نشریه بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۱، جلد۱۹، بهار ۱۳۸۷، صفحه ۵۱-۴۳
ویژه‌نامه مهندسی صنـــایع

# مدل‌سازی و بهینه‌سازی زنجیره‌تامین کششی تحت کنترل سیاست CONWIP

سجاد شکوهیار، سید محمد معطر حسینی و سید علی ترابی

**چکیده:** مدیریت زنجیره تامین در نیمه دوم قرن گذشته توسعه فراوانی یافته و در قـرن حاضـر نیـز این توسعه ادامه داشته است. یکی از زمینه‌هایی که امروزه مورد توجه فراوان قرار گرفته است، توسعه و انطباق روش‌های کنترل تولید و موجودی با فلسفه تولید بهنگـام در سـطح خطـوط تولیـدی و بـه منظور کنترل مناسب جریان مواد و محصولات در سطح زنجیره تامین است. به همین منظور در ایـن مقاله سعی می‌شـود تـا سیاسـت کشـشی- فـشاری کـار در جریـان ثابـت (CONWIP) در شـرایط زنجیره‌تامین تطبیق داده شده و مدل‌سازی می‌گردد. نرخ تقاضا، زمان تولید، راه‌اندازی و حمـل‌ونقـل به صورت احتمالی است. در فرآیند بهینه‌سازی نیز با توجه به ماهیت پیچیده زنجیره تـامین، از روش بهینه‌سازی شبیه‌سازی استفاده خواهد شد که انعطاف‌پذیری فراوانـی را بـه منظـور حـل مـساله دارا می‌باشد. تابع هدف مساله به صورت مجموع هزینه‌های کار در جریان،کمبـود و تـامین مـواد خـام در نظر گرفته شده که می‌بایست حداقل گردد. پس از حل مـدل، نتـایج اجـرای مـدل مـورد بررسـی و تحلیل قرار خواهند گرفت.

**واژه های کلیدی:** زنجیره تامین، بهینه‌سازی شبیه‌سازی، تولید بهنگام، سیاست کششی کار در جریان ثابت

## ۱. مقدمه

یک زنجیره تامین شامل همه تسهیلات (امکانات)، وظایف و فعالیت‌هایی می‌شود که در تولید و تحویل یک کالا یا خدمت، از تامین‌کنندگان تا مشتریان ادامه دارد و شامل مدیریت و هماهنگی عرضه و تقاضا، تامین مواد، تولید محصول، انبارش، کنترل موجودی و توزیع محصول به مشتری می‌گردد[۱]. در یک زنجیره تامین، تصمیم‌گیری در خصوص سطوح موجودی و نحوه کنترل آن‌ها بر روی تک تک عناصر زنجیره تاثیرگذار است و این تاثیر به صورت افزایش کیفیت یا کاهش هزینه نمایان می‌شود. با توجه به این مطلب می‌توان تصمیم‌گیری در مورد موجودی در یک زنجیره تامین را یکی از مهم‌ترین تصمیمات مدیریت زنجیره تامین دانست[۱].

**این مقاله در تاریخ ۸۵/۳/۸ دریافت و در تاریخ ۸۶/۷/۱ به تصویب نهایی رسیده است.**

**سجاد شکوهیار**، کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیر کبیر، Shokuhyar@yahoo.com

**دکتر سید محمد معطر حسینی**، عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر، moattarh@aut.ac.ir

**دکتر سید علی ترابی** عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع دانشکده فنی دانشگاه تهران، satorabi@ut.ac.ir

با گسترش کاربرد استراتژی‌های کششی در سطح خطوط تولیدی، می‌توان با توسعه و انطباق روش‌های فوق در سطح زنجیره تامین از مزایای تولید کششی برخوردار گردید. یکی از مناسب‌ترین سیاست‌هایی که بتواند مزایای سیاست کششی را داشته و در عین حال اجرای آن نیز ساده باشد، سیاست کششی- فشاری "کار در جریان ثابت" یا به اختصار CONWIP است. این سیاست با توجه به مزایای خود در برابر روش کنترلی کانبان ارائه گردید و توانست از یک سو با توجه به انعطاف‌پذیری خود به سهولت در سطح خطوط تولیدی اجرا گردد و از سوی دیگر مزایای روش‌های کنترل موجودی کششی را در خود حفظ نماید. در ادامه، ضمن تشریح این استراتژی ترکیبی، به توسعه و انطباق سیاست فوق در یک زنجیره تامین پرداخته خواهد شد. تابع هدف مدل فوق حداقل نمودن هزینه‌های موجودی شامل هزینه نگهداری محصول تولیدی، هزینه کمبود، هزینه نگهداری کار در جریان و هزینه سربار است. در مدل فوق زمان‌های تولید و حمل و نقل ثابت هستند و برای هر محصول کارت خاص آن محصول اختصاص داده شده است. مرک، الکینز و اسمیت (۱۹۹۹) نحوه شبیه‌سازی دو سیاست کانبان و CONWIP را بررسی نمودند[۴]. در مدل‌های شبیه‌سازی طراحی شده برای هر دو سیاست، یک فرآیند سریال با چهار ایستگاه و براساس پارامترهای مشابه در نظر گرفته

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

شده است اما مدل‌های فوق بهینه‌سازی نگردیده اند. ریان و چوبینه (۲۰۰۰) یک روش ابتکاری را برای تخصیص تعداد کارت در یک فرآیند کارگاهی چند محصولی توسعه دادند. تابع هدف در نظر گرفته شده حداقل نمودن سطح کار در جریان با محدودیت ارضای سطحی از سرویس برای محصولات مختلف است. بدین منظور آنها برای هر یک از محصولات یک نوع کارت در نظر گرفتند و مجموع تعداد کارت‌ها را به عنوان مجموع کار در جریان حداقل نمودند. همچنین به منظور پاسخگویی به سطحی از سرویس با تعریف نسبتی از سفارشات که به محض ورود پاسخ داده نمی‌شوند و در نظر گرفتن حد پایینی برای این نسبت و اعمال آن به صورت محدودیت در مدل مساله حل گردیده است. [۵]

زانگ و چن (۲۰۰۱) به منظور بررسی و بهینه سازی سیاست CONWIP، یک مدل ریاضی غیر خطی عدد صحیح را ارائه نمودند[۶]. مدل آنها توالی کارها و حجم تولیدی را برای یک دوره بهینه می‌نماید. تابع هدف در نظر گرفته شده در مدل فوق حداقل نمودن هزینه راه‌اندازی در ایستگاه گلوگاه است با این فرض که در فرآیند در نظر گرفته شده یک گلوگاه وجود دارد. در این مدل هزینه‌های کمبود و هزینه نگهداری لحاظ نشده است. ریان و چوبینه (۲۰۰۳) یک مدل غیر خطی ریاضی را برای تعیین کار در جریان هر یک از محصولات در یک فرآیند کارگاهی با استفاده از تخصیص یک کارت مشخص برای هر محصول توسعه دادند. روش ارائه شده در مقاله فوق مانند مقاله Ryan و Chobinehl (۲۰۰۰)، به صورت دو مرحله‌ای است. آنها ابتدا با طراحی یک مدل ریاضی غیر خطی حداقل سطح کار در جریان را به صورتی مشخص نمودند که فاصله محصول تولیدی با حداکثر نرخ تولید حداقل باشد. در ادامه با توجه به این حدود، این تعداد کارت را به صورتی به محصولات مختلف تخصیص دادند که این تعداد کارت محصول تولیدی کل را حداکثر نماید [۷]. سارکر و وانگ (۲۰۰۵) به توسعه مدل کانبان در زنجیره‌تامین در سه حالت تک مرحله‌ای، چند مرحله‌ای و زنجیره‌تامین مونتاژی پرداختند و سپس برای هر یک از موارد فوق یک مدل ریاضی MINLP توسعه داده و از روش شاخه و حد مدل فوق را حل نمودند.

در مدل‌های فوق تابع هدف به صورت مجموع هزینه‌های موجودی طراحی شده است و مجموع هزینه‌های تولید، راه‌اندازی، حمل‌ونقل و نگهداری با استفاده از ضرایب هزینه‌ای به صورت تابع هدف در مدل حداقل شده‌اند. در مدل کمبود لحاظ نشده است. از مهمترین ویژگی‌های مدل فوق تعیین اندازه انباشته علاوه بر تعیین تعداد کارت کانبان است. همچنین در مدل‌های فوق تامین مواد نیز توسط کارت انجام می‌گیرد و این کارت در مدل‌ها بهینه می‌گردد[۸]. ریان و وراساین (۲۰۰۵) مدل چند محصولی CONWIP را با هدف حداقل نمودن حداکثر فروش از دست رفته و با اختصاص کارت مشخص به هر محصول ارائه دادند[۹]. آنها همچنین با مقایسه شبیه سازی نشان دادند که در حالت اختصاص کارت مختص هر محصول حساسیت تعداد کارت به نرخ سرویس کمتر از حالت اختصاص کارت مشترک میان محصولات مختلف است. اوال و مارگیوز (۲۰۰۳) روش کنترلی CONWIP را در یک زنجیره تامین سریال مورد بررسی قرار دادند. نوع مساله مورد بررسی تک محصولی و تک متغیره در نظر گرفته شده است لذا با توجه به ساده‌سازی فوق و همچنین در نظر نگرفتن هزینه‌های حمل و نقل و نگهداری مساله بهینه شده است[۱۰]. با توجه به مرور ادبیات انجام شده، در این مقاله یک مدل چند محصولی با استفاده از سیاست CONWIP و در نظر گرفتن هزینه‌های حمل و نقل، نگهداری و تولید و همچنین لحاظ نمودن پارامترهای احتمالی ارائه خواهد شد و در نهایت مدل ارائه شده با استفاده از روش پیشنهادی بهینه‌سازی می‌گردد.

## ۳. تعریف فرضیات و شرایط مساله

یکی از مهمترین حوزه‌های قابل بررسی در زنجیره‌های تامین، تعیین روش مورد استفاده در کنترل موجودی قطعات و محصولات است. Alper (۲۰۰۳) با بیان ویژگی‌های اصلی یک زنجیره، در خصوص انتخاب استراتژی مناسب زنجیره‌تامین و ویژگی‌هایی که یک زنجیره به منظور پیاده‌سازی آن باید داشته باشد جدول ذیل را طرح می‌نماید. [۱۱] (جدول ۱).

**جدول ۱. ابعاد مختلف استراتژی‌های کنترل زنجیره تامین[۱۱]**

| مشخصات زنجیره تامین | استراتژی Push | استراتژی Pull |
|---|---|---|
| **هدف زنجیره** | حداقل نمودن هزینه | حداکثر نمودن سطح سرویس |
| **پیچیدگی** | زیاد | کم |
| **تمرکز اصلی در کنترل زنجیره** | تخصیص صحیح منابع | قدرت پاسخگویی و عکس‌العمل نسبت به تغییرات |
| **فاصله زمانی سفارش تا تحویل کالا به مشتری** | بلند مدت | کوتاه مدت |
| **فرآیندهای در حال انجام در زنجیره** | اجرای برنامه‌ریزی پیش بینی شده برای زنجیره | پاسخگویی به تقاضا |

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود برای استفاده یک استراتژی کنترل موجودی در زنجیره‌تامین می‌بایست شرایط لازمه آن سیاست در زنجیره محیا باشد. به عنوان نمونه استراتژی فشاری اغلب در زنجیره‌هایی به کار می‌رود که هدف زنجیره کاهش هزینه است و در مقابل استراتژی کششی به سطح سرویس و توانایی پاسخ‌گویی زنجیره به تقاضای مشتری اهمیت می‌دهد.

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

حال با توجه به این موضوع که استراتژی کنترلی CONWIP از هر دو منطق کششی و فشاری برخوردار است لذا می‌بایست در تعیین هدف زنجیره، ترکیبی از کاهش هزینه و افزایش سطح سرویس را در نظر گرفت. همچنین این استراتژی در زنجیره‌هایی قابل پیاده سازی است که با افق میان مدت و نه صرفا برنامه‌ریزی کوتاه مدت به تقاضاها پاسخ می‌دهند. همچنین به منظور پیاده سازی سیاست فوق در زنجیره تامین می‌بایست شرایط زیر محیا گردد تا بتوان از مزایای برشمرده شده سیاست فوق برخوردار گردید[۱۰]:

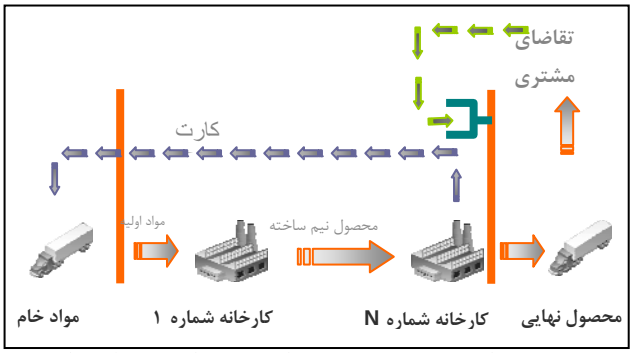
۱- یک زنجیره تامین شامل چندین شرکت با اهداف متفاوت و حتی متناقض می‌باشد. در نتیجه برای ارائه یک استراتژی کلان در کل زنجیره لازم است مسئولیت کنترل تولید در اختیار یکی از اعضای زنجیره قرار گیرد.

۲- در این سیاست کنترل به صورت متمرکز و کلان انجام می گردد لذا موسسات می‌بایست اطلاعات کنترل موجودی خود را در اختیار بخش کنترل کننده قرار دهند.

۳- همواره داشتن سطح موجودی (WIP) پایین نمی تواند به نفع هر یک از شرکت‌های موجود در زنجیره باشد به همین منظور لازم است ساختار زنجیره به صورتی طراحی گردد که سود و زیان موسسات به صورت مشترک تخصیص یابد و سرمایه‌گذاری انجام شده به صورت مشترک باشد.

۴- پیاده‌سازی این سیستم نیازمند سرمایه‌گذاری در زمینه سیستم‌های انتقال الکترونیکی داده (EDI) است چرا که اطلاعات تقاضا همواره می‌بایست در اختیار اولین عضو زنجیره قرار گیرد.

۵- با توجه به این موضوع که در این سیاست دستور تقاضا به ابتدای زنجیره داده می‌شود لذا پیاده سازی استراتژی فوق در زنجیره‌هایی امکان پذیر است که فرآیند اصلی توسط کارخانه ابتدایی انجام پذیرد و سایر کارخانجات فرآیندهای تکمیلی تولید را انجام دهند. با توجه به شرایط مطرح شده، در ادامه به مدل سازی سیاست فوق در یک زنجیره تامین سریال پرداخته خواهد شد. زنجیره تامین سریال ساده‌ترین ساختار زنجیره می‌باشد که جهت تولید محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این زنجیره محصول یا محصولات با عبور از کارخانجات مختلف به محصول نهایی تبدیل شده و به مشتری ارسال می‌گردد (شکل ۱).




**شکل۱. نمایش کنترل زنجیره تامین سریال توسط سیاست CONWIP**

همانطور که در شکل ۱ مشخص است تعداد محصول در حال تولید یا همان کار در جریان توسط تعداد کارت در مدل کنترل شده و ثابت می‌ماند.

سیستم کنترلی CONWIP با توجه به نوع طراحی آن، دارای هر دو منطق کششی و فشاری می‌باشد. در سیستم CONWIP تقاضا به صورت کششی در زنجیره اعمال می‌گردد و در طی مراحل تولیدی محصول مورد تقاضا به صورت فشاری تولید می‌گردد[۲]. با توجه به توضیحات فوق در ادامه فرضیات اصلی در نظر گرفته شده در مدل‌سازی و نحوه بهینه نمودن مدل طراحی شده بیان خواهد شد:

۱. مدل طراحی شده به صورت چند محصولی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲. در مساله مورد بررسی برای هر نوع محصول کارت CONWIP مخصوص به آن محصول در نظر گرفته شده است.

۳. مدل به صورتی طراحی شده است که نوع تقاضا، اندازه تقاضا و نرخ تقاضا براساس توابع احتمالی در مدل قابل اعمال باشد.

۴. در مدل طراحی شده کمبود در نظر گرفته شده است و تقاضاهایی که پس از ورود نتوان آنها را پاسخ گفت با کمبود مواجه می‌شوند و تا زمان پاسخ‌گویی در صف انتظار باقی می‌مانند و به صورت عقب افتاده پاسخ داده می‌شوند.

۵. با توجه به توضیحات داده شده در خصوص وجود پیچیدگی‌های تولیدی، برای تولید هر نوع محصول، زمان‌های تولید خاص آن محصول در نظر گرفته شده است که این زمان‌ها می‌تواند به صورت احتمالی و با پیروی از یک تابع توزیع خاص باشد.

۶. با ورود تقاضا با توجه به اندازه انباشته در نظر گرفته شده، کارت سفارش تولید صادر می‌گردد. همچنین برای سفارش مواد خام نیز همان اندازه انباشته در نظر گرفته شده برای تولید در نظر گرفته شده است.

۷. با توجه به سفارش تولید براساس اندازه انباشته، در صورتی که نوع محصول تولیدی پس از تولید هر انباشته تغییر نماید زمان و هزینه راه‌اندازی برای تولید انباشته محصول بعدی لحاظ می‌شود.

۸. در مدل طراحی شده مواد اولیه مورد نیاز کارخانه ابتدایی، براساس تقاضای تولید سفارش داده می‌شود و مواد اولیه به صورت نامحدود در دسترس نیست و سفارش مواد خام با استفاده از کارت سفارش مواد خام در نظر گرفته شده است.

۹. زمان و هزینه حمل‌ونقل محصولات نیمه‌ساخته و نهایی در مدل لحاظ شده است.

۱۰. تامین مواد خام مورد نیاز کارخانجات براساس یک هزینه متغیر به ازای هر واحد ماده خام سفارش شده محاسبه می‌شود.

۱۱. هزینه نگهداری به صورت مجموع دو نوع هزینه محاسبه می‌گردد. بخش اول شامل محاسبه هزینه نگهداری متناسب با زمان نگهداری هر محصول است و بخش دوم شامل محاسبه هزینه ثابت نگهداری براساس حداکثر موجودی نگهداری شده است.

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

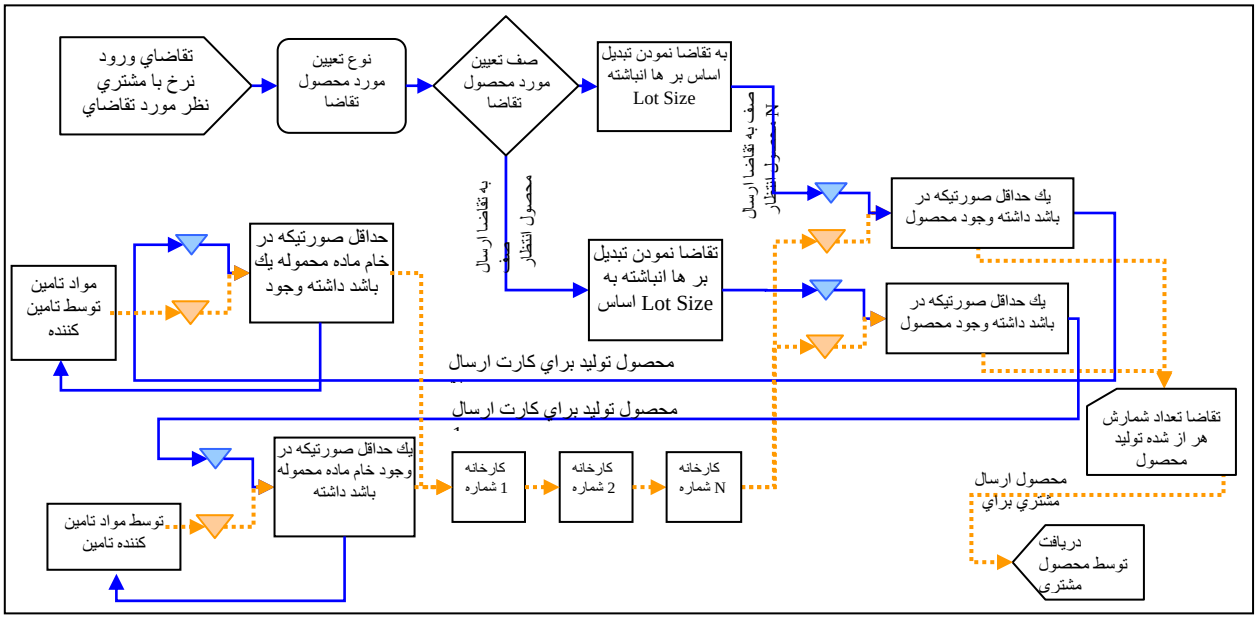
۱۲. در مدل حاضر از رویه پاسخگویی FCFS به منظور تولید محصولات در کارخانجات استفاده شده است. نحوه پاسخگویی به تقاضاهای مشتریان نیز با استفاده از همین قاعده است.

۱۳. در بخش تامین مواد خام، برای هر نوع محصول یک تامین کننده در نظر گرفته شده است که وظیفه تامین مواد اولیه آن نوع محصول را دارد و کنترل سطح موجودی مواد خام برای هر نوع محصول به صورت مجزا است و توسط کارت کنترل می‌گردد.

۱۴. با توجه به توضیحات فوق در ادامه ابتدا ضمن تشریح مدل مفهومی مساله، نحوه پیاده‌سازی مدل فوق در نرم افزار شبیه‌سازی Arena بیان خواهد شد. همچنین به منظور بهینه‌سازی مساله، الگوریتم بهینه‌سازی و اجزای آن نیز توضیح داده می‌شوند.

## ۴. طراحی مدل مفهومی مساله

در مدل طراحی شده به منظور شروع فرآیند تولید در ابتدا محصول به تعداد مورد نظر تولید گردیده و در صف انتظار تقاضا قرار می‌گیرد. با ورود تقاضا، محصول مورد نظر با توجه به اندازه انباشته تولید در نظر گرفته شده تحویل داده می‌شود و با ارسال کارت تولید (سفارش تولید) به ابتدای زنجیره، فرآیند تولید محصول آغاز می‌گردد. در صورتیکه محصول مورد تقاضا وجود نداشته باشد تقاضای مورد نظر، منتظر تولید محصول باقی می‌ماند و در واقع تقاضای فوق با کمبود مواجه می‌گردد و این امر تا تولید محصول ادامه می‌یابد. به این ترتیب همواره سطح کار در جریان در طول زنجیره ثابت باقی می‌ماند(شکل ۲).




**شکل ۲. مدل طراحی شده مساله مورد بررسی**

در مدل طراحی شده به منظور تفکیک نوع محصولات، در کارخانجات مختلف می‌باید از صف‌های مجزا برای محصولات استفاده گردد. همچنین در فرآیند تعیین وجود و یا عدم وجود محصولات مورد تقاضا باید تقاضاها در صف‌های مجزا مشخص گردند که این مورد در هنگام پیاده‌سازی مدل در نرم افزار Arena توضیح داده خواهد شد.

با ورود درخواست تولید به کارخانه ابتدایی و برداشت مواد خام از انبار مواد اولیه، کارت برداشت (سفارش مواد خام) به تامین کننده مواد خام داده می‌شود و اندازه انباشته سفارش شده مواد خام برابر اندازه انباشته تولید در نظر گرفته می‌شود.

در حالت چند محصولی، همانطورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود برای هر محصول صف خاص آن محصول در نظر گرفته شده است. همچنین در طول فرآیند تولید از قاعده توالی FCFS استفاده می‌گردد. به منظور کنترل کار در جریان، در صورتی که محصول مورد تقاضا وجود نداشته باشد تا زمان تولید حداقل یک محموله از محصول مورد نظر، مشتری منتظر می‌ماند و پس از وقوع این امر کارت محصول مورد نظر جدا شده و به ابتدای زنجیره باز می‌گردد و محصول مورد نظر تحویل مشتری می‌گردد.

به منظور اجرای این منطق، لازم است همواره دو صف برای کارت و محصول در نظر گرفته شود. درصورتی‌که حداقل یک کارت و یک محصول وجود داشته باشد آن دو را از صف خارج نموده و با توجه به شکل ۲ در مسیرهای مشخص شده ارسال نماید.

## ۵. پیاده‌سازی مدل در نرم افزار ARENA

پس از مدل سازی مساله، مدل طراحی شده در نرم افزار ARENA پیاده سازی گردید. با توجه به توضیحات داده شده در خصوص پیاده‌سازی سیاست CONWIP در زنجیره تامین سریال، مشخص

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

می‌گردد که مهم‌ترین بخش در این سیاست، نحوه کنترل کارت و در اختیار قراردادن کارت در میان کارخانجات مختلف است.

به همین منظور لازم است در مدل طراحی شده از یک ماژول جهت مدیریت کارت استفاده شود. برای این منظور با توجه به امکانات نرم‌افزار Arena از ماژول MACH در انتهای فرآیند تولید و برای هر محصول استفاده شده است.

نحوه عملکرد به این صورت است که در ابتدای اجرای مدل با استفاده از ماژول CREAT به تعداد تعریف شده محصول تولید می‌گردد و در یکی از دو صف ماژول MACH قرار می‌گیرد. این تعداد محصول منتظر ورود تقاضا در صف دیگر ماژول می‌ماند و با ورود اولین تقاضا یک کارت به ابتدای فرآیند منتقل می‌گردد و جهت ادامه فرآیند به اولین کارخانه فرستاده می‌شود.

در نتیجه در طول فرآیند تولید همواره تعداد کارت ثابتی در مدل وجود خواهد داشت. حال در صورتی که تقاضا وارد شود و محصول در صف انتظار ماژول MACH وجود نداشته باشد تقاضا با کمبود مواجه می‌شود و منتظر تولید می‌ماند. همچنین به منظور شبیه‌سازی فرآیند تولید در هر کارخانه از یک ماژول PROCESS استفاده شده است که زمان‌های تولید محصولات در ماژول فوق وارد شده است.

## ۶. اعتبار سنجی مدل طراحی شده

به منظور اعتبار سنجی مدل طراحی شده، از مقاله‌ای که توسط مرک و الکینز (۲۰۰۱) در کنفرانس زمستانی شبیه‌سازی منتشر شده است استفاده گردید[۴]. در این مقاله ضمن بررسی ویژگی‌های سیاست‌های کنترلی کانبان و CONWIP، هر دو نوع سیاست مدل‌سازی گردیده و در انتها نتایج هر یک از مدل‌ها ارائه شده است. مدل مقاله فوق بسیاری از فرضیات ارائه شده در مدل طراحی شده در این تحقیق را در خود ندارد.

لذا فرضیات مدل طراحی شده حاضر به صورتی تغییر داده می‌شود که بتوان شرایطی مانند مدل مقاله مورد بررسی ایجاد نمود. بدین منظور زمان‌های حمل‌ونقل میان کارخانجات، زمان‌های راه‌اندازی و تامین مواد اولیه در مدل صفر در نظر گرفته شد. همچنین اندازه انباشته برابر یک در نظر گرفته شد و مدل در حالت تک محصولی مقایسه گردید که علت این امر به دلیل تخصیص کارت مشترک به محصولات در مدل Marek و Elkins است. در این مقاله کد Siman مدل ارائه شده است که می‌توان براساس آن مدل را در نرم‌افزار Arena اجرا نمود.

با توجه به این موضوع مدل در نرم‌افزار Arena پیاده‌سازی گردید و نتایج آن توسط مثال‌های مختلف اجرا گردید و در حالات فوق با مدل طراحی شده در این تحقیق مقایسه گردید. در جدول ۲ نتایج بدست آمده از مدل طراحی شده و مدل مرک و الکینز که هر یک ده بار اجرا گردیده، نمایش داده شده است.

**جدول ۲. مقایسه مدل طراحی شده با مقاله مرک و الکینز**

| الگوی تقاضا / تعداد کارت | | تعداد کارت ۱۱ | | تعداد کارت ۳۰ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Expo(54) | تعداد تولید | 1598 | 1598 | 1605 | 1605 |
| | Avg.WS1 | .33512 | .32848 | .34076 | .33368 |
| | Avg. WS2 | .50287 | .49166 | .51149 | .49950 |
| | Avg. WS3 | .99497 | .99128 | .99940 | .99546 |
| | Avg. WS4 | .63703 | .64812 | .64032 | .65039 |
| Expo(108) | تعداد تولید | 876 | 876 | 876 | 876 |
| | Avg. WS1 | .18432 | .18558 | .18432 | .18558 |
| | Avg. WS2 | .27484 | .27729 | .27484 | .27729 |
| | Avg. WS3 | .54895 | .56019 | .54895 | .56019 |
| | Avg. WS4 | .35833 | .36778 | .35833 | .36778 |

در جدول فوق ستون‌های خاکستری رنگ مربوط به مقاله مرک و الکینز است و ستون‌های به رنگ روشن نتایج حاصله از مدل تحقیق حاضر است. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج تقریبا با یکدیگر مشابه بوده و تفاوت‌ها به دلیل تصادفی بودن زمان‌های تولید و حمل‌ونقل بر اساس توابع احتمالی تعریف شده است. لذا براساس نتایج فوق، می‌توان صحت مدل طراحی شده را بر اساس مدل مقاله فوق تایید نمود.

## ۷. الگوریتم بهینه‌سازی مدل شبیه سازی

با توجه به ویژگی‌های مدل طراحی شده، به منظور بهینه‌سازی مدل، از ابزار بهینه‌سازی شبیه‌سازی استفاده گردیده است. این ابزار با گسترش نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، توسعه چشمگیری یافته است. در این مقاله با توجه به استفاده از نرم‌افزار Arena برای مدل‌سازی مساله، از نرم‌افزار OptQuest که برای برای بهینه‌سازی مسائل طراحی شده با نرم‌افزار Arena است، استفاده خواهد شد. اجزای این نرم‌افزار در شکل ۳ نمایش داده شده است. در نرم‌افزار فوق با ایجاد ارتباط با مدل شبیه‌سازی و استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری سعی می‌گردد که تابع هدف تعیین شده برای مساله بهبود داده شود. پس از دریافت خروجی($Y_i$)، توسط نرم‌افزار OptQuest، خروجی و متغیرهای ورودی ($X_i$) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این ارزیابی اغلب توسط یک الگوریتم بهینه‌سازی انجام می‌گیرد. سپس بر اساس ارزیابی انجام گرفته پارامترهای جدید ($X_i^{'}$) به عنوان ورودی به مدل شبیه‌سازی وارد می‌گردد و این چرخه تا وقوع شرط توقف ادامه می‌یابد[۱۲]. براساس توضیحات داده شده در مورد روش حل مدل، در ادامه اجزای الگوریتم حل مدل توضیح داده می‌شود.

### ۷-۱. تعریف متغیرها، پارامترها و تابع هدف مساله

با توجه به فرضیات مساله، علاوه بر بهینه نمودن تعداد محموله‌های در جریان، بهینه‌سازی همزمان اندازه انباشته نیز در نظر گرفته شده است. همچنین، تعداد کارت در جریان که سطح موجودی مواد اولیه را

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

در مدل مشخص می‌نمایند نیز بهینه‌سازی گردیده است. براساس توضیحات فوق متغیرها و پارامترهای مساله به صورت ذیل تعریف شده‌اند.

*PQ[i,1]*: اندازه انباشته محصول نوع i

*CONWIP_Cart_Prod*:کارت تولید محصول نوع i

*CONWIP_Cart_supp*:کارت سفارش مواد خام محصول نوع i

*sjtiC*: تعداد محموله‌های راه‌اندازی شده نوعi در کارخانه j

*C_ sjti*: هزینه راه اندازی هر محموله نوع i در کارخانه j

*pitj*: تعداد محصولات نوع i تولیدی توسط کارخانه j

*C_pitj*: هزینه تولید هر واحد محصول نوع i در کارخانه j

*ti_Rj*: تعداد محموله نوع i با اندازه انباشته در بازه j

*C_ti_Rj*: هزینه حمل هر محموله نوع i با اندازه انباشته در بازه j

*CV_ti_R4*: هزینه حمل هر واحد محصول نوع i با اندازه انباشته در بازه ۴

*Time_fj_ti*: مدت زمان نگهداری محموله‌های نوع i در کارخانه j

*C _time_fj_ti*: هزینه نگهداری هر واحد محصول نوع i در کارخانه j

*Cmax_time_fj_ti*: هزینه ثابت نگهداری متناسب با حداکثر موجودی نوع i در کارخانه j

*time_final product _ti*: مدت زمان نگهداری محموله‌های محصول نهایی نوع i

*C _time_ final product _ti*: هزینه نگهداری هر واحد محصول نهایی نوع i

*C_ Rawi*: هزینه تامین و حمل‌ونقل هر واحد ماده خام نوع i

*C _ time_backlog_ti*: هزینه انتظار تقاضا برای هر محموله نوع i

*C _time_order _Ti*: هزینه انتظار هر واحد زمانی سفارش تولید برای هر محموله نوع i

*time_pros(i,j)* : زمان تولید هر واحد محموله نوع i در کارخانه j

*time_ Setup (i,j)*: زمان راه اندازی هر محموله نوع i در کارخانه j

*time_R[i,1]*: زمان تامین هر واحد محصول نوع i

*time_trans(i,j)*: زمان حمل هر محموله بازه حمل i از کارخانهj

*Cmax _time_ final product _ti*: هزینه ثابت نگهداری متناسب با حداکثر موجودی نهایی نوع i

*time_Ri*: مدت زمان نگهداری محموله‌های از نوع i به علت نبود کارت تولید در کارخانه ۱

*NQ_Q_Fj_pi*: تعداد محموله نوع i نگهداری شده در انبار محصول نیمه ساخته و مواد اولیه کارخانه j

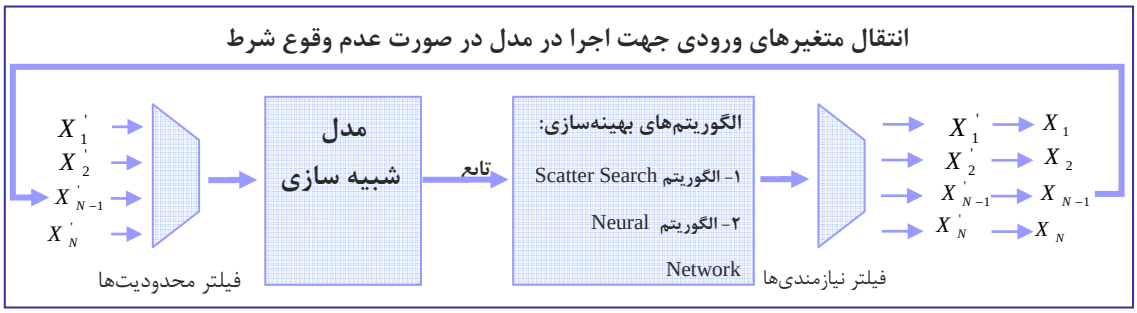
*NQ_Release Kart and Product i*: تعداد محموله محصول نهایی نوع i نگهداری شده در کارخانه ۴

*NQ_Release Kart and Raw i*: تعداد محموله مواد خام نوع i نگهداری شده در کارخانه اول به دلیل نبود سفارش تولید

*Rawi*: تعداد محموله‌های حمل شده ماده خام نوع i

*time_backlog_ti*: مدت زمان انتظار تقاضای محموله‌های نوع i

*time_order _Ti*: مدت زمان انتظار محموله‌های ماده خام نوع i برای شروع تولید




**شکل۳. نمایش اجزای نرم افزار OptQuest**

با توجه به بررسی مساله چهار محصولی، چهار متغیر برای اندازه انباشته، چهار متغیر برای کارت تولید و چهار متغیر برای کارت تامین مواد خام استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی نتایج شبیه‌سازی می‌بایست از یک تابع سنجش یا Fitness استفاده نمود. تابع فوق وظیفه نمایش کارایی پاسخ بدست آمده را در هر مرحله دارد. در مساله مورد بررسی با توجه به تحقیقات به عمل آمده تابع هزینه‌ای با اجزا زیر در نظر گرفته شده است.

تابع هدف= مجموع هزینه‌های کار در جریان + مجموع هزینه‌های تامین مواد خام+ مجموع هزینه‌های کمبود محصول

تابع فوق دارای سه جز اصلی است که می‌باید حداقل گردد. این تابع به صورت یک خروجی به نرم‌افزار بهینه‌سازی ارسال می‌گردد بدین منظور، اجزای تابع هدف در داخل ماژول Experssion طراحی شده و در نهایت یک مقدار با عنوان "Objective Function" از نوع Output در ماژول Statistics برای استفاده در نرم‌افزار OptQuest تعریف می‌گردد که نشان دهنده مقدار کل تابع هدف است. همچنین به منظور سهولت در نمایش ضرایب هزینه‌ای مورد استفاده در تابع هدف، یک متغیر برای هر ضریب تعریف گردیده که در ساخت تابع هدف استفاده شده است. با توجه به متغیرها و

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

پارامترهای تعریف شده تابع هدف مساله به صورت زیر نمایش داده خواهد شد.

$$
\begin{aligned}
&\textbf{\textit{Total cost}} = \\
&\sum_{i=1}^{4} time_backlog_ti * C_time_backlog_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4} time_order_Ti * C_time_order_Ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} NC(sjti) * C_sjti + \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} NC(pitj) * C_pitj * pq(i,1) \\
&+ \sum_{i=1}^{4} NC(Rawi) * C_Rawi + \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} time_fj_ti * C_time_fj_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} NC(sjti) * C_sjti + \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} NC(pitj) * C_pitj * pq(i,1) \\
&+ \sum_{i=1}^{4} NC(Rawi) * C_Rawi + \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} time_fj_ti * C_time_fj_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} time_fj_ti * C_time_fj_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4} time_Ri * C_time_f1_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} time_fj_ti * C_time_fj_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4} time_Ri * C_time_f1_ti * pq(i,1) + \\
&\sum_{i=1}^{4} (Dmax(NQ_Release\ Kart\ and\ Product\ i) * \\
&(Cmax_time_final\ product_ti) * PQ(i,1)) + \\
&\sum_{i=1}^{4} time_final\ product_ti * C_time_final\ product_ti * pq(i,1) \\
&+ \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{3} NC(ti_Rj) * C_ti_Rj + NC(ti_R4) * \\
&(C_ti_R4 + CV_ti_R4 * PQ(i,1)) + \\
&\sum_{i=1}^{4} Dmax(NQ_Release\ Kart\ and\ Raw\ i) * \\
&(Cmax_time_f1_ti) * PQ(i,1)
\end{aligned}
$$

### ۲-۷. تعیین استراتژی حل مساله

در مسائل بهینه سازی توسط الگوریتم‌های فرابتکاری، یکی از مهمترین مسائل بدست آوردن پاسخ عمومی و عدم اتفاق بهینه محلی است. به همین منظور از استراتژی‌های مختلفی برای حل مسائل استفاده می‌گردد. از متداول‌ترین استراتژی‌های حل، می‌توان به استراتژی حل تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای اشاره کرد. در استراتژی حل تک مرحله‌ای، از یک الگوریتم بهینه‌سازی جهت حل استفاده می‌گردد.

در استراتژی حل دو مرحله‌ای، ابتدا حل از یک الگوریتم بهینه‌سازی جهت یافتن یک پاسخ عمومی و با جستجوی فضای وسیعی از پاسخ‌ها استفاده می‌گردد. به این مرحله که فاز نخست بهینه‌سازی است، اکتشاف گفته می‌شود.

در فاز دوم، از یک الگوریتم بهینه‌سازی استفاده می‌شود که مقدار اولیه آن، همان مقدار بهینه فاز نخست می‌باشد. به این فاز استخراج گفته می‌شود[۱۳]. در مساله مورد بررسی، از استراتژی دو مرحله‌ای استفاده شده است. در مرحله اول محدوده وسیعی از جواب‌ها در بازه‌ای باز از متغیرها بررسی می‌شود.

در مرحله دوم بهترین مقدار مرحله اول به عنوان پاسخ اولیه در این مرحله درنظر گرفته می‌شود و با محدود نمودن بازه متغیرها و افزایش تعداد تکرارها در هر بار شبیه‌سازی، سعی می‌شود پاسخ بهتری با دقت بیشتر بدست آید. به عبارت دیگر در مرحله دوم جستجوی محلی بیشتری در اطراف پاسخ مرحله اول انجام می‌گردد.

### ۳-۷. تعیین پارامترهای اجرای مدل بهینه‌سازی

با توجه به پیشنهاد نرم افزار OptQuest برای تعیین تعداد متغیرهای مسائل بزرگ در تعیین پارامترهای اجرای بهینه‌سازی از رویه‌های زیر در مورد مساله مورد بررسی در نظر گرفته شده است [۱۴]:

۱- در مساله مورد بررسی متغیرها اعداد صحیح هستند و لذا دقت مقایسات نیز باید در حد تشخیص تفاوت اعداد صحیح باشد. لذا مقدار پیش فرض نرم افزار در دقت محاسبات که برابر 0.0001 است در نظر گرفته می‌شود.

۲- با توجه به ۱۲ متغیر مساله مورد بررسی در مرحله اول ۱۰۰۰ بار شبیه‌سازی انجام می‌گردد.

۳- براساس رویه پیشنهادی نرم افزار برای مدل‌های بزرگ رویه زیر انتخاب می‌گردد [۱۴]:

۳-۱. تعداد ۱۰۰۰ بار شبیه‌سازی و در هر بار یک بار تکرار انجام گردید. هدف از این مرحله بدست آوردن یک پاسخ اولیه مناسب و همچنین اصلاح حدود متغیرها است.

۳-۲. براساس خروجی مرحله قبل اصلاحات زیر در مدل ایجاد گردید:

۳-۲-۱. بهترین پاسخ بدست آمده برای متغیرها به عنوان مقادیر پیشنهادی متغیرها در نظر گرفته شد.

۳-۲-۲. تعداد تکرار در هر بار شبیه‌سازی به ۱۰ بار افزایش یافت.

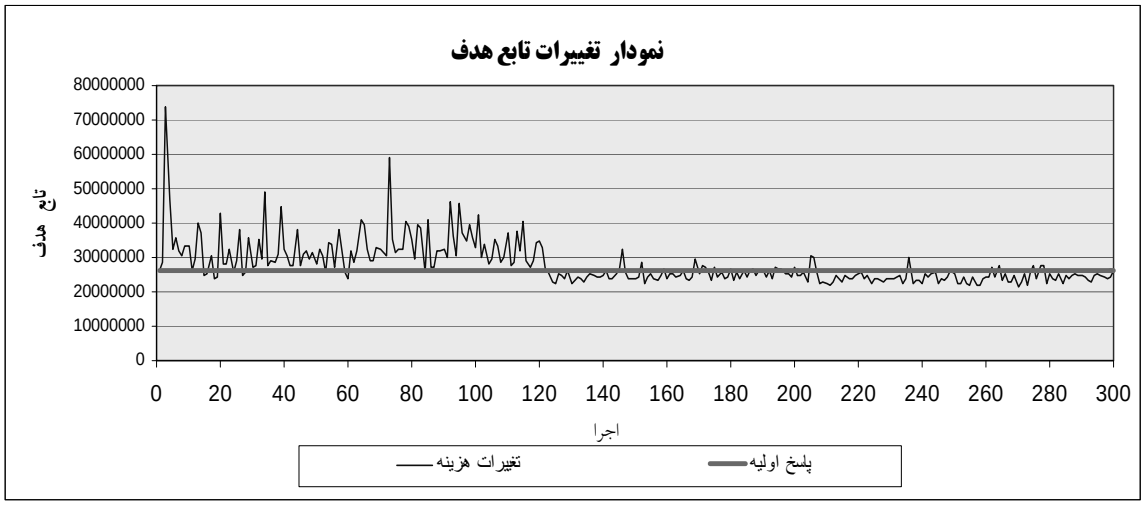
۳-۲-۳. براساس تغییرات متغیرها در پاسخ‌هایی با حداکثر ۵۰٪ اختلاف با بهترین مقدار حدود پایین و بالای متغیرها اصلاح گردید.

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]

## ۸. اجرای مدل بهینه‌سازی

براساس استراتژی تعیین شده در بخش پیشین مدل در دو مرحله اجرا گردید. نتایج اجرای مدل در مرحله دوم با ۳۰۰ بار اجرا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به صورت نمودار ۱ بدست آمد.

همانطورکه در نمودار ۱ مشاهده می‌شود با افزایش تعداد اجراهای مدل، پاسخ‌های بدست آمده به سمت یکدیگر همگرا می‌گردند. همچنین در پاسخ‌های بدست آمده، اختلاف پاسخ‌ها با پاسخ اولیه اندک است و نوسانات پاسخ‌ها در اطراف پاسخ اولیه انجام گرفته است که این امر نشان دهنده مناسب بودن پاسخ اولیه است.




**نمودار ۱. نمایش رابطه هزینه با تعداد اجرای مدل**

### ۵-۵-۳. تحلیل حساسیت نتایج

در بخش پیشین با محدود نمودن بازه متغیرها و همچنین تعیین مقدار متغیرها در شروع حل، سعی شد تا پاسخ‌هایی بهتر بدست آید. در این بخش نتایج بدست آمده از اجرای مدل با تنظیمات فوق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بدین منظور، ابتدا می‌بایست میزان درصد اختلاف پاسخ اجراهایی که مورد تحلیل حساسیت قرار می‌گیرند با بهترین جواب مشخص شود. در مساله مورد بررسی میزان اختلاف ۵۰٪ در نظر گرفته می‌شود که این به معنی در نظر گرفتن اجراهایی است که پاسخ تابع هدف آنها حداکثر ۵۰٪ با بهترین جواب پیدا شده تفاوت دارد. براساس درصد مشخص شده نتایج شبیه‌سازی به شرح جدول ۳ است:

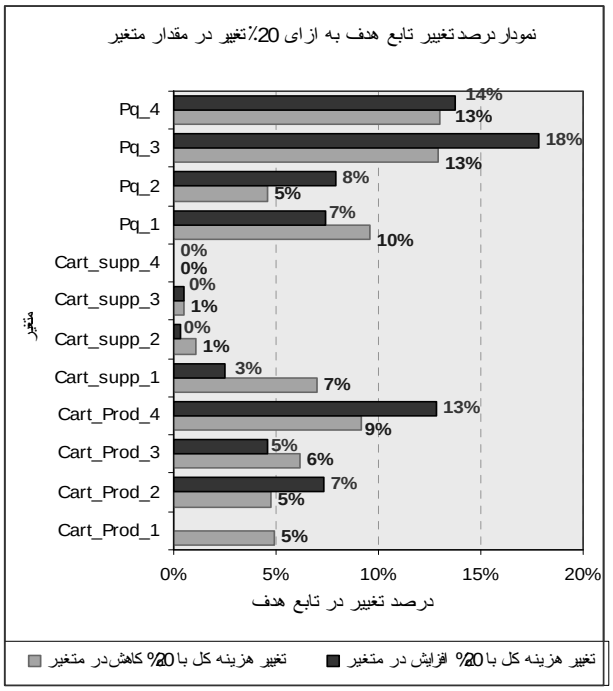
**جدول ۳. تحلیل نتایج بهینه‌سازی مساله مورد بررسی**

| نام متغیر / تابع هدف | بهترین پاسخ | متوسط | انحراف معیار | ضریب تغییرپذیر |
|---|---|---|---|---|
| obj | 2.16E+0 | 2.41E+0 | 1.05E+0 | - |
| cart_prod | 12 | 14.23 | 6.01 | 42% |
| cart_prod | 4 | 4 | 1.54 | 39% |
| cart_prod | 9 | 10.7 | 5 | 47% |
| cart_prod | 6 | 7.25 | 2.91 | 40% |
| cart_supp | 10 | 8.29 | 3.25 | 39% |
| cart_supp | 4 | 4.06 | 1.91 | 47% |
| cart_supp | 10 | 9.75 | 4.84 | 50% |
| cart_supp | 2 | 2.24 | 0.74 | 33% |
| PQ_1 | 40 | 45.06 | 21.58 | 48% |
| PQ_2 | 60 | 76.14 | 34.16 | 45% |
| PQ_3 | 50 | 48.45 | 9.69 | 20% |
| PQ_4 | 30 | 38.25 | 12.3 | 32% |

براساس جدول ۳ مشاهده می‌شود که در بازه مشخص شده، میانگین تابع هدف برابر 2.41E+07 و انحراف معیار آن برابر 1.05E+06 است. با توجه به بازه مشخص شده ۲۵۱ پاسخ بدست آمده در محدوده بررسی قرار می‌گیرد که معادل ۸۳٪ از پاسخ‌های بررسی شده است. همچنین براساس نتایج جدول ۳ مقادیر میانگین متغیرها در اغلب موارد نزدیک به مقدار متغیر در بهترین پاسخ است که این امر نشان دهنده جستجوی پاسخ‌ها در اطراف بهترین پاسخ بدست آمده است. براساس جدول ۳ در بازه‌های تعیین شده برای متغیرها، ضریب تغییر پذیری (انحراف معیار مقادیر بررسی شده نسبت به میانگین این مقادیر) مشابه است که این امر به معنی متناسب بودن بازه تعیین شده برای متغیرها است. به منظور بررسی اثر تغییر متغیرها بر روی بهترین پاسخ بدست آمده مقدار تابع هدف برای هر یک از متغیرهای حالت بهترین مقدار با ۲۰٪ افزایش و کاهش در مقدار متغیرها، محاسبه گردید. براین اساس نمودار ۲ که نشان دهنده میزان تغییر تابع هدف با ۲۰٪ تغییر متغیرها در بهترین حالت است رسم شده است.

با توجه به نمودار ۲ ، با تغییر ۲۰٪ در مقدار متغیرها، در تمامی موارد مقدار تابع هدف کمتر از ۲۰٪ نسبت به بهترین مقدار تغییر می‌نماید که این امر نشان دهنده توانمندی تابع هدف نسبت به تغییر هر یک از متغیرهای تعریف شده است.

[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]




**نمودار ۲. درصد تغییر تابع هدف به ازای ۲۰٪ تغییر در مقدار متغیر**

## ۱۰. جمع بندی و پیشنهاد تحقیقات آتی

یکی از زمینه‌هایی که امروزه مورد توجه فراوان قرار گرفته است، توسعه و انطباق روش‌های کنترل تولید و موجودی با فلسفه تولید بهنگام در سطح خطوط تولیدی و به منظور کنترل مناسب جریان مواد و محصولات در سطح زنجیره تامین است. به همین منظور در این مقاله با توجه به شرایط زنجیره تامین و همچنین فرضیات سیاست CONWIP، شرایط و نیازمندی‌های پیاده‌سازی این استراتژی در زنجیره‌تامین بررسی شده است. سپس مدل شبیه‌سازی مساله در حالت چند محصولی طراحی گردیده و با استفاده از روش بهینه‌سازی شبیه‌سازی، مدل بهینه شده است. در انتها محورهای ذیل به منظور استفاده در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد:

- بهینه‌سازی انجام شده با استفاده از نرم‌افزار OptQuest انجام شده است. به همین منظور لازم است برای ارزیابی پاسخ بدست آمده از دو جهت کیفیت پاسخ و زمان حل، مدل طراحی شده با سایر الگوریتم‌های فراابتکاری و یا سایر نرم‌افزارهای بهینه‌سازی حل و مقایسه گردد. به همین علت کد مدل شبیه‌سازی در ضمیمه آورده شده است که براساس آن می‌توان مدل شبیه‌سازی مساله حاضر را طراحی نمود.
- در این تحقیق سیاست CONWIP ساده مدل‌سازی گردید. در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد ضمن بررسی سایر سیاست‌های کنترلی CONWIP مانند سیاست" کشش از گلوگاه" در زنجیره‌تامین، نتایج حاصله با مدل حاضر مقایسه گردد.
- بررسی انواع ساختارهای زنجیره تامین مانند مونتاژی و انطباق شرایط CONWIP با ساختارهای فوق

## مراجع


[1] Strader, T.J., Lin, F., & Shaw, M.J., *"Simulation of Order Fulfillment in Divergent Assembly Supply Chains*". Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 1, No. 2, 1998. http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/2/5.html.

[2] Spearman, M.L., Woodruff, D.L., & Hopp, W.J., *"Conwip, a Pull Alternative to Kanban*". INT.J.PROD.RES., Vol. 28, NO.5, 1990, PP. 879-894.

[3] Herer, Y.T., & Masin, M., *"Mathematical Programming Formulation of CONWIP Based Production Lines; and Relationships to MRP"*. International Journal of Production Research, Vol. 35, NO.4, 1997, PP. 1067–1076.

[4] Marek, R.P., Elkins, D.A., & Smith, D.R., *"Practical Introduction to Simulation Optimization"*, Winter Simulation Conference, 1999, PP. 921-929.

[5] Ryan, S.M., Baynat, B., & Choobineh, F.F., *"Determining Inventory Levels in a CONWIP Controlled Job Shop*". IIE Transactions, Vol. 32, 2000, PP. 105–114.

[6] Zhang, W., & Chen, M.Y., *"A Mathematical Programming Model For Production Planning Using CONWIP*", int. j. prod. res., Vol. 39, No. 12, 2001, PP. 2723 2734.

[7] Ryan, S.M., & Choobineh, F.F., *"Total WIP and WIP Mix For a CONWIP Controlled Job Shop*". IIE Transactions, Vol. 35, 2003, PP. 405–418.

[8] Wang, S., & Sarker, B.R., *"An Assembly-Type Supply Chain System Controlled by Kanbans Under a Just-in-Time Delivery Policy"*, European Journal of Operational Research, Vol. 162, 2005, Issue 1, PP. 153-172.

[9] Ryan, S.M., & Vorasayan, J., *"Allocating Work in Process in a Multiple-Product CONWIP System With Lost Sales*", Int. j. prod. res., Vol. 43, No. 2, 2005, PP. 223-246.

[10] Ovalle, O.R., & Marquez, A.C., *"Exploring the Utilization of a CONWIP System For Supply Chain Management A Comparison With Fully Integrated Supply Chains*", Int. J. Production Economics, 2003, PP. 195–215.

[11] Alper Sen, "*Supply Chain Integration"*, 2003, http://www.ie.bilkent.edu.tr/~ie572/Notes/Integration.ppt.

[12] Carson, Y., & Maria, A, *"Simulation Optimization: Methods and Applications"*, Winter Simulation Conference, 1997, PP. 1693-1698.

[13] Bowden, R.O., & Hall, J.D., *"Simulation Optimization Research and Development"*, Winter Simulation Conference, 1998, PP. 1693-1698.

[14] OptQuest for Arena User's Guide, Publication Number: ARENAO-UM001C-EN P, 2004, http://www.rockwellsoftware.com/assistance/arenasimulation/Documentation/Doc/ArenaOptQuestUser's Guide.pdf.


[ Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-12-21 ]