصول	پیچیدگی پروژه، مسائل اجتماعی-سیاسی، ابزارهای دیجیتال نوظهور مانند تولید ابری در مدیریت ساخت و ساز، کشتی سازی، پروژه های راه آهن، بیمارستان های دانشگاهی و موتورهای هوافضا	مدل SCOR در SCM، فرآیند شبکه تحلیلی، مطالعات موردی متعدد، مصاحبه های دقیق و بررسی پیشینه
۶	بیرکی و تروکو ^{۱۰} (۲۰۱۶)	استفاده از استراتژی تولید ناب برای کنترل عامل های پیچیدگی و پویایی در صنایع ETO	چگونگی تأثیر عوامل پیچیدگی و پویایی بر اجرای استراتژی ناب در تولید های غیر تکراری	مطالعه موردی عمیق
۷	کاروالهو و همکاران ^{۱۱} (۲۰۱۵)	پشتیبانی برنامه ریزی ظرفیت تاکتیکی در یک سازمان ETO متوسط با توجه به موضوعات انسانی، سازمانی و تکنولوژیکی	کاربرد یک مدل بهینه ساز برای پشتیبانی از برنامه ریزی تاکتیکی در سازمان های ETO پروژه محور متوسط	مدل بهینه سازی MILP برای مینیمم کردن هزینه به منظور رسیدن به برنامه ریزی تولید مناسب و انعطاف پذیری ظرفیت
۸	آدرودگاری و همکاران ^{۱۲} (۲۰۱۵)	کنترل و برنامه ریزی تولید در صنایع ETO (شرکت های ماشین سازی) با توجه به قابلیت های نرم افزاری مورد نیاز	تجزیه و تحلیل مجموعه فعالیت های تجاری انجام شده از سوی شرکت ها در صنعت مطالعه شده و قابلیت های نرم افزاری سطح بالای مرتبط مورد نیاز برای اجرای چنین فعالیت هایی	مطالعه تجربی چندین مطالعه موردی شامل ۲۱ شرکت «مهندس براساس سفارش» (ETO) فعال در صنعت ماشین سازی
۹	ملو و همکاران ^{۱۳} (۲۰۱۵)	بهبود عملکرد تحویل با ایجاد هماهنگی بین اعضای زنجیره تأمین ETO	تجزیه و تحلیل علت تأخیرها نقش هم زمانی و درک نقش هماهنگی برای کاهش آنها و بهبود زمان تحویل در صنایع ETO	مطالعه موردی عمیق
۱۰	مونوستری و همکاران ^{۱۴} (۲۰۱۰)	راهکار سازمانی دیجیتال برای برنامه ریزی و کنترل یکپارچه تولید در صنایع سفارشی پروژه محور ETO و MTO	توسعه مدل برنامه ریزی تولید انعطاف پذیر برای ارزیابی پایداری در زمان اختلال	الگوریتم های بهینه سازی قطعی به وسیله یک سیستم شبیه سازی رویداد گسسته

۳- متدولوژی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر گردآوری اطلاعات، توصیفی-پیمایشی است. به منظور گردآوری اطلاعات، از اطلاعات کتابخانه‌ای، منابع معتبر علمی، پایگاه داده‌های جهانی و نمایه‌شده در نشریات معتبر بین‌المللی، مراجعه به اسناد و مدارک و پیمایش از طریق مصاحبه با خبرگان منتخب از چهار شرکت مهندسی‌ساز بزرگ استفاده شد که عبارت‌اند از: شرکت مپنا لوکوموتیو، مپنا بویلر، شرکت کشتی‌سازی ایران و شرکت هوافضای درنا که با نظر مدیران شرکت‌ها، خبرگان برای انجام مصاحبه به صورت هدفمند انتخاب شدند. در این تحقیق، نتایج مصاحبه با خبرگان با استفاده از روش تحلیل تم، بررسی و سپس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، عوامل را رتبه‌بندی کرده است. برای سطح‌بندی راهکارها و تحلیل تأثیرات متقابل بین آنها، از روش ISM و تحلیل MICMAC استفاده شد. فرآیند اجرایی پژوهش در شکل (۱) مشاهده می‌شود.



شکل ۱- فرایند اجرایی پژوهش

Fig. 1- Research implementation process

۳-۱ مدل‌سازی بهترین- بدترین (BWM)

در فاز کمی پژوهش، از روش MCDM فازی و به‌طور مشخص از روش BWM مطابق فرآیندی استفاده شده است که رضایی^{۱۵} (۲۰۱۵) آن را تدوین کرده است. گام‌های این روش عبارت‌اند از:

- گام ۱. تعیین مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم
- گام ۲. تعیین بهترین (مهم‌ترین/مطلوب‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین/حداقل مطلوبیت) معیار
- گام ۳. تعیین میزان ترجیح بهترین/مهم‌ترین معیار نسبت به دیگر معیارها با استفاده از اعداد ۱ تا ۹: بردار حاصل از این مقایسه به شکل رابطه (۱) خواهد بود:

$$A_B = (a_{B1} \cdot a_{B2} \cdot \dots \cdot a_{Bn}) \quad (1)$$

a_{BB} نشان‌دهنده میزان ترجیح بهترین معیار B نسبت به معیار j است. پرواضح است که $a_{BB} = 1$

گام ۴. تعیین میزان ترجیح دیگر معیارها نسبت به بدترین/کم‌اهمیت‌ترین معیار با استفاده از اعداد ۱ تا ۹: بردار حاصل از این مقایسه به شکل رابطه (۲) خواهد بود:

$$A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})^T \quad (2)$$

a_{jw} نشان‌دهنده میزان ترجیح معیار j نسبت به بدترین/کم‌اهمیت‌ترین معیار w است. پرواضح است که $a_{ww} = 1$

گام ۵. تعیین اوزان بهینه $(w_1^*, \dots, w_n^*)$: تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها. زوج‌های زیر، مطابق رابطه (۳) است:

$$\frac{W_B}{W_j} = a_{Bj} \text{ و } \frac{W_j}{W_w} = a_{jw} \quad (3)$$

برای برآورده کردن این شرایط در همه j ها، باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارات رابطه ۴ را برای همه j هایی حداکثر کند که حداقل شده است.

$$\left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \text{ و } \left| \frac{W_j}{W_w} - a_{jw} \right| \quad (4)$$

با توجه به اینکه وزن‌ها غیر منفی و جمع‌پذیرند، مسئله برنامه‌ریزی خطی مطابق رابطه شماره ۵ ارائه می‌شود:

$$\min \max \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{W_j}{W_w} - a_{jw} \right| \right\} \quad (5)$$

j

S.t:

$$\sum_j W_j = 1$$

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

۲-۳ مدل‌سازی ساختار تفسیری (ISM) و تحلیل MICMAC

علت پیچیدگی سیستم‌ها به تعداد عناصر تأثیرگذار، وجود ارتباط بین عناصر و نحوه ارتباطات بین آنها بستگی دارد. وجود و وضوح ارتباطات و نوع آنها در شناخت پیچیدگی‌های سیستم، کمک بسزایی می‌کند. ISM یک روش ساختار تفسیری است که وارفیلد^{۱۶} (۱۹۹۴) آن را مطرح کرد. در این روش، با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف، ارتباط بین آنها تحلیل می‌شود. مدل ساختاری تفسیری قادر است سطوح ارتباط بین شاخص‌ها را تعیین کند که به صورت تکی یا گروهی به یکدیگر وابسته‌اند. ISM براساس قضاوت گروهی از افراد و ادراکات جمعی تعیین می‌کند که آیا رابطه‌ای بین این عناصر وجود دارد یا خیر و روابط براساس یک ساختار سرتاسری تحلیل و از مجموعه پیچیده‌ای از متغیرها استخراج می‌شود و مدلی ارائه می‌دهد که به سادگی فهم‌پذیر است و کمک بسیار شایانی به مدیران برای اجرای بهتر مدل طراحی شده می‌کند.

۲-۳-۱ مراحل استفاده از روش ISM

روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، از چهار گام زیر برای رسیدن به مدل نهایی تشکیل می‌شود:

گام اول: ماتریس خودتعاملی در ISM: با استفاده از نظرات خبرگان، ارتباطات دودویی بین مؤلفه‌ها با یکدیگر از طریق مقایسات زوجی، طبق نمادهای وارفیلد شناسایی و در یک ماتریس $n \times n$ وارد می‌شود که n تعداد مؤلفه‌های ماتریس را تشکیل می‌دهد.

گام دوم: ایجاد ماتریس مجاورت و دسترسی: اگر ارتباط مستقیم و یا دو طرفه بین دو مؤلفه وجود داشت، از عدد ۱ و اگر ارتباطی بین دو مؤلفه وجود نداشت و یا ارتباط معکوس بود، عدد صفر قرار داده و ماتریس دسترسی اولیه تشکیل می‌شود. سازگاری درونی بین مؤلفه‌ها نیز با استفاده از نظرات خبرگان بررسی می‌شود.

گام سوم: تعیین سطوح مؤلفه‌ها: در این مرحله باید یک جدول از سه مجموعه اثرگذاری، اثرپذیری و اشتراک برای همه مؤلفه‌ها تشکیل شود. مؤلفه‌ای که مجموعه اثرگذاری و اشتراک آن مساوی باشد، مؤلفه سطح بالا شناخته و از جدول خارج می‌شود. به همین ترتیب، سطوح همه مؤلفه‌ها تعیین می‌شود.

گام چهارم: ایجاد مدل بر مبنای ISM: نقشه عناصر براساس ارتباطات افقی و عمودی بین مؤلفه‌ها و سطوح مشخص شده گام قبل ترسیم می‌شود.

۲-۲-۳ روش MICMAC

در این پژوهش از روش ISM برای تعیین یک رابطه سلسله‌مراتبی بین راهکارهای استحکام روابط بین تأمین‌کنندگان و از روش MICMAC برای تعیین میزان تأثیر و تأثر بین راهکارها استفاده شده است. این رویکرد در زمینه‌های تحقیقاتی مختلفی استفاده شده است. فحول و همکاران^{۱۷} (۲۰۱۱) از ISM-MICMAC برای شناسایی روابط متقابل بین ریسک‌های زنجیره تأمین و طبقه‌بندی ریسک‌ها، براساس قدرت نفوذ و وابستگی آنها و همچنین وو و همکاران^{۱۸} (۲۰۲۳) برای تجزیه و تحلیل منابع ریسک ایمنی و اقدامات کنترلی، برای مهندسی زیرزمینی پروژه‌های حمل و نقل ریلی شهری استفاده کرده‌اند.

تحلیل MICMAC درنهایت، متغیرها یا راهکارهای مدنظر را به چهار گروه طبقه‌بندی می‌کند: «متغیرهای خودمختار»، نیروی وابستگی و همچنین نیروی نفوذ ضعیفی دارند و مؤلفه‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند، تقریباً به‌صورت جدا از کل سیستم عمل می‌کنند؛ «متغیرهای وابسته»، نیروی نفوذ ضعیفی دارند و هم‌زمان وابستگی بالایی به دیگر مؤلفه‌ها پیدا می‌کنند؛ «متغیرهای پیوندی» به‌طور هم‌زمان، نیروی نفوذ و همچنین وابستگی قدرتمندی دارند و منشأ تغییرات و بی‌ثباتی سیستم‌اند؛ «متغیرهای مستقل» نیروی نفوذ قوی دارند؛ اما نیروی وابستگی آنها ضعیف است و با ایجاد تغییر در این متغیرها، بر بقیه متغیرها نیز تأثیر گذاشته می‌شود.

۴- مطالعه کاربردی و یافته‌های تحقیق

۴-۱ انجام مصاحبه ساختاریافته با خبرگان براساس راهکارهای احصاشده از مبانی نظری پژوهش

براساس مطالعات پیشین، راهکارهای بهبود عملکرد و افزایش پایداری تأمین موجودی در زنجیره تأمین، از مبانی نظری مطابق با جدول (۲) احصا شد. برای پاسخ به سؤالات تحقیق، از پیمایش و مصاحبه با خبرگان صنایع مطالعه‌شده استفاده شد. سؤالات پرسش‌نامه با استفاده از مبانی نظری مطالعه‌شده (جدول ۲) تهیه و تدوین شد.

جدول ۲- راهکارهای بهبود عملکرد تأمین‌کنندگان (استخراج از مبانی نظری)

Table 2- Strategies for improving supplier performance (Extracted from literature)

۱	منابع چندگانه	بلک‌هارست و همکاران ^{۱۹} (۲۰۱۱) پتیت و همکاران ^{۲۰} (۲۰۱۰)	۱۵	استفاده از کارکنان با تجربه در زمان اختلال	بلک‌هارست و همکاران (۲۰۱۱)
۲	نگهداری ذخیره موجودی راهبردی	تانگ ^{۲۱} (۲۰۰۶)؛ ساهو و همکاران ^{۲۲} (۲۰۱۶)؛ کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)	۱۶	منابع سرمایه‌گذاری سازمانی و بین سازمانی	بلک‌هارست و همکاران (۲۰۱۱)
۳	منبع‌یابی انعطاف‌پذیر	تانگ (۲۰۰۶)، گاسلینگ و نعیم ^{۲۳} (۲۰۰۹)	۱۷	استراتژی تعویق ^{۲۴}	تانگ (۲۰۰۶)؛ اسپادینا کروز و همکاران ^{۲۵} (۲۰۱۱)
۴	آموزش و ارتقای دانش فنی و تجارب کارکنان	بلک‌هارست و همکاران (۲۰۱۱)	۱۸	اتحاد با تأمین‌کنندگان	لی و همکاران (۲۰۰۹)
۵	همکاری ^{۲۶} با تأمین‌کنندگان	کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)	۱۹	پاسخگویی سریع تأمین‌کننده	کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)
۶	اطمینان از موجودی تأمین	آزودو و همکاران (۲۰۱۱)	۲۰	بازطراحی و چابک‌سازی ساختار سازمانی	کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)
۷	کاهش زمان تحویل	بلک‌هارست و همکاران (۲۰۱۱)، (۲۰۰۵)؛ اسپادینا کروز و همکاران (۲۰۱۱)	۲۱	نیروی کاری چندمهارته	کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)
۸	تولید در مقیاس کوچک	کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)	۲۲	انعطاف‌پذیری در قرارداد تأمین‌کننده	پتیت و همکاران (۲۰۱۰)
۹	امکان تغییر مقدار سفارش تأمین‌کننده	کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲)	۲۳	روابط طولانی‌مدت با تأمین‌کنندگان	تاجیزاوا و گیمنز ^{۲۷} (۲۰۱۰)؛ اسپادینا کروز و همکاران (۲۰۱۱)؛ باندیویدهای و کیم ^{۲۸} (۲۰۲۲)
۱۰	کانال‌های توزیع جایگزین	پتیت و همکاران (۲۰۱۰)	۲۴	درگیرکردن تأمین‌کننده در طراحی محصول	اسپادینا کروز و همکاران (۲۰۱۱)
۱۱	استفاده‌های متعدد برای موجودی‌ها	پتیت و همکاران (۲۰۱۰)	۲۵	قدرت مالی ^{۲۹}	پتیت و همکاران (۲۰۱۰)
۱۲	تعهد به قراردادهای تأمین مواد	اسپادینا کروز و همکاران (۲۰۱۱)	۲۶	تسهیم ریسک	کریستوفر و پک ^{۳۰} (۲۰۰۴)
۱۳	توسعه تأمین‌کننده	چیانگ و همکاران ^{۳۱} (۲۰۱۲)	۲۷	اعتماد و ارتباطات قوی بین تولیدکننده و شرکت تولیدی	چیانگ و همکاران (۲۰۱۲)؛ باندیویدهای و کیم (۲۰۲۲)
۱۴	منبع‌یابی استراتژیک	چیانگ و همکاران (۲۰۱۲)			

مشخصات صنایع مهندسی‌ساز مطالعه‌شده در جدول (۳) و مشخصات و نوع تخصص خبرگان این صنایع که برای انجام مصاحبه انتخاب شده‌اند، در جدول (۴) ارائه شده است. مصاحبه‌های انجام‌شده براساس مبانی نظری و به‌صورت ساختاریافته انجام شد. در این پژوهش، از روش خودبازبینی محقق، به‌منظور افزایش روایی پژوهش در فاز کیفی استفاده شده و در تمام فرایند مصاحبه، پژوهشگر داده‌های به دست آمده از مصاحبه‌شوندگان را چندین بار تجزیه و تحلیل کرده است. همچنین سه خبره علمی به‌عنوان مشاهده‌گر دوم، سوم و چهارم، روند مصاحبه‌ها و متون را واکاوی و در صورت وجود ابهام در متون استخراج‌شده، مجدداً با خبرگان مصاحبه شده است. درنهایت اطلاعات ثبت‌شده از مصاحبه‌ها و سؤالات پاسخ داده شده بین مشاهده‌گران توزیع و مجدداً تحلیل و تا حد مطلوبی بین آنها توافق حاصل شد.

جدول ۳- معرفی شرکت‌های پروژه‌محور منتخب برای انجام مصاحبه با خبرگان

Table 3- Introduction of selected project-oriented companies for interviews

شرکت‌ها	مپنا لوکوموتیو	مپنا بویلر	کشتی‌سازی ایران	هوافضای درنا
نوع فعالیت	ETO	ETO	ETO	ETO
حوزه همکاری	مصاحبه و بازدید	مصاحبه	مصاحبه	مصاحبه
سال تأسیس	۱۳۸۵	۱۳۸۲	۱۳۵۲	۱۳۶۷
موقعیت شرکت	البرز	البرز	هرمزگان	تهران
محصولات تولیدی	طراحی و تولید لوکوموتیو MAP24 و GT26، لوکوموتیو دیزل الکتریک ER24 و بازسازی و تعمیرات	توانمند در زمینه طراحی، تأمین، ساخت، نصب و راه‌اندازی انواع بویلرهای بازیافت حرارتی/ تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)، واتر تیوب (پکیج/ صنعتی) نیروگاهی و تجهیزات جانبی مرتبط در بخش‌های نیرو، نفت و گاز، پتروشیمی، آب و دیگر صنایع در بازارهای داخلی و خارجی به‌صورت EP و EPC	ساخت و تعمیرات شناورهای بزرگ، متوسط، کوچک - ساخت و تعمیرات سازه‌های دریایی و فراساحلی	طراحی و ساخت هواپیمای سبک و فوق سبک، هواپیماهای پیکا ۱، پیکا ۲ و پیکا ۳

جدول ۴- مشخصات خبرگان منتخب از صنایع مطالعه‌شده

Table 4- Profile of selected experts for interview

نام شرکت	سمت	کد
مپنا لوکوموتیو	مشاور بازرگانی	M ₁
مپنا لوکوموتیو	مدیر واحد تأمین	M ₂
مپنا لوکوموتیو	کارشناس واحد تأمین	M ₃
مپنا لوکوموتیو	کارشناس واحد تأمین	M ₄
مپنا بویلر	کارشناس واحد تأمین	M ₅
مپنا بویلر	کارشناس واحد تأمین	M ₆
هوافضای درنا	مدیرعامل	M ₇
کشتی‌سازی ایران	مدیر واحد تأمین	M ₈

۴-۲- شناسایی و سازمان‌دهی راهکارهای استحکام روابط با تأمین‌کنندگان صنایع ETO

در گام بعدی و بعد از انجام مصاحبه با خبرگان، تحلیل و کدبندی نتایج استخراج‌شده انجام شد تا با استفاده از تحلیل تم و با بررسی دقیق‌تر متون مصاحبه، راهکارهایی برای تقویت روابط بلندمدت با تأمین‌کنندگان ارائه شود. در این روش ابتدا نقل قول‌های انجام‌شده در مصاحبه به کد تبدیل شد و از مجموع کدهای استخراج‌شده، ۹ راهکار برای ایجاد روابط پایدار با تأمین‌کنندگان استخراج و درنهایت با توجه به مشابهت‌های موجود بین راهکارها، در ۳ بعد زیر دسته‌بندی شده است. نتایج آن در جدول (۵) مشاهده می‌شود.

جدول ۵- سازمان‌دهی راهکارهای استحکام روابط با تأمین‌کنندگان

Table 5- Organizing strategies for strengthening supplier relationships

ابعاد اصلی	تم‌های زیرمجموعه	کد	نمونه‌ای از نقل قول‌ها
ساختاری	۱. خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان	سرمایه‌گذاری	برای افزایش قدرت نفوذ و چانه‌زنی، از روش سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود. وقتی سرمایه‌گذاری و مشارکت مالی می‌کنیم، حق بیشتری برای تعیین برنامه تولید تأمین‌کنندگان داریم.
	۲. استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی	بازطراحی فرایندها	برای افزایش استحکام شبکه تأمین، بازطراحی فرایندها در اولویت قرار داده شده است. در بعضی موارد لازم است فرایندها بررسی مجدد و بازطراحی شوند، به این منظور که بخش بزرگ‌تری از فرایند انجام کار برای محصولات متنوع با هم یکی شود. تغییرات مهندسی طراحی‌ها شامل اطلاعات فنی و نقش‌ها و... یک راهکار مناسب است، برای اینکه ساختار و اجزای محصولات همگرا تر شوند.
	۳. ارائه تسهیلات مانند وام یا پیش‌پرداخت	ارائه تسهیلات	برای ایجاد ارتباط بلندمدت با تأمین‌کنندگان، از ارائه تسهیلات استفاده می‌شود؛ بنابراین، تأمین‌کننده نسبت به ما متعهدتر می‌شود. تأمین‌کنندگان چالش‌های زیادی در امور مالی و پرداخت دارند، اگر در این زمینه کمک شود، احتمالاً همکاری بایات‌تری خواهیم داشت.
	۴. تضمین ارزش خرید مشخص - شده	تنظیم قرارداد بلندمدت خرید (اقلام مصرفی زیاد)	یکی از روش‌های همکاری با تأمین‌کنندگان، تنظیم قرارداد بلندمدت برای اقلام چون قیمت‌ها نوسان دارند و به‌طور کلی بازار پرریسک است، اگر یک اطمینان خاطر بلندمدتی به فروشنده داده شود که حداقل فروش مورد انتظار را خواهد داشت، تمایل بیشتری به همکاری پیدا می‌کند.
مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری	تضمین خرید مشخص		یکی از روش‌های همکاری با تأمین‌کنندگان این است که به طریقی فروششان را طولانی‌بودن زمان تأمین و تحویل داخلی و خارجی، ریسک مالی تأمین‌کنندگان را بالا می‌برد. آنها مایل‌اند این ریسک کنترل شود.
تعامل و سرمایه اجتماعی	۵. سرمایه‌گذاری مشترک	قرارداد جوینت ونچر	قرارداد جوینت ونچر یکی از راهکارهایی است که برای مهندسی معکوس و ایجاد ارتباط با تأمین‌کننده برای ساخت داخل به کار می‌رود و با سرمایه‌گذاری مشترک، ریسک و بازده‌شان توزیع می‌شود.
	۶. تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک	خرید ماشین‌آلات	از روش خرید ماشین‌آلات برای نفوذ مالی و سرمایه‌گذاری برای ایجاد ارتباط بلندمدت با تأمین‌کننده استفاده می‌شود. شما ناچارید درباره بعضی اقلام خیلی پرریسک، تجهیزات مورد نیاز به‌جهت تولید را برای تأمین‌کننده فراهم کنید تا هزینه سرمایه‌گذاری او کاهش یابد. این تجهیزات برای یک دوره طولانی در اختیار تأمین‌کننده قرار می‌گیرد یا با پرداخت اقساط به خودش واگذار می‌شود.
	۷. افزایش تعامل، ایجاد اعتماد و افزایش سرمایه اجتماعی	روابط اجتماعی خوب تداوم و تعدد پروژه‌ها جلسات با تأمین‌کنندگان	شرکت ما تأمین‌کنندگان را جزئی از ساختار خود می‌داند و باعث ایجاد روابط اجتماعی خوب با تأمین‌کنندگان می‌شود.
	۸. آموزش نیروی کار تأمین‌کنندگان (مانند جوشکار و اپراتورها و...) و انتقال دانش مورد نیاز	آموزش نیروی کار مدیریت دانش ثبت دانش خرید و بازرگانی	یکی از موارد همکاری مشترک بین شرکت و تأمین‌کنندگان، آموزش نیروی کار است. هم در جنبه‌های فنی و هم در جنبه‌های بازرگانی، اگر آموزش مناسبی به تأمین‌کنندگان داده شود، به کاهش ریسک آنان کمک می‌کند.
تعامل و سرمایه اجتماعی	۹. متنوع‌سازی سبد تأمین‌کنندگان	گسترش سبد تأمین‌کنندگان - همکاری با تأمین‌کنندگان جدید	برای گسترش سبد تأمین‌کنندگان، از ساز و کارهای مناسب به‌جهت تشخیص تأمین‌کنندگان جدید بهره می‌بریم. برای همکاری با تأمین‌کنندگان جدید، یک وندور لیست از قبل مشخص می‌شود تا با استانداردهای ما مطابقت داشته باشند.

چنانکه در جدول ۵ مشاهده می‌شود، در بعد ساختاری، دو راهکار شامل «خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان» و «استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی» تعریف شده است. راهکار اول براساس میزان همکاری و با درصد سهام خریداری‌شده شرکت تأمین‌کننده و یا درصد مالکیت شرکت‌ها سنجیده می‌شود. در راهکار دوم، شرکت‌ها اقدام به کاهش تنوع داخلی می‌کنند تا تنوع قطعات مورد نیاز برای تأمین کاهش یابد. در این راهکار با استفاده از نوآوری در طراحی، اقلام مورد نیاز به خانواده‌هایی با متغیرهای طراحی مشابه دسته‌بندی می‌شوند. به این ترتیب، مقیاس‌پذیری اقلام درخواستی از تأمین‌کنندگان بهبود می‌یابد.

در بعد مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری نیز، چهار راهکار به شرح زیر ارائه شده است:

ارائه تسهیلات مانند وام یا پیش‌پرداخت برای افزایش توان مالی تأمین‌کننده و بهبود قدرت نقدینگی او: با توجه به اینکه ممکن است جریان مالی ورودی ناشی از تأمین کالا برای تولیدکننده ناپایدار به نظر برسد، پرداخت تسهیلات مالی مناسب، بخشی از این ناپایداری و عدم اطمینان را جبران می‌کند.

تضمین ارزش خرید مشخص‌شده: مهم‌ترین نگرانی تأمین‌کننده آن است که اقلام تولیدی را به فروش نرساند. برای رفع این نگرانی، تولیدکننده متعهد می‌شود که در صورت فروخته‌نشدن حداقل حجم مدنظر از محصول خود، اقلام مورد را به‌عنوان مشتری خریداری کند.

سرمایه‌گذاری مشترک: در این حالت، برای کاهش ریسک و هزینه سرمایه‌گذاری، پروژه تأمین قطعات محصول به موضوعی برای سرمایه‌گذاری مشترک بین تولیدکننده و تأمین‌کننده تبدیل می‌شود.

تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک: برای افزایش سرعت و انعطاف‌پذیری تولید و کاهش هزینه سرمایه‌گذاری تأمین‌کننده برای تولید اقلام و محصولات، که با ماشین‌آلات موجود تولید نمی‌شوند، تولیدکننده در تأمین ماشین‌آلات و تکنولوژی مورد نیاز مشارکت می‌کند و با انتقال بلندمدت تجهیزات به تأمین‌کننده، متعهد می‌شود نیازهای تولیدکننده را در طول دوره قرارداد تأمین کند.

سه راهکار نیز در بعد تعامل بین اعضای زنجیره و افزایش سرمایه اجتماعی شناسایی شده وجود دارد که عبارت‌اند از:

افزایش تعامل، ایجاد اعتماد و افزایش سرمایه اجتماعی: این موضوع براساس تداوم و تعدد پروژه‌ها، تعداد جلسات برگزارشده با تأمین‌کنندگان، موارد تصمیم‌گیری مشارکتی و به‌طور کلی کیفیت روابط بین تأمین‌کننده و تولیدکننده سنجیده می‌شود. از داده‌های تحقیق برداشت می‌شود که فضای تعاملی، تأمین‌کننده را برای همکاری بلندمدت راغب‌تر خواهد کرد.

آموزش نیروی کار تأمین‌کنندگان (مانند جوشکار و اپراتورها و...) و انتقال دانش مورد نیاز: این راهکار به تعداد و کیفیت دوره‌های آموزشی برگزارشده برای نیروی انسانی تأمین‌کنندگان، دوره‌های آموزشی مشترک و میزان به‌اشتراک‌گذاری دانش و تجربه کاری بین دو شرکت اطلاق می‌شود. براساس یافته‌های تحقیق در این مرحله، آموزش مناسب در کاهش عدم اطمینان تأمین‌کننده و بهبود روش‌های انجام کار برای صرفه و صلاح بیشتر مؤثر است.

متنوع سازی سبد تأمین کنندگان: این راهکار به شناسایی تأمین کنندگان پشتیبان و جایگزین، امکان تأمین از طریق دیگر منابع مطابق با استانداردهای موجود، برقراری ارتباط با آنها و در نهایت تهیه وندور لیست^{۳۲} (لیستی از تأمین کنندگان معتبر مطابق با معیارها، سیاستها و استراتژیهای شرکت) مربوط است.

۳-۴ رتبه بندی راهکارها با استفاده از روش BWM

در این مرحله، وزن و اهمیت راهکارها با استفاده از روش BWM تعیین می شود. از گام های اولیه این روش، تعیین با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین راهکارهاست. در این روش با استفاده از نظرات خبرگان، با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین راهکارها استخراج شدند. برای محاسبه وزن راهکارها، ابتدا مقایسه زوجی بهترین راهکار یعنی «استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها» با دیگر راهکارها از سوی خبرگان انجام شد. همچنین مقایسه زوجی دیگر راهکارها با بدترین معیار، یعنی «متنوع سازی سبد تأمین کنندگان» را نیز ایجاد می کنیم. نتایج مقایسه زوجی با-اهمیت ترین راهکار با دیگر راهکارها در جدول (۶) و باقی راهکارهای اصلی در مقایسه با کم اهمیت ترین راهکار در جدول (۷) آورده شده است. میانگین هندسی نظرات خبرگان در جداول (۶) و (۷) است. با توجه به جدول (۶) و (۷)، مدل خطی BWM مطابق گام ۵ این روش تشکیل و وزن هریک از راهکارها محاسبه و سپس رتبه بندی انجام شد که نتایج آن در جدول (۸) مشاهده می شود.

جدول ۶- مقایسات زوجی با اهمیت ترین شاخص با دیگر راهکارهای استخراج شده

Table 6- Pairwise comparisons of the most important index with other extracted solutions

متنوع سازی سبد تأمین کننده	استراتژی تعویق	آموزش	تعامل و همکاری	سرمايه گذاري	تضمين ارزش خريد	ارائه تسهيلات	خرید سهام	تأمین ماشین آلات	Best to Others
۹	۱	۵/۴۹	۲/۶۱	۲/۸۸	۲/۴۱	۳/۹۱	۵/۹۹	۵/۲۴	با اهمیت ترین راهکار: استراتژی تعویق

جدول ۷- مقایسات زوجی دیگر راهکارهای استخراج شده با کم اهمیت ترین شاخص

Table 7- Pairwise comparisons of other extracted solutions with the least significant index

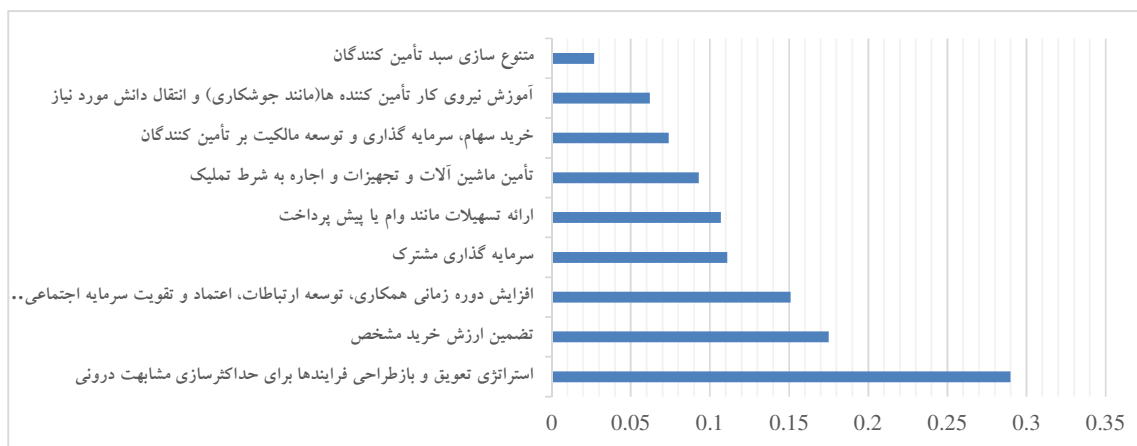
کم اهمیت ترین راهکار: متنوع سازی سبد تأمین کننده	Others to the Worst
۴/۹۳	تأمین ماشین آلات
۳/۹۱	خرید سهام
۴/۵۸	ارائه تسهیلات
۶/۹۵	تضمین ارزش خرید
۵/۹۴	سرمايه گذاري مشترك
۷/۲۶	تعامل و همکاری
۲/۶۲	آموزش
۹	استراتژی تعویق
۱	متنوع سازی سبد تأمین کننده

نمودار شکل (۲) به ترتیب راهکارهای دارای کمترین اهمیت تا بیشترین اهمیت را به تصویر کشیده است. با توجه به جدول (۸)، «استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی»، رتبه اول و «تضمین ارزش خرید و افزایش تعامل»، ایجاد اعتماد و افزایش سرمایه اجتماعی به ترتیب رتبه دوم و سوم را کسب کرده‌اند. همچنین نرخ سازگاری مقایسات زوجی صفر و میزان سازگاری بالاست.

جدول ۸- محاسبه وزن راهکارها با روش BWM و اولویت‌بندی آنها

Table 8- Weights of strategies using BWM

رتبه‌بندی نهایی	W_j	راهکار	کد	ابعاد اصلی
۱	۰/۲۹	استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی	S_1	ساختاری
۲	۰/۱۷۵	تضمین ارزش خرید مشخص	S_2	مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری
۳	۰/۱۵۱	افزایش تعامل، ایجاد اعتماد و افزایش سرمایه اجتماعی	S_3	تعامل و سرمایه اجتماعی
۴	۰/۱۱۱	سرمایه‌گذاری مشترک	S_4	مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری
۵	۰/۱۰۷	ارائه تسهیلات مانند وام یا پیش‌پرداخت	S_5	مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری
۶	۰/۰۹۳	تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک	S_6	مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری
۷	۰/۰۷۴	خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان	S_7	ساختاری
۸	۰/۰۶۲	آموزش نیروی کار تأمین‌کنندگان و انتقال دانش موردنیاز	S_8	تعامل و سرمایه اجتماعی
۹	۰/۰۲۷	متنوع‌سازی سبد تأمین‌کنندگان	S_9	تعامل و سرمایه اجتماعی



شکل ۲- نمودار وزن راهکارها با روش BWM

Fig 2- The graph of the weight of the strategies

۴-۴ سطح‌بندی راهکارها با استفاده از مدل ساختار تفسیری-تحلیل میک مک^{۳۳}

در این پژوهش با استفاده از مدل ساختار-تفسیری، سطوح ارتباط بین ۹ راهکار نهایی، که به صورت انفرادی به یکدیگر وابسته‌اند، و روابط درونی آنها با نظرسنجی از خبرگان تعیین شد. برای این منظور، پرسش‌نامه‌ای براساس روش اجرایی ISM تدوین شد که با استفاده از مقایسات زوجی، از خبرگان درباره وجود و نوع ارتباط بین راهکارها (مستقیم / معکوس) نظرسنجی و در نهایت ماتریس خودتعاملی ساختاری جمعیتی ۹×۹ از مجموع نظرات

خبرگان، طبق قاعده رأی‌گیری و ادغام نظرات، تشکیل شد؛ سپس به ماتریس دسترسی تبدیل و با استفاده از نرم‌افزار اکسل براساس گام‌های روش ISM، که در بخش سوم توضیح داده شد، سطح‌بندی اجرایی شد. در آخر، نگاشت نهایی سطح‌بندی، طبق اصل انتقال‌پذیری (نظریه گراف) آثار مستقیم و یا زنجیره‌های آثار غیر مستقیم طراحی و برای اعتبارسنجی نگاشت تفسیری، مدل مجدداً در اختیار خبرگان قرار داده شد و در نهایت، مدل برتر، یعنی مدلی که بیشترین آرای خبرگان را به خود اختصاص داده است (شکل ۵)، انتخاب شد.

۴-۴-۱ محاسبه ماتریس مجاورت و دسترسی

همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد، براساس اجماع خبرگان درباره نوع روابط بین راهکارهای ارتباطات تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان و روابط دودویی حاصل، ماتریس مجاورت $A(a_{ij} \in R)$ براساس ماتریس خودتعاملی ساختاری ایجاد شد (شکل ۴). ماتریس دسترسی محاسبه‌شده (ماتریس B) در شکل (۳) نمایش داده شده است که از تبدیل نتایج ماتریس مجاورت براساس روابط تعدی بین راهکارها به دست آمده است. جمع سطرهای ماتریس خودتعاملی، مقدار نفوذ و جمع ستون‌ها مقدار وابستگی را نشان می‌دهد که این مقادیر در جدول (۹) نشان داده شده است.

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

شکل ۴- ماتریس مجاورت راهکارهای استخراج‌شده

Fig. 4- The adjacent matrix of strategies

شکل ۳- ماتریس دسترسی ارتباط بین راهکارها

Fig. 3- The reachable matrix of the relationship between strategies

جدول ۹- مقدار نفوذ و وابستگی بین مؤلفه‌ها

Table 9- Power and Dependency value between strategies

مؤلفه‌ها	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	POWER
S ₁	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S ₂	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5
S ₃	1	0	1	1	1	1	0	1	0	6
S ₄	1	0	1	1	1	1	0	1	0	6
S ₅	1	0	1	1	1	1	0	0	0	5
S ₆	1	0	1	1	1	1	0	0	0	5
S ₇	1	0	1	1	1	1	1	1	0	7
S ₈	1	0	1	1	1	0	0	1	0	5
S ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Dependency	8	1	7	7	7	5	1	4	1	---

۴-۴-۲ ماتریس تحلیل ISM- MICMAC

خروجی نهایی تحلیل ISM-MICMAC در شکل (۵) و (۶) به تصویر کشیده شده است. در این تحلیل، متغیرها به چهار دسته تقسیم و امکان درک عمیق‌تر برای ارتباط بین راهکارهای استحکام روابط با تأمین‌کنندگان ETO فراهم می‌شود.

نتایج ماتریس MICMAC، نه راهکار را به چهار دسته متغیرهای خودمختار، وابسته، پیوندی و مستقل تقسیم کرده است. براساس نتایج به دست آمده، عناصر با میزان وابستگی بالاتر، در لایه‌های بالای مدل ISM قرار دارند. تحلیل هم‌زمان مدل ISM و MICMAC نتایج استفاده‌شدنی را برای مدیران صنایع ETO ارائه می‌کند که در بخش بعدی ارائه می‌شود.

۴-۵ ارائه چارچوب استحکام روابط با تأمین‌کننده

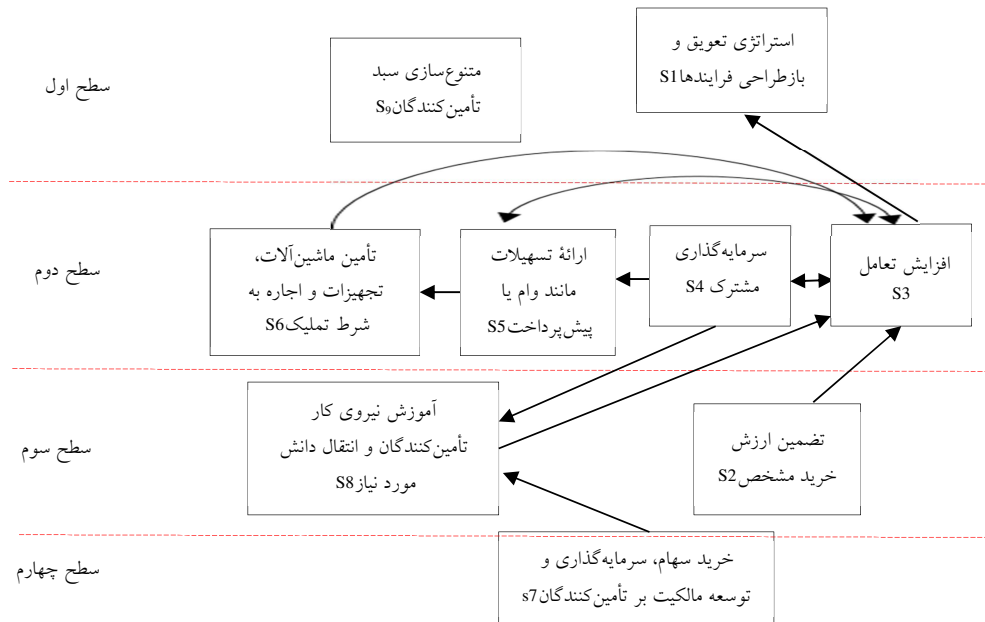
با استفاده هم‌زمان از ISM- MICMAC تجزیه و تحلیل ویژگی‌های راهکارهای استحکام روابط با تأمین‌کنندگان مختلف ETO و مسیرهای ارتباطی آنها انجام و چارچوب اجرایی ارائه شد. تحلیل نتایج اجرای هم-زمان این دو روش، به این صورت است:

«استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی» در بالاترین سطح مدل ISM قرار دارد و این یعنی چنین راهکاری، بیشترین تأثیر را از دیگر راهکارها می‌پذیرد و به همراه باقی راهکارها در کنار یکدیگر و نه به صورت مستقل، بر استحکام روابط تأمین‌کنندگان اثرگذارند. این راهکار در ماتریس MICMAC نیز در ناحیه وابستگی قرار دارد؛ یعنی وابستگی زیادی به متغیرهای دیگر دارد و حل و فصل آن باید همراه با راهکارهای مرتبط با آنها در نظر گرفته شود؛ یعنی استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها مستلزم افزایش دوره زمانی همکاری است. برعکس، راهکار «خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان»، یک راهکار بنیادی برای استحکام روابط با تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین ETO است و در پایین‌ترین سطح مدل ISM و در ماتریس MICMAC در ناحیه مستقل و با میزان نفوذ بالا بر دیگر راهکارها قرار دارد.

راهکار «متنوع‌سازی سبد تأمین‌کنندگان» در محدوده خودمختاری قرار دارد، ارتباطش با دیگر عوامل و تأثیرش بر آنها کم است، در بالاترین سطح مدل ISM قرار دارد و فاقد هرگونه ارتباطی با دیگر راهکارها از دید خبرگان است. سه راهکار تضمین ارزش خرید مشخص، خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان و آموزش نیروی کار تأمین‌کنندگان و انتقال دانش مورد نیاز، در محدوده محرک و نفوذ قرار دارند، دارای اثرگذاری بالایی بر متغیرهای دیگرند و از راهکارهای کلیدی به شمار می‌روند. در مدل ISM نیز، این راهکارها در سطوح پایین مدل قرار گرفته‌اند که نشان اثرگذاری بر دیگر راهکارهاست.

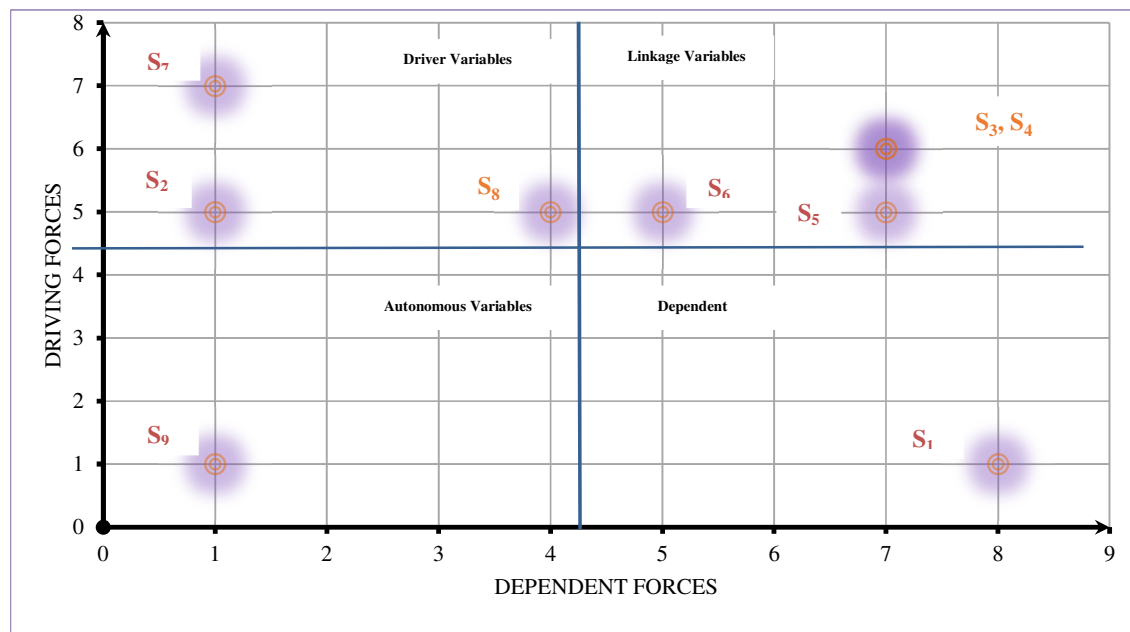
راهکارهای «افزایش تعامل، ایجاد اعتماد و افزایش سرمایه اجتماعی»، «سرمایه‌گذاری مشترک»، «ارائه تسهیلات مانند وام یا پیش‌پرداخت» و «تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک» در تحلیل MICMAC در محدوده پیوندی و در سطح دوم مدل ISM برای حفظ ارتباط بین راهکارها قرار دارند؛ در نتیجه، به این راهکارها در بررسی مسیرهای علی‌شناسایی شده برای تقویت ارتباط با تأمین‌کنندگان در صنایع ETO، باید به دقت توجه شود.

راهکار تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک نیز در تحلیل MICMAC در ناحیه پیوندی، اما نزدیک به ناحیه وابستگی قرار دارد و چنان‌که در نتایج ISM مشاهده می‌شود، به نظر می‌رسد از راهکار ارائه تسهیلات مالی تأثیر می‌پذیرد.



شکل ۵- چارچوب اجرایی مناسب برای افزایش استحکام روابط با تأمین کنندگان در صنایع ETO

Fig. 5- Appropriate implementation framework for strengthening supplier relationships in ETO's



شکل ۶- ماتریس MICMAC و میزان نفوذ و وابستگی بین راهکارها

Fig. 6- MICMAC matrix and power and dependency value of strategies

۵- بحث و بررسی

نتایج تحقیق نشان می‌دهد تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی و تضمین ارزش خرید مشخص، دو راهکار پراهمیت، به ترتیب از دسته راهکارهای ساختاری و مدل‌های مالی و سرمایه‌گذاری‌اند که از دید خبرگان به رفع چالش شکننده‌بودن روابط با تأمین‌کنندگان در صنایع ETO منجر می‌شوند. تعویق و بازطراحی فرایندها، درجه واگرایی درونی زنجیره تأمین و به دنبال آن، سطح تنوع درونی مورد انتظار را کم و از این طریق، به حفظ صرفه اقتصادی و در عین حال تأمین تنوع مورد انتظار بیرونی کمک می‌کند.

همچنین تضمین خرید آتی درباره اقلامی که سطح ریسک بالا، اهمیت حیاتی و تقاضای محدود دارند، اطمینان خاطر تأمین‌کنندگان را بیشتر و آنها را به مشارکت در تأمین اقلام مورد نیاز راغب‌تر می‌کند. از سوی دیگر، متنوع‌سازی سبد تأمین‌کنندگان حداقل اولویت را برای شرکت‌های مهندسی‌ساز از حیث تحکیم روابط بلندمدت با تأمین‌کنندگان دارد. این امر با توجه به سوابق تحقیق و تحلیل‌های نظری، منطقی به نظر می‌رسد. متنوع‌شدن سبد تأمین‌کنندگان برای تأمین اقلامی که اساساً تقاضای بسیار محدودی دارند، ذاتاً درجه اطمینان خاطر آنها را کاهش می‌دهد و به نوعی نیات مدیران را برای افزایش طول دوره همکاری با تأمین‌کنندگان نقض می‌کند. تأمین‌کنندگان، افزایش تعداد رقبا را تهدیدی برای همکاری بلندمدت خود با تولیدکننده تلقی می‌کنند؛ در نتیجه ریسک ادراک‌شده بالاتری را از همکاری با شرکت‌های ETO برداشت خواهند کرد. هرچند، این راهکار درباره اقلامی که ریسک متوسط دارند و برای جلوگیری از وابستگی به یک تأمین‌کننده خاص پذیرفتنی است.

نتایج تحلیل سطح‌بندی ISM نشان می‌دهد تعویق و بازطراحی فرایندها، جزء راهکارهایی است که تحقق آن مستلزم افزایش اعتماد و سرمایه اجتماعی و تقویت ارتباطات و تعاملات با تأمین‌کنندگان است. ایجاد تعاملات و ارتباطات رو در رو، برگزاری جلسات مشترک و تمرکز بر عوامل رفتاری، سطح سرمایه اجتماعی زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، این راهکار نیز به عنوان یکی از اولویت‌های پیشنهادی برای رفع چالش شکنندگی تأمین در سیستم‌های ETO پیشنهاد می‌شود. از سوی دیگر، تضمین خرید آتی نیز، با تأثیرگذاری بر سطح سرمایه اجتماعی و اعتماد، در نهایت به تسهیل بازطراحی فرایندها منجر می‌شود. این امر از آنجا ناشی می‌شود که بازطراحی فرایندها و تعویق نقطه تمایز، بهتر است با همکاری و مشارکت تأمین‌کنندگان انجام می‌شود.

همچنین سرمایه‌گذاری مشترک نیز، یکی از راهکارهای اولویت‌دار برای افزایش استحکام روابط با تأمین‌کنندگان است. این امر به دلیل وابسته‌کردن منافع دو طرف، ایجاد یک زمینه همکاری بلندمدت را به طور مشترک برای تولیدکننده و تأمین‌کننده تسهیل و احتمالاً نقش مؤثری در انسجام زنجیره تأمین ETO ایفا می‌کند. چنان‌که از نتایج ISM پیداست، این امر خود بستری را برای اقدامات سازنده دیگر، مانند ارائه تسهیلات و تأمین مالی و نیز فراهم آوردن تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز تأمین‌کننده ایجاد می‌کند؛ مواردی که به عنوان دو راهکار اولویت‌دار دیگر در نتایج تحقیق شناسایی شده‌اند.

با توجه به نتایج تحقیق، هر چند خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان، در بخش رتبه‌بندی اولویت بالایی ندارد، نتایج حاصل از تحلیل روابط متقابل در ISM و میک‌مک نشان می‌دهد که این

راهکار به عنوان یک عامل مستقل، تأثیرگذار است و آثار خود را به طور غیرمستقیم از طریق آموزش و انتقال دانش، افزایش تعاملات و سرمایه اجتماعی و در نهایت بازطراحی و بهبود فرایندها نشان می‌دهد.

در نهایت با استفاده از نتایج تحلیل‌های ISM و میک‌مک، مشخص است که راهکارهای افزایش تعامل و سرمایه اجتماعی، سرمایه‌گذاری مشترک، تأمین مالی و پرداخت تسهیلات و فراهم آوردن زیرساخت‌ها و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز برای تأمین‌کنندگان، در مجموع جزء متغیرهای استراتژیک با ریسک، با سطوح تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالا محسوب می‌شود و تغییرات آنها در مجموعه متغیرهای پیشنهادی نقش محوری دارد.

با مقایسه چارچوب احصاشده برای افزایش استحکام روابط شبکه تأمین در صنایع با استراتژی ETO با - پژوهش‌های پیشین (جدول ۱۰)، مشاهده شد که برخی راهکارهای ارائه شده مانند سرمایه‌گذاری مشترک، با عنوان قدرت مالی و افزایش ظرفیت جذب نوسانات نقدی (Pettit et al., 2010) در پیشینه زنجیره تأمین، به طور کلی (نه به طور خاص در صنایع مهندسی‌ساز) ارائه شده و بخشی از راهکارها نیز مانند ارائه تسهیلات به تأمین‌کننده، همانند وام یا پیش‌پرداخت، تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک و خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان، طبق بررسی نویسندگان در پژوهش‌های پیشین ارائه نشده است.

جدول ۱۰- مقایسه راهکارهای احصاشده این پژوهش با راهکارهای مشابه در مبانی نظری

Table 10- Comparison of strategies extracted from this research with previous literature

منبع	راهکارهای مشابه در مبانی نظری	راهکارهای احصاشده این پژوهش
تانگ (۲۰۰۶)	استراتژی تعویق	استراتژی تعویق و بازطراحی فرایندها برای حداکثرسازی مشابهت درونی
آزودو و همکاران (۲۰۱۱)	اطمینان از تأمین موجودی	تضمین ارزش خرید مشخص
لی و همکاران (۲۰۰۹) کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲) چیانگ و همکاران (۲۰۱۲) باندیویدهای و کیم (۲۰۲۲)	افزایش اعتماد و ارتباطات قوی بین تأمین‌کننده و تولیدکننده	افزایش تعامل، ایجاد اعتماد و افزایش سرمایه اجتماعی
پتیت و همکاران (۲۰۱۰)	قدرت مالی و افزایش ظرفیت جذب نوسانات نقدی	سرمایه‌گذاری مشترک
-	-	ارائه تسهیلات مانند وام یا پیش‌پرداخت
-	-	تأمین ماشین‌آلات و تجهیزات و اجاره به شرط تملیک
-	-	خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان
بلک‌هارست و همکاران (۲۰۱۱)	مدیریت آموزش و تجربه نیروی انسانی	آموزش نیروی کار تأمین‌کنندگان و انتقال دانش مورد نیاز
بلک‌هارست و همکاران (۲۰۱۱) و (۲۰۰۵) پتیت و همکاران (۲۰۱۰)	منابع چندگانه	متنوع‌سازی سبد تأمین‌کنندگان

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور تقویت روابط شبکه تأمین و تداوم همکاری با تأمین‌کنندگان در شرکت‌های مهندسی‌ساز، نه راهکار اجرایی در قالب یک چارچوب ارائه و سپس روابط متقابل بینشان اولویت‌بندی و تحلیل شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد از بین راهکارهای ارائه‌شده، استراتژی تعویق و بازطراحی فرآیندها، بیشترین وزن را برای حداکثرسازی مشابهت درونی داشت و به‌دلیل سطح تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، به توجه ویژه‌ای نیاز دارد. همچنین خرید سهام، سرمایه‌گذاری و توسعه مالکیت بر تأمین‌کنندگان نیز، از راهکارهای کلیدی محسوب می‌شود. از آن‌سو، متنوع‌سازی سبد تأمین‌کنندگان، راهکار مناسبی برای انسجام روابط با تأمین‌کنندگان نیست. به‌طور کلی بر-اساس نتایج این تحقیق، ایجاد اصلاحاتی در ابعاد ساختار، کیفیت روابط با تأمین‌کنندگان و مشارکت در کاهش ریسک مالی آنان، دوام و تاب‌آوری شبکه تأمین تولیدکنندگان ETO را بهبود خواهد داد.

یکی از محدودیت‌هایی که به‌طور کلی در این‌گونه تحقیقات وجود دارد، دشواری ارزیابی اثربخشی راهکارهای فنی و مدیریتی ارائه‌شده، به‌صورت داده‌محور و تجربی است. این موضوع مستلزم تمرکز بر یک پروژه / محصول مشخص در یک مورد مطالعاتی مشخص و امکان ارزیابی نتایج تغییرات در یک تحقیق طولی است؛ بنابراین به محققان آتی، به‌ویژه پژوهشگران داخلی صنایع ETO پیشنهاد می‌شود راهکارهای احصاشده در این پژوهش را در شرکت‌های پروژه‌محور خود به‌صورت عملی اجرا کنند و نتایج حاصل‌شده را در یک دوره زمانی میان‌مدت بررسی کنند. همچنین به نظر می‌رسد میزان اثرگذاری و اولویت هریک از راهکارهای ارائه‌شده، به‌صورت اختصاصی در صنایع مختلف اعم از هواپیماسازی، صنایع دریایی، صنعت ساختمان و ... موضوعی است که به بررسی در تحقیقات آتی نیاز دارد؛ بنابراین، به‌عنوان یکی از محورهای پژوهشی به دیگر محققان پیشنهاد می‌شود.

References

- Adrodegari, F., Bacchetti, A., Pinto, R., Pirola, F., & Zanardini, M. (2015). Engineer-to-order (ETO) production planning and control: An empirical framework for machinery-building companies. *Production Planning and Control*, 26(11), 910–932. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.1001808>.
- Alatalo, M. (2024). *Order Specification Management: evaluation and path to improvement*, Thesis of Master of Science in Economics and Business Administration, [School of Technology and Innovations, University of Vaasa].
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2011). A proposal of LARG Supply Chain Management Practices and a Performance Measurement System. *International Journal of E-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, January, 7–14. <https://doi.org/10.7763/ijeeeee.2011.v1.2>.
- Bandyopadhyay, P. K., & Kim, B. (2022). A framework for supply chain coordination strategy in Indian engineering manufacturing and automobile sectors. *Benchmarking*, 29(2), 573–595. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2020-0572>.
- Berterand, J.W.M. & Munstlag, D.R. (1993). Production control in engineer-to-order firms. *International Journal of Production Economics*, 30-31(C), pp. 3-22. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(93\)90077-X](https://doi.org/10.1016/0925-5273(93)90077-X).
- Birkie, S. E., & Trucco, P. (2016). Understanding dynamism and complexity factors in engineer-to-order and their influence on lean implementation strategy. *Production Planning and Control*, 27(5), 345–359. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1127446>.
- Blackhurst, J., Craighead, C. W., Elkins, D., & Handfield, R. B. (2005). An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions. *International Journal of*

- Production Research*, 43(19), 4067–4081. <https://doi.org/10.1080/00207540500151549>.
- Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C.W. (2011). An empirically derived framework of global supply resiliency. *Journal of Business Logistics*, 32(4), 374–391. doi:10.1111/j.0000-0000.2011.01032.x.
- Carvalho, A. N., Oliveira, F., & Scavarda, L. F. (2015). Tactical capacity planning in a real-world ETO industry case: An action research. *International Journal of Production Economics*, 167, 187–203. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.032>.
- Carvalho, H., Azevedo, S. G., & Cruz-Machado, V. (2012). Agile and resilient approaches to supply chain management: Influence on performance and competitiveness. *Logistics Research*, 4(1–2), 49–62. <https://doi.org/10.1007/s12159-012-0064-2>.
- Cameron, N.S., Braiden, P.M. (2004). Using business process re-engineering for the development of production efficiency in companies making engineered to order products. *Int. J. Production Economics*, 89(2004), 261–273. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00448-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00448-6).
- Chen, Z., & Hammad, A. W. A. (2023). Mathematical modelling and simulation in construction supply chain management. *Automation in Construction*, 156(October), 105147. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105147>.
- Chiang, C. Y., Kocabasoglu-Hillmer, C., & Suresh, N. (2012). An empirical investigation of the impact of strategic sourcing and flexibility on firm's supply chain agility. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(1), 49–78. DOI:10.1108/01443571211195736.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. *International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–13. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>.
- Cigolini, R., Gosling, J., Iyer, A., & Senicheva, O. (2022). Supply chain management in construction and engineer-to-order industries. *Production Planning and Control*, 33(9–10), 803–810. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1837981>.
- Duchi, A. S. (2017). *Models and practices of cooperation between R&D and Engineering in an ETO operations environment. Supporting product development and order-specification processes*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000174250>
- Espadinha-Cruz, P., Grilo, A., Puga-Leal, R., & Cruz-Machado, V. (2111, December). *A model for evaluating lean, agile, resilient and green practices interoperability in supply chains*. In 2111 IEEE International Conference. DOI:10.1109/IEEM.2011.6118107.
- Fatouh, T., & Rego, N. (2023). Shipbuilding Engineer-To-Order Supply Chain: a Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, 219 (2023), 1868–1876.
- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.07.002>.
- Hicks, C., McGovern, T., & Earl, C. F. (2000). Supply chain management: A strategic issue in engineer to order manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 65(2), 179–190. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00026-2).
- Lee, P. K. C., Yeung, A.C.L & Cheng, T.C.E. (2009). Supplier alliances and environmental uncertainty: An empirical study. *Int. J. Production Economics* 120, 190–204. doi:10.1016/j.ijpe.2008.07.019.
- Mello, M. H., Strandhagen, J. O., & Alfnes, E. (2015). The role of coordination in avoiding project delays in an engineer-to-order supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(3), 429–454. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2013-0021>.
- Monostori, L., Erdos, G., Kádár, B., Kis, T., Kovács, A., Pfeiffer, A., & Váncza, J. (2010). Digital enterprise solution for integrated production planning and control. *Computers in Industry*, 61(2), 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.10.008>.
- Mupparichalil, A. (2020). *A literature review and analysis of Lean supply elements in Engineer-To-Order (ETO) setting*. July. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2776949%0Ahttps://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2776949/no.ntnu%3Ainspera%3A59138211%3A59139145.pdf?sequence=1>.

- Pettit, T., Fiksel, J., & Croxton, K. (2010). Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework. *Journal of Business Logistics*, 31 (1), 1-21. [DOI:10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x](https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x)
- Powell, D., Strandhagen, J.O., Tommelein, I., Ballard, G., & Rossi, M. (2014). A new set of principles for pursuing the lean ideal in engineer-to-order manufacturers. *Procedia CIRP* 17, 571–576. [DOI:10.1016/j.procir.2014.01.137](https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.137)
- Pfohl, P., Gallus, D., & Thomas, (2011). Interpretive structural modeling of supply chain risks, *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* [DOI: 10.1108/09600031111175816](https://doi.org/10.1108/09600031111175816).
- Reitsma, E., Haug, A., Hilletoft, P., & Johansson, E. (2025). Engaging with ‘Engineer for Supply Chain’ (EfSC): insights from two engineer-to-order manufacturers. *Production Planning and Control*, 36(3), 378–393. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2273989>.
- Reitsma, E., Haug, A., Hilletoft, P., & Johansson, E. (2024). A conceptualization and empirical investigation of strategic sourcing approaches for engineer-to-order manufacturers. *Production Planning and Control*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2414331>.
- Rezaei, R. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, June 2015, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>.
- Sahu, A. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2016). Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment: Exploration of fuzzy-VIKOR. *Benchmarking*, 23(3), 651–673. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2014-0109>.
- Shurrab, H., Jonsson, P., & Johansson, M. I. (2022). A tactical demand-supply planning framework to manage complexity in engineer-to-order environments: insights from an in-depth case study. *Production Planning and Control*, 33(5), 462–479. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1829147>.
- Tachizawa, E. M., & Gimenez, C. (2010). Supply flexibility strategies in Spanish firms: Results from a survey. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 215-225. [doi:10.1016/j.ijpe.2009.11.020](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.020).
- Tang, C. S. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 9(1), 33-45. [http://dx.doi.org/10.1080/13675560500405584](https://doi.org/10.1080/13675560500405584).
- Warfield, J.N. (1994). *A Science of Generic Design: Managing Complexity through Systems Design*. 2nd ed., Iowa State University Press, Ames, IA. ISBN:978-0813822471.
- Wenzel, A., Hingst, L., & Nyhuis, P. (2023). *Anticipatory Inventory Management For Realizing Robust Production Processes In Engineer-To-Order Manufacturing: A Modeling Approach*. [Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics], April, 676–686. <https://doi.org/10.15488/13487>.
- Wu, P. Chen. Q., Chen, Y., Zou, J. (2023). ISM-MICMAC based safety risk sources analysis and control measures for underground engineering of urban rail transit projects. *Journal of Engineering Research*, 11(3), 100076. [10.1016/j.jer.2023.100076](https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100076).

¹ Azevedo et al.

² Hicks et al.

³ Latecomers

⁴ Berterand & Munstlag

⁵ Reitsma et al.

⁶ Chen & Hammad

⁷ Wenzel et al.

⁸ Shurrab et al.

⁹ Cigolini et al.

¹⁰ Birkie & Trucco

¹¹ Carvalho et al.

¹² Adrodegari et al.

¹³ Mello et al.

¹⁴ Monostori et al.

¹⁵ Rezaei

- ¹⁶ Warfield
- ¹⁷ Pfohl et al.
- ¹⁸ Wu et al.
- ¹⁹ Blackhurst et al.
- ²⁰ Pettit et al.
- ²¹ Tang
- ²² Sahu et al.
- ²³ Gosling & Naim
- ²⁴ Postponement strategy
- ²⁵ Espadinha-Cruz et al.
- ²⁶ Collaboration
- ²⁷ Tachizawa & Gimenez
- ²⁸ Bandyopadhyay & Kim
- ²⁹ Financial strength
- ³⁰ Christopher & Peck
- ³¹ Chiang et al.
- ³² Approved vendor list
- ³³ ISM-MICMAC