

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, Fuzzy Planning

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

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

(دريافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸، پذيرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱)

چکیده

امروزه با توجه به افزایش جمعیت، رشد فناوری و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی 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 سطوحی 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 می‌باشد. 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 پارامترهای مربوط به آلودگی‌های زیست محیطی و کیفیت محصول غیرقطعی و به صورت عدد فازی لحاظ شده است. سپس با استفاده از روش وزن دهی 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 پارامترها انجام شده است. نتایج بدست آمده، حساسیت بیشتر مدل ارائه شده، به تغییرات تقاضا را نشان می‌دهد. از نظر مدیریتی، این مقاله می‌تواند به عنوان یک راهنمای مناسب برای طراحی شبکه زنجیره تامین سبز با در نظر گرفتن تأثیرات فاکتورهای تکنولوژی، سود، هزینه و اثرات زیست محیطی در شرایط عدم قطعیت باشد.

کلید واژه‌ها: زنجیره تامین، تکنولوژی، کیفیت محصول، برنامه ریزی فازی

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 به عنوان یک عامل (فاکتور) در راستای افزایش کیفیت و کاهش آلودگی مدنظر 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 تکنولوژی 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

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 (GSCM¹) موضوعات مهمی برای محققان و تولیدکنندگان است [۱]. اثرات زیست محیطی، 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 [۲].

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

¹ Green Supply Chain Management

نتایج نشان می‌دهد که در کارخانه MOORA^۳ و DEMATEL^۴ انتظارات مشتری با مدیریت ارتباط با مشتری مهم‌ترین استراتژی نوآوری برای مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت انرژی با مراحل متواتی QFD است در حالی که محک زدن محیط بازار رقابتی نسبتاً آخرين جایگاه را در رتبه‌بندی دارد. بنزیدیا و همکاران [۸] با استفاده از فناوری BDA-AI روی فرایند ادغام زنجیره تامین و اثراوش بر عملکرد محیطی را مطالعه کردند. یافته‌ها نشان داد که استفاده از فناوری‌های BDA-AI تأثیر قابل توجهی بر یکپارچه‌سازی فرآیندهای محیطی و همکاری زنجیره تامین 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 جامعه‌ای 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 آرایندگی آب و خاک و هوا در حمل و نقل پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص دادند.

با توجه به مطالعات انجام شده، نوع تکنولوژی مورد استفاده در GSCM دیده نشده و یا بسیار کم به آن پرداخته شده است. حتی در مطالعاتی که در زمینه SCM مطرح شده‌اند، تکنولوژی لحاظ نشده است به طور مثال؛ سیف برقی و همکاران [۱۱] در مدل سه سطحی خود، هزینه و پوشش مشتریان را لحاظ کردند. 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 حداقل 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 مرکز 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^۵ برای حل مدل

محیطی و افزایش 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 تامین کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان است. به طوری که چند هدفه، چند سطحی و چند محصولی می‌باشد.

برای سوق دادن مدل ریاضی به دنیای واقعی، پارامتر آلوگی زیست محیطی وسائل نقلیه و پارامترهای مربوط به فناوری (آسیب‌های زیست محیطی تکنولوژی، هزینه تکنولوژی و کیفیت محصول متأثر از فناوری مورد استفاده) دارای عدم قطعیت از نوع فازی (به صورت اعدا فازی ذوزنقه‌ای) می‌باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

بررسی مطالعات گذشته، دیدگاه‌های مختلفی را در مطالعه زنجیره تامین، بخصوص زنجیره تامین سبز نشان می‌دهد. مطالعاتی 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 خردۀ فروش ارائه نموده‌اند به طوری که تاثیر میزان تخصیص یارانه به تولیدکنندگان در مطالعه‌ای دیگر، زنجیره 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 آلوگی صوتی و از جنبه زیست محیطی پایداری به کاهش آلوگی 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 زیست محیطی 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^۶ معیارهای زنجیره تامین سبز را ارائه داده‌اند و یک مدل ترکیبی با استفاده از IVIF^۷ و

^۱ Quality Function Deployment

^۲ Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy

^۳ Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

^۴ Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis

تحقیقی بدنۀ 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 تامین سبز چنددهفه تحت شرایط عدم قطعیت با در نظر گرفتن سه هدف می‌باشد.تابع هدف اول به حداقل‌سازی سود می‌پردازد، تابع هدف دوم مضرات ناشی از آلودگی‌های زیستمحیطی ناشی از وسائل نقلیه و استفاده از تکنولوژی را حداقل می‌سازد اما تابع هدف سوم که وجه تمایز مدل ارائه شده با مدل‌های قبلی می‌باشد به حداقل‌سازی 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 تکنولوژی 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 خلاصه استفاده همزمان این سه تابع هدف در مطالعات دیده شده بود. از طرفی میزان آلودگی زیست محیطی وسائل 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 وسائل نقلیه و پارامترهای مرتبط با فناوری تمرکز نداشته‌اند که این شکاف نیز در مدل پیشنهادی رفع شده است.

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 روابددهای عمده، اختلالات زنجیره تامین با راهاندازی یک بازی بین دو بازیکن، یعنی یک طراح و یک بازدارنده که بهترتبیب بر سر به حداقل رساندن و حداقل 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 خطرگیری 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 رbast فرمول نوبیسی شده است [۱۵]. محمدی جنکی [۱۶] به ارزیابی عملکرد شبکه زنجیره تامین شرکت‌های توزیع محصولات روغنی، با استفاده از مدل‌های SCOR^۱ و DEA^۲ پرداخته‌اند.

یکسری مطالعات هم در زمینه بورس و یارانه و مسائلی از این قبیل در زمینه SCM دیده می‌شود. نوریخش و همکاران [۱۷]، 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 پیش‌بینی می‌توان برای ایجاد استراتژی‌های تجاری سودآور استفاده کرد. در مقاله‌ای دیگر، چالش‌های کلیدی مؤثر بر اجرای پلتفرم BT^۳ برای مدیریت محصولات غذایی یارانه‌ای در ایران بررسی شده است. آنها مدلی را ارائه نموده‌اند که روش بهترین-بدترین^۴ (BWM) را برای به دست آوردن وزن‌های مستقل و سیستم گیج غیرخطی تأثیر وزنی^۵ (WINGS) با استفاده از یک طرح مقیاس‌گذاری مجدد برای در نظر گرفتن ارتباط متقابل بین معیارها ادغام نموده‌اند [۱۸]. در

¹ supply chain operations reference² Data Envelopment Analysis³ Blockchain technology⁴ Best-Worst method⁵ Weighted Influence Non-Linear Gauge System

پارامترها:

$Dp_{p,c,m,t}$	تقالیصی مشتری C از کارخانه 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 تولید کننده m و مشتری C
Puv_v	آسیب‌های زیست محیطی وسیله نقلیه V در هر کیلومتر
Puo_o	آسیب‌های 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

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 چنددهفه شبکه زنجیره تأمین سیز تحت عدم قطعیت را فرمول نویسی کند. با استفاده از روش وزن دهی 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 تامین کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان ثابت و از پیش تعريف 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.

۱-۴- مدل ریاضی

شاخص‌ها

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

در دوره t تولید شود	r	برای فراهم کردن ماده خام
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 و سایل نقلیه و استفاده از فناوری می‌شود. تابع هدف سوم مربوط به بیشینه‌سازی کیفیت محصولات تولیدی است که واپسته به نوع فناوری مورد استفاده می‌باشد. محدودیت اول (معادله شماره ۳) 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 ۷ حداکثر ظرفیت تامین ماده را نشان می‌دهد. برای مقدار گرفتن متغیر مربوط به میزان ماده خام تهیه شده در ارتباط با تامین کننده S و تولیدکننده m باید حتماً بین تامین کننده S و تولیدکننده m با وسیله نقلیه v ارتباط برقرار شده باشد (معادله شماره ۸). برای مقدار گرفتن متغیر میزان محصول ارسالی به مشتری در ارتباط با تولیدکننده m و مشتری c حتماً باید بین تولیدکننده m و مشتری c با وسیله نقلیه v ارتباط برقرار شده باشد که این موضوع در مورد میزان محصول تولیدی با تکنولوژی ۰ نیز صادق است که باید حتماً تولیدکننده m فناوری ۰ را برای محصول p داشته باشد (معادله شماره ۹ و ۱۰). هر محصولی در هر تولیدکننده‌ای (کارخانه‌ای) باید فقط با یک نوع تکنولوژی 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.	$Mri_{r,m,t}$ $Sat_{p,c}$ β متغیرها: $Qtr_{r,s,m,v,t}$ $Qtp_{p,m,c,v,t}$ $Qtpo_{p,m,o,t}$ $Nir_{r,m,t}$ $B_{p,m,t}$ $Xtr_{r,s,m,v,t}$ $Xtp_{p,m,c,v,t}$ $Xp_{p,m,o,t}$	
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 و سایل نقلیه و استفاده از فناوری می‌شود. تابع هدف سوم مربوط به بیشینه‌سازی کیفیت محصولات تولیدی است که واپسته به نوع فناوری مورد استفاده می‌باشد. محدودیت اول (معادله شماره ۳) 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 ۷ حداکثر ظرفیت تامین ماده را نشان می‌دهد. برای مقدار گرفتن متغیر مربوط به میزان ماده خام تهیه شده در ارتباط با تامین کننده S و تولیدکننده m باید حتماً بین تامین کننده S و تولیدکننده m با وسیله نقلیه v ارتباط برقرار شده باشد (معادله شماره ۸). برای مقدار گرفتن متغیر میزان محصول ارسالی به مشتری در ارتباط با تولیدکننده m و مشتری c حتماً باید بین تولیدکننده m و مشتری c با وسیله نقلیه v ارتباط برقرار شده باشد که این موضوع در مورد میزان محصول تولیدی با تکنولوژی ۰ نیز صادق است که باید حتماً تولیدکننده m فناوری ۰ را برای محصول p داشته باشد (معادله شماره ۹ و ۱۰). هر محصولی در هر تولیدکننده‌ای (کارخانه‌ای) باید فقط با یک نوع تکنولوژی 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.		
حداکثر ظرفیت موجودی ماده t	r	در دوره t حاصل
حاصل r در کارخانه m در دوره t	m	حداکثر ظرفیت موجودی ماده t
حداقل تامین تقاضای مشتری c	s	در دوره t حاصل
ضریب حساسیت قیمت در تقاضا	β	ضریب حساسیت قیمت در تقاضا
مقدار ماده خام r که از تامین کننده S به تولیدکننده m با وسیله v در دوره t ارسال می‌شود	$Qtr_{r,s,m,v,t}$	مقدار ماده خام r که از تامین کننده S به تولیدکننده m با وسیله v در دوره t ارسال می‌شود
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 از تولیدکننده m با وسیله v به مشتری c در دوره t ارسال می‌شود
مقدار محصول p که با فناوری 0 در تولیدکننده m در دوره t تولید می‌شود	$Qtpo_{p,m,o,t}$	مقدار محصول p که با فناوری 0 در تولیدکننده m در دوره t تولید می‌شود
موجودی ماده خام r در تولیدکننده m در دوره t	$Nir_{r,m,t}$	موجودی ماده خام r در تولیدکننده m در دوره t
کمبود محصول p در کارخانه t در دوره m	$B_{p,m,t}$	کمبود محصول p در کارخانه t در دوره m
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 ماده خام r از تامین کننده S به تولیدکننده m با وسیله نقلیه v در دوره t انتقال داده شود
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 از تولیدکننده m به مشتری c با وسیله نقلیه v در دوره t انتقال داده شود
برابر ۱ اگر و فقط اگر محصول p با فناوری 0 در کارخانه m به مشتری c با وسیله نقلیه v در دوره t انتقال داده شود	$Xp_{p,m,o,t}$	برابر ۱ اگر و فقط اگر محصول p با فناوری 0 در کارخانه m به مشتری c با وسیله نقلیه v در دوره t انتقال داده شود

$$\begin{aligned} \max Z_1 = & \sum_p \sum_m \sum_t P p_{p,m,t} \cdot \sum_c \sum_v Q t p_{p,m,c,v,t} \\ & - \sum_t \sum_v \sum_c \sum_p \sum_n \sum_r \sum_m \sum_s C r_{r,s,t} \cdot Q t r_{r,s,m,v,t} \\ & + C v s_{s,m,v,t} \cdot L s_{s,m} \cdot X t r_{r,s,m,v,t} + H r_{r,m,t} \cdot N i r_{r,m,t} + C p_{m,p,t} \cdot Q t p_{p,m,c,v,t} \\ & + C v m_{m,c,v,t} \cdot L m_{m,c} \cdot X t p_{p,m,c,v,t} + \widetilde{e_{o,m,t}} \cdot X p_{p,m,o,t} + C b_{p,m,t} \cdot B_{p,m,t} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \min Z_2 = & \sum_t \sum_v \sum_c \sum_p \sum_n \sum_r \sum_m \sum_s \widetilde{P u v}_v \cdot L s_{s,m} \cdot X t r_{r,s,m,v,t} + \widetilde{P u v}_v \cdot L m_{m,c} \cdot X t p_{p,m,c,v,t} \\ & + \widetilde{P u o}_o \cdot Q t p o_{p,m,o,t} \cdot X p_{p,m,o,t} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\max Z_3 = \sum_p \sum_o \widetilde{U p o}_{p,o} \cdot \sum_m \sum_t Q t p o_{p,m,o,t} \cdot X p_{p,m,o,t} \quad (3)$$

$$B_{p,m,t} \leq \sum_c (1 - S a t_{p,c}) \cdot D p p_{p,c,m,t} \quad (4)$$

$$\sum_m \sum_v Q t p_{p,m,c,v,t} + B_{p,m,t} = \sum_m D p p_{p,c,m,t} + B_{p,m,t-1} \quad (5)$$

$$N i r_{r,m,t} = N i r_{r,m,t-1} + \sum_s \sum_v Q t r_{r,s,m,v,t} - \sum_c \sum_v \mu_{p,r} \cdot Q t p_{p,m,c,v,t} \quad (6)$$

$$\sum_m \sum_v Q t r_{r,s,m,v,t} \leq M r s_{r,s,t} \quad (7)$$

$$Q t r_{r,s,m,v,t} \leq M b i g \cdot X t r_{r,s,m,v,t} \quad (8)$$

$$Q t p_{p,m,c,v,t} \leq M b i g \cdot X t p_{p,m,c,v,t} \quad (9)$$

$$Q t p o_{p,m,o,t} \leq M b i g \cdot X p_{p,m,o,t} \quad (10)$$

$$\sum_o X p_{p,m,o,t} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_o Q t p o_{p,m,o,t} = \sum_c \sum_v Q t p_{p,m,c,v,t} \quad (12)$$

$$N i r_{r,m,t} \leq M r i_{r,m,t} \quad (13)$$

$$Q t r_{r,s,m,v,t}, Q t p o_{p,m,o,t}, Q t p_{p,m,c,v,t}, N i r_{r,m,t}, B_{p,m,t} \geq 0 \quad (14)$$

$$X p_{p,m,o,t}, X t r_{r,s,m,v,t}, X t p_{p,m,c,v,t}, = 0,1 \quad (14)$$

$$\min z = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{f_i^* - f_i}{f_i^*} \right)^p \right]^{1/p} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \min Z_1 = & \sum_p \sum_m \sum_t P p_{p,m,t} \cdot \sum_c \sum_v Q t p_{p,m,c,v,t} \\ & - \sum_t \sum_v \sum_c \sum_p \sum_n \sum_r \sum_m \sum_s C r_{r,s,t} \cdot Q t r_{r,s,m,v,t} \\ & + C v s_{s,m,v,t} \cdot L s_{s,m} \cdot X t r_{r,s,m,v,t} + H r_{r,m,t} \cdot N i r_{r,m,t} + C p_{m,p,t} \cdot Q t p_{p,m,c,v,t} \\ & + C v m_{m,c,v,t} \cdot L m_{m,c} \cdot X t p_{p,m,c,v,t} \\ & + \left(\frac{e_{o,m,t} + e_{o,m,t} + e_{o,m,t} + e_{o,m,t}}{4} \right) \cdot X p_{p,m,o,t} + C b_{p,m,t} \cdot B_{p,m,t} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \min Z_2 = & \sum_t \sum_v \sum_c \sum_p \sum_n \sum_r \sum_m \sum_s \left(\frac{P u v_v^1 + P u v_v^2 + P u v_v^3 + P u v_v^4}{4} \right) \cdot L s_{s,m} \cdot X t r_{r,s,m,v,t} \\ & + \left(\frac{P u v_v^1 + P u v_v^2 + P u v_v^3 + P u v_v^4}{4} \right) \cdot L m_{m,c} \cdot X t p_{p,m,c,v,t} + \end{aligned} \quad (17)$$

$$\left(\frac{P u o_o^1 + P u o_o^2 + P u o_o^3 + P u o_o^4}{4} \right) \cdot Q t p o_{p,m,o,t} \cdot X p_{p,m,o,t} \quad (18)$$

$$\max Z_3 = \sum_p \sum_o \left(\frac{U p o_{p,o}^1 + U p o_{p,o}^2 + U p o_{p,o}^3 + U p o_{p,o}^4}{4} \right) \cdot \sum_m \sum_t X p_{p,m,o,t} \cdot Q t p o_{p,m,o,t} \quad (19)$$

جدول (۱). مقادیر توابع هدف

	(OF)	تابع هدف	value
OF of Utility function method ($w_1=0.4$, $w_2=0.2$, $w_3=0.4$)	OF1	۷۲۳۳۸۴۲۰	
	OF2	۳۹۸۶۲۳۳۰	
	OF3	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶	
	Aggregated value	-۲۱۱۱۴۴۰۰	
OF of Utility function method ($w_1=0.1$, $w_2=0.3$, $w_3=0.6$)	OF1	۷۲۳۳۸۱۱۰	
	OF2	۳۹۸۶۲۱۸۰	
	OF3	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶	
	Aggregated value	۴۴۵۳۱۷۵۰/۵۷۸	
OF of Utility function method ($w_1=0.05$, $w_2=0.6$, $w_3=0.35$)	OF1	۵۷۰۱۵۰۲۰	
	OF2	۳۵۸۱۰۴۹۰	
	OF3	۴۰۶۵۶۶/۱۶۴	
	Aggregated value	۱۸۴۹۳۲۵۰	
OF of Utility function method ($w_1=0.7$, $w_2=0.1$, $w_3=0.2$)	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	

۱- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت روی پارامترهای تقاضا (که بدون تأثیر قیمت می‌باشد) و پارامتر کیفیت محصول در صورت استفاده از فناوری، انجام شده است. برای این منظور، مقادیر وزن هر هدف به صورت 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
+	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
+۰/۱	۸۶۵۶۹۰۲۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
+۰/۲	۱۰۰۷۹۹۹۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶

۲-۴- 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، توسعه‌ی یک روش برنامه‌نویسی 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 ۱۸-۱۶ 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 قبلاً 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.

که تغییرات پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری روی تابع هدف سوم تاثیر قابل توجهی دارد.

۷- نتیجه گیری

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 زیست محیطی، 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 تامین کنندگان، 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 زیست محیطی را که در اثر حمل و نقل وسایل نقلیه و استفاده از تکنولوژی ایجاد می‌شود؛ کاهش می‌دهد. تابع هدف سوم کیفیت محصولات تولیدی را که واسطه 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 روى 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 تکنولوژی، 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 تکنولوژی، در این زنجیره می‌تواند توانم با عدم قطعیت باشد که در این مدل نیز این فرض

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

درصد تغییرات پارامترها	مقادیر اهداف		
	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	تابع هدف سوم
	-۰/۲	۵۷۸۳۴۴۲۰	۳۱۹۲۱۹۲۰
-۰/۱	۶۵۰۸۶۲۷۰	۳۵۸۹۲۰۵۰	۴۰۷۵۰۰/۹۳۴
۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
+۰/۱	۷۹۵۸۹۹۶۰	۴۳۸۳۲۳۱۰	۴۹۸۰.۵۶/۶۹۷
+۰/۲	۸۶۸۴۱۸۱۰	۴۷۸۰۲۴۴۰	۵۴۳۳۳۴/۵۷۹

با توجه به جدول (۳)، تغییرات قیمت محصول روی تابع هدف دوم و سوم تاثیر بسیار کمی دارد و میزان تغییرات مقادیر تابع 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

درصد تغییرات پارامترها	مقادیر اهداف		
	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	تابع هدف سوم
	-۰/۲	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰
-۰/۱	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۰۷۵۰۰/۹۳۴
۰	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۵۲۷۷۸/۸۱۶
+۰/۱	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۴۹۸۰.۵۶/۶۹۷
+۰/۲	۷۲۳۳۸۱۱۰	۳۹۸۶۲۱۸۰	۵۴۳۳۳۴/۵۷۹

با توجه به جدول (۴)، تغییرات پارامتر کیفیت محصول متاثر از فناوری روی تابع 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 تکنولوژی 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

- 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. Shafei 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 Ansah, 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.

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: Trends 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