Iranian Journal of Supply Chain Management

Vol. 25, No. 81, Winter, 2024

Optimizing the Green Supply Chain Considering Technology which Used in Production Under Uncertainty

Malihe Ebrahimi

*Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, College of Technical Engineering, Kosar University of Bojnord, Iran

(Received: 21/06/2023; Accepted: 07/02/2024)

Abstract

Nowdays, due to the increase in population, the growth of technology and the enhancement in greenhouse gas emissions, it is very important to reduce the environmental pollution of manufacturing of products and the transportations. This article presents a new three level green supply chain model that consist of suppliers, manufacturers and customers. The novelty of this lecture is considering three objects simultaneously. Also, considering the technology, pollution and quality is the other novelties of this model. Due to the fact that in the real world information is not available, the non-deterministic approach will be used environmental pollution parameters and product quality parameters is considered in non-deterministic, the form of fuzzy numbers. The weighting the goals and LP-metric method are used to convert the multi-objective model to single- objective model which solving by GAMS software. Sensitivity analysis is done on some parameters. The obtained results show the greeter sensitivity of the new model to changes of demand. From of managerial point of view, this article can serve as a suitable guide for green supply chain network design, considering the effects of technology, profit, cost, and environmental factors under uncertainty.

Keywords: Supply Chain, Technology, Product Quality, Fazzy Planning

*Corresponding Author E-mail: maliheebrahimi@kub.ac.ir

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

نشریه علمی «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و پنجم، شماره ۸۱، زمستان ۱۴۰۲؛ ص ۸۵-۷۷
علمی – پژوهشی

بهینه‌سازی زنجیره تامین سبز با لحاظ فناوری مورد استفاده در تولید تحت شرایط عدم قطعیت

ملیحه ابراهیمی
استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه کوثر بجنورد
(دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱، پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸)

چکیده

امروزه با توجه به افزایش جمعیت، رشد فناوری و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید محصولات و حمل و نقل آنها بسیار حائز اهمیت است. در این مقاله یک مدل جدید چند هدفه زنجیره تامین سبز سه سطحی ارائه شده است که متشکل از تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان است. هدف اصلی این مقاله که وجه تمایز مدل ارائه شده با مدل‌های قبلی می‌باشد، در نظر گرفتن سه هدف حداکثرسازی سود (کاهش هزینه)، کاهش آلودگی زیست محیطی و افزایش کیفیت به طور همزمان در زنجیره تامین سبز می باشد. البته در نظر گرفتن فناوری و هزینه، آلودگی و کیفیت متاثر از آن نیز وجه تمایز دیگر این مدل می‌باشد. با توجه به اینکه در دنیای واقعی اطلاعات به صورت قطعی در دسترس نیستند، بنابراین از رویکرد غیرقطعی استفاده خواهد شد. در این مطالعه نیز مولفه‌های مربوط به آلودگی‌های زیست محیطی و کیفیت محصول غیرقطعی و به صورت عدد فازی لحاظ شده است. سپس با استفاده از روش وزن‌دهی به اهداف و روش LP-metric، مدل چند هدفه به مدل تک هدفه تبدیل شده و با استفاده از نرم افزار گمز مورد حل قرار گرفت. تحلیل حساسیت نیز بر روی برخی مولفه‌ها انجام شده است. نتایج بدست آمده، حساسیت بیشتر مدل ارائه شده، به تغییرات تقاضا را نشان می‌دهد. از نظر مدیریتی، این مقاله می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای مناسب برای طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز با در نظر گرفتن تأثیرات عوامل فناوری، سود، هزینه و اثرات زیست محیطی در شرایط عدم قطعیت باشد.

کلید واژه‌ها: زنجیره تامین، فناوری، کیفیت محصول، برنامه‌ریزی فازی

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، شرکت‌ها برای بقا در محیط رقابتی با چالش‌هایی مواجه می‌شوند. به طوری که برای اصلاح فرآیندهای تجاری خود و افزایش رضایت مشتری به مدیریت زنجیره تامین روی آورده‌اند. از سوی دیگر کاهش آلودگی و معیشت مردم موضوع دیگری است که از جنبه‌های زیست محیطی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین تولید سبز، لجستیک معکوس، تولید مجدد و مدیریت ضایعات به عنوان زیر مجموعه مدیریت زنجیره تامین سبز (GSCM[1]) موضوعات مهمی برای محققان و تولیدکنندگان است [۱]. اثرات زیست محیطی، موضوع مهمی است که در GSCM مورد توجه قرار می گیرد، به طوری که کلیه فرآیندها (تهیه، تولید و توزیع) باید به روشی سازگار با محیط زیست انجام شود[۲].

مساله مورد نظر در این تحقیق، توسعه مدل شبکه زنجیره تامین سبز می‌باشد. یک مدل جدید سه هدفه ارائه شده است به طوری که همزمان به کاهش هزینه کل زنجیره، کاهش آلودگی زیست محیطی و افزایش کیفیت می‌پردازد. واضح است که استفاده از فناوری‌های روز هم آلودگی‌های زیست محیطی را کاهش می‌دهد و هم کیفیت محصول را افزایش می‌دهد اما از طرفی منجر به افزایش هزینه‌های اولیه می‌شود. در این مقاله فناوری خاصی مدنظر نیست بلکه به‌عنوان یک عامل (فاکتور) در راستای افزایش کیفیت و کاهش آلودگی مد نظر قرار گرفته است. در تابع هدف هزینه، هزینه کل زنجیره اعم از هزینه تهیه مواد اولیه، هزینه موجودی، هزینه تولید، هزینه حمل و نقل و ... لحاظ شده است. در تابع هدف مرتبط به آلودگی‌های زیست محیطی، آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل و آلودگی‌های ناشی از تولید محصول که متاثر از فناوری مورد استفاده است؛ لحاظ شده است. در تابع هدف سوم، کیفیت محصولات فقط متاثر از فناوری مورد استفاده در تولید می‌باشد و عامل دیگری مانند کیفیت مواد اولیه، مهارت کاربر و .... لحاظ نشده است. بنابراین در نظر گرفتن سه هدف کاهش هزینه، کاهش آلودگی زیست محیطی و افزایش

*رایانامه نویسنده مسئول: maliheebrahimi@kub.ac.ir

[1] Green Supply Chain Management

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) © نویسندگان

کیفیت به طور همزمان می‌تواند نقطه عطفی برای تولیدکنندگان باشد که در مطالعات گذشته مورد بررسی قرار نگرفته است. در این مدل جدید، شبکه زنجیره تامین دارای سطوح تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان است. به طوری که چند هدفه، چند سطحی و چند محصولی می‌باشد.

برای سوق دادن مدل ریاضی به دنیای واقعی، پارامتر آلودگی زیست محیطی وسایل نقلیه و پارامترهای مربوط به فناوری (آسیب‌های زیست‌محیطی فناوری، هزینه فناوری و کیفیت محصول متاثر از فناوری مورد استفاده) دارای عدم قطعیت از نوع فازی (به صورت اعدا فازی ذوزنقه‌ای) می‌باشند.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

بررسی مطالعات گذشته، دیدگاه‌های مختلفی را در مطالعه زنجیره تأمین، بخصوص زنجیره تامین سبز نشان می‌دهد. مطاللعاتی که در زمینه GSCM انجام شده‌اند؛ یکسری به صورت مفهومی و ساختاری به این موضوع پرداخته‌اند و یکسری در زمینه مدلسازی، فرمول‌هایی ارائه داده‌اند، به طور مثال، محمودی و همکاران [۳]، یک زنجیره تامین سبز دو سطحی شامل یک تولید کننده سبز و دو خرده فروش ارائه نموده‌اند به طوری که تاثیر میزان تخصیص یارانه به تولیدکنندگان در میزان آلودگی زیست محیطی را بررسی نموده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر، زنجیره تامین سنگ پایدار بررسی شده است به طوری که مدل سه هدفه‌ای مدلسازی شده است که از جنبه اقتصادی به افزایش سود، از جنبه اجتماعی به کاهش آلودگی صوتی و از جنبه زیست محیطی پایداری به کاهش آلودگی گرد و غبار پرداخته شده است [۴]. تسنگ و همکاران [۵] ۲۳۶ مقاله در زمینه GSCM بررسی کرده‌اند. مطالعات آنها نشان می‌دهد که تحقیقات در مورد محرک‌ها یا تجزیه و تحلیل موانع مدیریت زنجیره تامین سبز، روند نزولی را طی می‌کند در حالی که روند رو به رشدی در استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی برای افزایش تصمیم‌گیری در تعقیب عملکرد زیست‌محیطی وجود دارد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر ۲۰۷ مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند که یک مرور بر ادبیات سیستماتیک با استفاده از استانداردهای بالای دقت و شفافیت ارائه داده‌اند. با توجه به نتایج، رویکرد دسته‌بندی و تعریف جامعی از GSCM مطرح کرده‌اند[۶]. هایون و همکاران[۷]، برای هر مرحله از QFD[1] معیارهای زنجیره تامین سبز را ارائه داده‌اند و یک مدل ترکیبی با استفاده از IVIF[2] و DEMATEL[3] و IVIF MOORA[4] نتایج نشان می‌دهد که درک انتظارات مشتری با مدیریت ارتباط با مشتری مهم‌ترین استراتژی نوآوری برای مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت انرژی با مراحل متوالی QFD است در حالی که محک زدن محیط بازار رقابتی نسبتاً آخرین جایگاه را در رتبه‌بندی دارد. بنزیدیا و همکاران[۸] با استفاده از فناوری BDA-AI روی فرایند ادغام زنجیره تامین و اثراتش بر عملکرد محیطی را مطالعه کرده‌اند. یافته‌ها نشان داد که استفاده از فناوری‌های BDA-AI تأثیر قابل‌توجهی بر یکپارچه‌سازی فرآیندهای محیطی و همکاری زنجیره تأمین سبز دارد. در مطالعه‌ای تاثیر فشار بازارگرایی بر شیوه تامین سبز در صنعت نساجی مورد بررسی قرار گرفته است که مزیت رقابتی با نقش میانجی تعهد مدیریتی در آن لحاظ شده است. تولیدکنندگان و عرضه‌کنندگان صنعت نساجی در استان آذربایجان شرقی جامعه‌ی آماری این پژوهش می‌باشد [۹]. لطفی و همکاران[۱۰]، عوامل تاثیرگذار بر زنجیره تامین سبز را شناسایی و بررسی نموده‌اند. با توجه به نمونه‌گیری انجام شده و با توجه به تحلیل پرسشنامه‌ها، رعایت استانداردهای لازم در خرید ماشین آلات، تجهیزات و ابزار از نقطه نظر فنی و زیست‌محیطی، بالاترین رتبه را بدست آورده‌اند و شاخص عدم وجود آلایندگی آب و خاک و هوا در حمل و نقل پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص دادند.

با توجه به مطالعات انجام شده، نوع فناوری مورد استفاده در GSCM دیده نشده و یا بسیار کم به آن پرداخته شده است. حتی در مطالعاتی که در زمینه SCM مطرح شده‌اند، فناوری لحاظ نشده است به طور مثال؛ سیف برقی و همکاران[۱۱] در مدل سه سطحی خود، هزینه و پوشش مشتریان را لحاظ کرده‌اند. به طوری که، آنها یک زنجیره تامین سه سطحی شامل تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان ارائه داده‌اند که در هدف اول هزینه کل کمینه می‌شود و در هدف دوم پوشش مشتریان حداکثر می‌شود. توزیع کنندگان بالقوه هستند و در این مدل، مکان آنها تعیین می‌شود. برای حل مدل نیز از سه روش فرابتکاری بهره برده‌اند. صالحی و همکاران[۱۲] در زمینه زنجیره تامین خون مطالعه نموده‌اند به طوری که مدل تصادفی دو مرحله‌ای را بر اساس سناریوهای وقوع زلزله در یک کلان شهر فرمول نویسی نموده‌اند. در مرحله اول، تصمیم‌گیری در خصوص مکانیابی مراکز جمع‌آوری دائمی و میزان موجودی هر گروه خونی و در مرحله دوم، تصمیمات عملیاتی که بسته به سناریوهای احتمالی دارد، اتخاذ می‌شود که از روش L-SHAP برای حل مدل

[1] Quality Function Deployment
[2] Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy
[3] Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
[4] Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis

استفاده شده است. تعیین موجودی اطمینان موضوع دیگری است که در تحقیقات دیده شده است. برای کاهش هزینه نگهداری و کمبود ظرفیت موجودی باید موجودی کمی نگهداری کرد، از طرفی برای برآوردن به موقع تقاضای مشتریان نیاز به موجودی هست. در این مقاله با در نظر گرفتن ساختار زمانی معین و موقعیت امنیت موجودی در زنجیره تامین، این موضوع مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۳]. به دلیل افزایش رویدادهای عمدی، اختلالات زنجیره تامین با راه‌اندازی یک بازی بین دو بازیکن، یعنی یک طراح و یک بازدارنده که به‌ترتیب بر سر به حداقل رساندن و حداکثر کردن هزینه کل رقابت می‌کنند، در نظر گرفته شده است. جلالی و همکاران[۱۴]، تاثیر چگونه گنجاندن هزینه موجودی بر استراتژی بازیکنان را بررسی نموده‌اند. به طوری که با فرض ویژگی خطرگریز طراح و بهینه‌سازی کامل دارایی بازدارنده با بودجه محدود، ارزش مشروط در معرض خطر برای درگیر شدن در هزینه کل استفاده شده است. کاهش میزان حمل و نقل و کاهش تعداد بارها به عنوان دو هدف در مساله‌ای دیگر از زنجیره تامین لحاظ شده است که در صنعت روغن می‌باشد. این مدل در شرایط عدم قطعیت و با روش بهینه‌سازی رباست فرمول نویسی شده است [۱۵]. محمدی جناکی[۱۶] به ارزیابی عملکرد شبکه زنجیره تامین شرکت‌های توزیع محصولات روغنی، با استفاده از مدل‌های SCOR[1] و DEA[2] پرداخته‌اند.

یکسری مطالعات هم در زمینه بورس و یارانه و مسائلی از این قبیل در زمینهSCM دیده می‌شود. نوربخش و همکاران[۱۷]، ۱۰ زنجیره تامین بورس اوراق بهادار تهران را برای قابلیت پیش‌بینی بودن برگشت از مشتری را با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری مورد بررسی قرار داده‌اند. با توجه به مطالعه انجام شده، عملکرد بورس اوراق بهادار مشخص می‌شود و از طرفی با استفاده از این بازده‌های قابل پیش بینی می‌توان برای ایجاد استراتژی‌های تجاری سودآور استفاده کرد. در مقاله‌ای دیگر، چالش‌های کلیدی مؤثر بر اجرای پلتفرم BT[3] برای مدیریت محصولات غذایی یارانه‌ای در ایران بررسی شده است. آنها مدلی را ارائه نموده‌اند که روش بهترین-بدترین (BWM)[4] را برای به دست آوردن وزن‌های مستقل و سیستم گیج غیرخطی تأثیر وزنی (WINGS)[5] با استفاده از یک طرح مقیاس‌گذاری مجدد برای در نظر گرفتن ارتباط متقابل بین معیارها ادغام نموده‌اند [۱۸]. در تحقیقی بدنه اطلاعاتی در حال تکامل در مورد فعالیت‌های مدیریت زنجیره تامین را با ارزیابی مجدد پیوندهایی که یکپارچه‌سازی زنجیره تامین با عملکرد مالی و عملیاتی دارد، با قرار دادن استراتژی رقابتی زیر لایه گسترش می‌دهد. داده‌های کمی از ۱۲۰ شرکت غنا جمع‌آوری و با استفاده از آمار توصیفی، تحلیل عاملی و مدل‌های رگرسیون منظم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است [۱۹].

با توجه به مطالعات موجود در مبانی نظری، پژوهش حاضر به دنبال ارائه مدل شبکه زنجیره تأمین سبز چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت با در نظر گرفتن سه هدف می‌باشد. تابع هدف اول به حداکثرسازی سود می‌پردازد، تابع هدف دوم مضرات ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از وسایل نقلیه و استفاده از فناوری را حداقل می‌سازد اما تابع هدف سوم که وجه تمایز مدل ارائه شده با مدل‌های قبلی می‌باشد به حداکثرسازی کیفیت محصولات با توجه به فناوری مورد استفاده می‌پردازد.

همانطور که در پیشینه تحقیق مشاهده می‌شود، یکسری که به صورت مفهومی و ساختاری موضوع را بررسی نموده‌اند. اما در مدل‌های ریاضی ارائه شده در این حوزه، بیشتر به اثرات زیست‌محیطی و هزینه پرداخته شده است. از طرفی نوع فناوری مورد استفاده برای ساخت محصولات تاثیرات بسیاری بر آلودگی زیست محیطی دارد. در این مدل انتخاب فناوری یک موضوع مهم است که در هر سه تابع هدف لحاظ شده است به طوری که هزینه استفاده از فناوری در تابع هدف اول، آلودگی ناشی از آن فناوری در تابع هدف دوم و کیفیت محصولات تولیدی در اثر استفاده از آن فناوری در تابع هدف سوم در نظر گرفته شده است. بنابراین اهمیت به نوع فناوری مورد استفاده و در نظر گرفتن همزمان سه تابع هدف هزینه، آلودگی زیست محیطی و کیفیت در یک زنجیره تامین موضوعی بسیار جدید و حائز اهمیت است. چرا که خلاء استفاده همزمان این سه تابع هدف در مطالعات دیده شده بود. از طرفی میزان آلودگی زیست محیطی وسایل نقلیه و پارامترهای مرتبط با استفاده از فناوری به صورت غیرقطعی و به صورت عدد فازی ذوزنقه‌ای لحاظ شده است.

از منظر عدم قطعیت نیز برخی از مطالعات تمام پارامترها را به شلکل قطعی در نظر گرفتند و برخی هم که به صورت غیرقطعی مدلسازی کرده‌اند، بر روی پارامترهای آلودگی زیست محیطی وسایل نقلیه و پارامترهای مرتبط با فناوری تمرکز نداشته‌اند که این شکاف نیز در مدل پیشنهادی رفع شده است.

[1] supply chain operations reference
[2] Data Envelopment Analysis
[3] Blockchain technology
[4] Best-Worst method
[5] Weighted Influence Non-Linear Gauge System

۳- روش شناسی پژوهش

این تحقیق از منظر هدف از نوع توسعه‌ای و از جهت روش از نوع مدلسازی کمی است و پژوهشگر در صدد است ابتدا یک مساله ریاضی چندهدفه شبکه زنجیره تلأمین سبز تحت عدم قطعیت را فرمول‌نویسی کند. با استفاده از روش وزن‌دهی به اهداف و روش LP-metric، و با بهره‌گیری از نرم افزار GAMS مدل چند هدفه حل و مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی حساسیت مدل به برخی پارامترهای قطعی، مانند تقاضا و قیمت، از تحلیل حساسیت استفاده شد.

۴- مدل ارائه شده

در این قسمت به تعریف مفروضات، اندیس‌ها، پارامترها، متغیرهای تصمیم پرداخته می‌شود و در ادامه مدل ارائه شده آورده شده است.

مفروضات:

- هزینه حمل و نقل به نوع مواد، قطعه، محصول بستگی ندارد و تحت تأثیر میزان مسافت است.
- مراکز تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان ثابت و از پیش تعریف شده است.
- کمبود مجاز است.
- چند محصول در نظر گرفته می‌شود.
- کیفیت محصول متاثر از فناوری مورد استفاده برای ساخت آن می‌باشد.
- هر کارخانه‌ای فقط می‌تواند از یک نوع فناوری برای ساخت هر محصول استفاده کند.

۴-۱- مدل ریاضی

شاخص ها

مواد خام	**r**
محصول نهایی	**p**
تامین کننده	**s**
تولید کننده	**m**
مشتریان	**c**
فناوری	**o**
وسیله نقلیه	**v**
زمان	**t**

پارامترها:

$Dp_{p,c,m,t}$	تقاضای مشتری c از کارخانه m برای محصول p در دوره t
$Cr_{r,s,t}$	هزینه تامین ماده خام r از تامین کننده s در دوره t
$Cp_{m,p,t}$	هزینه تولید محصول p در کارخانه m در دوره t
$Cb_{p,m,t}$	هزینه کمبود محصول p در کارخانه m در دوره t
$Cvm_{m,c,v,t}$	هزینه حمل و نقل به ازای هر کیلومتر از کارخانه m به مشتری c با وسیله v در دوره t
$Cvs_{s,m,v,t}$	هزینه حمل و نقل به ازای هر کیلومتر از تامین کننده s به کارخانه m با وسیله v در دوره t
$\mu_{p,r}$	مقدار مورد نیاز از ماده خام r در هر واحد محصول p
$Ls_{s,m}$	فاصله بین تامین کننده s و تولید کننده m
$Lm_{m,c}$	فاصله بین تولیدکننده m و مشتری c
Puv_v	آسیب های زیست محیطی وسیله نقلیه v در هر کیلومتر
Puo_o	آسیب های زیست محیطی فناوری o
$e_{o,m,t}$	هزینه فناوری o در کارخانه m در دوره t
$Upo_{p,o}$	کیفیت محصول p که با فناوری o درست شود
$Pp_{p,m,t}$	قیمت محصول p در کارخانه m در دوره t
$Hr_{r,m,t}$	هزینه نگهداری ماده خام r در کارخانه m در دوره t
$Mrs_{r,s,t}$	حداکثر ظرفیت تامین کننده s

برای فراهم کردن ماده خام r در دوره t	
حداکثر ظرفیت موجودی ماده خام r در کارخانه m در دوره t	$Mri_{r,m,t}$
حداقل تامین تقاضای مشتری c برای محصول p	$Sat_{p,c}$
ضریب حساسیت قیمت در تقاضا	β

متغیرها:

مقدار ماده خامr که از تامین کننده s به تولیدکننده m با وسیله v در دوره t ارسال میشود	$Qtr_{r,s,m,v,t}$
مقدار محصول p که از تولیدکننده m با وسیله v به مشتری c در دوره t ارسال میشود	$Qtp_{p,m,c,v,t}$
مقدار محصول p که با فناوری o در تولیدکننده m در دوره t تولید میشود	$Qtpo_{p,m,o,t}$
موجودی ماده خام r در تولیدکننده m در دوره t	$Nir_{r,m,t}$
کمبود محصول p در کارخانه m در دوره t	$B_{p,m,t}$
برابر ۱ اگر و فقط اگر ماده خام r از تامین کننده s به تولیدکننده m با وسیله نقلیه v در دوره t انتقال داده شود	$Xtr_{r,s,m,v,t}$
برابر ۱ اگر و فقط اگر محصول p از تولیدکننده m به مشتری c با وسیله نقلیه v در دوره t انتقال داده شود	$Xtp_{p,m,c,v,t}$
برابر ۱ اگر و فقط اگر محصول p با فناوری o در کارخانه m در دوره t تولید شود	$Xp_{p,m,o,t}$

تابع هدف اول سود را حداکثر می‌سازد که شامل درآمد منهای هزینه (هزینه تهیه مواد خام، هزینه تولید، هزینه حمل و نقل، هزینه کمبود و هزینه استفاده از فناوری) است. تابع هدف دوم مربوط به کاهش آلودگی‌های زیست محیطی است که شامل آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از حمل و نقل وسایل نقلیه و استفاده از فناوری می‌شود. تابع هدف سوم مربوط به بیشینه‌سازی کیفیت محصولات تولیدی است که وابسته به نوع فناوری مورد استفاده می‌باشد. محدودیت اول (معادله شماره۳) رابطه تقاضا با قیمت را نشان می‌دهد. معادله شماره ۴ در ارتباط با میزان کمبود مجاز محصولات (سطح رضایت مشتری) است. محدودیت مربوط به تعادل کمبود محصول در معادله ۵ بیان شده است. معادله ۶ در ارتباط با محدودیت تعادل موجودی مواد خام می‌باشد که متاثر از میزان مصرف مواد خام و میزان ورودی مواد خام به کارخانه می‌باشد. معادله ۷حداکثر ظرفیت تامین مود خام را نشان می‌دهد. برای مقدار گرفتن متغیر مربوط به میزان ماده خام تهیه شده در ارتباط با تامین کننده s و تولیدکننده m باید حتما بین تامین‌کننده s و تولیدکننده m با وسیله نقلیه v ارتباط برقرار شده باشد (معادله شماره۸). برای مقدار گرفتن متغیر میزان محصول ارسالی به مشتری در ارتباط با تولیدکننده m و مشتری c حتما باید بین تولیدکننده m و مشتری c با وسیله نقلیه v ارتباط برقرار شده باشد که این موضوع در مورد میزان محصول تولیدی با فناوری o نیز صادق است که باید حتما تولیدکننده m فناوری o را برای محصول p داشته باشد (معادله شماره ۹ و ۱۰). هر محصولی در هر تولیدکننده‌ای (کارخانه‌ای) باید فقط با یک نوع فناوری تولید شود که در معادله ۱۱ بیان شده است. معادله شماره ۱۲ تعادل بین میزان محصول تولیدی با هر نوع فناوری و میزان محصول ارسالی از هر کارخانه به هر مشتری را نشان می‌دهد. در معادله ۱۳ حداکثر ظرفیت موجودی ماده خام r در هر کارخانه (تولیدکننده) نشان داده می‌شود. تمام متغیرهای مساله شامل متغیرهای مثبت و باینری در معادله ۱۴ نشان داده شده است.

$$\max Z_1 = \sum_p \sum_m \sum_t Pp_{p,m,t} \cdot \sum_c \sum_v Qtp_{p,m,c,v,t} - \sum_t^T \sum_v^V \sum_c^C \sum_p^P \sum_n^N \sum_r^R \sum_m^M \sum_s^S Cr_{r,s,t} \cdot Qtr_{r,s,m,v,t} + Cvs_{s,m,v,t} \cdot Ls_{s,m} \cdot Xtr_{r,s,m,v,t} + Hr_{r,m,t} \cdot Nir_{r,m,t} + Cp_{m,p,t} \cdot Qtp_{p,m,c,v,t} + Cvm_{m,c,v,t} \cdot Lm_{m,c} \cdot Xtp_{p,m,c,v,t} + \widetilde{e_{o,m,t}} \cdot Xp_{p,m,o,t} + Cb_{p,m,t} \cdot B_{p,m,t} \quad (۱)$$

$$\min Z_2 = \sum_t^T \sum_v^V \sum_c^C \sum_p^P \sum_n^N \sum_r^R \sum_m^M \sum_s \widetilde{Puv_v} \cdot Ls_{s,m} \cdot Xtr_{r,s,m,v,t} + \widetilde{Puv_v} \cdot Lm_{m,c} \cdot Xtp_{p,m,c,v,t} + \widetilde{Puo_o} \cdot Qtpo_{p,m,o,t} \cdot Xp_{p,m,o,t} \quad (۲)$$

$$\max \quad Z_3 = \sum_p \sum_o \widetilde{Upo_{p,o}} \cdot \sum_m \sum_t Qtpo_{p,m,o,t} \cdot Xp_{p,m,o,t} \quad (۳)$$

$$B_{p,m,t} \le \sum_c (1 - Sat_{p,c}) \cdot Dpp_{p,c,m,t} \quad (۴)$$

$$\sum_m \sum_v Qtp_{p,m,c,v,t} + B_{p,m,t} = \sum_m Dpp_{p,c,m,t} + B_{p,m,t-1} \quad (۵)$$

$$Nir_{r,m,t} = Nir_{r,m,t-1} + \sum_s \sum_v Qtr_{r,s,m,v,t} - \sum_c \sum_v \mu_{p,r} \cdot Qtp_{p,m,c,v,t} \quad (۶)$$

$$\sum_m \sum_v Qtr_{r,s,m,v,t} \le Mrs_{r,s,t} \quad (۷)$$

$$Qtr_{r,s,m,v,t} \le Mbig \cdot Xtr_{r,s,m,v,t} \quad (۸)$$

$$Qtp_{p,m,c,v,t} \le Mbig \cdot Xtp_{p,m,c,v,t} \quad (۹)$$

$$Qtpo_{p,m,o,t} \le Mbig \cdot Xp_{p,m,o,t} \quad (۱۰)$$

$$\sum_o Xp_{p,m,o,t} = 1 \quad (۱۱)$$

$$\sum_o Qtpo_{p,m,o,t} = \sum_c \sum_v Qtp_{p,m,c,v,t} \quad (۱۲)$$

$$Nir_{r,m,t} \le Mri_{r,m,t} \quad (۱۳)$$

$$Qtr_{r,s,m,v,t}, Qtpo_{p,m,o,t}, Qtp_{p,m,c,v,t}, Nir_{r,m,t}, B_{p,m,t} \ge 0 \quad (۱۴)$$

$$Xp_{p,m,o,t}, Xtr_{r,s,m,v,t}, Xtp_{p,m,c,v,t}, = 0,1$$

$$\mathbf{min}\ \boldsymbol{z} = \left[\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\boldsymbol{f_i^*} - \boldsymbol{f_i}}{\boldsymbol{f_i^*}}\right)^{\boldsymbol{p}}\right]^{\boldsymbol{1/p}} \quad (۱۵)$$

$$\min Z_1 = \sum_p \sum_m \sum_t Pp_{p,m,t} \cdot \sum_c \sum_v Qtp_{p,m,c,v,t} - \sum_t^T \sum_v^V \sum_c^C \sum_p^P \sum_n^N \sum_r^R \sum_m^M \sum_s^S Cr_{r,s,t} \cdot Qtr_{r,s,m,v,t} + Cvs_{s,m,v,t} \cdot Ls_{s,m} \cdot Xtr_{r,s,m,v,t} + Hr_{r,m,t} \cdot Nir_{r,m,t} + Cp_{m,p,t} \cdot Qtp_{p,m,c,v,t} + Cvm_{m,c,v,t} \cdot Lm_{m,c} \cdot Xtp_{p,m,c,v,t} + \left(\frac{e_{o,m,t} + e_{o,m,t} + e_{o,m,t} + e_{o,m,t})}{4}\right) \cdot Xp_{p,m,o,t} + Cb_{p,m,t} \cdot B_{p,m,t} \quad (۱۶)$$

$$\min Z_2 = \sum_t^T \sum_v^V \sum_c^C \sum_p^P \sum_n^N \sum_r^R \sum_m^M \sum_s \left(\frac{Puv_v^1 + Puv_v^2 + Puv_v^3 + Puv_v^4}{4}\right) \cdot Ls_{s,m} \cdot Xtr_{r,s,m,v,t} + \left(\frac{Puv_v^1 + Puv_v^2 + Puv_v^3 + Puv_v^4}{4}\right) \cdot Lm_{m,c} \cdot Xtp_{p,m,c,v,t} + \left(\frac{Puo_o^1 + Puo_o^2 + Puo_o^3 + Puo_o^4}{4}\right) \cdot Qtpo_{p,m,o,t} \cdot Xp_{p,m,o,t} \quad (۱۷)$$

$$\max \quad Z_3 = \sum_p \sum_o \left(\frac{Upo_{p,o}^1 + Upo_{p,o}^2 + Upo_{p,o}^3 + Upo_{p,o}^4}{4}\right) \cdot \sum_m \sum_t Xp_{p,m,o,t} \cdot Qtpo_{p,m,o,t} \quad (۱۸)$$

۴-۲- مدل‌سازی فازی

در این مطالعه از منطق فازی برای مدلسازی و حل مساله استفاده می‌کند. تئوری مجموعه فازی با توجه به مزایایی که دارد، بیشتر از سایر تکنیک‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. به دلیل نبود اطلاعات دقیق و کافی، روش برنامه‌ریزی فازی رویکرد موثرتری نسبت به روش‌های دیگر است. چرا که به عنوان مثال، روش احتمالی نیاز به دانش کافی در مورد توزیع پارامترهای غیرقطعی دارد. در واقع در رویکرد احتمالی، مشخص کردن توزیع پارامترهای مساله و تعیین ارزش آن ضروری است که در مقایسه با رویکرد فازی بسیار مساله‌ساز است. در شرایطی که پارامترها غیرقطعی هستند، توسعه ی یک روش برنامه نویسی فازی منجر به انعطاف‌پذیری واقعی سیستم می‌شود[۲۱ و ۲۲].

۵- رویکرد حل

از آنجایی که در دنیای واقعی، عدم قطعیت یک عامل اجتناب‌ناپذیر است و لذا به منظور سوق دادن مدل ریاضی به دنیای واقعی می‌توان فرض کرد برخی پارامترها دارای عدم قطعیت از نوع فازی (به صورت اعدا فازی ذوزنقه‌ای) می‌باشند. به طور کلی، مساله برنامه‌ریزی فازی باید ابتدا به یک مساله معادل قطعی تبدیل شود و سپس با روش‌های دقیق حل شود و پاسخ بهینه به دست آید [۲۰]. برای حل مدل فازی ارائه شده، ابتدا مدل غیرقطعی به یک مدل قطعی تبدیل می‌شود. پارامترهای فازی توابع هدف با استفاده از روش رزمجویی و همکاران [۲۱] به پارامترهای قطعی در معادلات ۱۶-۱۸ تبدیل می‌شوند. سپس با استفاده از روش وزن‌دهی به اهداف و روش LP-metric، مدل چند هدفه به مدل تک هدفه تبدیل شده و با استفاده از نرم افزار گمز حل می‌شود[۲۳ و ۲۴]

۶- مثال عددی

در این قسمت با استفاده از مثال عددی مدل جدید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پارامترها به صورت تصادفی انتخاب شدند. مدل جدید با استفاده از نرم افزار بهینه‌سازی گمز حل می‌شود. همانطور که قبلا گفته شد، مدل جدید چند هدفه با استفاده از روش وزن‌دهی به اهداف و روش LP-metric به تک هدفه تبدیل شد. مقادیر توابع هدف و وزن مربوط به هر هدف، در جدول (۱) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۱) با وزن‌های مختلف، مقادیر مختلف توابع هدف بدست آمده‌اند که نشان دهنده کارا بودن روش مورد استفاده می‌باشد.

جدول (۱). مقادیر توابع هدف

	تابع هدف(OF)	value
OF of Utility function method (w1=0.4, w2=0.2, w3=0.4)	OF1	۷۲۳۳۸۴۲۰
	OF2	۳۹۸۶۲۳۳۰
	OF3	۴۲۷۷۸/۸۱۶
	Aggregated value	-۲۱۱۱۴۴۰۰۰
OF of Utility function method (w1=0.1, w2=0.3, w3=0.6)	OF1	۷۲۳۳۸۱۱۰
	OF2	۳۹۸۶۲۱۸۰
	OF3	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
	Aggregated value	۴۴۵۳۱۷۵/۵۷۸
OF of Utility function method (w1=0.05, w2=0.6, w3=0.35)	OF1	۵۷۰۱۵۰۲۰
	OF2	۳۵۸۱۰۴۹۰
	OF3	۴۰۶۵۶۶/۱۶۴
	Aggregated value	۱۸۴۹۳۲۵۰
OF of Utility function method (w1=0.7, w2=0.1, w3=0.2)	OF1	۷۲۳۳۸۴۲۰
	OF2	۳۹۸۶۲۳۳۰
	OF3	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
	Aggregated value	-۴۶۷۴۱۲۰۰
OF of LP-metric method (p=1)	OF1	۴۳۸۷۶۶۰۰
	OF2	۳۹۸۶۲۳۳۰
	OF3	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
	Aggregated value	۰/۱۱۶

۶-۱- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت روی پارامترهای تقاضا (که بدون تاثیر قیمت می‌باشد) و پارامتر کیفیت محصول در صورت استفاده از فناوری، انجام شده است. برای این منظور، مقادیر وزن هر هدف به صورت w1=0.1, w2=0.3, w3=0.6 می باشد که رنجی از تغییرات به صورت ۴۰٪ کاهش تا ۴۰٪ افزایش لحاظ شده است. نتایج تحلیل حساسیت مربوط به تقاضا در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲). تحلیل حساسیت پارامتر تقاضا

درصد تغییرات پارامترها	مقادیر اهداف		
	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	تابع هدف سوم
-۰/۲	۴۱۰۷۱۹۳۰	۳۸۸۷۹۰۲۰	۴۴۱۷۰۸/۳۱۹
-۰/۱	۵۸۱۰۷۲۰۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
+۰/۱	۸۶۵۶۹۰۲۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
+۰/۲	۱۰۰۷۹۹۹۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶

با توجه به جدول (۲)، با افزایش تقاضا، مقادیر هر سه تابع هدف افزایش می‌یابد که نشان دهنده موثر بودن مقدار تقاضا در مقادیر هر هدف می‌باشد که منطقی است. البته شیب تغییرات در مقادیر تابع هدف سوم بسیار کمتر از شیب تغییرات در مقادیر توابع هدف اول و دوم است. بنابراین تغییرات تقاضا روی تابع هدف سوم تاثیر کمتری دارد.

جدول (۳). تحلیل حساسیت پارامتر قیمت

مقادیر اهداف			درصد تغییرات پارامترها
تابع هدف سوم	تابع هدف دوم	تابع هدف اول	
۳۶۲۲۲۳/۰۵۳	۳۱۹۲۱۹۲۰	۵۷۸۳۴۴۲۰	-۰/۲
۴۰۷۵۰۰/۹۳۴	۳۵۸۹۲۰۵۰	۶۵۰۸۶۲۷۰	-۰/۱
۴۵۲۷۷۸/۸۱۶	۳۹۸۶۲۱۸۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	۰
۴۹۸۰۵۶/۶۹۷	۴۳۸۳۲۳۱۰	۷۹۵۸۹۹۶۰	+۰/۱
۵۴۳۳۳۴/۵۷۹	۴۷۸۰۲۴۴۰	۸۶۸۴۱۸۱۰	+۰/۲

با توجه به جدول (۳)، تغییرات قیمت محصول روی توابع هدف دوم و سوم تاثیر بسیار کمی دارد و میزان تغییرات مقادیر توابع هدف دوم و سوم با توجه به تغییرات قیمت، بسیار کم است. اما با افزایش مقدار قیمت کالا، مقادیر تابع هدف اول نیز افزایش یافته است و منطقی است چرا که تابع هدف اول مربوط به سود یعنی تفاضل درآمد از هزینه است. بنابراین می‌توان گفت که تغییرات پارامتر قیمت روی تابع هدف اول تاثیر قابل توجهی دارد.

جدول (۴). تحلیل حساسیت پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری

مقادیر اهداف			درصد تغییرات پارامترها
تابع هدف سوم	تابع هدف دوم	تابع هدف اول	
۳۶۲۲۲۳,۰۵۳	۳۹۸۶۲۱۸۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	-۰/۲
۴۰۷۵۰۰,۹۳۴	۳۹۸۶۲۱۸۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	-۰/۱
۴۵۲۷۷۸/۸۱۶	۳۹۸۶۲۱۸۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	۰
۴۹۸۰۵۶,۶۹۷	۳۹۸۶۲۱۸۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	+۰/۱
۵۴۳۳۳۴,۵۷۹	۳۹۸۶۲۱۸۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	+۰/۲

با توجه به جدول (۴)، تغییرات پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری روی توابع هدف اول و دوم تاثیر بسیار کمی دارد و منطقی است چرا که همزمان با تغییر پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری ، هزینه استفاده از فناوری تغییری نکرده است. اما با افزایش مقدار پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری کالا، مقادیر تابع هدف سوم نیز افزایش یافته است و منطقی است چرا که تابع هدف سوم مربوط به کیفیت است. بنابراین می‌توان گفت که تغییرات پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری روی تابع هدف سوم تاثیر قابل توجهی دارد.

۷- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های زیست محیطی، سازمان‌ها، شرکت‌ها توجه بسیار به کاهش آلودگی و معیشت مردم نموده‌اند به طوری که جنبه‌های زیست محیطی بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. به عبارت دیگر، تولید سبز، لجستیک معکوس، تولید مجدد و مدیریت ضایعات به عنوان زیر مجموعه مدیریت زنجیره تامین سبز موضوعات مهمی برای شرکت‌ها، محققان و تولیدکنندگان است. اثرات زیست‌محیطی، موضوع مهمی است که در GSCM مورد توجه قرار می‌گیرد، به طوری که کلیه فرآیندها (تهیه، تولید و توزیع) باید به روشی سازگار با محیط زیست انجام شود. یک مدل جدید فازی زنجیره تامین سبز در این مقاله ارائه شده است که به صورت سه سطحی و چند محصولی و چند دوره‌ای می‌باشد. مدل سه سطحی ارائه شده، شامل تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان است. تابع هدف اول به حداکثرسازی سود می‌پردازد که شامل اختلاف درآمد و هزینه کل است، هزینه‌ها شامل هزینه‌های کل زنجیره اعم از تهیه مواد اولیه، هزینه موجودی، هزینه تولید، هزینه حمل و نقل و.... می‌باشد. تابع هدف دوم آلودگی‌های زیست‌محیطی را که در اثر حمل و نقل وسایل نقلیه و استفاده از فناوری ایجاد می‌شود؛ کاهش می‌دهد. تابع هدف سوم کیفیت محصولات تولیدی را که وابسته به نوع فناوری مورد استفاده است؛ افزایش می‌دهد. مدل فازی ارائه شده، با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای به مدل قطعی تبدیل شده است. تحلیل حساسیت روی پارامترهای تقاضا و قیمت محصول حساسیت تابع هدف اول و دوم به تقاضا و حساسیت بالای تابع هدف اول به قیمت را نشان داد. اما تغییرات تابع هدف سوم در ارتباط با تغییرات تقاضا بسیار اندک بود. بنابراین با توجه به اهمیت هر تابع هدف، می‌توان تغییرات هر پارامتر را در نظر گرفت و با دقت بیشتری مقدار آن را تعیین کرد. از نظر مدیریتی، این مقاله می‌تواند به عنوان یک خط مشی مناسب برای طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز با در نظر گرفتن تأثیرات فاکتورهای فناوری، سود، هزینه و اثرات زیست محیطی با در نظر گرفتن عدم قطعیت باشد. همچنین به دلیل شرایط محیطی و شرایط مراکز تولیدی، اثرات زیست محیطی وسایل نقلیه و پارامترهای مرتبط با فناوری، در این زنجیره می‌تواند توأم با عدم قطعیت باشد که در این مدل نیز این فرض لحاظ شده است و شرایط مدل را به دنیای واقعی نزدیک‌تر نموده است.

پیشنهادات به منظور تحقیقات آتی:

در نظر گرفتن تقاضا به صورت وابسته و تابعی از قیمت، کیفیت و ...

در نظر گرفتن مدل به صورت سفارشی، بطوری که تابع هدفی با عنوان زمان تحویل کالا تعریف شود و موجودی کالای نهایی و هزینه مربوط به آن حذف شود.

استفاده از روش‌های دقیق مانند بندرز، L-SHAP و .... برای حل مدل در ابعاد بزرگ

استفاده از روش‌های فرابتکاری مانند ژنتیک و .... برای حل مدل در ابعاد بزرگ

استفاده از بهینه‌سازی استوار مانند مولوی و ... برای در نظر گرفتن عدم قطعیت در مدل مورد نظر.

۸- مراجع

[1] R. Sadegi Rad and N. Nahavandi, "A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed-loop supply chain network design and quantity discount", Journal of Cleaner Production, vol. 196, pp. 1549-1565, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.06.034

[2] R. Ma, L. Yao, M. Jin, P. Ren, and Z. LV, "Robust environmental closed-loop supply chain design under uncertainty", Chaos, Solitons & Fractals, vol. 89, pp. 195-202, 2016. DOI: 10.1016/j.chaos.2015.10.028

[3] A. Mahmoudi, M. Abedian, and D. Shishebori, "The Dual-Channel Green Supply Chain Performance Under Government Monitoring: A Game Theoretic Approach", Advances in Industrial Engineering, vol. 54, pp. 423-446, 2020. DOI: 10.22059/jieng.2021.325645.1781

[4] M. Arabi, and M. R. Gholamian, "Sustainable Supply Chain Network Design with PriceBased Demand Considering Sound and Dust Pollutions: A Case Study", Advances in Industrial Engineering, vol. 55(3) pp. 285-306, 2021. DOI: 10.22059/AIE.2021.331646.1809.

[5] M. L. Tseng, M. Shamimul Islam N. Karia, F. A. Fauzi, and S. Afrin, "A literature review on green supply chain management: Trents and future challenges", Resources, Conservation and Recycling, vol. 141, pp. 145-162, 2019. **DOI:** 10.1016/j.resconrec.2018.10.009.

[6] S. Badi, and N. Murtagh, "Green supply chain management in construction: a systematic literature review and future research agenda", Journal of Cleaner Production, vol. 223, pp. 312-322, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.132.

[7] C. Haiyun, H. Zhixiong, S. Yuksel, and H. Dincer, "Analysis of innovation strategies for green supply chain management in the energy industry using the QFD-based hybrid interval valued intuitionistic fuzzy decision approach", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 143, pp. 1-17, 2021. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110844.

[8] S. Benzidia, N. Makaoui, and O. Bentahar, "The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance", Technological Forecasting and Social Change, vol. 165, pp. 1-13, 2021. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120557.

[9] A. M. Bashokouh, and K.V. Ebrahimi, "Investigating the Impact of Institutional Pressure and Market Orientation on the Green Supply Method and Competitive Advantage with the Mediating Role of Managerial Commitment (Case Study: Textile Industry)", Iranian Journal of Supply Chain Management, vol. 25(78), PP. 9-21, 2023. (In Persian)

[10] A. Lotfi, M. Gholami, M. Lotfi Jalalabadi, A. Saadatian Asl, "Analyzing the Factors Affecting the Green Supply Chain Management in Logistic Systems", Iranian Journal of Supply Chain Management, vol. 19, pp. 18-31, 2017. (In Persian)

[11] M. Seifbarghy, M. Soleimani, and M. Jabbari, "Comparing Multi-Objective Meta-Heuristics for Multi- Commodity Supply Chain Design Problem with Partial Coverage", Advances in Industrial Engineering, vol. 54(4), pp. 365-379, 2020. DOI: 10.22059/JIENG.2021.325287.1775.

[12] F. Salehi, Y. Allahyari Emamzadeh, A. E. Mirzapour, S. M. J. hashem, and R. Shafiei Aghdam, "An L-Shaped Method to Solve a Stochastic Blood Supply Chain Network Design Problem in a Natural Disaster", Advances in Industrial Engineering, vol. 55(1) pp. 47-68, 2021. DOI: 10.22059/jieng.2021.325375.1776.

[13] A. Arasteh, "Optimizing Inventory Management Costs in Supply Chains by Determining Safety Stock Placement", Journal of Optimization in Industrial Engineering, vol. 15(1), pp.1-15, 2022.

[14] S. Jalali, M. Seifbarghy, and S. T. Akhavan Niaki, "A Risk-averse Inventory-based Supply Chain Protection Problem with Adapted Stochastic Measures under Intentional Facility Disruptions: Decomposition and Hybrid Algorithms", Journal of Optimization in Industrial Engineering, vol. 13(2), pp. 211- 226, 2020. DOI: 10.22094/JOIE.2019.1868275.1654.

[15] M. A. Ardakani, "A Multi-Objective Supply Chain Configuration for the Oil Industry under Uncertainty", Advances in Industrial Engineering, vol. 56(1), pp. 15-41, 2022. DOI: 10.22059/AIE.2022.335295.1816.

[16] D. Mohamadi Janaki, H. Izadbakhsh, S.M. Hatefi, M. Yavari, and M. Khalili Samani, "Supply Chain Network Performance Measurement and Improvement Using DEA and SCOR Models in Dynamic Conditions", Advances in Industrial Engineering, vol. 56(2) pp. 163-197, 2022. DOI: 10.22059/AIE.2022.341621.1833.

[17] A. Noorbakhsh, R. Soltani, M. Asadi Mafi, "Supply Chain and Predictability of Return", Advances in Industrial Engineering, vol. 55(4), pp. 323- 333, 2021. DOI: 10.22059/aie.2021.330003.1803.

[18] A. Shamekhi Amiri, and N. Manavizadeh, "Evaluating Barriers of Block chain-Based Platforms Implementation for Subsidized Foods Supply Chains: A Hybrid Approach Based on BWM and WINGS Methods. Advances in Industrial Engineering", vol. 56(2), pp. 199-214, 2022. DOI: 10.22059/AIE.2022.341963.1834.

[19] R. Kwesi Ansaha, and G. Ayoka Akipelub, "Integrating the Supply Chain to Excel: The Moderating Role of Competitive Advantage", International Journal of Supply and Operations Management, vol. 8(4), pp. 401-415, 2021.

[20] T. Shahedi, A. Aghsami, and M. Rabbani, "Designing a green closed-loop supply chain network for the automotive tire industry under uncertainty", Journal of Industrial and Systems Engineering, vol. 13(4), pp. 226-261, 2021.

[21] V. Razmjooei, I. Mahdavi, and M. M. Paydar, "A Fuzzy Bi-objective Optimization Algorithm Model to Design a Reverse Supply Chain Network: A Cuckoo Optimization Algorithm", International Journal of Supply and Operations Management, vol. 9(3), pp. 360-378, 2022.

[22] D. Feizollahi, and V. Sharfi, "Development of a Closed-Loop Supply Chain Mathematical Model with Demand Constraints and Fuzzy Supplier Capacity and Solving it with Meta-Heuristic Algorithms", Iranian Journal of Supply Chain Management, vol. 25(79), pp.17-38, 2023. Dor: 20.1001.1.20089198.1402.25.79.2.6 (In Persian)

[23] M. Ebrahimi, and R. Tavakkoli-Moghaddam,"Benders decomposition algorithm for a green closed-loop supply chain under a build-to-order environment", Journal of Industrial and Systems Engineering, vol. 13, pp. 102-111, 2020.

[24] A. Goli, and A. M. Golmohammadi, "Multi-objective Optimization of Location and Distribution in a Closed-loop Supply Chain by Considering Market Share in Competitive Conditions", International Journal of Supply and Operations Management, vol. 9(4), pp. 483-495, 2022. DOI: 10.22034/IJSOM.2021.109265.2285.