مطالعات مهندسی صنایع و مدیریت تولید
دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات ۳۹-۱۴
Online ISSN: ٢٤٧٦-٤٤٥٠
Print ISSN: ٢٥٣٨-٢١٠١
www.irijournals.com

حل و مدل‌سازی زنجیره تأمین چهار سطحی با اهداف زمان هزینه کیفیت و ارسال ضایعات به‌وسیله الگوریتم NSGA II

محمد خان محمدی[۱]، میلاد حسنی امیرآبادی[۲]، بهزاد جعفری[۳]

[۱]کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش کیفیت و بهره‌وری دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند
[۲]کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش کیفیت و بهره‌وری دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند
[۳]کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش کیفیت و بهره‌وری دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند

چکیده

بازارهایی که در حال گسترش می‌باشند و انتظارات فزاینده مشتریان به‌عنوان عوامل مهم تأثیرگذار بر سازمان‌ها به شمار می‌آید و باعث می‌شوند تا آن‌ها به دنبال دستیابی به مزیت رقابتی از طریق کنترل بر زنجیره تأمین خود باشند. از طرفی امروزه در محیط رقابتی، دیگر رقابت به‌صورت شرکت به شرکت تعریف نمی‌شود، بلکه به‌صورت یک زنجیره تأمین در برابر زنجیره تأمین دیگر عنوان می‌گردد. در چنین محیط رقابتی، موفقیت نهایی کسب‌وکارها به توانایی مدیر شرکت در ادغام شبکه پیچیده‌ای از روابط این زنجیره بستگی خواهد داشت محدودیت‌های زیست‌محیطی و قوانین و مقررات دولتی اضافه‌تر از مباحث رقابتی باعث شده است تا توجه سازمان‌ها بیشتر از گذشته به مسائل زیست‌محیطی جلب شود. یکی از مواردی که در این راستا از سوی متخصصان اجرایی و جوامع علمی مورد توجه قرار گرفته است، توجه به مسئله بازیافت و جمع‌آوری ضایعات مواد می‌باشد که به‌صورت زنجیره تأمین معکوس یا زنجیره تأمین با حلقه بسته نشان داده شده است. لذا در پژوهش‌های قبلی تابع هدف سه هدفه کمتر به کار برده شده و در بین توابع در نظر گرفتن کمینه کردن هزینه‌های سیستم، زمان ارسال به مشتری و بیشینه کردن کیفیت محصولات تولیدی به‌صورت هم‌زمان وجود نداشته است. پس بنابراین یکی از نوآوری‌های مهم مسئله این موضوع است همچنین وجود مسیریابی برای آخرین سطح می‌تواند مسئله را دارای پیچیدگی و سختی کند که در پژوهش‌های بررسی شده این موضوع دیده نشده است. همچنین در پژوهش‌های اندکی محصولات ضایعات بازیافتی در زنجیره تأمین اول به زنجیره تأمین دیگری انتقال پیدا می‌کند. وجود چندین ویژگی و محدودیت با یکدیگر می‌تواند مسئله را پیچیده و حل آن را دشوار نماید. مسئله مورد نظر از نوع پیچیده بوده و همان‌طور که مشاهده می‌شود این حجم از بزرگی و پیچیدگی مسئله در تحقیقات پیشین به‌وسیله الگوریتم NSGAII حل نشده است.

واژگان کلیدی: زنجیره تأمین، بازیافت، الگوریتمNSGAII، کیفیت، زمان، بهره‌وری

مقدمه

مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین شامل مجموعه ای از امکانات سیستم برای به دست آوردن و انتقال مواد خام به محصولات نهایی، توزیع این محصولات و ارائه خدمات پس از فروش برای تکمیل نیازهای مشتری می‌باشد. این مسئله تعداد، محل، سطح ظرفیت و دیگر عوامل مختلف در نظر گرفته شده را تعیین می‌کند. همچنین مسیر حمل ونقل و مقدار مورد خرید، مصرف، تولید، توزیع و ارسال را مشخص می‌کند (Iranmanesh, 2017). اخیراً، بوئینگ با شرکت فیبر کربن[1] بریتانیا وارد همکاری شده است و متعهد به تحقیق و توسعه بازیافت ضایعات باقی مانده از بوئینگ ۷۷۷ و سایر فرآیندهای ساخت هواپیما است. هر ساله، صدها هزار پوند از مواد کامپوزیت کربن ضایعات، مجدداً پردازش می‌شود تا برای تولید محصولات خود به شرکت های خودروسازی و الکترونیک فروخته شود. انتظار می‌رود که چنین رویه‌ای به شرکت کمک کند تا به هدف کاهش ۲۰ درصد کل زباله‌های جامد تا سال ۲۰۲۵ دست یابد.

محدودیت‌های زیست‌محیطی و قوانین و مقررات دولتی اضافه‌تر از مباحث رقابتی باعث شده است تا توجه سازمان‌ها بیشتر از گذشته به مسائل زیست‌محیطی جلب شود. یکی از مواردی که در این راستا از سوی متخصصان اجرایی و جوامع علمی مورد توجه قرار گرفته است، توجه به مسئله بازیافت و جمع‌آوری ضایعات مواد می‌باشد که به‌صورت زنجیره تأمین معکوس یا زنجیره تأمین با حلقه بسته نشان داده شده است. سازمانهایی که زنجیره تأمین با حلقه بسته را مورد توجه قرار (Karimi, 2017) داده اند، در مقایسه با رقیبان خود در موقعیت رقابتی بهتری قرار دارند و همچنین توجه به این مسئله بر سوددهی آن‌ها نیز تاثیری داشته است. تحقیقات حاکی از آن است که این فعالیتها باعث ایجاد درآمدهای حاصل از کاهش مصرف مواد اولیه و ایجاد ارزش افزوده حاصل از محصولات اصلاح شده می‌شود، عناصر زنجیره تأمین می‌تواند شامل تأمین‌کنندگان بالقوه، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده فروش‌ها، مشتریان و غیره می‌باشد (Lu, 2017).

مبانی نظری

زنجیره تأمین

زنجیره تأمین از تمام سازمان‌ها و فرایندهایی تشکیل شده است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در تأمین نیازها مشتری درگیر می‌باشند. زنجیره تأمین نه تنها تولید کنندگان و تأمین کنندگان، بلکه حمل و نقل، انبارها، فروشگاه‌ها و خود مشتریان را نیز شامل می‌شود.

تعاریف متنوعی از زنجیره تأمین در مقالات بیان شده است که به طور کلی بسیار مشابه یکدیگر هستند.

دو نفر از محققین معروف این حوزه، (چوپرا و میندل در سال ۲۰۰۱) زنجیره تأمین را به این صورت تعریف می کنند:

زنجیره تأمین به تمامی مراحلی گفته می‌شود که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم درگیر در برآوردن سفارش مشتری هستند.

مدیریت زنجیره تأمین

مدیریت زنجیره تأمین در ادبیات خود به شیوه های متفاوتی بیان شده است و یک سری از مهمترین و معتبرترین تعاریف آن در ذیل به آن اشاره می‌گردد:

در یک زنجیره تأمین مدیریت شده، سازنده و تأمین کنندگان، خریداران و به عبارتی همه اعضاء در سازمان گسترش یافته، با یکدیگر همکاری می‌نمایند تا یک محصول و یا خدمت مشترک را به بازار ارائه کنند که مشتری مایل است برای آن هزینه ای پرداخت نماید. این شرکت های همکار، بصورت یک سازمان گسترش یافته عمل می کنند و از منابع مشترک استفاده بهینه نموده تا به مزیتی رقابتی به طور منحصر بفرد دست پیدا کنند. نتیجه آن محصول یا خدماتی است با کیفیت، قابلیت دسترسی آسانتر و هزینه پایین تر است.

[1] - ELG

زنجیره تأمین چابک[۲]

در بازار رقابتی حاضر، شرکتها و مشتریان به دنبال ارائه محصول و خدمت مناسب به مشتریان خود در زمان، هزینه و با کیفیت بهینه هستند. سیستم سازی کسب و کار در واحد زنجیره تأمین در قالب زنجیره تأمین چابک، کاهش قیمت تمام شده و مدیریت ریسک، افزایش سطح خدمت رسانی به مشتریان، برآورد سریع نیازهای سازمان و مشتری و همچنین ارتباط بهتر با تأمین کنندگان، شرکت اصلی و توزیع کنندگان را به همراه دارد که می توان این موارد را جزء عواملی به حساب آورد که در زنجیره تأمین کالا و خدمات چابک، مورد توجه ویژه قرار می گیرند.

الگوریتم ژنتیک

مقدمه(رویکرد حل الگوریتم ژنتیک)

الگوریتم ژنتیک بدون شک معروف ترین روش متاهیورستیک و معروف ترین الگوریتم تکاملی می‌باشد؛ و به همین خاطر زمانی که بحث الگوریتم تکاملی می‌شود اولین چیزی که به ذهن می رسد، الگوریتم ژنتیک است. دنیایی که در آن زندگی می کنیم به طور مداوم در حال تغییر است و هر موجودی که قصد ماندن در چنین محیطی را داشته باشد، بایستی بتواند خود را با شرایط اطراف تطبیق دهد.

ساختار الگوریتم

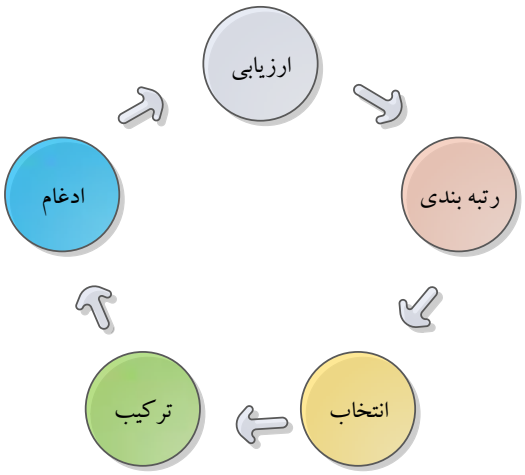
در ابتدای کار نیاز به تعدادی کروموزوم (جواب ممکن) اولیه داریم که احتمالا کروموزم های چندان مناسبی از نظر بهینگی نیستند، در مرحله بعد الگوریتمِ ژنتیک با اتصال کروموزوم‌ها به هم باعث می‌شود که نسل‌های جدیدتر و بهتری تولید شود (تولیدِ مثل) و این نسل‌های بهتر در واقع نسخه‌ی بهینه شده‌ی دو والد خود هستند. به این ترتیب با تولید مثلِ کروموزوم‌های والد در این جمعیت، کروموزوم‌های جدیدتری شکل می‌گیرند که بهتر از نسلِ قبلیِ خود هستند و این کار باعث بهتر شدنِ نسل‌ها می‌شود. در الگوریتم ژنتیک این کار اینقدر ادامه پیدا می‌کند، تا الگوریتم به یک حالت ثبات برسد؛ یعنی به حالتی که دیگر تغییرات در نسل‌های جدید، باعث بهبودیِ چشم‌گیری در نتایج (با توجه به مقدار تابع برازش) نشوند.

این‌جاست که الگوریتم خاتمه پیدا کرده و در یکی از نسل‌های آخر، کروموزومِ بهینه پیدا می‌شود. این کروموزومِ بهینه، همان پاسخ نهایی است که توسط الگوریتم برگردانده می‌شود.

در الگوریتم ژنتیک با یک چرخه تکامل مواجه هستیم که این چرخه مدام در حال اجرا شدن است. در یک نقطه وارد چرخه می شویم، (معمولا از فاز ارزیابی) و در یک نقطه هم از این چرخه خارج می شویم.

در شکل زیر چرخه موجود در الگوریتم ژنتیک نمایش داده شده است:

[2] Agile SCM



شکل۱ -ساختار الگوریتم ژنتیک

پیشینه تحقیق

هدف مقاله یاکاونکا و همکاران (۲۰۲۰) توسعه و به کارگیری یک مدل تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح مختلط چند هدفه (هزینه، زمان و به حداقل رساندن انتشار دی اکسید کربن) برای طراحی شبکه‌ای زنجیره‌های تأمین پایدار محصولات غذایی فاسد شدنی بوده است. مدل خاص در مورد یک واردکننده میوه در منطقه شمال شرق اروپا با توجه به ویژگی های جغرافیایی آن اجرا شد. به طور خلاصه و با توجه به یافته‌های آن‌ها، مدل پیشنهادی یک ابزار تصمیم‌گیری آسان برای استفاده از مجموعه کاملی از راه‌حل‌های ممکن منجر و مبادلات بین سه جنبه پایداری است. (Volha Yakavenka, 2020)

در مقاله نادال رویگ و همکاران (۲۰۱۹) یک مدل برنامه ریزی تولید را برای مدیریت سیستم تولید گله خوک ارائه کردند که به‌عنوان زنجیره تأمین گوشت خوک عمل می‌کند. مدل به‌عنوان یک برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط چند دوره ای (MILP) فرموله شده است. نتایج عملی شامل برنامه‌ای از انتقال حیوانات بین مزارع، مدیریت دسته‌ای و تحویل به کشتارگاه از مزارع پرواربندی، تعداد سفرها و ضریب اشغال تمامی امکانات است. (EsteveNadal-Roig, 2019)

مقاله چاوز و همکاران (۲۰۱۷)، یک مدل چند هدفه تصادفی را با یک روش راه‌حل بهینه‌سازی چند هدفه مبتنی بر شبیه‌سازی جدید گسترش می‌دهد. یک مطالعه موردی واقعی، متشکل از حمل و نقل جاده ای محصولات کشاورزی فاسد شدنی از مکزیک به ایالات متحده، با استفاده از چارچوب راه حل پیشنهادی ارائه و حل شده است. نتایج نشان می‌دهد که این چارچوب مؤثر بوده و هزینه‌های سیستم را کمینه میکند. (Hernán Chávez, 2017)

هدف مقاله روسی و همکاران (۲۰۲۰)، ارائه یک مدل حمل و نقل جدید برای مواد غذایی فاسد شدنی (به نام "سود سفر") است که موانع اجرای حمل و نقل بین وجهی مواد غذایی فاسد شدنی را از بین می برد. علاوه بر این، این مقاله بر اساس روشی برای کمی سازی پایداری اقتصادی مدل لجستیک جدید، ارزیابی را از طریق یک مطالعه موردی تشریح می‌کند. این کار نشان می‌دهد که سطحی که مصرف‌کنندگان از تنوع محصول استفاده می‌کنند، بر میزان پایداری اقتصادی برای حمل‌ونقل بین‌وجهی محصولات فاسد شدنی تأثیر می‌گذارد.(Tommaso Rossi, 2020)

روش تحقیق

در این پژوهش بعد از تعریف مدل مفهومی مسئله، یک مدل ریاضی مطرح و برای مدل ریاضی مورد بحث مجموعه ها پارامترها و متغیر های تصمیم گیری تعیین و تابع هدف و محدودیت‌های مدل نیز بیان می‌شود. سپس یک الگوریتم NSGA II برای مسئله طراحی می‌شود. برای بررسی درستی نتایج حاصل از مدل‌سازی، مثالی عددی به‌صورت تصادفی طراحی و با نرم افزار گمز حل میشود. بررسی کارایی الگوریتم در دو قسمت، ابعاد کوچک و ابعاد بزرگ بررسی می‌شود. در ابعاد کوچک چند مثال عددی به‌صورت تصادفی تولید و با الگوریتم NSGA II و نرم افزار گمز حل و مقایسه شده است. در مرحله دوم به

منظور بررسی و تأیید صحت الگوریتم NSGA II تعدادی مثال با داده های تصادفی در ابعاد بزرگ طراحی و میانگین جواب ها با بهترین جواب مقایسه شده و کارایی مناسب الگوریتم NSGA II بررسی می‌شود.
برای ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار های گمز و متلب برای حل مسئله استفاده شده و مسئله مورد نظر در ابعاد کوچک به‌وسیله نرم افزار گمز و مسئله در ابعاد بزرگ به‌وسیله الگوریتم NSGA-II و نرم افزار متلب حل خواهد شد. اطلاعات به‌صورت میدانی و کتابخانه ای گردآوری شده است. اطلاعات از ابتدا مقالات مربوطه از ژورنال های خارجی استخراج و سپس مطالعه شده و شکاف تحقیق تعیین گردیده است. سپس با توجه به اطلاعات جدید، یک مدل ریاضی و روش حل برای مسئله ارائه شده است.

سؤالات تحقیق

سوال اصلی:

چگونه مدل‌سازی و حل زنجیره تأمین چهارسطحی با اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ارسال ضایعات به‌وسیله الگوریتم NSGA II انجام می‌شود؟

سوالات فرعی:

- چگونه می توان یک مدل ریاضی برای مسئله ارائه داد؟
- چگونه مسئله در ابعاد کوچک به‌وسیله نرم افزار گمز حل می‌شود؟
- چگونه مسئله در ابعاد بزرگ به‌وسیله نرم افزار متلب و الگوریتم NSGA II حل می‌شود؟
- چگونه اثبات می‌شود که الگوریتم NSGA II ارائه شده برای مثال در ابعاد بزرگ کارایی مناسب دارد ؟

فرضیه‌های تحقیق

فرضیات مسئله شامل موارد زیر می‌باشد:

فرضیه اصلی:

مدل‌سازی و حل زنجیره تأمین چهارسطحی با اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ارسال ضایعات به‌وسیله الگوریتم NSGA II انجام پذیر است.

فرضیه های فرعی :

- برای مسئله یک مدل ریاضی ارائه می‌شود.
- مسئله در ابعاد کوچک به‌وسیله نرم افزار گمز می‌تواند حل می‌شود.
- مسئله در ابعاد بزرگ به‌وسیله نرم افزار متلب و الگوریتم NSGA II می‌تواند حل می‌شود.
- الگوریتم NSGA II ارائه شده برای مثال در ابعاد بزرگ دارای کارایی مناسب است.

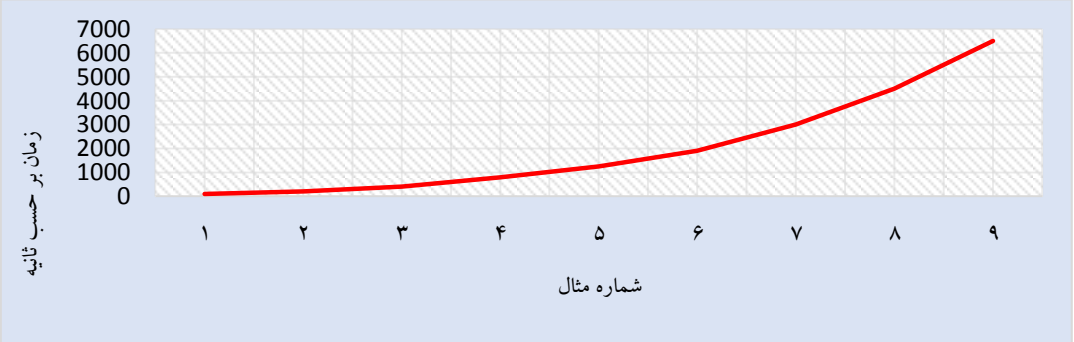
تجزیه و تحلیل داده های پژوهش

اثبات پیچیدگی مسئله

برای بررسی اثبات پیچیده بودن مسئله، مثال های متفاوت و تصادفی در ابعاد مختلف مسئله ارائه شده است که با بزرگ شدن ابعاد مسئله، زمان حل مسئله با نرم افزار گمز به‌صورت نمایی افزایش یافته و از مرحله خاصی، مسئله با نرم‌افزار گمز غیر قابل حل خواهد بود. این موضوع در نمودار ۱ به نمایش گذاشته شده است. با توجه به موارد فوق، می توان گفت مسئله مورد نظر دارای پیچیدگی می‌باشد و در ابعاد بزرگ دارای راه حل دقیق نخواهد بود.

جدول ۱- ابعاد مثال های ارائه شده

شماره مثال	تعداد مشتری	تعداد توزیع کننده	تعداد تولیدکننده	تعداد تأمین کننده
1	5	2	2	2
2	8	2	2	2
3	10	3	2	2
4	12	3	3	3
5	14	4	3	3
6	16	4	3	3
7	18	5	4	4
8	20	5	4	4
9	22	5	5	5



نمودار۱- بررسی افزایش شدید زمان حل مسئله با نرم افزار گمز

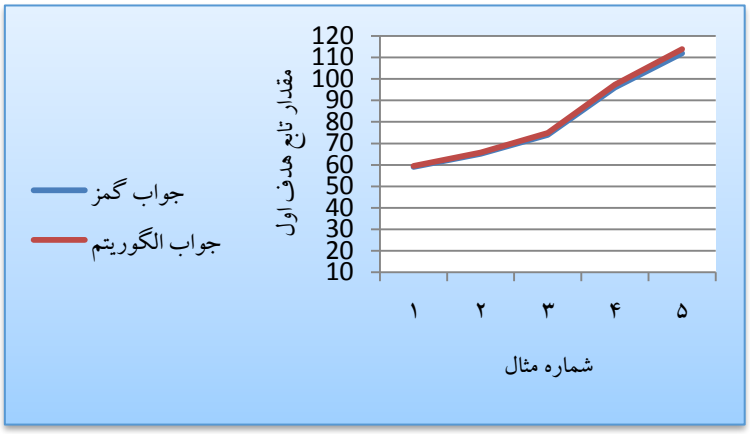
بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد کوچک

به منظور بررسی درستی، صحت و کارایی الگوریتم، پنج مثال عددی در ابعاد کوچک به‌صورت تصادفی تولید شده و به‌وسیله الگوریتم NSGAII حل می‌گردد. جواب حاصل از نرم افزار گمز در جدول ۲ ارائه شده و سپس مقایسه گردیده است.

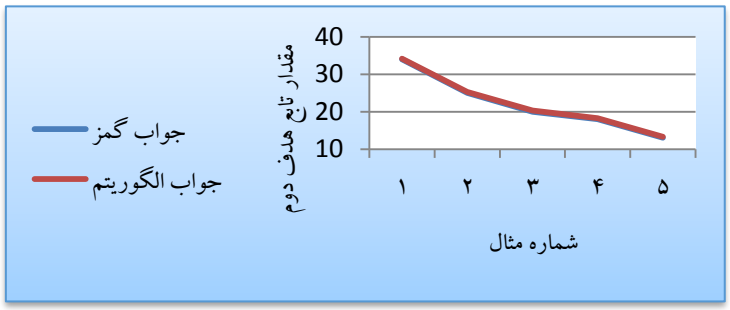
با توجه به اختلاف کم بین میانگین جواب‌های الگوریتم NSGAII در مقایسه با جواب حاصل از نرم افزار گمز، ثابت می‌شود که الگوریتم NSGAII ارائه شده در ابعاد کوچک دارای کارایی مناسبی می‌باشد. در جدول ۲ مقدار این انحراف بررسی شده است و در تابع هدف اول بیشترین انحراف به مقدار ۱,۷ درصد، در تابع هدف دوم ۲,۳۱ درصد و در تابع هدف سوم ۲,۲۲ درصد است که مقدار قابل قبولی است.

جدول ۲ - بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد کوچک

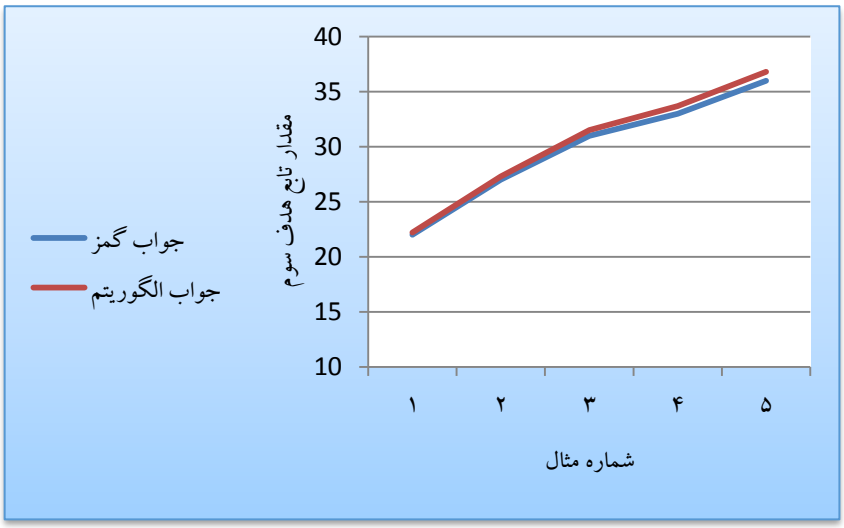
شماره مثال	تعداد مشتری	تابع هدف اول			تابع هدف دوم			تابع هدف سوم		
		انحراف	جواب الگوریتم	جواب گمز	انحراف	جواب الگوریتم	جواب گمز	انحراف	جواب الگوریتم	جواب گمز
۱	۶	0/85%	۵/۵۹	۵۹	0/59%	۲/۳۴	۳۴	0/91%	22/2	22
۲	۸	0/92%	۸/۶۵	۲/۶۵	1/20%	۳/۲۵	۲۵	1/11%	27/3	27
۳	۱۰	1/08%	۸/۷۴	۷۴	1/50%	۳/۲۰	۲۰	1/61%	31/5	31
۴	۱۲	1/35%	۳/۹۷	۹۶	1/67%	۳/۱۸	۱۸	2/12%	33/7	33
۵	۱۴	1/70%	۹/۱۱۳	۱۱۲	2.31%	۳/۱۳	۱۳	2/22%	36/8	36



نمودار ۲- مقایسه مقدار جواب گمز با الگوریتم NSGAII در تابع هدف اول



نمودار ۳- مقایسه مقدار جواب گمز با الگوریتم NSGAII در تابع هدف دوم



نمودار ۴- مقایسه مقدار جواب گمز با الگوریتم NSGAII در تابع هدف سوم

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مقادیرتابع هدف برای هر دو روش تقریبا نزدیک به هم بوده و نشان دهنده کارایی مناسب الگوریتم می‌باشد. در مرحله بعد، مقایسه زمان حل مثال های مطرح شده با نرم افزار گمز و الگوریتم در نمودار ۵ انجام شده است که نشان دهنده آن است که زمان حل الگوریتم نسبت به جواب گمز بسیار پایین تر می‌باشد.

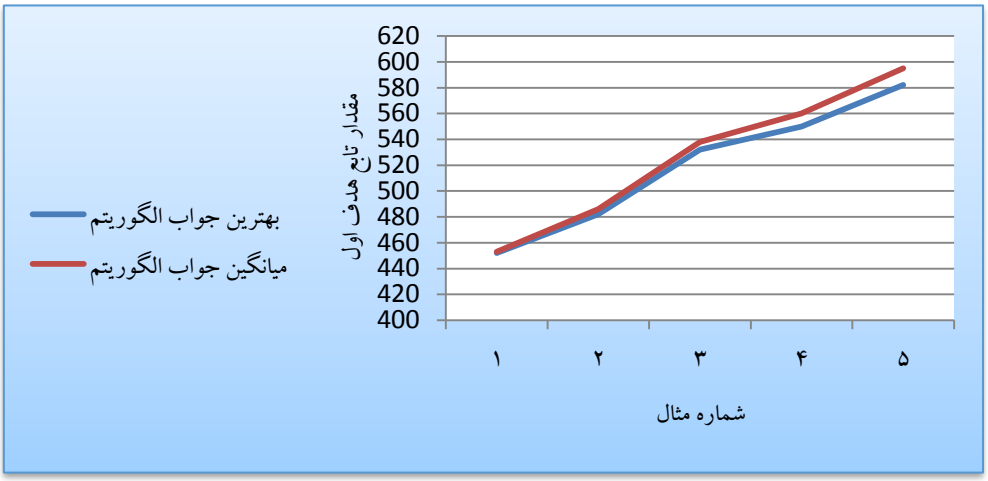
نمودار ۵- مقایسه زمان حل با الگوریتم NSGAII با جواب دقیق

بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ

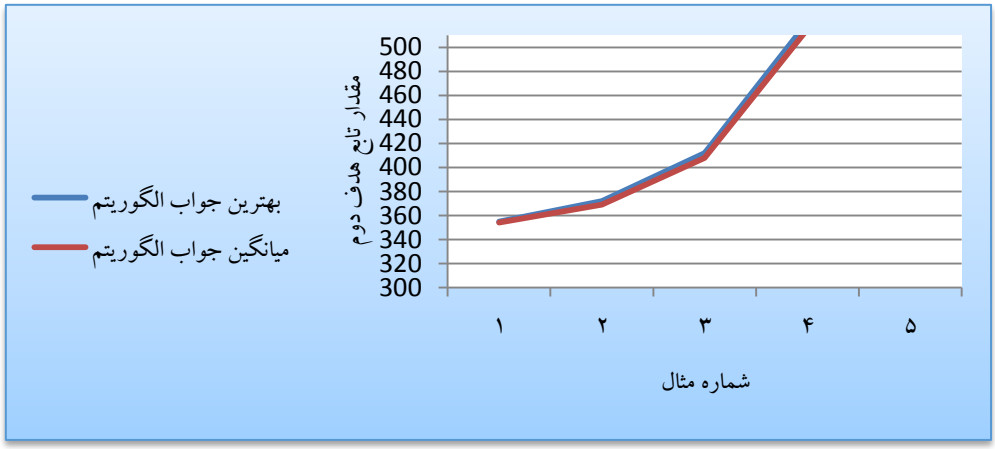
به منظور بررسی عملکرد الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ، چند مثال با داده های تصادفی در ابعاد بزرگ ارائه گردیده است . در این حالت بهترین جواب به دست آمده از حل مسئله با میانگین جواب‌ها مقایسه شده و مقایسه انجام شده نشان دهنده آن است که اختلاف بسیار کم بوده و درتابع هدف اول حداکثر ۲,۲۳، در تابع هدف دوم ۱,۹۰ و در تابع هدف سوم ۱,۶۰ می-باشد که کارایی مناسب الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ مسئله را اثبات می‌کند.

جدول ۳- بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ

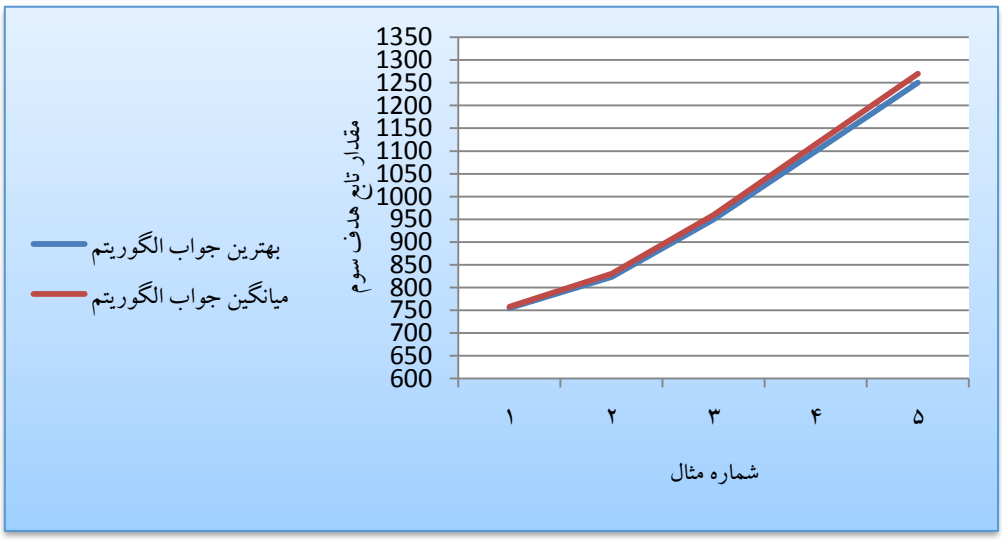
شماره مثال	تعداد مشتری	تابع هدف اول			تابع هدف دوم			تابع هدف سوم		
		بهترین جواب الگوریتم	میانگین جواب الگوریتم	انحراف	بهترین جواب الگوریتم	میانگین جواب الگوریتم	انحراف	بهترین جواب الگوریتم	میانگین جواب الگوریتم	انحراف
۱	20	452	453	0/22%	355	354	0/28%	755	758	0/40%
۲	30	482	486	0/83%	372	369	0/81%	823	830	0/85%
۳	40	532	538	1/13%	412	408	0/98%	950	960	1/05%
۴	50	550	560	1/82%	521	515	1/17%	1100	1115	1/36%
۵	60	582	595	2/23%	535	525	1/90%	1250	1270	1/60%



نمودار ۶- مقایسه مقدار بهترین جواب الگوریتم و میانگین جواب الگوریتم در تابع هدف اول



نمودار ۷- مقایسه مقدار بهترین جواب الگوریتم و میانگین جواب الگوریتم در تابع هدف دوم



نمودار ۸- مقایسه مقدار بهترین جواب الگوریتم و میانگین جواب الگوریتم در تابع هدف سوم

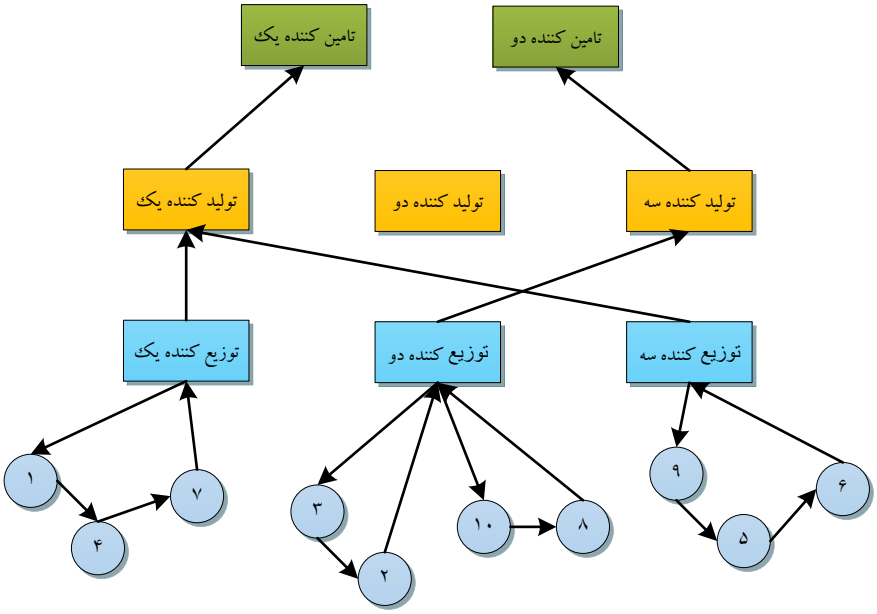
بررسی کارایی مدل

برای بررسی کارایی و صحت مدل ریاضی ارائه شده، اقدام به طراحی یک مثال عددی به‌صورت تصادفی توسط نرم افزار متلب نموده و سپس این مثال را به‌وسیله نرم افزار گمز، حل شده است. برای بررسی درستی مدل ارائه شده دو مورد زیر باید بررسی گردد.

محدودیت ها و ویژگی های مسئله رعایت شده باشد.

• مقادیر تابع هدف به درستی محاسبه شده باشد.

در این قسمت یک مثال عددی با ۱۰ مشتری، ۳ توزیع‌کننده، ۳ تولیدکننده، ۲ تامین‌کننده در داخل زنجیره تأمین و دو تامین‌کننده به منظور جمع‌آوری ضایعات وجود دارد.



شکل ۲- شکل شماتیک جواب مسئله

یکی از ویژگی های مورد مطالعه در این پژوهش، تخصیص مشتریان به توزیع‌کنندگان، توزیع‌کنندگان به تولیدکنندگان، تولیدکنندگان به تامین‌کنندگان و هم‌چنین مشتریان به تامین‌کنندگان زنجیره تأمین دوم به منظور جمع‌آوری ضایعات می-باشد که در جداول زیر این موضوع به اثبات رسیده است.

جدول۴-تخصیص مشتریان به وسایل نقلیه و توزیع‌کنندگان

شماره توزیع کننده	شماره وسیله نقلیه	ترتیب سرویس دهی
1	2	۱-۴-۷
2	1	۳-۲
2	4	۱۰-۸
3	3	۹-۵-۶

جدول۵-تخصیص توزیع‌کنندگان به تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان

شماره توزیع کننده	شماره تولیدکننده	شماره تأمین کننده
1	1	1
2	3	2
3	1	1

جدول ۶- تخصیص مشتریان به تامین‌کننده زنجیره دوم

شماره مشتری	شماره تأمین کننده زنجیره دوم	شماره مشتری	شماره تأمین کننده زنجیره دوم
1	1	6	2
2	1	7	2
3	2	8	1
4	1	9	2
5	2	10	2

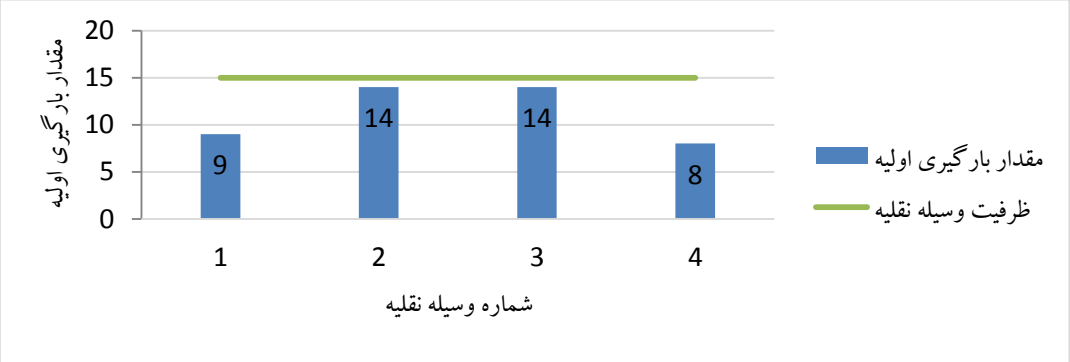
جدول ۷- مقدار تقاضای مشتریان

شماره مشتری	تقاضا	شماره مشتری	تقاضا
1	7	6	2
2	4	7	3
3	5	8	6
4	4	9	5
5	7	10	2

یکی از محدودیت‌های مسئله، محدودیت بارگیری وسیله نقلیه است که در جدول شماره ۸ و نمودار ۹ این محدودیت بررسی شده است.

جدول ۸- بررسی محدودیت بارگیری وسیله نقلیه

شماره وسیله نقلیه	مقدار بارگیری اولیه	ظرفیت وسیله نقلیه
1	9	15
2	14	15
3	14	15
4	8	15

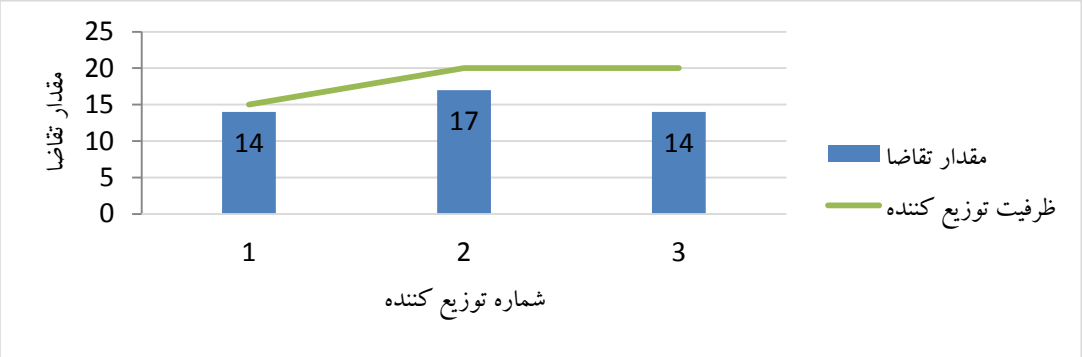


نمودار ۹- بررسی محدودیت بارگیری وسیله نقلیه

یکی دیگر از محدودیت‌های مسئله، محدودیت ظرفیت توزیع‌کننده، تولیدکننده، تامین‌کننده و تامین‌کننده زنجیره دوم است که این محدودیت در جداول شماره ۹ تا ۱۲ و نمودار شماره ۴-۱۰ تا ۴-۱۳ مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان می-دهد که تمام این محدودیت‌ها به درستی رعایت شده است.

جدول ۹- بررسی محدودیت توزیع‌کننده

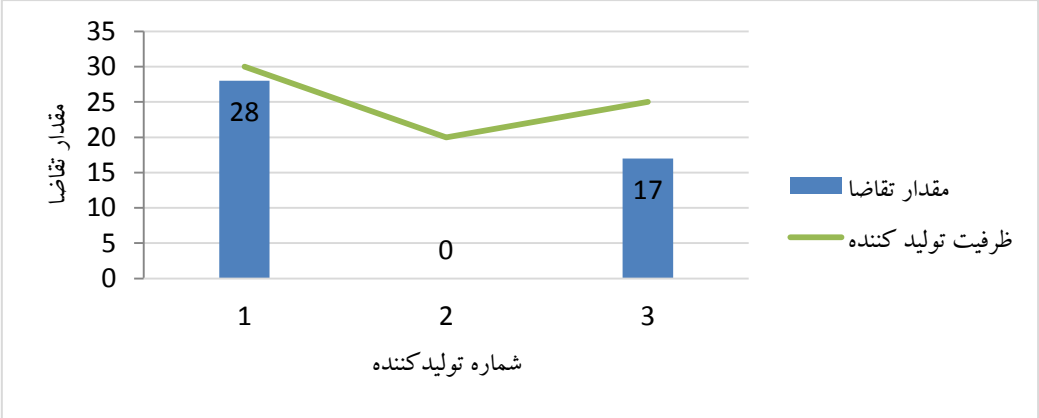
شماره توزیع کننده	مقدار تقاضا	ظرفیت توزیع کننده
1	14	15
2	17	20
3	14	20



نمودار ۱۰- بررسی محدودیت توزیع‌کننده

جدول ۱۰- بررسی محدودیت تولیدکننده

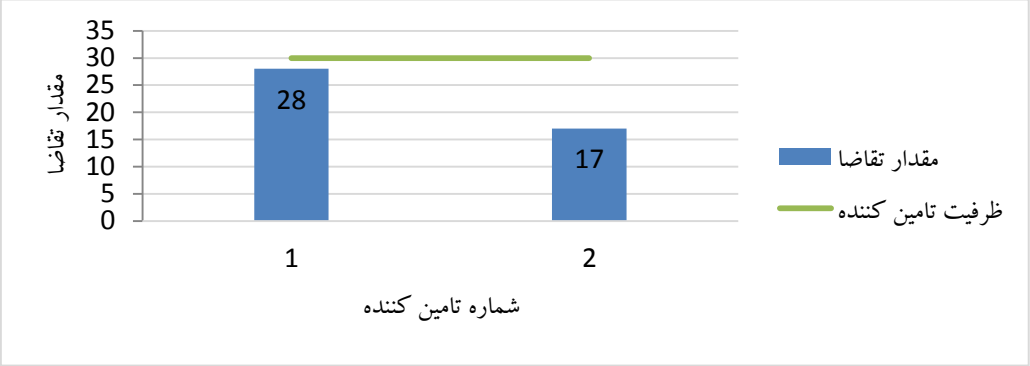
شماره تولید کننده	مقدار تقاضا	ظرفیت تولید کننده
1	28	30
2	0	20
3	17	25



نمودار ۱۱- بررسی محدودیت تولیدکننده

جدول ۱۱- بررسی محدودیت تامین‌کننده

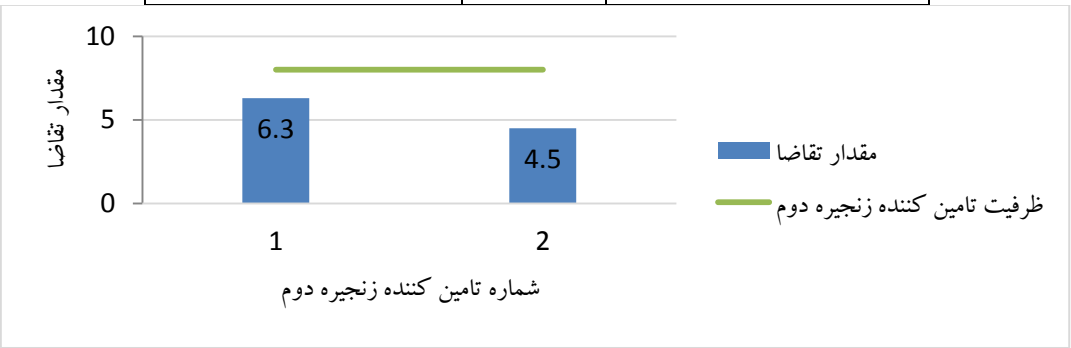
شماره تأمین کننده	مقدار تقاضا	ظرفیت تأمین کننده
1	28	30
2	17	30



نمودار ۱۲- بررسی محدودیت تامین‌کننده

جدول ۱۲- بررسی محدودیت تامین‌کننده زنجیره دوم

شماره تأمین کننده زنجیره دوم	مقدار تقاضا	ظرفیت تأمین کننده زنجیره دوم
1	6/3	8
2	4/5	8

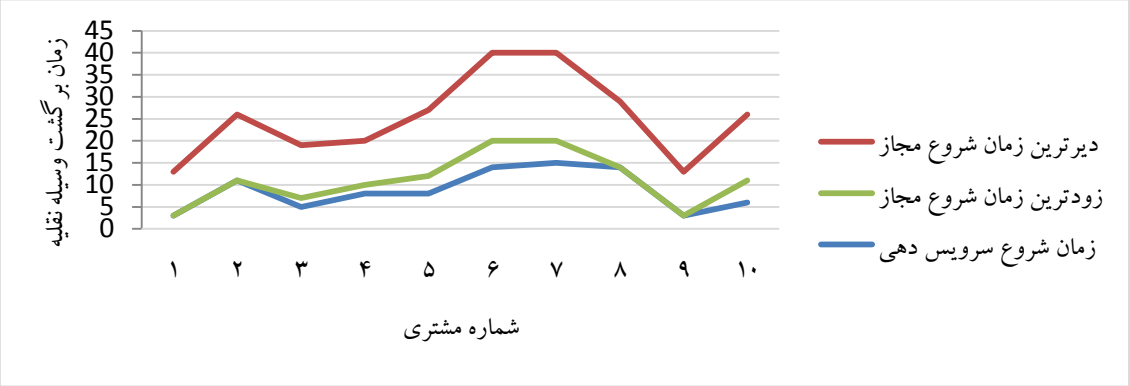


نمودار ۱۳- بررسی محدودیت تامین‌کننده زنجیره دوم

آخرین محدودیت که مورد بررسی قرار داده می‌شود، محدودیت زمان ارسال کالا برای مشتری است که در جدول شماره ۱۳ و نمودار شماره ۱۴ بررسی شده و نتایج حاصل نشان داد که زمان سرویس‌دهی داخل بازه تعیین شده قرار دارد.

جدول ۱۳- بررسی محدودیت زمان ارسال کالا

شماره مشتری	زمان شروع سرویس دهی	زودترین زمان شروع مجاز	دیرترین زمان شروع مجاز
1	3	0	10
2	11	0	15
3	5	2	12
4	8	2	10
5	8	4	15
6	14	6	20
7	15	5	20
8	14	0	15
9	3	0	10
10	6	5	15



نمودار ۱۴- بررسی محدودیت زمان ارسال کالا

در قسمت بعدی مقادیر تابع هدف با توجه به جواب به‌دست آمده بررسی و محاسبه می‌شود. این پژوهش دارای یک مسئله سه هدف است که در آن هزینه ها، زمان سرویس‌دهی کمینه شده و کیفیت تولید بیشینه خواهد شد؛ بنابراین لازم است تا درستی محاسبه هریک از توابع هدف به‌وسیله نرم افزار گمز با توجه به جواب ارائه شده از نرم افزار گمز بررسی گردد. همان‌طور که در جدول شماره ۱۴ نشان داده می‌شود مقدار تابع هدف دوم که مجموع زمان سرویس‌دهی به مشتریان است، با توجه به زمان محاسبات انجام شده برابر ۸۷ واحد محاسبه شده است.

جدول ۱۴- محاسبه مقدار تابع هدف دوم

شماره مشتری	زمان شروع سرویس دهی
1	3
2	11
3	5
4	8
5	8
6	14
7	15
8	14
9	3
10	6
مجموع	87

در قسمت بعدی و در جدول شماره ۱۵ مقدار تابع هدف سوم محاسبه شده که این مقدار برابر ۴۲,۶ واحد می‌باشد.

جدول ۱۵- محاسبه مقدار تابع هدف سوم

شماره تولیدکننده	کیفیت
1	23/4
2	19/2
مجموع	42/6

در این قسمت محاسبه هزینه‌های سیستم به شرح جداول ۱۶ تا ۲۱ انجام شده است.

جدول ۱۶- محاسبه هزینه احداث تولیدکننده

شماره توزیع کننده	هزینه احداث
1	10
2	15
3	15
مجموع	40

جدول ۱۷- محاسبه هزینه تولید

شماره تولیدکننده	هزینه تولید
1	7/8
2	6/5
مجموع	14/3

جدول ۱۸- محاسبه هزینه اجاره وسیله نقلیه

شماره وسیله نقلیه	هزینه اجاره
1	3
2	5
3	4
4	4
مجموع	16

جدول ۱۹- محاسبه هزینه ثابت تولیدکننده

شماره تولیدکننده	هزینه ثابت تولیدکننده
1	10
2	8
مجموع	18

جدول ۲۰- محاسبه هزینه خرید از تامین‌کننده

تأمین کننده	هزینه خرید
1	10/3
2	6/4
مجموع	16/7

جدول ۲۱- محاسبه هزینه جابجایی

مسیر	هزینه جابجایی
d1-c1	1/2
c1-c4	2/1
c4-c7	1/5
c7-d1	1/4
d2-c3	1/5
c3-c2	1/6

c2-d2	2/1
d2-c10	1/7
c10-c8	1/6
c8-d2	1/3
d3-c9	1/8
c9-c5	1/2
c5-c6	1/4
c6-d3	1/6
مجموع	22

در جدول شماره ۲۲ مقدار توابع هدف به‌دست آمده از محاسبات انجام شده و مقدار به‌دست آمده از نرم‌افزار گمز مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده درستی محاسبه مقادیر تابع هدف توسط نرم‌افزار گمز است. با توجه به آن که تمام محدودیت‌های مسئله از جمله محدودیت‌های ظرفیت و زمان سرویس‌دهی و هم‌چنین ویژگی های مسئله از جمله تخصیص تقاضای هر سطح به سطح بالاتر رعایت شده و مقادیر هر سه تابع هدف یعنی تابع هدف زمان، هزینه و کیفیت به درستی توسط نرم‌افزار گمز محاسبه شده می‌توان نتیجه گرفت که مدل ریاضی ارائه شده دارای کارایی مناسبی است.

جدول ۲۲- بررسی درستی محاسبه تابع هدف

نوع تابع هدف	مقدار محاسبه شده	مقدار محاسبه شده توسط نرم افزار گمز
تابع هدف اول	127	127
تابع هدف دوم	87	87
تابع هدف سوم	426	42/6

جمع‌بندی

در این پژوهش یک زنجیره پنج سطحی در نظر گرفته شده است که سطوح تامین‌کننده، تولیدکننده، خرده فروش، توزیع-کننده و تامین‌کننده زنجیره تأمین دوم قرار دارد. ضایعات تولیدی توسط مشتریان به زنجیره تأمین دوم منتقل شده و در آنجا مورد استفاده قرار گرفته می‌شود. هدف از حل مسئله کمینه کردن هزینه و زمان تولید و بیشینه نمودن کیفیت تولید است که مسئله را به یک مسئله سه هدفه تبدیل می‌کند. در این پژوهش محدودیت ظرفیت برای هر سطح وجود داشته و برای ارسال کالا به مشتریان مسیریابی انجام می‌شود. هم‌چنین برای ارسال کالا و سرویس‌دهی به مشتریان محدودیت زمانی سخت برای شروع زمان سرویس‌دهی تعیین گردیده است. مسئله مورد نظر در ابعاد کوچک به‌وسیله نرم‌افزار گمز و در ابعاد بزرگ به‌وسیله الگوریتم NSGAII حل گردید.

نوآوری‌های تحقیق شامل مسئله مورد نظر سه هدفه بوده و یک توازن بین کمینه کردن کردن هزینه‌های سیستم، زمان ارسال به مشتری و بیشینه کردن کیفیت محصولات تولیدی، حل مسئله در پایین ترین سطح، مسیریابی برای مشتریان، استفاده از محصول ضایعات بازیافتی از زنجیره اول برای تولید محصول متفاوت دیگری در زنجیره تأمین دوم، گشایش دریچه جدیدی از نحوه تأمین مواد اولیه در شرایط تحریمی کنونی و استفاده از روش فرا ابتکاری برای حل مسئله بوده است.

هم‌چنین هدف اصلی این پژوهش شامل مدل‌سازی و حل زنجیره تأمین چهارسطحی با اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ارسال ضایعات به‌وسیله الگوریتم NSGA II و اهداف فرعی شامل ارائه مدل ریاضی برای مسئله، حل مسئله در ابعاد کوچک به‌وسیله نرم افزار گمز، حل مسئله در ابعاد بزرگ به‌وسیله نرم افزار متلب و الگوریتم NSGA II و بررسی صحت و کارایی مسئله در ابعاد بزرگ به‌وسیله نرم الگوریتم NSGA II بوده است که تمامی این اهداف تحقیق برآورده شده است.

در این پژوهش از یک مدل سه هدفه استفاده شده است بنابراین برای حل مسئله از روش ال‌پی‌متریک برای حل مسئله در ابعاد کوچک استفاده شد که توانست مسائل چندهدفه را حل کند. برای حل مسئله در ابعاد بزرگ از الگوریتم NSGAII استفاده شد و مولفه های این الگوریتم شامل تولیدجواب اولیه، ایجاد جمعیت اولیه، تابع ارزیابی، تعیین رتبه‌بندی جواب ها،

انتخاب والدین، تولید فرزندان جدید، عملگر ژنتیک جهش شرح داده شد. ابتدا به اثبات رسید که با توجه به پیچیده بودن مسئله و این موضوع که با بزرگ شدن ابعاد مثال ها مسئله قابلیت حل خود را توسط نرم افزار گمز از دست داده یا زمان حل مسئله به‌صورت تصاعدی افزایش پیدا می‌کند بنابراین لازم است تا از الگوریتم های فراابتکاری برای حل آن استفاده شود. منظور بررسی درستی، صحت و کارایی الگوریتم، پنج مثال عددی در ابعاد کوچک به‌صورت تصادفی تولید شده و به‌وسیله الگوریتم NSGAII حل شد. با توجه به اختلاف کم بین میانگین جواب‌های الگوریتم NSGAII در مقایسه با جواب حاصل از نرم افزار گمز، ثابت می‌شود که الگوریتم NSGAII ارائه شده در ابعاد کوچک دارای کارایی مناسبی بوده است. هم‌چنین به منظور بررسی عملکرد الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ، چند مثال با داده های تصادفی در ابعاد بزرگ ارائه گردید. مقایسه انجام شده نشان دهنده آن است که اختلاف بسیار کم بوده و درتابع هدف اول حداکثر ۲,۲۳، در تابع هدف دوم ۱,۹۰ و در تابع هدف سوم ۱,۶۰ بوده است که کارایی مناسب الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ مسئله را اثبات نمود.

نهایتا به منظور بررسی صحت مدل ریاضی یک مثال عددی به‌صورت تصادفی ایجاد و به‌وسیله نرم‌افزار گمز حل گردید. با توجه به اینکه تمام ویژگی ها و محدودیت‌های مسئله رعایت شده و درستی محاسبه تابع هدف به اثبات رسید بنابراین می-توان گفت صحت مدل ریاضی نیز به اثبات رسیده است.

تحقیقات آتی

در تحقیقات آتی می‌توان موارد ذیل را در نظر گرفت.

- می‌توان داده های مسئله را به‌صورت تصادفی در نظر گرفت و یا از اعداد فازی استفاده نمود.
- برای حل مسئله می‌توان از روش های فراابتکاری چندهدفه دیگر استفاده کرد و یا از ترکیب آن ها الگوریتم جدیدی ارائه داد.
- برای مسئله موردنظر می‌توان دوره های زمانی مختلفی در نظر گرفت و مسئله را در حالت چند دوره ای حل نمود.
- در مسئله مدنظر می‌توان بحث موجودی را ارائه داد و برای توزیع‌کنندگان و تولیدکنندگان کنترل موجودی و هزینه‌های موجودی و کمبود را در نظر گرفت.
- در تحقیقات آتی می‌توان از زنجیره تأمین فسادپذیر استفاده کرد و قیمت فروش محصول به مشتری را وابسته به زمان ارسال کالا به مشتری در نظر گرفت. به این معنا که با گذشت زمان کیفیت محصول کاهش پیدا کرده و قیمت فروش کمتر و در نتیجه سود زنجیره تأمین نیز کمتر خواهد شد.

منابع

۱. ابطحی, ب. س. (۱۳۹۹). بهره‌وری. تهران، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، ۱۳۹۹، چاپ دوم، ص۹.

۲. امین طهماسبی, ح. ح. (۱۳۹۸). تحلیل معیارهای تابآوری و پایداری زنجیره تأمین در صنعت داروسازی با استفاده از روش تحلیل ساختاری تفسیری. مدیریت استاندارد و کیفیت. ۱۳۹۸;۹(۴ :)۴۰–۸.

۳. آرا, ز. غ. (۱۳۹۷). مکانیابی لندفیل شهر قوچان با استفاده از تلفیق سامانه GIS و روش MCDA. دوره ۱۲، شماره ۴۲، خرداد ۱۳۹۷، صفحه ۱-۱۰۰ .

۴. آرمن, ا. س. (۱۳۹۷). مهندسی روشها، تهران. قومس، ۱۳۹۷، چاپ اول، ص۲۳.

۵. بابایی, م.. (۱۳۹۶). رویکرد بهینه سازی استوار در انتخاب تامین کننده تحت تدارکات ناب. پاییز ۱۳۹۶, دوره ۲۸, شماره ۳ ; از صفحه ۴۶۰ تا صفحه ۴۶۹ .

۶. دارائی, ع. ا. (۱۳۹۸). برنامه‌ریزی و مکان‌یابی بهینه تسهیلات و زیرساخت‌های گردشگری شهری با استفاده از GIS موردشناسی: شهر سمنان. دوره ۱۲، شماره ۳۵، تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۱-۲۶۳ .

۷. درخشی خواجه, ج. ی. (۱۳۹۹). توسعه مدل عل ی عوامل تأثیرگذار بر تاب آوری زنجیره تأمین. نشریه علمی . ۷۳–۵۶ :)۶۸(۲۲;۱۳۹۹ . تأمین زنجیره مدیریت.

۸. ربانی, آ. (۱۳۹۹). استفاده از رویکرد فازی در مساله تعیین اندازه انباشته چندسطحی، چند قلمی با ظرفیت محدود در سیستم های مبتنی بر MRP.

۹. شریعت, ش. ا. (۱۳۹۸). مدل مکان‌یابی ایستگاه‌های حمل و نقل ریلی شهری در محیط GIS. دوره ۴۵، شماره ۱ - شماره پیاپی ۱ شهریور ۱۳۹۸ صفحه ۲۵-۳۳.

۱۰. صالحی, t. (۱۳۹۹). ارائه الگویی با هدف کاهش هزینه ریسک زنجیره تأمین با رویکرد ترکیبی. حسابداری مدیریت.. ۶۷–۱۵۵ :)۴۵(۱۳;۱۳۹۹.

۱۱. صفری, ا. (۱۳۹۸). بررسی کارایی بانک های تجاری در ایران و عوامل نهادی موثر بر آن. رساله کارشناسی ارشد، اقتصاد دانشگاه تهران.

۱۲. طاهری, ش. (۱۳۹۸). هره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمان‌ها (مدیریت بهره‌وری فراگیر). تهران، هستان، ۱۳۹۸، چاپ اول، ص۹.

۱۳. طاهری, غ.. (۱۳۹۷). ررسی و تبیین نقش اقتضائات استراتژیک در انتخاب الگوی ارزیابی عملکرد سازمان های دولتی. مجموعه مقالات دومین جشنواره شهید رجایی ارزیابی عملکرد دستگاه‌های اجرایی کشور.

۱۴. غضنفری مهدی, ن. م. (۱۳۹۶). توسعه سیستم MRP به منظور برنامه ریزی احتیاجات مواد در شرایط احتمالی (برای مراکز تولیدی - خدماتی).

۱۵. غلامی, م؛ و. (۱۳۹۷). مکان یابی ایستگاههای اتش نشانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS نمونه موردی: شهر مشهد. دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت شهری - ۱۳۹۷.

۱۶. فخلعی, ن. پ. (۱۳۹۹). طراحی مدلی پویا برای انتخاب سناریوی مناسب سطح ذخیره احتیاطی در سیستم MRP: شرکت تولیدی مشهد پانل بارثاوا.

۱۷. نصیری, ج. م. (۱۳۹۵). مکان یابی بهینه پارکینگ‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر آباده). جلد ۱۳ شماره ۴۴ صفحات ۱۰۹-۹۱.

۱۸. ولی پوری معصوم, ب. م. (۱۳۹۶). مکان یابی پمپ بنزین های شهر بروجرد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). تابستان ۱۳۹۳, دوره ۶, شماره ۲۰ ; از صفحه ۱۶۱ تا صفحه ۱۷۹ .

19. Ahmad Ebrahimi, H. W. (2020). Minimizing total energy cost and tardiness penalty for a scheduling-layout problem in a flexible jobshop system:A comparison o four metaheuristic algorithm. Elsevier, 141.
20. Ahmed, K. (2016). Concept of Value Engineering in Construction Industry. International Journal of Science and Research, 5, 1-7. .
21. Ahmed, M. R. (2020). Location-allocation modeling for emergency evacuation planning with GIS and remote sensing: A case study of Northeast Bangladesh. Geoscience Frontiers7 November 2020Volume 12, Issue 3 (Cover date: May 2021)Article 101095.
22. Alba, C. C. (2022). Using metaheuristics for the location of bicycle stations. Expert Systems with Applications2 July 2020Volume 161 (Cover date: 15 December 2020)Article 113684.
23. Al-Qudah, N. S.-O. (2020). Optimization of Bus Stops Locations Using GIS Techniques and Artificial Intelligence. Procedia Manufacturing4 May 2020Volume 44 (Cover date: 2020)Pages 52-59.

24. Behrad Erfani, S. E. (2020). An integrated dynamic facility layout and job shop scheduling problem: A hybrid NSGA-II and local search algorithm. Journal of industrial and management optimization, 2(6), 2011-2018.
25. Bottani, M. R. (2022). A literature review on quantitative models for supply chain risk management: can they be applied to pandemic disruptions? Computers & Industrial EngineeringAvailable online 15 June 2022In press, journal pre-proofArticle 108329.
26. Camino R. Vela, S. A.-R. (2020). Evolutionary tabu search for flexible due-date satisfaction in fuzzy job shop scheduling.
27. Carbone, T. A. (2020). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. Engineering Management Journal.
28. Charnes, A. C. (2020). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research. .
29. Cheong, S. H. (2021). Inventory model for sustainable operations of a closed-loop supply chain: Role of a third-party refurbisher. Journal of Cleaner Production12 June 2021Volume 315 (Cover date: 15 September 2021)Article 127810.
30. Chhetri, S. S. (2020). A GIS-LP integrated approach for the logistics hub location problem. Computers & Industrial Engineering26 May 2020Volume 146 (Cover date: August 2020)Article 106488.
31. Christian N.Samuel, U. C. (2020). Robust closed-loop supply chain design with presorting, return quality and carbon emission considerations. Volume 247, 20 February 2020, 119086.
32. Chukwuma, E. C. (2019). Facility location allocation modelling for bio-energy system in Anambra State of Nigeria: Integration of GIS and location model. Renewable Energy8 April 2019Volume 141 (Cover date: October 2019)Pages 460-467.
33. Chung, J. S. (2022). Effects of government subsidy programs on job creation for sustainable supply chain management. Socio-Economic Planning SciencesAvailable online 10 February 2022In press, corrected proofArticle 101261.
34. Chung, Y. G. (2022). Closed-loop supply chain network design considering reshoring drivers.
35. Cintas, D. F. (2022). On an intensification factor for green chemistry and engineering: The value of an operationally simple decision-making tool in process assessment. Sustainable Chemistry and Pharmacy21 March 2022Volume 27 (Cover date: June 2022)Article 100651.
36. Covello, V. a. (2020).) Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspectiv. . Risk Analysis, 5, 103-120.
37. Denney, V. P. (2020). Exploring the upside of risk in project management: A phenomenological inquiry. Vol. 8 No. 1 (2020): The Journal of Modern Project Management.
38. Diacon.S. (2021). The efficiency of UK general insurance companies. Nottingham University Business School.
39. Duffy, D. A. (2022). Product Lifecycle Management implementation for high value Engineering to Order programmes: An informational perspective. Journal of Industrial Information Integration18 August 2021Volume 26 (Cover date: March 2022)Article 100264.

40. Dusan Malindzak, P. G. (2022). Setting MRP Parameters and Optimizing the Production Planning Process. Received: 13 March 2022 / Revised: 28 March 2022 / Accepted: 30 March 2022 / Published: 1 April 2022.
41. Emilio J. Alarcon Ortega, M. S. (2020). Matheuristic search techniques for the consistent inventory routing problem with time windows and split deliveries. https://doi.org/10.1016/j.orp.2020.100152.
42. Fan, R. L. (2022). Evaluating the impact of carbon tax policy on manufacturing and remanufacturing decisions in a closed-loop supply chain. International Journal of Production Economics10 January 2022Volume 245 (Cover date: March 2022)Article 108408.
43. Franka Hendra, R. A. (2022). Designing Templates to Support and Monitoring the Activities of Material Requipment Planning (MRP).
44. Fu, X. L. (2020). Improved Genetic Algorithm for Solving Flexible Job Shop. Procedia Computer Science2020Volume 166Pages 480-485.
45. Gai-Ge Wang, D. G. (2020). Solving Fuzzy Job-Shop Scheduling Problem Using DE Algorithm Improved by a Selection Mechanism.
46. GangWang. (2021). Volume 126, February 2021, 105105.
47. GangWang. (2021). Integrated supply chain scheduling of procurement, production, and distribution under spillover effects. Volume 126, February 2021, 105105.
48. GangWang. (2021). Integrated supply chain scheduling of procurement, production, and distribution under spillover effects. Volume 126, February 2021, 105105.
49. Gen, J. G. (2020). Research on green closed-loop supply chain with the consideration of double subsidy in e-commerce environment. Computers & Industrial Engineering26 August 2020Volume 149 (Cover date: November 2020)Article 106779.
50. Ghanbar Tehrani, N. (1386). Retrieved from http://scm-imi.blogfa.com
51. Ghose, M. L. (2021). Game theoretical analysis of service effort timing scheme strategies in dual-channel supply chains. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review25 January 2022Volume 158 (Cover date: February 2022)Article 102620.
52. Giordano, G. L. (2022). Robust optimization of construction waste disposal facility location considering uncertain factors. Journal of Cleaner Production9 April 2022Volume 353 (Cover date: 15 June 2022)Article 131455.
53. Giri, S. K. (2021). Analyzing a closed-loop sustainable supply chain with duopolistic retailers under different game structures. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology8 April 2021Volume 33 (Cover date: May 2021)Pages 222-233.
54. Han, J.-q. L.-w.-y.-y. (2020). An improved Jaya algorithm for solving the flexible job shop scheduling problem with transportation and setup times. Knowledge-Based Systems20 July 2020Volume 200Article 106032.
55. He, H. C. (2021). Remanufacturing process innovation in closed-loop supply chain under cost-sharing mechanism and different power structures. Computers & Industrial Engineering16 October 2021Volume 162 (Cover date: December 2021)Article 107743.
56. Hu, J.-h. Z.-l.-y. (2020). Research on the profit change of new energy vehicle closed-loop supply chain members based on government subsidies. Environmental

Technology & Innovation29 May 2020Volume 19 (Cover date: August 2020)Article 100937.

57. Ingason, H. I. (2021). Using altruism in project management education: How ‘Doing Good’ impacts student motivation. Project Leadership and Society20 December 2021Volume 3 (Cover date: December 2022)Article 100038.
58. Kar, S. C. (2021). Developing an Optimum Material Procurement Schedule by Integrating Construction Program and Budget Using NSGA-II.
59. Karimzadeh, M. (1396). Retrieved from http://Mkarimzadeh-ntu.blogsky.com
60. Kartina PujiNurjanni, M. S. (2017). Green supply chain design: A mathematical modeling approach based on a multi-objective optimization model. Volume 183, Part B, January 2017, Pages 421-432.
61. Kazi Shah Nawaz Ripon, J. T. (2013). Integrated job shop scheduling and layout planning:a hybrid evolutionary method for optimizing multiple objectives. Springer, 121-132.
62. Kazi Shah Nawaz Ripon, Jim Torresen. (2013). Integrated job shop scheduling and layout planning:a hybrid evolutionary method for optimizing multiple objectives. Springer, 121-132.
63. Khan, I. M. (2020). Engineering of cobalt sulfide (Co5S2) microcubes for selective catalytic hydrogenation of nitroarenes and enhanced calorific value of fue6C. Chemical Physics Letters26 May 2020Volume 754 (Cover date: September 2020)Article 137649.
64. Khosrojerdi, A. J. (2018). Closed-loop supply chain network design under disruption risks: A robust approach with real world application. Computers & Industrial Engineering8 January 2018Volume 116 (Cover date: February 2018)Pages 178-191.
65. Kim. (2012). A two-stage multiple-machine assembly scheduling problem for minimizing sum of completion times. International Journal of Production Economics, 113: 1038-1048.
66. Krarti, M. A. (2022). Value engineering optimal design approach of high-performance residential buildings: Case study of Kuwait. Energy and Buildings7 January 2022Volume 258 (Cover date: 1 March 2022)Article 111833.
67. Leu, J.-D. a.-H. (2016). enterprise resource planning rise Resource Planning Implementation Using the Value Engineering Methodology and Six Sigma Tool. Ent Enterprise Resource Planning rise Information Systems, 11, 1243-1261.
68. Li, C. d. (2021). Are boards' risk management committees associated with firms’ environmental performance? The British Accounting Review28 October 2021Volume 54, Issue 1 (Cover date: January 2022)Article 101066.
69. Li, H. M. (2017). Closed-loop supply chain network design for hazardous products with uncertain demands and returns. Applied Soft Computing27 October 2017Volume 68 (Cover date: July 2018)Pages 889-899.
70. Li, Q. G. (2021). The analysis of commodity demand predication in supply chain network based on particle swarm optimization algorithm. Journal of Computational and Applied Mathematics10 August 2021Volume 400 (Cover date: 15 January 2022)Article 113760.

71. Luo, Q. (2020). An efficient memetic algorithm for distributed flexible job shop scheduling problem with transfers. Expert Systems with Applications19 July 2020Volume 160 (Cover date: 1 December 2020)Article 113721.
72. Luo, Q. K. (2022). An efficient memetic algorithm for distributed flexible job shop scheduling problem with transfers. Volume 160, 1 December 2020, 113721.
73. Lv, L. M. (2020). Mixed-integer linear programming and constraint programming formulations for solving distributed flexible job shop scheduling problem. Computers & Industrial EngineeringApril 2020Volume 142Article 106347.
74. Mahdi Alinaghiana, E. B. (2021). An augmented Tabu search algorithm for the green inventory-routing. https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100802.
75. MathiasQuetsch, l. M. (2021). Optimisation model for multi-item multi-echelon supply chains with nested multi-level products. Volume 290, Issue 1, 1 April 2021, Pages 144-158.
76. Matthias Thürer, M. S. (2020). Production planning and control in multi-stage assembly systems: an assessment of Kanban, MRP, OPT (DBR) and DDMRP by simulation. Pages 1036-1050 | Received 05 Jun 2020, Accepted 04 Nov 2020, Published online: 02 Dec 2020.
77. Matthieu Lauras, F. F. (2021). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. Pages 4233-4245 | Received 13 Jan 2019, Accepted 17 Jul 2019, Published online: 13 Aug 2019.
78. Mehmet Alegoz, H. Y. (2019). Supplier selection and order allocation decisions under quantity discount and fast service options. Sustainable Production and Consumption, Volume 18, April 2019, Pages 179-189.
79. Meng, L. (2020). Mixed-integer linear programming and constraint programming formulations for solving distributed flexible job shop scheduling problem. Computers & Industrial Engineering11 February 2020Volume 142 (Cover date: April 2020)Article 106347.
80. Meng, L. F. (2021). A disease transmission inspired closed-loop supply chain dynamic model for product collection. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review3 June 2021Volume 152 (Cover date: August 2021)Article 102363.
81. Meng, S. Z. (2020). Electronics closed-loop supply chain value co-creation considering cross-shareholding. Journal of Cleaner Production26 August 2020Volume 278 (Cover date: 1 January 2021)Article 123878.
82. Mi, Y. Z. (2020). Third-party remanufacturing mode selection for competitive closed-loop supply chain based on evolutionary game theory. Journal of Cleaner Production1 April 2020Volume 263 (Cover date: 1 August 2020)Article 121305.
83. Morin, B. P. (2020). Reverse engineering cash: Coin designs mark out high value differentials and coin sizes track values logarithmically. Cognition31 January 2020Volume 198 (Cover date: May 2020)Article 104182.
84. Morizawa, K. N. (2018). Powerful heuristics to minimize makespan in fixed, 3-machine, assembly-type flow shop scheduling. . European Journal of Operational Research, 146: 498-516.

85. Mostafa Kazemi, S. P. (2012). Optimizing combination of job shop scheduling and quadratic assignment problem through multi-objective decision making approach. Management Science Letters.
86. Naderi, M. S. (2020). New robust optimization models for closed-loop supply chain of durable products: Towards a circular economy. Computers & Industrial Engineering1 June 2020Volume 146 (Cover date: August 2020)Article 106520.
87. Nikandish Naser, E. K. (2020). Integrated Procurement, Production And Delivery Scheduling In A Generalized Three Stage Supply Chain. FALL 2020, Volume 3, Number 3; Page(s) 189 To 212.
88. Nuria Ramó, n. L. (2019). Cross-benchmarking for performance evaluation: Looking across best practices of different peer groups using DEA. Omega4 December 2019Volume 92 (Cover date: April 2020) Article 102169.
89. Ohlhausen, K. D. (2022). A closed-loop control for a cooperative innovation culture in interorganizational R&D projects.
90. Olivares-Benitez, S. P. (2021). Multi-period multi-product closed loop supply chain network design: A relaxation approach. Computers & Industrial Engineering2 March 2021Volume 155 (Cover date: May 2021)Article 107191.
91. Orenstein, Y. D. (2021). Public participation GIS versus geolocated social media data to assess urban cultural ecosystem services: Instances of complementarity. Ecosystem Services12 June 2021Volume 50 (Cover date: August 2021)Article 101277.
92. Ortega, E. J. (2020). Matheuristic search techniques for the consistent inventory routing problem with time windows and split deliveries. . Operations Research Perspectives, 7, 100152.
93. projects, A. c.-l. (2022). A framework for the design of a closed-loop gastric pacemaker for treating conduction block. Computer Methods and Programs in Biomedicine22 January 2022Volume 216 (Cover date: April 2022)Article 106652.
94. Radojkovic, V. V. (2020). Project planning and risk management as a success factor for IT projects in agricultural schools in Serbia. Technology in Society1 September 2020Volume 63 (Cover date: November 2020)Article 101371.
95. Rezaei, A. A. (2021). Supplier selection and order allocation model with disruption and environmental risks in centralized supply chain. International Journal of System Assurance Engineering and Management, pp.1-37.
96. Rezaei, A. A. (2021). Supplier selection and order allocation model with disruption and environmental risks in centralized supply chain. International Journal of System Assurance Engineering and Management, pp.1-37.
97. Seuring, B. D. (2022). Connecting additive manufacturing to circular economy implementation strategies: Links, contingencies and causal loops. International Journal of Production Economics12 January 2022Volume 246 (Cover date: April 2022)Article 108414.
98. Shankar, S. L. (2020). Circular supply chain management: A state-of-art review and future opportunities. Circular supply chain management: A state-of-art review and future opportunities.
99. Sheng, D. Y. (2021). Exploring the knowledge base and trajectories of knowledge dissemination in closed loop supply chain. Journal of Cleaner Production5 July 2021Volume 316 (Cover date: 20 September 2021)Article 128231.

100. Silvius, G. (2021). The role of the Project Management Office in Sustainable Project Management. Procedia Computer Science22 February 2021Volume 181 (Cover date: 2021)Pages 1066-1076.

101. SinaNayeri, M. M.-G. (2020). Multi-objective fuzzy robust optimization approach to sustainable closed-loop supply chain network design. Volume 148, October 2020, 106716.

102. Su, J. J. (2021). Decision-making and coordination of green closed-loop supply chain with fairness concern. Journal of Cleaner Production23 March 2021Volume 298 (Cover date: 20 May 2021)Article 126779.

103. Suef, W. A. (2021). A closed-loop supply chain inventory model with stochastic demand, hybrid production, carbon emissions, and take-back incentives. Journal of Cleaner Production27 August 2021Volume 320 (Cover date: 20 October 2021)Article 128835.

104. Sui, F. Z. (2019). Bi-objective Optimization of Multiple-route Job Shop Scheduling with Route Cost. IFAC-PapersOnLine2019Volume 52, Issue 13Pages 881-886.

105. Sun, R. Q. (2021). Supply chain coordination by contracts considering dynamic reference quality effect under the O2O environment. Computers & Industrial Engineering26 November 2021Volume 163 (Cover date: January 2022)Article 107802.

106. Swartz, L. M. (2021). Robust model predictive control with embedded multi-scenario closed-loop prediction. Computers & Chemical Engineering13 March 2021Volume 149 (Cover date: June 2021)Article 107283.

107. Tan, R. H. (2021). Risk management in border inspection. Journal of Development Economics15 October 2021Volume 154 (Cover date: January 2022)Article 102748.

108. Tanksale, D. D. (2022). Designing a Closed-Loop Supply Chain for Reusable Packaging Materials: A Risk-averse two-stage Stochastic Programming Model using CVaR. Computers & Industrial EngineeringAvailable online 7 February 2022In press, journal pre-proofArticle 108004.

109. Thevendran, V. a. (2020). Perception of Human Risk Factors in Construction Projects: An Exploratory Study. . International Journal of Project Management, 22, 131-137.

110. Tian, H. Y. (2022). Closed-loop supply chain models of lithium-ion battery considering corporate social responsibility. Closed-loop supply chain models of lithium-ion battery considering corporate social responsibility.

111. Tolooie A, M. M. (2020). A two-stage stochastic mixed-integer program for reliable supply chain network design under uncertain disruptions and demand. . Comput Indus Eng 148:106722.

112. Tommaso Rossi, R. P. (2020). A new logistics model for increasing economic sustainability of perishable food supply chains through intermodal transportation. Pages 346-363 | Received 13 May 2019, Accepted 16 Apr 2020, Published online: 04 May 2020.

113. Torabi SA, B. M. (2020). Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks.

114. Volha Yakavenka, I. M. (2020). Development of a multi-objective model for the design of sustainable supply chains: the case of perishable food products. Annals of Operations Research volume 294, pages593–621.(۲۰۲۰)

115. Wei, H. W. (2020). Method for fault location in a low-resistance grounded distribution network based on multi-source information fusion. International Journal of Electrical Power & Energy Systems5 October 2020Volume 125 (Cover date: February 2021)Article 106384.

116. Wen-Tao Ji, J.-F. F.-Q. (2019). A revised performance evaluation method for energy saving effectiveness of heat transfer enhancement techniques. International Journal of Heat and Mass Transfer2 May 2019Volume 138 (Cover date: August 2019)Pages 1142-1153.

117. Wu, W. W. (2021). A hybrid metaheuristic algorithm for location inventory routing problem with time windows and fuel consumption. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114034.

118. Wu, W. Z. (2021). . A hybrid metaheuristic algorithm for location inventory routing problem with time windows and fuel consumption. Expert Systems with Applications, 166, 114034.

119. Wu, Z. S. (2020). Optimizing makespan and stability risks in job shop scheduling. Volume 122, October 2020, 104963.

120. Xi Gu, W. G. (2020). Performance evaluation for manufacturing systems under control-limit maintenance policy. Journal of Manufacturing Systems19 March 2020Volume 55 (Cover date: April 2020)Pages 221-232.

121. Xiong Luo, Q. Q. (2020). Improved Genetic Algorithm for Solving Flexible Job Shop Scheduling Problem.,Procedia Computer Science Volume 166 2020 Pages 480-485.

122. YahyaRanjbar, H. J. (2020). A competitive dual recycling channel in a three-level closed loop supply chain under different power structures: Pricing and collecting decisions. Volume 272, 1 November 2020, 122623.

123. Zhang. (2020). An improved genetic algorithm for the flexible job shop scheduling problem with multiple time constraints. Swarm and Evolutionary ComputationMay 2020Volume 54Article 100664.

124. Zhang, K. G. (2022). Multi-objective optimization for improved project management: Current status and future directions. Automation in Construction6 May 2022Volume 139 (Cover date: July 2022)Article 104256.

125. Zhang, Q. L. (2020). An efficient memetic algorithm for distributed flexible job shop scheduling problem with transfers. Expert Systems with Applications1 December 2020Volume 160Article 113721.

126. Zhang, Y. Z. (2022). Integrated Bayesian networks with GIS for electric vehicles charging site selection. Journal of Cleaner Production21 February 2022Volume 344 (Cover date: 10 April 2022)Article 131049.

127. Zhenwei Zhu, X. Z. (2020). An efficient evolutionary grey wolf optimizer for multi-objective flexible job shop scheduling problem with hierarchical job precedence constraints.

128. Zhou, S. T. (2020). Remanufacturing in a competitive market: A closed-loop supply chain in a Stackelberg game framework. Expert Systems with Applications28 June 2020Volume 161 (Cover date: 15 December 2020)Article 113655.

129. Zhu, Z. (2020). An efficient evolutionary grey wolf optimizer for multi-objective flexible job shop scheduling problem with hierarchical job precedence constraints. Computers & Industrial Engineering9 January 2020Volume 140 (Cover date: February 2020)Article 106280.