



Developing a Newsvendor Model based on the Relative Competence of Suppliers and Probable Group Decision-making

Azam Modares 

Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: azam.modares@mail.um.ac.ir

Nasser Motahari Farimani* 

*Corresponding Author, Associate Prof., Department of Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: n.motahari@um.ac.ir

Vahideh Bafandegan Emroozi 

Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: vahide.bafandeganemroozi@mail.um.ac.ir

Abstract

Objective: The problem of selecting the suppliers along with their Economic Order Quantity (EOQ) has always been an important issue in the Newsvendor model. Multiple qualitative and quantitative criteria are needed to be regarded for making a better supplier selection while performing trade-offs among them. An approach that can take all criteria into account in the selection of suppliers has not been developed yet in the Newsvendor model. Multiple criteria decision-making (MCDM) can be leveraged to make trade-offs among multiple criteria.

Methods: This study sought to develop a solution to the Newsvendor problem, accounting for the most significant criteria in supplier selection and product reliability so that the total cost of the chain would be minimized in a multi-product and multi-period model with multiple suppliers. This approach adopted the Bayesian Best Worst Method (BWM), which is one of the MCDM methods, to rank the criteria and also implemented the Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) to prioritize the suppliers. Then, the suppliers' weights were used as the proposed model inputs. The results obtained from Bayesian BWM validated the effectiveness of the presented approach. The objective function was set in a way that a retailer's profit and weight value of products considering the ranking of suppliers were maximized. The goal was to find optimal order quantity allocating to suppliers. To convert the multi-objective model to a single-objective, the Lp-metric method was used.

Results: To evaluate the derived model, a case study with real data in the electronic supply chain was investigated. The developed model for the Newsvendor problem could find the best suppliers by considering a combination of qualitative and quantitative criteria in selecting them. In this research, the real-world case study was considered in the electronics industry, which allowed the researchers to make a better evaluation of the model.

Conclusion: The obtained results indicated that the retailer uses a combination of suppliers in each period for optimal order allocation to profit-maximizing considering product's reliability and the weight value of products.

Keywords: Bayesian BWM, Newsvendor problem, Order quantity, Suppliers' selection, TOPSIS.

Citation: Modares, Azam; Motahari Farimani, Nasser & Bafandegan Emroozi, Vahideh (2022). Developing a Newsvendor Model based on the Relative Competence of Suppliers and Probable Group Decision-making. *Industrial Management Journal*, 14(1), 115-142. <https://doi.org/10.22059/IMJ.2022.331988.1007872> (in Persian)

Industrial Management Journal, 2021, Vol. 14, No 1, pp. 115-142

Published by University of Tehran, Faculty of Management

doi: <https://doi.org/10.22059/IMJ.2022.331988.1007872>

Article Type: Research Paper

© Authors

Received: October 08, 2021

Received in revised form: March 06, 2022

Accepted: March 16, 2022

Published online: June 21, 2022



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی



توسعه مدل روزنامه‌فروش با توجه به شایستگی نسبی تأمین‌کنندگان بر اساس تصمیم‌گیری گروهی احتمالی

اعظم مدرس

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: azam.modares@mail.um.ac.ir

ناصر مطهری فریمانی*

* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: n.motahari@um.ac.ir

وحیده بافندگان امروزی

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: vahide.bafandeganemroozi@mail.um.ac.ir

چکیده

هدف: برگزیدن تأمین‌کننده در مدل روزنامه‌فروش برای خرده‌فروش، یکی از مسائل بسیار مهم است. در نظر گرفتن معیارهای مهم در برگزیدن تأمین‌کنندگان در دنیای رقابتی امروز، به‌منظور اطمینان از عرضه محصول باکیفیت، تحویل به‌موقع آن و رضایت مشتری ضروری به نظر می‌رسد. در برگزیدن تأمین‌کننده تبادل بین معیارهای کمی و کیفی ضروری است. رویکردی که بتوان بسیاری از این معیارها را هم‌زمان در برگزیدن تأمین‌کننده‌ها در نظر گرفت، تاکنون در مدل روزنامه‌فروش بررسی نشده است.

روش: در این پژوهش مدل روزنامه‌فروش با بررسی معیارهای قابل توجه برای برگزیدن تأمین‌کنندگان در مدلی چندمحصولی و چند دوره‌ای با چندین تأمین‌کننده توسعه داده شده است. بدین منظور، ترکیبی از رویکردهای سلسله‌مراتبی بیزین، بهترین - بدترین و تاپسیس فازی برای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان به کار گرفته شد. پس از آن، وزن‌های به‌دست‌آمده تحت ورودی‌های مدل دوهدفه در نظر گرفته شدند. اهداف در این مدل بهینه‌سازی، سود و بیشینه‌سازی ارزش وزنی محصولات سفارش داده‌شده با در نظر گرفتن اولویت‌های تأمین‌کنندگان است. به‌منظور تبدیل مدل چندهدفه به تک‌هدفه، رویکرد ال - پی متریک به کار گرفته شد.

یافته‌ها: به‌منظور ارزیابی و اعتبار مدل، یک مطالعه موردی با داده‌های واقعی در زنجیره تأمین وسایل الکترونیکی بررسی شد. مدل توسعه داده شده، توانست با در نظر گرفتن ترکیبی از معیارهای کیفی و کمی در برگزیدن تأمین‌کننده، بهترین تأمین‌کنندگان را پیدا کند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که بهتر است به‌منظور تعیین میزان بهینه سفارش از تأمین‌کنندگان، علاوه بر هزینه‌ها، معیارهای دیگری را در نظر گرفت که در برگزیدن تأمین‌کنندگان ضروری است.

کلیدواژه‌ها: برگزیدن تأمین‌کننده، مدل روزنامه‌فروش، بهترین - بدترین با رویکرد بیزین، تاپسیس، مقدار سفارش بهینه

استناد: مدرس، اعظم؛ مطهری فریمانی، ناصر و بافندگان امروزی، وحیده (۱۴۰۱). توسعه مدل روزنامه‌فروش با توجه به شایستگی نسبی تأمین‌کنندگان بر اساس تصمیم‌گیری گروهی احتمالی. مدیریت صنعتی، ۱۴(۱)، ۱۱۵-۱۴۲.

مقدمه

مسئله روزنامه‌فروشی یکی از معروف‌ترین مسائل در کنترل موجودی است که برای تعیین میزان موجودی بهینه با تقاضای تصادفی به کار می‌رود (کیم، وو و هووانگ^۱، ۲۰۱۵؛ گرچاک^۲، ۱۹۹۶؛ وایلوچ^۳، ۲۰۱۷). در مسائل کلاسیک روزنامه‌فروشی، تنها یک خریدار و یک تأمین‌کننده با ظرفیت نامحدود وجود دارد. خریدار به گونه‌ای مقدار بهینه سفارش خود را از تأمین‌کننده مشخص می‌کند که هزینه‌های او به کمینه برسد (منصور، بریمبرگ و ایرفایی^۴، ۲۰۱۸؛ کیون، وانگ، واخاریا، چن و سره^۵، ۲۰۱۱). با توجه به اثرگذاری تأمین‌کننده بر روی کیفیت، هزینه و تحویل به موقع محصولات، برگزیدن تأمین‌کنندگان مناسب، بخش بسیار مهمی از مدیریت خرید در یک زنجیره تأمین است (شمسی و شهرخی، ۱۳۹۹). در مدل‌های کلاسیک روزنامه‌فروشی، برای برگزیدن تأمین‌کنندگان فقط معیارهای اقتصادی در نظر گرفته شده است (مرزیفدلوگولوا^۶، ۲۰۱۵؛ تورکن، تان، واخاریان، وانگ، ینیپازاری^۷، ۲۰۱۲؛ چرنگ و گلدبرگ^۸، ۲۰۱۸). در صورتی که مسئله برگزیدن تأمین‌کننده نباید فقط متکی بر معیارهای هزینه یا سود باشد و باید سایر معیارها مانند کیفیت، قیمت، ظرفیت و مکان جغرافیایی تأمین‌کنندگان در این فرایند دخالت داده شوند (هووانگ، کسکار و کسکار^۹، ۲۰۰۷). سفارش از چندین تأمین‌کننده در نهایت منجر به به کیفیت بالاتر محصولات، قیمت پایین‌تر و تضمین در تحویل به موقع محصول با توجه به تشدید شدن رقابت بین تأمین‌کنندگان گوناگون می‌شود (چن، لین و هووانگ^{۱۰}، ۲۰۰۶؛ گوپتا و باروا^{۱۱}، ۲۰۱۷؛ بنزین، کوهن و شاویت^{۱۲}، ۲۰۱۰). فرایند انتخاب تأمین‌کننده، یک مسئله با چندین شاخص است که عوامل کمی و کیفی را در برمی‌گیرد (مایتر^{۱۳}، ۲۰۰۲؛ کومار، کومار و بارمن^{۱۴}، ۲۰۱۸). در برگزیدن تأمین‌کنندگان چون شاخص‌ها و معیارهای متضادی دخالت دارند، مدیر بخش خرید همواره باید به مقایسه و ارزیابی شاخص‌های گوناگون برای برگزیدن مجموعه‌ای برگزیدن تأمین‌کنندگان مناسب، از تأمین‌کنندگان پردازد (رضوی حاجیان، الایی و آموزاد مهدیراجی^{۱۵}؛ حاجیان حیدری و آقایی^{۱۶}، ۲۰۱۵؛ نگ^{۱۷}، ۲۰۰۸؛ ترابی، باقرسعد و منصوری^{۱۸}، ۲۰۱۵).

برای برگزیدن بهترین تأمین‌کننده باید بین معیارهای کیفی و کمی در تضاد با هم، توازن صورت گیرد (هوو، ژو و

1. Kim, Wu & Huang
2. Gerchak
3. Wieloch
4. Mansur, Brimberg & El-Refae
5. Qin, Wang, Vakharia, Sere
6. Merzifonluoglu
7. Turken, Tan, Vakharia, Wang, Wang & Yenipazarli
8. Cheronog & Goldberg
9. Huang, Keskar & Keskar
10. Chen, Lin & Huang
11. Gupta & Barua
12. Benzion, Cohen & Shavit
13. Minner
14. Kumar, Kumar & Barman
15. Razavi Hajiagha, Alaei & Amoozad Mahdiraji
16. Hajian-Heidary & Aghaie
17. Ng
18. Torabi, Baghersad & Mansouri

دی^۱، ۲۰۱۰؛ بوران و همکاران^۲، ۲۰۰۹؛ گورن^۳، ۲۰۱۸). اگر تأمین‌کننده نتواند سفارش‌ها را به‌موقع و با کیفیت و قابلیت اطمینان لازم ارائه کند، مسائل و مشکلاتی در برآورده شدن تقاضای مشتریان فروشنده به وجود می‌آید و در نهایت نارضایتی مشتریان را به دنبال دارد (چن، یائو و ژنگ^۴، ۲۰۰۱؛ ها و کریشنان^۵، ۲۰۰۸؛ ناراسیمهان، تالوری و ماهاپاترا^۶، ۲۰۰۶). تأمین‌کننده‌ای که نتواند محصول تضمین شده و کافی را در موعد مقرر به دست فروشنده برساند، منجر به از دست رفتن مشتری می‌شود (تورکن، تان، واخاریا، وانگ، وانگ و ینیپازردلی^۷، ۲۰۱۲؛ لی، یاماگوچی و ناگای^۸، ۲۰۰۷). بنابراین برگزیدن تأمین‌کننده از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در طول فرایند برگزیدن تأمین‌کننده بخصوص در محیط‌های رقابتی، خرید از تأمین‌کننده‌ای که بتواند بیشترین سهم از معیارهایی مانند کیفیت مواد، تحویل به‌موقع و... را برآورده سازد بسیار ضروری است. هدف از انجام این مطالعه برگزیدن بهترین تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها از طریق رویکردهای تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان محصولات و معیارهای مهم از نظر خریداران در مسئله روزنامه‌فروش است. مسئله برگزیدن تأمین‌کننده یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره است (رضایی نور، غضنفری نصرآبادی و درودی، ۱۳۹۵). هدف تصمیم‌گیری‌های چند معیاره کمک به تصمیم‌گیرندگان در اتخاذ تصمیمات درست، هنگامی که گزینه‌های گوناگونی پیش‌روی آن‌ها قرار دارد، است (حسین زاده، مهرگان، آقایی میدی و عباسیان، ۱۳۹۷؛ روحی، ابراهیمی و کتابیان، ۱۳۹۴). به‌طور کلی این پژوهش در دو مرحله انجام شده است. در مرحله یکم با به‌کارگیری رویکرد بهترین - بدترین بیزین که یکی از رویکردهای مؤثر احتمالاتی در تصمیم‌گیری‌های گروهی است، وزن معیارها توسط گروهی از خبرگان با به‌کارگیری مدل سلسله‌مراتبی بیزین یک باره و هم‌زمان به دست آمد. در این روش معیارها و خروجی‌ها به عنوان توزیع‌های احتمالاتی در نظر گرفته شدند و برای حل آن شبیه‌سازی مونت‌کارلو زنجیره مارکوف به‌کار گرفته شده است. سپس با به‌کارگیری تاپسیس فازی تأمین‌کنندگان اولویت‌بندی شدند. در مرحله دوم مدلی با دو هدف کمینه‌سازی هزینه و بیشینه‌سازی محصولات سفارش داده شده به تأمین‌کنندگان با اولویت بیشتر، طراحی شد.

مدل روزنامه‌فروش برای محصولاتی که چرخه عمر کوتاهی دارند، مانند پوشاک، کامپیوترهای شخصی، لوازم الکتریکی و الکترونیکی محدود بررسی شده است. مسائل کلاسیک روزنامه‌فروش، محصولاتی را که در یک دوره فروخته نمی‌شوند و امکان نگهداری آن‌ها وجود دارد را مورد بررسی قرار نداده است. در این پژوهش فروشنده وسایل الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته است که محصولاتی که در پایان دوره باقی مانده‌اند را می‌تواند در انبار نگهداری کند. مسئله برگزیدن تأمین‌کننده در مدل روزنامه‌فروش، علی‌رغم اینکه از اهمیت بالایی برخوردار است تاکنون بسیار محدود مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برگزیدن تأمین‌کننده بر اساس معیارهای گوناگون در تصمیمات گروهی با رویکرد

1. Ho, Xu & Dey
2. Boran, GencKurt & Akay
3. Goren
4. Chen, Yao & Zheng
5. Ha & Krishnan
6. Narasimhan, Talluri & Mahapatra
7. Turken, Tan, Vakharia, Wang, Wang, & Yenipazarli
8. Li, Yamaguchi & Nagai

احتمالاتی انجام نشده است. همچنین مدل برای چند محصول، چند دوره و چند تأمین‌کننده هم برای اولین بار در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین می‌توان گفت با توجه به اینکه تمامی معیارها و عوامل مؤثر بر تخصیص سفارش بهینه از تأمین‌کنندگان در این پژوهش به گونه هم‌زمان در نظر گرفته شده است، می‌تواند کمک شایانی به مدیران در برگزیدن ترکیبی از مناسبترین تأمین‌کنندگان داشته باشد.

پیشینه نظری پژوهش

مدل روزنامه‌فروشی

مدل روزنامه‌فروشی یک مدل ریاضی است که در مدیریت عملیات و اقتصاد کاربردی برای تعیین سطح موجودی بهینه به کار گرفته می‌شود. اولین بار آرو، هریس و مرساک^۱ (۱۹۵۱) مسئله روزنامه‌فروشی را فرموله کردند و از آن در اقتصاد بهره بردند. این مدل کاربرد گسترده‌ای از گذشته دور در زمینه مدیریت و کنترل موجودی دارد (پورتئوس^۲، ۲۰۰۲؛ سیلور و پیترسون^۳، ۱۹۹۸؛ دادا، اسچوارز و پتروزی^۴، ۲۰۰۳). در این مسائل یک محصول فاسدشدنی در طول دوره فروخته می‌شود و باید میزان بهینه سفارش براساس تقاضای تصادفی و ناشناخته مشخص شود (کیم، وو و هووانگ^۵، ۲۰۱۵). تابع سود استاندارد بر اساس مفروضات مدل روزنامه‌فروشی طبق رابطه ۱ است:

$$profit = E(P(\min(q, D))) - cq \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱، D متغیر تصادفی با توزیع احتمالی و نشان‌دهنده تقاضا؛ p قیمت فروش هر واحد کالا؛ C قیمت خرید هر واحد کالا و مقدار سفارش؛ $E(P(\min(q, D)))$ در آمد مورد انتظار از فروش محصولات و cq هزینه خرید محصولات است.

روش بهترین - بدترین با رویکرد بیزین

روش بهترین - بدترین برای اولین بار توسط رضایی معرفی شد (رضائی^۶، ۲۰۱۶). این روش برای تعیین وزن معیارها بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده است. در روش بهترین - بدترین وزن بهینه مجموعه‌ای از معیارها بر اساس ترجیحات فقط یک تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید (شاوردی، یعقوبی و سلطانی، ۱۳۹۸). در تصمیم‌گیری‌های گروهی ابتدا برای هر تصمیم‌گیرنده یک بردار وزن به دست می‌آید و سپس از میانگین هندسی یا حسابی برای ترکیب بردار وزن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به اینکه میانگین به داده‌های پرت حساس است، حتی اگر یک تصمیم‌گیرنده ترجیحات گوناگون از کل گروه داشته باشد، نظر او بر ترجیحات کل گروه تأثیر خواهد گذاشت. بنابراین به منظور برطرف‌سازی این مشکل، رویکرد بهترین - بدترین بیزین که اولین بار توسط محمدی و رضایی معرفی شد (محمدی و رضائی^۷، ۲۰۲۰) به کار

1. Arrow, Harris & Marschak
2. Porteus
3. Silver, Pyke & Peterson
4. Dada, Schwarz & Petruzzi
5. Kim, Wu & Huang
6. Rezaei
7. Mohammadi & Rezaei

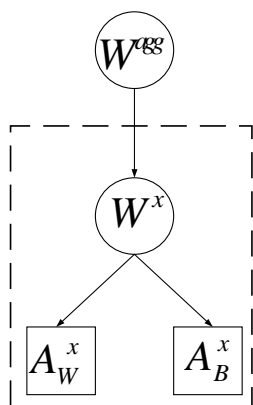
گرفته شده است. در این رویکرد ورودی‌ها که بردار مقایسات زوجی هستند مشابه با ورودی‌های روش بهترین - بدترین هستند. اما خروجی‌ها وزن نهایی تجمیعی کل تصمیم‌گیرندگان است که از روشی کاملاً متفاوت از بهترین - بدترین با رویکرد بیزین به دست می‌آید. چون این روش یک روش تصادفی است ورودی‌ها و خروجی‌های آن با به‌کارگیری توزیع‌های احتمالی مدل می‌شوند. در روش بهترین - بدترین بیزین، مکتب بیزین برای تخمین وزن‌ها به‌کار گرفته می‌شود. در این روش، معیارها پیشامدهای تصادفی در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین وزن آن‌ها احتمال وقوع آن‌ها را نشان می‌دهد. چون بردارهای مقایسات زوجی در ارتباط با هر تصمیم‌گیرنده اعداد صحیح هستند، از توزیع چند جمله‌ای برای مدل کردن آن‌ها استفاده می‌شود. برای مدل کردن بردار وزن هم در این رویکرد، از توزیع دریچلت استفاده می‌شود. گام‌های زیر برای تعیین وزن معیارها با به‌کارگیری روش بهترین - بدترین با رویکرد بیزین انجام می‌شود:

۱. تصمیم‌گیرنده مجموعه‌ای از معیارها را مشخص می‌کند.
۲. تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین معیار را از بین مجموعه معیارها تعیین می‌کند.
۳. تصمیم‌گیرنده مقایسات زوجی بین بهترین معیار با بقیه معیارها و بقیه معیارها با بدترین معیارها را انجام می‌دهد.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}) \quad \text{رابطه ۲}$$

$$A_W = (a_{W1}, a_{W2}, \dots, a_{Wn})^T \quad \text{رابطه ۳}$$

که a_{Bj} در رابطه ۲ مقایسه زوجی بهترین معیار (B) را با بقیه معیارها و a_{Wn} مقایسه زوجی بقیه معیارها با بدترین معیار (W) است. بردار A_B تنها ترجیحات یک تصمیم‌گیرنده را نشان می‌دهد. اگر فرض کنیم x تا تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد، بردار ترجیحات کل تصمیم‌گیرندگان با A_B^x و A_W^x نشان داده می‌شوند. بنابراین در این رویکرد، مجموعه‌ای از بردارهای کل تصمیم‌گیرندگان را با $A_B^{1:x}$ و $A_W^{1:x}$ نشان می‌دهیم. در این روش، نخست $W^{1:x}$ که بردار وزن تصمیم‌گیرندگان است محاسبه و سپس از میانگین آن‌ها W^{agg} که بردار وزن تجمیعی نهایی است، به دست می‌آید. برای به‌دست آوردن W^{agg} و $W^{1:x}$ به‌گونه هم‌زمان از مدل سلسله‌مراتبی بیزین که در شکل ۱ نشان داده شده است، استفاده می‌شود.



شکل ۱. مدل گرافیکی احتمالاتی روش بهترین - بدترین با رویکرد بیزین

در شکل ۱ گره‌ها متغیرهایی هستند که باید تخمین زده شوند و مربعات نشان‌دهنده متغیرهای ورودی (ورودی‌های روش بهترین - بدترین اصلی) هستند. برای تخمین و به دست آوردن W^{agg} و $W^{1:X}$ ، با توجه به بردارهای ورودی و معین $A_W^{1:X}$ و $A_B^{1:X}$ ، باید توزیع تجمعی زیر به دست آورده شود:

$$P(W^{agg}, W^{1:X} | A_W^{1:X}, A_B^{1:X}) \propto P(W^{agg}) \prod_{x=1}^X P(A_W^X | W^X) \times P(A_B^X | W^X) P(W^k | W^{agg}) \quad \text{رابطه ۴}$$

برای تخمین وزن‌ها باید توزیع‌های احتمالاتی هر کدام از متغیرها در رابطه ۴ به دست آورده شوند. A_w و A_b با به‌کارگیری توزیع دو جمله‌ای مدل می‌شوند که روابط ۵ و ۶ به ترتیب تابع جرم احتمال توزیع چند جمله‌ای برای بردارهای A_w و A_b هستند. در این روابط w توزیع احتمال معین است.

$$P(A_w | w) = \frac{(\sum_{j=1}^n a_{jw})!}{\prod_{j=1}^n a_{jw}!} \prod_{j=1}^n w_j^{a_{jw}} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$P(A_b | w) = \frac{(\sum_{j=1}^n a_{bj})!}{\prod_{j=1}^n a_{bj}!} \prod_{j=1}^n w_j^{a_{bj}} \quad \text{رابطه ۶}$$

$$w^x | w^{agg} \square \text{Diri}(\gamma \times w^{agg}) \quad X = 1, 2, \dots, X \quad \text{رابطه ۷}$$

در رابطه ۷، توزیع شرطی وزن هر معیار به وزن تجمعی، متناسب با توزیع دریچلت^۱ است. γ پارامتر تمرکز توزیع است که باید با به‌کارگیری توزیع گاما مدل شود. a و b پارامترهای شکل توزیع گاما در رابطه ۸ نشان داده شده‌اند.

$$\gamma \square \text{gamma}(a, b) \quad \text{رابطه ۸}$$

با توجه به پیچیده‌بودن محاسبات برای به دست آمدن توزیع پسین که از حاصلضرب احتمال توزیع‌های چند جمله‌ای در توزیع پیشین توزیع دریچلت به دست می‌آید، از روش شبیه‌سازی زنجیره مارکف مونت کارلو^۲ برای به دست آمدن وزن نهایی استفاده می‌شود. با داشتن توزیع پسین وزن‌ها، احتمالات ترجیحات معیارها نسبت به هم از رتبه‌بندی کردیدال به دست می‌آید. برای یک جفت از معیارها C_i و C_j رتبه‌بندی کردیدال از رابطه ۹ به دست می‌آید.

$$O = (c_i, c_j, R, d) \quad \text{رابطه ۹}$$

R در معادله ۹، رابطه بین معیارهای C_i و C_j و d اطمینان رابطه بین معیارها را نشان می‌دهد. در این روش، برای تمامی جفت معیارها این رابطه محاسبه می‌گردد. احتمال اینکه C_i از C_j به چه میزان در رتبه‌بندی اولویت دارد، از رابطه ۱۰ به دست می‌آید.

1. Drichlet

2. Markov-chain Monte Carlo

$$p(C_i > C_j) = \int I_{(w_i^{agg} > w_j^{agg})} P(w^{agg}) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

که در رابطه ۱۰، $P(w^{agg})$ توزیع پسین w^{agg} و I متغیر صفر و یک است. اگر شرطی که در زیرنویس رابطه ۱۰ بیان شده است، برآورده شود I یک وگرنه صفر است. این انتگرال با به دست آمدن نمونه‌هایی که از روش زنجیره مارکوف مونت کارلو به دست می‌آید، تقریب زده می‌شود.

پیشینه تجربی

پژوهش‌های موجود در زمینه مسئله روزنامه‌فروش حاکی از آن است که برگزیدن تأمین‌کنندگان به صورت بسیار محدود در این زمینه انجام شده است و بیشتر پژوهشگران در سفارش از تأمین‌کنندگان فقط به کاهش هزینه توجه داشته‌اند. در این قسمت به بررسی برخی از مهم‌ترین مطالعات صورت گرفته در زمینه برگزیدن تأمین‌کننده در مسئله روزنامه‌فروش اشاره می‌شود. چن، یائو و ژنگ^۱ (۲۰۰۱) مدل روزنامه‌فروشی را مورد بررسی قرار دادند که خرده‌فروش باید از بین تأمین‌کنندگان اعتمادنکردنی، بهترین آن‌ها را برگزیند. در این پژوهش تأمین‌کنندگان با توجه به نرخ‌های خرابی متفاوتی که دارند از قابلیت اطمینان‌های متفاوت برخوردارند. هدف این پژوهش کاهش هزینه‌های مربوط به بازرسی محصولات، تعمیر محصولات و جریمه، زمانی که خرده‌فروش با مزاد مواجه می‌گردد است. تقاضا تصادفی و از توزیع نرمال پیروی می‌کند. مدل طراحی شده تک‌دوره‌ای و چندمحصولی است. نتایج حاکی از آن است که به جای خرید از چندین تأمین‌کننده، بهتر است تنها از یک تأمین‌کننده با قابلیت اطمینان بالا و کیفیت بهتر خرید صورت گیرد. بورکه، کاریلو و وخاریا^۲ (۲۰۰۷) اثر قیمت‌گذاری و محدودیت‌های ظرفیت متفاوت تأمین‌کنندگان را در برگزیدن تأمین‌کنندگان مورد مطالعه قرار دادند. مدل معرفی شده تک محصولی و تک‌دوره‌ای با چندین خریدار و چندین تأمین‌کننده است. تأمین‌کنندگان سیاست‌های قیمت‌گذاری و تخفیفاتی متفاوتی را در گرفتن سفارش محصولات از خرده‌فروشان دارند. نتایج در این پژوهش نشان می‌دهد که بهتر است در خرید و سفارش محصولات، از چندین تأمین‌کننده با سیاست‌های مختلف قیمت‌گذاری و تخفیفاتی و همچنین ظرفیت‌های متفاوت به‌منظور کاهش هزینه در سفارش‌دهی استفاده کرد. بابیچ، آیدین، برون، کپو و سایگال^۳ (۲۰۱۲) در برگزیدن تأمین‌کنندگان هزینه‌ها را در نظر گرفته‌اند. در مدل معرفی شده توسط آنها تقاضا و عرضه تصادفی هستند. هدف کاهش هزینه کل موجودی است. برای حل مدل توسعه داده شده الگوریتمی ابتکاری معرفی شد. نتایج نشان می‌دهد که اگر هزینه ثابت قرارداد با تأمین‌کنندگان بالا باشد، خرید قطعات از چندین تأمین‌کننده به صرفه نیست و بهتر است فقط به یک تأمین‌کننده سفارش داده شود. محمدی وجدان و جئونس^۴ (۲۰۱۸) مدلی را در مسئله روزنامه‌فروش بررسی کردند که فروشنده ممکن است موجودی کالا را از چندین تأمین‌کننده سفارش دهد، که هر کدام ساختار قیمت‌گذاری با تخفیف مختلف ارائه می‌دهند و از ظرفیت محدود تولید برخوردارند. فروشنده به دنبال این است که هزینه کل خرید، هزینه موجودی‌های مزاد و کمبود را به کمینه برساند. از آنجا که مدل

1. Chen, Yao & Zheng

2. Burke, Carrillo & Vakharia

3. Babich, Aydin, Brunet, Keppo & Saigal

4. Mohammadivojdan & Geunes

معرفی شده نه محذب و نه مقعر است، برای حل مدل الگوریتم ابتکاری توسعه داده شد. نتایج برتری الگوریتم معرفی شده را در مقایسه با حل‌کننده سیپلکس نشان می‌دهد.

جرچاک^۱ (۱۹۹۶) مسئله روزنامه‌فروشی را با چندین تأمین‌کننده غیرقابل اعتماد بررسی کرده است. غیرقابل اعتماد بودن تأمین‌کننده، یعنی اینکه مقدار نهایی دریافتی از یک تأمین‌کننده بیشتر از مقدار سفارش داده شده به تأمین‌کننده نیست و معمولاً کمتر از آن است. در مدل معرفی شده توسط جرچاک، خرده‌فروش باید دو موضوع را تعیین کند: ۱. آیا باید به یک تأمین‌کننده خاص سفارش بدهد یا خیر؟ ۲. اگر سفارش به تأمین‌کننده اختصاص یابد، به چه میزان سفارش به تأمین‌کننده صورت گیرد؟ برای پاسخ به این سؤال‌ها، در این پژوهش مدلی طراحی شده است که در آن خرده‌فروش می‌تواند با توزیع سفارش‌های خود در بین ترکیبی از تأمین‌کنندگان موجود که از نظر هزینه و قابلیت اطمینان (تحویلی) متفاوت‌اند، به کمینه‌کردن ریسک و هزینه نهایی بپردازد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد قابلیت اطمینان متفاوت برای تأمین‌کنندگان، بر سفارش‌دهی مشتریان و سطح خدمات آنها تأثیر بسزایی دارد.

مرزیفنلوگو^۲ (۲۰۱۵) مسئله روزنامه‌فروشی را با دو نوع تأمین‌کننده بررسی کرد. شرکت ابتدا مقادیر سفارش اصلی را از تأمین‌کنندگان اولیه (غیرقابل اعتماد) و سپس ذخیره موجودی را نیز از تأمین‌کننده پشتیبان ثانویه (قابل اطمینان) تعیین می‌کند. پس از مشخص شدن وضعیت تأمین‌کنندگان اولیه و تقاضای مشتری، شرکت از تأمین‌کنندگان اصلی خرید کرده و از تأمین‌کننده پشتیبان، به‌منظور اطمینان از عدم کمبود موجودی خریداری می‌کند. وی با مثال عددی، حساسیت استراتژی‌های منبع‌یابی شرکت‌ها را به ریسک، هزینه کمبود، عدم قطعیت تقاضا و ذخیره ظرفیت نشان می‌دهد.

پاپاچریستوس و پاندلیس^۳ (۲۰۲۲) مسئله روزنامه‌فروشی را با دو گونه تأمین‌کننده اصلی و پشتیبان مورد مطالعه قرار داده است. در این پژوهش تأمین‌کنندگان ظرفیت تصادفی در تولید محصولات خود دارند. خرده‌فروش به دلیل اطمینان از عدم کمبود موجودی با یک تأمین‌کننده پشتیبان در مواردی که ظرفیت تأمین‌کننده اصلی جوابگو نیست، قرارداد می‌بندد. نتایج حاکی از آن است که به‌کارگیری تأمین‌کننده پشتیبان مفید است و مقادیر بهینه سفارش و ذخیره برای هر دو تأمین‌کننده باید مشخص گردند.

محمدی وجدان، رزیفنلگو و جیونس^۴ (۲۰۲۲) مسئله تخصیص محصول مورد نیاز به چندین تأمین‌کننده را در مسئله روزنامه‌فروشی، با تقاضای نامشخص و تصادفی در نظر گرفته‌اند. در این پژوهش پیچیدگی مسئله به دلیل عدم قطعیت در تحویل به‌موقع کالاها، وجود بازار لحظه‌ای برای محصولات با قیمت‌های نامشخص و ذخیره سفارش از تأمین‌کنندگان قابل اعتماد، افزایش قابل توجهی داشته است. برای حل مدل پیشنهادی روش‌های دقیق و برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای به کار برده شده است. نتایج نشان می‌دهد که برای یک تأمین‌کننده برگزیده، سطح خدمات مشروط فروشنده، با فرض تحویل به‌موقع تأمین‌کننده، برابر با یک مقدار نسبت بحرانی است که توسط پارامترهای هزینه و قابلیت اطمینان تأمین‌کننده تعیین می‌شود.

1. Gerchak

2. Merzifonluoglu

3. Papachristos & Pandelis

4. Mohammadivojdan, Merzifonluoglu & Geunes

پژوهش‌های بسیار کمی در طراحی مدل چندهدفه، در زمینه مسئله روزنامه‌فروش انجام شده است. رضوی حاجیان، الایی، آموزاد مهدیراجی^۱ (۲۰۲۱) برای اولین بار مسئله روزنامه‌فروش پایدار را با دو تابع هدف بررسی کردند. در این مدل تمامی عوامل پایداری شامل عوامل اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی در نظر گرفته شده است. مدل پیشنهادی شامل دو محدودیت بودجه و ظرفیت است. برای حل مدل سه رویکرد لاگرانژین، شبیه‌سازی تبرییدی و الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شده است. بر اساس نتایج، به کار بردن عوامل پایداری، باعث کاهش چشمگیر هزینه‌ها می‌شود.

یزدی و پسندیده^۲ (۲۰۲۲) مسئله روزنامه‌فروش را با دو تابع هدف بیشینه‌سازی سود و بیشینه‌سازی سطح خدمات خرده‌فروش مورد بررسی قرار دادند. محصول از چند گونه ماده‌خام تشکیل شده است. تقاضا تصادفی است و از توزیع مشخص پیروی می‌کند. فروش محصول در دوره‌ای کوتاه و در فصل‌های گرم سال است و پس از آن قیمت محصول به شدت کاهش می‌یابد. مدل پیشنهادی شامل دو محدودیت بودجه و ظرفیت ذخیره‌سازی است. به‌منظور حل مدل پیشنهادی رویکرد حل دقیق و ابتکاری توسعه داده شده است.

در مطالعات داخلی در مورد مسئله روزنامه‌فروش تاکنون هیچ مطالعه‌ای صورت نگرفته است، این در حالی است که در مطالعات خارجی پژوهش‌های زیادی در زمینه مسئله روزنامه‌فروش انجام شده است و این خلأ مطالعاتی ضرورت انجام این مطالعه را دو چندان می‌کند. با توجه به مطالب ذکر شده و مطالعات صورت گرفته در زمینه مسئله روزنامه‌فروش می‌توان مهم‌ترین انگیزه‌های پرداختن به این پژوهش را به صورت عوامل زیر برشمرد:

۱. با توجه به پیشینه پژوهش اشاره شده می‌توان ارزیابی و تحلیل کرد که پژوهش‌های اندکی، انتخاب تأمین‌کننده را در مدل روزنامه‌فروش در نظر گرفته‌اند. همچنین این مطالعات عمدتاً معیارهای کیفی مانند هزینه و ریسک را مدنظر قرار داده‌اند. بنابراین همان طور که به اهمیت در نظر گرفتن معیارهای کیفی در کنار معیارهای کمی اشاره شد، این مطالعه این خلأ را پر کرده است.

۲. با استفاده از مطالعات صورت گرفته پژوهشی که ترکیبی از رویکردهای بهترین - بدترین، بیزین سلسله‌مراتبی و تاپسیس فازی در انتخاب تأمین‌کننده را در نظر گرفته باشد یافت نشد، به نحوی که آن را جزء اولین مطالعات در این زمینه قرار می‌دهد.

۳. برای اولین بار مدل ارائه شده در مسئله روزنامه‌فروش به صورت هم‌زمان چندین تأمین‌کننده را با چندین محصول در چندین دوره مورد بررسی قرار داده است.

۴. با توجه به اینکه مسئله روزنامه‌فروش در زمینه زنجیره تأمین محصولات فاسدشدنی بررسی شده است و شرایط واقعی صنعت لوازم الکترونیکی به گونه‌ای است که می‌توان محصولات را در انبار نگهداری کرد، به هزینه نگهداری در مدل توسعه داده شده، توجه شده است؛ اما در پژوهش‌های پیشین کمتر مدنظر قرار گرفته است. همچنین در اکثر مطالعات انجام شده در این زمینه، فقط هزینه کمبود و مازاد در نظر گرفته شده است، در صورتی که در این مطالعه، علاوه بر دو هزینه ذکر شده، به هزینه خرید، سفارش و نگهداری توجه شده است.

1. Razavi Hajiagha, Alaei & Amoozad Mahdiraji

2. Yazdia & Pasandideh

۵. با توجه به مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان در این پژوهش متغیر صفر و یک جدیدی معرفی شد که تعریف این متغیر و انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان منجر به تعریف محدودیت‌های جدیدی در مدل روزنامه‌فروشی پیشنهادی، شده است.

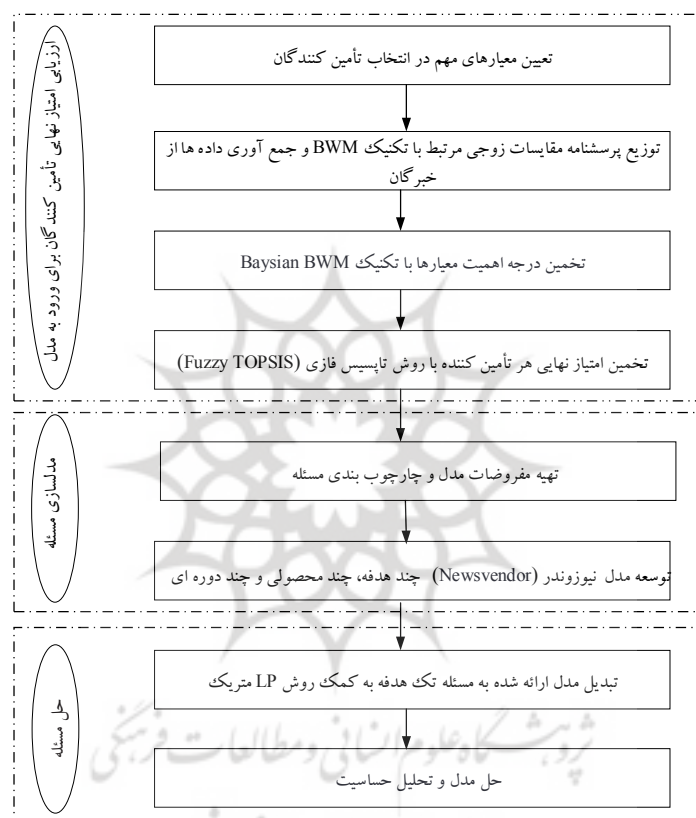
به‌منظور درک بهتر نوآوری‌های مدل پیشنهادی، مقایسه‌ای بین پژوهش حاضر و پژوهش‌های پیشین در جدول ۱ انجام شده است.

جدول ۱. مقایسه پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین

هزینه‌ها				انتخاب تأمین‌کننده		محدودیت‌ها	اهداف	مقاله
سفراترین	خرید	نگهداری	کمبود و مازاد	معیارهای کمی	معیارهای کیفی			
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	جرچاک (۱۹۹۶)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	چن و همکاران (۲۰۰۱)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	بورکه و همکاران (۲۰۰۷)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	بایبچ و همکاران (۲۰۱۲)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	مرزیفلوگو (۲۰۱۵)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	محمدی وجدان و جئون (۲۰۱۸)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	پاپاچریستوس و همکاران (۲۰۲۲)
×	×	×	✓	هزینه	×	×	تک‌هدفه	محمدی وجدان و همکاران (۲۰۲۲)
×	×	✓	✓	هزینه و عوامل پایداری	×	بودجه و ظرفیت خرده‌فروشی	چندهدفه (هزینه و سبز)	حاجی آقا و دیگران (۲۰۲۱)
				هزینه و سطح خدمت	×	بودجه و ظرفیت خرده فروش	چند هدفه (هزینه و سطح خدمت)	یزدی و پسندیده (۲۰۲۲)
✓	✓	✓	✓	هزینه	✓	بودجه، ظرفیت خرده‌فروش، ظرفیت تأمین‌کننده، محدودیت‌های تعادلی، محدودیت کمینه‌سازی زمان تدارکات	چندهدفه (هزینه و بیشینه‌سازی اهمیت تأمین‌کنندگان)	پژوهش حاضر

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در سه مرحله اصلی انجام شده است. در مرحله یکم پس از شناسایی معیارهای تأثیر گذار در ارزیابی تأمین کنندگان، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای به دست آوردن وزن نهایی تأمین کنندگان و جای‌گذاری آن در مدل پیشنهادی به کار گرفته شد. در مرحله دوم به مدل‌سازی برای برگزیدن بهترین ترکیب از تأمین کنندگان پرداخته شد. در نهایت هم مدل با به‌کارگیری ال - پی متریک به یک تابع هدف تبدیل شد و حل شد. شکل ۲ گام‌های مربوط به روش پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲. گام‌های کلی پژوهش

تعیین معیارهای مهم برای برگزیدن تأمین کنندگان

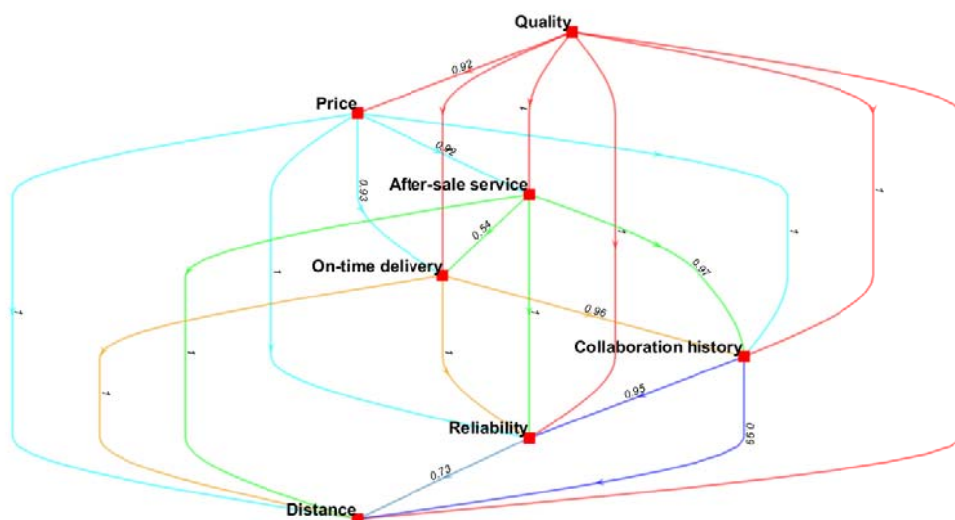
شرکت مورد بررسی مواد اولیه خود را از ۴ تأمین کننده دریافت می‌نماید. نخست با مطالعه ادبیات موضوع و بهره‌گیری از نتایج مطالعات گذشته معیارهای برگزیده برای ارزیابی و برگزیدن تأمین کنندگان استخراج شد. برای استخراج معیارهای مؤثر بر برگزیدن تأمین کننده بین معیارهای مورد مطالعه، با مصاحبه و نظرسنجی از خبرگان که مدیران کنترل کیفیت و مدیران بازرگانی شرکت فروشنده لامپ واقع در ساری بودند، مهم‌ترین معیارها بر اساس استراتژی و نیازهای سازمان تعیین گردید. تعداد کل این افراد پس از گفت‌وگو با شرکت حدود ۱۵ نفر اعلام شده است. پس از مصاحبه و بررسی‌های لازم از بین معیارهای تعیین شده هفت معیار قیمت، فاصله، خدمات پس از فروش، تحویل به‌موقع، قابلیت اطمینان، کیفیت، سابقه همکاری برگزیده شد. جدول ۲ ویژگی‌های خبرگان برگزیده را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ویژگی‌های خبرگان برگزیده

ردیف	سابقه‌ی فعالیت‌های اجرایی در سازمان	سن	جنسیت	شغل
۱	۱۸ سال	۵۰-۶۰	مرد	مدیر بازرگانی
۲	۸ سال	۳۰-۴۰	مرد	مدیر بازرگانی
۳	۱۷ سال	۵۰-۶۰	مرد	مدیر بازرگانی
۴	۱۲ سال	۴۰-۵۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت
۵	۱۴ سال	۴۰-۵۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت
۶	۲۰ سال	۴۰-۵۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت
۷	۵ سال	۳۰-۴۰	زن	مدیر بازرگانی
۸	۵ سال	۳۰-۴۰	زن	مدیر بازرگانی
۹	۵ سال	۳۰-۴۰	زن	مدیر بازرگانی
۱۰	۱۰ سال	۳۰-۴۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت
۱۱	۸ سال	۳۰-۴۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت
۱۲	۵ سال	۳۰-۴۰	مرد	مدیر بازرگانی
۱۳	۱۲ سال	۴۰-۵۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت
۱۴	۱۴ سال	۴۰-۵۰	زن	مدیر بازرگانی
۱۵	۱۸ سال	۶۰-۶۰	مرد	مدیر کنترل کیفیت

تخمین درجه اهمیت معیارها با به‌کارگیری روش بهترین - بدترین با رویکرد بیزین

در این پژوهش با توجه به ماهیت پژوهش و مزایای روش بهترین - بدترین جهت تعیین درجه اهمیت معیارها به‌کار گرفته شده است. از آنجایی که تعداد مقایسات زوجی لازم برای این روش نسبت به سایر روش‌ها کمتر بوده و به‌کارگیری این روش به دلیل به‌کارگیری اعداد صحیح برای انجام مقایسات زوجی آسان و فهم‌پذیر است، سطح پیچیدگی و زمان مورد نیاز برای تکمیل مقایسات زوجی برای تصمیم‌گیران و کارشناسان را تا حد زیادی بهبود می‌دهد. همچنین روش بهترین - بدترین یک روش ساختارمند جهت جمع‌آوری داده‌هاست که از این طریق ناسازگاری مقایسات زوجی را تا حد زیادی پایین می‌آورد (رضائی، ۲۰۱۵). بنابراین برای به دست آوردن وزن معیارها از این رویکرد بهره گرفته شد. شکل ۳ نتایج حاصل از احتمال ترجیحات جفت معیارها را نسبت به هم، با به‌کارگیری روش بهترین - بدترین با رویکرد بیزین نشان می‌دهد. اگر سطح اعتماد معیار نسبت به معیار دیگر بیشتر از $0/5$ به دست آید، می‌توان گفت آن معیار ارجحیت بیشتری نسبت به معیار دیگر دارد. در این پژوهش، میانگین سطوح اعتماد معیارها نسبت به هم $0/93$ محاسبه شد که اعتبار نتایج به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد.



شکل ۳. احتمالات ترجیحات معیارها نسبت به هم

جدول ۳ وزن حاصل از معیارها را با به کارگیری روش بهترین - بدترین با رویکرد بیزین نشان می‌دهد.

جدول ۳. وزن حاصل از معیارها با به کارگیری روش بهترین - بدترین ها

معیار	قیمت	کیفیت	خدمات پس از فروش	سابقه همکاری	تحويل به موقع	فاصله	قابلیت اطمینان
وزن	۰/۱۸۵۵	۰/۲۲۵	۰/۱۵۲	۰/۱۱۵۱	۰/۱۴۹۷	۰/۰۸۲۴	۰/۰۹۰۳

تخمین امتیاز نهایی تأمین کنندگان با به کارگیری تاپسیس فازی

در این پژوهش تاپسیس فازی به منظور اولویت بندی تأمین کنندگان برگزیده شد. روش تاپسیس یکی از معروفترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط یون و وانگ معرفی شد (هووانگ و یون، ۱۹۸۱). در این روش گزینه انتخاب شده، باید دارای کوتاه‌ترین فاصله از ایدئال مثبت و از طرف دیگر بیشترین فاصله را از ایدئال منفی داشته باشد. نتایج در جدول ۴ آورده شده‌اند. در گام بعدی وزن‌های به دست آمده از جدول ۴ وارد مدل ریاضی شدند.

جدول ۴. نتایج حاصل از روش تاپسیس

رتبه بندی	وزن نرمال شده	CI	D ⁺	D ⁻	تأمین کننده
۳	۰/۱۹۲۰۰۳	۰/۴۲۳۲۰۷	۰/۱۶۱۱۲۵	۰/۱۱۸۳۶۸	۱
۴	۰/۰۶۱۳۴۳	۰/۱۳۵۲۲	۰/۲۴۵۹۷۹	۰/۳۸۴۶۲	۲
۱	۰/۳۸۷۱۶۴	۰/۸۵۳۱۹۵	۰/۰۴۰۳۵۹	۰/۲۳۴۵۵۵	۳
۲	۰/۳۵۹۵۹۶	۰/۷۹۲۵۵۴	۰/۰۶۳۳۹۵	۰/۲۴۲۲۵۵	۴

تعریف مسئله و توسعه مدل

در این بخش یک مدل چندهدفه، چند محصولی، چند دوره‌ای برای مدل روزنامه‌فروش بر اساس تعریف مسئله و مفروضات اصلی توسعه داده شده است. هدف اصلی طراحی این مدل تخصیص بهینه سفارش به بهترین تأمین‌کنندگان و تعیین میزان سفارش از هر کدام است. این مدل خرده‌فروشی را بررسی می‌کند که فروشنده محصولات الکتریکی ۳ گونه لامپ است. شرکت خرده‌فروش در یکی از شهرهای ایران (ساری) واقع است. خرده‌فروش به دلیل کاهش هزینه‌های سفارش و حمل در هر دوره تنها یکبار سفارش می‌دهد. خرده‌فروش با توجه به اتمام تاریخ ضمانت محصولات خریداری شده، تصمیم می‌گیرد، محصولاتی که سفارش می‌دهد در یک دوره (سه ماهه) در انبار نگهداری شوند. بنابراین خرده‌فروش در شروع هر دوره مقدار پیش‌بینی شده تقاضا را از تأمین‌کنندگان گوناگون سفارش می‌دهد و ترجیح می‌دهد محصولات باقی مانده در پایان هر دوره با ارزش کمتر از قیمت خرید و ارزش مازاد فروخته شوند.

مفروضات مدل

یک خرده‌فروش و چند تأمین‌کننده اعضای زنجیره هستند که تأمین‌کنندگان ظرفیت ثابت و محدودی برای سفارش دارند. همچنین کمبود برای خرده‌فروش مجاز است. هزینه خرید و نگهداری ثابت می‌باشد. تقاضا تصادفی است و از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. مدل به گونه چند محصولی و چند دوره‌ای است. در هر دوره تنها یکبار سفارش‌دهی به ازای هر محصول و هر تأمین‌کننده وجود دارد. زمان نگهداری محصولات در انبار به دلیل محدودیت زمان مصرف تنها برای یک دوره می‌باشد. جهت سفارش هر گونه محصول از هر تأمین‌کننده تنها یک گونه وسیله نقلیه به کار گرفته می‌شود. ارزش و اهمیت تمامی محصولات برابر فرض شده است.

مدل‌سازی

مدل در دو تابع هدف به ترتیب بیشینه‌کردن سود، بیشینه‌کردن ارزش وزنی محصولات با در نظر گرفتن اولویت تأمین‌کنندگان و محدودیت‌هایی فرموله شد. در ادامه متغیرها و پارامترها تعریف شده‌اند.

تعریف متغیرها و پارامترهای مسئله

مجموعه‌ها

I مجموعه محصولات

J مجموعه تأمین‌کنندگان

T مجموعه دوره زمانی

متغیرهای تصمیم

q_{ijt} مقدار محصول i ام سفارش داده شده به تأمین‌کننده j ام در دوره t ام

q_{ijkt} مقدار محصول i ام سفارش داده شده به تأمین‌کننده j ام با وسیله نقلیه k در دوره t ام

x_{ijt} متغیر باینری؛ اگر محصول i ام به تأمین‌کننده j ام در دوره t ام سفارش داده شود یک وگرنه صفر.

پارامترها

- C_{ijt} هزینه سفارش محصول i ام به تأمین کننده j ام در دوره t ام
- h_{it} هزینه نگهداری محصول i ام در دوره t ام
- w_j وزن تأمین کننده j ام
- B_t بیشینه بودجه برای خرده فروش در دوره t ام
- D_{it} تقاضای محصول i ام در دوره t ام
- D_{ijt} تقاضای محصول i ام به تأمین کننده j ام در دوره t ام
- P_{it} قیمت فروش محصول i ام در دوره t ام
- VS_{it} ارزش مازاد هر واحد محصول i ام در دوره t ام
- CS_{it} هزینه کمبود هر واحد محصول i ام در دوره t ام
- C'_{ijt} هزینه خرید محصول i ام از تأمین کننده j ام در دوره t ام
- $MaxCap_{it}$ بیشینه ظرفیت نگهداری محصول i ام در دوره t ام
- $MaxB_{it}$ بیشینه ظرفیت خرید محصول i ام در دوره t ام
- Ft_{ijt} زمان تولید محصول i ام توسط تأمین کننده j ام در دوره t ام
- LT_{it} زمان تدارکات محصول i ام در دوره t ام
- O_{ijt} بیشینه ظرفیت تولید محصول i ام توسط تأمین کننده j ام در دوره t ام
- $MaxV_{ik}$ بیشینه ظرفیت نگهداری محصول i ام توسط وسیله نقلیه k ام

در نهایت مدل ارائه شده به گونه زیر است:

$$\begin{aligned} \max Z_1 = & \sum_i \sum_j \sum_t p_{it} ES(q_{ijt}) \\ & - \sum_i \sum_j \sum_t CS_{it} Els(q_{ijt}) - \sum_i \sum_j \sum_t C'_{ijt}(q_{ijt}) \\ & - \sum_i \sum_j \sum_t C_{ijt} x_{ijt} - \sum_i \sum_t \sum_j h_{it} EI(q_{ijt}) \\ & + \sum_i \sum_j \sum_t VS_{it} EI(q_{ijt-1}) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$\max Z_2 = \sum_i \sum_j \sum_t w_j x_{ijt} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$\sum_i \sum_j q_{ijt} \times C'_{ijt} + \sum_i \sum_j C_{ijt} x_{ijt} + \sum_i h_{it} (EI(q_{ijt})) \leq B_t \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ijt} + EI(q_{ijt-1}) \leq Maxcap_{it} \quad \forall i, t \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

$$\sum_{k=1}^K q_{ijk} = q_{ijt} \quad \forall i, j, t \quad \text{رابطه ۱۵}$$

$$q_{ijt} \leq x_{ijt} O_{ijt} \quad \forall i, j, t \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$\sum_{j=1}^J x_{ijt} \geq 1 \quad \forall i, t \quad \text{رابطه ۱۷}$$

$$\sum_j F_{ijt} x_{ijt} \leq LT_{it} \quad \forall i, t \quad \text{رابطه ۱۸}$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ijt} \leq MaxB_{it} \quad \forall i, t \quad \text{رابطه ۱۹}$$

$$q_{ijtk} \leq MaxV_{ik} \quad \forall i, j, t \quad \text{رابطه ۲۰}$$

$$x_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \text{رابطه ۲۱}$$

رابطه ۱۱ تابع هدف یکم مسئله را نشان می‌دهد. در تابع هدف یکم که هدف بیشینه‌کردن سود است، سود سیستم پیشنهادی از تفاوت درآمد منهای هزینه حاصل می‌گردد. درآمد از دو منبع فروش محصولات و ارزش مازاد حاصل می‌شود. عبارت یکم درآمد مورد انتظار از فروش محصولات با قیمت کامل را نشان می‌دهد. عبارت دوم نشان‌دهنده هزینه کمبود وقتی تقاضا از میزان سفارش بیشتر است، می‌باشد. عبارت‌های سوم و چهارم به ترتیب هزینه خرید محصولات و هزینه سفارش‌دهی محصولات را نشان می‌دهند. عبارت‌های پنجم و ششم به ترتیب هزینه‌های نگهداری و در آمد مورد انتظار از فروش مازاد محصولات باقی‌مانده از دوره قبل را نشان می‌دهند.

از آنجایی که تقاضا تصادفی و از توزیع نرمال $N(\mu_{ijt}, \sigma_{ijt})$ پیروی می‌کند و تحت تأثیر قیمت محصولات است برای هر دوره رابطه ۲۲ در نظر گرفته شده است:

$$D_{ijt} = D_{ijt}(p_{ij}, X_{ij}) \quad \text{رابطه ۲۲}$$

بنابراین میزان موردانتظار تقاضای وابسته به قیمت برابر است با مجموع ارزش مورد انتظار خطای تصادفی و میانگین تقاضای قطعی است که در رابطه ۲۳ به آن اشاره شده است:

$$E(D_{ijt}) = \mu_{ijt} + (\xi(p_{ij}))^+ \quad \text{رابطه ۲۳}$$

مقدار خطای تصادفی تقاضا به صورت یک تابع خطی کاهشی از قیمت در رابطه ۲۴ نشان داده شده است. در این رابطه a نشان‌دهنده سهم بازار تجمعی محصول بوده و b ضریب تأثیر قیمت بر میزان تقاضا را نشان می‌دهد. در واقع b منعکس‌کننده حساسیت نسبت به قیمت و کشش قیمتی محصول است.

$$\xi(p_{ij}) = a_{ij} - p_{ij} b_{ij} \quad \text{رابطه ۲۴}$$

رابطه ۲۵ میزان ارزش مورد انتظار از فروش محصولات را نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned} ES(q_{ijt}) &= E(\min(q_{ijt}, D_{ijt})) = E(D_{ijt} - (D_{ijt} - q_{ijt})^+) \\ &= E(q_{ijt} - (q_{ijt} - D_{ijt})^+) = q_{ijt} - E(q_{ijt} - D_{ijt})^+ \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۵}$$

در رابطه ۱۱، $EI(q_{ijt})$ موجودی مورد انتظار در پایان دوره فروش است که از طریق رابطه ۲۶ به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} EI(q_{ijt}) &= q_{ijt} - ES(q_{ijt}) = q_{ijt} - E(q_{ijt} - (q_{ijt} - D_{ijt})^+) \\ &= E(q_{ijt} - D_{ijt})^+ \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۶}$$

در رابطه ۱۱، $Els(q_{ijt})$ مقدار فروش از دست رفته مورد انتظار است که از طریق رابطه ۲۷ به دست می‌آید.

$$\begin{aligned} Els(q_{ijt}) &= \mu_{ijt} - E(q_{ijt} - (q_{ijt} - D_{ijt})^+) \\ &= \mu_{ijt} - q_{ijt} + E(q_{ijt} - D_{ijt})^+ \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۷}$$

موجودی باقی‌مانده مورد انتظار از تفاضل مقدار محصول سفارش داده شده و میزان تقاضا به شکل رابطه (۲۸) به دست می‌آید: این رابطه در واقع بیانگر آنست که اگر میزان محصول سفارش داده شده از میزان تقاضای تصادفی بیشتر باشد عبارت مذکور دارای مقداری مثبت است و چنانچه میزان تقاضا از میزان محصول سفارش داده شده بیشتر باشد میزان موجودی مورد انتظار مقدار صفر را اختیار می‌کند؛ رابطه ۲۸ همواره نامنفی است، بنابراین قدر مطلق مورد انتظار جهت نامنفی شدن رابطه ۲۸ به کار گرفته شده است.

$$(q_{ijt} - D_{ijt})^+ = \frac{E|q_{ijt} - D_{ijt}| + E(q_{ijt} - D_{ijt})}{2} \quad \text{رابطه ۲۸}$$

جهت تخمین موجودی مورد انتظار، نامساوی کوشی - شوارتز براساس پژوهشی از اولا، خان و سرکار (۲۰۱۹) به کار گرفته شده است:

$$\begin{aligned} E|q_{ijt} - D_{ijt}| &\leq \sqrt{E(q_{ijt} - D_{ijt})^2} \\ &= \sqrt{E(q_{ijt}^2 - 2q_{ijt}D_{ijt} + D_{ijt}^2)} \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۹}$$

$$E|q_{ijt} - D_{ijt}| \leq \sqrt{E(q_{ijt}^2) - E(2q_{ijt}D_{ijt}) + E(D_{ijt}^2)}$$

گشتاور مرتبه اول تقاضا به صورت رابطه ۳۰ تعریف شده است:

$$E(D_{ijt}) = \mu_{ijt} + (\xi(p_{ij}))^+ \quad \text{رابطه ۳۰}$$

برای جای‌گذاری مقادیر معادل رابطه قبل بایستی گشتاورهای مرتبه دوم حول مبدأ محاسبه شوند. بنابراین با توجه به تصادفی بودن تقاضا و قطعی بودن میزان محصولات سفارش داده شده، گشتاورهای مرتبه دوم به شکل روابط ۳۱ و ۳۲ ارائه شده است.

$$E(q_{ijt}^2) = (q_{ijt})^2 \quad \text{رابطه ۳۱}$$

$$E(D_{ijt}^2) = (\mu_{ijt} + \xi)^2 + \sigma_{ijt}^2 \quad \text{رابطه ۳۲}$$

با جای‌گذاری مقادیر به‌دست آمده در نامساوی ۲۹ داریم:

$$\begin{aligned} E|q_{ijt} - D_{ijt}| &\leq \sqrt{q_{ijt}^2 - 2(q_{ijt})(\mu_{ijt} + \xi) + (\mu_{ijt})^2 + \sigma_{ijt}^2} \\ &= \sqrt{q_{ijt}^2 + \sigma_{ijt}^2 - 2(q_{ijt})(\mu_{ijt} + \xi) + (\mu_{ijt} + \xi)^2} \end{aligned} \quad \text{رابطه ۳۳}$$

با ساده‌سازی رابطه ۳۳ به دست می‌آید:

$$E|q_{ijt} - D_{ijt}| \leq \sqrt{q_{ijt}^2 + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)^2} \quad \text{رابطه ۳۴}$$

با قرار دادن $E|q_{ijt} - D_{ijt}|$ در رابطه ۲۸ داریم:

$$\begin{aligned} E(q_{ijt} - D_{ijt})^+ &\leq \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt}^2 + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)^2} \\ &\quad + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)) \end{aligned} \quad \text{رابطه ۳۵}$$

همچنین می‌توان مشابه رابطه ۳۵، روابط ۳۶ و ۳۷ را اثبات نمود.

$$\begin{aligned} E(D_{ijt} - q_{ijt})^+ &\leq \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt}^2 + (\mu_{ijt} + \xi - q_{ijt})^2} \\ &\quad - (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)) \end{aligned} \quad \text{رابطه ۳۶}$$

$$\begin{aligned} E(q_{ijt-1} - D_{ijt-1})^+ &\leq \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt-1}^2 + (q_{ijt-1} - \mu_{ijt-1} - \xi)^2} \\ &\quad + (q_{ijt-1} - \mu_{ijt-1} - \xi)) \end{aligned} \quad \text{رابطه ۳۷}$$

با جای‌گذاری روابط ۳۵ و ۳۷ در تابع هدف یکم داریم:

$$\begin{aligned} \max Z_1 &= \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T p_{it}(q_{ijt} - E(q_{ijt} - D_{ijt})^+) \\ &\quad - \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T CS_{it}(\mu_{ijt} - q_{ijt} + E(q_{ijt} - D_{ijt})^+) \\ &\quad - \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T C'_{ijt}(q_{ijt}) - \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T C_{ijt}x_{ijt} \\ &\quad - \sum_i^I \sum_t^T \sum_j^J h_{it}(E(q_{ijt} - D_{ijt})^+) \\ &\quad + \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T VS_{it}(E(q_{ijt-1} - D_{ijt-1})^+) \end{aligned} \quad \text{رابطه ۳۸}$$

با به‌کارگیری نامساوی‌ها و روابط ۳۵ و ۳۷ در رابطه ۳۸ می‌توان تابع هدف یکم مرتبط با سود موردانتظار را به گونه

زیر ارائه کرد:

$$\begin{aligned}
 \max Z_1 = & \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T p_{it} (q_{ijt} - \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt}^2} + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)^2)) \\
 & + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi) - \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T CS_{it} (\mu_{ijt} - q_{ijt}) \\
 & + \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt}^2} + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)^2 + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)) \\
 & - \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T C'_{ijt} (q_{ijt}) - \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T C_{ijt} x_{ijt} \\
 & + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)) \\
 & - \sum_i^I \sum_t^T \sum_j^J h_{it} (\frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt}^2} + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)^2 \\
 & + \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T VS_{it} (\frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt-1}^2} + (q_{ijt-1} - \mu_{ijt-1} - \xi)^2 \\
 & + (q_{ijt-1} - \mu_{ijt-1} - \xi))
 \end{aligned}
 \tag{۳۹}$$

رابطه ۱۲ تابع هدف دوم مسئله را نشان می‌دهد. هدف دوم بیشینه‌سازی ارزش وزنی محصولات با در نظر گرفتن اولویت بندی تأمین‌کنندگان است. در این تابع هدف به‌منظور جمع‌پذیری عبارات برای هر یک از محصولات نرمالایزاسی صورت گرفته است. با فرض یکسان بودن اهمیت تمامی محصولات و نرمالایزاسی عبارات می‌توان اهمیت محصولات گوناگون را با توجه به ارزش وزنی تأمین‌کنندگان به شکل مجموع برآورد نمود.

رابطه ۱۳ نشان‌دهنده این است که کل هزینه‌های صرف شده جهت خرید، سفارش‌دهی و انبار نباید از میزان بودجه در نظر گرفته شده تجاوز کند. پس از جای‌گذاری رابطه ۳۵ در رابطه ۱۳، محدودیت ۱۳ به صورت رابطه ۴۰ درمی‌آید:

$$\begin{aligned}
 \sum_i^I \sum_j^J q_{ijt} \times C'_{ijt} + \sum_i^I \sum_j^J C_{ijt} x_{ijt} \\
 + \sum_i^I h_{it} - \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt}^2} + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)^2 + (q_{ijt} - \mu_{ijt} - \xi)) \leq B_t
 \end{aligned}
 \tag{۴۰}$$

رابطه ۱۴ بیانگر آن است که محصولات نگهداری شده در انبار نباید از بیشینه ظرفیت آن تجاوز کند. پس از جای‌گذاری رابطه ۳۷ در ۱۴، محدودیت ۱۴ به صورت رابطه ۴۱ درمی‌آید:

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^J q_{ijt} + \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_{ijt-1}^2} + (q_{ijt-1} - \mu_{ijt-1} - \xi)^2 \\
 + (q_{ijt-1} - \mu_{ijt-1} - \xi)) \leq Maxcap_{it} \quad \forall i, t
 \end{aligned}
 \tag{۴۱}$$

رابطه ۱۵ بیانگر آن است محصولات تحویل داده شده به هر تأمین‌کننده در هر دوره برابر با محصولاتی است که توسط کل وسایل نقلیه به آن تأمین‌کننده تحویل داده می‌شود. رابطه ۱۶ نشان‌دهنده این است که محصولات سفارشی به هر تأمین‌کننده از ظرفیت آن نباید تجاوز کند. رابطه ۱۷ نشان‌دهنده آن است که به یک تأمین‌کننده در هر دوره سفارش اختصاص داده شود. رابطه ۱۸ ارسال محصول را در طول زمان تدارکات بررسی شده تضمین می‌کند. رابطه ۱۹ بیشینه ظرفیت خرید هر محصول در هر دوره زمانی را پوشش می‌دهد. رابطه ۲۰ تضمین‌کننده ظرفیت وسایل نقلیه است. رابطه ۲۱ نشان‌دهنده دو دویی بودن متغیر x_{ijt} است.

روش حل

دو رویکرد اساسی برای حل مسائل چندهدفه در مسائل بهینه‌سازی می‌تواند به کار گرفته شود. اولین رویکرد بر اساس ترکیب توابع هدف و تبدیل آن‌ها به یک تابع هدف مانند برنامه‌ریزی آرمانی، روش مجموع وزنی و رویکرد ال - پی متریک است. رویکرد دوم کل اهداف را به صورت هم‌زمان بررسی نمی‌کند. بنابراین برای حل مدل، ابتدا اهداف را اولویت‌بندی و سپس مسئله را بر اساس این اولویت‌ها حل می‌کند که نسبت به رویکرد اول پیچیده‌تر و زمان برتر است. همچنین این روش‌ها بیشتر زمانی به کار گرفته می‌شوند که تفاوت فاحشی بین اولویت‌بندی و اهمیت اهداف برای تصمیم‌گیرندگان وجود داشته باشد. روش‌های لکسیکوگراف و محدودیت اسپیلون در این دسته‌بندی قرار می‌گیرند. به طور کلی تفاوت اصلی در رویکردهای به کار گرفته شده در حل مسائل چندهدفه بستگی به زمان و گونه اطلاعات به کار گرفته شده از تصمیم‌گیرنده دارد. روش ال - پی متریک یکی از رویکردهایی است که تصمیم‌گیرنده نیاز به اطلاعات خاصی در مورد توابع هدف و اهمیت آن‌ها ندارد. همچنین این روش نیاز به محاسبات پیچیده و زمانبر نسبت به خیلی از روش‌های بهینه‌سازی چند هدفه ندارد. روش ال - پی متریک از جمله روش‌هایی است که با به دست آوردن اطلاعات از تصمیم‌گیرنده قبل از حل مدل به کار برده می‌شود. بنابراین با توجه به ماهیت مسئله مورد بررسی، این پژوهش روش ال - پی متریک را به کار گرفته است. روش‌هایی که نیاز به اطلاعات گرفتن از تصمیم‌گیرنده در حین حل و بعد از حل مدل دارند نیازمند ارتباط مداوم با تصمیم‌گیرنده و خبره دارند. بنابراین یکی از دلایلی که روش ال - پی متریک در این پژوهش به کار گرفته شد، عدم امکان ارتباط مداوم با خبرگان است. همچنین با توجه به اینکه در دنیای واقعی به دست آوردن اطلاعات در مورد سطوح ایدئال و به دست آوردن تابع مطلوبیت بسیار مشکل می‌باشد، از رویکرد ال - پی متریک بهره گرفته شد.

فاصله متریک در روش‌های ال - پی متریک به منظور سنجش نزدیکی یک راه حل موجود نسبت به راه حل ایدئال به کار گرفته می‌شوند. این سنجش از انحراف به گونه یک تابع سازگار طبق معادله (۴۲) است.

$$L_p(\gamma) = \left\{ \sum_j \gamma_j \left(\frac{Z_j^* - Z_j}{Z_j^*} \right)^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad \text{رابطه (۴۲)}$$

در رابطه ۴۲، w_j درجه اهمیت (وزن) برای هدف و p مشخص‌کننده درجه تأکید به انحرافات موجود است. Z_j^* میزان بهینه ایدئال تابع هدف Z_j با حل مدل تک هدفه Z_j است. در این مسئله p برابر با یک در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه برای شرکت خریدار ارزش تابع هدف یکم که افزایش سود است نسبت به هدف دوم مهم‌تر است، وزن ۶۵ درصد به تابع هدف یکم و به تابع هدف دوم وزن ۳۵ درصد اختصاص داده شد. مدل پیشنهادی با به کارگیری داده‌های جمع‌آوری شده توسط حل‌کننده سیپلکس حل شد. ابعاد مسئله وابسته به تعداد متغیرهای تصمیم و محدودیت‌ها می‌باشد. در این پژوهش، مدل طراحی شده شامل دو سطح تأمین‌کنندگان و خرده‌فروش می‌باشد. مسئله مورد مطالعه در این پژوهش شامل چهار تأمین‌کننده و سه محصول بوده که در دو دوره زمانی برای خرده‌فروش مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در این مدل طراحی شده متغیرهای تصمیم از دو گونه شامل میزان سفارش‌ها خرده‌فروش از تأمین‌کنندگان و همچنین متغیر باینری تخصیص سفارش از تأمین‌کنندگان به خرده‌فروش می‌باشد. مدل ارائه شده،

به دلیل وجود عدم قطعیت در پارامتر تقاضا، به طور کلی پیچیدگی زیادی دارد؛ ولی از آنجایی که در مسئله مورد مطالعه به دلیل اینکه سایز مسئله کوچک است، امکان حل مدل مورد مطالعه با حل کننده سیپلکس وجود دارد. حل کننده سیپلکس دارای سرعت و سهولت بالاتری در حل مدل با ابعاد بالاتر نسبت به نرم افزارهای لینگو و گمز است، بنابراین برای حل مدل این نرم افزار به کار گرفته شده است.

یافته‌های پژوهش

به منظور توانایی و اعتبار مدل توسعه داده شده یک مسئله در دنیای واقعی در نظر گرفته شده و مدل با داده‌های مربوط به مسئله حل شده است. نتایج حاصل از حل هر مدل با هر کدام از توابع هدف در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. نتایج حاصل از حل هر مدل به گونه جداگانه

Z_2^*	Z_1^*	حل مدل به ازای دو تابع هدف
۲۵۷۲۶	۴۳۰۰۰۰۰۰	مقدار

نتایج حاصل از حل مدل با رویکرد ال - پی متریک در جدول ۶ آورده شده است.

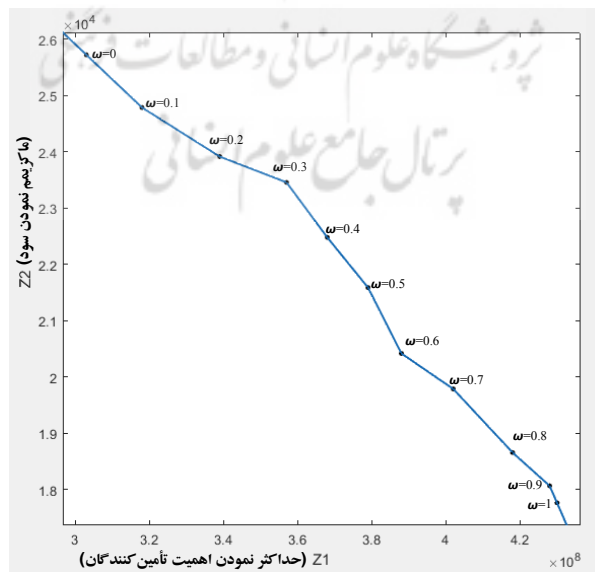
جدول ۶. نتایج حاصل از حل مدل با رویکرد ال - پی متریک

دنیای واقعی				نتایج ال پی متریک				تأمین کننده	محصولات
x_{ijt}		q_{ijt}		x_{ijt}		q_{ijt}			
$t=2$	$t=1$	$t=2$	$t=1$	$t=2$	$t=1$	$t=2$	$t=1$		
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱۵۷۰۰	۰	تأمین کننده ۱	محصول ۱
۱	۱	۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۰	۱	۱۳۰۰۰	۱۲۰۰۰		محصول ۲
۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱۷۰۰۰		محصول ۳
۱	۱	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۰	۱	۰	۱۷۰۰۰	تأمین کننده ۲	محصول ۱
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱۷۰۰۰	۰		محصول ۲
۱	۱	۲۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱	۰	۱۷۰۰۰	۰		محصول ۳
۰	۱	۰	۱۰۰۰۰	۰	۱	۰	۱۷۰۰۰	تأمین کننده ۳	محصول ۱
۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱۶۰۰۰	۱۳۰۰۰		محصول ۲
۱	۱	۲۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱	۱	۱۳۰۰۰	۱۰۰۰۰		محصول ۳
۱	۱	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۰	۰	۰	۰	تأمین کننده ۴	محصول ۱
۱	۰	۱۵۰۰۰	۰	۱	۰	۱۳۰۰۰	۰		محصول ۲
۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱۲۰۰۰	۱۶۰۰۰		محصول ۳

جدول ۶ مقادیر تخصیص سفارش به هریک از تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود به‌منظور برگزیدن تأمین‌کننده قابل اعتمادتر در اکثر دوره‌ها خریدار از چند تأمین‌کننده سفارش می‌دهد. به‌عنوان نمونه در دوره یک محصول دوم را از همه تأمین‌کننده‌ها سفارش می‌دهد ولی محصول یکم را تنها از تأمین‌کننده سوم سفارش می‌دهد. همچنین در جدول ۶ مقایسه‌ای بین نتایج مدل ارائه شده با وضع موجود قبل از ارائه مدل انجام شده است. اطلاعات موجود مرتبط با نحوه سفارش‌دهی در عالم واقع حاکی از آنست که نحوه سفارش‌دهی هریک از محصولات از تأمین‌کنندگان در دوره‌های مختلف به شدت تحت تأثیر هزینه خرید و سفارش‌دهی قرار دارد. به بیان دیگر درجه اهمیت هریک از تأمین‌کنندگان و همچنین سود نهایی با در نظر گرفتن تمامی هزینه‌ها (کمبود، نگهداری، مازاد و...) در تصمیم‌گیری به نحوی ضعیف لحاظ شده است. بنابراین پیامد این گونه تصمیم‌گیری هزینه بالاتر و در پی آن سود پایین‌تر است و افزون بر این در درازمدت هزینه‌های پنهان و آشکار زیادی را در پی خواهد داشت. همچنین در دنیای واقعی نمی‌توان به‌طور دقیق توازن بین معیارهای مهم در برگزیدن تأمین‌کنندگان برقرار کرد. در صورتی که با ارائه مدل پیشنهادی می‌توان سفارش‌ها را از مناسب‌ترین تأمین‌کنندگان خریداری نمود.

تحلیل حساسیت

مدل ال پی متریک می‌تواند به عنوان ترکیبی از مدل‌های ۱ و ۲ با توجه به محدودیت‌های مرتبط ایجاد گردد. از این رو، طیف وسیعی از راه‌حل‌های چند هدفه با در نظر گرفتن ω های گوناگون حاصل می‌شود. وقتی ω برابر یک باشد مدل ال پی متریک برابر با مدل ۱ است. در این شرایط، دیده می‌شود که بهترین مقدار مدل ۱ (Z_1^*) اما بدترین مقدار Z_2 بدست آمده است. وقتی ω برابر صفر باشد مدل ال پی متریک معادل مدل ۲ و بهترین مقدار مدل ۲ (Z_2^*) است اما بدترین مقدار Z_1 حاصل شده است. در شکل ۴، موازنه بین دو تابع هدف یعنی Z_1 و Z_2 برای مقادیر گوناگون ω به ازای مقادیر در بازه صفر تا یک به عنوان مجموعه‌ای از راه‌حل‌های بهینه پارتو نشان داده شده است.



شکل ۴. موازنه بین اهداف

از تجزیه و تحلیل بالا می‌توان دریافت که شکل ۴ یک منحنی مرزی کارآمد است و با توجه به نتایج فرصتی برای تصمیم‌گیرنده ایجاد می‌شود تا ω را از منظر مورد نظر برگزیند. زمانی که مقدار ω برابر یک باشد به تابع هدف سود بیشترین اهمیت را داده و از تابع اهمیت تأمین‌کنندگان چشم‌پوشی می‌شود که معادل حل مدل تک‌هدفه یکم است. هر چقدر به سمت ω های کوچک‌تر حرکت می‌کنیم از میزان اهمیت تابع هدف یکم کم شده و به اهمیت تابع هدف دوم اضافه می‌شود. این امر منجر به بدتر شدن مقدار بهینه تابع هدف یکم و بهتر شدن مقادیر بهینه تابع اهمیت تأمین‌کنندگان می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برگزیدن تأمین‌کنندگان شایسته و برتر در مسئله نیوزوندز برای تخصیص بهینه سفارش از اهمیت بالایی برخوردار است. در برگزیدن تأمین‌کننده بررسی معیارها به‌طور هم‌زمان با هم و تبادل و توازن برقرار کردن آن‌ها بسیار سخت ولی ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش مدلی ترکیبی از دو رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره و برنامه‌ریزی چند هدفه معرفی شد. ساختار معرفی شده شامل دو زیرسیستم کیفی و کمی است. در زیر مدل کیفی با به‌کارگیری دو رویکرد بهترین - بدترین بیزین و تاپسیس فازی به اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان پرداخته شد.

بدین منظور معیارهای مهم از نظر خرده‌فروش با به‌کارگیری روش بهترین - بدترین بیزین که رویکردی احتمالاتی در تصمیم‌گیری‌های گروهی است به دست آمد. مدل توسعه داده شده با در نظر گرفتن ترکیبی از معیارهای کیفی و کمی در برگزیدن تأمین‌کننده می‌تواند با توازن برقرار کردن بین معیارها ترکیبی از بهترین تأمین‌کنندگان را پیدا کند. در زیر مدل کمی هم میزان تخصیص سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان با توجه به پیشینه‌کردن اولویت تعیین شده در زیر مدل کیفی و پیشینه‌سازی سود مشخص شد. با رویکردی که در این پژوهش انجام شده است، تأمین‌کنندگانی که موازنه بیشتری بین این دو هدف برقرار کنند، به آن‌ها سفارش بیشتر تخصیص داده می‌شود.

همان‌طور که از نتایج معلوم است خریدار در هر دوره برای تخصیص بهینه سفارش ترکیبی از تأمین‌کنندگان را به‌کار گرفته است تا هم زمان سود خریدار و اهمیت تأمین‌کنندگان پیشینه شود. نتایج حاصل از حل مدل نشان داد که مدل پیشنهادی می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها نسبت به خطی‌مشی معمول در مورد مطالعه شود؛ چرا که در مدل ارائه شده سفارش محصولات بیشتر به تأمین‌کنندگانی صورت می‌گیرد که می‌توانند بیشترین معیارهای قابل‌توجه از نظر خرده‌فروش مانند تحویل به‌موقع، کیفیت، قیمت و قابلیت اطمینان را برآورده سازند که این می‌تواند تأثیر چشمگیری بر میزان کاهش هزینه‌های نگهداری، کمبود و مازاد داشته باشد. همچنین اطلاعات موجود مرتبط با نحوه سفارش‌دهی در عالم واقع حاکی از آن است که نحوه سفارش‌دهی هریک از محصولات از تأمین‌کنندگان در دوره‌های مختلف به شدت تحت تأثیر هزینه خرید و سفارش‌دهی قرار دارد. به بیان دیگر درجه اهمیت هر یک از تأمین‌کنندگان و همچنین سود نهایی با در نظر گرفتن تمامی هزینه‌ها (کمبود، نگهداری، مازاد و...) در تصمیم‌گیری به نحوی ضعیف لحاظ شده است.

در نهایت نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که نظر تصمیم‌گیرنده جهت برگزیدن ω بسیار مهم بوده است. همچنین به ازای مقادیر ω بیشتر یا مساوی $0/8$ جواب‌های بهینه مسئله بر روی تابع هدف سود تمرکز نموده و از تأثیر تابع هدف اهمیت تأمین‌کنندگان به شدت کاسته می‌شود.

به‌منظور توسعه، پژوهش‌های آتی می‌توانند این مدل پیشنهادی در این مطالعه را بیشتر از دوسطح در نظر گیرند. برای مثال می‌توان سطح توزیع‌کننده محصول از تأمین‌کنندگان به خرده‌فروش یا سطح مشتری را به مدل توسعه داده شده اضافه کرد. در مدل معرفی شده قیمت خرید محصول ثابت در نظر گرفته شده است. در حالی که در دنیای واقعی قیمت می‌تواند تابعی از حجم خرید یا حجم تولید باشد. بنابراین می‌توان در پژوهش‌های آتی قیمت را متغیر در نظر گرفت. همچنین مدل می‌تواند برای چند خرده‌فروش هم‌زمان بررسی شود. با توجه به اینکه تقاضا به قیمت وابسته است بهتر است قیمت و سیاست‌های تخفیفی تأمین‌کننده هم در تخصیص بهینه سفارش در نظر گرفته شود. در این پژوهش زمان انتظار و تدارکات در نظر گرفته نشده است که با توجه به اینکه همیشه در ارسال محصولات تأخیری وجود دارد بهتر است زمان انتظار در پژوهش‌های آتی مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به محدودیت‌ها و کمبود اطلاعات در زمینه محاسبات انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط مسیرهای حمل و نقل و تسهیلات تولیدی به این مهم در این پژوهش پرداخته نشد. بنابراین می‌توان این موضوع را در توسعه‌های آتی در نظر گرفت. همچنین یکی دیگر از محدودیت‌های پژوهش عدم دسترسی به خبرگان به صورت مداوم و پیوسته در حین حل مدل و پس از آن بود. بنابراین در این پژوهش رویکرد ال - پی متریک در حل مسئله بهینه‌سازی چند هدفه به کار گرفته شد. در صورتی که در پژوهش‌های آتی در صورت دسترسی مداوم به خبرگان می‌توان دیگر رویکردهای بهینه‌سازی چند هدفه را به کار گرفت و نتایج حاصل را با نتایج ارائه شده از ال - پی متریک مورد مقایسه و ارزیابی قرار داد. این پژوهش یک راهکار با برآورده کردن معیارهای مهم برای برگزیدن بهینه تأمین‌کنندگان در مدل روزنامه‌فروش ارائه کرده است. بنابراین مدیران و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با در نظر گرفتن مهم‌ترین معیارهایی که در برگزیدن تأمین‌کنندگان خود مدنظر دارند، راه‌حل‌های مؤثر در مسئله روزنامه‌فروش ارائه دهند. با توجه به اینکه پژوهش‌های پیشین در زمینه مسئله روزنامه‌فروش در برگزیدن تأمین‌کنندگان تنها به کاهش هزینه توجه داشته‌اند، مدل ارائه شده می‌تواند به برگزیدن مناسب‌ترین تأمین‌کنندگان هم از نظر کاهش هزینه‌های موجودی و هم از نظر برآورده کردن معیارهایی که مدنظر تصمیم‌گیرندگان و مدیران خرید در برگزیدن تأمین‌کنندگان می‌باشد، کمک شایانی کند.

منابع

- حسین‌زاده، مهناز؛ مهرگان، محمد رضا؛ آقای میبیدی، لیلی و عباسیان، عزت‌الله (۱۳۹۷). توسعه مدل مطلوبیت جمع‌پذیر (UTA) تصادفی با توجه به امکان وابستگی میان معیارها. مدیریت صنعتی، ۱۰(۴)، ۵۰۳-۵۲۴.
- رضایی نور، جلال؛ غضنفری نصرآباد، مهدی و درودی، علی (۱۳۹۵). توسعه روش بولزای - بولزای برای تصمیم‌گیری چندمعیاره با اعداد خاکستری به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده تجهیزات (مطالعه موردی: انتخاب و خرید تجهیزات بیمارستانی، مدیریت صنعتی، ۸(۴)، ۶۰۱-۶۲۴.
- روحی، فهیمه؛ ابراهیمی، سیدبابک؛ کتابیان، حمید (۱۳۹۴). توسعه مدل مکان‌یابی فراملیتی با استفاده از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل‌های پوششی مکان‌یابی در شرایط عدم اطمینان. مدیریت صنعتی، ۷(۴)، ۷۴۳-۷۶۶.

شاوردی، مرضیه؛ یعقوبی، سعید؛ سلطانی، بهزاد (۱۳۹۸). ارزیابی و انتخاب طرح‌های صندوق توسعه فناوری با استفاده از روش بهترین - بدترین (مورد مطالعه: صندوق نوآوری و شکوفایی)، مدیریت صنعتی، ۱۱(۳)، ۴۶۱-۴۸۶.

شمسی، محمد جواد؛ شهری، محمود (۱۳۹۹). طراحی سیستم‌های چندحالتی و انتخاب تأمین‌کنندگان تجهیزات با معیار دسترس‌پذیری. فصلنامه مدیریت تولید و عملیات، ۱۱(۳)، ۴۷-۷۱.

References

- Abdel-Malek, L & Areeratchakul, N. (2007). A quadratic programming approach to the multi-product newsvendor problem with side constraints, *European Journal of Operational Research*, 176(3), 1607-1619.
- Arrow, K., Harris, T., & Marschak, J. (1951). Optimal inventory policy. *The econometric Society*, 19(3), 250-272.
- Babich, V., Aydin, G., Brunet, P.-Y., Keppo, J., & Saigal, R. (2012). Risk, Financing and the Optimal Number of Suppliers. In *Managing Supply Disruptions*, edited by H. Gurnani, A. Mehrotra, and S. Ray. London: Springer-Verlag.
- Benzion, U., Cohen, Y., & Shavit, T. (2010). The newsvendor problem with unknown distribution. *Journal of the Operational Research Society*, 61(6), 1022-1031.
- Boran, F., Genc, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36, 11363-11368.
- Burke, G., Carrillo, J., & Vakharia, A. (2007). Heuristics for Sourcing from Multiple Suppliers with Alternative Quantity Discounts. *European Journal of Operational Research*, 182(1), 95-112.
- Chen, C., Lin, C., & Huang, S. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102, 289-301.
- Chen, J., Yao, D., & Zheng, S. (2001). Optimal replenishment and rework with multiple unreliable supply sources. *Ops. Research*, 49, 430-443.
- Chen, X.A & Wang, Z. (2017). Optimal pricing for selling to a static multi-period newsvendor, *Operations Research Letters*, 45(5), 415-420. doi.org/10.1016/j.orl.2017.05.006
- Chernogog, T., & Goldberg, N. (2018). On the multi-product newsvendor with bounded demand distributions. *International Journal of Production Economics*, 203, 38-47.
- Dada, M., Schwarz, L., & Petruzzi, N. (2003). A newsvendor model with unreliable suppliers. *Working Paper*, 03-0112.
- Gerchak, Y. (1996). A newsvendor with multiple, unreliable, all-or-nothing suppliers. *Working paper*. Waterloo, Ontario: University of Waterloo.
- Giri, B. (2011). Managing Inventory with Two Suppliers Under Yield Uncertainty and Risk Aversion. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 80-85.

- Goren, H. (2018). A decision framework for sustainable supplier selection and order allocation with lost sales. *J. Clean. Prod.*, 183, 1156-1169.
- Gotoh, J-Y & Takano, Y. (2007). Newsvendor solutions via conditional value-at-risk minimization, *European Journal of Operational Research*, 179(1), 80-96.
- Gupta, H., & Barua, M. (2017). Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, 152, 242-258.
- Ha, S., & Krishnan, R. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1303–1311.
- Hajian-Heidary, M., & Aghaie, A. (2015). Risk measurement in the global supply chain using monte-carlo simulation. *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*, 2(2), 1-12.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16-24.
- Hosseinzadeh, M., Mehregan, M. R., Aghaei Meybodi, L & Abbasian, E. (2018). Development of a stochastic summability utility model (UTA) with respect to the possibility of interdependence between criteria. *Industrial Management*, 10 (4), 503-524. (in Persian)
- Huang, S.H., Keskar, H. & Keskar, H. (2007). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *Int. J. Prod. Econ*, 105(2), 510-523.
- Hwang, C., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making*. Springer, Berlin, Heidelberg, 58-191.
- Kim, G., Wu, K., & Huang, E. (2015). Optimal inventory control in a multi-period newsvendor problem with non-stationary demand. *Advanced Engineering Informatics*, 29(1), 139-145.
- Kumar, S., Kumar, S., & Barman, A. G. (2018). Supplier selection using fuzzy TOPSIS multi criteria model for a small-scale steel manufacturing unit. *Procedia Computer Science*, 133, 905-912.
- Li, G., Yamaguchi, D., & Nagai, M. (2007). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and Computer Modelling*, 46, 573-581.
- Mansur, A., Brimberg, J., & El-Refae, G. (2018). Financial planning in the public sector and the news vendor problem. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 28(2), 265-274.
- Merzifonluoglu, Y. (2015). Impact of risk aversion and backup supplier on sourcing decisions of a firm. *International Journal of Production Research*, 53(22), 6937-6961.
- Minner, S. (2002). Multiple-supplier inventory models in supply chain management: A review. *Int'l. J. of Production Economics*, 81, 265-279.
- Minner, S. (2003). Multiple-supplier Inventory Models in Supply Chain Management: A Review. *International Journal of Production Economics*, 81-82, 265–270.
- Mohammadi, M., & Rezaei, J. (2020). Bayesian best-worst method: A probabilistic group decision making model. *Omega*, 96, 102075.

- Mohammadivojdan, R., & Geunes, J. (2018). The newsvendor problem with capacitated suppliers and quantity discounts. *European Journal of Operational Research*, 271(1), 109-119.
- Mohammadivojdan, R., Merzifonluoglu, Y., Geunes, J. (2022). Procurement portfolio planning for a newsvendor with supplier delivery uncertainty, *European Journal of Operational Research*, 297(3), 917-929.
- Narasimhan, R., Talluri, S. & Mahapatra, S. (2006). Multi-product, multi-criteria model for supplier selection with product life cycle considerations. *Decision Sciences*, 37(4), 577-603.
- Ng, W. (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 1059-1067.
- Papachristos, I & Pandelis, D.G. (2022). Newsvendor models with random supply capacity and backup sourcing, *European Journal of Operational Research*, doi.org/10.1016/j.ejor.2022.03.036.
- Porteus, E. (2002). Foundations of stochastic inventory theory. *Stanford University Press*.
- Qin, Y., Wang, R., Vakharia, A., Chen, Y., & Sere, M. (2011). The newsvendor problem: Review and directions for future research. *European Journal of Operational Research*, 213(2), 361–374.
- Razavi Hajiagha, S.H., Alaei, S., Amoozad Mahdiraji, H. (2021). Multi-objective multi-product sustainable newsvendor management in an emerging economy: Evidence and applications, *Journal of Cleaner Production*, 310, 127466.
- Rezaei Noor, J., Ghazanfari Nasrabad, M. & Droudy, A. (2016). Development of a bulls-bulls method for multi-criteria decision making with gray numbers in order to select the equipment supplier (Case study: selection and purchase of hospital equipment). *Industrial Management*, 8 (4), 601-624. (in Persian)
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
- Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126-130.
- Rouhi, F., Ebrahimi, S.B & Ketabian, H. (2015). Development of transnational location modeling using a combination of multi-criteria decision making methods and cover location models in conditions of uncertainty. *Industrial Management*, 7 (4), 743-766. (in Persian)
- Serel, D. (2008). Inventory and Pricing Decisions in a Single-period Problem Involving Risky Supply. *International Journal of Production Economics*, 116(1), 115-128.
- Shamsi, M. & Shahrokhi, M. (2020). Selection of suppliers of repairable equipment with the aim of minimizing costs in the construction and operation phases. *Industrial Management Journal*, 11(3), 47-73. (in Persian)
- Shaverdi, M., Yaghoubi, S., & Soltani, B. (2019). Project Evaluation and Selection in Technology Development Funds with Best-Worst Method (Case Study: Innovation and Prosperity Fund). *Industrial Management Journal*, 11(3), 461-486. (in Persian)

- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: Wiley.
- Swaminathan, J., & Shanthikumar, J. (1999). Supplier Diversification: Effect of Discrete Demand. *Operations Research Letters*, 24(5), 213-221.
- Torabi, S., Baghersad, M., & Mansouri, S. (2015). Resilient Supplier Selection and Order Allocation Under Operational and Disruption Risks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 79, 22-48.
- Turken, N., Tan, Y., J Vakharia, A., Wang, L., Wang, R., & Yenipazarli, A. (2012). The multi-product newsvendor problem: Review, extensions, and directions for future research. *Handbook of newsvendor problems*, 3-39.
- Wang, S.Y., Choi, S.H. (2020). Decision analysis for the emission-limited manufacturer with option contracts under demand uncertainty. *J. Clean. Prod.* 258, 120712.
- Wieloch, H. G. (2017). Newsvendor problem under complete uncertainty: a case of innovative products. *Central European Journal of Operations Research*, 25(3), 561-585.
- Yazdia, M. & Pasandideh, S.H.R. (2022). A multi-objective two-echelon newsvendor problem with limited budget and capacity, *Scientia Iranica E*, 29(1), 275-289.
- Zhang, B. (2012). A multi-tier binary solution method for multi-product newsvendor problems with multiple constraints. *European Journal of Operational Research*, 218 (2), 426-434.