Industrial Management Studies
Vol. 21, No.69, Summer 2023; P 1-42
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2023.70278.2815

Original Research
Accepted: 11/07/2023
Received: 19/10/2022
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Designing a Closed-Loop Supply Chain Multi-Objective Optimization Model with the Aim of Supplier Selection (Case Study: Iran's Retail Stores for Protein Products)

Mina Kazemi Miyangaskary — Ph.D. student of Industrial Management, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran.

Mohammadreza Mehregan — Full Professor, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran.

Hossein Safari * — Full Professor, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran.

Samira Keivanpour — Assistant Professor, Department of Mathematical and Industrial Engineering, Polytechnique Montreal, Montreal, QC, Canada.

Mahmoud Dehgan Nayeri — Associate Professor, the Faculty of Management and Economics,Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Abstract

In today's competitive business landscape, the efficient management of supply chains has become a cornerstone of success for economic enterprises. Supplier selection, as the initial link in the supply chain, holds significant sway over various critical factors, such as product quality, return rates, and production costs. However, the real world is rife with uncertainties, making the application of a fuzzy approach highly advisable. This study's primary objective is to develop a model for supplier selection and order quantity determination for perishable protein products in a retail setting under uncertain conditions. Initially, a comprehensive fuzzy multi-objective model is designed for Kourosh Protein, a company in the closed-loop supply chain, aiming to minimize costs, waste, and maximize profit, customer satisfaction, quality, and profit margin in the face of uncertainty. Subsequently, this full-fledged fuzzy multi-objective model is transformed into a deterministic

* Corresponding Author: hsafari@ut.ac.ir
How to Cite: Miyangaskary, M., Mehregan, M., Safari, H., Keivanpour, S., Dehgan Nayeri, M. (2023). Designing a Closed-Loop Supply Chain Multi-Objective Optimization Model with the Aim of Supplier Selection (Case Study: Iran's Retail Stores for Protein Products), *Industrial Management Studies, 21(69),* 1-42.

single-objective model using the Sharma and Agarwal method (2018), yielding optimal order quantities from each supplier. The model's practical implementation in an Iranian retail store for protein products, such as sausages, bologna, hamburgers, etc., demonstrates its potential to reduce costs and boost profits.

Introduction

The global population's rapid expansion and shifts in lifestyle have significantly elevated the food sector's importance in the global economy, specifically in Sustainable Food Supply Chain Management (SFSCM). SFSCM plays a pivotal role in balancing economic, social, and environmental criteria to optimize supply chain performance. Within the complex food supply chain, suppliers wield considerable influence due to their impact on product attributes, safety, quality, and perishability. Supplier selection, a critical facet of SFSCM, substantially affects a company's strategic and operational performance, product pricing, and quality. In this context, this research introduces a fully fuzzy multi-objective model (FFMOP) to enhance the sustainable supply chain performance of a retail company's protein products. Given the inherent uncertainties associated with supplier selection, the proposed model incorporates an extensive array of variables to simulate real-world scenarios. This innovative approach aims to address identified gaps in existing literature, providing a more robust and realistic tool for bolstering supply chain sustainability.

Materials and Methods

This study constructs a full fuzzy multi-objective model with the objective of determining optimal order quantities within the food supply chain while integrating sustainability criteria. The analyzed supply chain network encompasses multiple suppliers, a single retailer, and end consumers, characterized by multi-product and multi-level interactions. The model seeks to optimize profit, customer satisfaction, brand acceptance, quality, profit margin, and minimize waste production while determining the optimal order volume for each product from each supplier. Reviewing the existing literature reveals various approaches to tackle Full Fuzzy Multi-Objective Problems. This research employs the methodology proposed by Sharma & Aggarwal in 2018 to solve the FFMOP model. After defuzzification, the final model is solved using GAMS software to determine the optimal values of decision variables.

Results

This research utilizes a case study of an Iranian retail company with eight main suppliers providing 15 protein food products. However, the focus is

primarily on four key products: sausages, bologna, hamburgers, and pizza cheese, which are examined. Data for the study was collected from historical company records and interviews with experts from June 2021 to 2022. Model parameters are defined using trapezoidal fuzzy numbers. A comparison of optimal order quantities with the company's actual orders and sales reveals that the proposed model for order allocation leads to reduced ordering, maintenance, and procurement costs for the company. Additionally, the model mitigates waste resulting from unsold products.

Conclusion

Supplier selection stands as a pivotal process in an effective supply chain, exerting substantial influence on a company's strategic outcomes and performance metrics. This study employs a full fuzzy multi-objective model to identify the most suitable supplier and determine optimal orders within a sustainable food supply chain context. To better mimic real-world conditions, variables and parameters are treated as trapezoidal fuzzy numbers. A comparison of the model's outputs with actual sales data indicates that this methodology aligns more accurately with sales figures. Consequently, applying this model has the potential to reduce waste production and economic consequences. The study's achievement lies in selecting a supplier through a methodology that simultaneously considers sustainability criteria within a fully fuzzy environment while determining optimal order quantities from various suppliers. Moreover, the model's flexibility allows for its application across diverse industries, including dairy and dried fruit, for procuring and selling an array of products from potential suppliers.

Keywords: Supplier Selection, Fully Fuzzy Multi-Objective Linear Programming, Supply Chain Performance Optimization, Closed-Loop Supply Chain.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰

ISSN: 2251/8029

eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی
سال بیست و یکم، شماره ٦٩، تابستان ١٤٠٢، ص ١ تا ٤٢
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2023.70278.2815

طراحی مدل بهینه‌سازی چندهدفه تمام فازی زنجیره تأمین حلقه بسته باهدف انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش (موردمطالعه: شرکت خرده‌فروشی مواد غذایی در ایران)

مینا کاظمی میان‌گسکری — دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

محمدرضا مهرگان — استاد، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

حسین صفری * — استاد، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

سمیرا کیوان پور — استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه پلی تکنیک مونترال، کبک، کانادا.

محمود دهقان نیری — دانشیار، دانشکده مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

امروزه رقابت از سطح شرکت‌ها به میان زنجیره تأمین آن‌ها کشیده شده است و مدیریت مناسب زنجیره تأمین، یکی از مسائل پیش‌روی بنگاه‌های اقتصادی است. دراین‌بین مسئله انتخاب تأمین‌کننده و میزان خرید از هریک به‌عنوان شروع‌کننده این زنجیره و همچنین عامل تأثیرگذار بر معیارهای متعدد همچون کیفیت محصول نهایی، میزان مرجوعی، قیمت تمام‌شده محصول و ... از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست. از طرف دیگر دنیای واقعی با عدم قطعیت بسیار زیادی روبه‌رو است. در چنین محیطی به‌منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت، استفاده از رویکرد فازی توصیه‌شده است. هدف پژوهش حاضر تعیین میزان بهینه سفارش محصولات پروتئینی فسادپذیر شرکت خرده‌فروش در شرایط عدم قطعیت از تأمین‌کنندگان خود با درنظرگرفتن معیارهای پایداری است. ازاین‌رو ابتدا یک مدل چندهدفه تمام فازی برای زنجیره تأمین حلقه

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات دانشگاه تهران است.

* نویسنده مسئول: hsafari@ut.ac.ir

بسته شرکت خرده‌فروش به‌منظور حداقل کردن میزان ضایعات و همچنین حداکثر کردن سود، رضایت مشتری، مقبولیت برند، کیفیت و حاشیه سود در شرایط عدم قطعیت طراحی‌شده، سپس این مدل تمام فازی چندهدفه با استفاده از روش شارما و آگاروال (۲۰۱۸)، به مدل قطعی تک هدفه تبدیل‌شده و میزان سفارش بهینه هر محصول از هر تأمین‌کننده به دست می‌آید. مدل پیشنهادی در یکی از شرکت‌های خرده‌فروشی ایران برای محصولات پروتئینی (سوسیس، کالباس و...) اجراشده و بررسی نتایج، عملکرد خوب مدل را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: انتخاب تأمین‌کننده، برنامه‌ریزی خطی چندهدفه تمام فازی، بهینه‌سازی عملکرد زنجیره تأمین، زنجیره تأمین حلقه بسته.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

در دنیای رقابتی امروز، شرکت‌ها برای برآورده کردن نیازهای مشتریان با چالش‌های بزرگی روبرو هستند. علاوه بر این به اعتقاد بسیاری از صاحب‌نظران، رقابت از سطح شرکت‌های به میان زنجیره تأمین[1] (SC) آن‌ها کشیده شده است (کتچن و هالت،۲۰۰۷) و برخورداری از یک زنجیره تأمین کارا و چابک، یک مزیت رقابتی بسیار مهم و تعیین‌کننده در عرصه رقابت محسوب می‌شود.

با تغییر رقابت از سطح شرکت‌ها به سطح زنجیره تأمین آن‌ها، ارزیابی و بهبود عملکرد آن‌ها نیز باید از سطح شرکت‌ها به سطح همه اعضا زنجیره تأمین آن‌ها گسترش داده شود (موهان ردی، نیلاکانتسوارا و کریشنانند،۲۰۱۹). در محیط رقابتی فعلی، برای هر سازمانی، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده یکی از مهم‌ترین فرآیندها در مدیریت زنجیره تأمین است زیرا تأمین‌کنندگان تأثیر عمده‌ای بر عملکرد استراتژیک و عملیاتی سازمان‌ها دارند. همچنین این فرآیند نقش مهمی در تعیین قیمت تمام‌شده، کیفیت و سایر جنبه‌های محصول تولیدشده ایفا می‌کند (همدان و چیتو،۲۰۱۷). درواقع انتخاب مجموعه مناسبی از تأمین‌کنندگان همواره برای موفقیت یک شرکت امری بسیار مهم و ضروری است.

افزایش جمعیت و تغییر سبک زندگی مردم منجر به افزایش چشمگیر اهمیت حوزه مواد غذایی شده و درنتیجه این حوزه به یکی از اجزای مهم در اقتصاد جهان تبدیل‌شده است. مسئله مدیریت زنجیره تأمین مواد غذایی[2] (FSCM) به‌منظور پاسخگویی به این نیاز بسیار حائز اهمیت است. زنجیره تأمین مواد غذایی[3] (FSC) که می‌تواند به‌صورت یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته در نظر گرفته شود، شامل طیف بسیار متنوعی از شرکت‌هاست که با حضور در بازارهای مختلف انواع محصولات غذایی را تأمین می‌کنند.

انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین مواد غذایی به دلیل مسائل ایمنی مواد غذایی، کیفیت، فسادپذیری و محدودیت عمر محصولات، ویژگی‌های حسی محصول مانند مزه،

1. Supply Chain (SC)
2. Food Supply Chain Management (FSCM)
3. Food Supply Chain (FSC)

بو، ظاهر، رنگ و اندازه و دغدغه‌های زیست‌محیطی آن یک موضوع چالش‌برانگیز است (سوفیان و همکاران،۲۰۱۹).

به‌طورکلی می‌توان مسئله انتخاب تأمین‌کننده را به دو نوع تقسیم کرد (محمد باقرزاده و دری،۱۳۸۷):

۱- هر یک از تأمین‌کنندگان به‌تنهایی قادرند نیازهای خریدار مانند تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و... را برآورده سازند. در این حالت در انتخاب تأمین‌کننده هیچ محدودیتی وجود ندارد (منبع یابی فردی).

۲- هیچ‌یک از تأمین‌کنندگان با توجه به محدودیت‌هایی که در ظرفیت، کیفیت و ... دارند، قادر به برآورده کردن احتیاجات خریدار نیستند و خریدار باید به‌اجبار تقاضایش را از بین تأمین‌کنندگان مختلف برآورده سازد (منبع یابی چندگانه).

در حالت دوم، منبع یابی چندگانه، مدیریت باید تصمیم بگیرد که از هر یک از تأمین‌کنندگان موجود، به چه میزان خریداری شود. در تحقیق حاضر بحث منبع یابی چندگانه مدنظر است.

در مسائل انتخاب تأمین‌کننده اکثر داده‌های ورودی و حتی مقدار خرید از هر تأمین‌کننده، به‌عنوان متغیر تصمیم، با عدم اطمینان همراه بوده و به‌طور دقیق مشخص نمی‌باشند. درواقع هرچه محیط آشفته‌تر و نرخ تغییرات سریع‌تر باشد، روش‌های که بر مبنای پیش‌بینی‌های قطعی، اقدام به انتخاب تأمین‌کننده می‌کنند، کارایی خود را از دست می‌دهند؛ بنابراین نیاز به به‌کارگیری تکنیک‌ها و روش‌هایی است که بتواند این ابهام، عدم قطعیت و عدم اطمینان موجود را در نظر بگیرد. رویکرد فازی یکی از روش‌های متداول جهت مقابله با عدم قطعیت در محیط است. برنامه‌ریزی ریاضی فازی ابزار قوی برای تخصیص منابع تحت محدودیت‌های مختلف برای دستیابی به اهدافی همچون صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش سود است (لو، لیاو و زاودکاس،۲۰۲۱).

هدف از پژوهش حاضر ارائه یک مدل ریاضی به‌منظور تعیین مقدار سفارش بهینه هر محصول از تأمین‌کنندگان موجود در شرایط عدم قطعیت و انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب

در راستای بهبود عملکرد پایدار زنجیره تأمین مواد غذایی است. همچنین به‌منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، مدل در یک شرکت خرده‌فروشی مواد غذایی اجراشده و نتایج آن موردبررسی قرارگرفته است.

در این پژوهش در راستای تعیین مقدار بهینه سفارش هر محصول از هر یک از تأمین‌کنندگان موجود، یک مدل چندهدفه تمام فازی با در نظر گرفتن معیارهای پایداری زنجیره‌تامین پیشنهاد شده است. در مدل پیشنهادی اهداف حداکثر کردن سود و حاشیه سود به‌عنوان معیار اقتصادی، کمینه کردن میزان ضایعات به‌عنوان شاخص زیست‌محیطی و همچنین بیشینه کردن رضایت مشتری، کیفیت و مقبولیت برند به‌عنوان شاخص اجتماعی در مدل در نظر گرفته‌شده است. در مدل پیشنهادی متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل از قبیل میزان سفارش هر محصول، هزینه‌ها، تقاضا، مقدار محصول برگشتی، مقدار ذخیره اطمینان، کیفیت و همچنین ظرفیت هر یک از تأمین‌کنندگان به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای درنظر گرفته‌شده است. برای حل مدل پیشنهادی، از روش شارما و آگاروال (۲۰۱۸) که یک روش برای حل مدل‌های تمام فازی چند هدفه[1] است، استفاده شده است. در این روش ابتدا مسئله چند هدفه تمام فازی به یک مسئله چندهدفه فاصله‌ای تبدیل و سپس با استفاده از نزدیک‌ترین تخمین فاصله‌ای اعداد فازی[2] و تکنیک مقیاس‌بندی[3]، به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی تک هدفه قطعی تبدیل می‌شود. شارما و آگاروال روش پیشنهادی خود را بر روی یک مثال عددی حل کرده و نشان دادند که جواب بهینه به‌دست‌آمده نهایی، همان راه‌حل بهینه پارتو مسئله چندهدفه تمام فازی است (شارما و آگاروال،۲۰۱۸).

در بخش دوم این پژوهش به‌صورت مختصر به بررسی پیشینه پژوهش پرداخته‌شده است و بر مبنای آن علاوه بر مشخص شدن شکاف پژوهشی، نوآوری‌های تحقیق نیز مشخص شده است. بخش ۳، به تعریف مسئله و طراحی مدل ریاضی تمام فازی چندهدفه

1. Fully Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (FFMOLP)
2. Nearest Interval Approximation (NIA)
3. Scalarization Technique

اختصاص دارد. در بخش ۴، مدل پیشنهادی با استفاده از روش شارما و آگاروال، گام‌به‌گام به یک مسئله تک هدفه برنامه‌ریزی خطی قطعی تبدیل شده است.

در بخش ۵، یافته‌های پژوهش حاصل از اجرای مدل پیشنهادی در مطالعه موردی (شرکت خرده‌فروش موردنظر) ارائه می‌شود. در بخش آخر، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی بیان شده است.

پیشینه پژوهش

۲-۱ انتخاب تأمین‌کننده و بهینه‌سازی سفارش

عملکرد تأمین‌کننده نقش کلیدی در قیمت،کیفیت، تحویل به‌موقع، سرویس‌دهی و دست‌یابی به اهداف زنجیره تأمین دارد که با توجه به این امر، امروزه عملکرد تأمین‌کنندگان تبدیل به یک عنصر حیاتی در موفقیت یا عدم موفقیت یک شرکت شده است. با انتخاب تأمین‌کننده مناسب و تصمیم‌گیری مؤثر و کارا در این حوزه، ریسک خارجی، هزینه خرید و زمان تاخیر کاهش یافته و درنتیجه رقابت‌پذیری شرکت و رضایت مشتری افزایش می‌یابد (آقابیگی و شریفی،۲۰۲۱). با توجه به عدم قطعیت موجود در دنیای واقعی، برای انتخاب مناسب‌تر، استفاده از مفاهیم همچون تئوری فازی پیشنهاد می‌شود.

در ادبیات موضوع زنجیره تأمین، مطالعات زیادی در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن عدم قطعیت به‌صورت فازی انجام شده است. در این خصوص پژوهشگران از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، برنامه‌ریزی ریاضی فازی و روش‌های فراابتکاری فازی برای حل این مسئله استفاده کرده‌اند (میرزایی و همکاران،۲۰۱۸, محبعلی زاده،۲۰۱۹, نکانسان و گو،۲۰۱۶, رزازی و بانکتوکلی،۱۳۹۳, صالح و همکاران،۱۳۹۸, عیدی و بختیاری،۱۳۹۵, طحانیان و نیل فروشان،۱۳۹۵ و...).

بر اساس مطالعات انجام‌شده و دانش نویسنده، پژوهشی که به‌صورت چندهدفه، تمام فازی و همچنین با در نظر گرفتن هر سه بعد معیارهای پایداری در زنجیره تأمین مواد غذایی باهدف تعیین مقدار بهینه سفارش از تأمین‌کنندگان طراحی‌شده باشد، تاکنون انجام‌نشده است. علاوه براین تحقیقاتی که درآن‌ها عدم قطعیت به‌صورت فازی مطرح‌شده

است، فقط فازی بودن پارامترهای مسئله را در نظرگرفته‌اند. این نکته که عدم اطمینان همان‌طور که در مورد پارامترهایی همچون قیمت خرید، حمل‌ونقل، کیفیت محصول و ... مطرح است، می‌تواند در خصوص متغیرهای تصمیم همچون میزان سفارش نیز مطرح باشد، از نوآوری‌های این پژوهش است. همان‌طور که می‌دانید مدل برنامه‌ریزی خطی فازی که تمام پارامترها و همچنین متغیرهای تصمیم آن به‌صورت هم‌زمان فازی باشد، مدل برنامه‌ریزی تمام فازی[1] نامیده می‌شود.

در ادامه برای مشخص شدن شکاف پژوهش، به بیان تفصیلی برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر می‌پردازیم.

هوشمندی و امیری (۱۳۹۷) در مقاله‌ی خود به تعیین مقدار بهینه سفارش در حالت وجود چند تأمین‌کننده، چند محصول و در طی چند دوره به‌صورت چندهدفه و با درنظرگرفتن عدم اطمینان در پارامترهای تقاضا، زمان انتظار، هزینه‌ی ثابت سفارش، سطح کیفیت و بودجه‌ی هر دوره با استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط صحیح استوار پرداخته‌اند. توابع هدف درنظرگرفته در این مقاله شامل کمینه‌کردن زمان انتظار، میزان مرجوعی و هزینه‌کل است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مقاله برای تعیین مقدار سفارش بهینه، فقط به بعد اقتصادی توجه شده است.

جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان برتر از حیث تاب‌آوری و تخصیص سفارش به آن‌ها در زنجیره تأمین گروه صنعتی آورند با استفاده از روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چند شاخصه و برنامه‌ریزی ریاضی پرداختند.

تیموری و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود یک مدل مختلط غیرخطی عدد صحیح تک هدفه چندکالایی به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده، تخصیص سفارش و قیمت‌گذاری باهدف حداکثر کردن سود، طراحی کردند که در آن تقاضای کالاها مبتنی برقیمت، به‌صورت تصادفی جمعی است. برای حل مدل، از الگوریتم ژنتیک متناسب‌سازی و برای تنظیم پارامتر الگوریتم ژنتیک، از روش تاگوچی استفاده شده است.

1. Fully Fuzzy Linear Programming (FFLP)

توکلیان و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه خود روشی جدید در رتبه‌بندی، انتخاب و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان ارائه کرده‌اند. بدین منظور، از مفهوم گسترش عملکرد کیفیت فازی و تحلیل شبکه‌ای برای ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و از مدل برنامه‌ریزی ریاضی به‌منظور تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان استفاده می‌شود. مدل موردنظر هم‌زمان انتخاب تأمین‌کننده، انتخاب حامل و تخصیص سفارش به تأمین‌کننده را انجام می‌دهد و دارای اهداف حداقل کردن هزینه‌ها در شبکه، حداقل کردن کالاهای برگشتی در شبکه، حداقل کردن تأخیرها در شبکه و حداکثر کردن ارزش خرید مشتری می‌باشد.

همراهی و موسوی (۱۴۰۰) به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان در شبکه زنجیره تأمین تاب‌آوری از یک روش ویکور توسعه‌یافته فازی خاکستری جهت انتخاب تأمین‌کنندگان تاب‌آوری استفاده کردند. مدل پیشنهادی ترکیبی از منطق فازی، تحلیل رابطه خاکستری و راه‌حل سازشی است. نخست از متغیرهای زبانی در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای برای ارزیابی و وزن دهی معیارهای عمومی و تاب‌آوری استفاده می‌شود. سپس روش جدیدی از رابطه خاکستری جهت ساده‌سازی و حل مسائل پیچیده در تصمیم‌گیری گروهی فازی معرفی‌شده است؛ درنتیجه شاخص رتبه‌بندی جدید بر اساس راه‌حل سازشی برای به دست آوردن رتبه تک‌تک گزینه‌ها در زنجیره تأمین تاب آور ارائه می‌شود. درنهایت جهت اعتبار سنجی روش پیشنهادی از یک مثال عددی به‌منظور قابلیت مدل استفاده‌شده است که راه‌حل پیشنهادی ازنظر کارایی و انسجام نسبت به روش‌های دیگر مثبت ارزیابی می‌شود.

مقاله سیف‌برقی و بخشی‌زاده (۱۴۰۱) در مورد یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته است که از چندین سایت تولید، جداسازی، بازسازی و دفع تشکیل شده است. ایشان برای بهبود عملکرد و بهره‌وری شبکه، یک مدل یکپارچه و دومرحله‌ای پیشنهاد کرده‌اند. در مرحله اول، روشی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان پیشنهادشده و خروجی این مرحله به‌عنوان امتیاز ارزیابی در مرحله دوم استفاده می‌شود. در مرحله دوم، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی با سه هدف پیشنهادشده است که تأمین‌کننده مناسب و مکان سایت‌های نوسازی و جریان‌های بین اعضای مختلف زنجیره را مشخص می‌کند.

حداکثرکردن سود و مجموع امتیازات ارزیابی تأمین‌کنندگان و تاب‌آوری زنجیره اهداف درنظر گرفته‌شده این مقاله است.

محمدیان و سیم‌خواه (۱۴۰۱) در پژوهش خود یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح را برای انتخاب تأمین‌کنندگان باهدف بهینه‌سازی زمان تحویل و سود ارائه می‌دهند. این مدل با استفاده از داده‌های شرکت لوکاد ساخته‌شده است و برای حل آن از یک روش جدید بر مبنای الگوریتم جستجوی همسایگی استفاده شده است. در این مدل، علاوه بر عملگرهای جستجو، از یک رویکرد امتیازدهی برای هوشمندسازی انتخاب عملگرهای موجود نیز استفاده شده است. نتایج آزمون ویلکاکسون نشان می‌دهد که جبهه‌ی پارتوی به‌دست‌آمده در این مدل، جواب‌های به‌دست‌آمده از مدل مرسوم در ادبیات موضوع را مغلوب می‌کند. همچنین، تحلیل حساسیت انجام‌شده بر روی محدودیت بودجه، نشان می‌دهد که تغییرات بودجه بر روی سود نهایی تأثیر بیشتری نسبت به زمان تحویل دارد.

در دو پژوهش فوق، جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی و همچنین عدم اطمینان و عدم قطعیت محیطی در نظر گرفته نشده است.

بابار و امین (۲۰۱۸) یک مدل ریاضی جهت انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش در یک شرکت نوشابه‌سازی با توجه به معیارهای زیست‌محیطی توسعه داده‌اند. آن‌ها به دلیل وجود ابهام و مدیریت عدم قطعیت‌ها از اعداد فازی ذوزنقه‌ای کمک گرفته‌اند و از یک مدل دو فازی شامل یک QFD فازی دومرحله‌ای و یک مدل ریاضی چند هدفه تصادفی استفاده کرده‌اند.

اوریجنی محمد جواد و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به شناسایی معیارها و انتخاب تأمین‌کننده سبز در صنعت فولاد با استفاده از ترکیب BWM و تاپسیس فازی پرداخته و روش پیشنهادی خود را در شرکت فولاد خوزستان اجرا کردند.

زخنینی و همکاران (۲۰۲۰) برای انتخاب تأمین‌کننده در مدل خود، علاوه بر معیارهای اولیه عملکرد همچون هزینه، زمان تحویل و کیفیت، معیارهای تاب‌آوری،

پایداری و هوشمندی (ظرفیت تکنولوژیکال) را نیز در نظر گرفته و با یک رویکرد شبکه عصبی فازی تطبیقی به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان پرداختند.

سبحان‌الهی و همکاران (۲۰۲۰) یک روش جدید فازی‌چندهدفه برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGSII[1] توسعه دادند. آن‌ها باهدف حداقل کردن هزینه سالانه و حداکثر کردن ارزش خرید سالانه و در نظر گرفتن پارامترهای حمل‌ونقل به‌صورت فازی، مسئله انتخاب تأمین‌کننده مدل کرده و یک مثال عددی با این روش حل کردند.

توانا و همکاران (۲۰۲۱) یک مدل چندمعیاره فازی یکپارچه و جامع برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین دیجیتال[2] پیشنهاد کردند. آن‌ها در مدل پیشنهادی خود، روش فازی BWM را با روش بهینه‌سازی چند هدفه فازی مبتنی بر تحلیل نسبت بعلاوه فرم ضربی کامل[3]، ارزیابی نسبی پیچیده فازی گزینه‌ها[4] (COPRAS) و تاپسیس فازی[5] ترکیب کردند. ابتدا از روش FBWM برای تعیین وزن معیارها استفاده کرده و سپس رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از سه روش مذکور را با روش حداکثر کردن توافق اکتشافی (MAH)[6] ترکیب کرده و رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان را به دست آوردند.

آقا بیگی و شریفی (۲۰۲۱) یک مدل فازی یکپارچه برای انتخاب تأمین‌کننده تاب-آور در صنعت الکترونیک ارائه کردند. در مدل پیشنهادی وزن هر معیار با روشFBWM محاسبه‌شده و سپس مسئله با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی حل می‌شود. آن‌ها این روش را در یک مثال واقعی صنعت الکترونیک ایران اجرا کرده و نتایج را موردبررسی قرار دادند. در این مثال ۲۰ تأمین‌کننده مورد برسی قرارگرفت که درنهایت بعد از اجرای مدل پیشنهادی ۵ تأمین‌کننده انتخاب شد و به هر یک بر اساس حداکثر ظرفیت، سفارش تخصیص گردید.

1.Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II
2. Digital supply chains (DSCs)
3. Fuzzy MULTIMOORA
4. Fuzzy Complex Proportional Assessment of Alternatives (FCOPRAS)
5. Fuzzy TOPSIS
6. Maximize Agreement Heuristic (MAH)

کائو و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهش خود به انتخاب تأمین‌کننده پایدار در صنعت پوشاک با استفاده از یک مدل MCDM فازی پرداختند. آن‌ها ابتدا وزن هر معیار و زیر معیار را با روش FAHP[1] به دست آورده و سپس با استفاده از روش WASPAS[2] تأمین‌کنندگان را رتبه کردند. تصمیم‌گیرندگان می‌توانند از این رتبه‌بندی برای انتخاب تأمین‌کننده برتر استفاده کنند؛ اما میزان بهینه سفارش از هر تأمین‌کننده مشخص نشده است.

پمزکار و همکاران (۲۰۲۲) یک رویکرد تصمیم‌گیری جدید با استفاده از اندازه‌گیری جذابیت از طریق یک تکنیک ارزیابی مبتنی بر طبقه‌بندی (MACBETH) و یک روش ارزیابی جدید ترکیبی مبتنی بر فاصله در محیط فازی برای حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین محصولات بهداشتی در ایام COVID-19ارائه کردند.

نسرین آدا (۲۰۲۲) مقاله خود را با بررسی ادبیات در مورد انتخاب تأمین‌کننده برای توسعه زنجیره تأمین پایدار شروع می‌شود. پس‌ازآن، یک روش حل ترکیبی دومرحله‌ای جدید پیشنهاد می‌دهد. در مرحله اولیه، مجموعه‌ای از معیارها برای فرآیند انتخاب تأمین‌کننده بر اساس فرآیند شبکه تحلیلی فازی تحلیل‌شده و نتیجه گام اول وارد مرحله دوم تحلیل می‌شود تا مدلی با اهداف چندگانه برای فرآیند انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از VIKOR فازی طراحی شود. هر سه بعد پایداری؛ به‌طور خاص عواملی مانند مصرف انرژی و مواد، اشتغال، خدمات اجتماعی و درنهایت عملکرد مالی زنجیره تأمین به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته می‌شود. رویکرد پیشنهادی یک مدل جامع برای کمک به مدیران زنجیره تأمین در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده ایجاد می‌کند. با تجزیه‌وتحلیل عددی از طریق به‌کارگیری داده‌های یک شرکت کشاورزی-غذایی ترکیه، اعتبارسنجی اثربخشی و موفقیت راه‌حل پیشنهادی بررسی می‌شود. در این پژوهش عدم قطعیت محیطی در نظر گرفته نشده است.

همان‌طور که اشاره شد و با توجه به بررسی پیشینه بالا، اکثر تحقیقات انجام‌شده به

1. Fuzzy-Analytic Hierarchical Process (FAHP)
2. Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)

رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان پرداخته است و به تعیین میزان سفارش بهینه از مجموعه از تأمین‌کنندگان کمتر توجه شده است. از طرف دیگر در پژوهش‌های انجام‌شده‌ای که به تعیین مقدار سفارش بهینه پرداخته‌اند، عمدتاً به یک یا دو بعد از معیارهای پایداری به‌طور هم‌زمان توجه شده است. ازاین‌رو در پژوهش حاضر به طراحی یک مدل تمام فازی چندهدفه به‌منظور تعیین مقدار سفارش بهینه هر یک از تأمین‌کنندگان در یک زنجیره تأمین پایدار صنعت غذایی پرداخته شده است که بر اساس دانش نویسنده تاکنون این کار انجام نشده است. علاوه براین، مدل پیشنهادی در یک مثال واقعی (یک شرکت خرده‌فروش در حوزه فراورده‌های پروتئینی) اجراشده و نتایج موردبررسی قرارگرفته است که این امر خود، نوآوری کاربردی این پژوهش محسوب می‌گردد.

ازآنجاکه مدل طراحی‌شده یک مسئله چند هدفه تمام فازی می‌باشد، در قسمت (۲-۲) روش‌های بهینه‌سازی ریاضی فازی به‌منظور یافتن روش حل مدل پیشنهادی، موردبررسی قرارگرفته است.

۲-۲ بهینه‌سازی ریاضی فازی

نظریه فازی در سال ۱۹۶۵ به‌وسیله پروفسور لطفعلی عسگر زاده عرضه شد. این نظریه برای اقدام در شرایط عدم اطمینان بوده و قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌های نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی مدل‌سازی کند. تئوری مجموعه‌های فازی نخستین بار به‌وسیله‌ی بلمن و زاده در فرآیند تصمیم‌گیری به کار گرفته شد (بلمن و زاده، ۱۹۷۰). در سال ۱۹۷۸ زیمرمن برای اولین بار مسئله‌ی برنامه‌ریزی خطی فازی را فرموله کرد.

انواع مختلفی از مسائل برنامه‌ریزی ریاضی خطی فازی توسط محققان به‌صورت چندهدفه و یا تک هدفه موردمطالعه قرار گرفته است که در آن‌ها پارامترها و یا متغیرها ماهیت فازی داشتند (خمینز و همکاران،۲۰۲۱, چنگ، هانگ وکای،۲۰۱۳, دوبی و مهرا،۲۰۱۴, قوش و چکرابورتی،۲۰۱۵, جاموال و هاسین،۲۰۲۰, گلی و همکاران،۲۰۲۰, سان،۲۰۲۰, بیگدلی، حسنپور و طیبی، ۲۰۱۵)؛ به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت در این پژوهش‌ها، مسئله به‌صورت کامل فازی در نظرگرفته نشده است.

ازآنجایی‌که مدل پیشنهادی به‌صورت تمام فازی درنظرگرفته شده است، در ادامه به‌مرور پژوهش‌های این حوزه پرداخته می‌شود.

لطفی و همکاران (۲۰۰۹) مسئله تمام فازی را با استفاده از لکسیکوگرافی حل کرده و یک جواب تقریبی فازی به دست آوردند.

کومار، کوار و سینگ (۲۰۱۱) یک روش جدید برای حل مسئله تمام فازی پیشنهاد کردند. ایشان در مدل‌سازی خود ابتدا با توجه به روش خیمنز (خیمنز و همکارن،۲۰۰۷) تابع هدف فازی مسئله را به یک تابع هدف قطعی تبدیل کرده و سپس با استفاده از روش مقایسه‌ی نظیر به نظیر بزرگی اعداد فازی، محدودیت‌ها دی فازی شده و با حل مسئله قطعی ساخته‌شده، جواب بهینه قطعی به دست آمده است.

خان و کومار (۲۰۱۳) یک روش جدید و ساده برای حل مسئله تک هدفه تمام فازی ارائه کردند.

کوار و کومار (۲۰۱۱) در روش به نام مهار برای مسئله تمام فازی با پارامترهای LR راه‌حل جدیدی پیشنهاد کردند.

ناصری و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تعریف تابع عضویت مسئله تمام فازی حل کردند.

مؤمنی و حسین‌زاده (۱۳۹۱) با توجه به تعریف اعداد فازی به‌صورت LR بیان کرد عدد فازی A زمانی بزرگ‌تر است که حد وسط آن به سمت مثبت بی‌نهایت میل کند و پراکندگی آن حداقل باشد؛ با این تعریف تابع هدف و محدودیت‌ها را دی فازی کرده و مسئله تمام فازی را حل کرد.

عزتی، خرم و عنایتی (۲۰۱۵)، برای مدل‌سازی مسئله تمام فازی با توجه به تعریف بزرگی اعداد فازی، تابع هدف فازی اصلی را به سه تابع هدف قطعی تبدیل کرده و سپس با استفاده از روش کومار (کومار، کوار و سینگ،۲۰۱۱) محدودیت‌ها را قطعی کردند و درنهایت یک جواب قطعی بهینه برای مسئله به دست آوردند.

پژوهش‌های بیان‌شده فوق برای حل مسائل تک هدفه تمام فازی ارائه شده است؛ اما

با توجه به این امر که مسائل دنیای واقعی اکثراً چند هدفه هستند، در ادامه به بیان پژوهش‌های تمام فازی چندهدفه پرداخته می‌شود.

موهاناسل و گانسان (۲۰۱۲) روشی برای حل مسئله چندهدفه تمام فازی[1] (FFMOLP) برای اعداد فازی مثلثی ارائه کردند. آن‌ها ابتدا برای هر تابع هدف، ایدئال مثبت و ایدئال منفی را پیداکرده و سپس با استفاده از تعریف تابع عضویت خطی و رویکرد حداکثر و حداقلی، جواب بهینه پارتو فازی برای مسئله مذکور تعیین می‌شود.

آگاروال و شارما (۲۰۱۳) مسئله برنامه‌ریزی خطی چند هدفه چندگزینه‌ای تمام فازی را حل کردند که در آن متغیرها و پارامترهای تصمیم‌گیری عدد فازی مثلثی و سمت راست هر محدودیت دوگزینه‌ای است. آن‌ها با استفاده از تابع رتبه‌بندی و درجه بزرگی دو عدد فازی مثلثی، راه‌حل بهینه پارتو فازی مسئله فوق را به دست آوردند.

هادی‌ونچه و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تکنیک مقیاس‌بندی[2] روشی برای حل مسئلهFFMOLP با محدودیت‌های مساوی قطعی و اعداد فازی مثلثی ارائه کردند.

جایالکشمی و پاندیان (۲۰۱۴) راه‌حل مناسبی برای مسئله FFMOLP با استفاده از روش «تفکیک هدف کل[3]» پیدا کردند.

در سال ۲۰۱۵، داس (۲۰۱۵) مسئله FFMOLP با اعداد فازی مثلثی و قیود نامساوی فازی حل کرد. وی k تابع هدف فازی را به k3 تابع هدف قطعی و m محدودیت‌های فازی را به ۳m محدودیت و n متغیر فازی را به n محدودیت تبدیل کرد تا جواب بهینه فازی مسئله FFMOLP را به دست آورد.

آگاروال و شارما (۲۰۱۶) مسئله برنامه‌ریزی خطی چندگزینه‌ای چند هدفه تمام فازی که در آن تمام ضرایب و متغیرهای تصمیم اعداد فازی ذوزنقه‌ای و همه محدودیت‌ها مساوی یا نامساوی، فازی بودند را حل کردند. آن‌ها با استفاده از تعریف یک معیار جدید از بزرگی عدد فازی ذوزنقه‌ای، راه‌حل بهینه پارتو فازی مسئله را به دست آوردند. آگاروال و شارما (۲۰۱۶) مسئله FFMOLP برای اعداد فازی مثلثی با استفاده از درجه

1. Fully Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (FFMOLP)
2. Scalarization Technique
3. Total objective-segregation

انحراف به مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی تبدیل کردند.

آگاروال و شارما (۲۰۱۶) و همچنین موهاناسل و گانسان (۲۰۱۲) به‌منظور یافتن راه‌حل بهینه پارتو فازی مسئله FFMOLP با k تابع هدف، به ترتیب می‌بایست (۲k+۱) مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی و خطی را حل کنند.

علاوه براین همه روش‌های فوق برای حل مسائل چندهدفه تمام فازی با اعداد مثلثی و یا اعداد ذوزنقه‌ای طراحی‌شده‌اند و قابلیت حل سایر انواع اعدادLR[1] فازی را ندارند.

روش پیشنهادی شارما و آگاروال در سال ۲۰۱۸، این مشکلات را برطرف کرد. مدل پیشنهادی ایشان برای حل همه انواع اعداد LR فازی مناسب بوده و در انتها تصمیم‌گیرنده فقط کافی است یک مسئله برنامه‌ریزی خطی قطعی را برای رسیدن به جواب بهینه مسئله FFMOLP حل کند.

ازآنجایی‌که روش پیشنهادی شارما و آگاروال (۲۰۱۸) نسبت به سایر روش‌ها جامع‌تر و دارای پیچیدگی محاسباتی کمتری است، در این پژوهش برای حل مدل چندهدفه تمام فازی پیشنهادی به‌منظور بهینه‌سازی مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش مورداستفاده قرارگرفته است.

تعریف مسئله و طراحی مدل

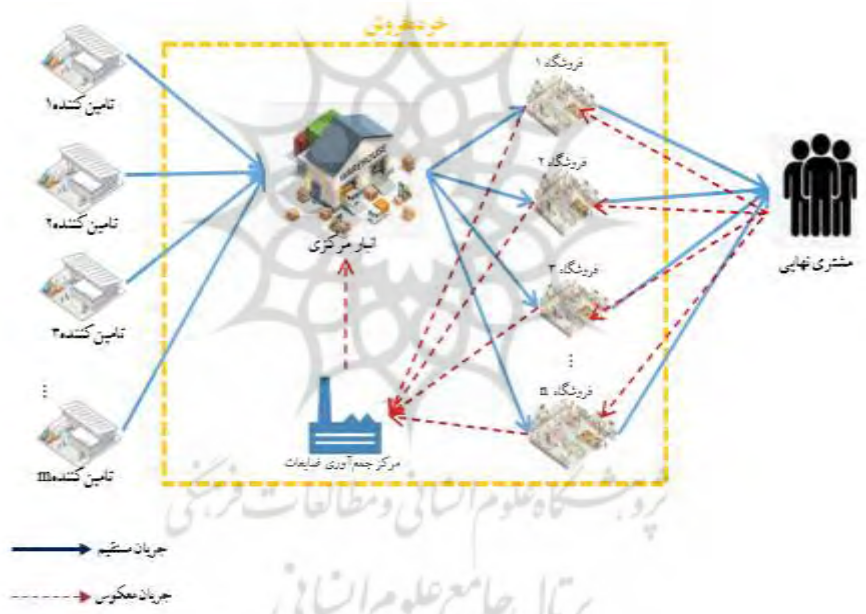
شبکه زنجیره تأمین در این پژوهش یک زنجیره تأمین چند سطحی و چند محصولی است که در شکل (۱) ساختار این زنجیره نشان داده‌شده است. همان‌طور که در تصویر زیر مشخص است این مسئله به‌صورت یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل چندین تأمین‌کننده، یک خرده‌فروش و مشتریان نهایی است. خرده‌فروش بر اساس تقاضای بازار و سیاست‌های کلی خود، محصولات خریداری‌شده از تأمین‌کنندگان را در انبار مرکزی خود جمع‌آوری کرده و بر اساس موجودی و تقاضا هر فروشگاه به آن فروشگاه ارسال می‌کند. محصولات مرجوعی نیز در جریان معکوس زنجیره تأمین از فروشگاه‌ها جمع‌آوری و به انبار مرکزی بازگردانده می‌شوند. با توجه به هدف پژوهش حاضر که تعیین مقدار بهینه سفارش

1. LR Flat Fuzzy

خرده‌فروش از هر یک از تأمین‌کنندگان موجود است و همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود جریان کالا بین انبار مرکزی، فروشگاه‌ها و مرکز جمع‌آوری ضایعات به‌صورت یک مجموعه واحد به‌عنوان خرده‌فروش در نظر گرفته شده است و صرفاً به‌منظور نشان دادن جریانات داخلی در سطح خرده‌فروش در مدل شماتیک آورده شده است و در مدل‌سازی ریاضی به‌طور جداگانه در نظر گرفته نشده‌اند.

جریان محصولات در جریان مستقیم به‌صورت کششی و وابسته به تقاضای مشتری و در جریان معکوس به‌صورت فشاری و بر اساس بازگشت محصولات از مشتریان است.

شکل ۱. مدل شماتیک زنجیره تأمین حلقه بسته خرده‌فروشی



در قسمت‌های زیر، مفروضات، پارامترها، متغیرها و مدل ریاضی مسئله بیان شده است. علامت مد (~) بر روی نماد یک پارامتر یا متغیر نشان‌دهنده فازی در نظر گرفتن آن است.

۳-۱ فرض‌های مدل

- وجود تأمین‌کننده $\mathbf{j} = \{1, 2, \dots, m\}$ که هر تأمین‌کننده قادر است، کلیه محصولات را تولید کند.
- در مدل چند محصول $\mathbf{s} = \{1, 2, \dots, n\}$ در نظر گرفته می‌شود.
- هیچ فرآیندی بر روی کالای خریداری‌شده از تأمین‌کنندگان صورت نمی‌گیرد.
- میزان سفارش محصول از تأمین‌کنندگان دارای محدودیت است (با توجه به سیاست‌های بالادستی خرده‌فروش، می‌توان برای میزان خرید از هر تأمین‌کننده یک مقدار حداقلی خرید در نظر گرفت).
- تأمین‌کننده دارای محدودیت ظرفیت است.
- هزینه نگهداری برای موجودی اطمینان انبار مرکزی در نظر گرفته می‌شود.
- در تأمین تقاضای مشتری کمبود محصولات مجاز است ولی این کمبود برای شرکت هزینه دارد که در قالب هزینه فرصت ازدست‌رفته فروش (کمبود) در مدل در نظر گرفته می‌شود.
- تخفیفات مقداری در خرید در نظر گرفته نمی‌شود.
- عدم اطمینان در میزان تقاضا، قیمت، هزینه، میزان مرجوعی، کیفیت، ظرفیت، حداقل موجودی انبار و مقدار سفارش وجود دارد.

۳-۲- مجموعه‌ها

- $\mathbf{j \in J}$: مجموعه مراکز تأمین‌کننده و $\mathbf{j} = \{1, 2, \dots, \mathbf{m}\}$
- $\mathbf{s \in S}$: مجموعه محصولات تولیدی و $\mathbf{s} = \{1, 2, \dots, \mathbf{n}\}$

۳-۳- پارامترها

- $\widetilde{\mathbf{p}}_{\mathbf{sj}}$: قیمت خرید هر واحد محصول s از تأمین‌کننده jام توسط شرکت خرده‌فروش (ریال)
- $\widetilde{\mathbf{ps}}_{\mathbf{sj}}$: قیمت فروش هر واحد محصول s خریداری‌شده از تأمین‌کننده jام توسط شرکت خرده‌فروش به مشتریان نهایی (ریال)

- $\tilde{\gamma}_s$: هزینه نگهداری هر واحد محصول s در انبار مرکزی شرکت خرده‌فروش (ریال)
- $\widetilde{O}_{sj}$: هزینه سفارش هر واحد محصول s از تأمین‌کننده j ام (ریال)
- $\widetilde{D}_s$: میزان تقاضا محصول s ام (کیلوگرم)
- $\tilde{C}_{sj}$: میزان ظرفیت تأمین‌کننده j ام برای محصول s ام (کیلوگرم)
- $\widetilde{A}_{sj}$: حداقل میزان خرید محصول s ام از تأمین‌کننده j ام (کیلوگرم)
- $\widetilde{SC}_{sj}$: میزان رضایت مشتری‌نهایی (مقبولیت برند) از محصول s تأمین‌کننده j ام
- $\widetilde{Q}_{sj}$: کیفیت محصول s تولید شده توسط تأمین‌کننده j ام
- $\widetilde{R}_{sj}$: درصد مرجوعی محصول s تأمین‌کننده j ام
- $\widetilde{Shc}_s$: هزینه فرصت ازدست‌رفته (کمبود) محصول s (ریال)
- $\tilde{I}_s$: حداقل میزان موجودی (موجودی اطمینان) محصول s ام در انبار مرکزی خرده‌فروش (کیلوگرم)

۳-٤- متغیرها

- $\tilde{x}_{sj}$: میزان سفارش (خرید) هر واحد محصول s توسط شرکت خرده‌فروش از تأمین‌کننده j ام (کیلوگرم)

۳-۵- مدل ریاضی مسئله

با استفاده از نمادها و مفروضات فوق و همچنین اهداف اصلی مسئله، مدل چند هدفه تمام فازی به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده و میزان سفارش بهینه از هریک از تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن معیارهای پایداری به‌صورت زیر ارائه می‌شود.

$$\text{Max } F_1(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{SC}_{sj} \otimes \widetilde{X}_{sj} \qquad (1)$$

$$\text{Max } F_2(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{Q}_{sj} \otimes \widetilde{X}_{sj} \qquad (2)$$

$$\text{Max } F_3(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \left(\widetilde{PS}_{sj} \ominus \widetilde{P}_{sj}\right) \otimes \tilde{x}_{sj} \qquad (3)$$

$$\text{Max } F_4(\widetilde{X}) = \sum_{s=1}^{n} \frac{\sum_{j=1}^{m} \widetilde{X}_{sj}}{D_s} \quad (4)$$

$$\text{Min } F_5(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{R}_{sj} \otimes \tilde{x}_{sj} \quad (5)$$

$$\text{Max } F_6(\widetilde{X}) = \left[\sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{PS}_{sj} \otimes (1 \ominus \widetilde{R}_{sj}) \otimes \tilde{x}_{sj}\right] \ominus \left[(\sum_{s=1}^{n} \widetilde{Shc}_s \otimes (\widetilde{D}_s \ominus \sum_{j=1}^{m} \tilde{x}_{sj})) \oplus (\sum_{s=1}^{n} \tilde{\gamma}_s \otimes \tilde{I}_s) \oplus (\sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{O}_{sj} \otimes \tilde{x}_{sj}) \oplus (\sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{PS}_{sj} \otimes \tilde{x}_{sj})\right] \quad (6)$$

st:

$$\widetilde{X}_{sj} \le \widetilde{C}_{sj} \; \forall s = 1,2,\dots,n \;, \; \forall j = 1,2,\dots,m \quad (7)$$

$$\widetilde{X}_{sj} \ge \widetilde{A}_{sj} \; \forall s = 1,2,\dots,n \;, \; \forall j = 1,2,\dots,m \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{m} \widetilde{X}_{sj} \le \widetilde{D}_s \qquad \forall s = 1,2,\dots,n \quad (9)$$

$$\widetilde{X}_{sj} \ge 0 \; \forall s = 1,2,\dots,n \;, \forall j = 1,2,\dots,m \quad (10)$$

در روابط ۱ تا ۶، اهداف مسئله بیان شده است. توابع هدف ۱،۲ و ۳ به ترتیب مقبولیت برند محصولات از دید مشتری نهایی، کیفیت و حاشیه سود محصولات خریداری‌شده را حداکثر می‌کند. تابع هدف ۴، در راستای حداکثر کردن رضایت مشتریان نهایی (سطح خدمات[1]) است که به‌صورت نسبت تقاضای برآورده شده به کل تقاضا تعریف می‌شود. در رابطه ۵، هدف حداقل کردن مجموع محصولات مرجوعی شرکت می‌باشد. رابطه ۶

1. Service Level

به‌منظور حداکثر کردن سود مورد انتظار خرده‌فروش است. این تابع هدف از دو قسمت تشکیل شده است. نخستین بخش این رابطه نشان‌دهنده درآمد شرکت با در نظر گرفتن میزان مرجوعی هر محصول است و بخش دوم رابطه نشان‌دهنده هزینه کل است که به ترتیب شامل هزینه فرصت ازدست‌رفته (کمبود)، هزینه نگهداری حداقل موجودی، هزینه سفارش دهی و هزینه خریداست. رابطه ۷، بیانگر محدودیت ظرفیت هر کالا از هر تأمین‌کننده است. با توجه به سیاست‌های بالادستی و شرایط موجود در مورد برخی از تأمین‌کنندگان، محدودیت حداقل میزان سفارش وجود دارد. رابطه ۸، اجرا این محدودیت را تضمین می‌کند. رابطه ۹، ارائه‌دهنده محدودیت سفارش است به‌طوری‌که مجموع سفارش هر کالا می‌تواند از تقاضای کل بازار برای آن کالا کم‌تر باشد. به‌عبارت‌دیگر این قید مجاز بودن کمبود کالا در مدل را تضمین می‌کند. البته همان‌طور که بیان شد، هزینه کمبود در قالب هزینه فرصت ازدست‌رفته در مدل لحاظ شده است (تابع هدف ۶). رابطه ۱۰ نوع متغیرهای مسئله را نشان می‌دهند.

لازم به ذکر است توابع هدف در مدل پیشنهادی بر اساس مرور ادبیات مربوطه و مصاحبه با خبرگان صنعت مواد غذایی و شرکت‌های خرده‌فروش، در سه بعد معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی انتخاب شده است. اهداف حداکثر کردن سود و حاشیه سود به‌عنوان معیار اقتصادی (پمزکار و همکاران، ۲۰۲۲؛ محمدیان و سیم‌خواه، ۱۴۰۱؛ سیف‌برقی و بخشی‌زاده، ۱۴۰۱؛ کائو و همکاران، ۲۰۲۲؛ زخینی و همکاران، ۲۰۲۰؛ تیموری و همکاران، ۱۳۹۸ و...)، حداقل کردن میزان ضایعات به‌عنوان شاخص زیست‌محیطی (آدا، ۲۰۲۲؛ اوریجینی و همکاران، ۲۰۲۰؛ توکلیان و همکاران، ۱۳۹۹؛ هوشمندی و امیری، ۱۳۹۷ و...) و همچنین حداکثرکردن رضایت مشتری نهایی (آدا، ۲۰۲۲؛ کائو و همکاران، ۲۰۲۲؛ محمد و وانک، ۲۰۱۷؛ توکلیان و همکاران، ۱۳۹۹ و...)، کیفیت (کائو و همکاران، ۲۰۲۲؛ آدا، ۲۰۲۲؛ پمزکار و همکاران، ۲۰۲۲؛ زخینی و همکاران، ۲۰۲۰ و...) و مقبولیت برند (سیف‌برقی و بخشی‌زاده، ۱۴۰۱؛ محمدیان و سیم-

خواه، ۱۴۰۱؛ آذر و همکاران، ۱۳۹۵) به‌عنوان شاخص اجتماعی در مدل پیشنهادی در نظر گرفته‌شده است.

روش حل

مدل پیشنهادی ارائه‌شده در قسمت (۳-۵)، یک مسئله چند هدفه تمام فازی (FFMOLP) است. همان‌طور که در ادبیات موضوع بیان شد روش‌های متفاوتی برای حل این مسائل طراحی‌شده است.

روش شارما و آگاروال (۲۰۱۸) یک روش جامع و ساده برای حل مسئله FFMOLP پیشنهاد کردند که همه انواع اعداد LR فازی را در برمی‌گیرد. آن‌ها ثابت کردند که جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی خطی به‌دست‌آمده از روش ارائه‌شده ایشان، همان جواب بهینه پارتو فازی مسئله چندهدفه تمام فازی است.

برای حل مدل پیشنهادی با استفاده از روش شارما و آگاروال (۲۰۱۸)، مسئله FFMOLP طراحی‌شده، طی ۵ مرحله به یک مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی[1] (CLP) تبدیل می‌شود. در ادامه گام‌های حل مدل پیشنهادی بیان می‌شود.

گام ۱: افزودن متغیرهای کمبود و مازاد فازی به‌منظور تبدیل محدودیت نامساوی فازی به محدودیت مساوی فازی.

$$\text{Max } F_1(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{SC}_{sj} \otimes \widetilde{X}_{sj}$$

$$\text{Max } F_2(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{Q}_{sj} \otimes \widetilde{X}_{sj}$$

$$\text{Max } F_3(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \left(\widetilde{PS}_{sj} \ominus \widetilde{P}_{sj}\right) \otimes \tilde{x}_{sj}$$

$$\text{Max } F_4(\widetilde{X}) = \sum_{s=1}^{n} \frac{\sum_{j=1}^{m} \widetilde{X}_{sj}}{D_s}$$

1. Crisp Linear Programing

$$\text{Min } F_5(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{R}_{sj} \otimes \tilde{x}_{sj}$$

$$\text{Max } F_6(\widetilde{X}) = \left[\sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{PS}_{sj} \otimes (1 \ominus \widetilde{R}_{sj}) \otimes \tilde{x}_{sj}\right] \ominus \left[(\sum_{s=1}^{n} \widetilde{Shc}_s \otimes (\widetilde{D}_s \ominus \sum_{j=1}^{m} \tilde{x}_{sj})) \oplus (\sum_{s=1}^{n} \tilde{\gamma}_s \otimes \tilde{I}_s) \oplus (\sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{O}_{sj} \otimes \tilde{x}_{sj}) \oplus (\sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{PS}_{sj} \otimes \tilde{x}_{sj})\right]$$

st:

$$\widetilde{X}_{sj} \oplus \widetilde{S}_{1sj} = \widetilde{C}_{sj} \qquad \forall s = 1,2,\dots,n \ , \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\widetilde{X}_{sj} \ominus \widetilde{S}_{2sj} = \widetilde{A}_{sj} \qquad \forall s = 1,2,\dots,n \ , \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^{m} \widetilde{X}_{sj} \oplus \widetilde{S'}_s = \widetilde{D}_s \quad \forall s = 1,2,\dots,n$$

$$\widetilde{X}_{sj} \geq \tilde{0} \text{ where } \widetilde{X} = \left[\tilde{x}_{sj}\right]_{n*m} \quad \forall s = 1,2,\dots,n \ , \ \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\widetilde{S} \geq \tilde{0} \text{ where } \widetilde{S} = \left[\widetilde{S}_{psj}\right]_{P*1} \qquad \forall s = 1,2,\dots,n \ , \ \forall j = 1,2,\dots,m, \forall p = 1,2,3$$

$$\widetilde{S'} \geq \tilde{0} \text{ where } \widetilde{S'} = \left[\widetilde{S'}_s\right]_{n*1} \qquad \forall s = 1,2,\dots,n$$

گام ۲: فرض کنید با استفاده از عملیات جبری اعداد فازی LR داریم:

$$\frac{\text{Max}}{\text{Min}} F_q(\widetilde{X}) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{s=1}^{n} \widetilde{C}_{sj} \otimes \widetilde{X}_{sj} = \left(u_q, v_q, \gamma_q, \delta_q\right)_{LR} \qquad \forall q = 1,2,\dots,k$$

$$\widetilde{X}_{sj} \oplus \widetilde{S}_{1sj} = (m_{sj}, n_{sj}, \alpha_{sj}, \beta_{sj})_{LR}$$

$$\widetilde{X}_{sj} \ominus \widetilde{S}_{2sj} = (m'_{sj}, n'_{sj}, \alpha'_{sj}, \beta'_{sj})_{LR}$$

$$\sum_{j=1}^{m} \widetilde{X}_{sj} \oplus \widetilde{S'}_s = (m''_s, n''_s, \alpha''_s, \beta''_s)_{LR}$$

آنگاه مدل به‌دست‌آمده در گام (۱) می‌تواند به‌صورت زیر بازنویسی شود:

$$\text{Max } F_1(\tilde{X}) = (u_1, v_1, \gamma_1, \delta_1)_{LR}$$
$$\text{Max } F_2(\tilde{X}) = (u_2, v_2, \gamma_2, \delta_2)_{LR}$$
$$\text{Max } F_3(\tilde{X}) = (u_3, v_3, \gamma_3, \delta_3)_{LR}$$
$$\text{Max } F_4(\tilde{X}) = (u_4, v_4, \gamma_4, \delta_4)_{LR}$$
$$\text{Min } F_5(\tilde{X}) = (u_5, v_5, \gamma_5, \delta_5)_{LR}$$
$$\text{Max } F_6(\tilde{X}) = (u_6, v_6, \gamma_6, \delta_6)_{LR}$$

st:

$$\left(m_{sj}, n_{sj}, \alpha_{sj}, \beta_{sj}\right)_{LR} \cong \left(c_{1sj}, c_{2sj}, \xi_{sj}, \eta_{sj}\right)_{LR} \quad \forall s = 1,2,\dots,n, \ \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\left(m'_{sj}, n'_{sj}, \alpha'_{sj}, \beta'_{sj}\right)_{LR} \cong \left(A_{1sj}, A_{2sj}, \xi'_{sj}, \eta'_{sj}\right)_{LR} \quad \forall s = 1,2,\dots,n, \ \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\left(m''_s, n''_s, \alpha''_s, \beta''_s\right)_{LR} \cong (D_{1sj}, D_{2sj}, \xi''_{sj}, \eta''_{sj})_{LR} \quad \forall s = 1,2,\dots,n$$

$$\tilde{X}_{sj} \geq \tilde{0} \text{ where } \tilde{X} = \left[\tilde{x}_{sj}\right]_{n*m} \quad \forall s = 1,2,\dots,n, \ \forall j = 1,2,\dots,m$$
$$\tilde{S} \geq \tilde{0} \text{ where } \tilde{S} = \left[\tilde{S}_{psj}\right]_{P*1} \quad \forall s = 1,2,\dots,n, \ \forall j = 1,2,\dots,m, \forall p = 1,2$$
$$\tilde{S}' \geq \tilde{0} \text{ where } \tilde{S}' = \left[\tilde{S}'_s\right]_{n*1} \quad \forall s = 1,2,\dots,n$$

گام ۳: مدل به‌دست‌آمده در گام (۲)، با استفاده از تعریف نزدیک‌ترین تخمین فاصله‌ای (NIA) به یک مدل چندهدفه فاصله‌ای خطی[1] (MOILP) تبدیل می‌شود.

گرزگزوسکی (۲۰۰۲) نزدیک‌ترین تخمین فاصله‌ای اعداد $\tilde{A}$ را با توجه به فاصله d به‌صورت زیر تعریف می‌کند:

$$C_d(\tilde{A}) = \left[\int_0^1 \tilde{A}_l(\alpha)d\alpha, \int_0^1 \tilde{A}_u(\alpha)d\alpha\right] = \left[(C_d(\tilde{A}))_l, (C_d(\tilde{A}))_u\right]$$

1. Multi-objective Interval Linear Programming (MOILP)

بنابراین طبق تعریف بالا و با توجه به اینکه $\tilde{X}_{sj} = (x_{sj}, y_{sj}, u_{sj}, v_{sj})$، $\tilde{S}_{sjp} = (s_{1sjp}, s_{2sjp}, s_{3sjp}, s_{4sjp})$ و $\tilde{S}'_s = (s'_{1s}, s'_{2s}, s'_{3s}, s'_{4s})$ اعداد فازی ذوزنقه‌ای هستند، مدل MOILP به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\begin{aligned}
&\text{Max } F_1(\tilde{X}) = [Z_1^L, Z_1^U]\\
&\text{Max } F_2(\tilde{X}) = [Z_2^L, Z_2^U]\\
&\text{Max } F_3(\tilde{X}) = [Z_3^L, Z_3^U]\\
&\text{Max } F_4(\tilde{X}) = [Z_4^L, Z_4^U]\\
&\text{Min } F_5(\tilde{X}) = [Z_5^L, Z_5^U]\\
&\text{Max } F_6(\tilde{X}) = [Z_6^L, Z_6^U]
\end{aligned}$$

st:

$$\begin{aligned}
&[B_{sj1}^L, B_{sj1}^U] = [C_{sj}^L, C_{sj}^U]\ \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m\\
&[B_{sj2}'^L, B_{sj2}'^U] = [A_{sj}^L, A_{sj}^U]\ \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m\\
&[Q_s^L, Q_s^U] = [D_s^L, D_s^U]\ \forall s = 1,2,\dots,n\\
&x_{sj}, y_{sj} - x_{sj}, u_{sj} - y_{sj}, v_{sj} - u_{sj} \geq 0\ \forall s, j\\
&s_{1sjp}, s_{2sjp} - s_{1sjp}, s_{3sjp} - s_{2sjp}, s_{4sjp} - s_{3sjp} \geq 0\ \forall s, j, p\\
&s'_{1s}, s'_{2s} - s'_{1s}, s'_{3s} - s'_{2s}, s'_{4s} - s'_{3s} \geq 0\ \forall s
\end{aligned}$$

به‌طوری که:

$$\begin{aligned}
&[Z_q^L, Z_q^U] = C_d\left(\left(u_q, v_q, \gamma_q, \delta_q\right)_{LR}\right)\ \forall q = 1,2,\dots,k\\
&[B_{sjp}^L, B_{sjp}^U] = C_d\left((m_{sj}, n_{sj}, \alpha_{sj}, \beta_{sj})_{LR}\right)\ \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m\\
&[B_{sj}'^L, B_{sj}'^U] = C_d\left((m'_{sj}, n'_{sj}, \alpha'_{sj}, \beta'_{sj})_{LR}\right) \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m\\
&[Q_s^L, Q_s^U] = C_d\left(\left(m''_s, n''_s, \alpha''_s, \beta''_s\right)_{LR}\right)\ \forall s = 1,2,\dots,n\\
&[C_{sj}^L, C_{sj}^U] = C_d\left((c_{1sj}, c_{2sj}, \xi_{sj}, \eta_{sj})_{LR}\right)\ \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m\\
&[A_{sj}^L, A_{sj}^U] = C_d\left((A_{1sj}, A_{2sj}, \xi_{sj}', \eta_{sj}')_{LR}\right)\ \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m\\
&[D_s^L, D_s^U] = C_d\left(\left(D_{1sj}, D_{2sj}, \xi_{sj}'', \eta_{sj}''\right)_{LR}\right)\ \forall s = 1,2,\dots,n,\\
&\forall j = 1,2,\dots,m
\end{aligned}$$

گام ٤: بر اساس تعریف سنگوپتا و پال (۲۰۰۱) اگر $A = [a^L, a^U]$ یک عدد فاصله‌ای باشد، آنگاه مرکز[1] و طول[2] عدد A به ترتیب برابر $m(A) = \frac{a^L + a^U}{2}$ و $w(A) = \frac{a^U - a^L}{2}$

1. Center
2. Width

تعریف می‌شود. همچنین عدد A را می‌توان به‌صورت $A = (m(A), w(A))$ نمایش داد. طبق این تعریف می‌توان مدل را به‌صورت زیر نوشت.

$$\text{Max } F_1(\tilde{X}) = \left[m(F_1(\tilde{X})), w(F_1(\tilde{X}))\right]$$
$$\text{Max } F_2(\tilde{X}) = \left[m(F_2(\tilde{X})), w(F_2(\tilde{X}))\right]$$
$$\text{Max } F_3(\tilde{X}) = \left[m(F_3(\tilde{X})), w(F_3(\tilde{X}))\right]$$
$$\text{Max } F_4(\tilde{X}) = \left[m(F_4(\tilde{X})), w(F_4(\tilde{X}))\right]$$
$$\text{Min } F_5(\tilde{X}) = \left[m(F_5(\tilde{X})), w(F_5(\tilde{X}))\right]$$
$$\text{Max } F_6(\tilde{X}) = \left[m(F_6(\tilde{X})), w(F_6(\tilde{X}))\right]$$

st:

$$\left[\frac{B_{sj1}^{L} + B_{sj1}^{U}}{2}, \frac{B_{sj1}^{u} - B_{sj1}^{u}}{2}\right] =_{mw} \left[\frac{C_{sj}^{L} + C_{sj}^{U}}{2}, \frac{C_{sj}^{U} - C_{sj}^{L}}{2}\right] \quad \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\left[\frac{B'^{L}_{sj2} + B'^{U}_{sj2}}{2}, \frac{B'^{U}_{sj2} - B'^{L}_{sj2}}{2}\right] =_{mw} \left[\frac{A_{sj}^{L} + A_{sj}^{U}}{2}, \frac{A_{sj}^{U} - A_{sj}^{L}}{2}\right] \quad \forall s = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\left[\frac{Q_{s}^{L} + Q_{s}^{U}}{2}, \frac{Q_{s}^{U} - Q_{s}^{L}}{2}\right] =_{mw} \left[\frac{D_{s}^{L} + D_{s}^{U}}{2}, \frac{D_{s}^{U} - D_{s}^{L}}{2}\right] \quad \forall s = 1,2,\dots,n$$

$$x_{sj}, y_{sj} - x_{sj}, u_{sj} - y_{sj}, v_{sj} - u_{sj} \geq 0 \ \forall s, j$$
$$s_{1sjp}, s_{2sjp} - s_{1sjp}, s_{3sjp} - s_{2sjp}, s_{4sjp} - s_{3sjp} \geq 0 \ \forall s, j, p$$
$$s'_{1s}, s'_{2s} - s'_{1s}, s'_{3s} - s'_{2s}, s'_{4s} - s'_{3s} \geq 0 \ \forall s$$

گام ۵: ایشیبوچی و تاناکا (۱۹۹۰) در مورد رتبه‌بندی اعداد فاصله‌ای بیان کردند، اگر $A = [a^L, a^U]$ و $B = [b^L, b^U]$ اعداد فاصله‌ای باشد، آنگاه مقایسه دو عدد A و B به‌صورت زیر است:

۱. اگر $\boldsymbol{A \leq_{mw} B}$ آنگاه $\boldsymbol{m(A) \leq m(B), w(A) \geq w(A)}$

۲. اگر $\boldsymbol{A <_{mw} B}$ آنگاه $\mathbf{m(A) < m(B), w(A) > w(A)}$

۳. اگر $\boldsymbol{A =_{mw} B}$ آنگاه $\boldsymbol{m(A) = m(B), w(A) = w(A)}$.

طبق تعریف فوق و با استفاده از تکنیک مقیاس‌بندی، مدل MOILP به یک مدل قطعی تک هدفه خطی (CLP) تبدیل می‌شود.

$$\text{Max } \sum_{q=1}^{k} \lambda_q m(F_q(\tilde{X})) - \sum_{q=1}^{k} \mu_q w(F_q(\tilde{X}))$$

st:

$$\left[\frac{B_{sj1}^{L}+B_{sj1}^{U}}{2}\right]=\left[\frac{C_{sj}^{L}+C_{sj}^{U}}{2}\right]\ \forall s=1,2,\dots,n,\forall j=1,2,\dots,m$$

$$\left[\frac{B_{sj1}^{u}-B_{sj1}^{u}}{2}\right]=\left[\frac{C_{sj}^{U}-C_{sj}^{L}}{2}\right]\ \forall s=1,2,\dots,n,\forall j=1,2,\dots,m$$

$$\left[\frac{B_{sj2}^{\prime L}+B_{sj2}^{\prime U}}{2}\right]=\left[\frac{A_{sj}^{L}+A_{sj}^{U}}{2}\right]\ \forall s=1,2,\dots,n,\forall j=1,2,\dots,m$$

$$\left[\frac{B_{sj2}^{\prime U}-B_{sj2}^{\prime L}}{2}\right]=\left[\frac{A_{sj}^{U}-A_{sj}^{L}}{2}\right]\ \forall s=1,2,\dots,n,\forall j=1,2,\dots,m$$

$$\left[\frac{Q_{s}^{L}+Q_{s}^{U}}{2}\right]=\left[\frac{D_{s}^{U}-D_{s}^{L}}{2}\right]\ \forall s=1,2,\dots,n$$

$$\left[\frac{Q_{s}^{U}-Q_{s}^{L}}{2}\right]=\left[\frac{D_{s}^{U}-D_{s}^{L}}{2}\right]\ \forall s=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{q=1}^{k}\lambda_{q}=1$$

$$\sum_{q=1}^{k}\mu_{q}=1$$

$$\lambda_{q},\mu_{q}\geq 0,q=1,2,\dots,k$$

$$x_{sj},y_{sj}-x_{sj},u_{sj}-y_{sj},v_{sj}-u_{sj}\geq 0\ \forall s,j$$

$$s_{1sjp},s_{2sjp}-s_{1sjp},s_{3sjp}-s_{2sjp},s_{4sjp}-s_{3sjp}\geq 0\ \forall s,j,p$$

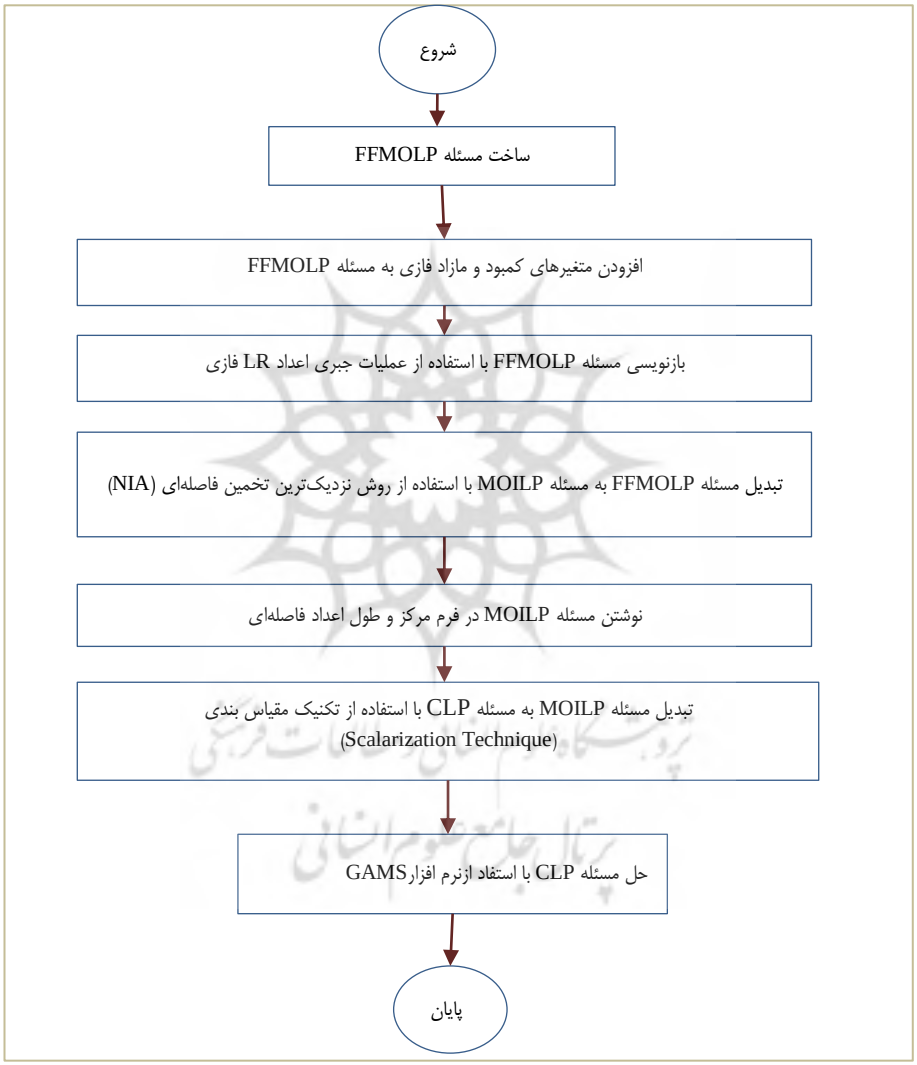
$$s'_{1s},s'_{2s}-s'_{1s},s'_{3s}-s'_{2s},s'_{4s}-s'_{3s}\geq 0\ \forall s$$

در مدل بالا، λ_q و μ_q به ترتیب وزن‌های ضرایب مرکزی و طولی توابع هدف در فرم فاصله‌ای هستند. این مقادیر توسط خبرگان صنعت موردنظر باتوجه به میزان اهمیت هر هدف تعیین می‌شود.

مدل نهایی با استفاده از نرم‌افزار *GAMS* حل‌شده و مقدار بهینه سفارش هر محصول از هر تأمین‌کننده به دست می‌آید. شارما و آگاروال (۲۰۱۸) ثابت کردند که جواب بهینه بدست آمده از مدل نهایی LP فوق، همان جواب بهینه پارتو فازی مسئله چند هدفه تمام

فازی (FFMOLP) اولیه است. در شکل (۲) مراحل حل مدل پیشنهادی به‌صورت گام به گام نمایش داده شده است.

شکل ۲. روش حل مدل پیشنهادی و مراحل تبدیل مسئله چندهدفه تمام فازی (FFMOLP) به مسئله برنامه‌ریزی خطی قطعی (CLP)



یافته‌های پژوهش

در این پژوهش از اطلاعات یک شرکت خرده‌فروش مواد غذایی (برای کالاهای پروتئینی فسادپذیر فرآوری شده) در بازه سال ۱۴۰۰ تا پایان خرداد ۱۴۰۱ استفاده شده است. به‌منظور گردآوری اطلاعات، ابتدا داده‌های مبنا از این مرکز جمع‌آوری‌شده و سپس سایر داده‌های موردنیاز با کمک کارشناسان خبره با استفاده از مصاحبه، تولیدشده است. در آخر در راستای در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده‌ها، مقادیر مربوط به پارامترهای مدل به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای تعریف‌شده است. در جدول ۱ نحوه گردآوری پارامترهای مسئله بیان شده است.

جدول ۱. منبع گردآوری پارامترهای مدل

نماد پارامتر	نام پارامتر	واحد	منبع گردآوردی
$\widetilde{D}_s$	میزان تقاضا	کیلوگرم	شرکت
$\widetilde{p}_{sj}$	قیمت خرید	ریال	شرکت
$\widetilde{ps}_{sj}$	قیمت فروش	ریال	شرکت
$\widetilde{C}_{sj}$	ظرفیت تأمین‌کننده	کیلوگرم	شرکت
$\widetilde{\gamma}_s$	هزینه نگهداری	ریال	شرکت
$\widetilde{O}_{sj}$	هزینه سفارش دهی	ریال	شرکت
$\widetilde{Shc}_s$	هزینه کمبود	ریال	شرکت
$\widetilde{I}_s$	حداقل موجودی (ذخیره اطمینان)	کیلوگرم	شرکت
$\widetilde{R}_{sj}$	درصد مرجوعی	-	شرکت
$\widetilde{SC}_{sj}$	مقبولیت برند	-	بررسی بازار و مصاحبه با خبرگان
$\widetilde{Q}_{sj}$	کیفیت	-	بررسی بازار و مصاحبه با خبرگان

این خرده‌فروش می‌تواند کالاهای پروتئینی موردنیاز خود را از هشت تأمین‌کننده اصلی خریداری کند. مسئله به ازای چهار محصول (سوسیس، کالباس، برگر، پنیرپیتزا) و برای یک دوره یک ماه (خرداد ۱۴۰۱) مدل شده و بعد از دی‌فازی کردن مدل طراحی‌شده و اجرای مراحل بیان‌شده در بخش ۴، مدل نهایی با استفاده از نرم‌افزار GAMS24.8.3 حل و

مقادیر بهینه سفارش هر محصول از هر تأمین‌کننده تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است مقادیر بهینه بعد از دی فازی شدن به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲: مقادیر بهینه سفارش به‌دست‌آمده از مدل پیشنهادی

	مقدار سفارش کالای ۱(گرم)	مقدار سفارش کالای ۲(گرم)	مقدار سفارش کالای ۳ (گرم)	مقدار سفارش کالای ٤ (گرم)
تأمین کننده ۱	۴۰،۱۸۵،۸۲۴	۶۲،۳۱۷،۸۳۶	۱۹،۲۷۹،۵۶۴	۱۲،۸۱۵،۹۵۱
تأمین کننده ۲	۲۱،۰۵۶،۹۳۵	۵۳،۱۷۴،۲۷۶	۱۸،۷۰۹،۴۶۷	۱۲،۶۲۱،۷۷۱
تأمین کننده ۳	۱۹،۱۶۰،۷۰۱	۱۷،۱۵۰،۵۶۶	۶،۰۳۴،۴۵۸	۶،۱۹۵،۵۹۱
تأمین کننده ۴	۱۳،۳۸۷،۵۵۶	۱۳،۳۲۹،۹۱۲	۴،۱۹۶،۴۵۴	۵،۹۰۰،۰۰۰
تأمین کننده ۵	۱۰،۳۷۹،۲۱۶	۷،۲۰۲،۳۴۰	۲،۴۰۰،۷۸۰	–
تأمین کننده ۶	۸،۴۹۷،۳۰۰	۲،۴۷۳،۲۴۵	۱،۲۳۶،۶۲۳	–
تأمین کننده ۷	۶،۰۶۰،۸۰۷	۱،۸۱۶،۰۲۰	۶۰۵،۳۴۰	–
تأمین کننده ۸	۵،۹۶۳،۲۷۲	–	–	–
جمع	۱۲۴،۶۹۱،۶۱۱	۱۵۷،۴۶۴،۱۹۴	۵۲،۴۶۲،۶۸۶	۳۷،۵۳۳،۳۱۳

در رابطه با رتبه‌بندی تامین‌کننده‌های چهار کالای مورد بحث می‌توان نتایج زیر مورد توجه قرار داد:

– مدل توسعه داده‌شده پیشنهاد داده است تا برای تأمین کالای یک، ۳۲ درصد سفارش از تأمین‌کننده یک، ۱۷ درصد آن توسط تأمین‌کننده هشت، ۱۵ درصد از تأمین‌کننده هفت، ۱۱ در صد از تأمین‌کننده سه و مابقی تقاضا از چهار تأمین‌کننده باقی‌مانده تهیه گردد و این ترکیب، ترکیب بهینه سفارش برای این محصول می‌باشد.

– برای تأمین کالای دوم، طبق مدل پیشنهادی، تأمین‌کننده‌های یک و دو حدود ۷۵ درصد تقاضا را که به ترتیب ۴۰ و ۳۴ درصد است، تأمین می‌کنند. می‌بایست ۲۵ درصد تقاضا باقی‌مانده را از شش تأمین‌کننده دیگر تأمین نماید.

– در رابطه با کالای سوم، تعداد تأمین‌کننده‌ها هشت شرکت می‌باشند که بر اساس مدل پیشنهادی، در ترکیب بهینه سفارش، حدود ۸۴ درصد کل سفارش از سه تأمین‌کننده یک، دو و هفت و ۱۶ درصد باقی‌مانده سفارش‌ها از چهار تأمین‌کننده سه، چهار، پنج و

شش می‌باشد. همچنین تأمین کالای سه از تأمین‌کننده هشت با درنظرگرفتن تمامی شرایط و محدودیت‌ها به‌صرفه نیست.

– برای تأمین تقاضا ماهانه کالای چهار، خرید ۳۴،۱۶،۱۷ و ۳۴ درصد به ترتیب از تأمین‌کننده یک، دو، چهار و شش بهینه‌ترین ترکیب سفارش می‌باشد.

باتوجه به تحلیل نتایج خروجی مدل درباره میزان سفارش ثبت‌شده توسط شرکت و میزان بهینه سفارش توسط مدل پیشنهادی، نکات زیر قابل‌بحث می‌باشد:

– میزان بهینه سفارش برای کالای ۱، در ماه خرداد ۱۴۰۱ توسط این مدل حدود ۱۲۴ تن تعیین گردیده درحالی‌که میزان سفارش ثبت‌شده توسط شرکت برای همین ماه در حدود ۱۷۸ تن بوده است. مقایسه این دو مقدار با میزان فروش که در حدود ۱۱۴ تن می باشد به‌خوبی نشان می‌دهد که مقدار بهینه تعیین‌شده توسط مدل تنها ۸ درصد با مقدار فروش واقعی تفاوت دارد و این در حالی است که این اختلاف با میزان سفارش ثبت‌شده در حدود ۳۶ درصد می‌باشد.

– در رابطه با کالای ۲، بر اساس خروجی‌های مدل میزان بهینه سفارش حدوداً ۱۵۷ تن می‌باشد اما میزان سفارش ثبت‌شده در همین ماه تقریباً ۱۶۹ تن بوده است. بر اساس داده‌های فروش خرداد ماه تنها ۱۵۰ تن از این محصول به فروش رسیده است. این بدان معناست که اختلاف میزان فروش با مقدار بهینه تقریباً ۴/۵ درصد و با مقدار سفارش ثبت‌شده حدوداً ۱۲ درصد است.

–مدل توسعه داده‌شده مقدار بهینه سفارش برای کالای سوم را تقریباً ۵۲ تن تخمین زده است که تنها ۴ درصد با میزان فروش اختلاف دارد اما این اختلاف برای میزان واقعی سفارش ثبت‌شده در حدود ۱۳ درصد است.

– در رابطه با کالای ۴، برخلاف سه کالای اول میزان اختلاف مقدار بهینه سفارش و میزان سفارش واقعی ثبت‌شده با میزان فروش دارای اختلاف بسیار کمی می‌باشند که به ترتیب ۱ درصد و ۲ درصد است.

درمجموع مقایسه مقادیر سفارش بهینه و سفارش ثبت‌شده شرکت با میزان واقعی فروش به‌خوبی نشان می‌دهد که استفاده از مدل پیشنهادی جهت تخصیص سفارش منجر به کاهش هزینه‌های سفارش‌دهی، نگهداری و خرید شرکت می‌گردد. همچنین این مدل ضایعات ناشی از عدم فروش را نیز کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

انتخاب تأمین‌کننده اساس یک زنجیره تأمین موفق است؛ زیرا تأمین‌کنندگان بخش عمده‌ای از زنجیره تأمین شرکت را تشکیل می‌دهند و می‌توانند تأثیر بسزایی در موفقیت استراتژیک زنجیره و به‌طور خاص عملکرد زنجیره به لحاظ قیمت، کیفیت، ضایعات، تحویل به‌موقع و هزینه داشته باشند.

ازاین‌رو در پژوهش حاضر از یک مدل چندهدفه کاملاً فازی برای انتخاب تأمین‌کننده مناسب و تخصیص سفارش بهینه در زنجیره‌تامین مواد غذایی پایدار استفاده می‌شود. برای نزدیک‌تر شدن به دنیای واقعی، متغیرها و پارامترهای مدل پیشنهادی به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای در نظر گرفته می‌شوند.

به‌منظور صحت بخشیدن به مدل پیشنهادی از داده‌های یک شرکت خرده‌فروشی مواد غذایی (برای کالاهای فسادپذیر آن) استفاده شده است که این امر جزء نوآوری کاربردی این پژوهش محسوب می‌شود. بدین‌منظور ابتدا مدل پیشنهادی بر روی داده‌های این شرکت اجراشده و مقادیر بهینه سفارش در یک دوره زمانی مشخص، به دست می‌آید و پس از بررسی توسط متخصصان آن شرکت و مقایسه با مقادیر سفارش به روش سنتی ثابت شد که روش پیشنهادی کارایی قابل قبولی داشته و جواب‌های مناسبی ارائه می‌دهد. در این راستا، تأثیرات مدل بر میزان ضایعات و محصولات مرجوعی نیز موردبررسی قرار گرفت. بدین منظور، خروجی مدل پیشنهادی و مقدار واقعی تخصیص سفارش با تعداد واقعی فروش در بازه زمانی موردمطالعه، مقایسه شد و دیده شد که مقادیر روش پیشنهادی بسیار نزدیک‌تر به میزان فروش است، بنابراین تخصیص سفارش با استفاده از مدل

پیشنهادی می‌تواند ضایعات و پیامدهای اقتصادی همچون هزینه‌های نگهداری، خرید و سفارش‌دهی را کاهش دهد.

انتخاب تأمین‌کننده و تعیین سفارش بهینه هر محصول از هر تأمین‌کننده به‌گونه‌ای که هم‌زمان معیارهای پایداری توضیح داده‌شده در بخش ۳,۵ را در محیطی کاملاً فازی در نظر بگیرد، از مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق است.

علاوه براین مدل پیشنهادی می‌تواند برای خرده‌فروشان فعال در صنایع مختلفی همچون لبنیات، خشکبار و ... که می‌توانند محصولات متنوعی را از تأمین‌کنندگان بالقوه مختلف تهیه کنند و در فروشگاه‌های خود به فروش برسانند، مفید باشد.

همچنین موارد زیر برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد:

- مدل پژوهش حاضر به‌گونه‌ای طراحی‌شده است که محصولات موردنیاز را برای مقدار ثابت و معینی از تقاضا و بازه زمانی مشخص تأمین کند؛ بنابراین، در تحقیقات آینده، هر دو می‌توانند پارامترهای پویا باشند.
- پیشنهاد می‌شود از بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای طراحی و حل مشکل انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش استفاده شود.
- می‌توان قیمت خرید را در شرایط تخفیف موردتوجه قرار داد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Mina Kazemi Miyangaskary **https://orcid.org/0000-0002-5062-700**
Mohammadreza Mehregan **https://orcid.org/0000-0002-7974-8171**
Hossein Safari **https://orcid.org/0000-0001-9232-1319**
Samira Keivanpour **https://orcid.org/0000-0003-3554-7789**
Mahmoud Dehgan Nayeri **https://orcid.org/0000-0002-7648-2937**

منابع

۱. باقرزاده آذر، محمد و دری، بهروز. (۱۳۸۹). به‌کارگیری ANP جهت انتخاب بهترین تأمین‌کننده در زنجیره تأمین. *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، ۱۴(۴ (پیاپی ۶۹))، ۲۷-۴۷.

۲. تیموری، احسان؛ امیری، مقصود؛ الفت، لعیا و زندیه، مصطفی. (۱۳۹۹). مدل انتخاب تأمین‌کننده، تخصیص سفارش و قیمت‌گذاری در مدیریت زنجیره تأمین چند کالایی تک‌دوره‌ای و چند تأمین‌کننده با رویکرد روش‌های سطح پاسخ و الگوریتم ژنتیک. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۱)،۱-۲۳.

۳. جعفرنژادچقوشی، احمد; عرب، علیرضا و قاسمیان صاحبی، ایمن. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل ریاضی به‌منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان تاب‌آور و تخصیص اندازه سفارش در صنایع وابسته خودروسازی. *تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)*، ۱۶(۴ (پیاپی ۶۳))، ۵۵-۷۲.

٤. رزازی، محمدرضا و بانک توکلی، مهسا. (۱۳۹۴). انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها تحت شرایط پویا در زنجیره‌های تأمین. *فصلنامه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید*،۲۵(۴).

۵. سیف برقی، مهدی و بخشی زاده، نسترن. (۱۴۰۱). یکپارچه‌سازی ارزیابی تأمین‌کنندگان و طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته تاب‌آور و رتبه‌بندی بر اساس روش فازی-مورا-نقطه مرجع. *مطالعات مدیریت صنعتی*،۲۰(۶۵)،۱-۳۷.

٦. صالح، هیلدا؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ رستمی مال خلیفه، محسن و شفیعی، مرتضی. (۱۴۰۰). ارائه یک مدل ریاضی برای انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین بر اساس محاسبه کارایی سود. *پژوهش‌های نوین در ریاضی*،۷(۳۲)، ۱۷۷-۱۸۶.

۷. عیدی، علیرضا و بختیاری، مهناز. (۱۳۹۵). ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان دو لایه در زنجیره تأمین سبز به روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی مبتنی بر سطوح آلفا. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، (۲)۶.۹۱-۱۲۱.

۸. مؤمنی، منصور و حسین زاده، مهرناز. (۱۳۹۱). ارائه رویکردی جدید برای حل مسائل برنامه ریزی خطی تمام فازی با استفاده از مفهوم رتبه بندی فازی. *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، ۱۶(۴)، ۱۷۱-۱۸۸.

۹. محمدیان، علی اکبر و سیم خواه، مسعود. (۱۴۰۱). توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ریسک عدم تأمین و اثر برند بر تقاضا. *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۰(۶۷)،۲۰۳-۲۳۶.

۱۰. نیلفروشان، نیما و طحانیان، احمدرضا. (۱۳۹۵). انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین سبز (پایدار) جهت خرید رنگ موردنیاز خط کشی‌ها مطالعه موردی: معاونت حمل و نقل و شرکت مهندسی نیک اندیش. *تصمیم گیری و تحقیق در عملیات،۱ (۲)،۱۱۲-۱۳۱.*

۱۱. همراهی، رضا و موسوی، سیدمیثم. (۱۴۰۰). انتخاب تامین‌کنندگان در شبکه زنجیره تأمین تاب آور با استفاده از برنامه ریزی سازشی توسعه یافته در محیط تصمیم گیری گروهی فازی، *چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی انجمن ایرانی تحقیق درعملیات، مشهد.*

۱۲. هوشمندی ماهر، مجید و امیری، مقصود. (۱۳۹۷). ارائه‌ی مدل برنامه ریزی استوار یکپارچه برای تخصیص سفارش در زنجیره‌ی تأمین. *مطالعات مدیریت صنعتی.۱۶(۴۸)،۷۳-۱۰۷.*

13. Aghababayi, H., & Shafiei Nikabadi, M. (2021). An Integrated Fuzzy Model for Selecting Resilient Suppliers in Electronics Industry of Iran. *Logistics*, *5*(4), 71.
14. Aggarwal, S., & Sharma, U. (2013). Fully fuzzy multi-choice multi-objective linear programming solution via deviation degree. *Int.J. Pure Appl. Sci. Technol*. 19(1), 49–64.
15. Aggarwal, S., & Sharma, U. (2016). A new approach for solving fully fuzzy multi-choice multi-objective linear programming problem. Ann. *Fuzzy Math. Inform*. 1, 439–459.
16. Aggarwal, S., Sharma, U. (2016). Implementing deviation degree of two closed intervals to decode fully fuzzy multi-objective linear programming problem. *J. Intell. Fuzzy Syst.* 31, 443–455.
17. Ada, N. (2022). Sustainable supplier selection in agri-food supply chain management. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 7(1), 115.
18. Babbar, C., & Amin, S. H. (2018). A multi-objective mathematical model integrating environmental concerns for supplier selection and order allocation based on fuzzy QFD in beverages industry. *Expert Systems with Applications*, 92, 27-38.
19. Bellman, R., & Zadeh, L. (1970). Decision-Making in a Fuzzy Environment Author. *Management Science*,17(4), 140–164.

20.Bigdeli, H., Hassanpour, H., & Tayyebi, J. (2019). Multi-objective security game with fuzzy payoffs. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, *16*(1), 89-101.
21.Cheng, H., Huang, W., Zhou, Q., & Cai, J. (2013). Solving fuzzy multi-objective linear programming problems using deviation degree measure and weighted max-min method. *Applied Mathematical Modelling*. 37,6855–6869.
22.Das, K. (2015). An approach to solve fully fuzzy multi- objective linear programming problems. *Int. J. New Technol. Sci. Eng*. 2(4),227–232.
23.Dubey, D., & Mehra, A. (2014). A bipolar approach in fuzzy multi-objective linear programming. *Fuzzy Sets Syst*. 246, 127–141.
24.Ezzati, R., Khorram, E., & Enayati, R. (2015). A new algorithm to solve fully fuzzy linear programming problems using the MOLP problem. *Appl. Math. Modell*. 39(12), 3183–3193.
25.Ghosh, D., & Chakraborty, D. (2015). A method for capturing the entire fuzzy non-dominated set of a fuzzy multi-criteria optimization problem. *Fuzzy Sets and Systems*, *272*, 1-29.
26.Goli, A., Zare, H. K., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Sadegheih, A.
27.(2020). Multi-objective fuzzy mathematical model for a financially constrained closed-loop supply chain with labor employment. *Computational Intelligence*, *36*(1), 4-34.
28.Grzegorzewski, P. (2002). Nearest interval approximation of a fuzzy number. *Fuzzy Sets Syst*. 130, 321–330.
29.Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2017). Dynamic green supplier selection and order allocation with quantity discounts and varying supplier availability. *Computers & Industrial Engineering*, *110*, 573-589.
30.Hernández-Jiménez, B., Ruiz-Garzón, G., Beato-Moreno, A., & Osuna-Gómez, R. (2021). A Better Approach for Solving a Fuzzy Multiobjective Programming Problem by Level Sets. *Mathematics*, *9*(9), 992.
31.Hadi-Vencheh, A., Rezaei, Z., & Razipour, S. (2014). Solving fully fuzzy multiple objective linear programming problems: a new perspective.J. *Soft Comput*. Appl. 1–4.
32.Jayalakshmi, M., & Pandian, P. (2014). Solving fully fuzzy multi-objective linear programming problems. *Int. J. Sci. Res*. 3(4), 1–6.
33.Jagan Mohan Reddy, K., Neelakanteswara Rao, A., & Krishnanand, L. (2019). A review on supply chain performance measurement systems. *Procedia Manufacturing*, 30, 40–47.
34.Javad, M. O. M., Darvishi, M., & Javad, A. O. M. (2020). Green supplier selection for the steel industry using BWM and fuzzy TOPSIS: a case study of Khouzestan steel company. *Sustainable Futures*, *2*, 100012.

35.Jamwal, P.K., & Hussain, S. (2020). A fuzzy based multi-objective optimization of multi echelon supply chain network. J. Intell. *Fuzzy Syst*. 39, 3057–3066.
36.Ishibuchi, H., & Tanaka, H. (1990). Multi-objective programming in optimization of the interval objective function. *Eur. J. Oper. Res*. 48,219–225.
37.-Hernández-Jiménez, B., Ruiz-Garzón, G., Beato-Moreno, A., & Osuna-Gómez, R. (2021). A Better Approach for Solving a Fuzzy Multi-objective Programming Problem by Level Sets. *Mathematics*, *9*(9), 992.
38.Kao, J. C., Wang, C. N., Nguyen, V. T., & Husain, S. T. (2022). A fuzzy mcdm model of supplier selection in supply chain management. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 1451-1466.
39.-Ketchen, D. J., & Hult, G. T. M. (2007). Bridging organization theory and supply chain management: The case of best value supply chains. *Journal of Operations Management*, 25(2), 573–580.
40.Kumar, A., Kaur, J., & Singh, P. (2011). A new method for solving fully fuzzy linear programming problems. *Appl. Math. Modell*. 35,817–823.
41.Khan, I.U., Ahmad, T., & Maan, N. (2013). A simplified novel technique for solving fully fuzzy linear programming problems. *JOTA* 159,536–546.
42.Kaur, J., & Kumar, A. (2013). Mehar's method for solving fully fuzzy linear programming problems with LR fuzzy parameters. *Applied Mathematical Modelling*, *37*(12-13), 7142-7153.
43.Lu, K., Liao, H., & Zavadskas, E. K. (2021). An overview of fuzzy techniques in supply chain management: bibliometrics, methodologies, applications and future directions. *Technological and Economic Development of Economy*, *27*(2), 402-458.
44.Lotfi, F.H., Allahviranloo, T., Jondabeh, M.A., & Alizadeh, L. (2009). Solving a full fuzzy linear programming using lexicography method and fuzzy approximation solution. *Applied Mathematical Modelling*.33, 3151–3156.
45.Mohanaselvi, S., & Ganesan, K. (2012). Fuzzy Pareto-optimal solution to fully fuzzy multi-objective linear programming problem. *Int.J. Comput. Appl*. 52(7), 0975–8887.
46.Nasseri, S.H., Khalili, F., Nezhad, N.A.T., & Mortezania, S.M. (2014). A novel approach for solving fully fuzzy linear programming problems using membership function concepts. Ann. Fuzzy Math. Inf. 7(3), 355–368.
47.Pamucar, D., Torkayesh, A. E., & Biswas, S. (2022). Supplier selection in healthcare supply chain management during the COVID-19

pandemic: a novel fuzzy rough decision-making approach. *Annals of Operations Research*, 1-43

48. Sufiyan, M., Haleem, A., Khan, S., & Khan, M. I. (2019). Evaluating food supply chain performance using hybrid fuzzy MCDM technique. *Sustainable Production and Consumption*, *20*, 40-57.
49. Sengupta, A., Pal, T.K., & Chakraborty, D. (2001). Interpretation of inequality constraints involving interval coefficients and a solution to interval linear programming. *Fuzzy Sets Syst*. 119, 129–138.
50. -Sharma, U., & Aggarwal, S. (2018). Solving fully fuzzy multi-objective linear programming problem using nearest interval approximation of fuzzy number and interval programming. *International Journal of Fuzzy Systems*, *20*(2), 488-499.
51. Sun, Y. (2020). A Fuzzy Multi-Objective Routing Model for Managing Hazardous Materials Door-to-Door Transportation in the Road-Rail Multimodal Network with Uncertain Demand and Improved Service Level. *IEEE Access*, 8, 172808–172828.
52. Sobhanallahi, M. A., Mahmoodzadeh, A., & Naderi, B. (2020). A novel fuzzy multi-objective method for supplier selection and order allocation problem using NSGA II. *Scientia Iranica*, *27*(1), 481-493.
53. Tavakolian, M., Ershadi, M., & Azizi, A. (2020). Modeling the problem of selecting and assigning orders to suppliers based on the Goal planning, QFD and ANP combined approach. *Journal of New Researches in Mathematics*, 6(26), 61-80.
54. Tavana, M., Shaabani, A., Di Caprio, D., & Amiri, M. (2021). An integrated and comprehensive fuzzy multicriteria model for supplier selection in digital supply chains. *Sustainable Operations and Computers*, *2*, 149-169.
55. Zimmermann, H. J. (1978). Fuzzy Programming And Linear Programming With Several Objective Functions. *Fuzzy Sets and Systems*, *1*(1), 45–55.
56. Zekhnini, K., Cherrafi, A., Bouhaddou, I., Benghabrit, Y., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Supplier selection for smart supply chain: An adaptive fuzzy-neuro approach.

Reference [In Persian]

1. Hamrahi, R., & Mosavi, M. (1400). Selecting suppliers in the resilient supply chain network using compromise planning developed in a fuzzy group decision-making environment.*14th International Conference of Iranian Operations Research Society*. [In Persian]
2. -Hooshmandi Maher, M., & Amiri, M. (2018). An Integrated Robust Optimization Model for Supplier Selection and Order Allocation in a

Supply Chain. *Industrial Management Studies*, *16*(48), 73-107. [In Persian]

3. Jafarnejad Chaghooshi, A., Arab, A., & Ghasemian Sahebi, I. (2019). Providing a Mathematical Model for Evaluating Resilient Suppliers and Order Allocation in Automotive Related Industries**.** *Journal of Operational Research and Its Applications (Applied Mathematics)*,16(4),55-72. [In Persian]
4. -Momeni,M., & Hosseinzadeh, M. (2021). A new method for solving Fully Fuzzy Linear Programming Problems using fuzzy ranking concept. *Management Research in Iran*, 16(4), 171-188. [In Persian]
5. -Mohamadian, A. A., & Simkhah, M. (2022). Developing Combined Supplier Selection Model Based on non-Supply Risk and Effect of Brand on Demand. *Industrial Management Studies*, *20*(67), 203-236**.** [In Persian]
6. Nilforoushan, N., & Tahanian, A. (2017). Choose suppliers in the supply chain green (sustainable) required to purchase color surface marking Case Study: Department of Transport and Engineering Company Nik Andish. *Journal of Decisions and Operations Research*, 1(2), 112-131. doi: 10.22105/dmor.2017.44886. [In Persian]
7. -Rezazi, M., & Bank Tavakoli, M. (2014). Selecting suppliers and assigning orders to them under dynamic conditions in supply chains. *International Quarterly Journal of Industrial Engineering and Production Management*, 25(4). [In Persian]
8. Saleh, H., Hosseinzadeh Lotfi, F., Rostmay-Malkhalifeh, M., & Shafiee, M. (2021). Provide a mathematical model for selecting suppliers in the supply chain based on profit efficiency calculations. *Journal of New Researches in Mathematics*, 7(32), 177-186**.** [In Persian]
9. -Seifbarghy, M., & Bakhshizadeh, N. (2022). Integration of supplier selection and resilient closed loop supply chain design and ranking based on fuzzy-MOORA-reference point method. *Industrial Management Studies*, *20*(65), 1-37. [In Persian]
10. Teymouri, E., Amiri, M., Olfat, L., & Zandieh, M. (2020). Presenting a Supplier Selection, Order Allocation, and Pricing Model in Multi-item, Single-Period, and Multi-Supplier Supply Chain Management with Surface Response Methodology and Genetic Algorithm Approach. *Industrial Management Journal*, 12(1), 1-23. [In Persian]
11. Eydi, A., & Bakhtiari, M. (2016). Evaluating and Selecting Two-Layers of Suppliers in Green Supply Chain using Hierarchical Fuzzy Topsis based on Alpha Levels. *Journal of Industrial Management Perspective*, 6(Issue 2, Summer 2016), 91-121. [In Persian]

12.Bgher Zadeh, M., & Dary, B. (2021). Applying ANP in Selecting the Best Supplier in Supply Chain. *Management Research in Iran*, 14(4), 27-47. [In Persian]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: کاظمی میانگسکری، مینا.، مهرگان، محمدرضا.، صفری، حسین.، کیوان پور، سمیرا.، دهقان نیری، محمود. (۱۴۰۲). طراحی مدل بهینه‌سازی چندهدفه تمام فازی زنجیره تأمین حلقه بسته باهدف انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش (موردمطالعه: شرکت خرده‌فروشی مواد غذایی در ایران)، *مدیریت صنعتی*، ۲۱(۶۹)، ۱-۴۲.

DOI: 10.22054/jims.2023.70278.2815

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.