

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مهندسی زنجیره تامین پایدار

مؤلفین:

مهندس میلاد حسنی امیرآبادی

مهندس محمد خان محمدی

مهندس بهزاد جعفری

سرشناسه	: حسنی امیرآبادی، میلاد، ۱۳۷۲-
عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی زنجیره تامین پایدار/مؤلفین میلاد حسنی امیرآبادی، محمد خانمحمدی، بهزاد جعفری.
مشخصات نشر	: تهران: میعاد اندیشه، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۱۲۸ ص.: جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: 978-622-328-250-8:۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: تدارکات بازرگانی -- مدیریت Business logistics -- Management
شناسه افزوده	: خانمحمدی، محمد، ۱۳۶۷-
شناسه افزوده	: جعفری، بهزاد، ۱۳۶۶-
رده بندی کنگره	: HD۲۸/۵
رده بندی دیویی	: ۶۵۹/۴۰۱۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۲۸۷۶۲۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا



Miaadpub.ir

عنوان کتاب: مهندسی زنجیره تامین پایدار
 مؤلفین: مهندس میلاد حسنی امیر آبادی، مهندس محمد خانمحمدی، مهندس بهزاد جعفری
 ناشر: میعاد اندیشه
 ناظرو حامی: سمانه همتی
 طراح جلد: شکوفه احمدی
 صفحه آرا: مائده طومار
 نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۲
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
 قیمت: ۲/۰۰۰/۰۰۰ ریال
 شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۲۸-۲۵۰-۸

تلفن انتشارات: ۰۹۱۲۵۱۲۰۰۶۷ - ۰۲۱۶۶۰۱۷۴۴۸ - ۰۲۱۶۶۰۱۴۷۹۷

همه ی حقوق مادی و معنوی این اثر برای مؤلفین محفوظ است.

تکثیر و انتشار این اثر به هر صورت، از جمله بازنویسی، فتوکپی، ضبط الکترونیکی و ذخیره در سیستم های بازیابی و پخش، بدون دریافت مجوز کتبی و قبلی از مؤلفین به هر شکلی ممنوع است.

این اثر تحت حمایت «قانون حمایت از حقوق مولفان، مصنفان و هنرمندان ایران» قرار دارد

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۷
فصل اول: مقدمه.....	۹
مقدمه.....	۱۰
فصل دوم: زنجیره تامین مبانی و مفاهیم.....	۱۵
زنجیره تامین.....	۱۶
فرایندهای انجام گرفته در یک زنجیره تامین.....	۱۶
مدیریت زنجیره تأمین.....	۱۷
زنجیره تامین ناب.....	۱۸
زنجیره تامین چابک.....	۱۹
زنجیره تامین پایدار یا انعطاف پذیر.....	۲۰
زنجیره تامین سبز.....	۲۱
زنجیره تامین لارج.....	۲۱
مزایای مدیریت زنجیره تامین.....	۲۲
اجزاء اصلی مدیریت زنجیره تامین.....	۲۴
زنجیره تامین حلقه بسته.....	۲۴
اهمیت زنجیره تامین حلقه بسته.....	۲۵
شکل گیری زنجیره تامین حلقه بسته.....	۲۶

۲۷.....	الگوریتم ژنتیک.....
۲۹.....	مزایای الگوریتم ژنتیک.....
۲۹.....	ساختار الگوریتم.....
۳۰.....	مراحل الگوریتم ژنتیک.....
۳۷.....	الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA II.....

فصل سوم: روند مطالعه ۴۵

۴۶.....	روش های گردآوری داده ها.....
۴۶.....	روش های تجزیه و تحلیل داده ها.....
۴۶.....	فرآیند اجرایی.....
۴۷.....	مدل ریاضی مسئله.....
۵۴.....	حل مسئله به روش ال پی متریک.....
۵۴.....	ارائه الگوریتم NSGA II برای مسئله.....
۵۴.....	تولید جواب اولیه.....
۵۸.....	تولید جمعیت اولیه.....
۵۸.....	تابع ارزیابی.....
۵۹.....	تعیین رتبه بندی جواب ها.....
۵۹.....	انتخاب والدین.....
۶۰.....	تولید فرزندان جدید.....
۶۱.....	عملگر ژنتیک جهش.....

فصل چهارم: یافته ها ۶۳

۶۴.....	اثبات پیچیدگی مسئله.....
۶۵.....	بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد کوچک.....
۶۸.....	بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ.....
۷۱.....	بررسی کارایی مدل.....

فصل پنجم: سخن پایانی ۸۵

۸۹.....	منابع.....
---------	------------

پیشگفتار

بازارهایی که در حال گسترش می‌باشند و انتظارات فزاینده مشتریان به عنوان 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 به صورت شرکت به شرکت تعریف نمی‌شود، بلکه به صورت یک زنجیره تأمین در برابر زنجیره تأمین دیگر عنوان می‌گردد. در چنین محیط رقابتی، موفقیت نهایی کسب و کارها به توانایی مدیر شرکت در ادغام شبکه پیچیده‌ای از روابط این زنجیره بستگی خواهد داشت. مدیریت زنجیره تأمین، وظیفه یکپارچه سازی واحدهای سازمانی در طول زنجیره تأمین و هماهنگ نمودن جریان‌های مواد، اطلاعات و مالی به منظور برآوردن تقاضای مشتریان نهایی و با این هدف که رقابت‌پذیری بهبود پیدا کند را بر عهده دارد (Chen, 2017).

محدودیت‌های زیست محیطی و قوانین و مقررات دولتی اضافه‌تر از مباحث رقابتی باعث شده است تا توجه سازمانها بیشتر از گذشته به مسائل زیست محیطی 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 به صورت 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 می شود، عناصر زنجیره تأمین می تواند شامل تأمین کنندگان بالقوه، تولیدکنندگان، توزیع کنندگان، خرده فروشها، مشتریان و غیره می باشد (Lu, 2017).

یکی از موضوعات مهمی که در این کتاب وجود دارد در نظر گرفتن همزمان و توازن بین زمان، هزینه و کیفیت محصول است. در نظر گرفتن همزمان این موضوع بسیار مهم است زیرا بهینه کردن هر یک از موارد مورد نظر باعث دور شدن عامل دیگر مسئله از شرایط بهینه است. به طور مثال افزایش کیفیت می تواند باعث افزایش هزینه های سیستم و زمان تولید می شود.

فصل اول:

مقدمه

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 می باشد. این مسئله تعداد، محل، سطح ظرفیت و دیگر عوامل مختلف در نظر گرفته شده را تعیین می کند. همچنین مسیر حمل و نقل و مقدار مورد خرید، مصرف، تولید، توزیع و ارسال را مشخص می کند (Iranmanesh, 2017). طراحی شبکه زنجیره تأمین را می توان به دو بخش، یعنی لجستیک مستقیم و لجستیک معکوس تقسیم کرد. لجستیک مستقیم تنها به شبکه مستقیم پرداخته می باشد. لجستیک معکوس خود شامل مسائلی است که به طور کامل روی شبکه برگشت تمرکز دارد و به عنوان شبکه بازیافت شناخته شده است و اگر شبکه معکوس با شبکه مستقیم یکپارچه شود به عنوان شبکه حلقه بسته شناخته می شود. به طور کلی، در لجستیک مستقیم به عنوان یک لجستیک معمولی، پس از خرید از تأمین کنندگان، مواد خام به محصولات تمام شده در کارخانه های تولیدی تبدیل شده و سپس این محصولات از طریق مراکز توزیع به مشتریان برای برآوردن خواسته های آنها انتقال داده خواهند شد. در لجستیک معکوس، جریان محصولات بازگشتی از مشتریان به مراکز جمع آوری برای تعمیر، بازسازی و یا دفع، پردازش می شود (Jafari, 2017). زنجیره تامین حلقه بسته^۱ یک زنجیره کاملاً مفید برای محیط زیست می باشد، ولی دارای ماهیت پیچیده ای است و موضوع مطالعات بسیاری از محققان بوده است. در این کتاب یک مدل شبکه زنجیره تامین حلقه بسته جفت شده را گسترش می دهیم که با محصولات ناهمگنی که با تقاضاهای مختلف بازار روبرو می باشند، مواجه هستند. محصول در پایان عمر خود از زنجیره تامین جمع آوری و بازیافت می شود تا مواد خام آن استخراج و به عنوان ورودی برای زنجیره تامین معکوس استفاده شده و محصول دیگری را تولید می کند. علاوه بر این، در هر زنجیره تامین، تامین کنندگان، تولیدکنندگان و خرده فروشان، با یکدیگر در حال رقابت هستند، در حالی که

¹ - Closed-loop supply chain

زنجیره‌های تامین پیشرو و معکوس باید با هم کار کنند تا حلقه زنجیره تامین را تحقق بخشند. تولید مجدد به دلیل مزایای اقتصادی و زیست محیطی در بسیاری از سازمان ها رایج گردیده است. علاوه بر این، به منظور حفاظت از محیط زیست، بسیاری از کشورها الزاماتی را برای بازیافت محصولات مطرح کرده اند که تولید و مصرف را به یک زنجیره حلقه بسته تبدیل می‌نمایند. با این حال، طراحی و تعامل زنجیره تامین پیشرو و معکوس دارای چالش هایی است: علاوه بر برآورده کردن نیازهای بازیافت، یک زنجیره تامین حلقه بسته نیاز به هماهنگی برای پاسخگویی به تقاضای مصرف کنندگان در حین دستیابی به اهداف سود و رسیدن به پایداری دارد. مطالعات زنجیره تامین حلقه بسته، محصولات بازیافتی همگن هستند و آنها را فقط می توان برای تولید همان محصول در پایان عمر بازیافت نمود. در اینجا محصول ضایعات بازیافت و برای تولید محصول متفاوت دیگری استفاده می شود که فرصت های تجاری و تحقیقاتی جدیدی ایجاد نموده است.

به عنوان مثال، به دلیل عمر محدود لاستیک ها، سالانه تعداد زیادی لاستیک در محل دفن زباله قرار داده می‌شوند. تنها در استرالیا، این تعداد نزدیک به ۴۸ میلیون لاستیک در سال می‌رسد. طبق گزارش دانشگاه فناوری کوئینزلند، ۲۰۱۶، استارت آپ استرالیایی^۱ فناوری ترکیب گازوئیل و روغن استخراج شده از لاستیک های مستعمل را برای تولید سوخت ترکیبی تمیز اختراع کرده است. با کمک این فناوری که توسط مهندسان دانشگاه فناوری کوئینزلند تأیید شده است، می توان سالانه چندین تن تایلر مستعمل را بازیافت نمود. تحقیقات بیشتر نشان می دهد که این روش بازیافت، تولید اکسیدهای نیتروژن را تا ۳۰ درصد کاهش می دهد و در عین حال ذرات معلق در هوا را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد.

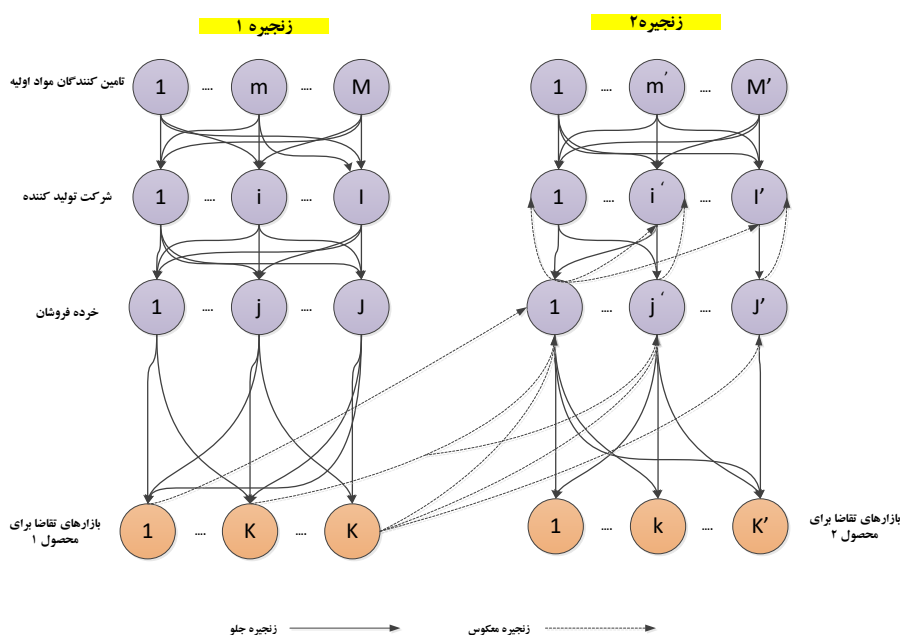
اخیراً، بوئینگ با شرکت فیبر کربن^۲ بریتانیا وارد همکاری شده است و متعهد به تحقیق و توسعه بازیافت ضایعات باقی مانده از بوئینگ ۷۷۷ و سایر فرآیندهای ساخت هواپیما است. هر ساله، صدها هزار پوند از مواد کامپوزیت کربن ضایعات، مجدداً پردازش می شود تا برای تولید

^۱ - GDT

^۲ - ELG

محصولات خود به شرکت های خودروسازی و الکترونیک فروخته شود. انتظار می رود که چنین رویه ای به شرکت کمک کند تا به هدف کاهش ۲۰ درصد کل زباله های جامد تا سال ۲۰۲۵ دست یابد. علاوه بر این، طبق گزارش اخیر دانشگاه شفیلد، دانشمندان دانشگاه پلی تکنیک کاتالونیا در اسپانیا، الیاف پارچه را از لاستیک های مستعمل بازیافت کردند تا یک نوع جدیدی از مواد برای ساختمان ها و ساخت و سازهای راه آهن طراحی کنند. که علاوه بر مزایای کاهش هزینه تولید، صرفه جویی در انرژی و حفاظت از محیط زیست، این نوع جدید از مواد دارای خاصیت ضد حرارت بوده و خواص عایق صوتی مشابه پشم سنگ یا پشم شیشه دارد (Huang, 2021).

با توجه به نیاز رو به افزایش پایداری و در نتیجه عملکرد زنجیره تامین حلقه بسته با الهام از موارد تجاری بالا، در این کتاب، یک مدل شبکه، متشکل از دو زنجیره تامین را پیشنهاد نموده ایم که محصول تولید شده توسط زنجیره تامین دیگری بازیافت شود تا نوع دیگری از محصول استخراج گردد.



شکل ۱-۱ نمای شماتیک زنجیره تامین مسئله

در این کتاب هدف از حل مسئله، کم کردن زمان ارسال کالا به مشتریان، کمینه کردن هزینه های سیستم و بالا بردن کیفیت کالای ارسالی برای مشتری می باشد. طبیعتاً وجود این سه هدف در کنار یکدیگر باعث ایجاد مغایرت هایی خواهد شد. به طور مثال، افزایش کیفیت، گاهی نیازمند افزایش هزینه و افزایش تولید خواهد شد. همچنین برای کم کردن زمان تولید، نیاز است تا هزینه ها افزایش پیدا کرده و ممکن است کیفیت کالای ارسالی برای مشتری کاهش پیدا کند. بنابراین لازم است که یک توازن بسیار قدرتمند در سیستم ایجاد شده که بر اساس آن یک تعادل بین هزینه، زمان و کیفیت ایجاد شود که هر سه گزینه به صورت موثر و قابل قبولی به مشتری ارائه گردد. بنابراین در این کتاب، تابع هدف شامل سه قسمت بوده و دو تابع مینیمم سازی و یک تابع ماکزیمم سازی وجود خواهد شد. برای حل اینگونه مسائل از روش های چندهدفه استفاده می شود. تابع هدف مسئله یک تابع هدف سه هدفه است که برای حل آن از روش ال پی متریک^۱ استفاده خواهد شد.

در این مسئله دو زنجیره تامین وجود دارد که هر زنجیره دارای چهار سطح می باشد. در بالاترین سطح تامین کنندگان وجود دارند که مواد اولیه را تامین می کنند. در سطح دوم، وظیفه تولید محصولات بر عهده کارخانه خواهد بود. در سطح سوم خرده فروشان قرار دارند که محصولات تولیدی را از کارخانه دریافت کرده و تحویل مراکز تقاضا خواهند داد. در پایین ترین سطح نیز خرده فروشان قرار دارند.

در آخرین سطح از زنجیره تامین اول مشتریان قرار دارند که علاوه بر تخصیص هر مشتری به توزیع کننده ها به منظور ارسال کالا به مشتریان، مسیریابی نیز انجام خواهد شد. به نحوی که وسایل نقلیه ای که برای سیستم در نظر گرفته می شود که وظیفه ارسال کالا برای مشتریان را به عهده خواهند داشت. این وسایل نقلیه حرکت خود را از توزیع کننده شروع کرده و پس از سرویس دهی به مشتریان به همان توزیع کننده بازمی گردند. در این کتاب ظرفیت تولید برای هر کارخانه متفاوت خواهد بود. این شرایط برای توزیع کننده ها و تامین کننده ها نیز

¹ LP_metric

برقرار است و مقدار سرویس ارائه شده دارای محدودیت ظرفیت خواهد بود. برای تولید هر محصول در هر کارخانه هزینه، زمان و کیفیت تولید متفاوت است. بنابراین مسئله به نحوی حل خواهد شد که این تخصیص ها در شرایطی وجود داشته باشد که توازن بین این سه عامل برقرار باشد.

در این کتاب ابتدا مدل مفهومی مسئله تعریف شده است. سپس مدل ریاضی طراحی گردیده و مسئله به وسیله نرم افزار گمز حل خواهد شد، و برای حل مسئله در ابعاد بزرگ یک الگوریتم NSGA II ارائه و صحت مدل ریاضی و الگوریتم ارائه شده بررسی و در نهایت تحلیل حساسیت انجام خواهد شد.

در این کتاب، یک مدل ریاضی برای مسئله زنجیره تامین چهارسطحی با اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ارسال ضایعات طراحی شده و مدل ارائه شده به وسیله نرم افزار گمز بررسی و کارایی آن به تأیید خواهد رسید. هم چنین مسئله مورد نظر در دسته مسائل پیچیده جای دارد. ابتدا پیچیدگی مسئله بررسی و اثبات شده و سپس برای اثبات پیچیدگی آن در ابعاد بزرگ یک الگوریتم NSGA II طراحی خواهد شد. با این تفاسیر مسئله مورد نظر چه در ابعاد کوچک و چه در ابعاد بزرگ قابل حل خواهد بود به این صورت که مسئله در ابعاد کوچک به وسیله نرم افزار گمز و در ابعاد بزرگ به وسیله نرم افزار متلب و الگوریتم NSGA II حل خواهد شد. لذا با توجه موضوعات و مسائل مطرح شده در این کتاب سعی بر این موضوع است که یک زنجیره تامین چهار سطحی با اهداف زمان هزینه کیفیت و ارسال ضایعات مدل سازی و به وسیله الگوریتم NSGA II حل شود.

بنابراین در این کتاب حل و مدل سازی زنجیره تامین چهار سطحی با اهداف زمان هزینه کیفیت و ارسال ضایعات به وسیله الگوریتم NSGA II انجام خواهد شد.

فصل دوم:

زنجیره تامین مبانی و مفاهیم

زنجیره تامین

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

تعاریف متنوعی از زنجیره تامین 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 تامین را به این صورت تعریف می‌کنند:

زنجیره تامین به تمامی مراحل گفته می‌شود که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم درگیر در برآوردن سفارش مشتری هستند.

یک تعریف ساده دیگر از زنجیره تامین عبارتست از شبکه‌ای از تامین کنندگان، واحدهای تولیدی، انبار و کانال‌های توزیع که به صورت سازمان یافته مواد خام را تهیه نموده، به محصولات نهایی تبدیل کرده و محصولات را بین مشتریان توزیع می‌کند.

در واقع زنجیره تامین سیستم انتقال کالا و خدمات از ابتدا تا انتها می‌باشد که شامل تامین کننده مواد اولیه، تولید کننده، مرکز توزیع، انبار، مراکز خرده فروشی و مشتری است.

فرایندهای انجام گرفته در یک زنجیره تامین

فرایندهای انجام گرفته در یک زنجیره تامین شامل موارد ذیل می‌باشد:

تامین مواد اولیه

حمل و جا به جایی مواد اولیه

انبار کردن مواد

استفاده از مواد برای تولید کالا

توزیع کالا های تولید شده

رسیدن کالا به دست مصرف کننده نهایی

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 می گردد:

در یک زنجیره تأمین مدیریت شده، سازنده و تأمین کنندگان، خریداران و به عبارتی همه اعضا در سازمان گسترش یافته، با یکدیگر همکاری می نمایند 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.

مدیریت زنجیره تأمین شامل یکپارچه سازی فرآیندهای کسب و کار از استفاده کنندگان تا تأمین کنندگان اولیه می باشد که محصول، خدمات و یا اطلاعاتی را آماده می کند که برای مشتریان ایجاد ارزش می کند.

مدیریت زنجیره تأمین بر یکپارچه سازی فعالیت های زنجیره تأمین و نیز جریانهای اطلاعاتی مرتبط با آنها از طریق بهبود در روابط زنجیره، برای دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا و مستدام مشتمل می شود.

هدف از مدیریت زنجیره تأمین، بهبود عملکرد زنجیره تأمین می باشد. به بیان دیگر اطلاعات به موقع و دقیق زنجیره تأمین به تولیدکنندگان این امکان را می دهد تا فقط محصول قابل فروش را تولید نموده و به مشتری ارسال کنند. سیستم های زنجیره تأمین موثر به تولیدکنندگان و خرده فروشان کمک می کند تا فعالیت اضافی را کاهش دهند. این امر هزینه

تولید، حمل و نقل، بیمه و ذخیره سازی کالایی را که قابل فروش نیستند را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

به طور کلی مدیریت زنجیره تأمین به معنای فرآیند یکپارچه سازی فعالیت های زنجیره تأمین و نیز جریان های اطلاعاتی مرتبط با آن، از طریق بهبود و هماهنگ سازی فعالیت ها در زنجیره تأمین تولید و عرضه محصول می‌باشد.

تعریف دیگری از زنجیره تامین عبارتست از مجموعه رویکردهایی که کارایی تامین کننده، تولید کننده، توزیع کننده، عمده فروش و خرده فروش را از مرحله تولید تا توزیع افزایش می دهد و کالا را به مقدار صحیح، و به محل صحیح و در زمان صحیح با حداقل هزینه کل سیستم و رسیدن به سطح مورد نظر سفارش می‌فرستد را مدیریت زنجیره تامین نامند. (Simchi& Kaminsky, 2003).

پژوهشگران حوزه زنجیره تامین، در تلاش برای یکپارچه سازی فرایندهای زنجیره تأمین هستند؛ لذا استراتژی های مختلفی برای مدیریت زنجیره تامین، از جمله زنجیره تامین ناب، زنجیره تامین پایدار، زنجیره تامین چابک و زنجیره تامین سبز بکار برده شده است.

زنجیره تامین ناب¹

هرچند تعاریف مختلفی از الگوی ناب در زنجیره تامین در ادبیات این حوزه وجود دارد، اما همه آنها اصل یکسان زیر را به اشتراک میگذارند: به حداقل رساندن هزینه و حذف ضایعات.

در واقع، اصطلاح زنجیره تامین ناب، به یک سری از فعالیتها و یا راه حل برای از بین بردن ضایعات، کاهش عملیات بدون ارزش افزوده و بهبود فرایندهای دارای ارزش افزوده اشاره می کند. لذا مفهوم اساسی ناب در زنجیره تامین بر کار بیشتر با منابع کمتر تمرکز دارد. به عنوان مثال:

¹ Lean SCM

حداقل تلاش نیروی انسانی

حداقل تجهیزات

حداقل زمان

حداقل فضا

زنجیره تامین چابک^۱

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 تامین در قالب زنجیره تامین 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 تامین کنندگان، شرکت اصلی و توزیع کنندگان را به همراه دارد که می توان این موارد را جزء عواملی به حساب آورد که در زنجیره تامین کالا و خدمات چابک، مورد توجه ویژه قرار می گیرند.

تحقق این امر و افزایش ارزش اقتصادی و ارزش مشتری، به وسیله هماهنگ سازی و چابک سازی جریان ارزش ها، مواد و فرآیندها در کنار جریان اطلاعات از منبع تا محل مصرف می باشد. یک رویکرد فرآیندگرا و سیستماتیک در زنجیره تامین یا که از وظایف اصلی مدیر زنجیره تامین چابک است.

زنجیره تأمین چابک که هدف اصلی خود را بر پاسخ فوری به مشتری و بازار می گذارد، ادغامی است از شرکای کسب و کار برای توانا کردن شرکتهای جدید. به این منظور که به سرعت و بطور مؤثر به تغییرات بازار، که حاصل رقابت رقبا و همچنین محصولات و خدمات سفارشی است، واکنش نشان می دهد. لذا مهمترین مشخصه چابکی که در اکثر تعاریف آن

^۱ Agile SCM

دیده میشود، عبارت است از : توانایی پاسخگوئی سریع به تغییرات بازار، بعنوان شاه کلید موفقیت و بقای بنگاه‌ها در بازار.

پاسخگویی سریع به سفارشات مشتری، هدف دیگری است که در زنجیره تامین چابک مدنظر می باشد و با بکارگیری این استراتژی، مدت زمان انتظار مشتری برای تحویل سفارش، به حداقل ممکن کاهش یابد.

زنجیره تامین پایدار یا انعطاف پذیر^۱

پایداری یا انعطاف پذیری، به حالتی گفته می شود که سازمان، احتیاجات فعلی خود را بدون به خطر انداختن توانایی تولید آینده، برآورده می نماید کند. اما چرا زنجیره تامین باید پایدار باشد؟

گاهی اوقات سازمانها دیگر بعنوان یک سازمان مستقل تنها رقابت نمی کنند ، بلکه ترجیح می دهند بعنوان یک زنجیره تأمین با هم رقابت نمایند. از این رو مفهوم پایداری از تمرکز سازمانی به سمت زنجیره تأمین گسترش پیدا می کند. تصمیم گیرانی که زنجیره تأمین را طراحی می کنند باید تأثیرات تصمیمات خود را از نظر اخلاقی بر کیفیت زندگی، امنیت، سلامت مشتریان و مردم و همچنین رفاه عمومی در نظر بگیرند.

در زنجیره تامین پایدار که با عنوان انعطاف پذیر نیز از آن یاد می شود، برخلاف زنجیره تامین ناب، که تلاش می شوند همه چیز به حداقل برسد، وجود ظرفیت برای غلبه بر مشکلات و پاسخ مؤثر به اختلالات غیرمنتظره و ریسک ها (مانند ویروس کرونا- سیل و ...) ضروری می باشد. زنجیره تأمین پایدار نمی تواند کم هزینه ترین زنجیره باشد؛ اما در عوض نسبت به سایر رویکردها، دارای توانایی بیشتری است تا با محیط کسب و کار در شرایط نامشخص و ریسکی، کنار بیاید.

¹ Sustainable/Resilience SCM

رویکردهای ناب و پایدار در ظاهر متناقض به نظر می آیند؛ با این حال در بهترین وضعیت کارخانه ها مایل هستند، هم حداقل سطح انبار را داشته باشند و هم در مقابل مشکلات با توقف تولید روبرو نشوند.

زنجیره تامین سبز^۱

اولین بار مدیریت زنجیره تأمین سبز، توسط انجمن پژوهش صنعتی دانشگاه ایالتی میشیگان در سال ۱۹۹۶ معرفی گردید که در واقع مدل مدیریت نوینی برای حفاظت از محیط زیست می باشد.

با استفاده از مدیریت زنجیره تأمین و فناوری سبز، شرکت ها میتوانند تأثیرات منفی زیست محیطی را کاهش داده و به استفاده مطلوب از منابع و انرژی دست یابد. مدیریت زنجیره تأمین سبز میتواند تأثیر زیست محیطی فعالیتهای صنعتی را بدون فدا کردن کیفیت، هزینه، قابلیت اطمینان، عملکرد، و یا استفاده کارآ از انرژی کاهش دهد، درحالیکه مقررات زیست محیطی رعایت شده، آسیبهای زیست محیطی به حداقل می رسد و در نهایت منجر به سود اقتصادی می شود.

زنجیره تامین لارج^۲

کلمه لارج از کنار هم قرار گرفتن حرف اول واژه لاتین استراتژیهای چهارگانه قبلی زنجیره تأمین که توضیح داده شد، تشکیل شده است. ایده مدیریت زنجیره تأمین لارج به واحد تحقیقاتی مهندسی مکانیک و صنایع دانشکده علوم و تکنولوژی دانشگاه لیسبون پرتغال بازمی گردد و امروزه این مرکز تحقیقاتی، بعنوان مرجع اصلی در حوزه زنجیره تامین لارج شناخته می شود.

^۱ Green SCM

^۲ LARG SCM

هرکدام از رویکردهای چهارگانه زنجیره تامین دارای مزایا و معایبی می باشند. بهره گیری از مزایای هریک از این استراتژی ها و برنامه ریزی در جهت حذف معایب هریک، پتانسیل ایجاد ارزش بیشتر در زنجیره تامین را افزایش میدهد؛ این همان هدفی است که استراتژی زنجیره تامین لارج به دنبال آن است.

مدیریت زنجیره تامین لارج موضوعات متنوعی را در برمی گیرد از جمله:

مشخصات و متدلوژی

ساختار سازمانی واحد مدیریت زنجیره تامین

شاخصهای کلیدی عملکرد

زیرساخت فناوری اطلاعات مورد نیاز

مدل یکپارچه سازی

مدیریت زنجیره تامین لارج تلاش دارد تا استراتژی های ناب، چابک، پایدار و سبز را در فضای مدیریت زنجیره تامین کناره هم قرار دهد تا همزمان هم از مزایای تک تک آنها بهره مند شده و هم کاستی های آنها را بپوشاند.

مزایای مدیریت زنجیره تامین

افزایش بهره وری :

سیستم های مدیریت دارایی سازمانی با روش های نگهداری پیش بینی کننده به سازمان ها را کارآمدتر می کنند. این سیستم ها می توانند گلوگاه ها را برطرف نموده و گردش کار را بهبود بخشند و بهره وری را افزایش دهد. فرآیندهای خودکار و تجزیه و تحلیل داده ها نیز به معنای تسهیل حمل و نقل و تحویل سریعتر می باشد.

کاهش هزینه‌های زنجیره تامین :

استفاده از تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده به حذف «حدس زدن» پرهزینه کمک می‌کند و ذخایر مازاد و کمبودهای پرخطر را کاهش می‌دهد.

اینترنت اشیاء (مانند دستگاه‌های بارکد خوان) باعث مدیریت هوشمند دارایی‌ها گردیده است و کارآمدترین و مفیدترین گردش کار ممکن برای هر موقعیتی را ارائه می‌دهد. این فناوری پیش‌بینی دقیق‌تری را برای کمک به کاهش کامیون‌های نیمه‌پر، مسیرهای تحویل ناهماهنگ و مدیریت ناکارآمد ناوگان ارائه می‌دهد.

به زبان ساده تر، اینترنت اشیاء به معنای ارتباط حسگرها و دستگاه‌ها با شبکه اینترنت، که از طریق این ارتباط و تعامل بین لوازم متصل به شبکه و کاربران دارای دسترسی مجاز به این شبکه، امکان مشاهده و کنترل لوازم متصل به شبکه برای آنها فراهم می‌آورد.

چابکی و انعطاف‌پذیری بیشتر در زنجیره تامین :

روندها و تغییرات بازار می‌تواند به طور ناگهانی اتفاق بیفتد. بنابراین مهم است که چابکی سازگاری با هر موقعیتی را داشته باشید. سیستم‌های مدیریت زنجیره تامین انعطاف‌پذیری را در اختیار ما قرار می‌دهند.

داده‌های لحظه‌ای و تحلیل‌های هوشمند می‌تواند به مدیران زنجیره تامین کمک کند تا ماشین‌ها و کارکنان را برای جریان‌های کاری بهتر بکار بگیرند. بازخورد مشتری هم می‌تواند بلافاصله شنیده شود و براساس آن عمل شود. موجودی‌های مجازی و فرآیندهای انبار هوشمند، عرضه و تقاضا را در یک راستا نگه می‌دارند.

بهبود کیفیت محصول :

ارتباط مستقیم بازخورد مشتری با تیم‌های تحقیق و توسعه به این معنی است که طراحی و توسعه محصول کاملاً مطابق با نیازهای مشتری باشد. تیم‌های تحقیق و توسعه و تولید

می‌توانند از اطلاعات یادگیری ماشینی و تجزیه و تحلیل آن برای پاسخگویی به خواسته‌های مشتری و بهبود طراحی محصولات استفاده کنند.

خدمات بهتر به مشتریان :

بهترین سیستم‌های مدیریت زنجیره تامین مشتری محور هستند و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که پاسخگو و سازگار باشند. در این شرایط مدیریت زنجیره تامین مدرن به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا بازخوردها و روندهای مشتریان را از مرحله طراحی و ساخت تا آخرین نقطه تدارکات و تحویل پیاده‌سازی کنند.

اجزاء اصلی مدیریت زنجیره تامین

اجزای اصلی مدیریت زنجیره تامین شامل موارد ذیل می‌باشد:

برنامه ریزی

یافتن منابع مناسب

تولید

توزیع کالا

پشتیبانی

ارزیابی نهایی

زنجیره تامین حلقه بسته

زنجیره تامین حلقه بسته اشاره به فعالیت‌های تامین، تولید و توزیع کالاها همراه با فرایندهای استفاده مجدد از ضایعات و سربار تولید دارد. این رویکرد از مدیریت زنجیره تامین شامل لجستیک روبه‌جلو (تامین، تولید و توزیع) و لجستیک معکوس (استفاده مجدد از ضایعات و سربار) است.

همچنانکه از تعریف ارائه شده قابل فهم است استفاده از این شیوه در راستای نیل به اهداف پایداری و توسعه پایدار است. بنابراین شاید بتوان آن را مترادف با زنجیره تامین سبز و زنجیره تامین پایدار در نظر گرفت. آنچه مسلم است حلقه بسته اشاره به استفاده مجدد از محصولات و ضایعات تولید دارد و از تفکر اقتصاد دورانی ناشی می‌شود. هیچ چیزی برای دور ریز وجود ندارد و تمامی مواد و انرژی باید در حلقه بازیافت به چرخه تولید بازگردند.

به طور کلی طراحی شبکه زنجیره تامین معکوس شامل تعیین تعداد، مکان و ظرفیت‌های تسهیلات و همچنین مقدار و نحوه جریان بین هر جفت از تسهیلات می‌باشد. در انتخاب بهترین تامین‌کننده کوشش می‌شود تا عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی هر تامین‌کننده بررسی شود.

اهمیت زنجیره تامین حلقه بسته

زنجیره تامین حلقه بسته ¹(CLSCM) رویکرد غالب در مدیریت تولید عصر حاضر است. در اقتصاد امروز، موفقیت بلندمدت هر سازمان نه تنها به سودآوری آن بستگی دارد بلکه به دیدگاه سازمان نسبت به آینده بشر و زمینه وابسته است. توجه به مسائل زیست‌محیطی می‌تواند موفقیت زنجیره تامین و مزیت رقابتی را در بلندمدت تضمین کند.

محصولات معیوب و ضایعات همواره یک چالش مهم برای تولیدکنندگان بوده است. آنها دریافته‌اند که بازیافت کالا و استفاده مجدد از محصولات، ضایعات و بقایای محصولات نه تنها باعث کاهش اثرات زیان‌آور برای محیط زیست می‌شود، بلکه جایگاه رقابتی آنها در بازار را بهبود می‌بخشد. با این استراتژی می‌توان به‌طور قابل توجهی شبکه‌های زنجیره تامین را بازسازی کرده و مزایای اقتصادی را حداکثر نمود.

از این منظر تلاش‌ها در زمینه فعالیت‌های بازیافتی و لجستیکی موجب شده تا سازمان‌ها بر بسته شدن حلقه زنجیره تامین و ایجاد زنجیره تامین حلقه بسته متمرکز شوند. این ساختار

¹ Closed Loop Supply Chain Management

می‌تواند همزمان اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سازمان را محقق سازد. زنجیره تامین حلقه بسته هر دو جریان مستقیم و معکوس را در بر می‌گیرد که در طول دو دهه گذشته توجه متخصصان مدیریت تولید را به خود جلب کرده است.

شکل‌گیری زنجیره تامین حلقه بسته

به‌طور کلی دو نوع زنجیره تامین وجود دارد:

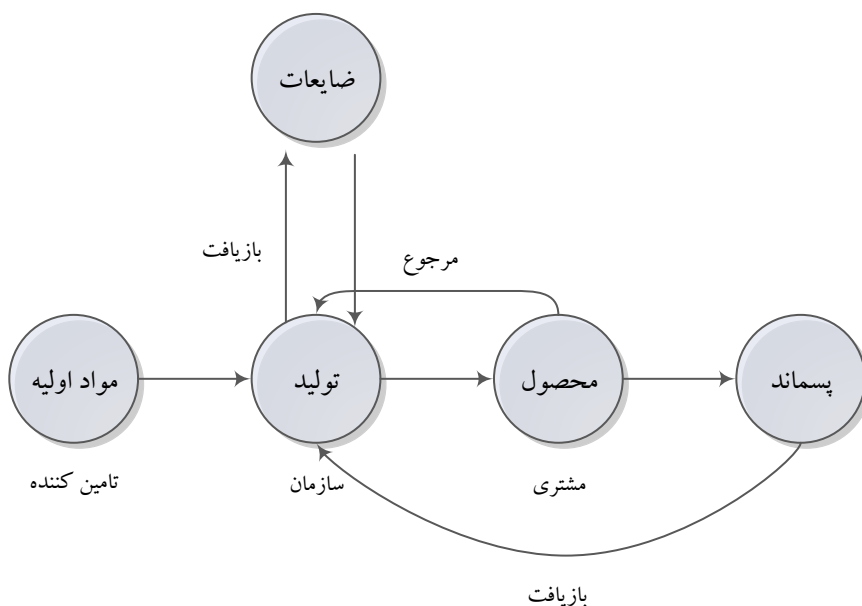
زنجیره تامین مستقیم^۱

زنجیره تامین معکوس^۲

یک زنجیره تامین مستقیم شامل تمام فعالیت‌هایی است که به واسطه آنها مواد اولیه به محصولات نهایی تبدیل می‌شود. مدیران می‌کوشند عملکرد زنجیره تامین مستقیم را در حوزه مدیریت تقاضا، تدارکات و تهیه و تکمیل سفارش بهبود بخشند. به‌طور کلی لجستیک روبه‌جلو شامل تامین مواد اولیه، فرایندهای تبدیل و ارائه محصولات به مشتری نهایی در اینجا قرار دارند.

^۱ Forward Supply Chain

^۲ Reverse Supply Chain



شکل ۱-۲ الگوی زنجیره تامین حلقه بسته

زنجیره تامین معکوس به فعالیتهایی چون گردآوری و بازیافت محصولات برگشت داده شده اطلاق می شود. جنبه های اقتصادی، قوانین دولتی و فشارهای اجتماعی سه عامل مهم لجستیک معکوس به شمار می روند. ترکیب یک زنجیره تامین مستقیم و یک زنجیره تامین معکوس به شکل گیری یک زنجیره تامین حلقه بسته منجر می شود.

الگوریتم ژنتیک

مقدمه (رویکرد حل الگوریتم ژنتیک)

الگوریتم ژنتیک بدون شک معروف ترین روش متاهیورستیک و معروف ترین الگوریتم تکاملی می باشد. و به همین خاطر زمانی که بحث الگوریتم تکاملی می شود 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.

الگوریتم ژنتیک^۱ یک تکنیک جستجو در علم رایانه برای یافتن راه حل بهینه و مسائل جستجو است. الگوریتم‌های ژنتیک یکی از انواع الگوریتم‌های تکاملی‌اند که از علم زیست‌شناسی مثل وراثت، جهش، [انتخاب ناگهانی (زیست‌شناسی)]، انتخاب طبیعی و ترکیب الهام گرفته شده است. الگوریتم ژنتیک که به‌عنوان یکی از روشهای تصادفی بهینه یابی شناخته شده، توسط جان هالند در سال ۱۹۶۷ ابداع شده‌است. در واقع الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. کاربرد اصلی الگوریتم ژنتیک در کامپیوتر است.

در بسیاری از موارد، از الگوریتم‌های ژنتیک به عنوان الگوریتم‌های بهینه‌ساز تابع یاد می‌شود؛ یعنی، الگوریتم‌هایی که برای بهینه‌سازی توابع هدف در مسائل مختلف به کار می‌روند. البته، گستره کاربردهایی که از الگوریتم ژنتیک، برای حل مسئله در دامنه کاربردی خود استفاده می‌کنند، بسیار وسیع است.

پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک، معمولاً با تولید جمعیتی از کروموزوم‌ها (جمعیت اولیه) از کروموزوم‌ها در الگوریتم‌های ژنتیک، معمولاً تصادفی تولید می‌شود و مقید به حد بالا و پایین متغیرهای مسأله هستند آغاز می‌شود. در مرحله بعد، ساختارهای داده‌ای تولید شده (کروموزوم‌ها) ارزیابی می‌شوند و کروموزوم‌هایی که به شکل بهتری می‌توانند جواب بهینه مسأله مورد نظر را نمایش دهند، شانس بیشتری برای «تولید مثل» نسبت به جواب‌های ضعیف‌تر پیدا می‌کنند.

به عبارت دیگر، فرصت‌های تولید مثل بیشتری به این دسته از کروموزوم‌ها اختصاص داده می‌شود. میزان خوب بودن یک جواب، معمولاً نسبت به جمعیت جواب‌های کاندید فعلی سنجیده می‌شود.

¹ Genetic Algorithm

مهم‌ترین گام لازم برای پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک عبارتند از: تولید جمعیت (اولیه) از جواب‌های یک مسأله، مشخص کردن تابع هدف، تابع برازندگی و به کار گرفتن عملگرهای ژنتیک جهت ایجاد تغییرات در جمعیت جواب‌های مسأله. عملگرهای ژنتیک قابل تعریف در الگوریتم ژنتیک، در ادامه معرفی خواهند شد.

مزایای الگوریتم ژنتیک

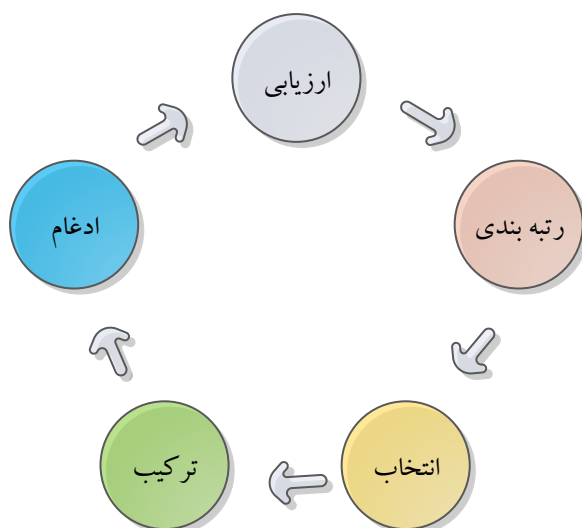
- الف- جستجوی چندجهتی و کار بر روی جمعیتی از متغیرها بطور همزمان.
 - ب- استفاده از مقدار تابع هدف برای جستجو.
 - ج- استفاده از قواعد احتمالی به جای قواعد قطعی.
 - د- کلی بودن الگوریتم و مستقل بودن اجزای آن.
 - ه- عملکرد ساده و قابل فهم الگوریتم بدون توجه به دامنه مسائل.
 - و- انجام محاسبات دقیق بدون هیچگونه تقریبی نظیر خطی سازی
- تابع هدف، گرد کردن نتایج و تغییر متغیرهای گسسته به پیوسته و بالعکس.

ساختار الگوریتم

در ابتدای کار نیاز به تعدادی کروموزوم (جواب ممکن) اولیه داریم که احتمالاً کروموزوم‌های چندان مناسبی از نظر بهینگی نیستند، در مرحله بعد الگوریتم ژنتیک با اتصال کروموزوم‌ها به هم باعث می‌شود که نسل‌های جدیدتر و بهتری تولید شود (تولید مثل) و این نسل‌های بهتر در واقع نسخه‌ی بهینه شده‌ی دو والد خود هستند. به این ترتیب با تولید مثل کروموزوم‌های والد در این جمعیت، کروموزوم‌های جدیدتری شکل می‌گیرند که بهتر از نسل قبلی خود هستند و این کار باعث بهتر شدن 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 بهبودی چشم‌گیری در نتایج (با توجه به مقدار تابع برازش) نشوند.

این جاست که الگوریتم خاتمه پیدا کرده و در یکی از نسل‌های آخر، کروموزوم بهینه پیدا می‌شود. این کروموزوم 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 می‌شویم، (معمولاً از فاز ارزیابی) و در یک نقطه هم از این چرخه خارج می‌شویم.

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



شکل ۲-۲ ساختار الگوریتم ژنتیک

مراحل الگوریتم ژنتیک

ایجاد جمعیت اولیه و ارزیابی آن‌ها: در الگوریتم ژنتیک برای شروع یک کار، باید یک سری پیشنهاد اولیه بدهیم و رفته رفته این پیشنهادها را در جهت نزدیک شدن به جواب تکامل دهیم.

انتخاب والد‌ها و ترکیب آن‌ها برای ایجاد جمعیت جدید

انتخاب اعضای جمعیت برای اعمال جهش و ایجاد جمعیت جهش یافتگان

ادغام جمعیت اصلی، فرزندان و جهش یافتگان و ایجاد جمعیت اصلی جدید

اگر شرایط خاتمه محقق نشده باشد، از مرحله ۲ تکرار می کنیم

و در صورت محقق شدن شرایط، الگوریتم به پایان میرسد

همانطور که اشاره شد برای شروع الگوریتم، ابتدا باید یک جمعیت اولیه از راه حل ها تهیه کنیم. این جمعیت شامل تعداد دلخواهی از راه حل های ممکن برای حل مسئله است که میتوان از میان جوابهای شدنی جمع آوری کرد. (به عنوان مثال اگر مثلاً مسئله حل یک چند جمله ای را بخواهیم با الگوریتم ژنتیک حل کنیم و متغیرهای مجهول ژنها را نشان دهند و هر جواب یک کروموزوم در نظر گرفته شود، تعدادی از این کروموزوم های شدنی و نه الزاماً بهینه، را میتوان برای فراهم کردن جمعیت اولیه جهت شروع الگوریتم انتخاب کرد).

این جمعیت؛ یا اغلب به طور تصادفی (در محدودیت های مسئله) ایجاد می شود یا اگر درمورد مسئله ای که می خواهیم حل کنیم دانش قبلی داشته باشیم، تقریباً پیرامون آنچه ایده آل است (هدف) متمرکز میشود.

این نیز مهم است که جمعیت طیف گسترده ای از راه حل ها را در بر بگیرد، زیرا اساساً یک مجموعه ژنی را نشان می دهد. پس، اگر می خواهیم در طول الگوریتم امکانات مختلفی را کشف کنیم، هدف باید وجود ژن های مختلف باشد.

انتخاب:

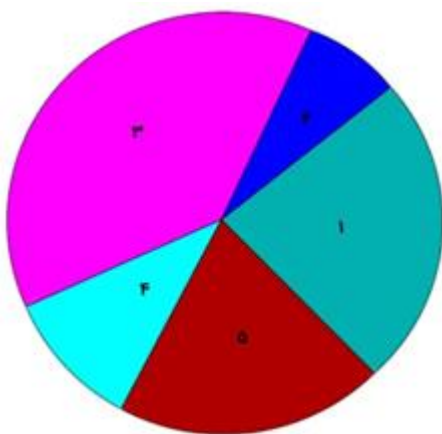
در این مرحله از الگوریتم ژنتیک، نوبت آن است که کروموزوم هایی که قصد تکثیر رشته های آنها را داریم، انتخاب کنیم. تصور کلی در این مرحله آن است که باید کروموزوم های برانزنده را انتخاب کنیم و اجازه دهیم که این رشته های DNA تکثیر پیدا کنند. اما این عملکرد اشتباه است زیرا اتخاذ چنین رویکردی منجر به آن خواهد شد که در چند نسل آینده، کروموزوم ها شباهت بیشتری نسبت به یکدیگر پیدا کنند و بدین ترتیب تنوع به طور چشمگیری کاهش پیدا خواهد کرد. به همین دلیل است که از انتخاب مبتنی بر چرخ رولت

استفاده می کنیم. در این روش معیار انتخاب یک رشته از کروموزوم، در تناسب با برازندگی آن رشته ارزیابی می شود.

چرخ رولت:

دایره ای را در نظر بگیرید که از مرکز به چندین قسمت تقسیم شده است. اساس تقسیم بندی قسمت های مختلف این دایره، کروموزوم های موجود در جمعیت و میزان برازندگی آنها است. بدین معنی که هر چه میزان برازندگی یک کروموزوم بیشتر باشد، مساحت بیشتری از چرخ رولت به آن اختصاص داده می شود. در ادامه یک نشانگر در محل خاص انتخاب می شود و با چرخش این چرخ، کروموزوم ها انتخاب خواهند شد. بدیهی است که هر چه یک کروموزوم، برازندگی بیشتری داشته باشد، احتمال انتخاب آن بیشتر خواهد بود.

در کل زیر کروموزوم^۳ بیشترین برازندگی را دارد و احتمال انتخاب آن به خاطر مساحت بزرگتر در چرخ رولت بیشتر است. چرخ رولت توسط کروموزوم های موجود در جمعیت فعلی و بر اساس مقدار برازندگی آن ها نشانه گذاری شده است.



جمعیت	برازندگی
1	25.0
2	5.0
3	40.0
4	10.0
5	20.0

شکل ۲-۳ چرخ رولت الگوریتم ژنتیک

پس از ایجاد جمعیت، اکنون اعضای جمعیت باید با توجه به عملکرد تابع تناسب یا همان Fitness function ارزیابی شوند. تابع تناسب تابعی است که ورودی آن خصوصیات یک عضو است و خروجی آن نمایشی عددی از میزان سودمند بودن راه حل است. (ایجاد تابع تناسب ممکن است بسیار دشوار باشد و یافتن یک تابع خوب که متناسب با مسئله باشد بسیار مهم است). سپس، مقدار تابع تناسب همه‌ی اعضا را محاسبه کرده و بخشی از اعضای که بالاترین امتیاز را دارند، انتخاب می‌کنیم.

از آنجایی که الگوریتم ژنتیک اندازه جمعیت ثابت است، حاصل جمع تمامی احتمالات محاسبه شده برای انتخاب و قرار گرفتن کروموزوم‌ها یا رشته‌ها در مخزن Mating Pool، برابر با ۱ خواهد بود. بنابراین، احتمال انتخاب و قرار گرفتن رشته اُم در مخزن Mating Pool، برابر است با:

$$p_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

در این رابطه، n برابر با اندازه جمعیت است.

در مرحله بعد (شامل دو مرحله فرعی): از عملیات کراس‌اور^۱ و عملیات جهش^۲ برای ادامه الگوریتم استفاده می‌شود.

عملگر ترکیب:

از عملگر «ترکیب یا آمیزش»^۳، برای «بازترکیب»^۴ دو رشته یا کروموزوم استفاده می‌شود. این کار، با هدف تولید رشته‌ها یا کروموزوم‌های بهتر انجام می‌شود. در عملیات ترکیب در الگوریتم ژنتیک، طریق ترکیب کردن مواد ژنتیکی دو کروموزوم موجود در جمعیت نسل قبل، کروموزوم‌های جدیدی در نسل‌های فعلی می‌شود.

¹ crossover

² mutation

³ Crossover

⁴ Recombine

به عبارت دیگر، فرایند باز ترکیب، ژن‌های موجود در دو کروموزوم را از این طریق، کروموزوم‌های جدیدی در جمعیت فعلی تولید می‌کند.

عملیات ترکیب در سطح رشته انجام می‌شود و پس از انتخاب دو رشته یا کروموزوم والد، ژن‌های آن‌ها با یکدیگر مبادله می‌شوند تا کروموزوم‌های فرزند جدید شکل بگیرد. در عملگر ترکیب تک نقطه‌ای، یک ژن به شکل تصادفی، در امتداد یکی از دو رشته یا کروموزوم والد، به عنوان «محل ترکیب»^۱ در عملیات ترکیب انتخاب می‌شود. سپس، تمامی ژن‌های موجود در سمت راست محل ترکیب رشته اول، با ژن‌های متناظر آن‌ها در کروموزوم یا رشته دوم جا به جا می‌شوند. چگونگی انجام عمل ترکیب تک نقطه‌ای روی کروموزوم‌های والد (توسط عملگر متناظر آن در الگوریتم ژنتیک)، در شکل زیر نمایش داده شده است.

فرزند اول	011I11001	011I01100	رشته والد اول
فرزند دوم	011I01100	110I11001	رشته والد دوم
پس از ترکیب		پیش از ترکیب	

عملیات ترکیب تک نقطه‌ای

شکل ۲-۴ چگونگی انجام عمل ترکیب تک نقطه‌ای روی کروموزوم‌های والد

عملگر جهش:

عملگر جهش یکی از مهم‌ترین فرایندهای تکاملی برای رسیدن به جواب بهینه در الگوریتم ژنتیک محسوب می‌شود. در عملگر جهش، به شکل تصادفی، اطلاعات جدیدی به فرایند جستجو در الگوریتم ژنتیک اضافه می‌شود. چنین ویژگی مهمی به الگوریتم ژنتیک کمک می‌کند تا از قرار گرفتن در دام بهینه محلی^۲ فرار کند.

^۱ Crossover Site

^۲ LocalOptimum

زمانی که در نسل‌های متوالی، از عملیات ترکیب و تولید مثل به دفعات روی رشته‌ها یا کروموزوم‌ها استفاده می‌شود، جمعیت کروموزوم‌ها یا جواب‌های کاندید به همگن^۱ شدن گرایش پیدا می‌کند. عملگر جهش به الگوریتم ژنتیک کمک می‌کند تا تنوع^۲ در جمعیت کروموزوم‌ها یا جواب‌های کاندید افزایش پیدا کند.

عملگر جهش ممکن است منجر به تغییرات عمده در کروموزوم‌های فرزندان تولید شده شود و سبب شود که کروموزوم‌ها یا رشته‌های فرزند تولید شده، ژن‌های کاملاً متفاوتی نسبت به کروموزوم یا رشته والدین داشته باشند.

به بیان ساده‌تر، عملگر جهش، فرایندی تصادفی برای به هم ریختن و ایجاد اختلال در اطلاعات ژنتیکی محسوب می‌شود. بر خلاف عملگر ترکیب، عملگر جهش در سطح ژن کار می‌کند؛ یعنی، زمانی که ژن‌ها از رشته یا کروموزوم فعلی در رشته یا کروموزوم جدید کپی می‌شوند، این احتمال وجود دارد که هر کدام از این ژن‌ها جهش پیدا کنند. این احتمال معمولاً مقدار بسیار کوچکی است که به آن احتمال جهش^۳ یا p_m گفته می‌شود.

در صورتی که از نمایش بیتی (صفر و یک) برای مشخص کردن مقادیر متغیرهای مسأله یا ژن‌ها استفاده شود، جهت انجام عملیات جهش، از مکانیزم «پرتاب سکه»^۴ در الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود؛ یعنی، در صورتی که مقدار تصادفی (بین صفر و یک) از احتمال جهش کمتر باشد، مقدار ژن یا همان بیت ژن معکوس می‌شود. به عبارت دیگر، مقادیر ژنی برابر با یک تبدیل به صفر و مقادیر ژنی برابر با صفر، تبدیل به یک خواهند شد.

اگر به مکانیزم جهش دقت شود می‌توان دریافت که عملگر جهش از طریق معکوس کردن تصادفی مقدار ژن‌ها، باعث ایجاد تنوع در جمعیت کروموزوم‌ها یا جواب‌های کاندید می‌شود. معکوس کردن تصادفی مقدار ژن‌ها، هم باعث همگرایی به جواب بهینه بهتر در فضای

¹ Homogeneous

² Diversity

³ Mutation Probability

⁴ Coin Toss

جستجوی مسأله می‌شود و هم منجر به تغییرات اساسی در کدهای ژنتیکی کروموزوم‌ها می‌شود؛ پدیده‌ای که مسیر رسیدن به جواب بهینه سراسری را در نسل‌های متوالی از الگوریتم ژنتیک هموارتر می‌کند. از طرف دیگر، عملگر جهش ممکن است منجر به تولید رشته‌ها یا کروموزوم‌های ضعیفی شود که به هیچ عنوان توسط عملگر تولید مثل یا انتخاب، انتخاب نخواهند شد.

عملگر جهش مکانیزم هوشمندانه‌ای برای جستجوی محلی در فضای جستجوی جواب‌های مسأله به شمار می‌آید. با استفاده از عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک، رشته‌ها یا کروموزوم‌های جدیدی در همسایگی رشته یا کروموزوم فعلی ایجاد می‌شوند. در نتیجه، عملگر جهش سبب ایجاد مکانیزم جستجوی محلی اطراف کروموزوم‌های فعلی می‌شود. همچنین، عملگر جهش سبب حفظ تنوع در جمعیت کروموزوم‌ها یا جواب‌های کاندید می‌شود. به عنوان نمونه، به جمعیت زیر توجه کنید. این جمعیت، از ۴ کروموزوم تشکیل شده است که هر کدام از آن‌ها، یک رشته ۸ بیتی هستند:

01101011

00111101

00010110

01111100

با دقت به جمعیت کروموزومی نمایش داده شده می‌توان دریافت که اولین ژن تمامی رشته‌ها از سمت چپ، صفر (۰) است. در صورتی که ابتدایی‌ترین ژن رشته متناظر با جواب بهینه سراسری برابر با (۱) باشد، هیچ کدام از عملگرهای تولید مثل (انتخاب) و ترکیب قادر به تولید مقدار یک (۱) در این مکان (اولین ژن رشته از سمت چپ) نخواهند بود. استفاده از عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک سبب می‌شود تا مقدار اولین ژن این رشته‌ها، با احتمال pm از صفر (۰) به یک (۱) تغییر پیدا کند.

کروموزوم قبل از عمل جهش

0	1	1	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

جهش



کروموزوم بعد از عمل جهش	0	1	0	1	0	1	1	0
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

شکل ۲-۵ مکانیزم عملگر جهش

بعد از اینکه اعضای برتر مجموعه انتخاب شدند (معمولا دو عضو، اما عدد می تواند مقدار دیگری نیز باشد) از آن ها برای ایجاد نسل بعدی در الگوریتم استفاده می شود. با استفاده از خصوصیات این دو عضو منتخب که به عنوان والدین استفاده می شوند فرزندان جدیدی به وجود می آیند که دارای خصوصیات از ترکیب خصوصیات والدین هستند. انجام این کار معمولا می تواند بسته به نوع داده، دشوار باشد. اما در مسائل ترکیبی می توان ترکیبات متفاوت را ترکیب کرد و نتیجه معتبر را به عنوان خروجی ورودی ها دریافت کرد. حالا باید به این نسل مواد ژنتیکی جدید را معرفی کنیم. اگر این مرحله حیاتی را انجام ندهیم به سرعت در اکسپلوریشن محلی گیر خواهیم کرد و نمی توانیم نتایج بهینه ای به دست آوریم. این مرحله جهش است و ما این کار را به سادگی و با تغییر بخش کوچکی از فرزندان انجام می دهیم به طوری که دیگر دقیقا زیرمجموعه هایی از ژن های والدین نباشند. جهش معمولا به صورت احتمالاتی رخ می دهد، به این صورت که احتمال دریافت و همینطور شدت جهش فرزند توسط توزیع احتمال کنترل می شود.

در نهایت، الگوریتم باید پایان یابد. پایان یافتن الگوریتم معمولا در دو حالت اتفاق می افتد، یا الگوریتم به حداکثر زمان اجرا رسیده یا اینکه الگوریتم به آستانه عملکرد رسیده است. در این مرحله یک راه حل نهایی انتخاب شده و برگردانده می شود.

الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA II

الگوریتم فراابتکاری NSGA II، یکی از پرکاربردترین و قدرتمندترین الگوریتم های موجود برای حل مسائل بهینه سازی چند هدفه است و کارایی آن در حل مسائل مختلف، به اثبات

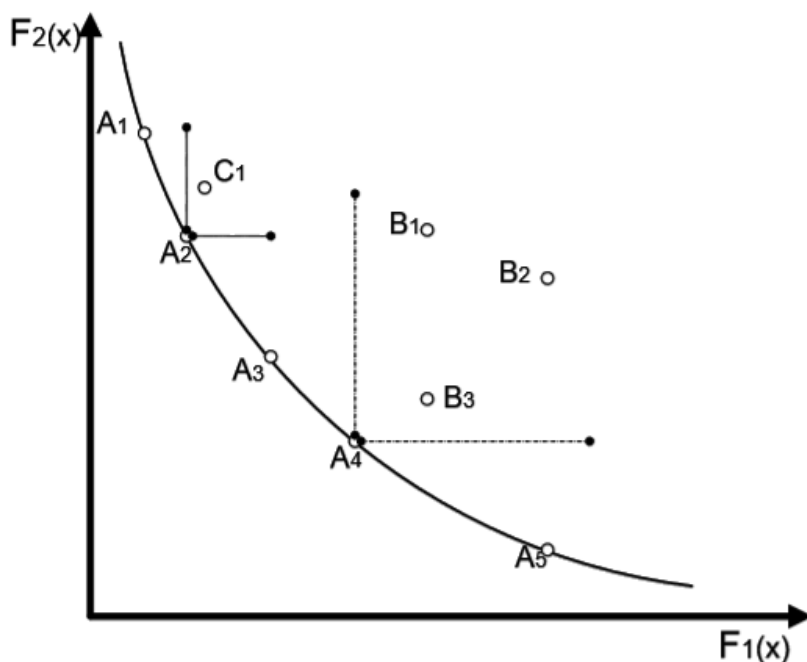
رسیده است. در یک مسئله بهینه یابی چندهدفه، شاهد مبادله بین اهداف مختلف در مسئله هستیم. در صورتی که اهداف موجود در مسئله متضاد باشند جوابی که از نظر هر یک از اهداف بهترین باشد وجود ندارد. جوابهایی که برای هر یک از اهداف به صورت جداگانه بهترین جواب میباشد، جوابهای مرزی مسئله بهینه یابی چندهدفه می باشند. جوابهای میانی زیادی وجود دارد که به ازای هر یک از اهداف در شرایط بدتری قرار دارد. به طور کلی زمانی که چندین هدف متضاد مورد توجه هستند، یک جواب خاص که همزمان همه اهداف را بهینه کند وجود ندارد. نتیجه حاصل مجموعه ای از جوابهای بهینه با درجات متفاوتی از مقادیر هدف می باشد.

هنگامی که اهداف یک مسئله بهینه یابی چندهدفه با هم در تضاد باشند مجموعه جوابهای ایجاد شده ترتیب پذیر نیست؛ لذا برای مرتب سازی این گونه جوابها باید از مفهوم غلبه استفاده کرد. مفهوم غلبه زمانی به کار میرود که با مسئله به صورت مستقیم برخورد شود. با استفاده از این مفهوم میتوان اعضای جمعیت را مرتب کرد و ملاکی برای مقایسه اعضای جمعیت باشد. میتوان کل فضای جستجو را با مقایسه دودویی به دو مجموعه نامغلوب و مغلوب تقسیم بندی کرد. به طوری که مجموعه نامغلوب در برگیرنده همه جوابهایی است که بر همدیگر غالب نبوده و دسته کم یکی از جوابهای مجموعه نامغلوب بر هر جوابی در مجموعه مغلوب، غالب باشد. برای ایجاد مجموعه نامغلوب لازم است شرایط زیر برقرار باشد:

هر دو جواب از مجموعه نامغلوب، نسبت به یکدیگر نامغلوب باشند.

هر جوابی که به مجموعه نامغلوب تعلق نداشته باشد، مغلوب دسته کم یک جواب از مجموعه نامغلوب باشد.

مجموعه ای از پاسخهای برتر (پاسخهایی که پاسخ برتری نسبت به آنها وجود ندارد) که نسبت به یکدیگر برتری ندارند را مجموعه پاسخ شبیه بهینه می نامند. مجموعه پاسخ های A در شکل ۱-۲ پاسخ های شبه بهینه را تشکیل میدهند. بایستی توجه کرد که در یک پاسخ شبه بهینه، بهبود یک تابع هدف قطعاً منجر به بدتر شدن سایر اهداف میگردد. لازم به ذکر است که جوابهای بهینه چندگانه، تنها زمانی وجود دارند که اهداف با یکدیگر در تضاد باشند. اگر اهداف با یکدیگر در تضاد نباشند تنها یک جواب بهینه ایجاد می شود.



شکل ۲-۶ بررسی مقایسه جواب ها

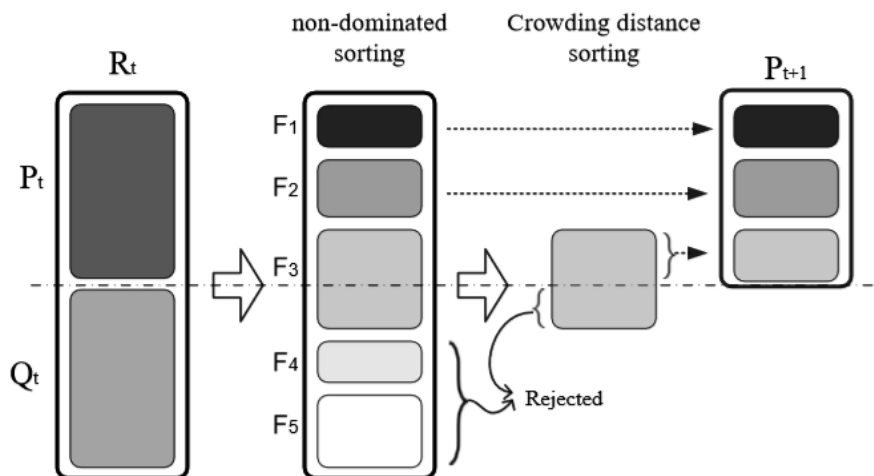
نکات برجسته ای که در مورد این روش بهینه سازی وجود دارند، عبارتند از:

جوابی که هیچ جواب دیگری، به طور قطع بهتر از آن نباشد، دارای امتیاز بیشتری است. جواب ها بر اساس این که چند جواب بهتر از آن ها وجود داشته باشند، رتبه بندی و مرتب می شوند. شایستگی (برازندگی) برای جواب ها، بر حسب رتبه آن ها و عدم غلبه سایر جواب ها، اختصاص می یابد. از شیوه اشتراک برازندگی برای جواب های نزدیک استفاده می شود تا به این ترتیب پراکندگی جواب ها به نحو مطلوبی تنظیم شود و جواب های به طور یکنواخت در فضای جستجو پخش شوند. با توجه به حساسیت نسبتا زیادی که نحوه عملکرد و کیفیت جواب های الگوریتم NSGA به پارامترهای اشتراک برازندگی و سایر پارامترها دارند، نسخه دوم الگوریتم NSGA با نام الگوریتم فراابتکاری NSGA II توسط دب و همکارانش در سال ۲۰۰۰ معرفی گردید. در کنار تمام کارایی هایی که الگوریتم فراابتکاری NSGA-II دارد، می

توان آن را الگوی شکل گیری بسیاری از الگوریتم های بهینه سازی چند هدفه دانست. این الگوریتم و شیوه منحصر به فرد آن در برخورد با مسائل بهینه سازی چند هدفه، بارها و بارها توسط افراد مختلف برای ایجاد الگوریتم های بهینه سازی چندهدفه جدید تر، مورد استفاده قرار گرفته است. بدون شک این الگوریتم یکی از اساسی ترین اعضای کلکسیون الگوریتم بهینه سازی چندهدفه تکاملی است که می توان آن ها را نسل دوم این گونه روش ها نامید. در الگوریتم ژنتیک دوهدفه، ابتدا جمعیت قبلی بعلاوه جواب هایی که به وسیله عمل تقاطع ایجاد شده است به همراه جواب هایی که با عملکرد جهش ایجاد شده است در یک جمعیت قرار می گیرند. در مرحله بعدی، مقدار توابع هدف برای هر جواب محاسبه می شود. سپس جواب ها از لحاظ کیفیت درجه بندی می شود. برای این کار، جواب ها، دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و در درجه های مختلف قرار می گیرند. ابتدا جواب هایی که هیچ جوابی قطعا بهتر از آنها نیست در درجه اول قرار می گیرد، سپس جواب های درجه اول حذف شده، آنگاه جواب هایی که به طور یقین هیچ جوابی بهتر از آنها نیست در درجه بعدی قرار می گیرد و این کار تا آخرین درجه بندی ادامه پیدا می کند. یک جواب در صورتی از جواب دیگر قطعا بهتر خواهد بود که تمام مقادیر تابع هدف آن بهتر از جواب دوم باشد. در مرحله بعدی جواب های موجود در یک درجه، برحسب نظم موجود رتبه بندی می شود. بعد از درجه بندی در رتبه بندی جواب های موجود، به تعداد جمعیت جدید مورد نیاز به ترتیب رتبه، جواب ها وارد جمعیت جدید می شود.

این روش دارای دو تفاوت نسبت به اغلب روشهای بهینه یابی چندهدفه دارد. اول آنکه در این روش مکانیزم انتخاب و حفظ نخبه ها توأم انجام می گیرد؛ دوم روش حفظ پراکندگی یکنواخت است. این الگوریتم از یک مکانیسم کاملاً روشن برای فراهم آوردن پراکندگی در بین جوابهای بهینه پارتو هم استفاده میکند. الگوریتم این روش بدین صورت است که ابتدا جمعیت اولیه به صورت تصادفی انتخاب میشود. سپس این جمعیت با توجه به توابع هدف و بر اساس مفهوم غالب بودن به n سطح پرتو یک رتبه مجزا و به اعضای درون سطح یک رتبه مساوی بر اساس مفهوم غالب بودن نسبت داده میشود. حال برای اعضایی که در یک سطح

پرتو قرار میگیرند و دارای یک رتبه میباشند، یک عدد فاصله با توجه به روش فاصله جمعیت که بیانگر رتبه فاصله است نسبت داده میشود. در مرحله بعد به کمک الگوریتم رقابت دودویی، جمعیت والد با توجه به رتبه غالب بودن کمتر و رتبه فاصله بیشتر انتخاب میشوند. باید توجه کرد که عبارت فاصله برای اعضای که از نظر غالب بودن یک رتبه دارند نسبت به هم محاسبه میشود. علاوه بر این جمعیت فرزندان از روی جمعیت والد به کمک اپراتورهای کلاسیک ژنتیک انتخاب میشوند. در نهایت جمعیت‌های والد و فرزندان با هم ترکیب شده و جمعیت نسل بعد از کل مجموعه این دو جمعیت که شامل جمعیت نخبه نیز میباشند انتخاب میگردد. این روند در نسل‌های بعد نیز به همین صورت تکرار میشود تا معیار اختتام ارضا گردد. یکی از اهدافی که در بهینه سازی با این روش به طور تلویحی پوشش داده میشود بیشینه نمودن فاصله بین جوابها میباشد که با اضافه شدن تابع هدف ساختگی محاسبه فاصله بین هر دو عضو، انجام میشود. لزوم در نظر گیری این تابع هدف ساختگی بدان دلیل میباشد که نزدیکی بیش از حد جوابها در سطوح پرتو منجر به پراکندگی و توزیع نامناسب جوابها در ناحیه جواب خواهد شد، در نتیجه لازم است تا فاصله دو جواب مجاور از هم در یک میزان مطلوب قرار گیرد. پارامتر فاصله جمعیت بیانگر میزان نزدیکی دو جواب مجاور در یک سطح پرتو میباشد و انتخاب مقدار بزرگتر برای این پارامتر، منجر به پراکندگی بهتر جوابها میشود.



شکل ۷-۲ نمایشی از نحوه عملکرد NSGA II

همان طور که در شکل بالا ملاحظه میشود مجموعه R_t از ترکیب جمعیت والدین P_t و فرزندان Q_t ایجاد میشود. چون از مجموعه R_t تنها به اندازه جمعیت والدین نسل قبل میتوانند به نسل بعد بروند در R_t ایجاد میشود. چون از مجموعه ابتدا این جمعیت بر اساس مرتب سازی نامغلوب در صفهای مختلف مرتب سازی میشوند. صف اول و دوم میتوانند به صورت مستقیم به نسل بعد بروند ولی تنها قسمتی از صف سوم اجازه رفتن به نسل بعد را دارد لذا ابتدا این صف را با استفاده از عملگر مقایسه ای ازدحام مرتب شده و به اندازه مورد نیاز، از بهترینهای این صف جدا کرده و به نسل بعد انتقال مییابد و باقی این صف و همچنین صفهای چهارم و پنجم حذف خواهند شد.

ابتدا دو عضو از جمعیت به تصادف انتخاب میشود.

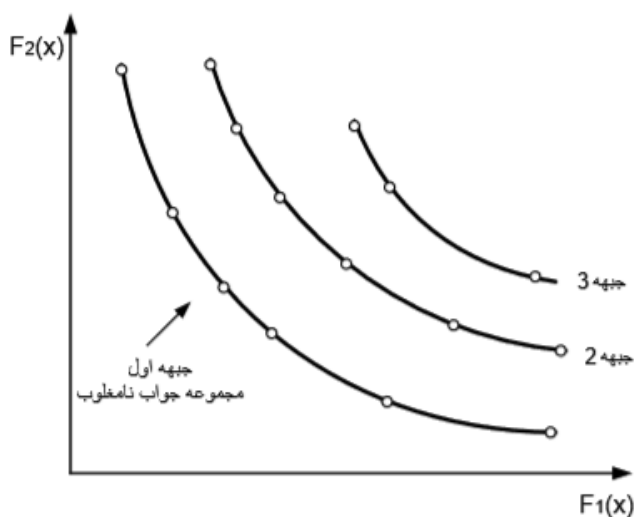
اگر رتبه دو عضو انتخاب شده یکسان نباشد، عضوی که رتبه کمتری دارد انتخاب میشود.

اگر رتبه دو عضو انتخابی یکسان باشد، عضوی که دارای فاصله ازدحامی بیشتر است انتخاب

میشود.

یکی از قسمتهای مهم الگوریتم NSGA II ، مرتب سازی نامغلوب در آن میباشد. این عملگر موجب رتبه بندی اعضای جمعیت با بیش از یک تابع هدف که این توابع متضاد نیز میباشند میگردد. به صورت کلی این الگوریتم بدین صورت عمل میکند. که ابتدا دو به دو مقادیر تابع هدف اعضای جمعیت را با هم مقایسه میکنیم سپس تعداد دفعاتی که یک عضو مغلوب میشود را شمارش میکنیم.

اگر جواب هایی پیدا شد که توسط هیچ عضوی مغلوب نشدند، این جوابها، جبهه اول ($F1$) می شوند. سپس این جوابها را حذف میکنیم حال اعضای جمعیتی که ماندهاند آنهایی که مغلوب هیچ عضوی نمی شوند، جبهه دوم ($F2$) را تشکیل میدهند و این کار را تا جایی که تمام اعضا رتبه بندی شوند ادامه میدهیم. از مزایای این الگوریتم همین بس که باعث کاهش پیچیدگی محاسباتی و در نتیجه افزایش سرعت الگوریتم می شود. همانگونه که در شکل زیر مشاهده میکنید مجموعه جواب به وسیله الگوریتم مرتب سازی نامغلوب در سه . جبهه مرتب شده اند.



شکل ۲-۸ مرتب سازی مجموعه جواب به وسیله عملگر نامغلوب

فصل سوم:

روند مطالعه

روش‌های گردآوری داده‌ها

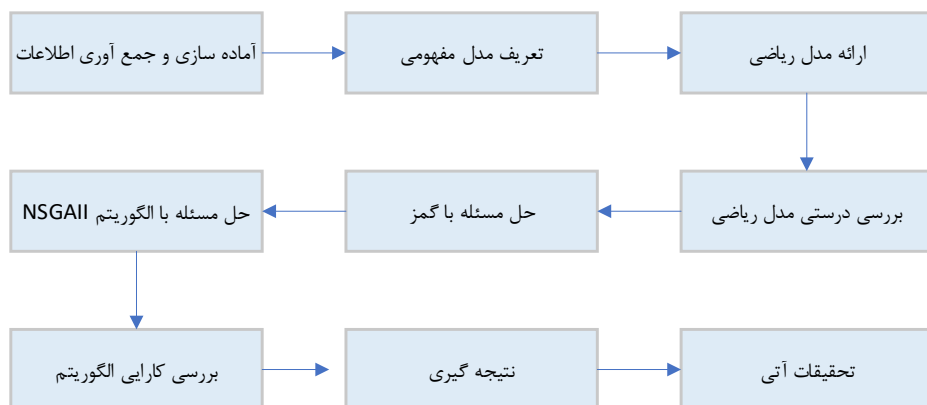
اطلاعات به صورت میدانی و کتابخانه ای گردآوری شده است. اطلاعات از ابتدا مقالات مربوطه از ژورنال های خارجی استخراج و سپس مطالعه شده و شکاف تحقیق تعیین گردیده است. سپس با توجه به اطلاعات جدید، یک مدل ریاضی و روش حل برای مسئله ارائه شده است.

روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تحلیل داده ها، با توجه به مدل ارائه شده ابتدا اطلاعات را وارد نرم افزار گمز نموده و مسئله حل شده و درستی مدل ریاضی تایید خواهد شد. برای حل مسئله در ابعاد بزرگ اطلاعات وارد نرم افزار متلب می‌شود. روش گردآوری داده ها در کتاب حاضر به صورت روش کتابخانه ای است

فرآیند اجرایی

در این کتاب ، یک زنجیره تامین پیشرو و معکوس مورد بررسی قرار داده شده که ضایعات زنجیره تامین اول به عنوان مواد زنجیره تامین دوم مورد استفاده قرار گرفته است. این زنجیره تامین دارای چهارسطح تامین کننده، تولید کننده، توزیع کننده و مشتریان بوده است. برای این مسئله مکان یابی و مسیریابی به صورت همزمان انجام شده است. در این کتاب ابتدا اطلاعات مورد نیاز جمع آوری و یک مدل مفهومی برای مسئله ارائه می‌شود. پس از تعریف مدل مفهومی برای مسئله یک مدل ریاضی طراحی خواهد شد. برای حل مسئله در ابعاد کوچک روش حل با نرم افزار گمز و برای حل مسئله در ابعاد بزرگ الگوریتم NSGA II ارائه شده است. در نهایت کارایی مدل و الگوریتم بررسی می‌گردد.



شکل ۳-۱ فرایند اجرایی

مدل ریاضی مسئله

ویژگی های مدل مسئله به شرح زیر می باشد.

مجموعه ها :

D : مجموعه توزیع کننده

C : مجموعه مشتری ها

K : مجموعه وسایل نقلیه

P : مجموعه تولیدکننده

S : مجموعه تامین کنندگان

S' : مجموعه تامین کنندگان زنجیره تامین دوم

پارامترها: de_i : میزان تقاضای مشتری i DX_{ij} : فاصله مشتری i تا مشتری j v_k : سرعت وسیله نقلیه k M : عدد بزرگ دلخواه $Cost^1$: هزینه مصرف یک واحد سوخت $Cost_k^2$: هزینه ثابت وسیله نقلیه K $Cost_d^3$: هزینه ثابت اجاره انبار d L_{1p} : حداکثر ظرفیت تولید کارخانه p در ساعات عادی کاری $Cost_d^3$: مقدار هزینه ثابت احداث توزیع کننده d $Cost_p^4$: مقدار هزینه ثابت راه اندازی کارخانه p $Cost_v^5$: مقدار قیمت مواد اولیه تامین شده (یک واحد) از تامین کننده v $Cost_p^6$: مقدار هزینه تولید یک واحد محصول در کارخانه p در ساعات کاری عادی کار $Cost_p^7$: مقدار هزینه مازاد تولید یک واحد محصول در کارخانه p در ساعات غیرکاری $capacity_d$: ظرفیت تقاضای تولیدکننده d $capacity'_p$: ظرفیت تقاضای کارخانه p $capacity''_v$: ظرفیت تقاضای تامین کننده v $cap_{v'}$: ظرفیت خرید تامین کننده v' در زنجیره تامین دو $quality_p$: درصد کیفیت محصول تولیدی در کارخانه p

متغیرهای تصمیم‌گیری :

$\hat{A}_p$: متغیر صفر و یک، در صورتی که از کارخانه p استفاده شده باشد برابر یک، در غیراینصورت صفر.

A_d : متغیر صفر و یک، در صورتی که از توزیع کننده d استفاده شده باشد برابر یک، در غیراینصورت صفر.

X''_{pv} : متغیر صفر و یک، اگر کارخانه p به تامین کننده v تخصیص داده شده باشد برابر یک در غیراینصورت صفر.

X'_{dp} : متغیر صفر و یک، اگر توزیع کننده d به کارخانه p تخصیص داده شده باشد برابر با یک در غیراینصورت صفر.

$demand_d$: مقدار تقاضای توزیع کننده d

$demand'_p$: مقدار تقاضای کارخانه p

$demand''_v$: مقدار تقاضای تامین کننده v

$y_{jv'}$: متغیر صفر و یک، اگر مشتری j به تامین کننده v' تخصیص داده شده باشد برابر یک، در غیراینصورت صفر.

B_p : مقدار تولید مازاد کارخانه P (در شرایط اضافه کار)

مدل ریاضی :

$$\begin{aligned} \min z_1: & \sum_{d \in D} A_d \times Cost_d^3 + \sum_{p \in P} \hat{A}_p \times cost_p^4 \\ & + \sum_{g \in C \cup d} \sum_{i \in C \cup p} \sum_{d \in D} \sum_{k \in K} X_{ijkd} \times cost_{ijk}^1 \\ & + \sum_{k \in K} \sum_{i \in C} \sum_{d \in D} X_{dikd} \times cost_k^2 \\ & + \sum_{p \in P} demand''_p \times cost_p^6 + \sum_{p \in P} B_{ps} \times cost_p^7 \end{aligned}$$

$$\min z_2: \sum_{i \in C} t_i$$

$$\max z_3: \sum_{p \in P} demand'_p \times quality_p$$

1	$\sum_{d \in D} \sum_{k \in K} \sum_{i \in C \cup D} X_{ijkd} = 1$	$j \in C$
2	$\sum_{j \in C} X_{ajkd} = \sum_{j \in C} X_{jdkd}$	$\forall d \in D, k \in K$
3	$X_{iikd} = 0$	$\forall d \in D, k \in K, i \in C \cup D$
4	$\sum_{i \in D \cup C} X_{ihkd} = \sum_{j \in D \cup C} X_{hjkd}$	$\forall d \in D, k \in K, h \in C$
5	$\sum_{i \in C} \sum_{d' \in D} X_{d'ikd} = 0$	$\forall k \in K, d \in D, d' \neq d$
6	$T_i + \frac{dx_{ij}}{s_k} - M(1 - X_{ijkd}) \leq T_j$	$\forall d \in D, k \in K$
7	$T_i + \frac{dx_{ij}}{s_k} + M(1 - X_{ijkd}) \geq T_j$	$\forall d \in D, k \in K, i \in D \cup C, j \in C$
8	$T_d = 0$	$\forall d \in D$
9	$LO_K = \sum_{j \in C} \sum_{i \in C \cup D} \sum_{d \in D} X_{ijkd} \times de_j$	$\forall k \in K$
10	$a_i \leq T_i \leq b_i$	$\forall i \in C$
11	$LO_k = \sum_{j \in C} \sum_{j \in C \cup D} \sum_{s \in S} \sum_{d \in D} X_{ijkd} \times de_j$	$\forall k \in K$
12	$LO_k \leq Q_k$	$\forall k \in K$
14	$demand_d = \sum_{j \in C} \sum_{i \in C \cup D} \sum_{d \in D} X_{ijkd} \times de_j$	$\forall d \in D$

15	$demand_d \leq capacity_d$	$\forall d \in D$
16	$A_j \times m \geq \sum_{s \in S} demand_d$	$\forall d \in D$
17	$\sum_{p \in P} X'_{dp} = A_d$	$\forall d \in D$
18	$demand'_p = \sum_d demand_d \times X'_{dp}$	$\forall p \in P,$
19	$\hat{A}_p \times M \geq demand'_p$	$\forall p \in P$
20	$\sum_s X'' = \hat{A}_p$	$\forall p \in P$
21	$demand'_p \leq capacity'_p$	$\forall p \in P$
22	$demand''_{ss} = \sum_p demand'_{ps} \times X''_{ps}$	$\forall s \in V$
23	$demand''_s \leq capacity''_v$	$\forall s \in V$
26	$W_j = de_j$	$\forall j \in c$
27	$\sum_{\hat{v}} y_{j\hat{s}} = 1$	$\forall j \in c$
28	$LW_{ss} = \sum_{j \in c} W_{js} \times y_{js}$	$\forall \hat{s} \in \hat{S}$
29	$LW_{\hat{s}s} \leq cap_{\hat{s}}$	$\forall \hat{s} \in \hat{S}, s \in S$
30	$B_p \geq L_{1p} - demand'_p$	$\forall p \in P, s \in S$

تابع هدف اول: در تابع هدف اول، قسمت اول شامل هزینه ثابت احداث توزیع کننده، قسمت دوم شامل هزینه ثابت استفاده از تولیدکننده، قسمت سوم شامل هزینه جابجایی وسیله نقلیه و سوخت آن، قسمت چهارم شامل هزینه ثابت اجاره وسیله نقلیه، قسمت پنجم شامل هزینه خرید از تامین کننده، قسمت ششم شامل هزینه تولید در کارخانه، قسمت هفتم شامل هزینه مازاد ناشی از ساعت کاری اضافه کار در کارخانه می باشد.

- تابع هدف دوم: تابع هدف دوم شامل زمان سرویس دهی به مشتریان می باشد.
- تابع هدف سوم: تابع هدف سوم شامل ماکزیمم کردن مقدار کیفیت محصولات می باشد.
- محدودیت یک، به هر مشتری یک وسیله نقلیه سرویس دهی می کند.
- محدودیت دوم، هر وسیله نقلیه ای که از توزیع کننده خارج می شود ، به همان توزیع کننده در انتهای مسیر باز می گردد.
- محدودیت سوم، از هر گره به خودش، یالی وجود ندارد.
- محدودیت چهارم، هر وسیله نقلیه ای که برای سرویس دهی وارد یک مشتری می شود، همان وسیله نقلیه از مشتری خارج می شود.
- محدودیت پنجم، هر وسیله نقلیه متعلق به هر توزیع کننده است و نمی تواند از توزیع کننده دیگری خارج شود.
- محدودیت ششم و هفتم، زمان سرویس دهی به هر مشتری را تعیین می کند.
- محدودیت هشتم، زمان خروج از توزیع کننده برابر صفر در نظر گرفته می شود.
- محدودیت نهم، مقدار بارگیری اولیه هر وسیله نقلیه در حالت های مختلف را تعیین می کند.
- محدودیت دهم، مقدار بارگیری هر وسیله نقلیه برای هر سناریو را محاسبه می کند.
- محدودیت یازدهم، اطمینان می دهد که محدودیت بارگیری اولیه برای هر وسیله نقلیه رعایت شده است.
- محدودیت دوازدهم، مقدار بار موجود بر روی وسیله نقلیه بعد از ترک اولین مشتری در مسیر تحت سناریو های مختلف را بررسی می کند.
- محدودیت سیزدهم، مقدار بار موجود بر روی وسیله نقلیه بعد از ترک مشتریان دیگر در مسیر تحت سناریو های مختلف را بررسی می کند .
- محدودیت چهاردهم، مقدار تقاضای هر توزیع کننده را بررسی می کند.

محدودیت پانزدهم، اطمینان می دهد که محدودیت ظرفیت توزیع کننده رعایت شده است.

محدودیت شانزدهم، تعیین می کند که از کدام توزیع کننده استفاده شده است. محدودیت هفدهم، مشخص می کند هر تولیدکننده به کدام توزیع کننده تخصیص داده شده است.

محدودیت هجدهم، تقاضای هر تولیدکننده را محاسبه می کند . محدودیت نوزدهم، تعیین می کند از کدام یک از تولید کنندگان استفاده شده است. محدودیت بیستم، هر کارخانه استفاده شده را به یک تامین کننده تخصیص می دهد. محدودیت بیست و یکم، تقاضای هر کارخانه را محاسبه می کند. محدودیت بیست و دوم، تقاضای هر تامین کننده را محاسبه می کند. محدودیت بیست و سوم، اطمینان می دهد که تقاضای هر تامین کننده از ظرفیت آن بیشتر نمی باشد.

محدودیت بیست و چهارم، نمایش دهنده متغیرهای صفر و یک می باشد. محدودیت بیست و پنجم ، متغیرهای بزرگتر را نمایش می دهد. محدودیت بیست و ششم، تعیین می کند که هر مشتری چه میزان ضایعات خواهد داشت. محدودیت بیست و هفتم، هر مشتری را به یک تامین کننده زنجیره دوم تخصیص می دهد. محدودیت بیست و هشتم، مقدار تقاضای هر تامین کننده خارجی را تعیین می کند و مشخص می نماید چه مقدار مواد ضایعات به آن تامین کننده تخصیص داده شده است. محدودیت بیست و نهم، ظرفیت خرید هر تامین کننده خارجی یا زنجیره دوم را بررسی می کند.

محدودیت سی ام، مشخص می کند چه مقدار از تولید در ساعت غیرکاری کارخانه تولید شده است.

حل مسئله به روش ال پی متریک

از آنجائیکه مدل مذکور چند هدفه می باشد، برای حل این مدل چند هدفه، از روش ال پی متریک^۱ استفاده خواهد شد. به این صورت که یک مرتبه تابع هدف هزینه به تنهایی و بدون در نظر گرفتن توابع دیگر کمینه گردیده و مرتبه دوم تابع هدف دوم از جنس زمان به تنهایی کمینه می شود. و یکبار تابع هدف سوم از جنس کیفیت به تنهایی ماکزیمم می گردد. در نهایت مقدار بهینه توابع هدف با در نظر گرفتن تمامی محدودیت های مسئله در تابع هدف روش L-P متریک قرار می گیرد.

$$\min f(x) = \frac{z_1 - z_1^*}{z_1^*} + \frac{z_2 - z_2^*}{z_2^*} + \frac{z_3 - z_3^*}{z_3^*}$$

ارائه الگوریتم NSGA II برای مسئله

الگوریتم ژنتیک چند هدفه مورد نظر دارای مولفه های زیر می باشد:

تولید جواب اولیه

در این کتاب ، هر جواب اولیه شامل پنج کروموزوم می باشد.

کروموزوم اول شامل $n+k-1$ (n تعداد مشتریان، k تعداد وسایل نقلیه) خانه و کروموزوم دوم شامل $d+k-1$ (d تعداد توزیع کننده ها) خانه می باشد. در کروموزوم اول اعداد شماره ۱ تا n بیانگر شماره مشتریان و اعداد بزرگتر از n نمایشگر شماره وسایل نقلیه می باشد که خانه $n+1$ بیانگر وسیله نقلیه اول و خانه $n+I$ نمایشگر وسیله نقلیه i ام می باشد. در این حالت اعدادی که قبل از خانه $n+i$ ام قرار می گیرند، مشتریانی هستند که توسط وسیله نقلیه i ام

¹ -LP metric

سرویس دهی می شوند و ترتیب قرارگیری این اعداد نیز بیانگر ترتیب سرویس دهی به آنها می باشد.

تمام شماره مشتریانی که بعد از آخرین خانه بزرگتر از عدد n قرار دارد، به وسیله نقلیه آخر تخصیص داده می شود. کروموزوم دوم شامل $d+k-1$ خانه بوده و اعداد ۱ تا k بیانگر شماره وسایل نقلیه و عدد $k+i$ نیز نمایشگر i امین توزیع کننده می باشد.

شماره وسیله نقلیه قبل از عدد $k+i$ ام، وسایل نقلیه ای هستند که به توزیع کننده i ام تخصیص داده می شوند. وسیله نقلیه بعد از آخرین عدد بزرگتر از k نیز توسط توزیع کننده آخر سرویس دهی می شود.

در صورتی که قبل از عدد $n+i$ ، شماره مشتری وجود نداشته باشد، بدین معنا است که از آن وسیله نقلیه استفاده نشده است. همچنین در کروموزوم دوم در صورتی که قبل از عدد $k+i$ ، شماره وسیله نقلیه وجود نداشته باشد بدین معنا می باشد که از آن توزیع کننده استفاده نشده است. کروموزوم سوم شامل $d+p-1$ خانه می باشد که عدد p نشان دهنده تعداد تولیدکنندگان است.

در کروموزوم شماره چهارم اعداد شماره ۱ تا d بیانگر شماره توزیع کنندگان و اعداد بزرگتر از d نمایشگر شماره تولیدکنندگان می باشد که اعداد خانه $d+1$ بیانگر اولین توزیع کننده و خانه $n+i$ نمایشگر تولیدکننده i ام می باشد. در این حالت اعدادی که قبل از خانه $d+i$ ام قرار می گیرند، توزیع کنندگانی هستند که توسط تولیدکننده i ام سرویس دهی می شوند.

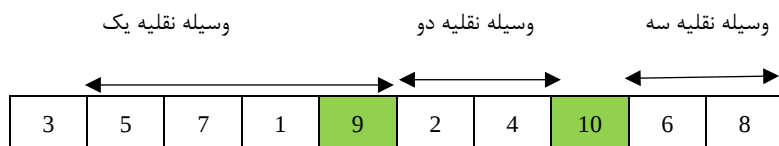
تمام شماره توزیع کنندگانی که بعد از آخرین خانه بزرگتر از عدد d قرار دارد، به تولیدکننده آخر تخصیص داده می شود. کروموزوم چهارم شامل $p+s-1$ خانه می باشد که مقدار s برابر تعداد تامین کنندگان است. در کروموزوم پنجم که اعداد شماره ۱ تا $p+s-1$ قرار دارد، اعداد شماره ۱ تا p بیانگر شماره تولیدکنندگان و اعداد بزرگتر از p نمایشگر شمار تولیدکننده است. خانه $p+1$ نمایشگر تولیدکننده اول و خانه $p+i$ بیانگر تامین کننده i ام است. اعدادی که قبل از خانه $p+i$ قرار دارد بیانگر شماره تولیدکنندگانی بوده که توسط تامین کننده i ام سرویس

داده می‌شود. تمام شماره تولیدکنندگانی که بعد از آخرین بزرگتر از عدد p قرار دارد تامین کننده آخر تخصیص داده می‌شود.

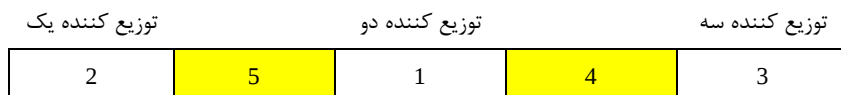
کروموزوم پنجم شامل $n+s-1$ خانه است که s نمایشگر تعداد تامین کنندگان زنجیره تامین دوم است. در کروموزوم پنجم اعداد شماره ۱ تا n بیانگر شماره مشتریان و اعداد بزرگتر از n نمایشگر شماره تامین کنندگان زنجیره تامین دوم می باشد که خانه $n+i$ بیانگر تامین کنندگان زنجیره تامین دوم و اعداد قبل از آن، شماره مشتریانی است که به آن تامین کننده تخصیص داده می‌شود. تمام شماره مشتریانی که بعد از آخرین خانه بزرگترین عدد n قرار دارد به تامین کننده آخر تخصیص داده می‌شود.

برای درک بهتر این مسئله، یک مثال عددی ارائه می شود. در صورتی که ۸ مشتری، ۳ وسیله نقلیه و ۳ انبار وجود داشته باشد، شکل شماره ۳-۱ و ۳-۲ نمایش یک جواب فرضی می باشد.

در شکل ۳-۳ اعداد ۳، ۵، ۷ و ۱ قبل از عدد ۹ قرار گرفته و به منزله آن است که وسیله نقلیه اول به ترتیب به مشتریان ۳، ۵ و ۷ سرویس دهی می کنند. همچنین عدد ۲ و ۴ قبل از عدد ۱۰ قرار گرفته و به معنای آن است که وسیله نقلیه دوم به مشتریان ۲ و ۴ سرویس دهی می کند. وسیله نقلیه سوم نیز مشتریان ۶ و ۸ را سرویس دهی خواهد کرد.



شکل ۳-۱ قسمت اول کروموزوم برای مثال



شکل ۳-۲ قسمت دوم کروموزوم برای مثال

جدول ۳-۱ ترتیب سرویس دهی و توالی مسیر در پایین ترین سطح

ترتیب سرویس دهی و توالی مسیر						شماره وسیله نقلیه	شماره توزیع کننده
توزیع کننده ۱	مشتري ۱	مشتري ۷	مشتري ۵	مشتري ۳	توزیع کننده ۱	۱	۱
-	-	توزیع کننده ۲	مشتري ۴	مشتري ۲	توزیع کننده ۲	۲	۲
-	-	توزیع کننده ۳	مشتري ۸	مشتري ۶	توزیع کننده ۳	۳	۳

در شکل شماره ۳-۳ و ۴-۳ تخصیص توزیع کنندگان، تولید کنندگان و تامین کنندگان قرار گرفته که شرح این تخصیص در جدول ۳-۲ قرار گرفته است و براساس آن تخصیص توزیع کنندگان به تولید کنندگان و تخصیص تولید کنندگان به تامین کنندگان تعیین شده است. در جدول شماره ۳-۳ نیز تخصیص مشتریان به تامین کنندگان در زنجیره تامین دوم نمایش داده شده است.

تولیدکننده ۱			تولیدکننده ۲	
1	2	4	3	5

شکل ۳-۳ قسمت سوم کروموزوم برای مثال

تامین کننده ۱		تامین کننده ۲		تامین کننده ۳
1	2	4	3	5

شکل ۴-۳ قسمت پنجم کروموزوم برای مثال

جدول ۳-۲ توزیع کننده، تولیدکننده و تامین کننده در مثال فرضی

شماره توزیع کننده	تولید کننده	تامین کننده
۱	۱	۳
۲	۱	۳
۳	۲	۲

جدول ۳-۳ تخصیص مشتریان به تامین کننده زنجیره تامین دوم

شماره مشتری	شماره توزیع کننده	تولید کننده	تامین کننده
۱	۱	۵	۱
۲	۳	۶	۲
۳	۳	۷	۳
۴	۲	۸	۱

تولید جمعیت اولیه

تولید جمعیت اولیه، نخستین مرحله در الگوریتم ژنتیک است. مجموعه ای از جواب‌های شدنی به عنوان جمعیت اولیه ایجاد می‌شود. در این کتاب اعضای این مجموعه به صورت تصادفی انتخاب خواهد شد. پس از تعیین سیستم کدینگ یا همان نمایش جواب اولیه و مشخص شدن روش تبدیل هر جواب به کروموزوم، یک جمعیت اولیه از کروموزوم‌ها تولید می‌گردد.

تابع ارزیابی

به منظور ارزیابی و بررسی جواب، نیاز به یک تابع ارزیابی برای بررسی تابع هدف می‌باشد. در این مسئله، تابع ارزیابی مقدار هر دو نوع تابع هدف را محاسبه کرده و محدودیت‌های مسئله را بررسی می‌کند. این تابع هر رشته را با یک مقدار عددی ارزیابی می‌نماید که کیفیت آن را

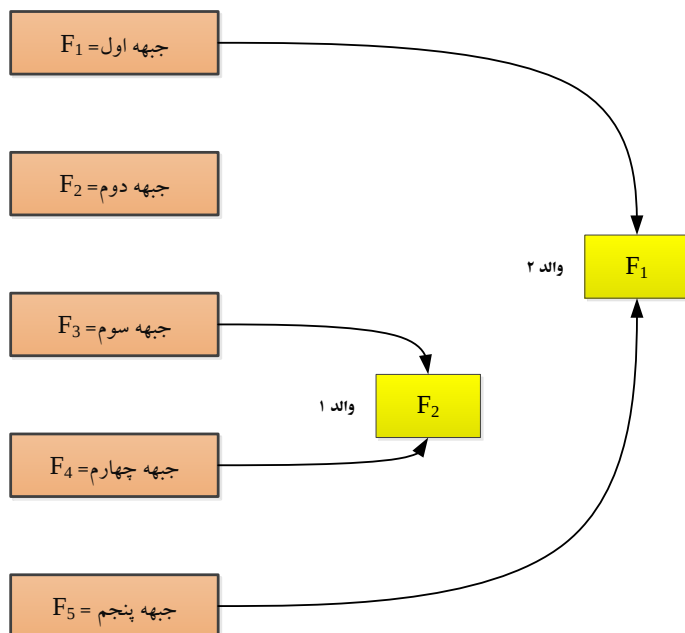
مشخص می‌کند. هر چه مقدار تابع هدف هر رشته پایین تر باشد، مقدار برازندگی جواب بهتر خواهد بود و احتمال مشارکت برای تولید نسل بعدی نیز افزایش می‌یابد. در صورتی که جواب مورد نظر، محدودیت‌های مورد نظر را رعایت نکرده باشد، در آن صورت مقدار تابع هدف محاسبه شده، در عدد ثابتی به منظور انتخاب نشدن آن جواب، ضرب می‌شود.

تعیین رتبه بندی جواب ها

جواب های مورد بحث با توجه به آنکه چند جواب به طور یقین از آن جواب بهتر خواهد بود، درجه بندی می شوند. جواب هایی به طور یقین از جواب دیگر بهتر خواهد بود که تمامی مقادیر توابع هدف، از جواب مورد نظر بهتر باشد. به طور مثال جواب هایی که هیچ جوابی بهتر از آنها پیدا نشود در درجه اول و جواب هایی که تنها یک جواب بهتر از آنها وجود داشته باشد در درجه دوم قرار گرفته می‌شوند. بقیه درجه بندی ها نیز براین اساس تقسیم بندی می شود. بنابراین جواب ها با توجه به کیفیت مقدار توابع هدف در درجه های مختلف تقسیم بندی می شود. در نهایت تمام جواب ها بر اساس الگوریتم ارائه شده در فصل دوم از لحاظ کیفیت درجه بندی و سپس رتبه بندی می گردند.

انتخاب والدین

بعد از آنکه برای هر کروموزوم از جمعیت، مقدار برازش محاسبه شد، الگوریتم دو کروموزوم را به صورت تصادفی انتخاب نموده و هر کدام که مقدار برازش بهتری داشت را به عنوان والد انتخاب می کند. والد دوم هم به همین صورت انتخاب خواهد شد. برای انتخاب جواب مناسب تر و مقدار برازش بهتر بین دو عضو انتخاب شده تصادفی، جوابی که رتبه بهتر و در جبهه پایین تری باشد انتخاب می شود. در صورتی که جبهه آن ها با یکدیگر برابر باشد، جوابی انتخاب خواهد شد که فاصله ازدحامی بیشتری داشته باشد.



شکل ۳-۵ نحوه عملکرد تورنومنت برای انتخاب والدین

تولید فرزندان جدید

به منظور ایجاد فرزندان جدید از عملکرد دو نقطه ای استفاده شده است به این صورت که ابتدا دو انتخاب. سپس دو نقطه تقاطع به تصادف انتخاب و ژن های بین این دو نقطه از والد اول به فرزند منتقل شده و ژن های باقی مانده به ترتیب موجود در والد دوم در اولاد اول کپی می شود.

4	2	3	5	7	1	6	8	والد یک
8	6	5	7	۲	۴	۳	۱	والد دو
4	2	۵	7	3	1	6	8	فرزند ۱

شکل شماره ۳-۶ انتخاب یک فرزند از دو والد

عملگر ژنتیک جهش

بعد از پیاده سازی عملگر تقاطع، هرفرزند ممکن است به صورت تصادفی تغییر کند. هدف از جهش، بیان یک خاصیت ژنتیکی است که باعث افزایش تنوع در جواب های جمعیت می شود. جهش به عنوان یک عملگر دیگر، در کنار عملگر تقاطع قرار می گیرد. به عبارت دیگر، این عملگر در کروموزوم های متفاوت تغییرات تصادفی برنامه ریزی نشده ایجاد می کند و ژن هایی را که در جمعیت اولیه وجود نداشته اند را وارد جمعیت می کند. به این صورت که عددی تصادفی تولید می شود، اگر این عدد کمتر از نرخ جهش باشد، جهش اتفاق خواهد افتاد. در این روش در مرحله اول یک عدد تصادفی بین صفر تا یک انتخاب می شود. در صورتیکه عدد تصادفی کمتر از نرخ جهش باشد دو نقطه به تصادف بر روی والد انتخاب می شود و عدد موجود در این نقاط با هم تعویض می شود.

4	2	5	3	7	1	8	6
---	---	---	---	---	---	---	---

فرزند

4	2	8	3	7	1	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

فرزند جهش یافته

شکل شماره ۳-۷ عمل جهش در فرزند

مراحل الگوریتم ژنتیک چند هدفه به ترتیب شامل موارد زیر خواهد بود:

- ۱- داده ها و پارامترهای مسئله وارد الگوریتم می شود.
- ۲- تعداد جمعیت اولیه تعیین می شود.
- ۳- جمعیت اولیه با تولید جواب های اولیه تصادفی با توجه به رعایت نکات نمایش جواب اولیه تشکیل می شود.
- ۴- تابع ارزیابی جواب ها برای توابع هدف مختلف محاسبه می شود.

۵- جواب ها رتبه بندی می شود.

۶- دو والد به روش شرح داده شده انتخاب می شود.

۷- به تعداد جمعیت اولیه از دو والد انتخاب شده یک فرزند ایجاد و وارد جمعیت فعلی می شود.

۸- از فرزند ایجاد شده یک فرزند جهش یافته ایجاد و وارد جمعیت فعلی می شود.

۹- در صورتی که به تعداد جمعیت اولیه به جمعیت فعلی اضافه شده باشد به مرحله ۱۰ رفته و در غیراین صورت به مرحله ۶ باز می گردد.

۱۰- کل اعضای جمعیت فعلی از لحاظ کیفیت و نظم رتبه بندی می شود.

۱۱- بهترین جواب ها با توجه به رتبه بندی جواب ها (از لحاظ مغلوب بودن و نظم) از جمعیت فعلی جدا شده و وارد جمعیت جدید می شود.

۱۲- اگر شرط توقف اعمال شده باشد به مرحله ۱۳ و اگر شرط توقف اعمال نشده باشد جمعیت فعلی برابر با جمعیت جدید قرار گرفته و به مرحله ۶ باز می گردد .

۱۳- بهترین جواب ها چاپ می شود.

فصل چهارم:

یافته ها

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 به صورت نمایی افزایش یافته و از مرحله خاصی ، مسئله با نرم افزار گمز غیر قابل حل خواهد بود. این موضوع در نمودار ۴-۱ به نمایش گذاشته شده است. با توجه به موارد فوق، می توان گفت مسئله مورد نظر دارای پیچیدگی می باشد و در ابعاد بزرگ دارای راه حل دقیق نخواهد بود.

جدول ۴-۱ ابعاد مثال های ارائه شده

شماره مثال	تعداد مشتری	تعداد توزیع کننده	تعداد تولیدکننده	تعداد تامین کننده
1	۵	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



نمودار ۴-۱ بررسی افزایش شدید زمان حل مسئله با نرم افزار گمز

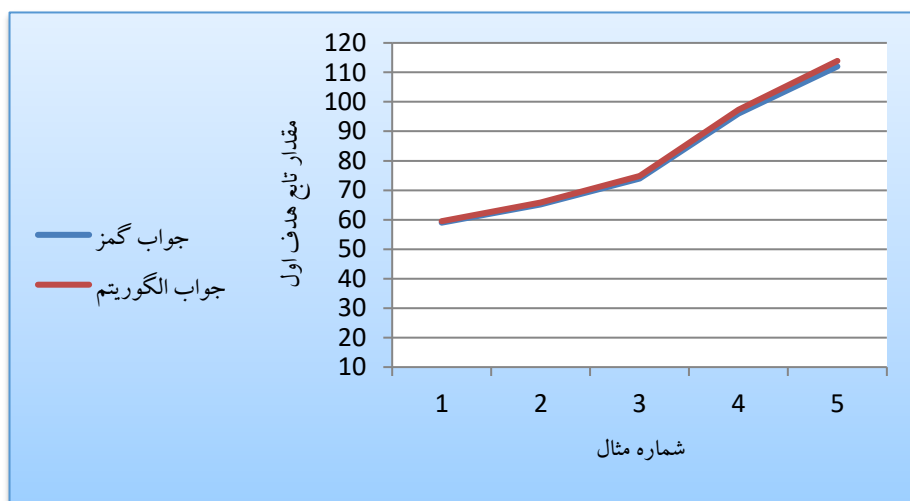
بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد کوچک

به منظور بررسی درستی، صحت و کارایی الگوریتم، پنج مثال عددی در ابعاد کوچک به صورت تصادفی تولید شده و به وسیله الگوریتم NSGAII حل می‌گردد. جواب حاصل از نرم افزار گمز در جدول ۴-۲ ارائه شده و سپس مقایسه گردیده است.

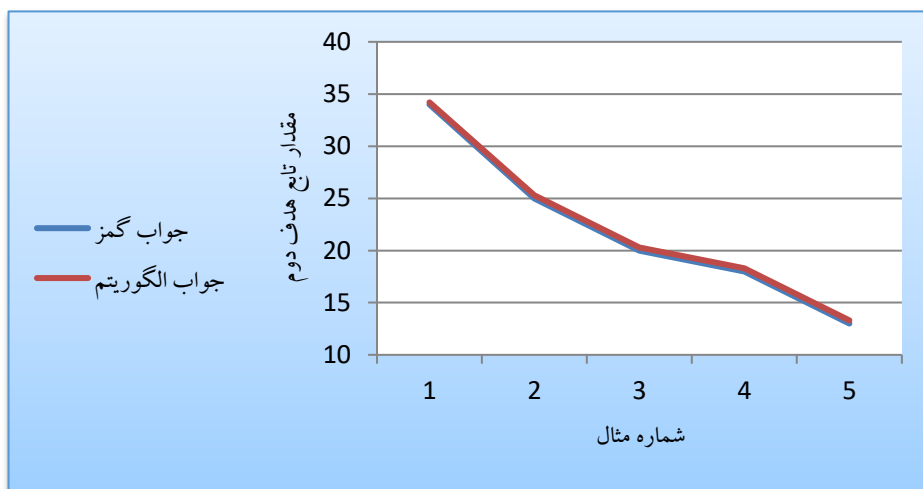
با توجه به اختلاف کم بین میانگین جواب‌های الگوریتم NSGAII در مقایسه با جواب حاصل از نرم افزار گمز، ثابت می‌شود که الگوریتم NSGAII ارائه شده در ابعاد کوچک دارای کارایی مناسبی می‌باشد. در جدول ۴-۲ مقدار این انحراف بررسی شده است و در تابع هدف اول بیشترین انحراف به مقدار ۱.۷ درصد، در تابع هدف دوم ۲.۳۱ درصد و در تابع هدف سوم ۲.۲۲ درصد است که مقدار قابل قبولی است.

جدول ۴-۲ بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد کوچک

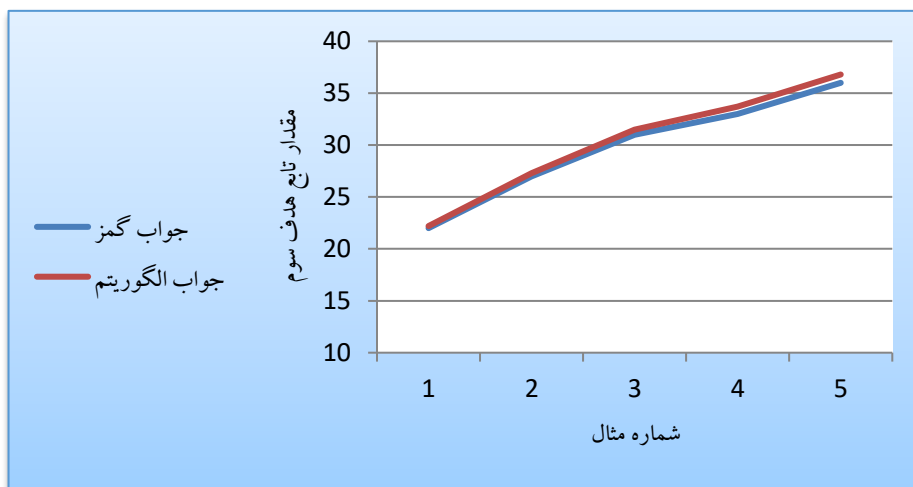
شماره مثال	تعداد مشتری	تابع هدف اول			تابع هدف دوم			تابع هدف سوم		
		م.ج.م.	م.ج.م. الگوریتم	ت.ا.ف.	م.ج.م.	م.ج.م. الگوریتم	ت.ا.ف.	م.ج.م.	م.ج.م. الگوریتم	ت.ا.ف.
۱	۶	۵۹	۵/۵۹	0/85%	۳۴	۲/۳۴	0/59%	22	22/2	0/91%
۲	۸	۲/۶۵	۸/۶۵	0/92%	۲۵	۳/۲۵	1/20%	27	27/3	1/11%
۳	۱۰	۷۴	۸/۷۴	1/08%	۲۰	۳/۲۰	1/50%	31	31/5	1/61%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



نمودار ۴-۲ مقایسه مقدار جواب گمز با الگوریتم NSGAII در تابع هدف اول



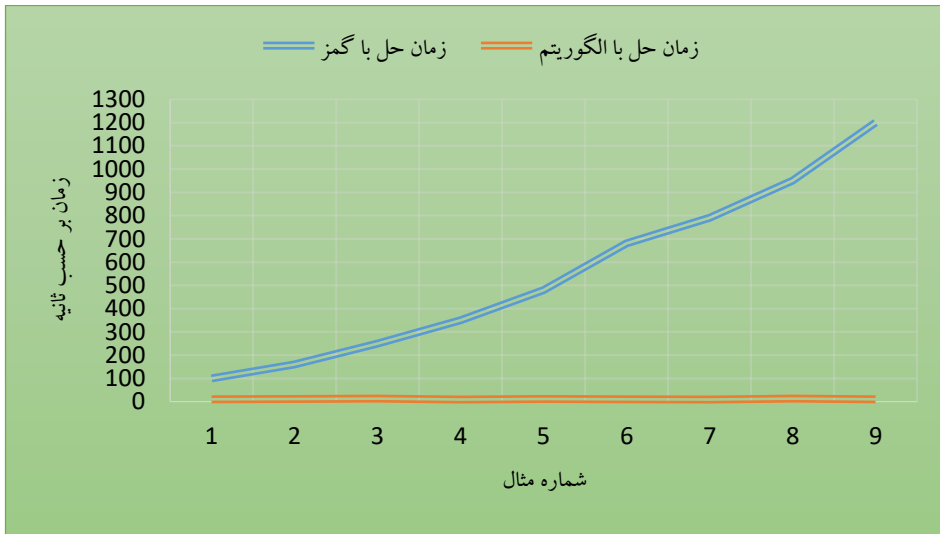
نمودار ۳-۴ مقایسه مقدار جواب گمز با الگوریتم NSGAI در تابع هدف دوم



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

همان طور که در جدول ۲-۴ مشاهده می گردد مقادیر تابع هدف برای هر دو روش تقریباً نزدیک به هم بوده و نشان دهنده کارایی مناسب الگوریتم می باشد. در مرحله بعد، مقایسه

زمان حل مثال های مطرح شده با نرم افزار گمز و الگوریتم در نمودار ۴-۵ انجام شده است که نشان دهنده آن است که زمان حل الگوریتم نسبت به جواب گمز بسیار پایین تر می باشد.



نمودار ۴-۵ مقایسه زمان حل با الگوریتم NSGAII با جواب دقیق

بررسی کارایی الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ

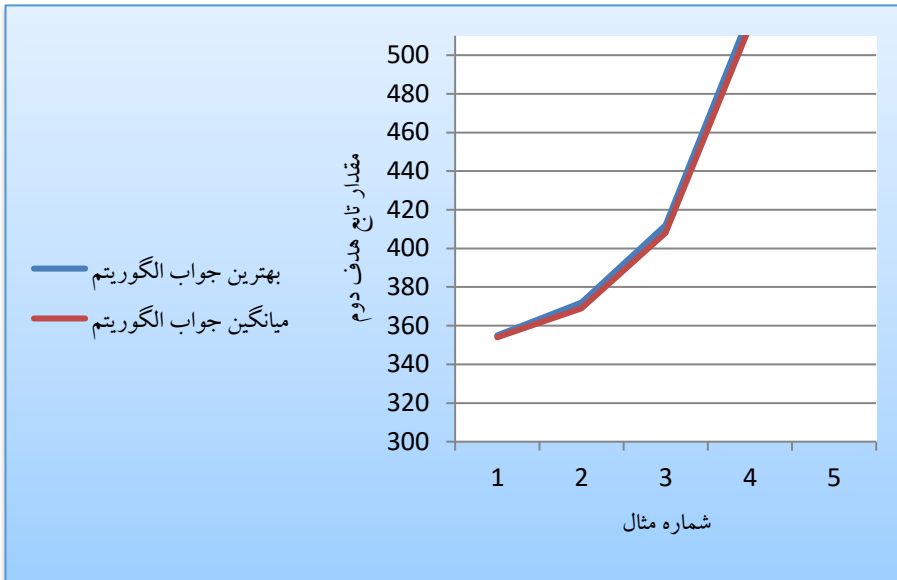
به منظور بررسی عملکرد الگوریتم NSGAII در ابعاد بزرگ، چند مثال با داده های تصادفی در ابعاد بزرگ ارائه گردیده است. در این حالت بهترین جواب به دست آمده از حل مسئله با میانگین جوابها مقایسه شده و در جدول ۴-۳ و نمودارهای ۴-۶، ۴-۷، ۴-۸ نمایش داده شده است. مقایسه انجام شده نشان دهنده آن است که اختلاف بسیار کم بوده و در تابع 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 می کند.

جدول ۴-۶ بررسی کارایی الگوریتم NSGAI در ابعاد بزرگ

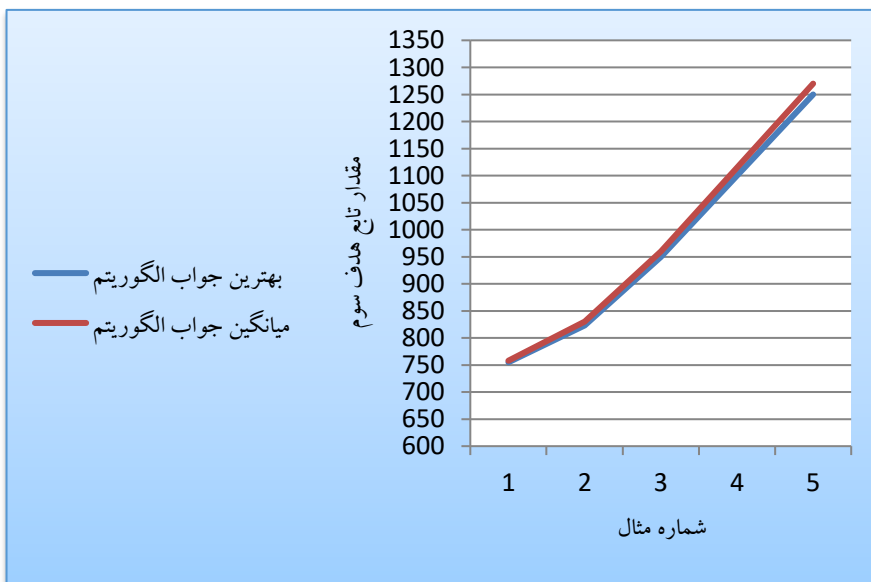
شماره مثال	تعداد مشتری	تابع هدف اول			تابع هدف دوم			تابع هدف سوم		
		بهترین جواب الگوریتم	میانگین جواب الگوریتم	تفاوت	بهترین جواب الگوریتم	میانگین جواب الگوریتم	تفاوت	بهترین جواب الگوریتم	میانگین جواب الگوریتم	تفاوت
۱	20	452	453	0/22%	355	354	0/28%	755	758	0/40%
۲	30	482	486	0/83%	372	369	0/81%	823	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 ۴-۶ مقایسه مقدار بهترین جواب الگوریتم و میانگین جواب الگوریتم در تابع هدف اول



نمودار ۷-۴ مقایسه مقدار بهترین جواب الگوریتم و میانگین جواب الگوریتم در تابع هدف دوم



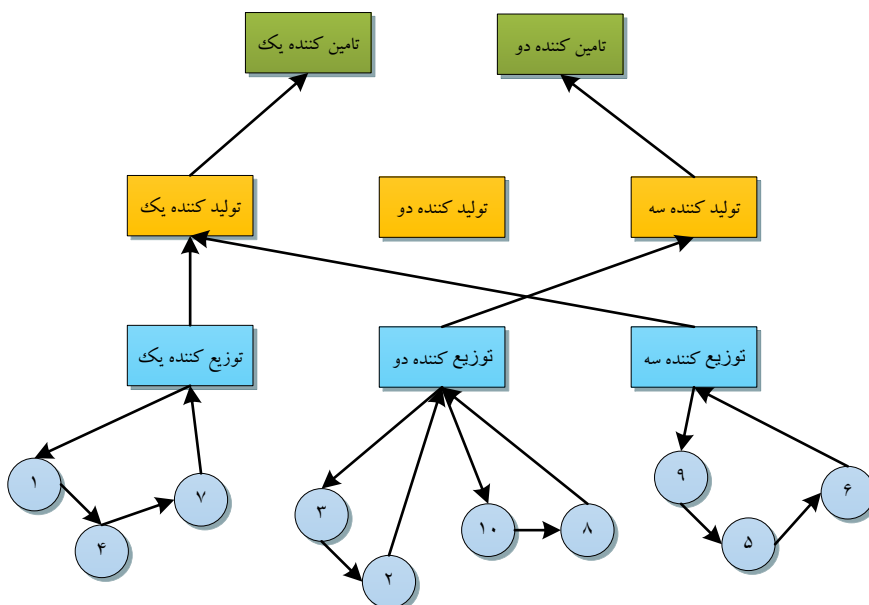
نمودار ۸-۴ مقایسه مقدار بهترین جواب الگوریتم و میانگین جواب الگوریتم در تابع هدف سوم

بررسی کارایی مدل

برای بررسی کارایی و صحت مدل ریاضی ارائه شده در فصل سوم، اقدام به طراحی یک مثال عددی به صورت تصادفی توسط نرم افزار متلب نموده و سپس این مثال را به وسیله 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 توزیع کننده، ۳ تولید کننده، ۲ تامین کننده در داخل زنجیره تامین و دو تامین کننده به منظور جمع آوری ضایعات وجود دارد.



شکل ۴-۱ شکل شماتیک جواب مسئله

یکی از ویژگی های مورد مطالعه در این کتاب ، تخصیص مشتریان به توزیع کنندگان، توزیع کنندگان به تولیدکنندگان، تولیدکنندگان به تامین کنندگان و همچنین مشتریان به تامین کنندگان زنجیره تامین دوم به منظور جمع آوری ضایعات می باشد که در جداول زیر این موضوع به اثبات رسیده است.

جدول ۴-۷ تخصیص مشتریان به وسایل نقلیه و توزیع کنندگان

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

جدول ۴-۸ تخصیص توزیع کنندگان به تولیدکنندگان و تامین کنندگان

شماره توزیع کننده	شماره تولیدکننده	شماره تامین کننده
1	1	1
2	3	2
3	1	1

جدول ۴-۹ تخصیص مشتریان به تامین کننده زنجیره دوم

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

جدول ۴-۱۰ 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 محدودیت های مسئله، محدودیت بارگیری وسیله نقلیه است که در جدول شماره ۴-۱۱ و نمودار ۴-۹ این محدودیت بررسی شده است.

جدول ۴-۱۱ 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

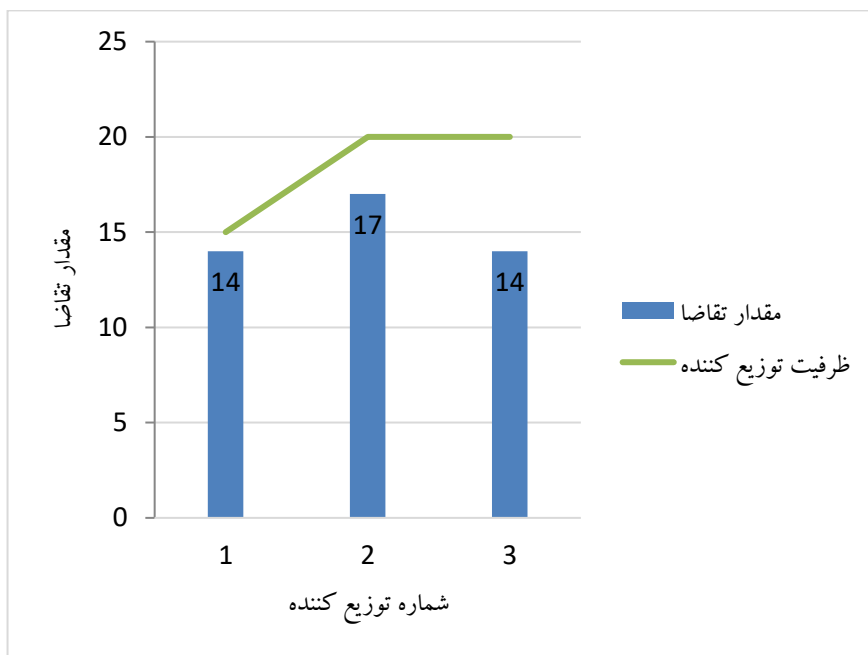


نمودار ۹-۴ بررسی محدودیت بارگیری وسیله نقلیه

یکی دیگر از محدودیت‌های مسئله، محدودیت ظرفیت توزیع کننده، تولیدکننده، تامین کننده و تامین کننده زنجیره دوم است که این محدودیت در جداول شماره ۴-۱۲ تا ۴-۱۵ و نمودار شماره ۴-۱۰ تا ۴-۱۳ مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان می‌دهد که تمام این محدودیت‌ها به درستی رعایت شده است.

جدول ۴-۱۲ بررسی محدودیت توزیع کننده

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



نمودار ۴-۱۰ بررسی محدودیت توزیع کننده

جدول ۴-۱۳ بررسی محدودیت تولید کننده

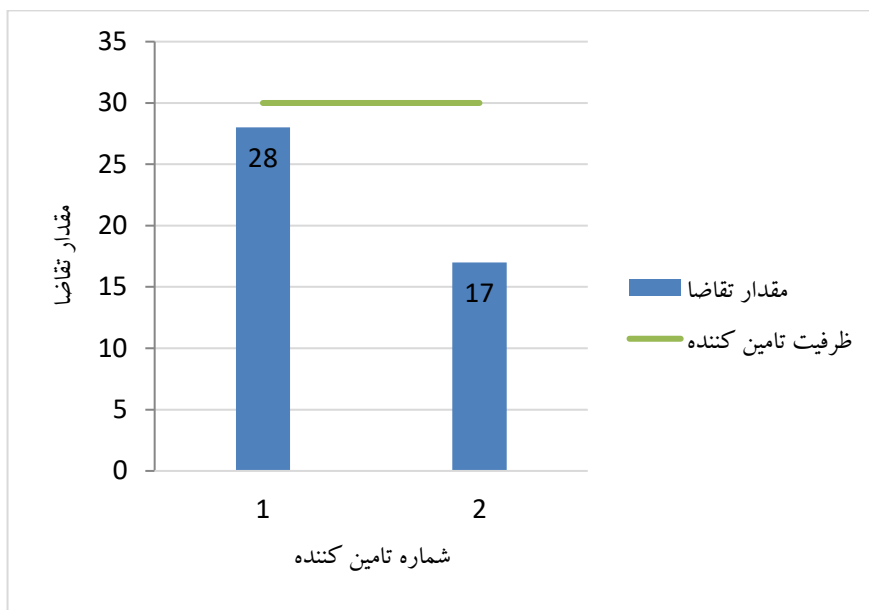
شماره تولید کننده	مقدار تقاضا	ظرفیت تولید کننده
1	28	30
2	0	20
3	17	25



نمودار ۱۱-۴ بررسی محدودیت تولید کننده

جدول ۱۴-۴ بررسی محدودیت تامین کننده

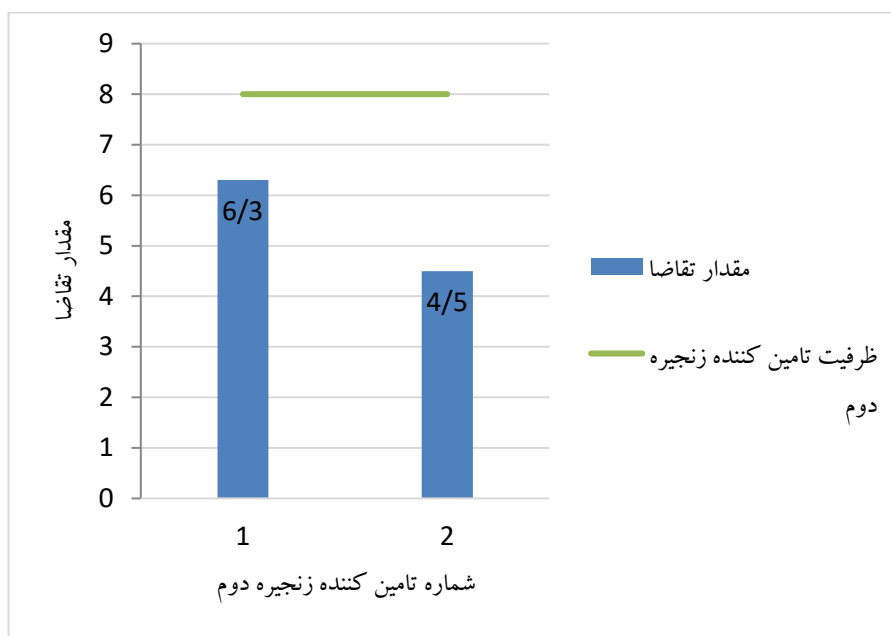
شماره تامین کننده	مقدار تقاضا	ظرفیت تامین کننده
1	28	30
2	17	30



نمودار ۴-۱۲ بررسی محدودیت تامین کننده

جدول ۴-۱۵ بررسی محدودیت تامین کننده زنجیره دوم

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



نمودار ۴-۱۳ بررسی محدودیت تامین کننده زنجیره دوم

آخرین محدودیت که مورد بررسی قرار داده می شود، محدودیت زمان ارسال کالا برای مشتری است که در جدول شماره ۴-۱۶ و نمودار شماره ۴-۱۴ بررسی شده و نتایج حاصل نشان داد که زمان سرویس دهی داخل بازه تعیین شده قرار دارد.

جدول ۴-۱۶ 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 ۴-۱۴ بررسی محدودیت زمان ارسال کالا

در قسمت بعدی مقادیر تابع هدف با توجه به جواب به دست آمده بررسی و محاسبه می-شود. این کتاب دارای یک مسئله سه هدف است که در آن هزینه ها، زمان سرویس دهی کمینه شده و کیفیت تولید بیشینه خواهد شد. بنابراین لازم است تا درستی محاسبه هریک از توابع هدف به وسیله نرم افزار گمز با توجه به جواب ارائه شده از نرم افزار گمز بررسی گردد. همانطور که در جدول شماره ۴-۱۷ نشان داده می شود مقدار تابع هدف دوم که مجموع زمان سرویس-دهی به مشتریان است، با توجه به زمان محاسبات انجام شده برابر ۸۷ واحد محاسبه شده است.

جدول ۴-۱۷ 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 ۴-۱۸ مقدار تابع هدف سوم محاسبه شده که این مقدار برابر ۴۲.۶ واحد می‌باشد.

جدول ۴-۱۸ محاسبه مقدار تابع هدف سوم

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

در این قسمت محاسبه هزینه های سیستم به شرح جداول ۱۹-۴ تا ۲۴-۴ انجام شده است.

جدول ۱۹-۴ محاسبه هزینه احداث تولیدکننده

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

جدول ۲۰-۴ محاسبه هزینه تولید

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

جدول ۲۱-۴ محاسبه هزینه اجاره وسیله نقلیه

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

جدول ۴-۲۲ محاسبه هزینه ثابت تولیدکننده

شماره تولیدکننده	هزینه ثابت تولیدکننده
1	10
2	8
مجموع	18

جدول ۴-۲۳ محاسبه هزینه خرید از تامین کننده

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

جدول ۴-۲۴ 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 ۴-۲۵ مقدار توابع هدف به دست آمده از محاسبات انجام شده و مقدار به دست آمده از نرم افزار گمز مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده درستی محاسبه مقادیر تابع هدف توسط نرم افزار گمز است. با توجه به آن که تمام محدودیت های مسئله از جمله محدودیت های ظرفیت و زمان سرویس دهی 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 نرم افزار گمز محاسبه شده می توان نتیجه گرفت که مدل ریاضی ارائه شده در فصل سوم دارای کارایی مناسبی است.

جدول ۴-۲۵ 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

فصل پنجم:

سخن پایانی

در این کتاب یک زنجیره پنج سطحی در نظر گرفته شده است که سطوح تامین‌کننده، تولیدکننده، خرده فروش، توزیع‌کننده و تامین‌کننده زنجیره تامین دوم قرار دارد. ضایعات تولیدی توسط مشتریان به زنجیره تامین 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 کتاب 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 سرویس-دهی 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 پایین‌ترین سطح، مسیریابی برای مشتریان، استفاده از محصول ضایعات بازیافتی از زنجیره اول برای تولید محصول متفاوت دیگری در زنجیره تامین دوم، گشایش دریاچه جدیدی از نحوه تامین مواد اولیه در شرایط تحریمی کنونی و استفاده از روش فرا ابتکاری برای حل مسئله بوده است.

همچنین هدف اصلی این کتاب شامل مدل‌سازی و حل زنجیره تامین چهارسطحی با اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ارسال ضایعات به وسیله الگوریتم NSGA II و اهداف فرعی شامل ارائه مدل ریاضی برای مسئله، حل مسئله در ابعاد کوچک به وسیله نرم‌افزار گمز، حل مسئله در ابعاد بزرگ به وسیله نرم‌افزار متلب و الگوریتم NSGA II و بررسی صحت و کارایی مسئله در ابعاد بزرگ به وسیله نرم‌افزار NSGA II بوده است که تمامی این اهداف کتاب برآورده شده است.

در فصل دوم ابتدا زنجیره تامین تعریف گردید. انواع زنجیره تامین شامل زنجیره تامین ناب، زنجیره تامین چابک، زنجیره تامین پایدار، زنجیره تامین سبز و زنجیره تامین لاج می-باشد. سپس فرآیندهای انجام گرفته در یک زنجیره تامین و مدیریت زنجیره تامین بیان گردید.

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. در ادامه مزایای مدیریت زنجیره تأمین مطرح شد. در قسمت بعد زنجیره تأمین حلقه بسته، اهمیت و شکل‌گیری زنجیره تأمین حلقه بسته توضیح داده شد. زنجیره تأمین حلقه بسته اشاره به فعالیت‌های تأمین، تولید و توزیع کالاها همراه با فرایندهای استفاده مجدد از ضایعات و سربار تولید دارد. این رویکرد از مدیریت زنجیره تأمین شامل لجستیک روبه‌جلو (تأمین، تولید و توزیع) و لجستیک معکوس (استفاده مجدد از ضایعات و سربار) است. همانطور که بیان شد به‌طور کلی دو نوع زنجیره تأمین وجود دارد که شامل زنجیره تأمین مستقیم و زنجیره تأمین معکوس می‌باشد.

در ادامه فصل دوم الگوریتم ژنتیک، مزایای الگوریتم ژنتیک و ساختار الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار گرفت. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک جستجو در علم رایانه برای یافتن راه حل بهینه و مسائل جستجو است. سپس الگوریتم ژنتیک چندهدفه NSGAI مطرح شده و بیان گردید که الگوریتم فراابتکاری NSGAI، یکی از پرکاربردترین و قدرتمندترین الگوریتم‌های موجود برای حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه است و کارایی آن در حل مسائل مختلف، به اثبات رسیده است و توضیحاتی در خصوص الگوریتم فراابتکاری NSGAI داده شد.

در فصل سوم مدل ریاضی به همراه مجموعه‌ها، متغیرها، پارامترها تعریف شده و محدودیت‌های مسئله شامل محدودیت هر سطح و زمان سرویس‌دهی به مشتری تعریف شد و تابع هدف مسئله شامل کمینه کردن زمان ارسال کالا و سرویس‌دهی به مشتریان و افزایش مقدار کیفیت محصولات است. هم‌چنین هزینه‌های سیستم در تابع هدف اول، قسمت اول شامل هزینه ثابت احداث توزیع کننده، قسمت دوم شامل هزینه ثابت استفاده از تولیدکننده، قسمت سوم شامل هزینه جابجایی وسیله نقلیه و سوخت آن، قسمت چهارم شامل هزینه ثابت اجاره وسیله نقلیه، قسمت پنجم شامل هزینه خرید از تأمین کننده، قسمت ششم شامل هزینه تولید در کارخانه، قسمت هفتم شامل هزینه مازاد ناشی از ساعت کاری اضافه کار در کارخانه بوده است.

تابع هدف دوم تابع هدف دوم شامل زمان سرویس‌دهی به مشتریان بوده و تابع هدف سوم تابع هدف سوم شامل ماکزیمم کردن مقدار کیفیت محصولات بوده است.

در این کتاب 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 تولید جواب اولیه، ایجاد جمعیت اولیه، تابع ارزیابی، تعیین رتبه‌بندی جواب‌ها، انتخاب والدین، تولید فرزندان جدید، عملگر ژنتیک جهش شرح داده شد. در نهایت در فصل چهارم ابتدا به اثبات رسید که با توجه به پیچیده بودن مسئله و این موضوع که با بزرگ شدن ابعاد مثال‌ها مسئله قابلیت حل خود را توسط نرم افزار گمز از دست داده یا زمان حل مسئله به صورت تصاعدی افزایش پیدا می‌کند بنابراین لازم است تا از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل آن استفاده شود. منظور بررسی درستی، صحت و کارایی الگوریتم، پنج مثال عددی در ابعاد کوچک به صورت تصادفی تولید شده و به وسیله 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 داده‌های تصادفی در ابعاد بزرگ ارائه گردید. مقایسه انجام شده نشان دهنده آن است که اختلاف بسیار کم بوده و در تابع 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.

در انتهای فصل چهارم به منظور بررسی صحت مدل ریاضی یک مثال عددی به صورت تصادفی ایجاد و به وسیله نرم‌افزار گمز حل گردید. با توجه به اینکه تمام ویژگی‌ها و محدودیت‌های مسئله رعایت شده و درستی محاسبه تابع هدف به اثبات رسید بنابراین می‌توان گفت صحت مدل ریاضی نیز به اثبات رسیده است.

منابع

- (۱) ابطحی، ب. س. (۱۳۹۹). بهره‌وری. تهران، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، ۱۳۹۹، چاپ دوم، ص ۹.
- (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، ص ۲۳.
- (۵) بابایی، م. م. (۱۳۹۶). رویکرد بهینه‌سازی استوار در انتخاب تأمین‌کننده تحت تدارکات ناب. پاییز ۱۳۹۶، دوره ۲۸، شماره ۳؛ از صفحه ۴۶۰ تا صفحه ۴۶۹.
- (۶) پارسای مقدم مهدی، ی. م. (۱۳۹۵). مکان یابی بهینه بیمارستان های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهر اردبیل. زمستان ۱۳۹۵، دوره ۱۶، شماره ۴؛ از صفحه ۳۷۴ تا صفحه ۳۸۸.
- (۷) پودینه، غ. خ. (۱۳۹۹). مکان‌یابی بهینه کاربری‌های اداری-دولتی با استفاده از منطق فازی در محیط GIS. مطالعه موردی: شهر زابل. دوره ۱۰، شماره ۳۷ - شماره پیاپی ۳۷.

- ۸) پیمان، س. (۱۳۹۸). بهره‌وری و مصداق‌ها. تهران، سازمان اقتصادی کوثر، ۱۳۹۸، چاپ اول، ص ۳۱.
- ۹) تقی زاده مسن، م. ز. (۱۳۹۷). بهینه سازی خرید و تدارکات با نهادهینه نمودن فرایند یکپارچه مدیری متریال درپروژه های حفاری نفت و گاز. نشریات فارسی ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز دوره ۱۳۹۷، شماره ۱۵۹ .
- ۱۰) حاتمی، ا. ن. (۱۳۹۱). تحلیل پراکنش فضایی مراکز آموزشی و ساماندهی مناسب کالبدی آن با استفاده ازgis. مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال سوم، شماره ۸، ص ۱-۱۸.
- ۱۱) حیدری مهدی، آ. م. (۱۳۹۸). تلفیق برنامه ریزی مواد مورد نیاز و تئوری محدودیت ها (MRP-TOC).
- ۱۲) خاک پور براتعلی، خ. ز. (۱۳۹۷). مکان یابی مراکز درمانی با استفاده از GIS و روش ارزیابی چند معیاری AHP: ناحیه دو شهر نیشابور. پاییز و زمستان ۱۳۹۱، دوره ۱۰، شماره ۱۹؛ از صفحه ۱ تا صفحه ۲۰.
- ۱۳) 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.
- ۱۴) درخشی خواجه، ج. ی. (۱۳۹۹). توسعه مدل علی عوامل تأثیرگذار بر تاب آوری زنجیره تأمین. نشریه علمی. ۷۳-۵۶: ۶۸(۲۲) ۱۳۹۹. تأمین زنجیره مدیریت.
- ۱۵) ربانی، آ. (۱۳۹۹). استفاده از رویکرد فازی در مساله تعیین اندازه انباشته چندسطحی، چند قلمی با ظرفیت محدود در سیستم های مبتنی بر MRP.
- ۱۶) 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.

- ۱۷) صالحی، t. (۱۳۹۹). ارائه الگویی با هدف کاهش هزینه ریسک زنجیره تامین با رویکرد ترکیبی. حسابداری مدیریت.. ۶۷-۱۵۵(۴۵:۱۳) ۱۳۹۹.
- ۱۸) صفری، ا. (۱۳۹۸). بررسی کارایی بانک های تجاری در ایران و عوامل نهادی موثر بر آن. رساله کارشناسی ارشد، اقتصاد دانشگاه تهران.
- ۱۹) طاهری، ش. (۱۳۹۸). هرهوری و تجزیه و تحلیل آن در سازمانها(مدیریت بهره‌وری فراگیر). تهران، هستان، ۱۳۹۸، چاپ اول، ص ۹.
- ۲۰) 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.
- ۲۱) غضنفری مهدی، ن. م. (۱۳۹۶). توسعه سیستم MRP به منظور برنامه ریزی احتیاجات مواد در شرایط احتمالی (برای مراکز تولیدی - خدماتی).
- ۲۲) غلامی، م. و. (۱۳۹۷). مکان یابی ایستگاههای آتش نشانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS نمونه موردی: شهر مشهد. دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت شهری - ۱۳۹۷.
- ۲۳) فخلعی، ن. پ. (۱۳۹۹). طراحی مدلی پویا برای انتخاب سناریوی مناسب سطح ذخیره احتیاطی در سیستم MRP: شرکت تولیدی مشهد پانل بارثاوا.
- ۲۴) فیروزی، م. (۱۳۹۸). مکان‌یابی هتل‌های شهر اهواز با استفاده از GIS و AHP. مقاله ۶، دوره ۱۴، شماره ۴۶، شهریور ۱۳۹۸، صفحه ۱۶۵-۱۹۵.
- ۲۵) قربانی، ف. ق. (۱۳۹۷). مکانیابی بهینه مراکز ورزشی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر میاندوآب). دوره ۷، شماره ۲۴ زمستان ۱۳۹۷ صفحه ۴۸-۶۲.
- ۲۶) قنبری، ق. ا. (۱۳۹۱). رزیابی توزیع فضایی پارکهای شهری تبریز با استفاده از سیستم اطلاعات. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، شماره ۲.

۲۷) قوزلو، ب. خ. (۱۳۹۷). مکان یابی مراکز درمانی با استفاده از GIS و روش ارزیابی چند معیاری AHP: ناحیه دو شهر نیشابور. جغرافیا و توسعه ناحیه ای پاییز و زمستان ۱۳۹۱ شماره ۱۹.

۲۸) محمدی، م. خ. (۱۳۹۶). مطالعه ی تطبیقی مولفه های اثرگذار بر mrp در برنامه ریزی تولید.

۲۹) مرادی مفرد، ع. پ. (۱۳۹۷). مکانیابی بهینه و ساماندهی فضایی - مکانی بیمارستانها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مورد مطالعه: شهر اهواز). دوره ۲۲، شماره ۶۴ - شماره پیاپی ۶۴ صفحه ۵۵-۵۷.

۳۰) منجزی، د. م. (۱۳۹۷). تبیین الگو و نحوه به کارگیری برنامه ریزی تامین احتیاجات کالا و مواد برای شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب .

۳۱) موسوی، م. .، (۱۳۹۶). ارزیابی و مکان یابی پارکهای محله ای با استفاده از مدل AHP در محیط GIS. اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار.

۳۲) 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 ۹۱-۱۰۹.

۳۳) 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.

- 1) Allen, Y. ..-h. (2019). Efficiency and risk in Japanese banking. journal of banking and finance ,24 , pp 1605 – 1628.
- 2) A.Azadeh,T.Nazari,H.Charkhand. (2014). Optimisation of facility layout design problem with safety and environmental factors by stochastic DEA and simulation approach. Taylor and Francis, 53(11), 3370-3389.
- 3) Adnan, A. (2018). Barriers to Risk Management Process Adoption: A Qualitative Study of Project-Based Construction Companies in Iraq .
- 4) Aguayo, S. A. (2020). A facility location and equipment emplacement technique model with expected coverage for the location of fire stations in the Concepción province, Chile. Computers & Industrial Engineering27 June 2020Volume 147 (Cover date: September 2020)Article 106522.
- 5) 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.
- 6) Ahmed, K. (2016). Concept of Value Engineering in Construction Industry. International Journal of Science and Research, 5, 1-7. .
- 7) 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.
- 8) 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.

- 9) Alegoz, M. (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.
- 10) Alinaghian, M. B. (2021). An augmented Tabu search algorithm for the green inventory-routing problem with time windows. Swarm and Evolutionary Computation, 60, 100802.
- 11) 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.
- 12) Amir MohammadFathollahi-Fard, M.-K. (2018). A stochastic multi-objective model for a closed-loop supply chain with environmental considerations. Volume 69, August 2018, Pages 232-249.
- 13) Amir Rajabinasab, S. M. (2010). Dynamic flexible job shop scheduling with alternative process plans: an agent-based approach. Springer.
- 14) Anil Jindal, K. S. (2017). Multi-objective fuzzy mathematical modelling of closed-loop supply chain considering economical and environmental factors. Annals of Operations Research volume 257, pages95–120.(۲۰۱۷)
- 15) Annany, A. M. (2018). Special studies in management of construction project risks, risk concept, plan building, risk quantitative and qualitative analysis, risk response strategies. Alexandria Engineering Journal5 December 2018Volume 57, Issue 4 (Cover date: December 2018)Pages 3179-3187.

- 16) ArminCheraghalipour, M. M.-K. (2018). A bi-objective optimization for citrus closed-loop supply chain using Pareto-based algorithms. Volume 69, August 2018, Pages 33-59.
- 17) Asada, C. B. (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. International Journal of Disaster Risk ReductionSeptember 2017Volume 24Pages 485-498.
- 18) Ata Allah Taleizadeh, F. H. (2019). Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products. Journal of Cleaner Production, Volume 207, 10 January 2019, Pages 163-181.
- 19) Ay likanenn, M. &. (2019). An Application of DEA for Comparative Analysis and Ranking of Regions in Sebria with Regards to Social Economic Development. European Journal of Operational Research, Vol. 132. PP. 343-356.
- 20) Babak H.Tabrizi, S. F. (2019). A robust bi-objective model for concurrent planning of project scheduling and material procurement. Volume 98, August 2019, Pages 11-29.
- 21) Babu, S. R. (2016). Cost Reduction of Arm Cross Bar of Wheel Loader through Value Engineering. International Journal of Engineering Research, 5, 299-302. [Citation Time(s):1].
- 22) Barker, P. (1998). Constraint-directed search: A case study in job-shop scheduling series. Engineering Applications of Artificial IntelligenceMarch 1988Volume 1, Issue 1Page 62.
- 23) Barrie M. Baker, M. A. (2003). A genetic algorithm for the vehicle routing problem. Computers & Operations Research, Volume 30, Issue 5, Pages 787-800.
- 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) Bejarzahi, S. A. (2017). Location service implementation in vehicular networks by nodes clustering in urban environments. Vehicular Communications July 2017 Volume 9 Pages 109-114.
 - 26) Berlioz, A. L. (2020). The interest of an evolution of value management methodology in complex technical projects for improving project management. Procedia CIRP6 August 2020 Volume 90 (Cover date: 2020) Pages 411-415.
 - 27) Bilel Marzouki, O. B. (2018). Solving Distributed and Flexible Job shop Scheduling Problem using a Chemical Reaction Optimization metaheuristic. Procedia Computer Science 28 August 2018 Volume 126 (Cover date: 2018) Pages 1424-1433.
 - 28) Borkovskaya, V. (2018). Project Management Risks in the Sphere of Housing and Communal Services. MATEC Web of Conferences 251, 06025.(۲۰۱۸)
 - 29) Bottani, M. R. (2022). A literature review on quantitative models for supply chain risk management: can they be applied to pandemic disruptions? Computers & Industrial Engineering Available online 15 June 2022 In press, journal pre-proof Article 108329.
 - 30) Brandimarte, P. (1993). Routing and scheduling in a flexible job shop by tabu search. Springer.
 - 31) Brandon Feenstra, V. P. (2016). Performance evaluation of twelve low-cost PM2.5 sensors at an ambient air monitoring site. Atmospheric Environment 3 September 2019 Volume 216 (Cover date: 1 November 2019) Article 116946.

- 32) Burkov, V. . (2018). Qualitative Risk Assessments in Project Management in Construction Industry. MATEC Web of Conferences 251, 06027.(٢٠١٨)
- 33) Camino R. Vela, S. A.-R. (2020). Evolutionary tabu search for flexible due-date satisfaction in fuzzy job shop scheduling.
- 34) Carbone, T. A. (2020). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. Engineering Management Journal.
- 35) Carpinetti, F. R.-J. (2019). An adaptive network-based fuzzy inference system to supply chain performance evaluation based on SCOR® metrics. Computers & Industrial Engineering 19 November 2019 Volume 139 (Cover date: January 2020) Article 106191.
- 36) casm, S. Y. (2019). A co-evolutionary genetic algorithm for the two-machine flow shop group scheduling problem with job-related blocking and transportation times. Expert Systems with Applications Volume 15215 August 2020. ,
- 37) Chaleshtarti, A. S. (2018). Branch and Bound Algorithms for Resource Constrained Project Scheduling Problem Subject to Nonrenewable Resources with Prescheduled Procurement. Volume 2018 |Article ID 634649.
- 38) Chang-Lin Yang, S.-P. C.-S. (2010). A genetic algorithm for dynamic facility planning in job shop manufacturing. Springer, 303-309.
- 39) Chao Wang, D. M. (2015). A parallel simulated annealing method for the vehicle routing problem with. Computers & Industrial Engineering, Volume 83, May 2015, Pages 111-122.
- 40) Charnes, A. C. (2020). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research. .

- 41) Chaudhry, K. (2016). A research survey: review of flexible job shop scheduling techniques.
- 42) Chen, W. C. (2010). 0) Assessing the Overall Performance of Value Engineering Workshops for Construction Projec. ts. International Journal of Project Management, 28, 514-527.
- 43) Cheng Wang,Lei Zeng. (2019). Optimization of Multi-objective Job-shop Scheduling under Uncertain Environment. International Infotmation and Engineering Technology Association.
- 44) Chengliang Zhang, G. N.-S. (2018). Flexible solutions to maritime inventory routing problems with delivery time windows. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2017.08.011>.
- 45) 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.
- 46) 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.
- 47) Choe, S. a. (2017).) Assessing Safety Risk among Different Construction Trades: Quantitative Approac. . Journal of Construction Engineering and Management, 143, Article ID: 04016133.
- 48) 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.
- 49) Chukwuma, E. C. (2019). Facility location allocation modelling for bio-energy system in Anambra State of Nigeria: Integration of GIS

- and location model. Renewable Energy 8 April 2019 Volume 141 (Cover date: October 2019) Pages 460-467.
- 50) Chung, J. S. (2022). Effects of government subsidy programs on job creation for sustainable supply chain management. Socio-Economic Planning Sciences Available online 10 February 2022 In press, corrected proof Article 101261.
 - 51) Chung, Y. G. (2022). Closed-loop supply chain network design considering reshoring drivers .
 - 52) 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 Pharmacy 21 March 2022 Volume 27 (Cover date: June 2022) Article 100651.
 - 53) Constant, M. T. (2018). The Role of Effective Collaboration for Successful Delivery of Construction Projects. Proceedings of the Fourth Australasia and South-East Asia Structural Engineering and Construction Conference, Brisbane, 3-5 December 2018, CON-17-1-CON-17-6. .
 - 54) Constant, M. T. (2018). The Role of Effective Collaboration for Successful Delivery of Construction Projects. . Proceedings of the Fourth Australasia and South-East Asia Structural Engineering and Construction Conference, Brisbane, 3-5 December 2018, CON-17-1-CON-17-6. .
 - 55) Covello, V. a. (2020).) Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspectiv. . Risk Analysis, 5, 103-120.
 - 56) Dallas, M. (2018). Value & Risk Management: A Guide to Best Practice. Blackwell Publishing Ltd., Oxford.

- 57) Danial Rooyani, F. M. (2019). An Efficient Two-Stage Genetic Algorithm for Flexible Job-Shop Scheduling IFAC-Papers OnLine4. Volume 52, Issue 132019 Pages 2519-252.
- 58) Deepak Karunakaran, Y. M. (2016). Dynamic Job Shop Scheduling Under Uncertainty Using Genetic Programming. Intelligent and Evolutionary Systems, (pp. 195-210). Canberra.
- 59) Deepak Karunakaran, Y. M. (2017). Dynamic Job Shop Scheduling Under Uncertainty Using Genetic Programming. Intelligent and Evolutionary Systems.
- 60) Delisle, J. (2019). Uncovering temporal underpinnings of project management standards. International Journal of Project Management8 November 2019Volume 37, Issue 8 (Cover date: November 2019)Pages 968-978.
- 61) Denkena, B. ,. (2021). Quantum algorithms for process parallel flexible job shop scheduling. Volume 33, May 2021, Pages 100-114.
- 62) 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.
- 63) Diacon.S. (2021). The efficiency of UK general insurance companies. Nottingham University Business School.
- 64) Doskočil, R. (2016). An Evaluation of Total Project Risk Based on Fuzzy Logic. Vilnius Gediminas Technical University.
- 65) 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.

- 66) 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.
- 67) 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>.
- 68) EsmaeilKeyvanshokooh, S. M. (2016). Hybrid robust and stochastic optimization for closed-loop supply chain network design using accelerated Benders decomposition. Volume 249, Issue 1, 16 February 2016, Pages 76-92.
- 69) EsteveNadal-Roig, L. M.-A.-A. (2019). Production planning of supply chains in the pig industry. Volume 161, June 2019, Pages 72-78.
- 70) Eva Selena Hernandez-Gress, J. C.-T.-M.-N.-R.-M.-E.-P. (2018). The solution of the concurrent layout scheduling problem in the job shop environment through a local neighborhood search algorithm. Elsevier, 144.
- 71) Fábio Neves-Moreiraa, ,. B.-L.-F. (2019). Solving a large multi-product production-routing problem with delivery time windows. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.006>.
- 72) Fan, K. (2019). Scatter search algorithm for the multiprocessor task job-shop scheduling problem. Computers & Industrial Engineering7 November 2018Volume 127 (Cover date: January 2019)Pages 677-686.
- 73) 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 Economics 10 January 2022 Volume 245 (Cover date: March 2022) Article 108408.
- 74) Farbod Amiri, B. S. (2019). Multi-objective simulation optimization for uncertain resource assignment and job sequence in automated flexible job shop.
 - 75) Fareeduddin Mohammed, S. Z. (2017). Multi-period planning of closed-loop supply chain with carbon policies under uncertainty. Volume 51, March 2017, Pages 146-172.
 - 76) Faruk Geyik, Ayşe Tuğba Dosdoğru . (2012). Process plan and part routing optimization in a dynamic flexible job shop scheduling environment: an optimization via simulation approach. Springer.
 - 77) Fathollahi-Fard, A. M.-K. (2018). Multi-objective stochastic closed-loop supply chain network design with social considerations. Volume 71, October 2018, Pages 505-525.
 - 78) Fattahi, P. H. (2015). A mathematical model and extension algorithm for assembly flexible flow shop scheduling problem,. International Journal of Advance Manufacture Technology.
 - 79) Filip Alves, M. R. (2019). Hybrid system for simultaneous job shop scheduling and layout optimization based on multi-agents and genetic algorithm. Hybrid Intelligent Systems, 387-397.
 - 80) Franka Hendra, R. A. (2022). Designing Templates to Support and Monitoring the Activities of Material Requirement Planning (MRP) .
 - 81) Fu, X. L. (2020). Improved Genetic Algorithm for Solving Flexible Job Shop. Procedia Computer Science 2020 Volume 166 Pages 480-485.

- 82) Gai-Ge Wang, D. G. (2020). Solving Fuzzy Job-Shop Scheduling Problem Using DE Algorithm Improved by a Selection Mechanism .
- 83) GangWang. (2021). Volume 126, February 2021, 105105.
- 84) GangWang. (2021). Integrated supply chain scheduling of procurement, production, and distribution under spillover effects. Volume 126, February 2021, 105105.
- 85) GangWang. (2021). Integrated supply chain scheduling of procurement, production, and distribution under spillover effects. Volume 126, February 2021, 105105.
- 86) Garomsa, T. D. (2019). Concept of Value Engineering and Current Project Management Practice in Ethiopian Building Construction Projects. American Journal of Civil Engineering, 7, 1-8.
- 87) 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.
- 88) Ghanbar Tehrani, N. (1386). Retrieved from <http://scm-imi.blogfa.com>
- 89) 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.
- 90) 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.

- 91) Giri, S. K. (2021). Analyzing a closed-loop sustainable supply chain with duopolistic retailers under different game structures. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 8 April 2021 Volume 33 (Cover date: May 2021) Pages 222-233.
- 92) Gong J, Y. F. (2018). Resilient design and operations of process systems: nonlinear adaptive robust optimization model and algorithm for resilience analysis and enhancement. *Comput Chem Eng* 116:231–252.
- 93) Gong, G. (2019). An effective memetic algorithm for multi-objective job-shop scheduling. *Knowledge-Based Systems* 15 July 2019 Volume 182 (Cover date: 15 October 2019).
- 94) Gray, C. H. (2001). Matching heuristic scheduling rules for job shops to the business sales level. *Production and Inventory Management Journal*, 4: 12–17.
- 95) H.Tabrizi, B. (2018). Integrated planning of project scheduling and material procurement considering the environmental impacts. Volume 120, June 2018, Pages 103-115.
- 96) Haass, G. G. (2022). Working up to work: Perceived employability of students commencing a project management degree. *Project Leadership and Society* 20 April 2022 Volume 3 (Cover date: December 2022) Article 100048.
- 97) Hajiaghaei Keshteli, A. S.-A. (2021). Designing a sustainable closed-loop supply chain network for walnut industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 22 February 2021 Volume 141 (Cover date: May 2021) Article 110821.
- 98) Hajiaghaei-Keshteli, N. S.-F. (2018). Sustainable tire closed-loop supply chain network design: Hybrid metaheuristic algorithms for large-scale networks. *Journal of Cleaner Production* 5 June 2018 Volume 196 (Cover date: 20 September 2018) Pages 273-296.

- 99) HamedSoleimani, G. (2019). A hybrid particle swarm optimization and genetic algorithm for closed-loop supply chain network design in large-scale networks. Volume 39, Issue 14, 15 July 2019, Pages 3990-4012.
- 100) HamedSoleimani, K. H. (2017). Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design. HamedSoleimaniaKannanGovindanbHamidSaghafiaHamidJafari.
- 101) 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.
- 102) 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.
- 103) Hernán Chávez, K. K.-V. (2017). Simulation-based multi-objective model for supply chains with disruptions in transportation. Volume 43, February 2017, Pages 39-49.
- 104) Hernández, G. C.-T.-M. (2019). The solution of the concurrent layout scheduling problem in the job-shop environment through a local neighborhood search algorithm. Expert Systems with Applications20 November 2019Volume 144 (Cover date: 15 April 2020)Article 113096.
- 105) Hirotani, K. N. (2019). Sustainability and Corporate Social Responsibility in Closed Loop Supply Chain. Procedia Manufacturing2019Volume 39Pages 1658-1665.
- 106) Hossein Mirzaee, B. N. (2018). A preemptive fuzzy goal programming model for generalized supplier selection and order

- allocation with incremental discount. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 122, August 2018, Pages 292.
- 107) Hsu, G.-H. W.-K.-M. (2018). Comparisons of interactive fuzzy programming approaches for closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Computers & Industrial Engineering* 12 September 2018 Volume 125 (Cover date: November 2018) Pages 500-513.
 - 108) 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 & Innovation* 29 May 2020 Volume 19 (Cover date: August 2020) Article 100937.
 - I. A. Daniyan, O. L. (2019). Performance Evaluation of a Smart Multi feedstock Biodiesel Plant. *Procedia Manufacturing* 14 August 2019 Volume 35 (Cover date: 2019) Pages 1117-1122.
 - 109) Ingason, H. I. (2021). Using altruism in project management education: How 'Doing Good' impacts student motivation. *Project Leadership and Society* 20 December 2021 Volume 3 (Cover date: December 2022) Article 100038.
 - 110) Irlayici Cakmak, P. a. (2019).) A Guide for Risk Management in Construction Projects: Present Knowledge and Future Directions. *Risk Management in Construction Projects* .
 - 111) Javanmardan, H. G. (2022). Robust optimization of sustainable closed-loop supply chain considering carbon emission schemes. *Sustainable Production and Consumption* 3 January 2022 Volume 30 (Cover date: March 2022) Pages 640-656.
 - 112) Jeong, J. K. (2018). Robust optimization model for closed-loop supply chain planning under reverse logistics flow and demand uncertainty. *Journal of Cleaner Production* 15 June 2018 Volume 196 (Cover date: 20 September 2018) Pages 1314-1328.

- 113) Jo.(٢٠٢٠) .
- 114) Joe, J. V. (2018). The strategic value of human factors engineering in control room modernization. Progress in Nuclear Energy 29 June 2018 Volume 108 (Cover date: September 2018) Pages 381-390.
- 115) José L. Ruiz, I. S. (2018). Performance evaluation through DEA benchmarking adjusted to goals. Omega 29 August 2018 Volume 87 (Cover date: September 2019) Pages 150-157.
- 116) Junyi Lin Li, Z. S. (2021). Push or Pull? The impact of ordering policy choice on the dynamics of a hybrid closed-loop supply chain .
- 117) Kamoshida, R. (2018). Concurrent optimization of job shop scheduling and dynamic and flexible facility layout planning. Journal of Industrial and Intelligent Information .
- 118) Kang, L. K.-K. (2013). Development of a 4D Object-Based System for Visualizing the Risk Information of Construction Projects. . Automation in Construction, 31, 186-203.
- 119) Kannan Govindan, H. D. (2018). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. Volume 240, Issue 3, 1 February 2018, Pages 603-626.
- 120) Kar, S. C. (2021). Developing an Optimum Material Procurement Schedule by Integrating Construction Program and Budget Using NSGA-II .
- 121) Karimzadeh, M. (1396). Retrieved from <http://Mkarimzadeh-ntu.blogspotsky.com>
- 122) Kartina Puji Nurjanni, 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.

- 123) 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.
- 124) 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.
- 125) 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.
- 126) 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.
- 127) Kim. (2012). A two-stage multiple-machine assembly scheduling problem for minimizing sum of completion times. International Journal of Production Economics, 113: 1038-1048.
- 128) 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.
- 129) Kress, D. (2019). Mathematical Models for a Flexible Job Shop Scheduling Problem with Machine Operator Constraints. IFAC-PapersOnLine25 December 2019Volume 52, Issue 13 (Cover date: 2019)Pages 94-99.
- 130) Leng, Y. Q. (2021). Game-theoretic analysis of trade-in services in closed-loop supply chains. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review27 July 2021Volume 152 (Cover date: August 2021)Article 102428.

- 131) 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.
- 132) 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.
- 133) 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.
- 134) 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.
- 135) Liji Shen, S. D.-P. (2018). Solving the flexible job shop scheduling problem with sequence-dependent setup times. European Journal of Operational ResearchVolume 265, Issue 21 March 2018Pages 503-516.
- 136) Liji Shen, S. D.-P. (2018). Solving the flexible job shop scheduling problem with sequence-dependent setup times. European Journal of Operational Research25 August 2017Volume 265, Issue 2 (Cover date: 1 March 2018)Pages 503-516.
- 137) Lima Zhao, A. H. (2018). Managing supplier financial distress with advance payment discount and purchase order financing Omega. In press, corrected proof, Available online 26 October 2018.

- 138) Lin, J. (2018). Backtracking search based hyper-heuristic for the flexible job-shop scheduling problem with fuzzy processing time. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* January 2019 Volume 77 Pages 186-196.
- 139) Liu, S.-C. L.-T. (2011). A heuristic method for the inventory routing problem with time windows. . *Expert Systems with Applications*, 38, 13223-13231.
- 140) Liu, T. C. (2019). How do project management competencies change within the project management career model in large Chinese construction companies? *International Journal of Project Management* 9 March 2019 Volume 37, Issue 3 (Cover date: April 2019) Pages 485-500.
- 141) Lu, Z. Z. (2019). An improved artificial bee colony algorithm for solving open shop scheduling problem with two sequence-dependent setup times. *Procedia CIRP* 2019 Volume 83 Pages 563-568.
- 142) Luiz Henrique Rodrigues-da-Silva, J. A. (2019). The Project Risk Management Process, a Preliminary Study. Volume 16, 2019, Pages 943-949.
- 143) Luo, Q. (2020). An efficient memetic algorithm for distributed flexible job shop scheduling problem with transfers. *Expert Systems with Applications* 19 July 2020 Volume 160 (Cover date: 1 December 2020) Article 113721.
- 144) Luo, Q. K. (2022). An efficient memetic algorithm for distributed flexible job shop scheduling problem with transfers. Volume 160, 1 December 2020, 113721.
- 145) Lv, L. M. (2020). Mixed-integer linear programming and constraint programming formulations for solving distributed flexible job shop

- scheduling problem. Computers & Industrial Engineering April 2020 Volume 142 Article 106347.
- 146) M J Shofa, A. O. (2018). Effective production planning for purchased part under long lead time and uncertain demand: MRP Vs demand-driven MRP. Citation M J Shofa et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 337 012055.
- 147) M Rajkumar, P. A. (2010). A GRASP algorithm for the integration of process planning and scheduling in a flexible job shop. International journal of manufacturing research.
- 148) M.M. Hoseini, S. M (۱۳۹۸). اولویت دهی ریسکها و زمانبندی فعالیتها با در نظر گرفتن مفاهیم زنجیره تامین و زنجیره بحرانی در پروژه های مهندسی-تدارکات-ساخت. دانشگاه شاهد.
- 149) M.Ranjbar,M. Najafian. (2012). A hybrid metaheuristic for concurrent layout and scheduling problem in a job shop environment. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 62.
- 150) Mahdi Alinaghiana, E. B. (2021). An augmented Tabu search algorithm for the green inventory-routing. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100802>.
- 151) Mai, S. G. (2017). 1.26: Mobile GIS and Location-Based Services. Comprehensive Geographic Information Systems 27 July 2017 (Cover date: 2018) Pages 384-397.
- 152) Maiti, B. C. (2017). Pricing and return product collection decisions in a closed-loop supply chain with dual-channel in both forward and reverse logistics. Journal of Manufacturing Systems January 2017 Volume 42 Pages 104-123.
- 153) Majid Ramezani, M. B.-M. (2019). A robust design for a closed-loop supply chain network under an uncertain environment. The

International Journal of Advanced Manufacturing Technology
volume 66, pages825–843.(۲۰۱۹)

- 154) MajidRamezani, A. M. (2018). Closed-loop supply chain network design: A financial approach. Volume 38, Issues 15–16, 1 August 2014, Pages 4099-4119.
- 155) Manish Kumar ,Sunil Rajotia . (2005). Integration of process planning and scheduling in a job shop environment. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.
- 156) Manupati, M. B. (2018). An effective hybrid multi objective evolutionary algorithm for solving real time event in flexible job shop scheduling problem. MeasurementJanuary 2018Volume 114Pages 78-90.
- 157) Marcelino-Sádaba, S. P.-E. (2014).) Project Risk Management Methodology for Small Firms. International Journal of Project Management, 32, 327-340.
- 158) Maria Papadaki, N. B. (2019). Big Data From Social Media and Scientific Literature Databases Reveals Relationships Among Risk Management, Project Management and Project Success. September 26, 2019.
- 159) Mary Carmen Reyna-Amador, E. S.-G.-V.-G. (2017). A HEURISTIC TO SOLVE THE LAYOUT AND SCHEDULING IN A JOB SHOP ENVIROMENT. Dyna new technologies.
- 160) MathiasQuetsch, I. 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.
- 161) 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.

- 162) Matthieu Luras, 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.
- 163) 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.
- 164) 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.
- 165) 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.
- 166) 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.
- 167) 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.
- 168) Mirzaee, N. B. (2018). A preemptive fuzzy goal programming model for generalized supplier selection and order allocation with incremental discount. Comput Ind Eng 122:292–302.

- 169) MohammadTalaei, B. M.-A. (2016). A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry. Volume 113, 1 February 2016, Pages 662-673.
- 170) Mohsen Rahimi, V. G. (2019). A stochastic risk-averse sustainable supply chain network design problem with quantity discount considering multiple sources of uncertainty. Computers & Industrial Engineering, Volume 130, Apri.
- 171) Morikawa, K. (2019). Job Shop Scheduling by Branch and Bound Using Genetic Programming. Procedia Manufacturing2019Volume 39Pages 1112-1118.
- 172) 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.
- 173) 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 .
- 174) Mostafa Kazemi, S. P. (2012). Optimizing combination of job shop scheduling and quadratic assignment problem through multi-objective decision making approach. Management Science Letters.
- 175) MostafaZohal, H. (2016). Developing an ant colony approach for green closed-loop supply chain network design: a case study in gold industry. Volume 133, 1 October 2016, Pages 314-337.
- 176) Mulvey, J. V. (1995). Robust optimization of large scale systems. Oper. Res. Lett, Vol. 43 (2), pp.264–281.
- 177) 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.
- 178) Najafabadi, E. N. (2019). A joint supplier selection and order allocation model with disruption risks in centralized supply chain. Comput Ind Eng 127:734–748.
 - 179) Nascimento, A. C. (2018). The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production6 August 2018Volume 202 (Cover date: 20 November 2018)Pages 376-389.
 - 180) Neslihan Demirel, T. P. (2014). A genetic algorithm approach for optimising a closed-loop supply chain network with crisp and fuzzy objectives. Pages 3637-3664 | Received 26 May 2013, Accepted 26 Dec 2013, Published online: 05 Feb 2014.
 - 181) Neves-Moreira, F. A.-L.-F. (2019). Solving a large multi-product production-routing problem with delivery time windows. Omega, 86, 154-172.
 - 182) Nidaul Hasanati, E. P. (2018). Implementation of Material Requirement Planning (MRP) on Raw Material Order Planning System for Garment Industry. Citation Nidaul Hasanati et al 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 528 012064.
 - 183) 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.
 - 184) 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.

- 185) Ohlhausen, K. D. (2022). A closed-loop control for a cooperative innovation culture in interorganizational R&D projects .
- 186) Olivares-Benitez, S. P. (2021). Multi-period multi-product closed loop supply chain network design: A relaxation approach. *Computers & Industrial Engineering* 2 March 2021 Volume 155 (Cover date: May 2021) Article 107191.
- 187) Orenstein, Y. D. (2021). Public participation GIS versus geolocated social media data to assess urban cultural ecosystem services: Instances of complementarity. *Ecosystem Services* 12 June 2021 Volume 50 (Cover date: August 2021) Article 101277.
- 188) Ortega, E. J. (2020). Matheuristic search techniques for the consistent inventory routing problem with time windows and split deliveries. . *Operations Research Perspectives*, 7, 100152.
- 189) Ouyang, S. X. (2019). Planning facility location under generally correlated facility disruptions: Use of supporting stations and quasi-probabilities. *Transportation Research Part B: Methodological* 20 February 2019 Volume 122 (Cover date: April 2019) Pages 115-139.
- 190) Palander, T. ,. (2019). Integrated procurement planning for supplying energy plant with forest, fossil, and wood-waste fuels. Volume 103, Issue 4, August 2019, Pages 409-416.
- 191) Park, J. (2017). An investigation of ensemble combination schemes for genetic programming based hyper-heuristic approaches to dynamic job shop scheduling. *Applied Soft Computing* 21 November 2017 Volume 63 (Cover date: February 2018) Pages 72-86.
- 192) Paul Hong, Z. M. (2017). Managing demand variability and operational effectiveness: case of lean improvement programmes and MRP planning integration. Pages 1066-1080 | Received 14 Dec 2014, Accepted 27 Apr 2017, Published online: 29 May 2017.

- 193) Pazhani S, V. J. (2018). A serial inventory system with supplier selection and order quantity allocation considering transportation costs. *Appl Math Model* 40(1):612–634.
- 194) Pedro, C.-S. P.-J. (2017). BIM-based idea bank for managing value engineering ideas. *International Journal of Project Management* May 2017 Volume 35, Issue 4 Pages 699-713.
- 195) 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 Biomedicine* 22 January 2022 Volume 216 (Cover date: April 2022) Article 106652.
- 196) Qi, E. F. (2019). Metabolic engineering of bacterial strains using CRISPR/Cas9 systems for biosynthesis of value-added products. *Food Bioscience* 3 January 2019 Volume 28 (Cover date: April 2019) Pages 125-132.
- 197) Qi, Y.-M. J.-L. (2019). A robust optimization approach for decontamination planning of emergency planning zone: Facility location and assignment plan. *Socio-Economic Planning Sciences* 5 October 2019 Volume 70 (Cover date: June 2020) Article 100740.
- 198) R.K.Phanden, H.I.Demir. R.D.Gupta. (2018). Application of genetic algorithm and variable neighborhood search to solve the facility layout planning problem in jobshop production system. *IEEE*.
- 199) Radojkovic, V. V. (2020). Project planning and risk management as a success factor for IT projects in agricultural schools in Serbia. *Technology in Society* 1 September 2020 Volume 63 (Cover date: November 2020) Article 101371.
- 200) Ramin Barzanji, B. (2019). Decompositional algorithms for the integrated process planning and scheduling problem. *Elsevier*, 93.

- 201) Reza Sadeghi Rad, N. N. (2018). A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed loop supply chain network design and quantity discount. *Journal of Cleaner Production*, Volume 196, 20 September 2018, Pages 154.
- 202) 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.
- 203) 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.
- 204) Rostami, A. a. (2017). Key Risks in Construction Projects in Italy: Contractors' Perspective. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24, 451-462.
- 205) RuiZhao, Y. N. (2017). An optimization model for green supply chain management by using a big data analytic approach. Volume 142, Part 2, 20 January 2017, Pages 1085-1097.
- 206) S.Thomalla, C. (2001). Job shop scheduling with alternative process plans. *Elsevier*, 74(1-3), 125-134.
- 207) Saman Hassanzadeh Amin, G. Z. (2019). A three-stage model for closed-loop supply chain configuration under uncertainty. Pages 1405-1425 | Received 10 May 2011, Accepted 19 Apr 2012, Published online: 10 Jul 2012.
- 208) Sana, N. M. (2018). Analyzing structure of two-echelon closed-loop supply chain for pricing, quality and recycling management. *Journal of Cleaner Production* 10 January 2018 Volume 171 Pages 512-528.

- 209) Sawik, T. (2019). Selection of resilient supply portfolio under disruption risks .
- 210) Schieg, M. (2018). Risk management in construction project management. *Journal of Business Economics and Management*.
- 211) Seuring, B. D. (2022). Connecting additive manufacturing to circular economy implementation strategies: Links, contingencies and causal loops. *International Journal of Production Economics* 12 January 2022 Volume 246 (Cover date: April 2022) Article 108414.
- 212) Shahbazi, E. (2010). Mathematical modeling and solution development for dynamic facility layout problem in job shop process using meta-heuristic algorithms. *IEEE*.
- 213) 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*.
- 214) Shanshan Dong, C. L. (2018). Performance evaluation research on social capital improving the livelihood economy in West China. *Computers & Electrical Engineering* 15 August 2018 Volume 71 (Cover date: October 2018) Pages 408-415.
- 215) Sheng, D. Y. (2021). Exploring the knowledge base and trajectories of knowledge dissemination in closed loop supply chain. *Journal of Cleaner Production* 5 July 2021 Volume 316 (Cover date: 20 September 2021) Article 128231.
- 216) Shokouhi, E. (2018). Integrated multi-objective process planning and flexible job shop scheduling considering precedence constraints. *Taylor and Francis*, 6(1), 61-89.
- 217) ShristiKharola, M. S. (2022). Exploring the green waste management problem in food supply chains: A circular economy context. *Volume 351*, 1 June 2022, 131355.

- 218) Shu-Chu Liu, W.-T. L. (2011). A heuristic method for the inventory routing problem with time windows. *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 13223–13231.
- 219) Silvius, G. (2021). The role of the Project Management Office in Sustainable Project Management. *Procedia Computer Science* 22 February 2021 Volume 181 (Cover date: 2021) Pages 1066-1076.
- 220) SinaNayeri, M. M.-G. (2020). Multi-objective fuzzy robust optimization approach to sustainable closed-loop supply chain network design. Volume 148, October 2020, 106716.
- 221) Su, J. J. (2021). Decision-making and coordination of green closed-loop supply chain with fairness concern. *Journal of Cleaner Production* 23 March 2021 Volume 298 (Cover date: 20 May 2021) Article 126779.
- 222) 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 Production* 27 August 2021 Volume 320 (Cover date: 20 October 2021) Article 128835.
- 223) Sui, F. Z. (2019). Bi-objective Optimization of Multiple-route Job Shop Scheduling with Route Cost. *IFAC-PapersOnLine* 2019 Volume 52, Issue 13 Pages 881-886.
- 224) Sun, R. Q. (2021). Supply chain coordination by contracts considering dynamic reference quality effect under the O2O environment. *Computers & Industrial Engineering* 26 November 2021 Volume 163 (Cover date: January 2022) Article 107802.
- 225) Swartz, L. M. (2021). Robust model predictive control with embedded multi-scenario closed-loop prediction. *Computers & Chemical Engineering* 13 March 2021 Volume 149 (Cover date: June 2021) Article 107283.

- 226) Swetha, S. S. (2016). Application of Value Engineering in Building Construction. International Journal of Advance Research in Science and Engineering, 5, 253-267. .
- 227) TaebokKim, C. H. (2017). A closed-loop supply chain for deteriorating products under stochastic container return times. Volume 43, March 2017, Pages 30-40.
- 228) Tamssaouet, K. (2018). Metaheuristics for the job-shop scheduling problem with machine availability constraints. Computers & Industrial Engineering9 August 2018Volume 125 (Cover date: November 2018)Pages 1-8.
- 229) Tan, R. H. (2021). Risk management in border inspection. Journal of Development Economics15 October 2021Volume 154 (Cover date: January 2022)Article 102748.
- 230) 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.
- 231) Tengfei Nie, S. D. (2017). Dual-fairness supply chain with quantity discount contracts. European Journal of Operational Research, Volume 258.
- 232) Thevendran, V. a. (2020). Perception of Human Risk Factors in Construction Projects: An Exploratory Study. . International Journal of Project Management, 22, 131-137.
- 233) 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.

- 234) Tipili, L. a. (2015). Identification and Assessment of Key Risk Factors Affecting Public Construction Projects in Nigeria: Stakeholders' Perspectives The Nigerian Institute of Quantity. Surveyors 2nd Research Conference, Akure, 1-3 September 2015, 707-721. [Citation Time(s):2].
- 235) 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.
- 236) Tommaso Rossi, R. C. (2019). Improving production planning through finite-capacity MRP. Pages 377-391 | Received 05 Oct 2018, Accepted 06 Apr 2019, Published online: 05 May 2016.
- 237) 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.
- 238) Torabi SA, B. M. (2020). Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks .
- 239) Trafalis, I. I. (2019). An integrated multi-echelon robust closed-loop supply chain under imperfect quality production. International Journal of Production Economics 16 May 2019 Volume 218 (Cover date: December 2019) Pages 212-227.
- 240) Tri-Dung Nguyen, U. V.-Q. (2019). Optimization Model for Fresh Fruit Supply Chains: Case-Study of Dragon Fruit in Vietnam. 4 November 2019 / Revised: 13 December 2019 / Accepted: 16 December 2019 / Published: 20 December 2019.
- 241) Tupa, J. J. (2017). Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0. Volume 11, 2017, Pages 1223-1230.

- 242) 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.(٢٠٢٠)
- 243) Wang, F. (2013). *The High-Speed Railway Construction Project Quality Risk Management Theory and Practice*. Railway Engineering Construction Management of Exploration and Practice. Tsinghua University Press, Beijing. .
- 244) Wang, F. (2013). *The High-Speed Railway Construction Project Quality Risk Management Theory and Practice*. Railway Engineering Construction Management of Exploration and Practice. Tsinghua University Press, Beijing. .
- 245) Wang, F. (The High-Speed Railway Construction Project Quality Risk Management Theory and Practice. *Railway Engineering Construction Management of Exploration and Practice*). 2013: Tsinghua University Press, Beijing. .
- 246) Wang, L. Z. (2019). Green and sustainable closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Journal of Cleaner Production*12 April 2019Volume 227 (Cover date: 1 August 2019)Pages 1195-1209.
- 247) Wang, Z. (2019). An improved particle swarm optimization algorithm for dynamic job shop scheduling problems with random job arrivals. *Swarm and Evolutionary Computation*18 October 2019Volume 51 (Cover date: December 2019)Article 100594.
- 248) Waters, D. (2018). Waters D. 2018. 249 p.
- 249) Weatherhead, M. O. (2017). *Integrating Value and Risk in Construction*. Construction Industry Research and Information Association, London. [Citation Time(s):1].

- 250) Weber.(۱۹۰۹) .
- 251) 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.
- 252) 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.
- 253) Wong, C. K. (2018). A dynamic equilibrium model of the oligopolistic closed-loop supply chain network under uncertain and time-dependent demands .
- 254) Wright, G. R. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. International Journal of Forecasting.
- 255) 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>.
- 256) 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.
- 257) Wu, Z. S. (2020). Optimizing makespan and stability risks in job shop scheduling. Volume 122, October 2020, 104963.
- 258) 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.

- 259) Xia, C. C. (2019). Remanufacturing Network Design for Dual-Channel Closed-Loop Supply Chain. *Procedia CIRP*4 July 2019Volume 83 (Cover date: 2019)Pages 479-484.
- 260) Xiong Luo, Q. Q. (2020). Improved Genetic Algorithm for Solving Flexible Job Shop Scheduling Problem. ,*Procedia Computer Science* Volume 166 2020 Pages 480-485.
- 261) Xixing Li, Z. P. (2017). Hybrid artificial bee colony algorithm with a rescheduling strategy for solving flexible job shop scheduling problems. *Computers & Industrial Engineering*8 September 2017Volume 113 (Cover date: November 2017)Pages 10-26.
- 262) 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.
- 263) Ye, S. H. (2019). An equilibrium model of risk management spillover. *Journal of Banking & Finance*7 August 2019Volume 107 (Cover date: October 2019)Article 105604.
- 264) Yeo Keun Kim,Kitae Park,Jesuk Ko. (2003). A Symbiotic evolutionary algorithm for the integration of procrss planning and job shop scheduling. 30(8), 1151-1171.
- 265) Yokoyama. (2019). Hybrid flow shop scheduling with assembly operations. *International Journal of Production Economics*, 73: 103-116 .
- 266) Yu, C. B. (2019). Finding the optimal location for public charging stations – a GIS-based MILP approach. *Energy Procedia*February 2019Volume 158Pages 6582-6588.
- 267) Zailani, M. R. (2018). The mediating effects of product returns on the relationship between green capabilities and closed-loop supply

- chain adoption. Journal of Cleaner Production 8 November 2018 Volume 211 (Cover date: 20 February 2019) Pages 233-246.
- 268) Zhang. (2020). An improved genetic algorithm for the flexible job shop scheduling problem with multiple time constraints. Swarm and Evolutionary Computation May 2020 Volume 54 Article 100664.
- 269) Zhang, C. N.-S. (2018). Flexible solutions to maritime inventory routing problems with delivery time windows. Computers & Operations Research, 89, 153-162.
- 270) Zhang, F. ,. (2021). Surrogate-Assisted Evolutionary Multitask Genetic Programming for Dynamic Flexible Job Shop Scheduling .
- 271) Zhang, K. C.-H. (2018). Upgrade of wood sugar d-xylose to a value-added nutraceutical by in vitro metabolic engineering. Metabolic Engineering 31 October 2018 Volume 52 (Cover date: March 2019) Pages 1-8.
- 272) Zhang, K. G. (2022). Multi-objective optimization for improved project management: Current status and future directions. Automation in Construction 6 May 2022 Volume 139 (Cover date: July 2022) Article 104256.
- 273) Zhang, Q. L. (2020). An efficient memetic algorithm for distributed flexible job shop scheduling problem with transfers. Expert Systems with Applications 1 December 2020 Volume 160 Article 113721.
- 274) Zhang, X. M. (2009). Developing a Knowledge Management System for Improved Value Engineering Practices in the Construction Industry. . Automation in Construction, 18. ,
- 275) 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.
- 276) Zhen Lu, L. W. (2019). Green and sustainable closed-loop supply chain network design under uncertainty. Volume 227, 1 August 2019, Pages 1195-1209.
- 277) Zhen Lu, L. W. (2019). Green and sustainable closed-loop supply chain network design under uncertainty. Volume 227, 1 August 2019, Pages 1195-1209.
- 278) Zheng, F. (2019). Bi-objective Optimization of Multiple-route Job Shop Scheduling with Route Cost. IFAC-PapersOnLine25 December 2019Volume 52, Issue 13 (Cover date: 2019)Pages 881-886.
- 279) Zhenwei Zhu, X. Z. (2019). A novel approach based on Neo4j for multi-constrained flexible job shop scheduling problem. Computers & Industrial EngineeringVolume 130April 2019Pages 671-686.
- 280) Zhenwei Zhu, X. Z. (2020). An efficient evolutionary grey wolf optimizer for multi-objective flexible job shop scheduling problem with hierarchical job precedence constraints.
- 281) ZhiLiu, K. W.-Y. (2019). Impact of product-design strategies on the operations of a closed-loop supply chain. Volume 124, April 2019, Pages 75-91.
- 282) 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.
- 283) Zhou, X. W. (2018). Buyer-specific versus uniform pricing in a closed-loop supply chain with third-party remanufacturing.

European Journal of Operational Research 23 August 2018 Volume 273, Issue 2 (Cover date: 1 March 2019) Pages 548-560.

- 284) Zhou, Y. (2019). Automatic design of scheduling policies for dynamic flexible job shop scheduling by multi-objective genetic programming based hyper-heuristic.
- 285) Zhu, Z. (2020). An efficient evolutionary grey wolf optimizer for multi-objective flexible job shop scheduling problem with hierarchical job precedence constraints. Computers & Industrial Engineering 9 January 2020 Volume 140 (Cover date: February 2020) Article 106280