



Journal of Production and Operations Management

University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950

Vol. 12, Issue 3, No. 26, Autumn 2021



<http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2022.127907.1355>

(Research Paper)

Identifying and analyzing the interactions of factors affecting Just-in-time in a supply chain using DEMATEL and ISM methods (Case study of Iran Khodro Binalood)

Mohammad Reza Khodoomi

Department of Systems and Supply Chain Engineering, School of Industrial Engineering, Iran
University of Science and Technology, Tehran, Iran, m_khodoomi@ind.iust.ac.ir

Marziye Seif

Department of Systems and Supply Chain Engineering, School of Industrial Engineering, Iran
University of Science and Technology, Tehran, Iran, marziye_seif@ind.iust.ac.ir

Hadi Sahebi *

Department of Systems and Supply Chain Engineering, School of Industrial Engineering, Iran
University of Science and Technology, Tehran, Iran, hadi_sahebi@iust.ac.ir

Purpose: Nowadays, due to highly competitive markets, meeting customer demand, quickly with the best quality and lowest cost, has become inevitable and achievable with the optimal utilization of resources and facilities. Just in Time (JIT) production system is an effective strategy to that end. Various measures and factors are involved in implementing JIT in the supply chain. The identification and analysis can give managers a clear vision of the supply chain and JIT so that this system can be implemented with the best performance in organizations. In this study, the most significant and effective measures involved in JIT were identified. Then the importance and priority of these measures were determined in terms of impact on JIT's performance. Moreover, the relationship between measures and their effectiveness was determined. The research results can be applied for the efficient implementation of JIT.

* Corresponding author

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



Design/methodology/approach: Following the literature review and receiving expert opinions by statistical analysis (Friedman test), the factors affecting JIT were classified into six key measures: i) information–feedback; ii) manufacturing unit; iii) purchase unit; iv) sales unit; v) customers; and vi) suppliers, which were the foundation for designing the questionnaire as the primary research tool in the field study. A questionnaire was designed based on the DEMATEL–Dalalah technique. It was used for quantitative analysis of relationships and interactions between factors and Interpretive Structural Modeling (ISM) to prioritize the measures. In a case study using a questionnaire, the opinions of 25 experts from the production line planning unit of the Iran Khodro Binalood Car Assembly Plant were collected and analyzed.

Findings: The information-feedback and purchasing unit factors were correlated to all other factors, indicating that such factors require special attention in organizations. It was also found that customers had the most negligible impact on JIT. In general, three factors of purchasing unit, information-feedback, and sales unit were considered as independent factors, and the other three factors – including manufacturing unit, suppliers, and customers – were dependent. Also, the ISM approach categorized the factors into three levels. The purchasing unit directly affected information feedback and sales unit factors. Then these two factors affected the factors at level 1, i.e., the manufacturing unit, customers, and suppliers; hence, these three factors had the most impressibility.

Research limitations/implications: There are different methods for data collection and analysis and accordingly, through various data collection and analyses, the assessment can be performed from different aspects. It is suggested to researchers evaluate various factors affecting JIT in different industries. If more statistical data are available from experts in various industries, this subject can be explored from different aspects. The concept of JIT implementation in the country was not concentrated in this study. The involvement of different companies in such a system could be a great help in collecting more data for further research.

Practical implications: The improvement of the purchasing unit positively affects the entire system due to its high importance and impact on JIT. Moreover, the information-feedback factor is always part of the infrastructure of any organization that other units can use to interact with each other; thus, facilitating communication is very significant. Also, the sales unit can predict the level of demand for the future due to being in touch directly with customers and receiving the demand, which, if correctly predicted, will put JIT in the right direction. Another factor is the manufacturing unit, which is the primary basis of any manufacturing firm. Its interruption, as it is affected by many factors, can challenge the performance of JIT. Its constant improvement should not be neglected. Since customers and suppliers on both sides of the supply chain are typically dependent factors, it is crucial to consider other measures for ensuring the satisfaction of such factors, which in turn leads to optimal circulation and performance of the whole system.

Originality/value: The main originality/value of this study is the analysis and identification of critical measures affecting JIT in the supply chain. Considering crucial quality factors to enhance the organization's productivity in using JIT, and the application of the DEMATEL–Dalalah technique as well as ISM to analyze the collected data are other aspects of the research innovation. The identification and evaluation of the positive and significant relationships among influential and impressive factors on JIT, and a real case study in a car manufacturing company distinguish this study from previous studies.

Keywords: Just-in-Time, DEMATEL–Dalalah technique, Interpretive Structural Modeling (ISM), Performance, Car manufacturing.



مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۲، شماره ۳، پیاپی ۲۶، پاییز ۱۴۰۰

دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱ ص ۶۵-۹۱



<http://dx.doi.org/10.22108/ipom.2022.127907.1355>

(مقاله پژوهشی)

شناسایی و تعیین اثرات متقابل عوامل تأثیرگذار بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین

با استفاده از روش DEMATEL و ISM

(مطالعه موردی کارخانه ایران خودرو بینالود)

محمدرضا خدومی^۱، مرضیه سیف^۲، هادی صاحبی^{۳*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی سیستم و زنجیره تأمین، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران،

m_khodoomi@ind.iust.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی سیستم و زنجیره تأمین، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران،

marziye_seif@ind.iust.ac.ir

۳- دانشیار گروه مهندسی سیستم و زنجیره تأمین، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران،

hadi_sahebi@iust.ac.ir

چکیده: امروزه با رقابتی شدن بازارها پاسخگویی به‌موقع به خواسته‌های مشتریان با بهترین کیفیت و کمترین هزینه، به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است که این موضوع با استفاده بهینه از منابع و امکانات صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های مؤثر برای دستیابی به این امر، سیستم تولید به‌هنگام است. عوامل زیادی برای دستیابی به اهداف سیستم تولید به‌هنگام نقش دارد که شناسایی این عوامل و روابط بین آنها پیش از پیاده‌سازی این سیستم امری ضروری است. در این مقاله با استفاده از مرور پژوهش‌ها و نظر خبرگان، شش عامل کلیدی در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین، با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری (آزمون فریدمن) شناسایی، اولویت‌بندی شده و درباره روابط بین این معیارها بحث شده است. در مطالعه موردی با پرسشنامه، نظرهای ۲۵ کارشناس واحد برنامه‌ریزی خط تولید کارخانه ایران خودرو بینالود جمع‌آوری و اعتبارسنجی شده است. این عوامل با استفاده از روش دیمتل - دالالا و همچنین مدل‌سازی ساختاری تفسیری تحلیل شده و میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل و همین‌طور اولویت آنها مشخص شده است. در نتایج به‌دست آمده، عواملی چون «واحد خرید»، «اطلاعات و تبادل آن»، «واحد فروش» عوامل اثرگذار و عواملی چون «واحد تولید»، «تأمین‌کنندگان» و «مشتریان» به‌عنوان عوامل اثرپذیر مشخص شده‌اند. همچنین عامل اطلاعات و واحد خرید، اولویت بالایی در این سیستم دارند. استفاده از این نتایج در زمان پیاده‌سازی سیستم تولید به‌هنگام در سازمان‌های مختلف، بهترین عملکرد را دارد.

واژه‌های کلیدی: تولید به‌هنگام، زنجیره تأمین، روش دیمتل - دالالا، مدل‌سازی ساختاری تفسیری، Just In Time (JIT)

* نویسنده مسئول



۱- مقدمه

امروزه با رقابتی شدن بازارها و تغییرات پیوسته محیط، استفاده بهینه از منابع و امکانات و همین‌طور پاسخگویی به‌موقع به خواسته‌های مشتریان به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است؛ به نحوی که اگر سازمانی قادر به پاسخگویی صحیح و سریع در زمان، مکان و همین‌طور با کیفیت و کمیت مدنظر مشتری نباشد، دیگر توان ادامه حیات نخواهد داشت (لین^۱ و وو^۲، ۲۰۰۸). همچنین محصولات باید قیمت تمام‌شده پذیرفتنی داشته باشد؛ بنابراین همواره سازمان‌ها در تلاش برای کاهش هزینه‌های درون‌سازمانی و افزایش بهره‌وری با استفاده از راه‌های مختلف‌اند. پیشرفت‌های درخور توجهی در فرآیندهای تولید انجام شده است؛ با این حال هنوز هم فعالیت‌هایی که ارزش افزوده ندارد در طول زنجیره تأمین انجام می‌شود؛ مانند انبارش محصولات و قطعات (لیو^۳ و همکاران، ۲۰۲۰).

در سیستم‌های سنتی، مواد خام، کالاهای نیمه‌ساخته و کالاهای آماده فروش، نگهداری می‌شوند تا در مواقعی که ارقام مورد نیاز در دسترس نیستند، موجودی اطمینان لازم وجود داشته باشد. در سال‌های اخیر سازمان‌ها پی‌برده‌اند که نگهداری موجودی، هزینه‌های درخور توجهی را در بر دارد؛ بنابراین بسیاری از واحدهای تولیدی، دستورالعمل‌های تولید و مدیریت موجودی خود را تغییر داده و از استراتژی‌های جدیدی برای کنترل جریان و فرآیند تولید استفاده کرده‌اند. یکی از این روش‌ها، تولید به‌هنگام است که به‌منظور کاهش هزینه‌ها و همین‌طور افزایش بهره‌وری به کار گرفته می‌شود (ژو^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). واژه‌های گوناگونی برای توصیف این سیستم استفاده می‌شود؛ به‌طور مثال: تولید به‌هنگام و تولید جامع. هرچند واژه تولید به‌هنگام برای توصیف این سیستم گسترده کافی نیست و تمام ابعاد آن را توصیف نمی‌کند، اما رایج‌ترین اصطلاح است (رحمانی و صالحی صدقیانی، ۱۳۸۵).

تولید به‌هنگام، بر پایه مدیریت ژاپنی شکل گرفته است که ابتکار عمل‌های گوناگونی را در بر می‌گیرد و اجزای مختلف آن (مانند: تأمین‌کنندگان انعطاف‌پذیر، استقرار سلولی، سیستم تولید کششی، کنترل موجودی، تولید در دسته‌های کوچک، زمان‌های راه‌اندازی سریع، سطوح تولید یکپارچه، کیفیت در منابع و شبکه یکپارچه عرضه‌کنندگان)، به‌صورت هدفمند برای بهبود مستمر در کل سیستم گام بر می‌دارند (تاکار^۵ و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور کلی در سیستم تولید به‌هنگام بیان می‌شود، نگهداری موجودی اتلاف است و باید کاهش یابد. با این حال، حمل‌ونقل‌های کوچک و مکرر باعث تولید زباله بیشتر، مصرف منابع بیشتر و افزایش ازدحام در زنجیره تأمین می‌شود که سیاست تولید به‌هنگام را کمتر مؤثر می‌کند. بنابراین هماهنگی در کل زنجیره تأمین تولید به‌هنگام امری حساس است (جابر^۶ و همکاران، ۲۰۱۷).

استفاده از سیستم تولید به‌هنگام، نتایج درخور توجهی در افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت داشته است. درواقع با نگرشی نوین در مدیریت تولید، به بهبود مستمر و افزایش کارایی می‌پردازد و تأکید آن بر تولید اقلام ضروری، به میزان تقاضا در زمان مناسب است. هدف تکنیک سیستم تولید به‌هنگام، حذف اتلاف زمان در تمام قسمت‌های فرآیند تولید از مرحله طراحی محصول تا مرحله توزیع است؛ به این صورت که سیستم تولید به‌هنگام، بر انجام‌دادن به‌موقع فعالیت‌ها تأکید می‌کند. چنین نگرشی در سیستم‌های تولیدی سبب می‌شود که حجم موجودی‌ها (مواد اولیه، کالای در جریان ساخت و کالای ساخته‌شده) به میزان درخور توجهی کاهش و در پی آن هزینه‌های تولید نیز کاهش یابد (ژو و همکاران، ۲۰۱۷). صنعت خودروسازی یکی از صنایع مهم هر کشوری محسوب می‌شود؛ بنابراین با توجه به اهمیت آن، لازم است از سیستم‌های کارا و مفید برای توسعه و پیشرفت این صنعت استفاده شود. امروزه شاهد مفاهیمی جدید و روش‌هایی نو در تولید هستیم. سیستم تولید به‌هنگام یکی از این سیستم‌هایی است که در کلیه صنایع، به‌ویژه در صنعت خودروسازی سودبخش است.

معیارها و عوامل مختلفی در راه‌اندازی سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین دخیل‌اند که شناسایی و تحلیل آنها دید روشنی از زنجیره تأمین و سیستم تولید به‌هنگام به مجریان و مدیران می‌دهد تا از این طریق، این سیستم با بهترین عملکرد در سازمان‌ها راه‌اندازی شود. در این پژوهش تلاش می‌شود تا این امر فراهم شود. مهم‌ترین سؤالات این مسیر به شرح زیر است:

۱- مهم‌ترین و مؤثرترین معیارهای دخیل در سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین کدامند؟

۲- اهمیت و اولویت‌بندی این معیارها از نظر تأثیر بر عملکرد سیستم تولید به‌هنگام چگونه است؟

۳- روابط بین معیارها و میزان اثرگذاری و اثرپذیری آنها از یکدیگر به چه صورت است؟

بنابراین در این پژوهش، به دنبال ایجاد دیدی واضح برای مدیران و مجریان سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین هستیم. به این منظور پس از بررسی پیشینه تحقیقات و نظر خبرگان، عوامل کلیدی و مؤثر در سیستم تولید به‌هنگام شناسایی می‌شود و سپس با استفاده از تکنیک دیمتل - دالالا^۷، برای تحلیل کمی روابط و تعامل میان عوامل و همچنین از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری^۸ (ISM) به منظور اولویت‌بندی معیارها استفاده خواهد شد. نتایج این تحقیق برای پیاده‌سازی سیستم تولید به‌هنگام کاربردی است، زیرا پس از شناخت عوامل مؤثر بر سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین، روابط بین آنها و میزان اثرپذیری و اثرگذاری آنها مشخص و در نهایت اهرم‌های مؤثر، به منظور میزان اهمیت رتبه‌بندی می‌شود که این امر باعث مشخص شدن راه برای سازمان‌ها، برای بهره‌مندی از سیستم تولید به‌هنگام می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

زنجیره تأمین^۹، زنجیره‌ای از واحدهای مستقل با روابط یک‌به‌یک نیست، بلکه شبکه‌ای از واحدها و کسب‌وکارهای مختلف است که روابط متعددی دارد. از سوی دیگر به مدیریت این روابط در سراسر زنجیره تأمین، مدیریت زنجیره تأمین^{۱۰} گفته می‌شود (لامبرت^{۱۱} و کوپر^{۱۲}، ۲۰۰۰). یکی از واحدهای مهم در زنجیره تأمین، واحد تولید و عملیات است که سیستم تولید به‌هنگام، یک راهکار اساسی برای تسهیل عملیات این واحد است (سرگری^{۱۳}، ۲۰۰۹). بسیاری از تولیدکنندگان فلسفه «به‌هنگام» را به منظور رقابت بیشتر در بازار جهانی امروز به کار می‌برند. موفقیت «به‌هنگام» در زمینه تولید باعث شده است که بسیاری از شرکت‌ها به گسترش فلسفه «به‌هنگام» در کل زنجیره تأمین هدایت شوند. تأمین قطعات و مواد، یک مسئله بسیار مهم در اجرای موفق و مؤثر «به‌هنگام» است (آکسوی^{۱۴} و ازتورک^{۱۵}، ۲۰۱۱).

رویکرد سیستم تولید به‌هنگام در بهبود مسائل مربوط به کنترل موجودی، توزیع و پاسخگویی سریع به خواسته‌های مشتریان بسیار عملکرد خوبی دارد و همین‌طور سیستم تولید به‌هنگام، به دلیل توجه به موجودی فروشندگان در انتهای زنجیره تأمین و پاسخگویی سریع به تقاضای مشتریان، اهمیت به‌سزایی دارد (تسنگ^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۹). عوامل بسیاری باعث عدم قطعیت در زنجیره تأمین می‌شود که توجه به آنها بسیار حیاتی است، به‌طور مثال شیوع ویروس کرونا در سال ۲۰۲۰، باعث افزایش عدم قطعیت در تقاضا و همین امر موجب افزایش هزینه‌های موجودی در سیستم‌های سنتی شد، در حالی که سیستم تولید به‌هنگام به دلیل هماهنگی بالاتر با این شرایط، سازگاری بهتری دارد (پیسچ^{۱۷}، ۲۰۲۰).

افزایش رقابت و افزایش انتظارات مشتریان باعث می‌شود مشاغل از برخی معیارها مانند هزینه، کیفیت و خدمات سریع از تأمین‌کنندگان خود در سطوح خاصی انتظار داشته باشند؛ به‌ویژه برای شرکت‌های خودروسازی که بر تولید به‌هنگام کار می‌کنند بسیار مهم است که این معیارها را تأمین‌کنندگان به بهترین نحو محقق کنند. به همین دلیل، انتخاب تأمین‌کنندگان برای شرکت‌های به‌هنگام، به یک مشکل بزرگ تبدیل شده است (دمیر^{۱۸} و همکاران، ۲۰۲۰).

با مرور پژوهش‌ها مشخص می‌شود هدف بیشتر پژوهش‌های سیستم تولید به‌هنگام که انجام شده، کاهش سه جنبهٔ مختلف در زنجیرهٔ تأمین بوده است که این سه جنبه عبارتند از: حداقل موجودی، حداقل ضایعات و حداقل زمان (میشرا^{۱۹}، کومار^{۲۰} و گرج^{۲۱}، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت و حساسیت بنگاه‌های تولیدی مبتنی بر سیستم تولید به‌هنگام نسبت به عوامل و پارامترهای تولید، تحقیقات زیادی در این خصوص انجام شده است. بخش زیادی از تحقیقات به مدل‌سازی ریاضی موضوع پرداخته‌اند و بعضی مقالات اخیر به مدل‌سازی ویژگی‌های خاص آن، مانند انعطاف‌پذیری سیستم تولید به‌هنگام تمرکز داشته‌اند (آبکاری و فیلی، ۱۳۹۵). حال در ادامه، تحقیقات انجام‌شده در زمینهٔ سیستم تولید به‌هنگام بررسی می‌شود. در جدول ۱ مقایسه‌ای بین مقالات پیشین و این پژوهش انجام شده است.

جدول ۱- مرور پژوهش‌ها در حوزهٔ سیستم تولید به‌هنگام و عوامل اثرگذار و اثرپذیر

نویسندگان	سال	توضیحات	صنعت و یا سیستم مطالعه‌شده	روش استفاده‌شده
مازانای و همکاران	۲۰۱۲	ارتباط میان سیستم تولید به‌هنگام و میزان بهره‌وری، هزینه، کیفیت و انعطاف‌پذیری	۸۲ شرکت تولیدی در آفریقای جنوبی	تحلیل آماری (t-test)
لوچرینی و همکاران	۲۰۱۷	تحویل تأمین‌کنندگان به‌صورت سیستم تولید به‌هنگام، میزان موجودی و حجم فعالیت‌ها را کاهش می‌دهد که باعث افزایش انعطاف‌پذیری می‌شود	شرکت تولیدی ظروف شیشه‌ای	شبیه‌سازی
اقبال و همکاران	۲۰۱۸	سیستم تولید به‌هنگام از راه ارتباط مشتریان با تأمین‌کنندگان به‌طور غیر مستقیم بر تولید چابک اثر می‌گذارد	۲۴۸ خیره در شرکت‌های صادراتی نساجی پاکستان	مدل معادلات ساختاری
قدرتی و همکاران	۱۳۸۴	ارزیابی اثر پارامترهای کنترل تولید در سیستم تولید به‌هنگام	شبیه‌سازی خط تولید	شبیه‌سازی
رحمانی و صدقیانی	۱۳۸۵	شناسایی عوامل مؤثر در پیاده‌سازی تولید به‌هنگام	شرکت‌های تولیدی ایران	AHP
خدای پور	۱۳۸۸	بررسی عواملی که مانع از خرید و تولید به‌هنگام محصولات است	صنعت خودروسازی ایران	تحلیل آماری (t-test)
فارس‌چجانی و همکاران	۱۳۸۹	مشخص کردن ۲۳ معیار لازم برای اجرای سیستم تولید به‌هنگام	صنعت چاپ	ANP
شیخان و همکاران	۱۳۹۱	تعیین وضعیت و اولویت‌بندی معیارهای سیستم تولید به‌هنگام	صنایع غذایی تکین	AHP
قاسم و روغنی ممقانی	۱۳۹۴	شناسایی و اولویت‌بندی موانع تولید و تحویل به‌موقع محصولات به مشتری	شرکت سایپا	AHP
آبکاری و فیلی	۱۳۹۵	رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر تولید به‌هنگام	صنایع غذایی	DEMATEL و ANP
کشی پور و جبارزاده	۱۴۰۰	رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر نحوهٔ پیاده‌سازی مدیریت به‌موقع کالا و تجهیزات به‌هنگام	شرکت توزیع نیروی برق	AHP فاز و DEMATEL فاز
پژوهش انجام‌شده	۱۴۰۰	شناسایی و تعیین آثار متقابل عوامل اثرگذار بر تولید به‌هنگام در زنجیرهٔ تأمین	کارخانهٔ ایران خودرو (واحد بینالود)	DEMATEL- و DALALAH ISM

همان‌طور که با مرور پژوهش‌ها مشخص شد، در زمینه اجرای سیستم تولید به‌هنگام تاکنون پژوهش‌های بسیاری انجام شده است، اما ابهام درباره چگونگی اجرای این سیستم، سؤال مهمی را به وجود می‌آورد که لازم است قبل از اجرای این سیستم و به‌منظور آماده‌سازی یک شرکت به آن پاسخ داد (صالحی صدقیانی و همکاران، ۱۳۸۵). سؤالی که وجود دارد این است که اجزای تشکیل‌دهنده سیستم مذکور کدام است و چه عواملی بر سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین اثر می‌گذارد؟

اولین مدلی که در آن اجزای تولید به‌هنگام ارائه شد، مدلی بود که جونیر^{۲۲} و لا^{۲۳} در سال ۱۹۹۰ ارائه کردند که بر حمایت‌های مدیریتی متمرکز بود و در آن کمتر، اجزای عملیاتی مورد نیاز بررسی شده بود. گرین^{۲۴} و همکاران (۲۰۱۴) سیستم تولید به‌هنگام و آثار آن را بر توانایی زنجیره تأمین بررسی کردند. مهرا^{۲۵} و اینمان^{۲۶} (۱۹۹۲)، مدلی را ارائه کردند که در آن ۱۹ عنصر را برای موفقیت در اجرای تولید به‌هنگام ضروری دانستند. آنها این ۱۹ عنصر را در ۴ گروه دسته‌بندی کردند که عبارتند از: تعهد مدیریت، استراتژی تولید به‌هنگام، استراتژی فروشندگی به‌هنگام و استراتژی آموزش به‌هنگام. اوانز^{۲۷} (۱۹۹۷) در کتابش برای اجزای تولید به‌هنگام، به این موارد اشاره می‌کند: مدیریت خط تولید، مدیریت زمان‌بندی، طراحی فرآیند و تولید محصول، مدیریت تأمین، سیستم‌های اطلاعاتی. همین‌طور راسل^{۲۸} و تیلور^{۲۹} (۲۰۰۳) این اجزا را این‌گونه مشخص می‌کنند: تجدید منابع انعطاف‌پذیر، چیدمان سلولی، سیستم کشتی تولید، کنترل سطح موجودی، راه‌اندازی سریع، یکسان‌سازی سطح تولید، شبکه‌های تأمین‌کنندگان.

یانگ^{۳۰} و همکاران (۲۰۲۱)، نقش تولید به‌هنگام را در زنجیره تأمین بررسی کردند. این مطالعه با تکیه بر زنجیره تأمین، مشتریان، جریان اطلاعات و همکاری در یک زنجیره تأمین تولید به‌هنگام را بررسی می‌کند که تأمین منابع و تدارکات، همچنین اثر زنجیره تأمین تولید به‌هنگام را بر عملکرد عملیاتی ارزیابی می‌کند. ژیون^{۳۱} و همکاران (۲۰۲۰) اطلاعات لجستیک زنجیره تأمین را از دیدگاه تولید به‌هنگام ارزیابی کردند که این عامل نقش به‌سزایی در عملکرد تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین دارد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود اجزای اشاره‌شده توسط این منابع در برخی از موارد مشترک و در برخی دیگر غیر مشترک‌اند.

روش‌های متعددی در مباحث تصمیم‌گیری چندمعیاره وجود دارد که پژوهش‌های زیادی به‌وسیله آنها انجام شده است، در این تحقیق ما از دو روش دیمتل - دالالا و همین‌طور روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده کرده‌ایم.

روش دیمتل^{۳۲} یکی از روش‌های تصمیم‌گیری براساس مقایسه زوجی معیارها توسط خبرگان است که در سال ۱۹۷۱ میلادی، توسط گابوس^{۳۳} و فونتلا^{۳۴} و به‌منظور تحلیل مسائل پیچیده ارائه شد. این روش برای بررسی روابط علت و معلولی بین معیارهای اثرگذار و اثرپذیر یک مسئله است (علی‌نژاد و خلیلی، ۲۰۱۹). از مزایای این روش، به موارد زیر اشاره می‌شود:

- میزان ارتباطات را با امتیاز بررسی می‌کند.
- اثرپذیری و اثرگذاری (روابط متقابل) را به‌همراه شدت آنها بیان می‌کند.
- ساختاری مشخص را برای معیارهای مختلف در قالب دو گروه علت و یا معلول ایجاد می‌کند.
- اهمیت معیارها را تعیین می‌کند.

از دیگر روش‌های تحلیل روابط میان معیارهای مؤثر در یک سیستم، به روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری اشاره می‌شود که این روش را اولین بار در سال ۱۹۷۳ وارفیلد^{۳۵} ارائه کرد (وارفیلد، ۱۹۷۳). روش ISM به‌منظور تحلیل بهتر سیستم، پیچیدگی روابط میان معیارها را منظم و جهت‌دار می‌کند؛ همچنین این روش، به تحلیل‌گران سیستم کمک می‌کند تا شکل کلی روابط مابین تعداد زیادی از معیارها را برای بهبود سیستم داشته باشند (چانهان^{۳۶} و همکاران، ۲۰۱۸). از مزایای این روش به موارد زیر اشاره می‌شود:

- فهم‌سازکردن عوامل اثرگذار سیستم برای طیف گسترده کاربران؛
- ابزاری برای ارائه هدفمند و منظم نظرهای خبرگان؛
- کاربرد آن در تحلیل سیستم‌های مختلف و پیچیده.

حال در بخش بعدی مقاله، با توجه به مطالب بیان‌شده و همچنین نظر خبرگان، اجزای کلی اثرگذار بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین را دسته‌بندی می‌کنیم و همین‌طور اهمیت و روابط بین عوامل مختلف را بررسی می‌کنیم.

با توجه به مرور پژوهش‌های انجام‌شده، به‌طور خلاصه نوآوری‌های این پژوهش شامل موارد ذیل است:

- بررسی و شناسایی معیارهای خاص و اثرگذار بر تولید به‌هنگام با زمینه زنجیره تأمین؛
- توجه به عوامل کلیدی کیفی برای افزایش بهره‌وری سازمان در استفاده از سیستم تولید به‌هنگام؛
- استفاده از روش دیمتل - دالالا و همچنین مدل‌سازی ساختاری تفسیری به‌منظور تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده؛

- شناسایی و بررسی روابط مثبت و معنی‌دار بین عوامل اثرگذاری و اثرپذیری بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین؛
- مطالعه موردی در کارخانه خودروسازی.

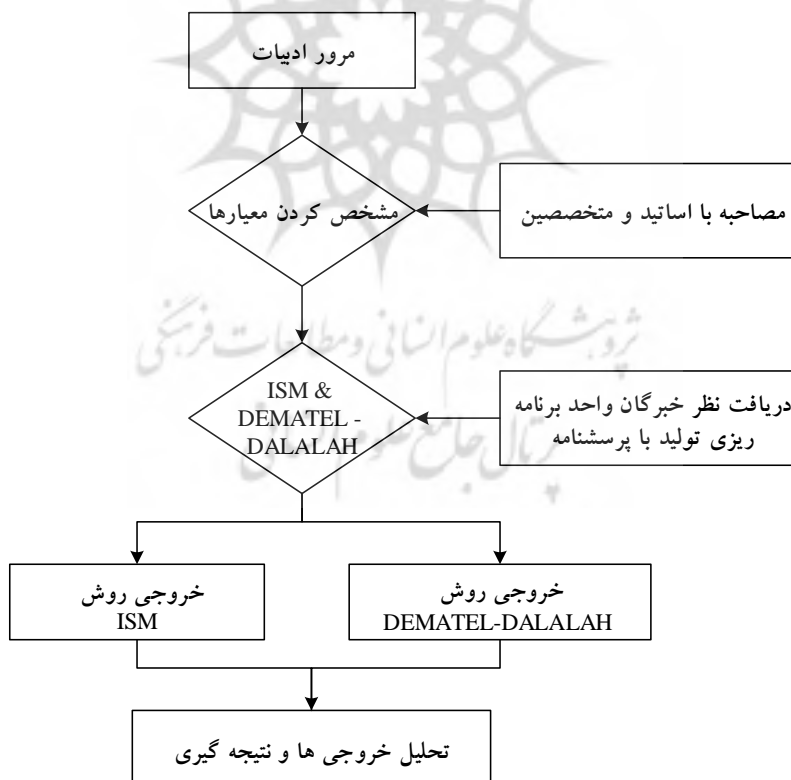
۳- روش پژوهش

در این تحقیق از هر دو روش مطالعه کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده و همین‌طور این تحقیق با هدفی کاربردی، به‌صورت کیفی در زمستان ۱۳۹۹ صورت گرفته است. در ابتدا، مطالعات لازم برای تعیین و شناخت عوامل مؤثر بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین انجام شد؛ سپس برای حصول اطمینان از جامعیت و صحت عوامل مذکور، نظرهای متخصصان و خبرگان در این زمینه جمع‌آوری شد؛ جامعه آماری تحقیق انجام‌شده، شامل کارشناسان واحد برنامه‌ریزی خط تولید کارخانه ایران‌خودرو بینالود است؛ به تمام پرسنل بخش برنامه‌ریزی پرسشنامه داده شد که فقط تعداد ۲۵ نفر به‌طور کامل به پرسشنامه پاسخ داده بودند و در این پژوهش شرکت کردند. در پژوهش از ترکیب روش دیمتل - دالالا و روش مدل‌سازی ساختاری تفصیلی استفاده شده است. در بسیاری از تحقیق‌های گذشته از ترکیب روش دیمتل و تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP^{۳۷}) استفاده شده که در جدول ۲ مقایسه‌ای بین سه روش دیمتل و ISM و ANP ارائه شده است (بین^{۳۸} و همکاران، ۲۰۱۲) که قابلیت‌های روش دیمتل و ISM در این جدول به‌خوبی مشخص می‌شود.

جدول ۲- مقایسه بین سه روش دیمتل و ISM و ANP

فاکتور	DEMATEL	ISM	ANP
علت و معلولی	•	•	
قدرت مقایسه‌ای	•		
سلسله‌مراتب		•	
ساختار شبکه	•	•	وابسته به شرایط
اهمیت عامل نسبی			•

- همچنین ترکیب دو روش دیمتل و ISM با یکدیگر مزایایی دارد که عبارت است از (بین و همکاران، ۲۰۱۲):
- هر دو روش اطلاعات به دست آمده از خبرگان را از طریق ماتریس رابطه بیان می‌کنند و روابط اثرگذار بین عوامل را منعکس می‌کنند.
 - این دو روش با یکدیگر قابلیت برقراری ارتباط دارند، به نحوی که ساختار سلسله‌مراتبی سیستم پیچیده را با ماتریس رابطه کل دیمتل به دست می‌آورند و سپس به ماتریس دسترسی ISM تبدیل می‌کنند.
 - یک فرایند استدلال منطقی سیستماتیک برای تعیین روابط علت و معلولی ارائه می‌دهند.
 - جهت و اثر روابط عناصر پیچیده را در سطح سیستم به وضوح ترسیم می‌کنند.
- به صورت کلی روش انجام پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- روش پژوهش

پس از مرور پژوهش‌ها و گرفتن نظر خبرگان در این حوزه، عوامل مؤثر بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین، شش معیار کلیدی برای بررسی مشخص شد که این عوامل عبارتند از: اطلاعات و تبادل آن، واحد تولید، واحد خرید، واحد فروش، مشتریان و تأمین‌کنندگان که مبنای طراحی پرسشنامه، به‌عنوان ابزار اصلی پژوهش در مطالعه میدانی قرار گرفتند. تحلیل پرسشنامه طراحی شده بر اساس روش دیمتل - دالالا و همچنین مدل‌سازی ساختاری تفسیری بر اساس مقایسه زوجی بوده که به‌منظور نگرش‌سنجی خبرگان، میزان اثر هر یک از شش عامل بر دیگر عوامل در قالب سی سؤال هر یک از آیتم‌های سنجه، براساس طیف لیکرتی پنج‌قسمتی (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، بی‌ارتباط) سنجیده شده است. برای تأیید روایی از روش روایی صوری استفاده شد و در این راستا، ابزار پژوهش به تأیید تعدادی از خبرگان حوزه تخصصی رسید. همین‌طور برای بررسی پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. چنانچه ضریب آلفای کرونباخ برای یک مقیاس بیش از ۰/۷ محاسبه شود، پایایی آن مقیاس مطلوب ارزیابی می‌شود. برای پرسشنامه این پژوهش، عدد ۰/۷۹ به دست آمد که نشانگر پایایی مناسب ابزار پژوهش است.

۳-۱- انتخاب معیارهای اثرگذار در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین

به‌منظور بررسی عوامل اثرگذار بر سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین، ابتدا لازم است تا مسائلی شناسایی شود که این سیستم با آنها روبه‌روست و مشخص شود که چه عوامل و بخش‌هایی بر این سیستم اثر می‌گذارد. برخی از این مسائل در زیر لیست شده است (آرمسترانگ^{۳۹}، ۲۰۰۱):

- زمان طولانی مورد نیاز برای بهبود؛
- اتکا به کیفیت عالی مواد از سوی تأمین‌کنندگان و یا ناتوانی تأمین‌کنندگان در انطباق با روش‌های JIT؛
- مشکلات حفظ کیفیت محصولات و نیاز به تولید پایدار؛
- انعطاف‌پذیری برای مقابله با تغییرات محصول؛
- تعهدناشتن در سازمان و همکاری نکردن و نبود اعتماد بین کارکنان؛
- مشکلات مرتبط با سیستم اطلاعاتی؛
- نیاز به تغییر چیدمان تجهیزات؛
- افزایش استرس در نیروی کار و ناتوانی برخی افراد در پذیرش مسئولیت‌های واگذارشده.

همان‌طور که مشخص است اجرای سیستم تولید به‌هنگام، تمام بخش‌های سازمان را درگیر می‌کند و مستلزم همکاری تمام واحدهاست که هرکدام از این بخش‌ها بر این سیستم اثر می‌گذارد. به‌طورکلی، دوازده معیار با مشورت خبرگان صنعت و پژوهش‌پیشین به ارتباط این معیارها با سیستم تولید به‌هنگام اشاره کرده‌اند که در جدول ۳ درخور توجه قرار گرفت:

جدول ۳- معیارهای اثرگذار بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین

ردیف	معیار	منابع
۱	اطلاعات و تبادل	آدروهنمو ^{۴۰} و همکاران، ۱۹۹۵
۲	واحد منابع انسانی و آموزش کارکنان	گارسیا آلکاراز ^{۴۱} و همکاران، ۲۰۱۵
۳	واحد تولید	وایت ^{۴۲} و پریوتوک ^{۴۳} ، ۲۰۰۱
۴	طرح‌ریزی واحد صنعتی و تکنولوژی	چن ^{۴۴} و شانگ ^{۴۵} ، ۲۰۰۸
۵	واحد خرید	فاضل ^{۴۶} ، ۱۹۹۷
۶	واحد مالی و سرمایه‌گذاری	فولرتون ^{۴۷} و همکاران، ۲۰۰۳
۷	واحد تحقیق و توسعه	لیم ^{۴۸} و سانیداس ^{۴۹} ، ۲۰۱۱
۸	واحد بازاریابی و تبلیغات	یاماموتو ^{۵۰} و لوید ^{۵۱} ، ۲۰۱۹
۹	واحد فروش	دانگ ^{۵۲} و همکاران، ۲۰۰۱
۱۰	تأمین‌کنندگان	اینمن ^{۵۳} ، ۱۹۹۰
۱۱	واحد خدمات پس از فروش	ژرمن ^{۵۴} و همکاران، ۱۹۹۶
۱۲	مشتریان	کلیکام ^{۵۵} و همکاران، ۱۹۹۹

این معیارها با استفاده از پرسشنامه، توسط خبرگان ارزیابی و نتایج با استفاده از تحلیل آماری فریدمن (Friedman Test) بررسی شد. برای نمره‌گذاری گزینه‌های سؤال‌های بررسی شده، به ترتیب به گزینه خیلی کم مقدار ۱ تا گزینه خیلی زیاد مقدار ۵ می‌دهیم. این آزمون یک آزمون ناپارامتری آماری است که برای مقایسه شاخص‌های مرکزی چندین جامعه به کار می‌رود.

یک ماتریس داده به صورت $\{x_{ij}\}_{n \times k}$ در نظر بگیرید. میانگین رتبه‌ها را برای ستون j به صورت زیر محاسبه می‌کنیم.

$$\bar{r}_{.j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij}$$

با در نظر گرفتن متوسط رتبه‌های حاصل، آماره آزمون فریدمن که با نماد Q نشان داده می‌شود، به صورت زیر خواهد بود.

$$Q = \frac{12n}{k(k+1)} \sum_{j=1}^k \left(\bar{r}_{.j} - \frac{k+1}{2} \right)^2$$

همچنین مقدار احتمال (p-value) به شکل زیر محاسبه خواهد شد.

$$QP(\chi_{k-1}^2 \geq Q)$$

واضح است که در صورت معنی‌دار بودن مقدار احتمال، فرض صفر را رد می‌کنیم که بیانگر یکسان بودن تیمارهاست.

جدول ۴ نتایج آزمون فریدمن را برای بررسی اثر هرکدام از معیارهای بررسی شده در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین در نرم‌افزار SPSS نشان می‌دهد.

جدول ۴- آزمون فریدمن معیارهای اثرگذار در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین

میانگین رتبه‌ها	معیارهای اثرگذار در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین
۶/۲۸	اطلاعات و تبادل
۵/۴۸	واحد منابع انسانی و آموزش کارکنان
۷/۶۸	واحد تولید
۵/۵۰	طرح‌ریزی واحد صنعتی و تکنولوژی
۷/۸۰	واحد خرید
۶/۱۸	واحد مالی و سرمایه‌گذاری
۵/۸۰	واحد تحقیق و توسعه
۵/۳۴	واحد بازاریابی و تبلیغات
۷/۱۶	واحد فروش
۷/۲۰	تأمین‌کنندگان
۵/۹۰	واحد خدمات پس از فروش
۷/۶۸	مشتریان

در این آزمون مقدار p-value برابر با ۰/۰۲۳ شده است که کوچک‌تر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ است؛ نتیجه می‌گیریم که بین موارد بررسی شده به‌لحاظ اهمیت، تفاوت معنی‌دار وجود دارد و از دیدگاه خبرگان، این موارد ارزش و اهمیت یکسانی ندارد. با توجه به جدول بالا، واحد خرید با مقدار ۷/۸ بزرگ‌ترین مقدار میانه و بنابراین بیشترین اهمیت را دارد. پس از آن عامل مشتریان و واحد تولید با میانه ۷/۶۸، بیشترین اهمیت را دارد. در جایگاه بعدی تأمین‌کنندگان با میانه ۷/۲۰ قرار دارند. در نهایت نیز واحد فروش با ۷/۱۶ و عامل اطلاعات و تبادل آن نیز با میانه ۶/۲۸ در جایگاه بعدی قرار می‌گیرند. این معیارها در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین، توجه بیشتری را دارند. حال پس از انتخاب این شش معیار، در بخش بعد روش ارزیابی این معیارها بیان می‌شود.

۳-۲- روش دیمتل - دالالا (DEMATEL - DALALAH)

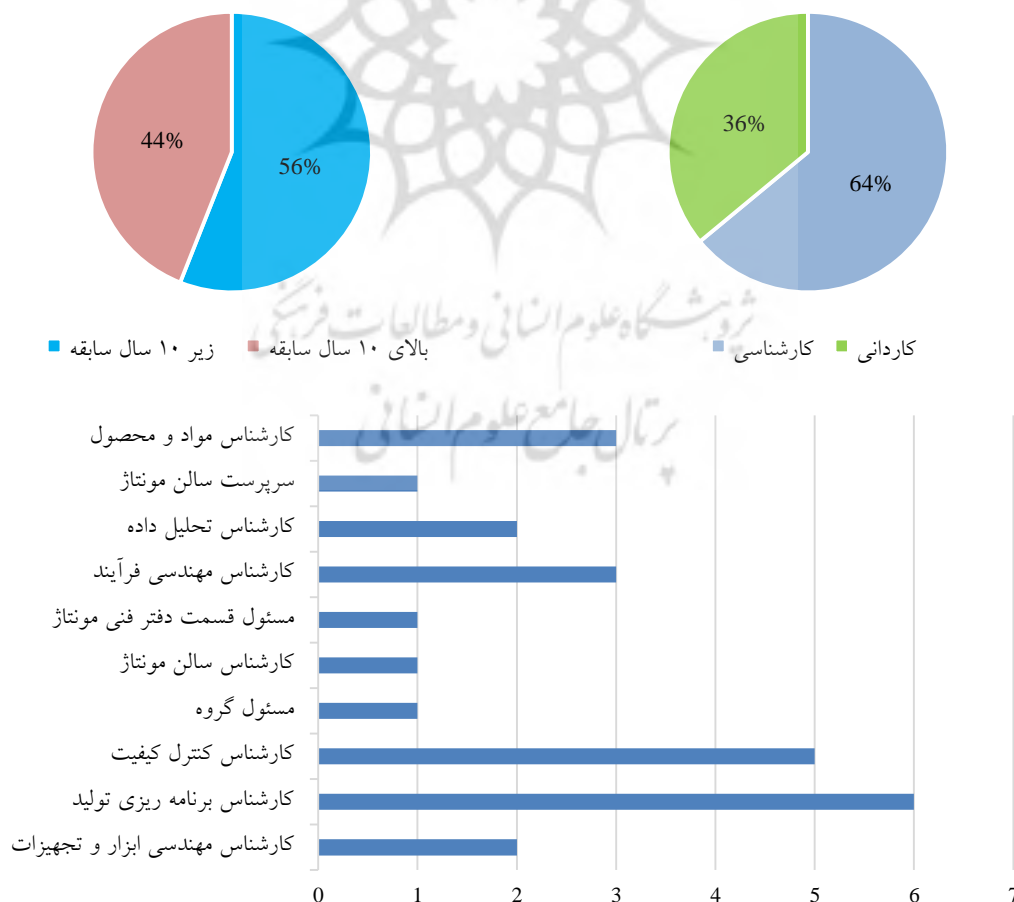
این تحلیل بر اساس مقایسه‌های زوجی و قضاوت خبرگان انجام می‌شود و با به‌کارگیری اصول نظریه گراف، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم، به‌همراه روابط اثرگذاری و اثرپذیری متقابل عناصر مذکور فراهم می‌آورد (لین و وو، ۲۰۰۸). از ویژگی این روش، به‌فرآیندی کارا در شناسایی سلسله‌مراتب و روابط بین عوامل اشاره می‌شود (تاکار و همکاران، ۲۰۰۷). در ساختار سلسله‌مراتبی حاصل، هر عنصر علاوه بر اینکه بر دیگر عوامل (هم‌سطح، سطح بالاتر یا سطح پایین‌تر از خود) اثر می‌گذارد، متقابلاً از تک‌تک آنها اثر می‌پذیرد. پذیرش روابط و توانایی نمایش کلیه بازخوردهای ممکن بین عوامل، یکی دیگر از دلایل برتری این روش نسبت به دیگر شیوه‌های متکی بر نظریه گراف‌هاست (هسو^{۵۶} و همکاران، ۲۰۱۳). دالالا^{۵۷} و همکاران (۲۰۱۱) طی پژوهشی بیان کردند که از ماتریس، ارتباطات مستقیم وزن معیارها محاسبه می‌شود. در ادامه با استفاده از این روش، نوع ارتباط و تعیین علت و معلول بین معیارها بررسی می‌شود.

۳-۳- روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

اطلاعات به‌دست‌آمده از روش دیمتل، اطلاعات ورودی برای روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری است که این روش، ابزاری مؤثر به‌منظور بررسی سطوح اثرگذاری به کمک روابط دیمتل است (وانگ^{۵۸} و همکاران، ۲۰۱۸). زمانی که از دو پرسشنامه برای تحلیل، با استفاده از دو روش دیمتل و ISM استفاده شود، به‌دلیل اینکه امکان دارد ورودی‌های دو روش یکسان نباشد، بنابراین ممکن است نتایج جداگانه آنها با یکدیگر سازگار نباشد؛ بنابراین، به‌دلیل مشابهت دو روش ISM و دیمتل، استفاده از ترکیب این دو روش، نتایج دقیق‌تری را به دست می‌آورد. بعد از انجام محاسبات دیمتل - دالالا، از روش ISM به‌منظور مشخص کردن سطوح معیارهای اثرگذار استفاده می‌شود.

۴- مطالعه کاربردی و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

داده‌های لازم برای تجزیه و تحلیل، از طریق پرسشنامه گردآوری می‌شود که در ادامه با استفاده از روش‌های دیمتل-دالالا و مدل‌سازی ساختاری تفسیری، این داده‌ها تجزیه و تحلیل می‌شود. طبق اطلاعات جمعیت‌شناختی حاصل از پرسشنامه‌ها که نظر ۲۵ خبره صنعت خودروسازی کارخانه ایران‌خودرو بینالود گردآوری شده است، ۳۵ درصد از پاسخ‌دهندگان مدرک کاردانی و ۶۵ درصد مدرک کارشناسی دارند. همچنین ۴۴ درصد از پاسخ‌دهندگان بیشتر از ۱۰ سال و ۵۶ درصد نیز کمتر از ۱۰ سال سابقه کار اجرایی دارند. این اطلاعات در شکل ۲ به‌صورت گرافیکی مشاهده می‌شود.



شکل ۲- دموگرافی مشخصات خبرگان

۴-۱- محاسبات دیمتل - دالالا

در این بخش با استفاده از تکنیک دیمتل، روابط علت و معلولی و نیز اثر مؤلف‌ها بر یکدیگر تعیین می‌شود. حال مراحل مربوط به تکنیک دیمتل را انجام می‌دهیم. در جدول ۵ ماتریس میانگین ارتباط معیارها بر یکدیگر به صورت میانگین حسابی محاسبه شده است و از پرسشنامه‌هایی استفاده شده که توسط خبرگان تکمیل شده است.

جدول ۵- ماتریس میانگین شدت اثر مؤلف‌ها

اطلاعات و تبادل آن	واحد تولید	واحد خرید	واحد فروش	مشتریان	تأمین کنندگان
اطلاعات و تبادل آن	۰	۲/۹۵	۲/۵۵	۲/۳	۳/۲
واحد تولید	۲/۴۵	۰	۲/۳۵	۲/۱۵	۲/۳
واحد خرید	۳/۱	۲/۹	۰	۲/۱	۳
واحد فروش	۲/۶	۲/۲۵	۲	۳/۰۵	۱/۹
مشتریان	۲/۵	۱/۵	۱/۵۵	۰	۱/۳
تأمین کنندگان	۲/۳	۲/۴	۱/۷۵	۲	۰

در گام بعدی از مراحل اجرای تکنیک دیمتل، باید ماتریس میانگین را نرمالیزه کرد. نتایج حاصل در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- ماتریس نرمالیزه میانگین شدت اثر مؤلف‌ها

اطلاعات و تبادل آن	واحد تولید	واحد خرید	واحد فروش	مشتریان	تأمین کنندگان
اطلاعات و تبادل آن	۰	۰/۲۲۸۰۷	۰/۱۷۸۹	۰/۱۶۱۴	۰/۲۲۴۵۶
واحد تولید	۰/۱۷۱۹۲۹۸	۰	۰/۱۶۴۹	۰/۱۵۰۹	۰/۱۶۱۴
واحد خرید	۰/۲۱۷۵۴۳	۰/۲۰۳۵۱	۰	۰/۱۴۷۴	۰/۲۱۰۵۲
واحد فروش	۰/۱۸۲۴۵۶	۰/۱۵۷۸۹	۰/۱۴۰۳۵	۰/۲۱۴	۰/۱۳۳۳۳
مشتریان	۰/۱۷۵۴۳۸	۰/۱۰۵۲۶	۰/۱۰۸۷۷	۰	۰/۰۹۱۲۲
تأمین کنندگان	۰/۱۶۱۴۰۳۵	۰/۱۶۸۴۲	۰/۱۶۸۴۲	۰/۱۴۰۴	۰

بعد از نرمالیزه کردن ماتریس میانگین، باید ماتریس روابط کل را حساب کرد که نتایج آن در جدول ۷ به عنوان ماتریس کل نمایش داده شده است:

جدول ۷- نتایج اهمیت و اثرگذاری معیارها (ماتریس کل)

اطلاعات و تبادل آن	واحد تولید	واحد خرید	واحد فروش	مشتریان	تأمین کنندگان
اطلاعات و تبادل آن	۰/۹۲۵۱	۱/۰۷۸۶	۰/۹۹۸۶۱	۰/۹۸۰۷	۱/۰۳۹۵۲
واحد تولید	۰/۹۲۳۵	۰/۷۴۸	۰/۸۳۴۹۳	۰/۸۳۹	۰/۸۵۵۹
واحد خرید	۱/۰۷۲۴	۱/۰۳۱	۰/۷۹۹۲۴	۰/۹۶۱۹	۱/۰۰۱۲۶
واحد فروش	۰/۹۳۵۰	۰/۸۸۵	۰/۸۱۸۴۸	۰/۸۹۰۴	۰/۸۳۵۶۵
مشتریان	۰/۷۹۸۶	۰/۷۲۱۶	۰/۶۷۸۲۹	۰/۵۹۴۳	۰/۶۸۴۱
تأمین کنندگان	۰/۸۷۳۸	۰/۸۵۲۳	۰/۸۰۰۵۴	۰/۷۹۱۳	۰/۶۷۹۲۱

در مرحله بعد، پس از محاسبه مجموع سطر (D) و ستون (R)، میزان اهمیت شاخص‌ها $(D_i + R_i)$ و رابطه بین معیارها $(D_i - R_i)$ مشخص می‌شود. اگر $D_i - R_i > 0$ باشد، معیار مربوطه اثرگذار و اگر $D_i - R_i < 0$ باشد، معیار مربوطه اثرپذیر است که نتایج حاصل شده طبق محاسبه ذیل در جدول ۸ محاسبه شده است:

جدول ۸- معیار اثرپذیر

	اطلاعات و تبادل آن	واحد تولید	واحد خرید	واحد فروش	مشتریان	تأمین‌کنندگان
R	۵/۵۲۸۶۵۴۳۴	۵/۳۱۷۹۳	۴/۹۳۰۰۹	۵/۰۷۹۵۷۳	۵/۰۳۷۷	۵/۰۹۵۶۷۵۰۳
D	۶/۰۲۳۲۸۶	۵/۰۵۶۸۲۴	۵/۸۱۵۵۷۹	۵/۰۸۴۱۷۳	۴/۲۲۷۳۲۴	۴/۷۸۲۴۰۵
D+R	۱۱/۵۵۱۹۴۰۰۵	۱۰/۳۷۴۷۵۷۶۲	۱۰/۷۴۵۶۷۱۷۹	۱۰/۱۶۳۷۴۶	۹/۲۶۴۹۸۷۳۹۳	۹/۸۷۸۰۸۰۳۹۵
DR	۰/۴۹۴۶۳۱۳۶۸	-۰/۲۶۱۱۰۸۹۶۵	۰/۸۸۵۴۸۶۸۱	۰/۰۰۴۵۹۹۸۹۲	-۰/۸۱۰۳۳۹۴۳۹	-۰/۳۱۳۲۶۹۶۶۵

با مرتب‌سازی و اولویت‌بندی داده‌های به‌دست‌آمده از جدول بالا، عوامل اثرگذار، اثرپذیر و همین‌طور اولویت وزنی و اهمیت این عوامل طبق جدول ۹ به دست می‌آید:

جدول ۹- اولویت وزنی و اهمیت عوامل

اولویت وزنی	عامل	D+R	نوع
۱	اطلاعات و تبادل آن	۱۱/۵۵۱۹۴	عوامل اثرگذار (R-D>0)
۲	واحد خرید	۱۰/۷۴۵۶۷۱	
۳	واحد تولید	۱۰/۳۷۴۷۵۷	
۴	واحد فروش	۱۰/۱۶۳۷۴۶	عوامل اثرپذیر (R-D<0)
۵	تأمین‌کنندگان	۹/۸۷۸۰۸۰۳	
۶	مشتریان	۹/۲۶۴۹۸۷۳	

پس از محاسبه ماتریس کل، نمودار علی رسم می‌شود که نشان‌دهنده میزان اهمیت و اثرگذاری و اثرپذیری بین معیارهاست. محور افقی نمودار، اهمیت معیار و محور عمودی اثرگذاری یا اثرپذیری معیارها را نشان می‌دهد (شکل ۳).



شکل ۳ - نمودار علت و معلولی ابعاد مؤثر بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، به‌ترتیب معیارهای اطلاعات و تبادل آن، واحد خرید، واحد فروش در نیمه مثبت قرار می‌گیرد که متعلق به عوامل علی است؛ در نتیجه این ابعاد، تأثیر بالایی به نسبت دیگر ابعاد دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دو عامل واحد خرید و اطلاعات و تبادل آن، طول بیشتری نسبت به دیگر معیارها دارند، بنابراین در بُعد اثرگذاری و اثرپذیری، اهمیت بیشتری نسبت به دیگر ابعاد دارند.

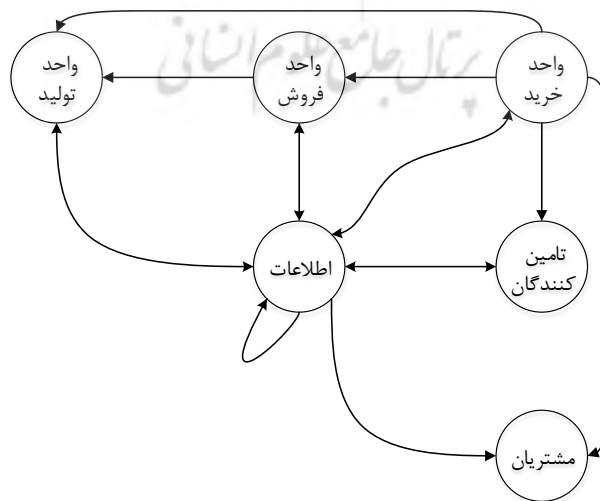
در انتها نیز نقشه روابط شبکه^{۵۹} میان عوامل ترسیم می‌شود. برای رسم باید میانگین مقادیر ماتریس کل محاسبه شود که به آن ارزش آستانه می‌گویند و بعد از آن تمامی روابط با مقدار کوچک‌تر از ارزش آستانه، در ماتریس کل در نظر گرفته نمی‌شود و مقدار آنها صفر گذاشته می‌شود، یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود و روابطی را که مقادیر آنها در ماتریس کل بزرگ‌تر از مقدار آستانه است برابر یک قرار می‌دهد و سپس شبکه روابط اعتناشدنی ترسیم می‌شود.

ارزش آستانه (میانگین) ماتریس کل در اینجا $0/860822$ به دست آمده است. حال در ماتریس، روابط کلی تمام عواملی را صفر قرار می‌دهیم که از ارزش آستانه کمتر است و به این معنی است که آنها با یکدیگر رابطه ندارند و بزرگ‌تر از آن را ۱ می‌گذاریم که به معنی وجود رابطه است. این روابط در جدول ۱۰ نشان داده شده است:

جدول ۱۰- روابط کلی تمام عوامل

اطلاعات و تبادل آن	واحد تولید	واحد خرید	واحد فروش	مشتریان	تأمین‌کنندگان
اطلاعات و تبادل آن	۱	۱	۱	۱	۱
واحد تولید	۰	۰	۰	۰	۰
واحد خرید	۱	۰	۱	۱	۱
واحد فروش	۱	۰	۰	۱	۰
مشتریان	۰	۰	۰	۰	۰
تأمین‌کنندگان	۱	۰	۰	۰	۰

با توجه به جدول بالا، گراف نقشه روابط شبکه به شکل ۴ رسم می‌شود:



شکل ۴- روابط درونی عوامل پژوهش

در ادامه با استفاده از محاسبات دالالا، وزن و اولویت بندی معیارها محاسبه می شود. با استفاده از ماتریس ارتباطات مستقیم، طبق رابطه زیر وزن معیارها محاسبه می شود:

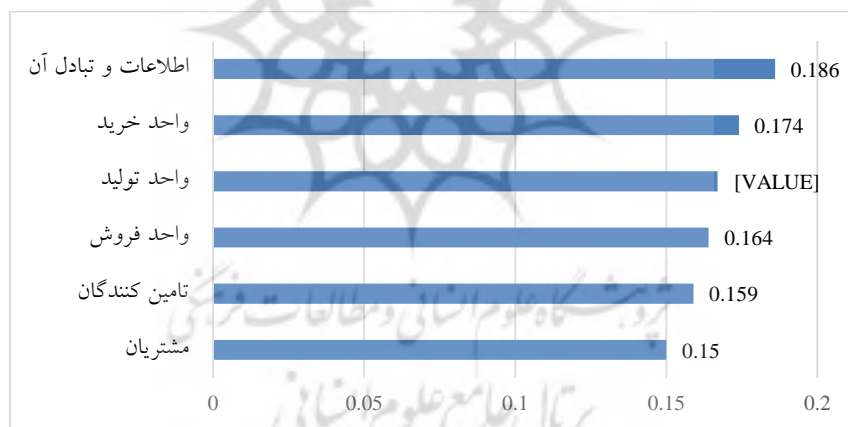
$$W_i = \{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2\}^{1/2}$$

در این رابطه D بیان کننده حاصل جمع سطری درایه های ماتریس ارتباطات کل و R نشان دهنده جمع ستونی درایه های ماتریس ارتباطات کل است. وزن معیارها در جدول ۱۱ آورده شده است. وزن خام مستقیم از رابطه بالا به دست می آید که برای نرمال سازی، هر وزن خام را بر مجموع اوزان خام تقسیم می کنیم.

جدول ۱۱ - محاسبه وزن ها و اولویت بندی معیارها

رتبه	وزن نرمال	وزن خام	D-R	D+R	نام معیار	کد معیار
۱	۰/۱۸۶	۱۱/۵۶۳	۰/۴۹۵	۱۱/۵۵۲	اطلاعات و تبادل آن	C1
۳	۰/۱۶۷	۱۰/۳۷۸	-۰/۲۶۱	۱۰/۳۷۵	واحد تولید	C2
۲	۰/۱۷۴	۱۰/۷۸۲	۰/۸۸۵	۱۰/۷۴۶	واحد خرید	C3
۴	۰/۱۶۴	۱۰/۱۶۴	۰/۰۰۵	۱۰/۱۶۴	واحد فروش	C4
۶	۰/۱۵۰	۹/۳۰۰	-۰/۸۱۰	۹/۲۶۵	مشتریان	C5
۵	۰/۱۵۹	۹/۸۸۳	-۰/۳۱۳	۹/۸۷۸	تأمین کنندگان	C6

در شکل ۵، وزن و اولویت هریک از معیارها به ترتیب مشاهده می شود:



شکل ۵- وزن و اولویت معیارها

۲-۴- محاسبات مدل سازی ساختاری تفسیری

در این بخش با استفاده از روش ISM، سطوح اثرگذاری و اثرپذیری معیارها بررسی می شود. در ادامه، گام های این روش آورده شده است.

در گام نخست ماتریس، دستیابی با استفاده از ماتریس، ارتباطات کل روش دیمتل تشکیل داده می شود. این فرایند در جدول ۱۰ انجام شده است که در واقع همان ماتریس دستیابی است.

در گام دوم، سطوح معیارها مشخص می شود؛ در این مرحله مجموعه معیارهای ورودی (پیش نیاز) و خروجی (دستیابی) برای هر معیار محاسبه می شود، سپس عوامل مشترک نیز مشخص خواهد شد. معیاری که مجموعه

خروجی (دستیابی) آن با مجموعه مشترک برابر باشد، بالاترین سطح را می‌گیرد. بعد از مشخص شدن این متغیرها، سطر و ستون آنها از جدول حذف می‌شود و مرحله قبل مجدد برای معیارهای باقی‌مانده تکرار می‌شود. خروجی‌ها و ورودی‌ها از ماتریس دستیابی اولیه (جدول ۱۰) به دست می‌آید که تعداد اها در هر سطر، بیانگر خروجی و تعداد اها در هر ستون، برابر ورودی است. برای تعیین سطح اول، نتایج در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۲- معیارهای سطح ۱

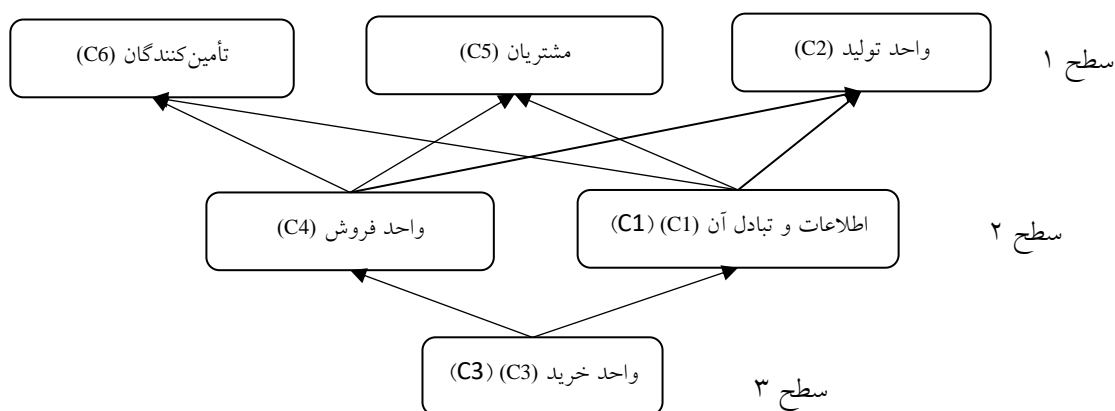
سطح	اشتراک	ورودی	خروجی	نام معیار	کد معیار
	C1-C2-C3-C4-C6	C1-C2-C3-C4-C6	C1-C2-C3-C4-C5-C6	اطلاعات و تبادل آن	C1
۱	C1-C2	C1-C2-C3-C4	C1-C2	واحد تولید	C2
	C1-C3	C1-C3	C1-C2-C3-C4-C5-C6	واحد خرید	C3
	C1-C4	C1-C3-C4	C1-C2-C4-C5	واحد فروش	C4
۱	C5	C1-C3-C4-C5	C5	مشتریان	C5
۱	C1-C6	C1-C3-C6	C1-C6	تأمین‌کنندگان	C6

در جدول ۱۲، معیارهای سطح ۱ استخراج شده، شامل معیارهای واحد تولید، مشتریان و تأمین‌کنندگان است. حال برای تعیین معیارهای سطح دوم، سطر و ستون این سه معیار را از ماتریس دستیابی اولیه (جدول ۱۰) حذف و دوباره محاسبات انجام می‌شود. نتایج در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول ۱۳- معیارهای سطح ۲ و ۳

سطح	اشتراک	ورودی	خروجی	نام معیار	کد معیار
۲	C1-C3-C4	C1-C3-C4	C1-C3-C4	اطلاعات و تبادل آن	C1
۳	C1-C3	C1-C3	C1-C3-C4	واحد خرید	C3
۲	C1-C4	C1-C3-C4	C1-C4	واحد فروش	C4

در گام نهایی، معیارهایی که در سطوح مختلف دسته‌بندی شده است، شبکه تعاملات ISM را ترسیم می‌کند. رابطه بین معیارها به وسیله یک پیکان جهت‌دار نشان داده می‌شود. شبکه تعاملات که با استفاده از سطح‌بندی معیارها به دست آمده در شکل ۶ ترسیم شده است.



شکل ۶- شبکه تعاملات ISM

۵- بحث

در این پژوهش، بحث تحلیل داده‌ها به‌منظور بررسی عوامل اثرگذار و اولویت‌بندی آنها بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین با استفاده از روش دیمتل - دالالا و مدل‌سازی ساختاری تفسیری انجام شد که عوامل مشخص‌شده به‌صورت عملیاتی در کارخانه ایران‌خودرو بینالود ارزیابی شد. در این تحقیق نظرهای کارشناسان این صنعت، در تحقیقات میدانی و به‌وسیله پرسشنامه جمع‌آوری شد. پرسشنامه و اطلاعات گردآوری‌شده سنجش شد و در نهایت جداول و گراف‌های به‌دست‌آمده نشان‌دهنده اولیت معیارها، اثر متقابل عوامل و مشخص‌شدن روابط علت و معلولی بین شش عامل اثرگذار در تولید به‌هنگام نشان داده شده است. نتایج و دستاوردهای این تحقیق، دید جدید و عمیق نسبت به عوامل اثرگذار و روابط بین آنها در بهره‌وری از سیستم تولید به‌هنگام ایجاد می‌کند.

یافته‌ها نشان می‌دهد عامل اطلاعات و تبادل آن و واحد خرید، با تمام عوامل دیگر در ارتباط است و باید توجه ویژه‌ای به این عامل در سازمان‌ها شود. همین‌طور مشخص است که در بحث تولید به‌هنگام، مشتریان کمترین اثرگذاری را دارند؛ اما درخور توجه است که تمام عوامل به‌منظور دستیابی به اهداف تولید به‌هنگام با یکدیگر در ارتباطات مستقیم و یا غیرمستقیم‌اند، بنابراین توجه به تمام آنها حیاتی و اثرگذار است. به‌طورکلی سه واحد خرید، اطلاعات و تبادل آن و واحد فروش، به‌دلیل داشتن بیشترین مقدار شاخص D+R عوامل اثرگذار (علت) به حساب می‌آیند و سه عامل دیگر واحد تولید، واحد تأمین و مشتریان عوامل اثرپذیر (معلول) هستند. با توجه به این شاخص، بیشترین اثرگذاری را واحد خرید و بیشترین اثرپذیری را مشتریان دارند. واحد خرید در زنجیره تأمین، مهم‌ترین وظیفه را به‌منظور تدارکات و یافتن تأمین‌کننده مناسب و سفارش‌دهی بهینه دارد؛ شاخص‌های مهم این واحد برای سفارش‌گذاری به‌طورکلی شامل: توجه به کیفیت محصولات، قدرت تأمین و مطابق با زمان‌بندی و همین‌طور توجه به هزینه‌های تأمین است.

روش ISM عوامل را در سه سطح دسته‌بندی می‌کند که با توجه به جهت فلش‌ها، سطح شماره ۳ بر دیگر عوامل اثر می‌گذارد و سطح دو هم اثر می‌گیرد و هم اثر می‌گذارد و سطح اول هم فقط اثر مستقیم می‌گیرد. به‌طور مثال از خروجی این روش مشخص می‌شود که واحد خرید به‌طور مستقیم بر عامل اطلاعات و تبادل آن و همین‌طور واحد فروش اثر می‌گذارد و در ادامه این دو عامل بر سطح اول، یعنی واحد تولید، مشتریان و تأمین‌کنندگان اثر می‌گذارند؛ بنابراین این سه عامل که در سطح یک‌اند بیشتر اثرپذیری دارند و همچنین خصوصیات مشترکی بین عوامل یک سطح در این روش یافت می‌شود.

در تحقیقات پیشین، چاندر^{۶۰} و همکاران (۱۹۹۸) توجه سیستم‌های تولید به‌هنگام و مزایا و معیارهای اثرگذار تولید به‌هنگام را برای امکان‌پذیری آنها در صنایع هند بررسی کردند. با وجود علاقه شدید مدیران، میزان اجرای تولید به‌هنگام در صنایع هند تاکنون رضایت‌بخش نبوده است. چالش واقعی پیش روی مدیران هندی، تعیین اولویت‌ها در بین تکنیک‌های بالقوه تولید به‌هنگام برای دستیابی به بهترین مزیت ممکن، برای اجرای تولید به‌هنگام در صنایع این کشور است. این مقاله، اهمیت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری را با استفاده از فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی ارزیابی کرده است. ترک‌آبادی^{۶۱} و مایورگا^{۶۲} (۲۰۱۷) پیاده‌سازی سیاست‌های تولید به‌هنگام را در زنجیره تأمین چندسطحی و چندمحصولی بررسی کردند. عملکرد این خط مشی با توجه به دارا بودن عدم قطعیت، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی ارزیابی شد.

اقبال و همکاران در سال ۲۰۱۸ در صنعت پوشاک، سیستم تولید به‌هنگام را ارزیابی کردند و همین‌طور به تحقیق شیخان و همکاران در سال ۱۳۹۱ اشاره می‌شود که آنها با استفاده از روش AHP تحقیق مشابهی را انجام داده‌اند. همان‌طور که مشخص است این تحقیق با شناسایی دیگر عوامل اثرگذار بر تولید به‌هنگام، در صنایع مختلف و با استفاده از روش‌های مختلف رتبه‌بندی داده‌ها ارزیابی و تجزیه و تحلیل شد. دمیر و همکاران (۲۰۲۰) مسئله انتخاب تأمین‌کننده را برای یک شرکت صنایع فرعی خودروسازی که با سیستم تولید به‌هنگام کار می‌کند، با استفاده از یک رویکرد DEMATEL و MULTIMOORA تجزیه و تحلیل کردند. نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نظریه تسلط ترتیبی ارزیابی شد و بهترین تأمین‌کنندگان انتخاب شدند.

تفاوت اصلی تحقیقات پیشین و تحقیق حاضر علاوه بر روش متمایز تحلیل داده‌ها - روش دیمتل دالالا و مدل‌سازی ساختاری تفسیری - که معیارها را از جهات مختلف ارزیابی و سنجش کرده داده است، موضوع معیارهای ارزیابی شده است. در این پژوهش معیارها و عوامل کلیدی کیفی و کمی، با توجه به نظر کارشناسان به‌دقت مشخص شده و معیارهایی سنجش شده‌اند که در بسیاری از سازمان‌های تولیدی مشترک است و جزء بخش‌های اصلی یک سازمان با زنجیره تأمین چندسطحی و چندمحصولی است. با توجه به تفاوت معیارهای در نظر گرفته شده با دیگر تحقیقات، نتایج خروجی نیز متفاوت است و به دلیل لحاظ کردن عوامل زنجیره تأمین و نقش آن در تولید به‌هنگام، جزء نکات مؤثر در بررسی معیارهاست. با وجود انجام مطالعه موردی در کارخانه ایران خودرو، این تحقیق به دیگر سازمان‌ها نیز تعمیم‌دانی است.

محدودیت‌های اصلی این تحقیق، دسترسی به اطلاعات بوده است که به‌طور کلی دسترسی به اطلاعات معتبر، اطمینان و شفافیت نتایج را افزایش می‌دهد. همان‌طور که گفته شد، همه خبرگانی که به آنها پرسشنامه داده شد حاضر به همکاری نبودند. از سوی دیگر روش‌های مختلفی برای تحلیل داده‌ها وجود دارد که هر کدام نیازمند اطلاعات خاص خود است و در برخی مواد نیازمند طراحی پرسشنامه خاص خود است. مسئله دیگری که این پژوهش با آن روبه‌رو بود، بحث توجه نکردن به اجرای سیستم تولید به‌هنگام در کشور است که در صورت وجود شرکت‌های مختلفی که از این سیستم استفاده می‌کنند، کمک شایانی به اطلاعات برای انجام تحقیق می‌کند. به‌منظور انجام تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود پژوهشگران درباره عوامل مختلف اثرگذار بر تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین، در صنایع مختلف ارزیابی و تحقیق کنند؛ در صورت دسترسی و گردآوری اطلاعات آماری بیشتر از متخصصان در صنایع گوناگون، این موضوع از جنبه‌های مختلف ارزیابی می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

در سیستم تولید به‌هنگام، به‌منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری که به واسطه کاهش موجودی‌ها و جلوگیری از راکد ماندن سرمایه انجام می‌شود، بر این اساس است که مواد اولیه به‌هنگام نیاز، خریداری و بلافاصله به کالای ساخته‌شده تبدیل می‌شود و کالای ساخته‌شده نیز بلافاصله برای مشتریان ارسال می‌شود. در صورت پیاده‌سازی سیستم تولید به‌هنگام، این سیستم در سراسر سازمان گسترده می‌شود و به‌منظور دستیابی موفقیت‌آمیز به اهداف آن، نیازمند مشارکت تمام بخش‌ها و افراد سازمان است.

با توجه به اطلاعات به‌دست آمده و تحلیل‌های انجام شده با استفاده از روش دیمتل-دالالا، رتبه‌بندی عوامل اثرگذار بر سیستم تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین به ترتیب، اطلاعات و تبادل آن، واحد خرید، واحد تولید، واحد فروش، تأمین‌کنندگان و مشتریان‌اند. همچنین با توجه به روش ISM، شدت اثرگذاری و اثرپذیری عوامل و خصوصیات مشترک آنها در سه سطح مشخص شده است، به‌طور مثال واحد خرید به‌طور مستقیم بر عامل اطلاعات و تبادل آن و واحد فروش و همین‌طور به‌طور غیرمستقیم بر دیگر عوامل اثر می‌گذارد، بنابراین قدرت اثرگذاری بالایی در این سیستم و همچنین نقش کلیدی دارد. پیشنهاد این پژوهش با توجه به نتایج به‌دست آمده برای شرکت ایران‌خودرو و یا شرکت‌های مشابه این است که با توجه به اولویت‌بندی معیارها و همچنین اثرگذاری و اثرپذیری متقابل این عوامل، توجه ویژه‌ای بر عوامل اثرگذار داشته باشد که از طریق آن عوامل اثرپذیر مدیریت شود تا با استفاده از این برهم‌کنش‌ها، حداکثر بهره‌وری از سیستم تولید به‌هنگام حاصل شود. به این ترتیب پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به اهمیت و اثرگذاری بالای واحد خرید در این سیستم، توجه به بهبود این واحد بر کل سیستم اثر می‌گذارد، به‌طور مثال خرید مواد اولیه در زمان و با قیمت مؤثر، کلیدی‌ترین نقش را دارد.
 - همواره عامل اطلاعات و تبادل آن جزء زیرساخت‌های هر سازمانی است که دیگر واحدها با استفاده از آن با یکدیگر تعامل دارند، بنابراین تسهیل ارتباطات بسیار اثرگذار است.
 - از سوی دیگر واحد فروش به دلیل در ارتباط بودن با مشتریان و دریافت تقاضا، پیش‌بینی سطح تقاضا را برای آینده انجام می‌دهد که درستی این پیش‌بینی، سیستم تولید به‌هنگام را در مسیر درست قرار می‌دهد، بنابراین این واحد نیازمند تقویت و به‌کارگیری سیستم‌ها و نیروهای خبره است.
 - عامل دیگر، واحد تولید است که پایه اصلی هر شرکت تولیدی است و همان‌طور که از بسیاری عوامل تأثیر می‌گیرد، وقفه در آن عملکرد سیستم تولید به‌هنگام را به چالش می‌کشد و نباید از بهبود همیشگی آن غافل شد.
 - مشتریان و تأمین‌کنندگان که در دو سوی زنجیره تأمین قرار دارند عواملی اثرپذیرند، بنابراین توجه به دیگر معیارها بسیار اهمیت دارد تا رضایت این عوامل فراهم شود که این خود موجب گردش و عملکرد بهینه کل سیستم است.
- شایان ذکر است هرچند توجه به اولویت عوامل گفته شده مهم است، اما باید به این نکته توجه داشت که این عوامل با یکدیگر ارتباط نزدیکی دارند و بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. در کنار توجه به عوامل گفته شده، به‌منظور رسیدن به نتایج مطلوب، لازم است شرکت ایران‌خودرو در اجرای سیستم تولید به‌هنگام به موارد زیر نیز توجه داشته باشد:

- آشنایی کامل با سیستم تولید به‌هنگام و بومی‌سازی آن، برای به‌کارگیری در شرکت ایران‌خودرو
 - درک صحیح مدیران عالی و تمام افراد از سیستم تولید به‌هنگام و به‌کارگیری افراد خبره و تحلیل‌گران مالی
 - در نظر گرفتن نوسانات میزان ارزهای خارجی و تحریم‌های صنعت خودروسازی به‌منظور تأمین قطعات
- عوامل بسیاری مانع از اجرای سیستم تولید به‌هنگام می‌شود که این عوامل بسته به فرهنگ سازمانی و همین‌طور وضعیت هر کشور متفاوت است، به‌طور مثال حذف انبار، یکی از نتایج استفاده از سیستم تولید به‌هنگام است، اما با توجه به افزایش میزان ارز و وجود نوسان قیمت‌ها در ایران، شرکت ایران‌خودرو از نگهداری و انبارکردن اقلام مورد نیاز تولید و قطعات یدکی سود می‌برد، به این ترتیب شرکت تمایل زیادی به حذف انبارها ندارد. اما در دیگر

کشورهای پیشرفته که تورم بسیار حساب شده و محدود است، انبار مواد اولیه و قطعات سودی ندارد؛ در نتیجه سعی می شود از انبار اجتناب شود. به طور کلی به منظور پیاده سازی و اجرای تولید به هنگام لازم است تا تمام ابعاد مدیریتی و محیطی درخور توجه سازمان قرار گیرد.

References

- Abkari, S., & Fili, A. (2016). Ranking of Factors Affecting Timely Production Using DEMATEL and ANP Techniques. *National Conference on Quantitative Models and Techniques in Management*. (in Persian)
- Aderohunmu, R., Mobolurin, A., & Bryson, N. (1995). Joint vendor-buyer policy in JIT manufacturing. *Journal of the Operational Research Society*, 46(3), 375-385.
- Aksoy, A., & Öztürk, N. (2011). Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments. *Expert systems with applications*, 38(5), 6351-6359.
- Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). DEMATEL Method. In *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)* (pp. 103-108). Springer, Cham.
- Armstrong, M. (2001). *A handbook of MANAGEMENT techniques: the best-selling guide to modern management methods*. Kogan Page Publishers.
- Chauhan, A., Singh, A., & Jharkharia, S. (2018). An interpretive structural modeling (ISM) and decision-making trail and evaluation laboratory (DEMATEL) method approach for the analysis of barriers of waste recycling in India. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(2), 100-110.
- Chandra, S., & Kodali, R. (1998). Justification of just in time manufacturing systems for Indian industries. *Integrated Manufacturing Systems*.
- Chen, Z., & Shang, J. S. (2008). Manufacturing planning and control technology versus operational performance: an empirical study of MRP and JIT in China. *International journal of manufacturing technology and management*, 13(1), 4-29.
- Claycomb, C., Dröge, C., & Germain, R. (1999). The effect of just-in-time with customers on organizational design and performance. *The International Journal of Logistics Management*, 10(1), 37-58.
- Dalalah, D., Hayajneh, M., & Batiha, F. (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert systems with applications*, 38(7), 8384-8391.
- Dong, Y., Carter, C. R., & Dresner, M. E. (2001). JIT purchasing and performance: an exploratory analysis of buyer and supplier perspectives. *Journal of operations Management*, 19(4), 471-483.
- DEMİR, A. S., GELEN, M. B., & Şeyma, A. C. I. R. (2020). Supplier Selection for a Business Operating on a Just-in-Time Production System Using an Integrated DEMATEL and MULTIMOORA Approach. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 9(1), 67-78.
- Evans, J. R. (1997). *Production, operations management: quality, performance, and value*. West.
- Farsijani, H., Malamir, R., Hamzeiy, E. (2011). Evaluation and Analysis of Implementing Just- In-Time System Using ANP Technique (Case Study: Printing Industry). *Journal of Management Research in Iran*, 14(4), 165-183. (in Persian)
- Fazel, F. (1997). A comparative analysis of inventory costs of JIT and EOQ purchasing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Fullerton, R. R., McWatters, C. S., & Fawson, C. (2003). An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations management*, 21(4), 383-404.
- García-Alcaraz, J. L., Prieto-Luevano, D. J., Maldonado-Macías, A. A., Blanco-Fernández, J., Jiménez-Macías, E., & Moreno-Jiménez, J. M. (2015). Structural equation modeling to identify the human resource value in the JIT implementation: case maquiladora sector. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(5-8), 1483-1497.
- Germain, R., Droge, C., & Spears, N. (1996). The implications of just-in-time for logistics organization management and performance. *Journal of business Logistics*, 17(2), 19.

- Giunipero, L. C., & Law, W. K. (1990). Organizational support for just-in-time implementation. *The International Journal of Logistics Management*, 1(2), 35-40.
- Green Jr, K. W., Inman, R. A., Birou, L. M., & Whitten, D. (2014). Total JIT (T-JIT) and its impact on supply chain competency and organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 147, 125-135.
- Hsu, C.W., Kuo, T. C., Chen, S. H., & Hu, A. H. (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172.
- Inman, R. A. (1990). Quality certification of suppliers by JIT manufacturing firms. *Production and Inventory Management Journal*, 31(2), 58.
- Iqbal, T., Huq, F., & Bhutta, M. K. S. (2018). Agile manufacturing relationship building with TQM, JIT, and firm performance: An exploratory study in apparel export industry of Pakistan. *International Journal of Production Economics*, 203, 24-37.
- Jaber, M. Y., Bonney, M., & Jawad, H. (2017). Comparison between economic order/manufacture quantity and just-in-time models from a thermodynamics point of view. *Computers & Industrial Engineering*, 112, 503-510.
- Kashipour B., & Jabbarzadeh Kangarloo S. (2021). A study of factor ranking studies on the performance of timely management of goods and equipment (Just in time) and its evaluation indicators in the power company of the whole country. *Journal of Modern Research in Management and Accounting*, 5 (75), 172-196. (in Persian)
- Khodami Pour, A. (2009). Obstacles to implementing the management system during inventories in the Iranian automotive industry. *Management Researches*, 4, 91-111. (in Persian)
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial marketing management*, 29(1), 65-83.
- Lim, J., & Sanidas, E. (2011). The impact of organisational and technical innovations on productivity: the case of Korean firms and sectors. *Asian Journal of Technology Innovation*, 19(1), 21-35.
- Lin, C. J., & Wu, W. W. (2008). A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 205-213.
- Lucherini, F., & Rapaccini, M. (2017). Exploring the impact of Lean manufacturing on flexibility in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 10(5), 919-945.
- Lyu, Z., Lin, P., Guo, D., & Huang, G. Q. (2020). Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-In-Time production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 64, 101932.
- Mazanai, M. (2012). Impact of just-in-time (JIT) inventory system on efficiency, quality and flexibility among manufacturing sector, small and medium enterprise (SMEs) in South Africa. *African Journal of Business Management*, 6(17), 5786-5791.
- Mehra, S., & Inman, R. A. (1992). Determining the critical elements of just in time implementation. *Decision Sciences*, 23(1), 160-174.
- Mishra, O. P., Kumar, V., & Garg, D. (2018). Performance evaluation of JIT enabled SCM using ANP method. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 9(2), 547-558.
- Pisch, F. (2020). Managing Global Production: Theory and Evidence from Just-in-Time Supply Chains. *SEPS Discussion Papers*, (2020-08).
- Qasem A., & Roghani Mamqani A. (2017). Identification and prioritization of barriers to production and timely delivery of products to the customer in the production department (Case study: Cerato car assembly line in Saipa Company). *Quarterly Journal of Industrial Engineering Studies and Production Management*, 1 (1), 1-23. (in Persian)
- Qudrati Abasi, H., Moatar Hasani, S. M., Seifi, A. (2005). Evaluation of the effect of production control parameters on the performance of the time production system (JIT) using simulation method. *Amirkabir journal*, 36(2), 37-47. (in Persian)
- Rahmani, M., & Salehi Sedighiani, J. (2006). Identifying effective factors in implementing a timely

- production system in Iran. *National Conference on Logistics & Supply Chain*. (in Persian)
- Russel, R. S., & Taylor III, B. W. (2003). Operations management: focusing on quality and competitiveness.
- Sargazi, A. (2009). Obstacles to implementing the management system during inventories in the Iranian automotive industry. *Shipping and maritime technology*, 3(2), 44-57. (in Persian)
- Sheykhan, A., Javanmard, H., Hejazifar, F. (2012). Determining the status and prioritization of timely production system criteria. *Ninth International Industrial Engineering Conference*. (in Persian)
- Thakkar, J., Deshmukh, S. G., Gupta, A. D., Shankar, R., (2007). Development of a Balanced Scorecard an Integrated Approach of Interpretive Structural Modeling (ISM) and Analytic Network Process (ANP). *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(1), PP: 25-59.
- Torkabadi, A. M., & Mayorga, R. V. (2017). Implementation of Just-In-Time policies in supply chain management. *International Journal of Economics and Management Systems*, 2
- Tseng, S. H., Wee, H. M., Reong, S., & Wu, C. I. (2019). Considering JIT in Assigning Task for Return Vehicle in Green Supply Chain. *Sustainability*, 11(22), 6464.
- Wang, L., Cao, Q., & Zhou, L. (2018). Research on the influencing factors in coal mine production safety based on the combination of DEMATEL and ISM. *Safety science*, 103, 51-61.
- Warfield, J. N. (1973). Binary matrices in system modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (5), 441-449.
- White, R. E., & Prybutok, V. (2001). The relationship between JIT practices and type of production system. *Omega*, 29(2), 113-124.
- Yamamoto, K., & Lloyd, R. A. (2019). The Role of Big Data and Digitization in Just-In-Time (JIT) Information Feeding and Marketing. *American Journal of Management*, 19(2), 126-133.
- Yang, J., Xie, H., Yu, G., & Liu, M. (2021). Achieving a just-in-time supply chain: The role of supply chain intelligence. *International Journal of Production Economics*, 231, 107878.
- Yin, S. H., Wang, C. C., Teng, L. Y., & Hsing, Y. M. (2012). Application of DEMATEL, ISM, and ANP for key success factor (KSF) complexity analysis in RD alliance. *Scientific Research and Essays*, 7(19), 1872-1890.
- Zhiwen, Z., Xiaoying, Y., Yujun, X., Limin, G., & Junxing, L. (2020). Supply Chain Logistics Information Quality Evaluation From Just-in-Time Perspective. *IEEE Access*, 8, 105728-105743.
- Zhou, X., Shi, Y., Deng, X., & Deng, Y. (2017). D-DEMATEL: A new method to identify critical success factors in emergency management. *Safety science*, 91, 93-104.

پیوست

الف) آزمون فریدمن

محاسبات روش آماری فریدمن در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شده است (شکل ۷).

Friedman Test

Ranks	
	Mean Rank
q1	6,28
q2	5,48
q3	7,68
q4	5,50
q5	7,80
q6	6,18
q7	5,80
q8	5,34
q9	7,16
q10	7,20
q11	5,90
q12	7,68

Test Statistics^a

N	25
Chi-Square	27,150
df	11
Asymp. Sig.	,023

a. Friedman Test

شکل ۷- خروجی نرم‌افزار SPSS برای محاسبه آزمون آماری فریدمن

ب) محاسبه ضریب آلفای کرونباخ

مقدار آلفای کرونباخ در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شده است (شکل ۸).

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	25	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	25	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.791	.785	30

شکل ۸- خروجی نرم‌افزار SPSS برای محاسبه مقدار آلفای کرونباخ

در بیشتر نرم‌افزارهای آماری، ضریب آلفای کرونباخ با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$a_k = \frac{k\bar{c}}{\bar{v} + (k-1)\bar{c}}$$

در این رابطه، k نشان‌دهنده تعداد گویه‌ها، \bar{c} نشان‌دهنده میانگین کوواریانس گویه‌ها و همچنین \bar{v} نشان‌دهنده میانگین واریانس گویه‌هاست.

ج) پرسشنامه انتخاب معیارهای اثرگذار در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین

ردیف	سؤالات	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
۱	آیا معیار اطلاعات و تبادل آن در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۲	آیا معیار واحد منابع انسانی و آموزش کارکنان در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۳	آیا معیار واحد تولید در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۴	آیا معیار طرح‌ریزی واحد صنعتی و تکنولوژی در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۵	آیا معیار واحد خرید در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۶	آیا معیار واحد مالی و سرمایه‌گذاری در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۷	آیا معیار واحد تحقیق و توسعه در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۸	آیا معیار واحد بازاریابی و تبلیغات در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۹	آیا معیار واحد فروش در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۱۰	آیا معیار تأمین‌کنندگان در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۱۱	آیا معیار واحد خدمات پس از فروش در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					
۱۲	آیا معیار مشتریان در تولید به‌هنگام در زنجیره تأمین مؤثر است؟					

د) پرسشنامه روش دیمتل - دالالا

باسمه تعالی

با سلام و عرض ادب

پرسشنامه پیش رو با هدف بررسی روابط و آثار متقابل هریک از عوامل اثرگذار بر تولید به‌هنگام، خدمت جنابعالی تقدیم می‌شود. ما خواستار بررسی نظرها و دیدگاه‌های ارزنده شما در این زمینه‌ایم. همکاری و دقت نظر شما موجب پیشبرد مراحل این پژوهش خواهد شد. شایان ذکر است اطلاعات خواسته شده تنها و در راستای تحقیق استفاده شده قرار خواهد گرفت. پیشاپیش از صبر و حوصله شما در پاسخگویی به این پرسشنامه سپاسگزاریم.

مشخصات فردی:

جنسیت: آخرین مدرک تحصیلی: رشته تحصیلی:

سابقه کار: رشته شغلی: سن: پست سازمانی:

خواهشمند است نظر خود را با انتخاب یکی از گزینه‌های (خیلی زیاد - زیاد - متوسط - کم - بی‌ارتباط) مشخص فرمایید. اگر نکته‌ای را لازم می‌دانید که در پرسشنامه به آن اشاره نشده است، لطفاً درج کنید.

۱- نقش و اثرپذیری عامل اطلاعات و تبادل آن با دیگر عوامل مؤثر در تولید به‌هنگام

- (الف) نقش اطلاعات و تبادل آن را در تولید به‌هنگام با خط تولید (واحد تولید و مونتاژ) به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ب) نقش اطلاعات و تبادل آن را در تولید به‌هنگام با واحد خرید (تأمین قطعات و مواد اولیه و ...) به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ج) نقش اطلاعات و تبادل آن را در تولید به‌هنگام با واحد فروش به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (د) نقش اطلاعات و تبادل آن را در تولید به‌هنگام با مشتریان محصول تولیدی به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ه) نقش اطلاعات و تبادل آن را در تولید به‌هنگام با تأمین‌کنندگان (قطعات و مواد اولیه و ...) به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

۲- نقش و اثرپذیری عامل تولید با دیگر عوامل مؤثر در تولید به‌هنگام

- (الف) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد تولید با عامل اطلاعات و تبادل آن را در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ب) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد تولید را با واحد خرید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ج) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد تولید را با واحد فروش در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (د) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد تولید را با مشتریان محصول تولیدی در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ه) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد تولید را با تأمین‌کنندگان در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

۳- نقش و اثرپذیری عامل خرید با دیگر عوامل مؤثر در تولید به‌هنگام

- (الف) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد خرید را با عامل اطلاعات و تبادل آن در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ب) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد خرید را با واحد تولید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ج) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد خرید را با واحد فروش در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (د) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد خرید را با مشتریان محصول تولیدی در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط
- (ه) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد خرید را با تأمین‌کنندگان در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

۴- نقش و اثرپذیری عامل فروش با دیگر عوامل مؤثر در تولید به‌هنگام

- (الف) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد فروش را با عامل اطلاعات و تبادل آن در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟
 خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ب) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد فروش را با واحد خرید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ج) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد فروش را با واحد تولید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

د) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد فروش را با مشتریان محصول تولیدی در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ه) میزان ارتباط و اثرپذیری واحد فروش را با تأمین‌کنندگان در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

۵- نقش و اثرپذیری عامل مشتریان با دیگر عوامل مؤثر در تولید به‌هنگام

الف) میزان ارتباط و اثرپذیری مشتریان را با عامل اطلاعات و تبادل آن در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ب) میزان ارتباط و اثرپذیری مشتریان را با واحد خرید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ج) میزان ارتباط و اثرپذیری مشتریان را با واحد تولید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

د) میزان ارتباط و اثرپذیری مشتریان را با واحد فروش در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ه) میزان ارتباط و اثرپذیری مشتریان را با تأمین‌کنندگان در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

۶- نقش و اثرپذیری عامل تأمین‌کننده با دیگر عوامل مؤثر در تولید به‌هنگام

الف) میزان ارتباط و اثرپذیری تأمین‌کنندگان را با عامل اطلاعات و تبادل آن در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ب) میزان ارتباط و اثرپذیری تأمین‌کنندگان را با واحد خرید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ج) میزان ارتباط و اثرپذیری تأمین‌کنندگان را با واحد تولید در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

د) میزان ارتباط و اثرپذیری تأمین‌کنندگان را با واحد فروش در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

ه) میزان ارتباط و اثرپذیری تأمین‌کنندگان را با مشتریان محصول تولیدی در تولید به‌هنگام به چه میزان می‌دانید؟

خیلی زیاد زیاد متوسط کم بی‌ارتباط

با سپاس فراوان از حسن دقت و وقتی که اختصاص دادید. لطفاً نظرهای دیگر خود را درباره این پژوهش و این موضوع در ذیل مرقوم فرمایید.

¹ Lin

² Wu

³ Lyu

- 4 Zhou
- 5 Thakkar
- 6 Jaber
- 7 DEMATEL - DALALAH
- 8 Interpretive Structural Modelling
- 9 Supply Chain
- 10 Supply Chain Management
- 11 Lambert
- 12 Cooper
- 13 Sargazi
- 14 Aksoy
- 15 Ozturk
- 16 Tseng
- 17 Pisch
- 18 Demir
- 19 Mishra
- 20 Kumar
- 21 Garg
- 22 Giunipero
- 23 Law
- 24 Green
- 25 Mehra
- 26 Inman
- 27 Evans
- 28 Russel
- 29 Taylor
- 30 Yang
- 31 Zhiwen
- 32 DEcision-MAking Trial and Evaluation Laboratory
- 33 Gabus
- 34 Fonetla
- 35 Warfield
- 36 Chauhan
- 37 Analytical Network Process
- 38 Yin
- 39 Armstrong
- 40 Aderohunmu
- 41 García-Alcaraz
- 42 White
- 43 Prybutok
- 44 Chen
- 45 Shang
- 46 Fazl
- 47 Fullerton
- 48 Lim
- 49 Sanidas
- 50 Yamamoto
- 51 Lloyd
- 52 Dong
- 53 Inman
- 54 Germain
- 55 Claycomb
- 56 Hsu
- 57 Dalalah
- 58 Wang
- 59 Network Relationships Map
- 60 Chandra
- 61 Torkabadi
- 62 Mayorga

