Archive of SID

ارائه مدلی جهت زمان‌بندی تولید و حمل و نقل قطعات در صنعت خودرو (مطالعه موردی: شرکت ایران خودرو)

محمدعلی بهشتی‌نیا[1,*]، میلاد نوذری[2]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۳۰
پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۲۹

واژگان کلیدی:
زمان‌بندی،
زنجیره تامین،
الگوریتم ژنتیک،
حمل و نقل.

چکیده

یکی از دلایل عدم رقابت‌پذیری صنعت خودرو در داخل کشور، مدیریت نادرست در تامین قطعات اولیه و حمل آنها به شرکت‌های خودروساز داخلی است. این مقاله رویکردی یکپارچه در تصمیم‌گیری‌های مربوط به زمان‌بندی سفارشات در مراحل تولید و حمل شامل تخصیص سفارشات به تامین‌کنندگان و وسایل نقلیه، تعیین توالی تولید در تامین‌کنندگان و نحوه‌ی حمل سفارشات به شرکت ایران خودرو دارد. ناوگان حمل و نقل مربوط به انتقال سفارشات از قطعه‌سازان به شرکت خودروساز نیز یک ناوگان مشترک در نظر گرفته شده است. به منظور حل مساله از یک الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. نتایج مقایسه مدل پیشنهادی با رویکرد غیریکپارچه و همچنین توسعه الگوریتم ارائه شده برای نزدیکترین مساله در ادبیات موضوع به مساله ما روی تعداد زیادی از مسایل مختلف، نشان از برتری مدل پیشنهادی دارد. از سوی دیگر مقایسه نتایج حاصل از مدل پیشتهادی با شرایط واقعی شرکت ایران خودرو نشان از برتری قابل ملاحظه الگوریتم پیشنهادی دارد.

۱- مقدمه

مدیریت زنجیره تامین[3]، از موضوعاتی است که در حوزه تولید، بسیار مورد توجه بوده و تحقیقات گسترده‌ای بر روی آن صورت گرفته است. یک زنجیره تامین، شامل تمامی مراحلی است که بر روی یک محصول، ایجاد ارزش افزوده می‌کند. در واقع، مدیریت زنجیره تامین، وظیفه هماهنگ‌سازی جریان‌های مواد، اطلاعات و مالی را جهت مرتفع نمودن نیاز مشتری نهایی با هدف بهبود رقابت‌پذیری در یک زنجیره تامین به عهده دارد.

در گذشته، رویکرد شرکت‌های تولیدی، تمرکز بر مدیریت داخلی شرکت و بهبود وضعیت موجود در آن بود، این در حالیست که امروزه، شرکت‌های پیشرو به این نتیجه رسیده‌اند که علاوه بر مدیریت داخلی شرکت، مدیریت عناصر زنجیره تامین محصولاتشان نیز نقش به سزایی در افزایش رقابت‌پذیری محصول نهایی دارد. به عنوان مثال، زمانی که در زنجیره تامین خودرو، تامین‌کننده‌ای ، قطعه تولیدی خود را به بهای تمام‌شده نسبتا بالا تحویل شرکت سازنده دهد، عملا موجب افزایش بهای تمام‌شده محصول نهایی شده و به تبع آن، رقابت‌پذیری آن نیز کاهش می‌یابد. این موضوع در مورد کیفیت قطعات اولیه نیز صدق می‌کند، چرا که کیفیت پایین قطعات اولیه نیز موجب کاهش رقابت‌پذیری محصول نهایی می‌شود.

در این تحقیق به منظور مدلی جهت مدیریت زنجیره تامین صنعت خودروسازی با تاکید بر سه مولفه مدیریت جامع تولید در تامین‌کنندگان، ناوگان حمل و نقل مشترک برای انتقال قطعات تولیدشده در تامین‌کنندگان[4] به شرکت خودروساز و یکپارچگی تصمیمات در این دو حوزه پیشنهاد می‌شود.

در ادامه هر یک از مولفه‌های استفاده‌شده در مدل پیشنهادی به اختصار توضیح داده می‌شوند:

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: beheshtinia@semnan.ac.ir
۱. دانشیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه سمنان
۲. دانشگاه سمنان

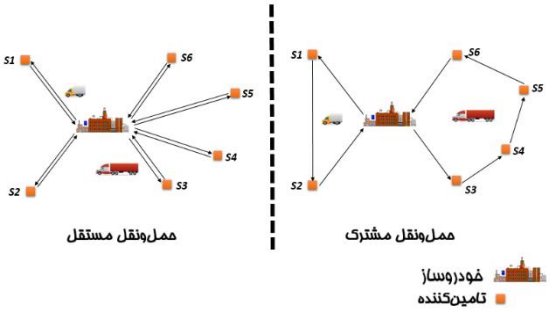
[3] Supply Chain Management
[4] Suppliers

www.SID.ir

Archive of SID

مدیریت جامع تولید در تامین‌کنندگان: با توجه به تحقیقات میدانی صورت‌گرفته در صنعت خودرو کشور، در حال حاضر، خوروسازان به تامین‌کنندگان به دید یک فروشگاه نگاه می‌کنند و از نظر خوروساز، تامین‌کننده‌ای بهتر است که بتواند پس از اعلام نیاز در مورد تعداد مشخصی از یک قطعه، در سریع‌ترین زمان ممکن، آن قطعه را به خودروساز تحویل دهد. از سوی دیگر با توجه به نوساناتی که در مورد میزان تقاضا وجود دارد، تامین کنندگان جهت جلب نظر خودروساز و بستن قرارداد در شرایط رقابتی، مجبور به انباشت حجم انبوهی از محصولات خود در انبار هستند، که این مساله موجب افزایش هزینه‌های مربوط به خواب سرمایه تامین‌کنندگان شده و به تبع آن، بهای تمام‌شده محصول نیز افزایش می‌یابد. در مدل پیشنهادی ما محدودیت‌های تولید تامین‌کنندگان در نظر گرفته می‌شود و این شرکت خودروساز است که، زمان بندی تولید در تامین‌کنندگان را با رویکردی جامع انجام می‌دهد. بنابراین نیازی به انباشت قطعات در تامین‌کنندگان نیست و این امر هزینه‌های زنجیره تامین را کاهش می‌دهد.

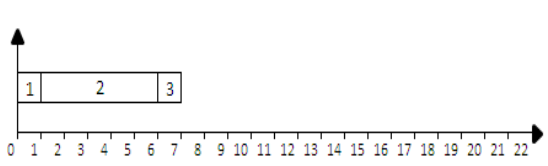
ناوگان حمل و نقل مشترک: امروزه شرکت‌های خودروساز داخلی مانند ایران‌خودرو و سایپا، جهت سفارش قطعات مورد نیاز خط تولید خود به تامین‌کنندگان، از وجود شرکتهای ثانویه‌ای مانند ساپکو و سازه‌گستر بهره می‌برند، اما این شرکت‌ها جز سفارش دادن قطعات مورد نیاز خط تولید به تامین‌کنندگان، وظیفه دیگری به عهده ندارند و هر تامین‌کننده، می‌بایست قطعه تولیدی خود را به‌طور مستقل تا شرکت خودروساز حمل نموده و تحویل دهد که این امر موجب ازدیاد تعداد رفت و آمدهای وسایل نقلیه و به تبع آن افزایش هزینه‌های حمل و نقل شده و تامین‌کنندگان نیز برای جبران این هزینه، بهای تمام‌شده قطعات را افزایش می‌دهند. شرکت‌های خودروساز مطرح دنیا نیز از سیستمی به نام PL3[1] ، بهره می‌برند که دارای ناوگان حمل و نقل مشترک بوده و با بهره بردن از وسایل نقلیه موجود به‌صورت مشترک، توانسته‌اند هزینه‌های حمل و نقل را تا حد زیادی کاهش دهند. از ویژگی‌هایی حمل مشترک نسبت به حمل و نقل مستقل، این است که هر وسیله نقلیه می‌تواند، قطعات تولیدشده توسط چندین تامین‌کننده مختلف را در یک محموله حمل کند، که این امر موجب کاهش قابل توجه هزینه‌های حمل و نقل می‌شود. مدل پیشنهادی ما از چنین رویکردی در برنامه‌ریزی ناوگان حمل و نقل استفاده می‌کند.



شکل ۱: تفاوت حمل و نقل مشترک و مستقل

یکپارچگی تصمیمات تولید و حمل و نقل: در رویکرد غیر یکپارچه تصمیمات مربوط به تولید و حمل و نقل به صورت جداگانه و سلسله مراتبی گرفته می‌شوند. این امر را می‌توان با یک مثال عددی نشان داد. فرض کنید که در زنجیره تامین یک تامین‌کننده و یک وسیله‌ی نقلیه وجود دارند و سه سفارش وجود دارند که باید توسط تامین‌کننده مورد پردازش قرار گرفته و توسط وسیله‌ی نقلیه به سمت شرکت سازنده حمل گردند. زمان تکمیل هر سفارش زمانی است که سفارش مذکور به شرکت سازنده تحویل داده می‌شود. اندازه هر سه سفارش برابر یک واحد است. زمان پردازش سفارشات ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر ۱ واحد، ۵ واحد و ۱ واحد و تاریخ‌های تحویل آنها به ترتیب برابر ۱۱، ۱۲ و ۱۳ واحد است. تابع هدف مساله نیز کمینه نمودن مجموع دیرکرد تحویل سفارشات از تاریخ تحویل‌شان است.

اگر زمان‌بندی تولید و حمل و نقل به صورت متوالی و مستقل انجام پذیرد، تامین‌کننده در قسمت زمان‌بندی تولید ممکن است توالی پردازش سفارشات را بر اساس مرتب نمودن سفارشات به صورت صعودی از تاریخ تحویلشان بدست آورد (شکل (۲)).



شکل ۲: توالی پردازش سفارشات در تامین‌کننده

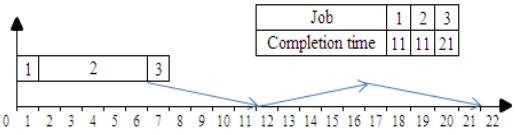
فرض کنید ظرفیت وسیله‌ی نقلیه برابر ۲ واحد است و این

[1] Third Party Logistic

www.SID.ir

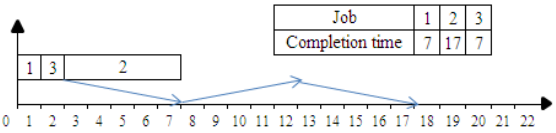
Archive of SID

وسیله نقلیه فاصله‌ی بین تامین‌کننده تا شرکت سازنده را در ۵ واحد زمانی طی می‌کند. بعد از زمان‌بندی تولید، زمان‌بندی حمل و نقل به صورت نشان داده شده در شکل (۳) انجام می‌پذیرد. به این ترتیب که به علت محدودیت ظرفیت وسیله‌ی نقلیه، این وسیله ابتدا دو سفارش ۱ و ۲ را به سمت شرکت سازنده حمل نموده و سپس به سمت تامین‌کننده بازگشته و سفارش ۳ را به شرکت سازنده حمل می‌کند. در این حالت تابع هدف شامل ۹ واحد دیرکرد می‌شود.



شکل ۳: جواب نهایی در حالت اول

اما اگر روابط متقابل بین زمان‌بندی تولید و حمل و نقل در نظر گرفته شود ممکن است جواب نشان داده شده در شکل (۴) بدست آید که دارای ۵ واحد دیرکرد است. این امر نشان می‌دهد که حالت اول رسیدن به جواب بهینه‌ی عمومی را تضمین نمی‌نماید.



شکل ۴: جواب بدست آمده در حالت دوم

این مقاله به بررسی یکپارچگی زمان‌بندی تولید و حمل و نقل بین شرکت ایران خودرو و تامین‌کنندگانش با تاکید بر زمان‌بندی تولید جامع در تامین‌کنندگان و استفاده از ناوگان حمل و نقل مشترک می‌پردازد. هدف تعیین نحوه تخصیص سفارشات به تامین‌کنندگان، تعیین توالی تولید در آنها، تخصیص سفارشات به وسایل نقلیه و تعیین توالی حمل آنها به منظور کمینه نمودن مجموع دیرکردها در تحویل سفارشات به شرکت خودروساز است. به منظور حل این مساله یک الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده است. نوآوریهای این تحقیق عبارتند از:

- بررسی یک مدل جدید در مدیریت زنجیره تامین با رویکرد یکپارچگی زمانبندی تولید و حمل و نقل
- بررسی یک مطالعه موردی در صنعت خودروسازی
- ارائه یک الگوریتم ژنتیک برای مساله مذکور با کرومزوم‌هایی با ساختار متغیر

در ادامه این مقاله در بخش ۲ به بررسی ادبیات موضوع پرداخته می‌شود. در بخش ۳ مفروضات مساله تبیین میشود. در بخش ۴، الگوریتم ارائه‌شده برای حل مساله معرفی می‌شود. مقایسه نتایج حاصله از مدل یکپارچه با مدل غیریکپارچه در بخش ۵ ارائه می‌شود. بخش پایانی نیز به بیان نتیجه‌گیری و زمینه تحقیقات آتی اختصاص دارد.

۲- ادبیات موضوع

در این بخش به بررسی تحقیقاتی می پردازیم که تا کنون در حوزه زمان‌بندی در زنجیره تامین صورت پذیرفته‌اند. ذگردی و بهشتی نیا [۱] به بررسی مساله یکپارچگی زمان بندی حمل ونقل در زنجیره تأمین با وسائط نقلیه دارای ظرفیت‌های متفاوت پرداختند. آنها محاسبات حمل و نقل بین تامین‌کنندگان را در نظر نگرفته بودند و فقط زمان حمل بین تامین‌کنندگان تا شرکت سازنده را در محاسباتشان در نظر گرفته اند. ییمیر و دمیرلی [۲] یک الگوریتم ژنتیک به منظور زمانبندی در یک زنجیره تامین دو مرحله‌ای ارائه نموده‌اند. آنها یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط نیز به منظور بهینه‌سازی تامین و مونتاژ قطعات و همچنین زمان‌بندی توزیع ارائه نموده‌اند. آورباخ [۳] به بررسی زمان‌بندی بر خط در زنجیره تامینی متشکل از یک کارخانه و چند مشتری با هدف کمینه‌سازی مجموع وزنی جریان کاری سفارشات پرداخته است. رستمیان دلاور و همکاران [۴] یک الگوریتم ژنتیک به منظور یکپارچگی زمان‌بندی تولید و حمل و نقل هوایی ارائه نموده‌اند. پس از ارائه مدل ریاضی مساله، دو الگوریتم ژنتیک برای حل مساله پیشنهاد شده است. اسکولز ریتر و همکاران [۵] یکپارچگی تولید و حمل و نقل در یک زنجیره تامین عمومی را بررسی و یک مدل ریاضی به منظور حل مساله ارائه نموده‌اند. باتنگر و همکاران [۶] به بررسی برنامه‌ریزی حمل و نقل و زمان بندی در حالت وجود دو نوع حمل و نقل هوایی و دریایی پرداخته‌اند. یونگ و همکاران [۷] به بررسی زمان‌بندی در یک زنجیره تامین دو مرحله‌ای با در نظر گرفتن چندین پنجره زمانی تحویل مشترک با هدف کمینه نمودن هزینه‌های حمل و نقل و موجودی پرداخته‌اند. لئو و چن [۸] به بررسی یکپارچگی مسیریابی، کنترل موجودی و زمانبندی در یک زنجیره‌تامین پرداخته و پس از مدل‌سازی ریاضی مساله، یک الگوریتم جستجوی همسایگی به منظور حل مساله ارائه نموده‌اند. مهرآوران و لجندران [۹] زمان

www.SID.ir

Archive of SID

بندی در محیط جریان کاری با زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی با دو تابع هدف کمینه نمودن سفارشات نیمه ساخته[1] و بیشینه نمودن سطح سرویس را مورد بررسی قرار دادهاند. عثمان و دمیرلی [۱۰] به بررسی زمان‌بندی تحویل و اندازه انباشته اقتصادی در یک زنجیره تامین سه مرحله‌ای و چند محصولی پرداخته‌اند. آورباخ و بیسان [۱۱] به بررسی مساله زمانبندی بر خط[2] در یک زنجیره تامین دو سطحی با چند مشتری پرداخته و یک الگوریتم تخمینی برای آن ارائه نموده‌اند. رن و همکاران [۱۲] یک زنجیره تامین دو مرحله‌ای را در نظر گرفتند که در آن تعدادی تامین‌کننده، قطعات مورد نیاز برای یک مونتاژکننده را فراهم می‌آورند. کابرا و همکاران [۱۳] زمان‌بندی در زنجیره تامین داروسازی را برای یک محیط چند مرحله‌ای، چند محصولی و چند پریودی بررسی نموده‌اند. آنها زمان‌بندی را به صورت پیوسته در نظر گرفته و یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط[3] برای آن ارائه نمودند. مقاله آنها توسعه تحقیق شیک و فلویدز [۱۴] است که محدودیت‌های اضافی نظیر تغییرات وابسته به توالی[4]، زمانهای تحویل چند گانه میانی[5] ، تاریخ انقضا[6] و محصولات معیوب، وجود هزینه‌های مربوط به دیرکرد در تحویل سفارشات را به مدل آنها اضافه نموده‌اند. الریچ [۱۵] به یکپارچگی زمان‌بندی ماشین‌آلات و مسیریابی وسایل نقلیه با در نظر گرفتن پنجره‌های زمانی پرداخته است. توماس و همکاران [۱۶] به بررسی زمان بندی در زنجیره تامین زغال سنگ با چند فعالیت مستقل که توسط محدودیت‌های منابع با هم در ارتباطند، پرداخته اند. سلوارجاه و ژانگ [۱۷] به بررسی زمان‌بندی زنجیره تامینی پرداخته‌اند که در آن یک تولید-کننده مواد نیمه ساخته را از تامین‌کنندگان در زمان‌های متفاوت دریافت و کالاهای تکمیل شده را به صورت دسته-ای به مشتریان تحویل می‌دهد. ساویک [۱۸] به بررسی ارتباط زمان‌بندی با انتخاب تامین‌کنندگان در حالت وجود ریسک‌های قطع[7] پرداخته و یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط و احتمالی برای مساله ارائه نموده است. مونز و همکاران [۱۹] به یکپارچگی بهینه برنامه‌ریزی و زمان-بندی، با رویکرد تجزیه لاگرانژی در مدیریت زنجیره تامین پرداخته‌اند. هان و ژانگ [۲۰] به بررسی مساله زمان‌بندی زنجیره تامین آنلاین با در نظر گرفتن یک ماشین و چندین مشتری با در نظر گرفتن تعدای نامحدودی از وسائط نقلیه با ظرفیت محدود پرداخته‌اند. هان و همکاران [۲۱] به کمینه‌سازی زمان کل عملیات و هزینه تحویل در زمان-بندی زنجیره تامین آنلاین، در حالت تک ماشینه و ماشین‌های موازی در یک سامانه حمل و نقل با وجود یک مشتری پرداخته‌اند.

پینها و همکاران [۲۲] زمان‌بندی در زنجیره تامین را در خطوط مونتاژ موتورسیکلت به با رویکردی پویا بررسی نمودهاند. لیو و همکاران [۲۳]، با در نظر گرفتن عدم قطعیت زمان عملیات برای خدمات لجستیکی در محیطی با سفارشی‌سازی انبوه، مدل جدیدی از زمان‌بندی لجستیک چندهدفه ارائه داده‌اند. پی و همکاران [۲۴]، به حل مساله زمان‌بندی تولید و حمل در یک زنجیره تامین دو مرحله‌ای پرداخته‌اند که زمان پردازش هر کار، تابعی خطی از زمان شروعش می‌باشد. اهم و فرایتگ [۲۵]، مدلی جهت یکپارچه‌سازی زمان‌بندی تولید و حمل با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه داده‌اند. لیو و همکاران [۲۶]، زمان‌بندی در زنجیره تامین را با در نظر گرفتنن جداسازی سفارشات مشتریان بررسی نموده‌اند. بروک و همکاران [۲۷] به بررسی انتقال جریان‌های فیزیکی و اطلاعاتی در زنجیره تامین یکپارچه پرداخته‌اند.

هر چند تحقیقات زیادی روی مساله زمان‌بندی در زنجیره تامین صورت پذیرفته است، اما تاکنون مساله‌ی یکپارچگی زمان‌بندی تولید و حمل و نقل با در نظر گرفتن زمان بارگیری سفارشات در حالت استفاده از ناوگان حمل و نقل مشترک در ادبیات موضوع بررسی نشده است. این تحقیق به تبیین این مساله پرداخته و یک الگوریتم ژنتیک به منظور بهینه‌سازی تصمیم‌ها در این سیستم ارائه می‌دهد.

۳- تعریف مساله

به منظور انجام هر تحقیق مراحلی باید صورت پذیرد. گام های انجام این تحقیق به صورت زیر می‌باشد:

گام ۱- شناسایی اجزا زنجیره تامین یک خودروساز

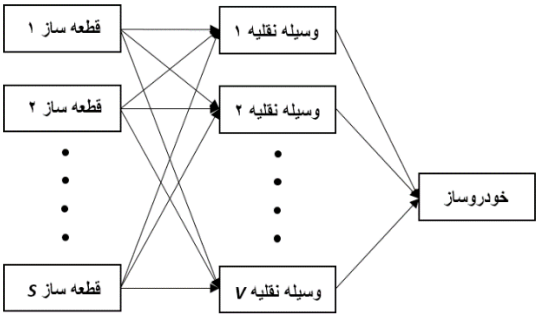
گام ۲- ارائه مدل پیشنهادی جهت مدیریت تولید و حمل و نقل در زنجیره تامین مذکور

[1] Work in process
[2] On line
[3] Mixed Integer Programming
[4] Sequence dependent changeover
[5] Multiple intermediate due dates
[6] Shelf-life date
[7] Disruption

www.SID.ir

Archive of SID

گام ۳- تبیین مفروضات مساله
گام ۴- ارائه‌ی یک الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی تصمیم در مدل پیشنهادی و کدنویسی آن‌ها
گام ۵- اعتبارسنجی روش پیشنهادی



شکل ۵: ساختار زنجیره تامین مساله

بر مبنای گام‌های تحقیق به منظور انجام این تحقیق ابتدا زنجیره تامین شرکت ایران خودرو با روش مطالعه میدانی مورد بررسی قرار گرفت. زنجیره تامین مورد بررسی شامل شرکت ایران خودرو و تامین‌کنندگانش می‌شود. شرکت ایران خودرو سفارشات خود را به تعدادی تامین‌کننده اختصاص داده و تامین‌کنندگان نیز با تولید این سفارشات آنها را توسط تعدادی وسایل نقلیه به شرکت سازنده تحویل می‌دهند.

سپس مدل پیشنهادی جهت مدیریت تولید و حمل و نقل در زنجیره تامین مورد بررسی که شامل سه مولفه زمان‌بندی تولید جامع در تأمین‌کنندگان، استفاده از ناوگان حمل‌ونقل مشترک و یکپارچگی تصمیمات تولید و حمل‌ونقل است برای مساله در نظر گرفته شد و مفروضات مساله به شرح زیر شناسایی شدند:

تعداد n سفارش وجود دارد که زمان پردازش آنها مشخص است و باید به m تامین کننده سفارش داده شوند. با توجه به این نکته که هر تامینکننده دارای تجهیزات و ماشین‌آلات متفاوتی است، بنابراین سرعت تولید هر تامینکننده می‌تواند متفاوت باشد.

قطعاتی تولید شده توسط تامین کنندگان باید توسط V وسیله نقلیه مختلف به شرکت خودروساز حمل شوند. این وسایل نقلیه دارای ظرفیت‌ها و سرعتهای متفاوتی هستند. میزان ظرفیت اشغال‌شده توسط هر سفارش در وسیله نقلیه (حجم هر سفارش) نیز متفاوت است. مجموع حجم اشغالی سفارشات تخصیص یافته به هر وسیله نقلیه در هر محموله نباید از ظرفیت آن وسیله بیشتر شود.

هر وسیله نقلیه، پس از اینکه سفارش مورد نظر را حمل کرد، از مساله حذف نمی‌شود و امکان اینکه دوباره مورد استفاده قرار بگیرد، وجود دارد. در نتیجه زمان بازگشت نیز، در محاسبات در نظر گرفته می‌شود. هر وسیله نقلیه میتواند در هر بار حمل سفارشات مختلفی را از تامین کنندگان مختلف حمل نماید. کلیه فواصل زمانی بین تامین‌کنندگان با یکدیگر و با شرکت خودروساز مشخص است. علاوه بر این، زمان بارگذاری و تخلیه بار صفر در نظر گرفته شده است.

هر سفارش دارای یک موعد تحویل از پیش تعیین‌شده است که اگر زمان تحویل سفارش به شرکت خودروساز از این زمان بیشتر باشد، به اندازه این اختلاف دچار دیرکرد خواهد شد. هدف از حل این مساله، تعیین تخصیص سفارشات به تامین‌کنندگان، تعیین توالی تولید سفارشات تخصیص یافته به هر تامینکننده، تخصیص سفارشات به وسایل نقلیه و تعیین توالی حمل آنها به گونه‌ای است که مجموع زمان‌های دیرکرد سفارشات کمینه شود.

۴- الگوریتم ژنتیک

به منظور بهینه‌سازی تصمیمات تولید و حمل و نقل در مدل پیشنهادی از یک الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک یکی از پرکاربردترین روشهای حل مسایل بهینه‌سازی است که با الهام از ساختار ژنتیکی موجودات زنده، به حل مسایل بهینه‌سازی می‌پردازد. در این الگوریتم هر جواب به صورت یک کرومزوم[1] نشان داده می‌شود. این الگوریتم در ابتدا تعدادی کرومزوم تصادفی ایجاد می‌کند. سپس با استفاده از دو عملگر تلفیق و جهش جمعیت کرومزوم‌ها را افزایش می‌دهد. به منظور برگرداندن اندازه جمعیت به اندازه قبل، تعدادی از کرومزومها که مقدار تابع هدف بهتری دارند برای رفتن به نسل بعد انتخاب می‌شوند. این عمل آن‌قدر تکرار میشود تا شرط خاتمه الگوریتم محقق شود.

الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، دارای ساختاری دو بعدی است. تامین‌کنندگان و وسایل نقلیه در بعد عمودی و سفارش‌های تخصیص‌یافته در بعد افقی در قالب تعدادی رشته با طول متغیر نشان داده می‌شود. تعداد این رشته‌ها برابر با مجموع تعداد تامین‌کنندگان و تعداد وسایل نقلیه است (هر رشته

[1] Chromosome

www.SID.ir

Archive of SID

متناظر با یک تامین‌کننده یا وسیله نقلیه در نظر گرفته می‌شود). طول هر رشته مربوط به هر تامین‌کننده (وسیله نقلیه) برابر تعداد سفارش‌های اختصاص یافته به آن تامین کننده (وسیله‌نقلیه) است.

ترتیب سفارشات در هر رشته مربوط به تامین‌کننده (وسیله نقلیه) نیز نشان‌دهنده اولویت تولید (حمل) آن سفارش توسط آن تامین‌کننده (وسیله نقلیه) است.

نحوه دسته‌بندی سفارشات به محموله‌های مختلف وسایل نقلیه به این صورت است که سفارشات به ترتیب اولویت مربوط به هر رشته به یک محموله تخصیص می‌یابند. اگر حجم سفارشات تخصیص یافته به هر محموله از ظرفیت وسیله نقلیه بیشتر شود، محموله فعلی بسته شده و محموله‌ی جدیدی برای آن وسیله نقلیه تعریف می‌شود.

جدول ۱: مشخصات سفارشات مثال مورد نظر

شماره سفارش	زمان پردازش	اندازه	موعد تحویل
۱	۱۰	۲	۱۲
۲	۱۵	۵	۱۷
۳	۲۰	۳	۲۱
۴	۲۵	۴	۳۰
۵	۳۰	۵	۲۸

جدول ۲: زمان‌های حمل مثال مورد نظر

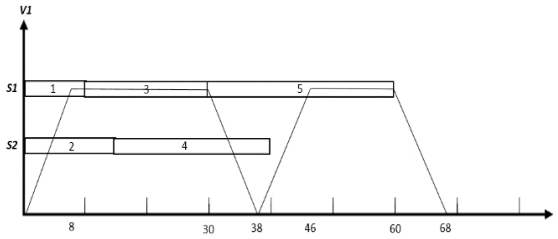
از - به	تولیدکننده	تامین‌کننده ۱	تامین‌کننده ۲
تولیدکننده	۰	۸	۸
تامین‌کننده ۱	۸	۰	۱۰
تامین‌کننده ۲	۸	۱۰	۰

برای مثال، فرض کنید ۵ سفارش، ۳ تامین‌کننده و ۲ عدد وسیله نقلیه داریم. ظرفیت حمل هر دو وسیله نقلیه اول ۲ واحد، حجم تمام سفارشات ۱ واحد و داده‌های ورودی مساله که شامل زمان پردازش، اندازه و موعد تحویل هر سفارش است در جدول ۱ و فواصل زمانی در جدول ۲ ارائه شده‌اند. اگر یک کرومزوم برای مساله مشابه شکل (۶) باشد، آنگاه جواب متناظر با آن به این صورت است که سفارشات ۱، ۳، ۵ به تامین‌کننده ۱ تخصیص یافته‌اند و اولویت تولید آن‌ها توسط این تامین‌کننده به‌ترتیب با سفارشات ۱، ۳ و سپس ۵ است و سفارشات ۲ و ۴ نیز به‌ترتیب به تامین‌کننده ۲ اختصاص می‌یابند. همان‌طور که در کرومزوم مذکور دیده می‌شود، نحوه اختصاص سفارشات به وسایل نقلیه این‌گونه است که در مرحله اول حمل، با توجه به گنجایش وسیله نقلیه شماره ۱، به‌ترتیب سفارشات ۱ و ۳ به محموله اول این وسیله نقلیه اختصاص داده می‌شود و سپس سفارش ۵ به محموله دوم این وسیله نقلیه اختصاص می‌یابد. وسیله نقلیه شماره ۲ نیز با توجه به ظرفیت خود، سفارشات ۲ و ۴ را در یک محموله حمل می‌کند.

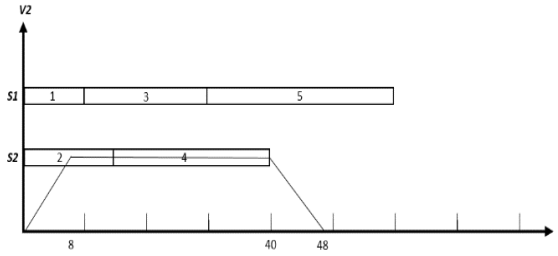
تامین‌کننده ۱	۱	۳	۵
تامین‌کننده ۲	۲	۴	
وسیله نقلیه ۱	۱	۳	۵
وسیله نقلیه ۲	۲	۴	

شکل ۶: ساختار یک کرومزوم نمونه از مثال بیان‌شده

سپس با توجه به داده های ورودی مساله به راحتی می توان مقدار تابع هدف برای کرومزوم مذکور را محاسبه نمود. شکل‌های (۷) و (۸) نحوه زمان‌بندی تولید و حمل را برای کرومزوم شکل (۶) نشان می دهد.



شکل ۷: محاسبه زمان تحویل سفارشات اختصاص داده‌شده به خودروی شماره ۱



شکل ۸: محاسبه زمان تحویل سفارشات اختصاص داده‌شده به خودروی شماره ۲

در پایان، با محاسبه اختلاف زمان تحویل و موعد تحویل هر سفارش، مجموع زمان‌های تاخیر متناسب با سفارشات اختصاص داده‌شده به هر وسیله نقلیه بادر نظر گرفتن تمامی محدودیت‌های مساله (تعداد و ظرفیت وسایل نقلیه، تعداد و زمان پردازش سفارشات نزد تامین‌کننده مربوطه، موعد تحویل سفارشات و مسافت بین کارخانه سازنده و تامین‌کنندگان)، توسط برنامه محاسبه می‌شود. نتایج حاصله برای مثال مورد نظر در جدول ۳ قابل مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: محاسبه مجموع زمان‌های تاخیر کروموزوم نمونه

شماره سفارش	موعد تحویل	زمان تحویل	مدت زمان تاخیر
۱	۱۲	۳۸	۲۶
۲	۱۷	۴۸	۳۱
۳	۲۱	۳۸	۱۷
۴	۳۰	۴۸	۱۸
۵	۲۸	۲۸	۴۰
جمع کل تاخیرها			۱۳۲

تلفیق[1]: در این الگوریتم، عمل تلفیق بین ۲ کروموزوم، با انتخاب تصادفی دو والد صورت می‌گیرد و برای هر مرحله (تامین‌کنندگان و وسایل نقلیه) یک عدد باینری تصادفی (۰ یا ۱) تولید می‌شود. اگر عدد تصادفی تولید شده برای هر مرحله صفر باشد، در این صورت پیکربندی کروموزوم فرزند در آن مرحله، شبیه به پیکربندی کروموزوم والد اول و در غیر این صورت، شبیه به والد دوم خواهد شد.

جهش[2]: برای عمل جهش یک کروموزوم به تصادف انتخاب می‌شود. سپس دو سفارش به تصادف انتخاب شده و جای آنها در رشته‌های مربوط به تامین‌کنندگان و وسایل نقلیه با یکدیگر تعویض می‌گردد.

انتخاب نسل بعد: پس از مرتب شدن کروموزوم‌ها به‌ترتیب نزولی، درصدی از آن‌ها که تابع هدف بهتری دارند برای نسل بعدی انتخاب می‌شوند (انتخاب نخبه[3]).

معیار خاتمه: در الگوریتم ارائه‌شده، معیار توقف به‌گونه‌ای است که اگر مقدار تابع هدف در ۲۰ نسل متوالی بهبود نیابد، الگوریتم خاتمه می‌یابد.

پس از اجراهای متعدد و به صورت تجربی برای پارامتر اندازه جمعیت مقدار ۱۰۰، برای نرخ تقاطع مقدار ۰/۵ و برای نرخ جهش مقدار ۰/۵ در نظر گرفته شده است.

کلیه برنامه‌های کامپیوتری این تحقیق، به‌وسیله نرم‌افزار اکسل در محیط VBA نوشته شده و توسط یک رایانه Rintel(R) Core(TM) i7 - 2.20 GHz اجرا شده‌اند.

۵- نتایج محاسباتی

با توجه به توضیحاتی که در مورد تفاوت رویکرد یکپارچه با رویکرد غیریکپارچه ارائه شد، در این بخش تفاوت این دو رویکرد در حل مسائل زمان‌بندی در زنجیره تامین مورد بررسی قرار میگیرد. در رویکرد غیر یکپارچه تصمیمات مربوط به تولید و حمل و نقل به صورت جداگانه و سلسله مراتبی گرفته میشوند، حال آنکه در رویکرد یکپارچه، این تصمیمات به صورت همزمان گرفته می‌شود. به علاوه نتایج الگوریتم ژنتیک پینهادی با توسعه الگوریتم ژنتیک ارائه شده توسط الریچ [۱۵] که برای نزدیک‌ترین مساله در ادبیات موضوع به مساله ما پیشنهاد شده است، نیز در حالت یکپارچه مقایسه شده است. به این منظور تولید طیف متنوع و زیادی از مسایل تصادفی ایجاد شده و آنها را با دو رویکرد یکپارچه، غیریکپارچه و الگوریتم ژنتیک ارائه شده توسط الریچ حل نموده و نتایج حاصل از آنها را با یکدیگر مقایسه میکنیم. در انتها نیز مدل پیشنهادی با نتایج موجود در شرکت ایران خودرو مقایسه شده است.

۵-۱- تولید داده‌های تصادفی برای مساله

در این قسمت به منظور ایجاد مسایل تصادفی مختلف، پنج دسته پارامتر برای مساله در نظر گرفته میشود و برای آن‌ها، سطوحی چون بالا، پایین و متوسط در نطر گرفته میشود. این پنج پارامتر عبارتند از: ۱) تعداد سفارشات ۲) تعداد تامین‌کنندگان ۳) تعداد وسایل نقلیه ۴) زمان پردازش سفارشات و زمان حمل ۵) موعد تحویل سفارشات

برای پارامتر تعداد سفارشات، سه مقدار ۱۰، ۳۰ و ۵۰ در نظر گرفته شده‌است. برای تعداد تامین‌کنندگان نیز ۳ حالت، مورد نظر است. در حالت اول، تعداد تامین‌کنندگان از توزیع یکنواخت U[1,10] انتخاب می‌شود. در حالت دوم، تعداد تامین‌کنندگان از توزیع یکنواخت U[10,20] و در حالت سوم، از توزیع یکنواخت U[30,40] انتخاب می‌شود. برای تعداد وسایل نقلیه نیز دو حالت در نظر گرفته شده‌است. در حالت اول تعداد وسایل نقلیه از توزیع U[5,10] و در حالت دوم از توزیع U[15,20] تبعیت می‌کند. در مورد دو پارامتر زمان پردازش سفارشات نزد تامین‌کنندگان و زمان حمل سفارشات در ۳ حالت بیان شده است. در حالت اول زمان پردازش سفارشات از توزیع U[20,40] و زمان حمل از توزیع U[80,100] انتخاب می‌شود. در حالت دوم، زمان پردازش سفارشات از توزیع U[50,70] و زمان حمل از توزیع U[50,70] انتخاب می‌شود. در حالت سوم نیز، زمان پردازش سفارشات از

[1] Crossover
[2] Mutation
[3] Elitism

www.SID.ir

Archive of SID

توزیع U[80,100] و زمان حمل از توزیع U[20, 40] انتخاب می‌شود.

موعد تحویل سفارشات از توزیع یکنواخت U[(1-T-R/2) P,(1-T+R/2)P] حاصل می‌شود که توسط پاتس و وان واسنهو [۲۸] معرفی شده است. در این توزیع P بیانگر تخمینی از زمان تحویل تمامی سفارشات است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i}{S} + \frac{(m+n)\bar{T}}{V} \qquad (۱)$$

که $\bar{T}$، میانگین زمان حمل بین تامین‌کنندگان و شرکت سازنده است و $\sum_{i=1}^{n} p_i$ بیانگر زمان پردازش سفارش iام نزد تامین‌کننده مربوطه است. همچنین در توزیع مذکور، پارامتر T بزرگ‌تر یا کوچک‌تر بودن مقادیر تولیدشده را تعیین می‌کند، به این ترتیب که با کوچکتر شدن مقدار این پارامتر، بازهای از اعداد بزرگ‌تر در نظر گرفته می‌شود و با افزایش آن، به تناسب مقدارش بازهای از اعداد کوچک‌تر انتخاب می‌شود. R میزان کوتاه یا بلند بودن بازهای که اعداد در آن تولید می شوند یا به عبارت دیگر میزان پراکندگی اعداد تولید شده را مشخص می‌کند.

با توجه به مطالب بیان‌شده، برای موعد تحویل سفارشات نیز دو حالت در نظر گرفته شده‌است که در حالت اول، در توزیع یکنواخت مذکور T=0/75 و R=0/5 در حالت دوم نیز T=0/25 و R=0/5 است. از ترکیب سطوح مختلف برای پارامترهای مساله، ۱۰۸(۲*۳*۲*۳*۳) نوع مساله به‌وجود می‌آید که به‌صورت تصادفی ایجاد شده‌اند. این ۱۰۸ مساله با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شده در دو رویکرد یکپارچه و غیریکپارچه حل شدهاند و نتایج با یکدیگر مقایسه شدهاند. به علاوه این ۱۰۸ مساله توسط الگوریتم ارائه شده توسط الریچ [۱۵] که برای نزدیکترین مساله در ادبیات موضوع به مساله ما پیشنهاد شده است، نیز حل شده و نتایج آن مورد مقایسه قرار گرفته است.

۵-۲- ارزیابی رویکرد پیشنهادی

نتایج به‌دست‌آمده از اجرای این ۱۰۸ مساله توسط الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در دو رویکرد یکپارچه و غیریکپارچه، در جدول ۴ نشان داده شده است. به علاوه نتایج حاصل از توسعه الگوریتم الریچ برای حالت یکپارچه نیز در این جدول نشان داده شده است. جدول ۴، شامل میانگین جواب‌ها و زمان‌های حل به دست آمده با استفاده از رویکردهای یکپارچه، غیریکپارچه و الگوریتم الریچ به ازای حالات مختلف می‌باشد.

مساله در نظر گرفته شده توسط الریچ [۱۵] تا حدود زیادی مشابه مساله مورد بررسی در این تحقیق است. وی برای وسایل نقلیه زمان آمادگی و برای سفارشات تاریخهای تحویل پنجره زمانی در نظر گرفته است. البته وی مساله را در حالت توزیع بررسی کرده و از فاصله بین تولیدکنندگان (تامین‌کنندگان) چشم‌پوشی نموده است. وی برای حل مساله یک الگوریتم ژنتیک ارائه داده است که ما آن را برای مساله خود توسعه داده‌ایم. گام‌های این الگوریتم به صورت زیر می‌باشد:

گام ۱: جمعیت اولیه را به‌صورت تصادفی ایجاد کنید.

گام ۲: سه عملگر جهش، ترکیب و انتخاب را تعریف کنید.

گام ۳: به صورت تصادفی و با احتمال یکسان، یکی از عملگرهای جهش، ترکیب و یا انتخاب را به‌طور تصادفی انتخاب کنید. با انتخاب یک کروموزوم توسط روش چرخه رولت (در صورت انتخاب عمل تلفیق، دو کروزوم)، عملگر انتخابی روی کرومزوم (کرومزوم‌های) انتخابی اعمال می‌شود و نتیجه به نسل بعدی منتقل می‌شود. این عمل را تا جایی انجام می‌دهیم که تعداد اعضای جمعیت جدید برابر با جمعیت قبلی شود.

گام ۴: اگر شرط خاتمه محقق شده است الگوریتم را خاتمه دهید، در غیر این صورت به گام ۳ بروید.

نتایج نشان‌دهنده برتری رویکرد یکپارچه نسبت به رویکرد غیریکپارچه در تمامی حالات است. همچنین الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در رویکرد یکپارچه از تعمیم الگوریتم الریچ جوابهای بهتری را ارائه می‌دهد. به علاوه بر این با بررسی نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد سفارشات، میانگین جواب‌های به‌دست‌آمده از هر دو روش افزایش پیدا می‌کند و میزان برتری رویکرد یکپارچه بیشتر می‌شود. علاوه بر این، با توجه به نتایج به دست آمده در مورد تعداد تامین‌کنندگان و وسایل نقلیه، این‌طور می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش تعداد آن‌ها، مجموع زمان‌های تاخیر، کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده در مورد زمان پردازش و زمان حمل نیز نشان می‌دهد که وقتی یک توازن بین مدت این زمان وجود دارد (حالت ۲) زمان‌های تاخیر کمتر از حالتی است که این دو زمان نامتناسب یا یکدیگرند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: مقایسه نتایج الگوریتم مدل حمل و نقل مشترک و مدل حمل و نقل مستقل

پارامتر	سطح	مقدار پارامتر	میانگین جواب‌ها Gap			میانگین زمان‌های حل		
			رویکرد یکپارچه	رویکرد غیریکپارچه	الگوریتم الریچ	رویکرد یکپارچه	رویکرد غیریکپارچه	الگوریتم الریچ
تعداد سفارش‌ها	کم	10	۳۱,۴۹	۵۱,۹۱	۲۹,۹۲	۱۲,۴۴	۲۷,۱۰	۱۰,۵۴
	متوسط	30	۷۴,۶۱	۱۲۶,۴۳	۷۹,۲۸	۱۵۴,۶۳	۳۰۸,۰۳	۱۸۰,۷۱
	بالا	50	۲۱۸,۵	۲۷۹,۴۹	۲۳۴,۶۱	۵۶۸,۲۳	۱۰۷۱,۵۴	۵۹۸,۲۴
تعداد تامین کنندگان	کم	U [1,10]	۱۵۳,۰۵	۲۱۷,۳۵	۱۶۰,۷۱	۲۷۱,۷۰	۵۳۲,۴۹	۳۱۱,۸۳
	متوسط	U [10,20]	۱۰۸,۶۸	۱۴۷,۱۹	۱۱۶,۳۹	۲۳۶,۲۱	۴۴۴,۰۱	۲۳۰,۹۳
	بالا	U [30,40]	۶۲,۸۷	۹۳,۲۹	۶۶,۷۰	۲۲۷,۳۹	۴۳۰,۱۷	۲۴۶,۷۲
تعداد وسایل نقلیه	کم	U [5,10]	۱۱۸,۵۱	۱۷۱,۸۹	۱۲۴,۴۳	۲۴۶,۶۸	۴۷۵,۰۳	۲۷۰,۰۶
	بالا	U [15,20]	۹۷,۸۹	۱۳۳,۳۳	۱۰۴,۷۷	۲۴۳,۵۱	۴۶۲,۷۴	۲۵۶,۲۷
زمان پردازش سفارش‌ها- زمان حمل	حالت ۱	U [20,40] U [80,100]	۱۱۱,۴۵	۱۵۱,۷۵	۱۱۶,۵۳	۲۸۸,۱۷	۵۲۸,۸۱	۲۹۹,۵۸
	حالت ۲	U [50,70] U [50,70]	۷۹,۵۸	۱۱۴,۰۵	۸۳,۸۱	۲۵۶,۰۴	۵۱۸,۶۱	۲۸۲,۰۵
	حالت ۳	U [80,100] U [20, 40]	۱۳۳,۵۷	۱۹۲,۰۳	۱۴۳,۴۷	۱۹۱,۰۹	۳۵۹,۲۴	۲۰۷,۸۵
تاریخ تحویل	کم	U [10,20]	۵۴,۶۷	۹۹,۰۳	۶۱,۸۷	۲۴۶,۶۳	۴۷۵,۴۴	۲۶۱,۱۸
	بالا	U [20,30]	۱۶۱,۷۳	۲۰۶,۱۹	۱۶۷,۳۳	۲۴۳,۵۷	۴۶۲,۳۳	۲۶۵,۱۴
تمام مسائل			۱۰۸,۲	۱۵۲,۶۱	۱۱۴,۶۰	۲۴۵,۱۰	۴۶۸,۸۹	۲۶۳,۱۶

همان‌طور که در مورد تعداد وسایل نقلیه انتظار می‌رفت، افزایش این عامل، باعث کاهش مجموع زمان‌های تاخیر می‌شود و در مسائلی که تعداد وسایل نقلیه کم است و محدودیت تعداد وسایل نقلیه وجود دارد، روش رویکرد یکپارچه، نتایج قابل قبول‌تری ارائه می‌دهد. در مورد عامل موعد تحویل نیز، چنان‌که از نتایج بر می‌آید، میزان پراکندگی بیشتر در زمان‌های موعد تحویل، باعث افزایش مجموع زمان‌های تاخیر خواهد شد و برتری رویکرد یکپارچه با افزایش پراکندگی موعد تحویل بیشتر می‌شود.

۵-۳- اعتبارسنجی در مطالعه موردی

در این قسمت به منظور اعتبارسنجی بیشتر مدل پیشنهادی از داده های واقعی شرکت ایران خودرو استفاده می‌گردد.

مشکل عمده در اعتبارسنجی مدل با داده‌های حقیقی حجم زیاد قطعات و بواسطه آن حجم زیاد اطلاعات بود. بنابراین تنها از داده‌های محصول پژو ۲۰۶ که قطعات ساخت داخل آن کمتر است، استفاده گردید و تراکنش‌های یک هفته حمل مواد بین این شرکت و تامین‌کنندگانش در محاسبات منظور گردید.

برخی از این داده ها به طور مستقیم از شرکت ساپکو که وظیفه ارتباط شرکت ایران خودرو با تامین‌کنندگانش را بر عهده دارد، تهیه شد اما در مورد برخی دیگر به علت عدم اطلاع و اندازه گیری این دادها توسط ساپکو از منابع دیگری تهیه شد. به طور مثال اطلاعات زمانهای حمل و نقل محموله‌ها در مسیرهای مختلف و توسط وسائل نقلیه‌ی مختلف از باربریهای حمل بار کسب شد.

اطلاعات ورودی شامل ۴۰۸ سفارش جمع آوری می‌شدند. هر سفارش توسط پالتهای مختلفی حمل می‌شدند. یک نوع از این پالتها، پالتی تحت عنوان پالت E8 است که در این شرکت مبنای بیان حجم سفارشات و پالتهای دیگر هستند و به عنوان واحد اندازه‌گیری سفارشات بیان می‌شوند. برای هر سفارش تاریخ سفارش و تاریخی که آن سفارش باید به شرکت ایران خودرو تحویل داده شود نیز جمع‌آوری شد.

در زنجیره تامین ایران خودرو از ۷ نوع وسیله‌ی نقلیه استفاده می‌شود که ظرفیت حمل آنها نیز بر اساس قابلیت حمل تعداد پالتهای نوع E8 بیان می‌گردد. این وسائل نقلیه

www.SID.ir

Archive of SID

عبارتند از تریلی با ظرفیت ۴۰ واحد، کامیون با ظرفیت ۱۲ واحد، کامیونت با ظرفیت ۱۰ واحد، خاور با ظرفیت ۱۶ واحد، نیسان، وانت با ظرفیت ۱ واحد و سواری با ظرفیت ۰,۵ واحد (فقط برای مواقع اضطراری که خط تولید در حال توقف یا آستانه متوقف شدن است).

مقایسه نتایجی که در سیستم رخ داده است با نتایج مدل پیشنهادی نشان از کاهش دیرکردها از ۱۱۷۱۳۸ دقیقه در دنیای واقعی به ۴۰۹۸۵ دقیقه توسط مدل پیشنهادی است که نشان از کارایی مدل پیشنهادی در کاهش زمانهای دیرکرد دارد. شایان ذکر است که تمام این دیرکردها منجر به توقف خط تولید نمی‌شوند زیرا در انبار مواد اولیه موجودی‌هایی از قطعات مختلف وجود دارد و تاریخ‌های تحویل بر مبنای زمانی که باید وارد انبار شوند بیان شده‌اند.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای مطالعات آتی

در این مقاله مدل جدیدی برای مدیریت زنجیره تامین با تاکید بر زمانبندی تولید جامع در تامین‌کنندگان، مشارکت در حمل و نقل مواد و قطعات اولیه و یکپارچگی تصمیمات مربوط به تولید و حمل و نقل معرفی شده است. به منظور بهینه‌سازی تصمیماتی نظیر تخصیص سفارشات به تامین‌کنندگان، تعیین توالی تولید در آنها، تخصیص سفارشات به وسایل نقلیه و تعیین اولویت حمل آنها در مدل پیشنهادی، یک الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. سپس با استفاده از طیف متنوع و زیادی از مسائل تصادفی نشان داده می‌شود که مدل پیشنهادی این تحقیق از مدل غیریکپارچه نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. مقایسه الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با الگوریتم ارائه شده برای نزدیکترین مساله در ادبیات موضوع به مساله مورد بررسی در این مقاله در حالت یکپارچه نیز نشان از برتری الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ما دارد. به علاوه مقایسه نتایج اخذ شده در دنیای واقعی در شرکت ایران خودر و نتایج حاصل از پیاده سازی مدل پیشنهادی نشان از بهبود چشمگیر نتایج دارد. اضافه کردن جزئیات دیگری به مساله مورد بررسی در این مقاله نظیر مدت زمان بارگزاری نزد تامین‌کنندگان و تخلیه بار نزد خودروساز می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات آتی باشد. توسعه مساله وقتی که شرکت سازنده چند شعبه در نقاط مختلف جغرافیایی داشته می‌تواند، زمینه‌ی دیگری جهت تحقیقات آتی باشد.

۷- مراجع

[۱] سیدحسام‌الدین ذگردی، محمد علی بهشتی‌نیا، "یکپارچگی زمان‌بندی حمل و نقل در زنجیره تامین با وسائط نقلیه دارای ظرفیت‌های متفاوت"، مجله پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۶، شماره ۳ (پیاپی ۲۰)، ۱۳۸۸، صفحه ۲۴۴-۲۳۳.

[2] A.D. Yimer, and K. Demirli, "A genetic approach to two-phase optimization of dynamic supply chain scheduling", Computers & Industrial Engineering, Vol. 58, No. 3, 2010, pp. 411-422.

[3] I. Averbakh, "On-line integrated production–distribution scheduling problems with capacitated deliveries", European Journal of Operational Research, Vol. 200, No. 2, 2010, pp. 377-384.

[4] M. Rostamian Delavar, M. Hajiaghaei-Keshteli, and S. Molla-Alizadeh-Zavardehi, "Genetic algorithms for coordinated scheduling of production and air transportation", Expert Systems with Applications, Vol. 37, No. 12, 2010, pp. 8255-8266.

[5] B. Scholz-Reiter, E.M. Frazzon, and T. Makuschewitz, "Integrating manufacturing and logistic systems along global supply chains", CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 2, No. 3, 2010, pp. 216-223.

[6] R. Bhatnagar, P. Mehta, and C. Chong Teo, "Coordination of planning and scheduling decisions in global supply chains with dual supply modes", International Journal of Production Economics, Vol. 131, No. 2, 2011, pp. 473-482.

[7] W.-K. Yeung, T.-M. Choi, and T.C.E. Cheng, "Supply chain scheduling and coordination with dual delivery modes and inventory storage cost", International Journal of Production Economics, Vol. 132, No. 2, 2011, pp. 223-229.

www.SID.ir

Archive of SID

[8] S.-C. Liu, and A.-Z. Chen, "Variable neighborhood search for the inventory routing and scheduling problem in a supply chain", Expert Systems with Applications, Vol. 39, No. 4, 2012, pp. 4149-4159.

[9] Y. Mehravaran, and R. Logendran, "Non-permutation flowshop scheduling in a supply chain with sequence-dependent setup times", International Journal of Production Economics, Vol. 135, No. 2, 2012, pp. 953-963.

[10] H. Osman, and K. Demirli, "Economic lot and delivery scheduling problem for multi-stage supply chains", International Journal of Production Economics, Vol. 136, No. 2, 2012, pp. 275-286.

[11] I. Averbakh, and M. Baysan, "Approximation algorithm for the on-line multi-customer two-level supply chain scheduling problem", Operations Research Letters, Vol. 41, No. 6, 2013, pp. 710-714.

[12] J. Ren, D. Du, and D. Xu, "The complexity of two supply chain scheduling problems", Information Processing Letters, Vol. 113, No. 17, 2013, pp. 609-612.

[13] S. Kabra, M.A. Shaik, and A.S. Rathore, "Multi-period scheduling of a multi-stage multi-product bio-pharmaceutical process", Computers & Chemical Engineering, Vol. 57, 2013, pp. 95-103.

[14] M.A. Shaik, and C.A. Floudas, "Improved unit-specific event-based continuous-time model for short-term scheduling of continuous processes: Rigorous treatment of storage requirements", Industrial & engineering chemistry research, Vol. 46, No. 6, 2007, pp. 1764-1779.

[15] C.A. Ullrich, "Integrated machine scheduling and vehicle routing with time windows", European Journal of Operational Research, Vol. 227, No. 1, 2013, pp. 152-165.

[16] A. Thomas, et al., "A resource constrained scheduling problem with multiple independent producers and a single linking constraint: A coal supply chain example", European Journal of Operational Research, Vol. 236, No. 3, 2014, pp. 946-956.

[17] E. Selvarajah, and R. Zhang, "Supply chain scheduling at the manufacturer to minimize inventory holding and delivery costs", International Journal of Production Economics, Vol. 147, Part A, 2014, pp. 117-124.

[18] T. Sawik, "Joint supplier selection and scheduling of customer orders under disruption risks: Single vs. dual sourcing", Omega, Vol. 43, 2014, pp. 83-95.

[19] E. Muñoz, et al., "Supply chain planning and scheduling integration using Lagrangian decomposition in a knowledge management environment", Computers & Chemical Engineering, Vol. 72, 2015, pp. 52-67.

[20] B. Han, and W.J. Zhang, "On-line Supply Chain Scheduling Problem with Capacity Limited Vehicles", IFAC-PapersOnLine, Vol. 48, No. 3, 2015, pp. 1539-1544.

[21] B. Han, et al., "On-line supply chain scheduling for single-machine and parallel-machine configurations with a single customer: Minimizing the makespan and delivery cost", European Journal of Operational Research, Vol. 244, No. 3, 2015, pp. 704-714.

[22] D.C. Pinha, et al., "Supply Chain Scheduling: A Motorcycle Assembly Case Study", IFAC-PapersOnLine, Vol. 48, No. 3, 2015, pp. 1527-1532.

[23] W. Liu, et al., "A scheduling model of logistics service supply chain based on the mass customization service and uncertainty of FLSP's operation time", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 83, 2015, pp. 189-215.

[24] J. Pei, et al., "Serial batching scheduling of deteriorating jobs in a two-stage supply chain to minimize the makespan", European Journal of Operational Research, Vol. 244, No. 1, 2015, pp. 13-25.

[25] J. Ehm, and M. Freitag, "The Benefit of Integrating Production and Transport Scheduling", Procedia CIRP, Vol. Vol. 41, 2016, pp. 585-590.

[26] W. Liu, et al., "The optimal decision of customer order decoupling point for order insertion scheduling in logistics service supply chain", International Journal of Production Economics, Vol. 175, 2016, pp. 50-60.

[27] S. Bruque-Cámara, J. Moyano-Fuentes, and J.M. Maqueira-Marín, "Supply chain integration through community cloud: Effects on operational performance", Journal of Purchasing and Supply Management, Vol. 22, No. 2, 2016, pp. 141-153.

[28] C.N. Potts, and L.N. Van Wassenhove, "A decomposition algorithm for the single machine total tardiness problem", Operations Research Letters, Vol. 1, No. 5, 1982, pp. 177-181.

www.SID.ir