



Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 13, Issue 2, No. 29, Summer 2022



<http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2022.130060.1395>

(Research Paper)

Locating the customer order decoupling point based on supply chain typology

Alireza Zare

Department of Industrial Management, School of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, zare603@mehr.pgu.ac.ir

Gholamreza Jamali*

Department of Industrial Management, School of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, gjamali@pgu.ac.ir

Majid Esmailpour

Department of Business Administration, School of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, majidesmaeilpour@pgu.ac.ir

Dariush Mohamadi zanjirani

Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran, d.mohamadi@ase.ui.ac.ir

Purpose: This study aims to locate the Customer Order Decoupling Point (CODP) based on supply chain typology using Make to Stock (MTS) and Make to Order (MTO) approaches for standard and innovative products in the Bushehr Polymer industry.

Design/methodology/approach: Two mathematical models have been proposed that seek to minimize the costs of mass production, customized production, and transportation costs. To solve and simulate the models, MATLAB R2019a software has been used. Then, the indicators and requirements of pulling and pushing production management strategies have been extracted and calculated.

Findings: The results indicated that the polymerization stages of the products include six stages: casting, molding, extrusion, bonding, cutting, and forming. Also, findings indicated that the optimal locating of (CODP) for polymer products is in the pushing production area and the cutting and molding stage. The determined optimal location indicated that the producer will have the lowest cost at this location for future production. It was inferred that the (CODP) point is based on the supply

* Corresponding author



chain typology approach in the cutting and mass production area. Considering the nature of the linear model minimization of this research, the total cost index (C) indicated the lowest value in this area.

Research limitations/implications: Due to the unique characteristics of the case study, the results of this research cannot be generalized to other industries. The covid-19 pandemic resulted in difficult access to data. The lack of research-related studies was another limitation. It was recommended to examine the position (CODP) in the LARG, sustainable and robust supply chain. Also, it was suggested to perform similar research in other industries and compare the results.

Practical implications: Most of the company's products were located in the mass production area or standard products, hence, the company must maintain its profit margin by focusing and relying on this area. On the other hand, it should be noted that in the current economic situation, accepting separate orders outside the normal production conditions, not only does not benefit the company but also leads to the loss of the available resources spent on production lines. The supply chain typology of polymer products outlined that the values of the variables of the studied model in a period of 12 months can be calculated based on the point of separation of the customer order.

Originality/value: This study removes additional and ineffective patterns in the literature and enumerates the necessary indicators to determine the point of CODP. The innovation aspect of this study is the typological approach of the polymer supply chain and identifying its six steps for determining the CODP point to manage cost and time.

Keywords: Customer Order Decoupling Point, Supply Chain Typology, Pushing Production, Pulling Production





مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۳، شماره ۲، پیاپی ۲۹، تابستان ۱۴۰۱

دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۶ ص ۶۵-۸۲



<http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2022.130060.1395>

(مقاله پژوهشی)

مکان‌یابی نقطه تفکیک سفارش مشتری مبتنی بر گونه‌شناسی زنجیره تأمین

علیرضا زارع^۱، غلامرضا جمالی^{۲*}، مجید اسماعیل‌پور^۳، داریوش محمدی زنجیرانی^۴

۱- دانشجوی دکترا گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، zare603@mehr.pgu.ac.ir

۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، gjamali@pgu.ac.ir

۳- دانشیار گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، majidesmaeilpour@pgu.ac.ir

۴- دانشیار گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، d.mohamadi@ase.ui.ac.ir

چکیده: سازمان‌ها برای موفقیت زنجیره تأمین در بازارهای رقابتی، به فرایندهایی سریع، منعطف و با قابلیت انطباق‌پذیری بالا نیاز دارند. دستیابی به این مهم مستلزم رویکردهای ترکیبی است که زنجیره تأمین را به یک سیستم یکپارچه مشتری‌محور مبدل کند. در این راستا رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین ابزار طبقه‌بندی شده‌ای است که از آن برای تنظیم نظام‌مند مشاهدات کمی و کیفی در قالب توصیف‌های مختلف استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش، مکان‌یابی نقطه تفکیک سفارش مشتری براساس رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین، برای محصولات استاندارد و ابداعی در صنعت پلیمر استان بوشهر است؛ به گونه‌ای که هزینه‌های تولید انبوه (سیستم فشاری)، تولید سفارشی (سیستم کششی) و هزینه انتقال محصولات پلیمری کمینه شود. برای حل مسئله پژوهش از دو مدل برنامه‌ریزی ریاضی تک‌هدفه خطی استفاده شده است که این مدل‌ها با نرم‌افزار بهینه‌سازی (MATLAB R2019a) شبیه‌سازی شده‌اند؛ به گونه‌ای که ابتدا مفروضات تولید انبوه و سفارشی تبیین شده است، سپس مقادیر بهینه متغیرها برای تعیین نقطه بهینه محاسبه شده است که شامل شش مرحله (ریخته‌گری، قالب‌ریزی، اکستروژن، اتصال، برش و تشکیل) ورق‌های پلیمری است. نتایج حاصل از حل مدل‌های مذکور نشان می‌دهد با توجه به گونه‌شناسی زنجیره تأمین محصولات پلیمری، موقعیت بهینه در ناحیه تولید انبارشی و در مرحله برش و قالب‌گیری قرار گرفته است. موقعیت به‌دست‌آمده در این پژوهش بیان می‌کند تولیدکننده مدنظر قطعات پلیمری، کمترین هزینه تولیدی را در این مرحله برای تولیدات انبوه آتی خود خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: نقطه تفکیک سفارش مشتری، گونه‌شناسی زنجیره تأمین، تولید فشاری، تولید کششی، پلیمر



۱- مقدمه

گونه‌شناسی زنجیره تأمین^۱ ابزاری مهم در جهت تعیین نوع رویکرد استراتژیک زنجیره تأمین متناسب با محصول و یا خدمت در هر سازمان است. در این زمینه، یکی از موضوعاتی که در مباحث لجستیک و تولید، موجب اتصال محصول به زنجیره تأمین شد، توسط فیشر^۲ ارائه شد. به عقیده او، یک زنجیره تأمین کارآمد می‌باید با توجه به محصولی طراحی شود که در طول زنجیره تولید و در حال عرضه است. یک محصول کارکردی (استاندارد) نیازمند ایجاد یک زنجیره تأمین فیزیکی کارآمد؛ در حالی که برای یک محصول ابداعی، زنجیره تأمینی مناسب است که بتواند پاسخگوی بازار باشد (فیشر، ۱۹۹۷). در همین راستا، بسیاری از تصمیم‌های یک سازمان برای پاسخگوی بازار تا حد درخور توجهی به اطلاعات تقاضای مشتری مرتبط است. این اطلاعات آثار مختلفی بر فعالیت‌های زنجیره تأمین دارد. نقطه تفکیک سفارش مشتری (CODP)^۳، تصمیم‌های اتخاذ شده را درباره تقاضای مشتری تحت شرایط اطمینان، از تصمیم‌های اتخاذ شده تحت شرایط عدم اطمینان جدا می‌کند (کاناس و همکاران^۴، ۲۰۱۸). نقطه تفکیک سفارش مشتری برحسب اطلاعات تقاضای مشتری برای طبقه‌بندی کردن فعالیت‌های دارای ارزش افزوده استفاده می‌شود و بسته به اینکه فعالیت‌ها در بالادست یا پایین دست نقطه تفکیک سفارش مشتری قرار می‌گیرد، نیاز به رویکردهای مدیریتی متفاوتی را آشکار می‌کند. بنابراین، استراتژی‌های تعیین موقعیت نقطه تفکیک، ابزار بسیار مهمی در طبقه‌بندی فعالیت‌هایی است که ارزش افزوده ایجاد می‌کند و مفهوم مهمی در تحلیل فرایندهای اساسی یک سازمان به شمار می‌آید. تکنیک‌های زیادی برای تحلیل تغییرات در ساخت و تولید موجودند، این تکنیک‌ها تمرکز خود را بر تطابق بین تولید و بازاریابی با چشم‌انداز انتخاب فرایند، معطوف می‌کنند. به عبارت دیگر، در این تکنیک‌ها فرایند ساخت، با احتیاج‌های بازار و وظایف ساخت تطبیق داده می‌شود و در واقع این نوع انتخاب به منزله تعیین CODP است (وکنر و رودبرگ^۵، ۲۰۰۵). مسئله اصلی این پژوهش را چگونگی تعیین مکان مناسب نقطه تفکیک سفارش مشتری با توجه به رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین در صنعت پلیمر تشکیل می‌دهد. در چارچوب این رویکرد، پژوهش حاضر پس از بررسی مبانی نظری، رویکردها، فلسفه تولید و پیشینه پژوهش، CODP و عوامل تعیین‌کننده آن را معرفی کرده و با توجه به نوع محصول پلیمری در قسمت تجزیه و تحلیل داده‌ها، به تعیین این نقطه مبادرت ورزیده است.

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است. در قسمت ۲، مبانی نظری تحقیق بیان می‌شود. اهمیت (CODP)، گونه‌شناسی زنجیره تأمین، پیشینه و شکاف تحقیقاتی و روش تحقیق به ترتیب در قسمت‌های ۲، ۳، ۴، بیان شده‌اند. تجزیه و تحلیل یافته‌ها در قسمت ۵ تشریح شده است. سپس در قسمت ۶ بحث، نتیجه‌گیری، پیشنهادها و نوآوری تحقیق بیان می‌شود.

۲- مبانی نظری

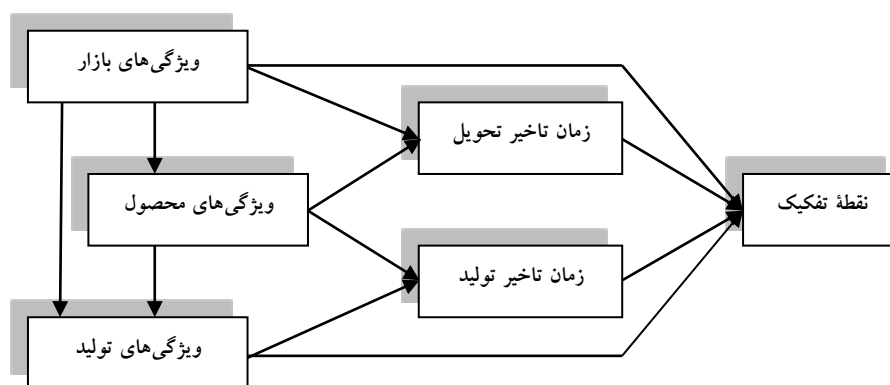
۲-۱- زنجیره تأمین و رویکردهای تولید

و بر^۶ در سال (۱۹۴۹)، اصطلاح مدیریت زنجیره تأمین را نخستین بار در مفهوم امروزی معرفی کرد (جمالی و کریمی اصل، ۱۳۹۷). زنجیره تأمین شامل شبکه‌ای از افراد، سازمان‌ها، منابع، فعالیت‌ها و فناوری‌هاست که در تولید و فروش یک کالا نقش دارد. عوامل نام‌برده می‌توانند در ارسال مواد اولیه از تأمین‌کننده به تولیدکننده نقش داشته

باشند یا اینکه مسئولیت تحویل کالا را به مشتری نهایی به عهده بگیرند. شرکت‌ها به این دلیل زنجیره تأمین را شکل می‌دهند تا بتوانند از هزینه‌های جاری کم کنند و در بازار رقابتی ایجاد شده به حیاطشان ادامه دهند (بانومیانگ^۷، ۲۰۱۱). برای درک تأثیر تولید بر زنجیره‌های تأمین، رویکردهای مختلفی مانند رویکرد فشاری^۸، کششی^۹، مونتاژ سفارشی و مهندسی سفارشی وجود دارد. فلسفه تولید فشاری بر حداکثرسازی ظرفیت، تمرکز دارد و بیشتر مناسب فضاهایی است که دارای تقاضای پیش‌بینی شده است؛ بنابراین این رویکرد در محیطی بهترین کارکرد را دارد که پیچیدگی تولید، کم است (ونگ و همکاران، ۲۰۲۰). تولید انبارشی برای محصولاتی مناسب است که تنوع زیادی ندارد و از طرفی هزینه راه‌اندازی تولید در مقیاس وسیع را نیز می‌طلبد (اوجها و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۹). فلسفه تولید ناب^{۱۱} نیز در محیط ایستا کاربرد دارد. اصول تمرکز یافته توسط فلسفه تولید ناب، حداقل کردن هرگونه ضایعات و تولید محصولات باکیفیت است. دوباره‌کاری در این رویکرد به‌عنوان بدترین ضایعات مدنظر قرار دارد (میشرا و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۹). مونتاژ بر مبنای سفارش، یک استراتژی عملیاتی مهم و رو به گسترش برای بنگاه‌های تولیدی است که در آن اجزای سازنده براساس استراتژی انبار محور، تولید و در انبار ذخیره می‌شوند، اما مونتاژ نهایی بر مبنای سفارش به تأخیر انداخته می‌شود تا مشتری محصول ویژه را سفارش دهد و اجزای گزینشی آن را مطابق اولویت خود انتخاب کند (لین و همکاران^{۱۳}، ۲۰۲۰). در نهایت، استراتژی مهندسی براساس سفارش در شرکت‌های تولیدکننده ساختارهای پیچیده استفاده می‌شود. در بیشتر موارد، پروژه‌های ساخت مهندسی براساس سفارش، به سازماندهی تعداد زیادی فعالیت نیاز دارند و زمان زیادی صرف طراحی و ساخت محصولات بزرگ با سفارشی‌سازی بالا، طبق نیازمندی‌ها و مشخصات تعیین شده توسط مشتریان خاص می‌شود. به این ترتیب در این گونه شرکت‌ها، طراحی و مهندسی محصول اهمیت ویژه دارد (ایکمکو و همکاران^{۱۴}، ۲۰۲۰).

۲-۲- نقطه تفکیک سفارش مشتری

مفهوم نقطه تفکیک سفارش مشتری به مفهوم مدیریت تولید و مدیریت لجستیک مرتبط می‌شود؛ به گونه‌ای که همه عناصر زنجیره تولید را درخور توجه قرار می‌دهد. تعاریف متعددی از نقطه تفکیک سفارش مشتری ارائه شده است. نقطه تفکیک، نقطه‌ای در جریان کالاها تعریف می‌شود که در آن تولید پیش‌بینی محور از تولید سفارش محور جدا می‌شود (ون دنک^{۱۵}، ۲۰۰۱). به عبارت دیگر، نقطه تفکیک سفارش مشتری نقطه‌ای است که نشان می‌دهد سفارش مشتری به چه میزان در جریان کالاها نفوذ می‌کند. از این رو، گاهی اوقات از نقطه تفکیک سفارش مشتری به‌عنوان نقطه نفوذ سفارش نیز یاد می‌شود (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹). لی و آمارال^{۱۶} (۲۰۰۲) بیان کردند که هدف مدیریت زنجیره تأمین افزایش سطح خدمت به مشتری و کاهش هزینه‌هاست. بسیاری از شرکت‌ها تمایل دارند که به هر دو هدف، یعنی پاسخگویی به مشتریان و هزینه‌های پایین دست یابند، زیرا هر دو ارتباط نزدیکی با موقعیت نقطه تفکیک سفارش مشتری دارند (کین^{۱۷}، ۲۰۱۳). تعیین موقعیت نقطه تفکیک در زنجیره تأمین، یکی از مهم‌ترین موضوعات است که وارد مباحث لجستیک و تولید شده است (میشرا و همکاران، ۲۰۱۹). همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، اولهاگر^{۱۸} (۲۰۰۳) عقیده داشت بازار، محصول و تولید، از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تعیین موقعیت نقطه تفکیک سفارش مشتری و تغییر آن در جهت فعالیت‌های بالادست و یا پایین‌دست در زنجیره ارزش ساخت است.



شکل ۱- مدل مفهومی عوامل اثرگذار بر مکان نقطه سفارش مشتری (اولهاگر، ۲۰۰۳)

Fig. 1- Conceptual model of the factors affecting the location of the customer order point (Olhager, 2003)

۳-۲- گونه‌شناسی زنجیره تأمین

رویکرد گونه‌شناسی به‌طور گسترده‌ای برای مطالعه تطبیقی سیستم‌های اجتماعی به کار می‌رود. این رویکرد به‌عنوان یک الگوی مفهومی، روابط اجتماعی- تاریخی را در یک مجموعه در کنار هم قرار می‌دهد و از این منظر حائز اهمیت است؛ بنابراین با کمک این رویکرد می‌توان واقعیت اجتماعی را بهتر مطالعه کرد و به درک جامع‌تری درباره آن دست یافت (وبر، ۱۹۴۹). بر این اساس گونه‌شناسی زنجیره تأمین، ابزار طبقه‌بندی شده‌ای است که می‌توان از آن برای تنظیم نظام‌مند فعالیت‌های متعددی استفاده کرد که در هر یک از آنها تمام مشاهده‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند. نیاز به رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین با استراتژی‌های مختلف، برای محصولات پلیمری احساس می‌شود. به‌طور مثال، یک زنجیره تأمین با رویکرد استراتژیک چابک برای محصولات ابداعی، با توجه به عدم اطمینان بازار و افزایش خطر کمبود و یا مازاد کالا مورد نیاز است؛ در حالی که فروش و حاشیه سود بالا برای تسخیر سهم بازار محصولات جدید، باعث افزایش هزینه کمبود می‌شود. چرخه کوتاه عمر محصول نیز خطر منسوخ شدن کالا را افزایش می‌دهد و در نتیجه هزینه‌های مازاد افزایش می‌یابد.

محصولات کارکردی (استاندارد) پلیمری مانند کوپلیمر^{۱۹}، که در تولید لوله‌های پلاستیکی ساختمانی کاربرد دارد، نیازهای اساسی مصرف‌کنندگان را برآورده می‌کند و از همین رو دارای تقاضای پیش‌بینی شده و چرخه عمر طولانی است. این ثبات رویه، رقابتی را به همراه دارد که باعث پایین آمدن حاشیه سود شده است. بهترین تدبیر در همچون شرایطی، ایجاد نوآوری در تکنولوژی است. در مقابل، محصولات ابداعی یا سفارشی پلیمری مانند ترموست‌ها^{۲۰}، که در اثر حرارت ذوب نمی‌شوند، اساساً دارای مدیریت و طراحی متفاوتی از زنجیره تأمین نسبت به محصولات کارکردی‌اند. تقاضای پیش‌بینی شده محصولات کارکردی، وظیفه میانجی‌گری بازار را برای آنها ساده‌تر می‌کند؛ در نتیجه، شرکت‌ها از این طریق تمرکز خود را صرفاً بر کاهش هزینه معطوف می‌کنند (مدرس یزدی و همکاران، ۱۳۸۵). در نتیجه، منظور از گونه‌شناسی زنجیره تأمین در این پژوهش، به‌کارگیری رویکردی است که در جهت تعیین نوع استراتژی‌های زنجیره تأمین محصولات پلیمری کمک می‌کند؛ به‌طوری که انتخاب استراتژی مناسب تولیدی در زنجیره تأمین این صنعت، می‌تواند در تعیین موقعیت CODP تأثیرگذار باشد و محققان را در راستای حل مسئله یاری کند.

۳- پیشینه پژوهش و شکاف تحقیقاتی

پژوهش ون دونگ در سال (۲۰۰۱)، نخستین پژوهشی است که به‌طور مشخص نقطه تفکیک سفارش مشتری را در محیط‌های تولیدی یافت. در این پژوهش مجموعه‌ای از هشت عامل در دسته‌های فرایند تولید، انبار و بازار به‌عنوان شاخص‌های تعیین‌کننده معرفی شده‌اند. علاوه بر آن پیرو و کاناس^{۲۱} در سال (۲۰۲۰) تحقیقی را با عنوان «هماهنگی عملکرد متقابل نقطه تفکیک سفارش مشتری» انجام داده‌اند. روش انجام این پژوهش توصیفی- پیمایشی است که در صنعت ماشین‌سازی انجام شده است. نتایج این پژوهش حاکی از این است که شرکت‌های ایتالیایی با رویکرد (ETO)، اهداف مختلفی را دنبال می‌کنند و مکانیزم‌های هماهنگ‌شده قبل و بعد از نقطه تفکیک سفارش مشتری متفاوت است و بستگی به نوع پیکربندی آن در تعیین موقعیت دارد. همچنان گو و همکاران^{۲۲} در سال (۲۰۲۰)، تحقیقی را با عنوان «ارائه چارچوبی جهت طراحی نقطه تفکیک سفارش مشتری برای تسهیل سفارش‌سازی انبوه» انجام دادند. این تحقیق در پی ارائه یک چارچوب فرمولاسیون‌شده برای ساخت قطعات خودرو، برای تصمیم‌گیری درباره موقعیت مشتری و بهبود زنجیره تأمین در راستای پشتیبانی از سفارش‌سازی انبوه است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد می‌توان از فرمول اکتشافی در هنگام طراحی یک زنجیره تأمین، به‌ویژه زمانی استفاده کرد که عدم قطعیت وجود دارد و اطلاعات ناقص است. مرور تحقیقات قبلی نشان می‌دهد مطالعات پیشین درباره چگونگی تعیین نقطه تفکیک سفارش مشتری در حوزه‌های مختلف با رویکردهای گوناگون انجام شده است، ولی آنچه به‌عنوان شکاف تحقیقاتی به آن اشاره می‌شود این است که تاکنون مطالعه‌ای از نظر رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین به تعیین نقطه تفکیک سفارش مشتری در صنعت پلیمر انجام نشده است. خلاصه مطالعات انجام‌شده در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مقالات انجام‌شده، مرتبط با نقطه تفکیک سفارش مشتری

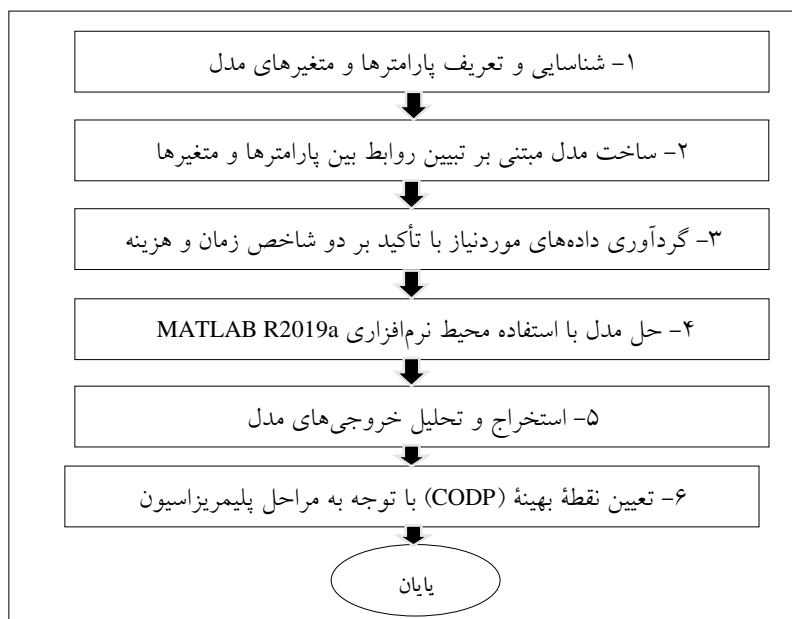
Table 1- Articles related to the customer order decoupling point

ردیف	عنوان تحقیق	نتایج تحقیق	منبع
۱	هماهنگی عملکرد متقابل، قبل و بعد از نقطه تفکیک سفارش مشتری	مکانیزم‌های هماهنگ‌شده قبل و بعد از نقطه تفکیک سفارش مشتری متفاوت است.	(پیرو و کاناس، ۲۰۲۰)
۲	ارائه چارچوبی برای طراحی نقطه تفکیک برای تسهیل سفارش‌سازی انبوه	استفاده از چارچوب پیشنهادی در شرایط عدم قطعیت و اطلاعات ناقص	(گو و همکاران، ۲۰۲۰)
۳	تصمیم‌گیری برای تعیین نقطه تفکیک سفارش مشتری	نقطه تفکیک با افزایش حجم سفارش جدید حرکت می‌کند.	(لیو و همکاران ^{۲۳} ، ۲۰۱۸)
۴	تجزیه و تحلیل نقطه تفکیک سفارش مشتری با رویکرد طراحی یکپارچه برای سفارش‌سازی انبوه	نتایج محاسباتی، عملکرد کلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.	(همکاران ^{۲۴} ، ۲۰۱۵ و دابول و همکاران)
۵	تجزیه و تحلیل تعیین موقعیت نقطه تفکیک مشتری واحد و چندگانه	اولین قدم برای اجرای سفارش‌سازی انبوه، تعیین سطح مطلوب محصول است.	(شیدپور و همکاران ^{۲۵} ، ۲۰۱۴)
۶	بهینه‌سازی هزینه تولید براساس نقطه تفکیک در سفارش انبوه	قیمت تمام‌شده موجودی و هزینه انتظار مشتری، ناشی از تأخیر در تحویل است.	(آرکینک ^{۲۶} ، ۲۰۱۳)
۷	تعیین نقطه تفکیک سفارش مشتری بر مبنای توسعه مدل ارزیابی ترجیحی	جریان هدایت‌شده و جریان محرک پیش‌بینی‌شده، سفارشی‌سازی انبوه را متمایز می‌کند.	(اکس یو و لیانگ ^{۲۷} ، ۲۰۱۱)
۸	تعیین موقعیت نقطه تفکیک، با کمک شبیه‌سازی مدل شبکه ارزش	شبکه ارزش مبتنی بر سفارش انبوه است.	(دابول و برنارد ^{۲۸} ، ۲۰۱۰)

ردیف	عنوان تحقیق	نتایج تحقیق	منبع
۹	موقعیت نقطه تفکیک سفارش‌سازی مشتری در زنجیره تأمین چابک براساس مجموعه‌های پلی کروماتیک	مدل تصمیم‌گیری نقطه تفکیک در زنجیره تأمین به زبان ریاضی توصیف شده است.	(لیو و همکاران ^{۲۹} ، ۲۰۰۹)
۱۰	نقطه تفکیک سفارش مشتری مبتنی بر سود	ارائه مدلی بر مبنای سود و نشان‌دهنده رابطه بین نقطه تفکیک و فروش	(وو و همکاران ^{۳۰} ، ۲۰۰۸)
۱۱	موقعیت نقطه تفکیک در اجرای بومی‌سازی انبوه	عملکرد عوامل مختلف در تعیین نقطه تفکیک تأثیر دارند.	(جی و همکاران ^{۳۱} ، ۲۰۰۷)
۱۲	به‌کارگیری نقطه تفکیک سفارش برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین	زنجیره تأمین اطلاعات به‌منظور استفاده از مزیت راهبردی.	(ماسون و همکاران ^{۳۲} ، ۲۰۰۰)
۱۳	نقطه تفکیک مشتری: تأثیر سیستم‌های اطلاعات برای کنترل تولید	سیستم‌های اطاعات با انواع تولیدات ترکیبی در شرایط مختلف محصول مواجه می‌شوند.	(گایزبرت و تانگ ^{۳۳} ، ۱۹۹۲)

۴- روش‌شناسی پژوهش

هدف از این مقاله، تعیین نقطه (CODP) با استفاده از رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین است. برای این منظور، از مدل اقتباس‌شده (لیو و همکاران، ۲۰۱۵) استفاده شده است که مقدار هزینه کل را برای تولید و آماده‌سازی ورق‌های پلیمری کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه مسائل مربوط به خط تولید کارگاهی در دسته مسائل پیچیده^{۳۴} قرار می‌گیرند، اغلب محققان به‌ناچار مسائل را در شرایط ساده و اولیه در نظر گرفته‌اند و برای سادگی، بسیاری از فرضیات مسئله را نادیده گرفته‌اند. آنها با بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی و الگوریتم‌های فراابتکاری، اقدام به بهینه‌سازی مسائل مربوط به خط تولید کارگاهی کرده‌اند. اما باید توجه داشت فرضیاتی مثل عدم قطعیت پارامترهای مسئله، کار در جریان ساخت، اولویت‌بندی سفارش‌های رسیده و تقاضای متغیر از جمله شرایط موجود و غالب در مسائل تولید کارگاهی‌اند که با در نظر گرفتن آنها می‌توان مسئله را تا حد امکان به شرایط دنیای واقعی نزدیک‌تر کرد تا نتایج پژوهش کاربردی‌تر شود. مدل این پژوهش نیز از آنجا به‌عنوان یکی از مسائل پیچیده مطرح می‌شود که در محیط‌های کارگاهی، توجه نکردن به تعیین توالی مناسب فرایندها بر دستگاه‌های تولیدی و بدون توجه به مصرف منابع در بازه‌های زمانی مختلف، می‌تواند به افزایش هزینه‌های تولیدکننده منجر شود. از این رو بررسی این مسئله در چگونگی مکان‌یابی (CODP)، با استفاده از رویکرد گونه‌شناسی فعالیت مختلف در زنجیره تأمین ورق‌های پلیمری، می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولیدی و قیمت تمام‌شده کمک کند. بر این اساس فرض می‌شود که هر سفارش دریافت‌شده، موقعیت (CODP) خاص خود را دارد، هزینه تولید محصولات ابداعی (سفارشی) بیشتر از محصولات استاندارد (کارکردی) است و شرکت تولیدکننده تمام سفارش‌های دریافتی را به دو حالت انبوه و سفارشی تولید می‌کند. شکل ۲ مراحل مدل‌سازی و روش حل آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲- گام‌های مدل‌سازی و حل آن
Fig. 2- Modeling steps and solving it

اکنون مسئله زمان‌بندی تولید کارگاهی را با توجه متغیرها و پارامترها، به‌صورت ذیل مدل‌سازی می‌کنیم.

اندیس‌ها

$a, b, c, d = 1, 2, \dots, A, B, C, D$ ضرایب هزینه سفارش جدید؛	$i = 1, 2, \dots, I$ مراحل تولید؛
$m = 1, 2, \dots, M$ مراحل پیشرفت کار؛	$j = 1, 2, \dots, J$ سفارش اصلی؛
$n = 1, 2, \dots, N$ تعداد سفارش‌های جدید؛	$h = 1, 2, \dots, H$ سفارش جدید؛
	$k = 1, 2, \dots, K$ نقطه تفکیک سفارش؛

پارامترها

D_j : سفارش تولیدات j ام	K : موقعیت CODP
D_j : مقدار سفارش تولیدات j ام	M : تعداد سفارش تولید کل
N_1 : تعداد عملیات بعد از تولید استاندارد	N_j : مراحل تولید کل
N_2 : تعداد عملیات بعد از تولید ابداعی	N : تعداد عملیات کل

متغیرها

P_{jk} : هزینه انتقال؛	$C^{(k)}$: هزینه تولید کل وقتی که CODP به‌عنوان K عمل می‌کند.
t_{jk} : زمان استفاده از سفارش دریافتی؛	m : زمان پیشرفت کار وقتی که در پی جست‌وجوی نقطه بهینه‌ایم.
$C_0^{(k)}$: هزینه تولید کل انبوه؛	P_{ij}^0 : هزینه تولید انبوه در عملیات i ام برای D_j
$C_T^{(k)}$: هزینه ارسال سفارش کل؛	P_{ij}^1 : هزینه تولید سفارشی در عملیات i ام؛
$C_W^{(k)}$: هزینه سفارش کل در حال انتظار؛	$C_1^{(k)}$: هزینه تولید کل سفارش دریافتی؛
t_i^0 : زمان تولید انبوه؛	t_{ij}^1 : زمان تولید محصول ابداعی؛
T_j : زمان تأخیر؛	t_{jk} : هزینه در حال انتظار؛
	T_{jk} : زمان انتقال سفارش؛

در روش پیشنهادی، سیستم تولید ورق‌های پلیمری برای تعیین نقطه تفکیک سفارش مشتری با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار Matlab R 2019 مدل‌سازی می‌شود. مدل‌های شبیه‌سازی شده این تحقیق، گونه‌ای از پدیده‌های دینامیک را نشان می‌دهد که می‌خواهد مسئله هزینه‌های جاری شرکت را شناسایی کند. در واقع این کار به وسیله ارزیابی استراتژی‌های تولیدی گوناگون، برای عملیات سیستم انجام می‌شود. با توجه به رویکرد مطالعه حاضر می‌توان دو مدل تک‌هدفه زیر را معرفی کرد.

مدل اول:

$$\text{Min } C(k) = \sum_{i=1}^k P^0 i_{\mu} + \sum_{i=k+1}^N p^1 i_{\mu} + P_{k\mu} = C_0^{(k)} + C_I^{(k)} + C_T^{(k)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{s.t.} \\ N_1 \leq k \leq N_2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\sum_{i=1}^k t_i^0 + \sum_{i=k+1}^N t_i^1 + t_k \leq T \quad \text{رابطه (۳)}$$

مدل دوم:

$$\text{Min } C(k) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^M P_i^0 j^{\mu j} + \sum_{i=k+1}^N \sum_{j=1}^M P_i^1 j^{\mu j} + \sum_{j=1}^M P_j k \mu_j + \sum_{j=2}^M (h_j k \mu_j \sum_{j=1}^{j-1} t_j k) = C_0^{(k)} + C_I^{(k)} + C_T^{(k)} + C_w^{(k)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\text{s.t.} \\ N_1 \leq k \leq N_2 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\sum_{i=1}^k t_i^0 + \sum_{i=k+1}^N t_i^j + \sum_{j=1}^j t_i^j \leq T_j, j \in [1, M] \quad \text{رابطه (۶)}$$

رابطه (۱) بیان‌کننده هزینه کل سفارش تولید است که شامل ۳ بخش مجزاست: $C_0^{(k)}$ هزینه تولید انبوه، $C_I^{(k)}$ هزینه تولید سفارش داده شده و $C_T^{(k)}$ هزینه انتقال سفارش تولید شده در CODP را نشان می‌دهد. در این مدل دو نوع محدودیت وجود دارد: رابطه (۲) میزان موقعیت CODP را محدود یا جابه‌جا می‌کند و نامعادله (۳) الزامات زمان تأخیر را نشان می‌دهد. رابطه (۴) هزینه کل پردازش سفارش تولید را نشان داده و از چهار قسمت تشکیل شده است: $C_0^{(k)}$ ، $C_I^{(k)}$ ، $C_T^{(k)}$ و $C_w^{(k)}$ هزینه سفارش در حال انتظار را شامل می‌شود. رابطه (۵) دو نوع محدودیت را نشان می‌دهد و نامعادله (۶) الزامات زمان تأخیر را تبیین می‌کند.

۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها

با توجه به هدف و ماهیت پژوهش، داده‌های موردنیاز از مستندات شرکت تولیدکننده محصولات پلیمری واقع در منطقه ویژه استان بوشهر در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری شده است. براساس داده‌های به‌دست‌آمده، مشخص شد فرایند تولیدی شرکت مطالعه‌شده به دو شکل انبوه (استاندارد) و سفارشی (ابداعی) است، یعنی با کمک این دو نوع فرایند و نیز مراحل شش‌گانه پلیمریزاسیون برای تعیین موقعیت (CODP)، می‌توان محصولات پلیمری را یا در انبار ذخیره کرد (انبوه) و یا اینکه طبق سفارش مشتری محصولات تولیدشده را در کمترین زمان تأخیر تحویل داد. بنابراین برای تفهیم بهتر دو رویکرد تولیدی فوق، از مفاهیم مهمی چون هزینه یک واحد تولید انبوه (P^0) و هزینه یک واحد تولید

سفارشی (P^1)، زمان تولید انبوه (t^0) و زمان تولید سفارشی (t^1) در قالب (۱۲ ماه) استفاده شده است. شرح هریک از مفاهیم موردنیاز به قرار زیر است.

شرکت تولیدکننده محصولات پلیمری مطالعه‌شده، در سال (۱۳۹۹) به تعداد (۲۰) مورد ثبت سفارش داشته است. هریک از این سفارش‌ها شرایط خاص خود را براساس تیراژ، وزن، حجم و میزان سفارش، هزینه‌های ثابت و جاری، مسافت، شیوه‌های حمل‌ونقل و نیز سطح قیمت را شامل می‌شوند. این پژوهش سطح قیمت‌های پیشنهادی تولیدکننده را از ابتدا تا انتهای سال مالی، ثابت در نظر گرفته است. میزان هریک از سفارش‌های هر ماه را می‌توان برحسب تن در قالب جدول (۲) مشاهده کرد.

جدول ۲- مقدار محصول سفارش داده شده در ماه برحسب تن

Table 2-The amount of product ordered per month by ton

Hj	اسفند		بهمن		دی		آذر		آبان		مهر		شهریور		مرداد		تیر		خرداد		اردیبهشت		فروردین	
	۷	۶	۷	۸	۱۲	۱۵	۱۴	۹	۱۳	۱۱	۷	۱۱	۹	۱۱	۹	۱۱	۹	۱۰	۱۸	۹	۶	۸	۶	۴

جدول بالا بیان می‌کند که در سال (۹۹)، تولیدکننده به تعداد (۲۰) سفارش دریافت کرده است که حداکثر دو سفارش در هر ماه را شامل می‌شود. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، تولیدکننده در فروردین‌ماه به‌دلیل روزهای تعطیل اول سال فقط یک سفارش را برای تولید ثبت کرده است، ولی از اردیبهشت‌ماه تا آذرماه وضعیت تولیدی هرماه تغییر کرده است و میزان سفارش‌ها در نوسان است. سرانجام در ماه‌های زمستانی آخر سال، ثبت سفارش و میزان تولید به‌دلیل رکود بازار و فصل سرما کاهش یافته است. دیگر شاخص‌های مطالعه‌شده این پژوهش را «هزینه‌های یک واحد تولید انبوه» و «هزینه یک واحد تولید سفارشی» تشکیل می‌دهند که در جداول (۳) و (۴) به‌تفصیل بررسی شده‌اند.

جدول ۳- هزینه یک واحد تولید انبوه برای محصولات استاندارد (P⁰)

Table 3-Cost of a mass production unit for standard products (P⁰)

ماه	مراحل پلیمریزاسیون					
	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم	مرحله ششم
	حرارت	رئولوژی (قالب‌ریزی)	اکستروژن (ماشین‌کاری)	جوشکاری (اتصال)	برش(قالب‌گیر ی ضربه)	تکمیل
فروردین	۲۳	۱۸	۱۶	۱۵	۱۲	۲۰
اردیبهشت	۴۶	۳۵	۴۱	۲۷	۲۴	۳۰
خرداد	۵۲	۳۵	۴۱	۲۷	۲۴	۳۰
تیر	۵۸	۱۰۴	۴۵	۸۱	۴۰	۷۲
مرداد	۶۴	۵۲	۵۰	۴۱	۴۴	۳۶
شهریور	۶۴	۴۱	۵۰	۴۱	۴۴	۳۶
مهر	۵۲	۷۵	۴۱	۵۹	۳۶	۵۲
آبان	۸۷	۸۱	۶۸	۶۳	۶۰	۵۶
آذر	۴۶	۶۹	۳۶	۵۴	۳۲	۴۸
دی	۴۱	۳۲	۲۸	۲۷	۲۱	۳۵
بهمن	۳۵	۲۷	۲۴	۲۳	۱۸	۳۰
اسفند	۴۱	۳۲	۲۸	۲۷	۲۱	۳۵

جدول بالا نشان می‌دهد برای تولید یک محصول پلیمری، مثلاً ورق‌های آکرلیک، باید شش مرحله به صورت تخصصی، مستمر و بدون وقفه طی شود. نکته حائز اهمیت جدول فوق این است که هزینه تک تک مراحل باید محاسبه شود. به عبارتی، داده‌های «هزینه یک واحد تولید انبوه» در فروردین ماه از تولیدکننده جمع‌آوری شده و بر مبنای آن دیگر ماه‌های سال توسط پژوهشگران محاسبه شده است. در فروردین ماه سال ۹۹، تولیدکننده ۴ تن سفارش ثبت کرده است، یعنی برای تولید این حجم از سفارش و تحویل آن به مشتری، باید شش مرحله ساخت طی شود. مرحله اول مرحله «حرارت‌دهی» است که مواد اولیه برای ساخت ورق‌های آکرلیک، از قبل آماده شده است و باید با شعله‌های حرارت، این فرایند آغاز شود. عدد به دست آمده ۲۳، مقابل مرحله حرارت‌دهی در جدول (۳) نشان می‌دهد برای حرارت دهی ۴ تن مواد، مشتری باید به طور متوسط ۲۳ تومان هزینه کند. مرحله دوم، «رئولوژی» نام دارد، در این مرحله با توجه به گرم شدن مواد و قطعات اولیه، فرایند قالب‌ریزی مدنظر آغاز می‌شود. عدد ۱۸ مقابل این مرحله نشان می‌دهد طبق قرارداد تعریف شده بین مشتری و تولیدکننده، مشتری باید ۱۸ تومان به تولیدکننده بپردازد. مرحله سوم «اکستروژن» نام دارد که در این مرحله، قطعات نیمه تمام توسط دستگاه‌های خاص، براساس فرمت مدنظر شکل می‌گیرد. مراحل چهارم و پنجم، فرایند اتصال قطعات و جوشکاری آنهاست و بالاخره پس اتمام پنج مرحله قبلی، ورق‌های آکرلیک در یک بازه زمانی مشخص آماده می‌شود. شایان ذکر است که هدف از محاسبات جداول ۳ و ۴ به طور جداگانه، تعیین مکان (CODP) است.

جدول ۴- هزینه یک واحد تولید سفارشی برای محصولات ابداعی (P¹)Table 4- Cost of a custom production unit for innovative products (P¹)

ماه	مراحل پلیمریزاسیون					
	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم	مرحله ششم
	حرارت	رئولوژی (قالب‌ریزی)	اکستروژن (ماشین‌کاری)	جوشکاری (اتصال)	برش(قالب گیری ضربه)	تکمیل
فروردین	۲۸	۲۱	۱۸	۱۷	۱۶	۲۵
اردیبهشت	۴۲	۳۲	۲۷	۲۶	۲۴	۲۸
خرداد	۴۲	۴۸	۲۷	۲۶	۲۴	۳۸
تیر	۷۰	۹۵	۸۱	۷۷	۷۲	۱۱۳
مرداد	۶۳	۷۷	۴۱	۳۹	۳۶	۵۷
شهریور	۴۹	۷۷	۳۲	۳۰	۲۸	۴۴
مهر	۹۱	۶۳	۹۱	۵۶	۵۲	۸۲
آبان	۹۸	۷۴	۶۳	۶۰	۵۶	۸۸
آذر	۸۴	۶۳	۵۴	۵۱	۴۸	۷۵
دی	۴۹	۳۷	۳۲	۳۰	۲۸	۴۴
بهمن	۴۲	۳۲	۲۷	۲۶	۲۴	۳۸
اسفند	۴۹	۳۷	۳۲	۳۰	۲۸	۴۴

توضیح داده‌های به‌دست‌آمده در جدول ۴ همانند جدول قبلی است که برای تولید محصولات نهایی پلیمری بایستی هزینه‌های یک واحد تولید سفارشی نیز محاسبه می‌شد. برای ادامه مسیر در جهت تعیین (CODP)، علاوه بر «هزینه‌های واحد انبوه» و «هزینه سفارشی»، باید «زمان تولید انبوه» و «زمان تولید سفارشی» را نیز برحسب ساعت محاسبه کرد که در جدول ۵ به آن اشاره شده است.

جدول ۵- زمان تولید انبوه برای محصولات استاندارد برحسب ساعت (t⁰)

Table 5- Mass production time for standard products in hours (t⁰)

مراحل	تعداد سفارش‌ها در سال ۹۹																			
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
اول	۹۶	۱۴۴	۱۹۲	۱۴۴	۲۱۶	۳۳۲	۲۴۰	۲۱۶	۲۶۴	۱۶۸	۲۶۴	۳۱۲	۲۱۶	۳۳۶	۳۶۰	۲۸۸	۱۹۲	۱۶۸	۱۴۴	۱۶۸
دوم	۷۴	۱۱۱	۱۴۸	۱۱۱	۱۶۷	۳۳۳	۱۸۵	۱۶۷	۲۰۴	۱۳۰	۲۰۴	۲۴۱	۱۶۷	۲۵۹	۲۷۸	۲۲۲	۱۴۸	۱۳۰	۱۱۱	۱۳۰
سوم	۸۷	۱۳۱	۱۷۴	۱۳۱	۱۹۶	۳۹۲	۲۱۸	۱۹۶	۲۴۰	۱۵۳	۲۴۰	۲۸۳	۱۹۶	۳۰۵	۳۲۷	۲۶۱	۱۷۴	۱۵۳	۱۳۱	۱۵۳
چهارم	۶۹	۱۰۴	۱۳۸	۱۰۴	۱۵۶	۳۱۱	۱۷۳	۱۵۶	۱۹۰	۱۲۱	۱۹۰	۲۲۵	۱۵۶	۲۴۲	۲۵۹	۲۰۷	۱۳۸	۱۲۱	۱۰۴	۱۲۱
پنجم	۷۸	۱۱۷	۱۵۶	۱۱۷	۱۷۶	۳۵۱	۱۹۵	۱۷۶	۲۱۵	۱۳۷	۲۱۵	۲۵۴	۱۷۶	۲۷۳	۲۹۳	۲۳۴	۱۵۶	۱۳۷	۱۱۷	۱۳۷
ششم	۱۲۰	۱۸۰	۲۴۰	۱۸۰	۲۷۰	۵۴۰	۳۰۰	۲۷۰	۳۳۰	۲۱۰	۳۳۰	۳۹۰	۲۷۰	۴۲۰	۴۵۰	۳۶۰	۲۴۰	۲۱۰	۱۸۰	۲۱۰

داده‌های به‌دست‌آمده در جدول ۵ نشان می‌دهند برای تولید ۴ تن ورق آکرلیک در مرحله اول، به ۹۶ ساعت زمان با رویکرد تولید انبوه نیاز است. تحلیل دیگر داده‌های به‌دست‌آمده نیز به همین شکل محاسبه شده است.

جدول ۶- زمان تولید سفارشی برای محصولات ابداعی برحسب ساعت (t¹)

Table 6-. Custom production time for innovative products in hour (t¹)

مراحل	تعداد سفارش‌ها در سال ۹۹																			
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
اول	۷۲	۱۰۸	۱۴۴	۱۰۸	۱۶۲	۳۲۴	۱۸۰	۱۶۲	۱۹۸	۱۲۶	۱۹۸	۲۳۴	۱۶۲	۲۵۲	۲۷۰	۲۱۶	۱۴۴	۱۲۶	۱۰۸	۱۲۶
دوم	۴۸	۷۲	۹۶	۷۲	۱۰۸	۲۱۶	۱۲۰	۱۰۸	۱۳۲	۸۴	۱۳۲	۱۵۶	۱۰۸	۱۶۸	۱۸۰	۱۴۴	۹۶	۸۴	۷۲	۸۴
سوم	۷۲	۱۰۸	۱۴۴	۱۰۸	۱۶۲	۳۲۴	۱۸۰	۱۶۲	۱۹۸	۱۲۶	۱۹۸	۲۳۴	۱۶۲	۲۵۲	۲۷۰	۲۱۶	۱۴۴	۱۲۶	۱۰۸	۱۲۶
چهارم	۲۴	۳۶	۴۸	۳۶	۵۴	۱۰۸	۶۰	۵۴	۶۶	۴۲	۶۶	۷۸	۵۴	۸۴	۹۰	۷۲	۴۸	۴۲	۳۶	۴۲
پنجم	۲۵	۳۸	۵۰	۳۸	۵۷	۱۱۳	۶۳	۵۷	۶۹	۴۴	۶۹	۸۲	۵۷	۸۸	۹۴	۷۵	۵۰	۴۴	۳۸	۴۴
ششم	۴۸	۷۲	۹۶	۷۲	۱۰۸	۲۱۶	۱۲۰	۱۰۸	۱۳۲	۸۴	۱۳۲	۱۵۶	۱۰۸	۱۶۸	۱۸۰	۱۴۴	۹۶	۸۴	۷۲	۸۴

همچنین داده‌های محاسبه‌شده جدول ۶ بیان می‌کند که اگر استراتژی شرکت تولیدکننده با رویکرد سفارشی اتخاذ شده باشد، باید برای تولید ۴ تن ورق آکرلیک در مرحله حرارت‌دهی، ۷۲ ساعت زمان در نظر گرفته شود و باقی مراحل نیز بر مبنای همین تحلیل انجام می‌شود.

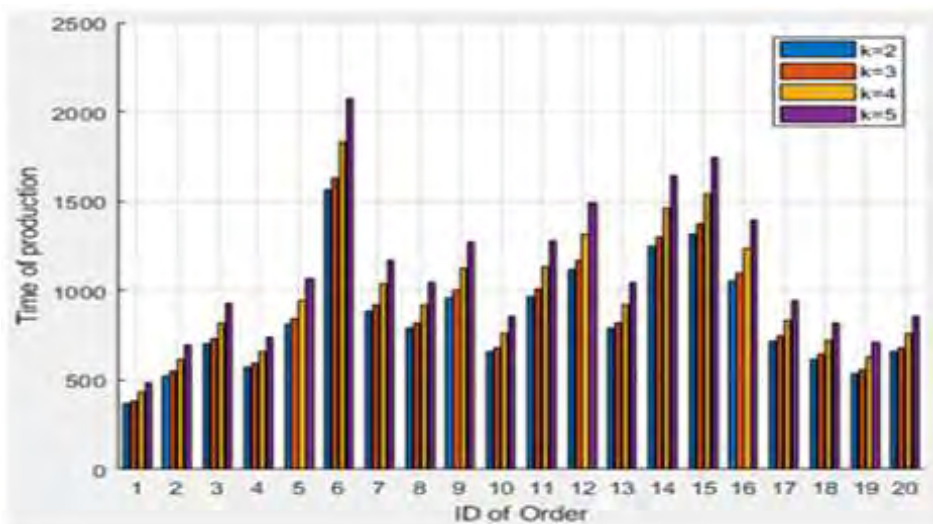
۶- یافته‌های پژوهش

پس از تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده و ترکیب آن با یافته‌های کیفی، پژوهش حاضر در این بخش در پی نیل به هدف نهایی یعنی تعیین (CODP) است. برای محاسبه خروجی‌های مدل این پژوهش، از ورودی‌های مختلف استفاده شده است. در این مرحله پژوهشگران با جمع‌آوری داده‌های مختلف سعی کردند تا از دسته‌بندی آنها تم مدنظر (CODP) را ترسیم کنند. به عبارت دیگر، پژوهشگران تمام عوامل استخراج‌شده از مطالعات را به‌صورت کد دسته‌بندی کردند، سپس با در نظر گرفتن مفهوم هریک از این کدها، آنها را در حلقه‌های مشابه و مرتبط در قالب یک SC تعریف کردند. نتیجه بررسی خروجی مؤلفه‌های مدل توسط نرم‌افزار متلب به شکل زیر است.

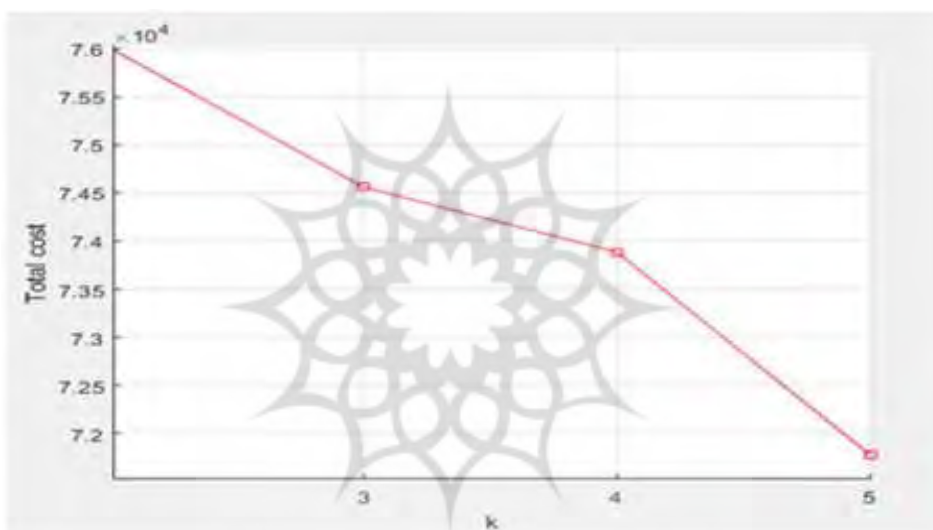
جدول ۷- مراحل و هزینه‌ها در CODP
Table 7- Steps and costs in CODP

K	C ₀	C ₁	C _T	C _w	C
۲	۲۱۱۰۳	۳۹۴۱۲	۴۵۸/۵۵۰۰	۱/۵۰۲۱E+۰۴	۷/۵۹۹۵E+۰۴
۳	۲۹۲۷۱	۲۹۷۵۸	۴۶۰/۹۱۰۰	۱/۵۰۶۹E+۰۴	۷/۴۵۵۸E+۰۴
۴	۳۷۲۳۴	۲۱۰۰۵	۴۵۸/۷۲۰۰	۱/۵۱۸۷E+۰۴	۷/۳۸۸۵E+۰۴
۵	۴۳۳۶۰	۱۲۸۳۷	۴۵۵/۲۲۰۰	۱/۵۱۳۲E+۰۴	۷/۱۷۸۴E+۰۴

جدول فوق شامل مراحل (k)، هزینه‌های تولید انبوه (C₀)، هزینه‌های تولید سفارشی (C₁)، هزینه انتقال (C_T)، هزینه سفارش در حال انتظار (C_w) و هزینه کل (C) است. با توجه به اینکه باید موقعیت (CODP) را براساس رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین تعیین کرد، بنابراین مراحل پلیمریزاسیون نیز اهمیت ویژه‌ای دارد؛ به‌طوری که ستون (C₀) نشان می‌دهد مرحله دوم یعنی «رئولوژی» کمترین هزینه را در سال ۱۳۹۹ داشته است؛ در حالی که از نظر ستون (C₁)، مرحله پنجم بهترین گزینه است. داده‌های این ستون نشان می‌دهند شرکت تولیدکننده پلیمری، با وجود دریافت حق‌العمل بیشتر برای تولید محصولات سفارشی یا ابداعی، کمترین هزینه را در مرحله «برش و قالب‌گیری» داشته است. داده‌های ستون (C_T) حاکی از این است که مرحله «حرارت‌دهی» کمترین هزینه را در قسمت انتقال محصولات به خود اختصاص می‌دهد و از این لحاظ بهترین گزینه محسوب می‌شود. در شرکت مدنظر علاوه بر هزینه‌های فوق، یک‌سری هزینه‌های پنهان نیز وجود دارد که هزینه در حال انتظار سفارش یا زمان تأخیر^{۳۵} نام دارد، یعنی در این حالت، شرکت با توجه به ظرفیت تولیدی ماهانه خود و برنامه‌ریزی تولید کل^{۳۶}، ناگزیر است برخی از سفارش‌ها را تا خالی شدن ظرفیت ماشین‌آلات، به حالت انتظار قرار دهد که این کار به نوعی ریسک از دست دادن مشتری را نیز به همراه دارد. سرانجام داده‌های به‌دست‌آمده از ستون (C) گویای این است که حداقل هزینه سفارش محصول در مرحله پنجم قرار گرفته است؛ به عبارت بهتر، ستون (C) نشان می‌دهد شرکت تولیدکننده محصولات پلیمری در سال ۹۹ در سفارش‌های انبارشی خود (MTS)، کمترین هزینه را در مرحله «برش و قالب‌گیری» داشته است و به‌نوعی نقطه CODP در ناحیه تولید محصولات استاندارد (انبوه) قرار می‌گیرد. در همین راستا شکل ۳ نشان می‌دهد زمان به کار گرفته شده برای تولید محصولات انبارشی و سفارشی به تعداد ۲۰ سفارش در سال بوده است. خروجی نرم‌افزار بیان می‌کند شرکت تولیدکننده در تیرماه بیشترین سفارش را دریافت کرده است، بنابراین نیاز به برنامه‌ریزی زمانی وسیع‌تری است تا آخرین مراحل شش‌گانه تکمیل شود.

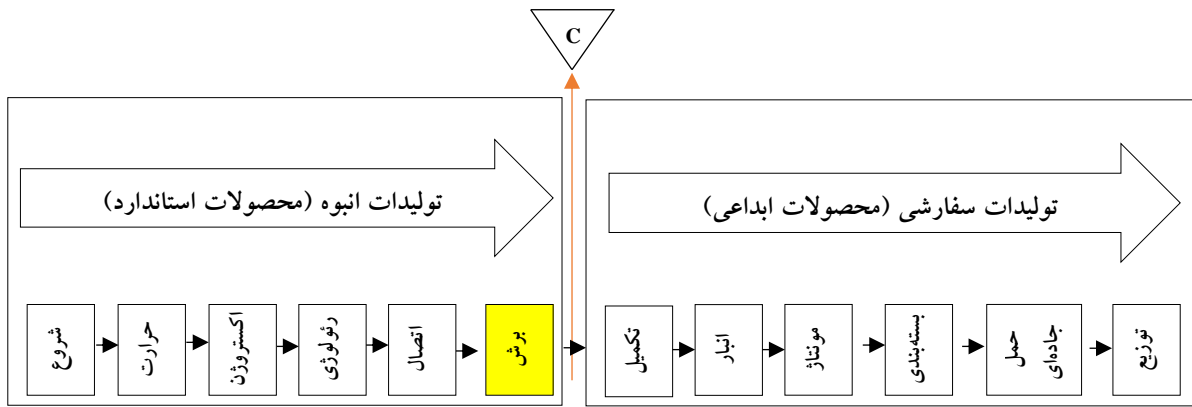


شکل ۳- زمان تولید محصولات پلیمری
Fig. 3- Production time of polymer products



شکل ۴- هزینه کل تولید محصولات پلیمری
Fig. 4- Total cost of production of polymer products

همچنین تحلیل شکل ۴ حاکی از این است که مراحل اکستروژن (ماشین کاری) و جوشکاری، هزینه بیشتری را برای تولیدکننده به همراه دارد. این نمودار نشان می‌دهد سفارش دهنده برای تولید محصولات سفارشی (ابداعی) باید هزینه بیشتری بپردازد تا زمان تولید کاهش یابد و محصول تولیدشده در زمان کمتر تحویل مشتری شود. موقعیت بهینه CODP با استفاده از نتایج جدول ۷ و شکل‌های ۳ و ۴ تعیین شده و در شکل ۵ نشان داده شده است. مکان بهینه CODP با توجه به رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین و نتایج، حاکی از این است که این نقطه در مرحله برش، یعنی مرحله پنجم از ناحیه تولیدات انبارشی قرار گرفته است. نقطه به‌دست آمده بیان می‌کند که شرکت تولیدکننده محصولات پلیمری در سال ۱۳۹۹ با توجه به هزینه‌های جاری و سطح سفارش‌های تولیدی، کمترین هزینه را در تولید محصولات انبوه دارد. بنابراین برنامه تولید کل و بازاریابی شرکت مطالعه‌شده باید به‌گونه‌ای باشد که ابتدا محصولات را با استاندارد خاص تولید و در انبار ذخیره کند، در نتیجه فرایند ذخیره‌سازی تولیدات می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های جاری شود.



شکل ۵- نقطهٔ بهینه (CODP)

Fig 5- Optimal point (CODP)

برای اعتبارسنجی یافته‌های تحقیق حاضر، از روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شده است. اعتبارسنجی متقابل، تکیه بر داده‌هایی است که مشاهده می‌شوند و به‌منظور بررسی و سنجش کارایی مدل، برای پیش‌بینی داده‌های جدید به کار می‌روند. با بررسی عملکرد فعلی شرکت مطالعه‌شده و تأیید خبرگان و کارشناسان تولیدی، مشخص شد یافته‌های به‌دست‌آمده از مدل‌های پژوهش تا حدود زیادی با مقادیر واقعی سازگاری دارد؛ بنابراین می‌توان گفت که مدل‌های به کار گرفته شده اعتبار دارند. از این رو می‌توان با توجه به مراحل پلیمریزاسیون و انتخاب رویکرد گونه‌شناسی مطالعه‌شده، نسبت به تعیین موقعیت نقطهٔ (CODP) اقدام کرد.

۷- بحث

تعیین محدودهٔ نقطهٔ (CODP) و عقب‌راندن یا جلوراندن این موقعیت می‌تواند ماهیت فعالیت‌های قبل و بعد از این نقطه را به فرایندهای پیش‌بینی‌محور و یا سفارش‌محور تغییر دهد. بنابراین از دیدگاه برنامه‌ریزی‌های تولیدی، عقب‌راندن نقطهٔ (CODP)، موجب کاهش تعداد عملیاتی می‌شود که بر مبنای اطلاعات غیرقطعی انجام شده است و همچنین موجب حذف یا کاهش ضایعات و موجودی انبار می‌شود. از دیدگاه مدیریت زنجیرهٔ تأمین، نقطهٔ تفکیک سفارش مشتری در امتداد کل زنجیره قرار دارد؛ در حالی که از دیدگاه یک شرکت، چندین نقطهٔ (CODP) می‌تواند در یک عملیات تولیدی وجود داشته باشد. استراتژی‌های تولیدی مانند ساخت برای انبار (ساخت ذخیره‌ای)^{۳۷}، مونتاژ برای سفارش (مونتاژ سفارشی)^{۳۸}، ساخت برای سفارش (ساخت سفارشی)^{۳۹} و مهندسی سفارش^{۴۰}، موقعیت‌های مختلف نقطهٔ تفکیک سفارش مشتری را به دست می‌دهند. از این رو گونه‌شناسی زنجیرهٔ تأمین رویکردی مهم در جهت تعیین نوع استراتژی زنجیرهٔ تأمین متناسب با محصول قلمداد می‌شود. آنچه در به‌کارگیری گونه‌شناسی زنجیرهٔ تأمین این مطالعه مدنظر محققان بود، رویکردهای تولیدی انبوه و سفارشی است که به تعیین جایگاه نقطهٔ تفکیک سفارش مشتری منجر شده است؛ زیرا یک زنجیرهٔ تأمین اثربخش باید با توجه به محصولی (استاندارد یا سفارشی) طراحی شود که در طول زنجیره تولید می‌شود. یک محصول استاندارد نیازمند ایجاد یک زنجیرهٔ تأمین فیزیکی کاراست، این محصولات نیازهای اساسی مصرف‌کنندگان را برآورده می‌کند، از همین رو تقاضای پیش‌بینی‌شده و چرخهٔ عمر طولانی دارند. این ثبات رویه، رقابتی را به همراه دارد که باعث پایین‌آمدن حاشیهٔ سود خواهد شد؛ در حالی که برای یک محصول ابداعی، زنجیرهٔ تأمین مناسب آن است که بتواند پاسخگوی

بازار باشد. این محصولات اساساً دارای مدیریت و طراحی متفاوتی از زنجیره تأمین نسبت به محصولات استاندارد است. از دیدگاه تحلیل حساسیت نتایج این مطالعه می‌توان گفت که زمان تأخیر محصول، تأثیر مهمی در تعداد CODP موجه و CODP بهینه دارد. کاهش زمان تأخیر می‌تواند به افزایش تعداد CODP موجه منجر شود. از طرفی دیگر تغییر در هزینه انتقال سفارش و هزینه تأخیر در سفارش، در CODP اصلی ممکن است به تغییر در نقطه بهینه CODP منجر شود؛ به ویژه هنگامی که این دو هزینه افزایش می‌یابند. همچنین همان‌گونه که شکل ۴ نشان می‌دهد، روند هزینه کل تولید در مراحل مختلف تولید به صورت کاهشی و خطی بوده است. با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد نتایج گرفته‌شده در این پژوهش تا حدودی با نتایج مطالعات لیو و همکاران (۲۰۰۹)، لیو و همکاران (۲۰۱۵) و لیو و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد.

۸- نتیجه‌گیری، پیشنهادها، جنبه نوآوری و محدودیت‌های پژوهش

نتایج این مطالعه نشان داد نقطه (CODP) براساس رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین در ناحیه برش و تولید انبوه قرار گرفته است؛ به‌گونه‌ای که با در نظر داشت ماهیت کمی‌سازای مدل خطی این پژوهش، شاخص هزینه کل (C) کمترین مقدار را در این ناحیه نشان می‌دهد. در حال حاضر شرکت مطالعه‌شده محصولات خود را به دو طیف استاندارد (مبتنی بر پیش‌بینی بازار) و محصولات سفارشی تولید می‌کند که در طول سال دریافت می‌کند (که ممکن است مصرف خارجی نیز داشته باشند). شرایط اقتصادی حال حاضر، نوسانات بازار، وجود رقبا، سطح فناوری در دسترس و دیگر عوامل سبب شد تا مدیران ارشد این شرکت مترصد مدیریت هزینه‌های تولیدی خود شوند. بر این اساس محققان با به‌کارگیری مفهوم جدید «نقطه تفکیک سفارش مشتری» و معرفی رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین قطعات پلیمری و شبیه‌سازی آن در محیط نرم‌افزاری، به این نتیجه رسیدند که بیشتر تولیدات شرکت مدنظر در ناحیه تولید انبوه یا همان محصولات استاندارد قرار دارد و شرکت باید با تمرکز و تکیه بر این ناحیه، حاشیه سود خود را حفظ کند. از طرفی دیگر باید توجه داشت که در شرایط فعلی اقتصادی، قبول سفارش‌های جداگانه و خارج از شرایط عادی تولید، نه تنها سودی عاید شرکت نمی‌شود، منابع موجود نیز صرف خطوط تولیدی می‌شود که این امر زیان به همراه دارد. گونه‌شناسی زنجیره تأمین محصولات پلیمری نشان داد مقادیر متغیرهای مدل مطالعه‌شده در یک بازه زمانی ۱۲ ماهه، می‌توانند مبتنی بر نقطه تفکیک سفارش مشتری محاسبه شوند. شکل ۳ نشان داد زمان به کار گرفته شده برای تولید محصولات انبارشی و سفارشی به تعداد ۲۰ سفارش در سال بوده است. خروجی به‌دست‌آمده گویای آن است که شرکت تولیدکننده در تیرماه بیشترین سفارش را داشته است؛ بنابراین به برنامه‌ریزی وسیع‌تری نیاز است تا آخرین مراحل شش‌گانه (تشکیل) تکمیل شود. از خروجی شکل ۴ نتیجه‌گیری می‌شود که مراحل اکستروژن (ماشین‌کاری) و جوشکاری، هزینه بیشتری را برای تولیدکننده به همراه داشته است. این نمودار همچنان بیان می‌کند سفارش‌دهنده برای تولید محصولات سفارشی باید هزینه بیشتری پرداخت کند تا بتوان زمان تولید را کاهش داد و در نتیجه محصول تولیدشده در زمان کمتری تحویل مشتری شود. مکان بهینه (CODP) با توجه به نتایج شکل ۵ حاکی از این است که این نقطه در مرحله برش، یعنی مرحله پنجم از ناحیه تولیدات انبارشی قرار گرفته است. نقطه به‌دست‌آمده نشان می‌دهد شرکت تولیدکننده در سال ۹۹ با توجه به هزینه‌های جاری و سطح سفارش‌های تولیدی، کمترین هزینه را در تولید محصولات انبوه دارد. به عبارت دیگر محصولات با فرم و شکل

استاندارد بازار تولید می‌شوند و سطح تقاضای مشخصی دارند. همچنین برنامه تولید و وضعیت بازار کنونی شرکت نشان می‌دهد باید تولید ادامه یابد و در انبار ذخیره شود. بنابراین با توجه به شرایط پیش‌آمده، ذخیره‌سازی محصولات می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های جاری شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد می‌شود برای تعیین موقعیت (CODP) از دیگر شیوه‌های تولید یعنی (ETO) و (ATO) در زنجیره تأمین خدمات بهره گرفته شود و نتایج آن با این پژوهش مقایسه شود؛ زیرا در مطالعات داخلی درباره زنجیره تأمین خدمات برای تعیین موقعیت (CODP)، مطالعات محدودی انجام شده است. همچنین پیشنهاد می‌شود که موقعیت (CODP) در زنجیره تأمین لارج، پایدار و یا استوار بررسی شود. این تحقیق در صنایع پلیمر انجام گرفته است، پیشنهاد می‌شود تحقیقات مشابهی در صنایع دیگر صورت گیرد و نتایج با همدیگر مقایسه شود. یکی از ابعاد اساسی که در انتخاب موضوع این مطالعه، ارزیابی آن و ضرورت انجام آن درخور توجه محققان قرار گرفته است، جنبه جدید بودن آن است. این پژوهش الگوهای اضافی و غیر اثربخش موجود در پژوهش‌ها را حذف و شاخص‌های ضروری برای تعیین نقطه تفکیک سفارش‌سازی مشتری را احصا کرده است. آنچه به‌عنوان نوآوری در این مطالعه نام برده می‌شود، توجه به جنبه رویکرد گونه‌شناسی زنجیره تأمین پلیمر و شناسایی مراحل شش‌گانه آن در جهت تعیین نقطه تفکیک سفارش مشتری، به‌منظور مدیریت هزینه و زمان است. از جمله محدودیت‌های این پژوهش، مشکلات دسترسی به مدیران ارشد و کارشناسان برای گردآوری داده‌های موردنیاز است که شرایط پاندومی کووید-۱۹ آن را ایجاد کرده است. همچنین محدودیت دیگر این است که با توجه به شرایط و ویژگی‌های نمونه مطالعه‌شده (صنعت پلیمر)، نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش را نمی‌توان به دیگر صنایع تعمیم داد.

References

- Arkin, H. (2013). *Alignment of the Nedap UV order fulfilment process*. University of Twente.
- Banomyong, R., & Supatn, N. (2011). Developing a supply chain performance tool for SMEs in Thailand. *Supply chain management: an international journal* (Vol. 16, No. 1, pp. 20-31).
- Cannas, V. G., Pero, M., Rossi, T., & Gosling, J. (2018). Integrate customer order decoupling point and mass customisation concepts: a literature review. *Customization* 4.0, 495-517.
- Daaboul, J., Da Cunha, C., Le Duigou, J., Novak, B., & Bernard, A. (2015). Differentiation and customer decoupling points: An integrated design approach for mass customization. *Concurrent Engineering*, 23(4), 284-295.
- Daaboul, J., Laroche, F., & Bernard, A. (2010). Determining the CODP position by value network modeling and simulation. *IEEE International Technology Management Conference (ICE)* (pp. 1-10). IEEE.
- Fisher, M., Hammond, J., Obermeyer, W., & Raman, A. (1997). Configuring a supply chain to reduce the cost of demand uncertainty. *Production and operations management*, 6(3), 211-225.
- Giesberts, P. M., & Tang, L. V. D. (1992). Dynamics of the customer order decoupling point: impact on information systems for production control. *Production Planning & Control*, 3(3), 300-313.
- Guo, L., Chen, S., Allen, J. K., & Mistree, F. (2020). A Framework for Designing the Customer-Order Decoupling Point to Facilitate Mass Customization. *Journal of Mechanical Design*, 143(2).
- Iakymenko, N., Brett, P. O., Alfnes, E., & Strandhagen, J. O. (2020). Analyzing the factors affecting engineering change implementation performance in the engineer-to-order production environment: case studies from a Norwegian shipbuilding group. *Production Planning & Control*, 1-17.
- Jamali, G., & Karimi Asl, E. (2018). Evaluation of LARG Supply Chain Competitive Strategies based on Gap Analysis in Cement Industries. *Journal of Production and Operations Management*, 9(1), 29-54. (in Persian).

- Ji, J.-h., Qi, L.-l., & Gu, Q.-l. (2007). Study on CODP position of process industry implemented mass customization. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 27(12), 151-157.
- Lee, H. L., & Amaral, J. (2002). Continuous and sustainable improvement through supply chain performance management. *Standford Global Supply Chain Management Forum* (pp. 1-14).
- Lin, J., Naim, M. M., & Spiegler, V. L. (2020). Delivery time dynamics in an assemble-to-order inventory and order based production control system. *International Journal of Production Economics*, 223, 107531.
- Liu, D., Wang, W., & Fu, W. (2009). CODP position of leagile supply chain based on polychromatic sets theory. *IEEE International Conference on Automation and Logistics* (pp. 432-437).
- Liu, W., Mo, Y., Yang, Y., & Ye, Z. (2015). Decision model of customer order decoupling point on multiple customer demands in logistics service supply chain. *Production Planning & Control*, 26(3), 178-202.
- Liu, W., Wu, R., Liang, Z., & Zhu, D. (2018). Decision model for the customer order decoupling point considering order insertion scheduling with capacity and time constraints in logistics service supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, 54, 112-135.
- Mason-Jones, R., Naylor, B., & Towill, D. R. (2000). Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4061-4070.
- Mishra, D., Sharma, R., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., & Dubey, R. (2019). Role of decoupling point in examining manufacturing flexibility: an empirical study for different business strategies. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(9-10), 1126-1150.
- Modarres Yazdi, M., Yadalahi, J., Jafarnejad, A., and Jamali, G. (2006). Supply chain design based on product type and life cycle. *Journal of Management Knowledge*, 149-176. (in Persian).
- Ojha, R., Ghadge, A., Tiwari, M. K., & Bititci, U. S. (2018). Bayesian network modelling for supply chain risk propagation. *International Journal of Production Research*, 56(17), 5795-5819.
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), 319-329.
- Pero, & Cannas, V. G. (2020). Cross-functional coordination before and after the CODP: an empirical study in the machinery industry. *Advances in Production Management Systems: Towards Smart and Digital Manufacturing: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2020, Novi Sad, Serbia, August 30-September 3, 2020: Proceedings, Part 2.*, 590-597.
- Qin, Y., & Geng, Y. (2013). Production cost optimization model based on CODP in Mass Customization. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 10(1), 610.
- Shidpour, H., Da Cunha, C., & Bernard, A. (2014). Analyzing single and multiple customer order decoupling point positioning based on customer value: a multi-objective approach. *Procedia Cirp*, 17, 669-674.
- Van Donk, D. P. (2001). Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries. *International Journal of Production Economics*, 69(3), 297-306.
- Weber, M. (1949). " Objectivity" in social science and social policy. *The methodology of the social sciences*, 49-112.
- Weng, J., Mizoguchi, S., Akasaka, S., & Onari, H. (2020). Smart manufacturing operating systems considering parts utilization for engineer-to-order production with make-to-stock parts. *International Journal of Production Economics*, 220, 107459.
- Wikner, J., & Rudberg, M. (2005). Integrating production and engineering perspectives on the customer order decoupling point. *International Journal of Operations & Production Management* (Vol. 25, No. 7, pp. 623-641).
- Wu, M., Ma F., Yang, H. & Sun, B. (2008). Study on the customer order decoupling point position base on profit. *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, 44-47, Beijing, China.
- Xu, X.G., & Liang, Z. (2011). CODP positioning based on extension superiority evaluation model. *Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*, 8, 4041-4047.

- ¹ Supply Chain Typology
- ² Fisher et al
- ³ Customer Order Decoupling Point (CODP)
- ⁴ Cannas et al
- ⁵ Wikner and Rudberg
- ⁶ Weber
- ⁷ Banomyong and Supatn
- ⁸ Pushing Approach
- ⁹ Pulling Approach
- ¹⁰ Ojha et al
- ¹¹ Lean Production
- ¹² Mishra et al
- ¹³ Lin et al
- ¹⁴ Iakymenko et al
- ¹⁵ Van Donk
- ¹⁶ Lee and Amaral
- ¹⁷ Qin and Geng
- ¹⁸ Olhager
- ¹⁹ Copolymer
- ²⁰ ThermoSet
- ²¹ Pero and Cannas
- ²² Guo et al
- ²³ Liu et al
- ²⁴ Daaboul et al
- ²⁵ Shidpour et al
- ²⁶ Arkink
- ²⁷ Xu and Liang
- ²⁸ Daaboul et al
- ²⁹ Liu et al
- ³⁰ Wu et al
- ³¹ Ji et al
- ³² Mason et al
- ³³ Giesberts and Tang
- ³⁴ Np-Hard
- ³⁵ Lead Time
- ³⁶ Master Production Schedule (MPS)
- ³⁷ Make-To-Stock (MTS)
- ³⁸ Assemble-To-Order (ATO)
- ³⁹ Make-To-Order (MTO)
- ⁴⁰ Engineer-To-Order (ETO)

