Archive of SID

چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۱ ـ بهار ۱۳۹۵
ص‌ص ۵۱ – ۳۱

یک مدل بهینه سازی مبتنی بر شبیه سازی برای برنامه‌ریزی یکپارچه جریان‌های مالی و فیزیکی در زنجیره تأمین

احسان بدخشان*، میر سامان پیشوایی، هادی صاحبی*****

چکیده

هدف این پژوهش به‌کارگیری رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای مدل‌سازی زنجیره تأمین رینگ خودرو است. رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی از یک مدل بهینه‌سازی و یک مدل شبیه‌سازی تشکیل‌شده است که تا دستیابی به جواب‌های بهینه به‌صورت رفت‌وبرگشتی با یکدیگر تبادل اطلاعاتی دارند. روش شبیه‌سازی به‌کار گرفته‌شده در این رویکرد پویایی‌شناسی سیستم و تکنیک بهینه‌سازی به کار گرفته‌شده بهینه‌سازی چندهدفه است. اهداف مدل شامل کمینه‌کردن هزینه، کمینه‌کردن چرخه تبدیل پول وبیشینه‌کردن تعداد دفعات گردش موجودی کالا برای دو عضو زنجیره تأمین رینگ سایپا است که دو هدف آخر با یکدیگر هم‌راستا نیستند و به کمک الگوریتم ژنتیک حل می‌شود. به‌منظور ترکیب دو مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی از نرم‌افزار «پاورسیم استودیو ۱۰» که امکان شبیه‌سازی و بهینه‌سازی را فراهم می‌آورد، استفاده شده است. پس از به‌کارگیری رویکرد معرفی‌شده جواب‌های بهینه به‌دست می‌آیند که تصمیم‌گیرنده با توجه به اولویتی که برای اعضای زنجیره متصور است جواب بهینه را انتخاب می‌کند. نتایج نشان داد جواب‌های بهینه حاصل از این روش بسیار بهترازجواب‌های بهینه تولیدشده از به‌کارگیری سناریوهای مختلف در شبیه‌سازی بودند.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی چندهدفه؛ بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی؛ برنامه‌ریزی زنجیره تأمین؛ پویایی‌شناسی‌سیستم.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۰.

* کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

** استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران (نویسنده مسئول).

E-mail: pishvaee@iust.ac.ir

*** استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

امروزه در بازار رقابتی، شرکت‌ها و سازمان‌ها به دنبال آن هستند تا با طراحی اثربخش و کارای عملیات سیستم، راه‌های جدیدی برای جلوگیری از اتلاف بیابند؛ به‌عبارت‌دیگر به‌دنبال استفاده از روش‌ها و ابزارهایی برای بهینه‌سازی عوامل کلیدی سیستم هستند تا بدین‌وسیله اثربخشی را افزایش داده و درصحنه رقابت باقی بمانند. شبیه‌سازی رایانه‌ای اثربخش‌ترین ابزار برای طراحی و تحلیل سیستم‌ها است [۶]؛ اگرچه اجرای سیاست‌های بهبود در شبیه‌سازی تضمینی برای دستیابی به جواب‌های بهینه ارائه نمی‌دهد. شبکه‌های پیچیده زنجیره تأمین از چندین سطح تشکیل‌شده‌اند که هریک از سطوح توابع هدف متفاوتی دارند که در بیشتر موارد توابع هدف سطوح مختلف با یکدیگر در تضاد هستند. به‌دلیل وجود توابع هدف گوناگون، تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین پیچیده‌تر از زمانی است که با مسئله به‌عنوان یک مسئله تک‌هدفه برخورد می‌شود. برای مثال: در یک زنجیره تأمین که از یک خرده‌فروش و یک توزیع‌کننده تشکیل‌شده است، هدف خرده‌فروش کمینه‌کردن قیمت محصول و زمان انتظار[1] محصول است؛ درحالی‌که توزیع‌کننده در پی بهره‌برداری کامل از موجودی انبار و افزایش پاسخگویی[2] به سفارش‌های مشتری از طریق کاهش زمان پاسخگویی است.

در یک مسئله بهینه‌سازی زنجیره تأمین باید ابتدا در قالب یک مدل شبیه‌سازی، رفتار پویای سیستم شناسایی شود؛ سپس این مدل شبیه‌سازی به‌منظور به‌دست‌آوردن مجموعه جواب‌های بهینه با مدل بهینه‌سازی ترکیب شود. استفاده ترکیبی رویکردهای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، «بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی»[3] نامیده می‌شود. ابزار شبیه‌سازی استفاده‌شده برای بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی در این تحقیق پویایی‌شناسی سیستم است. پویایی‌شناسی سیستم رویکردی است که بر اساس بازخوردهای اطلاعاتی[4] و تأخیرهای مدل[5] قادر به درک رفتار پویا سیستم است [۳]. هدف این تحقیق حل مسئله بهینه‌سازی زنجیره تأمین در قالب یک مدل ترکیبی پویایی‌شناسی سیستم و بهینه‌سازی چندهدفه برای پشتیبانی از مدیران در فرآیند تصمیم‌گیری است. ترکیب دو رویکرد یادشده و اجرای آن برای مدل‌سازی جریان‌های فیزیکی و مالی در زنجیره تأمین رینگ خودرو نوآوری اصلی این پژوهش است.

ساختار مقاله حاضر به شرح زیرسازمان‌دهی شده است. در بخش بعد به پیشینه پژوهش پرداخته می‌شود؛ سپس روش‌شناسی رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی ارائه می‌شود. در ادامه جریان‌های مالی و فیزیکی در زنجیره تأمین رینگ با ساختن مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فرموله می‌شوند. بعد از این مرحله، مدل پیشنهادی با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی حل می‌شود و تصمیم‌گیرنده با توجه به اولویتی که برای اعضای زنجیره متصور است جواب بهینه را انتخاب می‌کند. در

1. Lead Time
2. Responsiveness
3. Simulation-based Optimization
4. Information Feedbacks
5. Model Delays

www.SID.ir

Archive of SID

بخش پایانی به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها پرداخته خواهد شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش پژوهش‌هایی بررسی می‌شوند که در آن‌ها برای مدل‌سازی زنجیره تأمین ازرویکردهای پویایی‌شناسی سیستم و بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی استفاده شده است.

پویایی‌شناسی سیستم در زنجیره تأمین. در ابتدا پژوهشگران با توجه به توانایی بالای رویکرد پویایی‌شناسی سیستم در لحاظ‌کردن پیچیدگی‌های زنجیره‌های تأمین که شامل پویایی و ارتباطات غیرخطی پیچیده و حلقوی در زنجیره‌های تأمین است این رویکرد را برای حل بسیاری از مسائل استراتژیک و عملیاتی زنجیره تأمین به‌کار گرفتند. پویایی‌شناسی سیستم ابزار مناسبی برای مدل‌سازی زنجیره‌های تأمین است؛ زیرا می‌تواند پیچیدگی‌های زنجیره را به‌طور جامعی در نظر گیرد و از این رویکرد برای تعیین سیاست‌های بهینه برنامه‌ریزی و مدیریت موجودی، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید و همچنین مهندسی مجدد فرایندها[1] و ارزیابی عملکرد در زنجیره تأمین فولاد استفاده می شود [۱۱]. در مقاله دیگری از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به منظور مدل سازی زنجیره تأمین رایانه‌های خانگی استفاده می گردد [۵]. آن‌ها اقدام به مدل‌سازی اثر شلاق چرمی[2] در طول زنجیره کردند و سیاست تسهیم اطلاعات[3] در طول زنجیره را برای کاهش این اثر به‌کار گرفتند؛ همچنین یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین و مهندسی مجدد فرایندهای کسب‌وکار را بررسی کردند؛ درنهایت سیاست‌های بهینه برنامه‌ریزی و مدیریت موجودی[4] و زمان‌بندی و برنامه‌ریزی تولید[5]بررسی شدند. به‌مرورزمان استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به سمت مسائل استراتژیک، به‌ویژه بررسی اثر شلاق چرمی در طول زنجیره، پیش می‌رود؛ همچنین در یک پژوهش این رویکرد برای تعداد کمتری از مسائل به‌کار گرفته شد. برای مثال: محققان از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم برای مدل‌سازی اثر شلاق چرمی در زنجیره تأمین ابزارآلات ماشینی استفاده کردند [۱]. پژوهشگران نتایج را به این صورت ارائه کردند: نوسانات تقاضا موجب کاهش بهره‌وری نیروی کار می‌گردد، شرکت‌های عضو زنجیره باید سیاست مناسبی برای پیش‌بینی تقاضا اتخاذ کنند.

با طراحی یک بازی، شبیه‌سازی مدیریت زنجیره‌های تأمین خدمات‌محور[6] آموزش داده می شود [۲]. این بازی برای کاربر این امکان را فراهم می‌آورد تا از اطلاعات تقاضای مشتری نهایی برای کاهش

1. Business Process Reengineering
2. Bullwhip Effect
3. Information Sharing
4. Inventory Planning/Management
5. Production Planning and Scheduling
6. Service Oriented

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه‌های سفارش‌های عقب‌افتاده و تطبیق موجودی به‌گونه‌ای مؤثر استفاده کند. از سال ۲۰۰۲، رویکرد پویایی‌شناسی سیستم برای طراحی شبکه زنجیره تأمین نیز به‌کار گرفته می‌شود. برای مثال: نویسندگان یک زنجیره تأمین تولیدی مبتنی بر مدیریت موجودی تأمین‌کننده[1] طراحی و سیاست‌های بهینه برنامه‌ریزی و مدیریت موجودی و برنامه‌ریزی و پیش‌بینی تقاضا را تعیین کردند [۸]. رویکرد پویایی‌شناسی سیستم همچنان رویکرد موردعلاقه پژوهشگران برای حل مسئله اثر شلاق چرمی در زنجیره تأمین است. محققان با استفاده از این رویکرد اثر تسهیم اطلاعات در زنجیره تأمین را بررسی کردند [۱۵]. به نظر آن‌ها تسهیم اطلاعات در زنجیره تأمین اثر مثبتی بر عملکرد تک‌تک اعضای زنجیره و کل آن دارد. از سال ۲۰۱۰ استفاده ترکیبی از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم با سایر رویکردها آغاز شد؛ به‌طوری‌که محققان با استفاده از یک رویکرد ترکیبی پویایی‌شناسی سیستم و مدل‌سازی عامل‌محور[2] از طریق اجرای روش‌های مدیریت زنجیره تأمین چندساختاری[3] اقدام به برنامه‌ریزی و کنترل عملیات همچنین بهینه‌سازی یک زنجیره تأمین حلقه بسته کردند [۱۲]. در مقاله دیگری با استفاده از یک رویکرد ترکیبی فازی و پویایی‌شناسی سیستم، زنجیره تأمین نوعی نوشیدنی مدل‌سازی می گردد [۱۷]. در مدل ارائه‌شده، پیش‌بینی تقاضا با استفاده از رویکرد فازی انجام می‌گیرد که به کاهش اثر شلاق چرمی به میزان ۹۲ درصد منجر می‌شود. رویکرد پویایی‌شناسی سیستم برای ارزیابی سیاست‌های مختلف مبارزه با بحران خشک‌سالی«دریاچه ارومیه» نیز به‌کار گرفته می شود [۱۴].

روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی در زنجیره تأمین. شبیه‌سازی به‌دلیل توانایی نشان‌دادن پیچیدگی و انعطاف‌پذیری زیاد، قابلیت پیش‌بینی عملکرد سیستم با دقت زیاد را دارد. استفاده از شبیه‌سازی به‌تنهایی به جواب‌های بهینه منجر نمی‌شود. شبیه‌سازی به‌تنهایی یک ابزار بهینه‌سازی واقعی نیست؛ به‌عبارت‌دیگر با به‌کارگیری ابزار شبیه‌سازی تنها می‌توان رفتارهای سیستم‌های پیچیده را مطالعه و با پیشنهاد سیاست‌های بهبود از طریق تغییر در متغیرهای کنترلی رفتار متغیرهای درون‌زا را پیش‌بینی کرد؛ ولی نمی‌توان مدعی شد که سیاست‌های پیشنهاد شده بهترین سیاست‌هاهستند؛ زیرا این سیاست‌ها مقادیر گسسته‌ای از متغیرهای کنترلی را به‌کار می‌گیرند. در دنیای واقعی، شناسایی جواب‌های بهینه مدنظر است؛ بنابراین یک گام اضافی موردنیاز است؛ گامی که شبیه‌سازی و بهینه‌سازی را پیوند می‌دهد [۱۰]. این روش، بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی است که در آن شبیه‌سازی با الگوریتم‌های جست‌وجوی متاهیوریستیک مانند ژنتیک یا جست‌وجوی ممنوعه یکپارچه می‌شود. در مقایسه با روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی، بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی به‌دلیل ویژگی ذاتی آن، ابزار بسیار مناسبی برای حل مسائل پیچیده دنیای واقعی است.

1. Vendor-Managed Inventory
2. Agent-based Modeling
3. Multi Structure

www.SID.ir

Archive of SID

در مقاله دیگری محققان یک مدل شبیه‌سازی پیشامدگسسته[1] و یک مدل بهینه‌سازی برای یک مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین ارائه کردند که عملیات زنجیره و دوره عمر فرایند[2] را دریک محیط غیرقطعی در نظرمی‌گیرد [۱۳]. هدف این مطالعه، تحلیل توانایی تولیدکنندگان تجهیزات به‌منظور پیکربندی مجدد زنجیره‌تأمین و عملیات زنجیره است. در مقاله دیگری یک مسئله انتخاب تأمین‌کننده ارائه می گردد [۷]. برای حل این مسئله یک روش بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی ارائه و از الگوریتم ژنتیک که انتخاب تأمین‌کننده را بهینه می‌کند و شبیه‌ساز پیشامد گسسته به‌منظور ارزیابی عملکرد عملیاتی و چارچوب مدل‌سازی زنجیره‌های تأمین استفاده می گردد [۷].

ترکیب پویایی‌شناسی سیستم و بهینه‌سازی چندهدفه در زنجیره تأمین. در ابتدا در دسترس بودن ترکیب پویایی‌شناسی سیستم و بهینه‌سازی چندهدفه نشان داده می شود [۹]. نویسنده یک مدل ساده‌شده «بازی نوشابه» ارائه‌شده توسط [۱۶] را ارائه کرد. در این پژوهش یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از عمده‌فروش و خرده‌فروش مدل‌سازی شد. برخلاف بازی نوشابه که هدف آن کمینه‌سازی هزینه‌های کل زنجیره تأمین است. در این پژوهش، هدف بهینه‌سازی برقراری تعادل[3] میان دو تابع هدف کمینه‌سازی متضاد است: هزینه عمده‌فروش و هزینه خرده‌فروش. از الگوریتم ژنتیک برای تشکیل مجموعه جواب‌های بهینه پارتو استفاده شد. در مقاله دیگری محققین از ترکیب یک مدل پویایی‌شناسی سیستم و بهینه‌سازی چندهدفه برای مسئله مدیریت موجودی استفاده کردند [۴]. در پژوهش آن‌ها مدل بهینه‌سازی چندهدفه شامل: کمینه‌کردن پوشش کار در جریان[4] و پوشش موجودی و همچنین بیشینه‌کردن نرخ ارسال است. پژوهشگر برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است.

تبیین شکاف مبانی نظری. با بررسی مقالات شکاف موجود در مبانی نظری را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

۱. در بیشترپژوهش‌هایی که از ابزار پویایی‌شناسی سیستم برای مدل‌سازی زنجیره تأمین استفاده شده است، تنها جریان مواد در میان اعضای زنجیره مدنظر قرار گرفته است؛ در حالی که جریان مالی در میان اعضای زنجیره تأمین اهمیت ویژه‌ای دارد و مبانی نظری در این حوزه دارای شکاف جدی است؛ ۲. در مقایسه با پژوهش‌های فراوان انجام‌شده درباره به‌کارگیری رویکرد شبیه‌سازی برای مسائل زنجیره تأمین به نظر می‌رسد که استفاده از بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی در بهینه‌سازی چندهدفه تنها در سال‌های اخیر و آن هم به‌ندرت موردتوجه قرار گرفته است. با توجه به قابلیت‌های فراوان این رویکرد همچنان

1. Discrete Event Simulation (DES)
2. End-of-life Process
3. Trade-offs

۴. مدت زمانی که موجودی در جریان کار قادر به تأمین موجودی موردنیاز خط تولید برای ادامه فرایند است که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: $WIPCt=\frac{WIP\text{Invt}}{PRt}$

www.SID.ir

Archive of SID

پرداختن به آن موردنیازاست. در میانپژوهش‌های انجام‌شده با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی نیز استفاده از ابزار پویایی‌شناسی سیستم برای شبیه‌سازی بسیار کم است. ازآنجاکه رویکرد پویایی‌شناسی سیستم ابزار مناسبی برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده‌ای همچون زنجیره‌های تأمین است استفاده از آن هنگام استفاده از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده لازم است.

با توجه به موارد ذکرشده استفاده از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای مدل‌سازی جریان‌های مالی و مواد در زنجیره تأمین که شبیه‌سازی آن با استفاده از ابزار پویایی‌شناسی سیستم صورت می‌گیرد کاملاً واضح است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش حاضر بدین‌صورت است که ابتدا در قالب یک مدل پویایی‌شناسی سیستم به مدل‌سازی جریان‌های مالی و فیزیکی در میان دو عضوزنجیره تأمین رینگ پرداخته می‌شود؛ سپس مدل بهینه‌سازی و روش حل الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای مسئله حاضر ارائه می‌گردد و درنهایت روش بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی از طریق مقایسه جواب‌های تولیدی با جواب‌های حاصل از اجرای سناریوهای بهبود در پویایی‌شناسی سیستم اعتبارسنجی می‌شود.

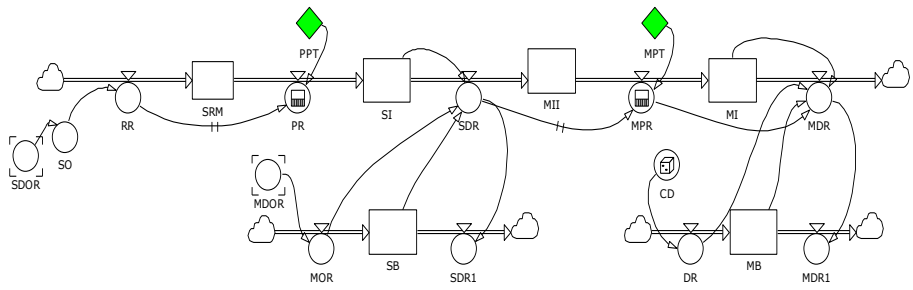
مسئله دینامیکی. چرخه تبدیل پول عبارت استاز: تعداد روزهای موردنیاز برای اخذ یک ریال سرمایه‌گذاری شده برای تولید کالاها و خدمات از مشتری و هرچه مقدار آن کمتر باشد، شرکت ارائه‌دهنده محصول وضعیت بهتری خواهد داشت؛به‌عبارت‌دیگر شرکت‌هایی که دارای چرخه تبدیل پول منفی هستند، قبل از سرمایه‌گذاری برای تولید کالا یا ارائه خدمات مبلغ موردنیاز را از مشتری اخذ می‌کنند. مسئله دینامیکی در زنجیره تأمین موردمطالعه این است که مقدار چرخه تبدیل پول در میان اعضای زنجیره به‌صورت عادلانه توزیع نشده است؛به‌طوری‌که مقدار این چرخه برای تأمین‌کننده پایین و برای تولیدکننده بالاست. پس مسئله موردبررسی ایجاد تعادل عادلانه در سیستم با توجه به چرخه تبدیل پول است. هدف اصلی مدل‌سازی در ابتدا نشان‌دادن صحت این فرضیه و سپس بهینه‌کردن مقادیر این چرخه برای تأمین‌کننده و تولیدکنندهاست.

ساختن مدل موجودی و جریان. زنجیره تأمین رینگ از تأمین‌کنندگان سنگ‌آهن آغاز و به خریداران اتومبیل ختم می‌شود. ساختار زنجیره به اینصورت است که ابتدا تأمین‌کنندگان سنگ‌آهن، مواد اولیه موردنیاز شرکت «فولاد مبارکه سپاهان اصفهان» که شامل سنگ‌آهن است را تأمین می‌کنند؛ سپس این شرکت ورقه‌های فولادی ۱۷ تُنی تولید می‌کند. این ورقه‌های فولادی ۱۷ تُنی به شرکت

www.SID.ir

Archive of SID

تولید رینگ سایپا تحویل داده می‌شود. این شرکت انواع رینگ (رینگ پراید،تیبا،نیسان و غیره) را تولیدمی‌کند که حدود ۶۰ درصد تولیدات این شرکت مربوط به رینگ پراید است. پس از تولید، رینگ‌های تولیدی در اختیار شرکت «سازه‌گستر»قرار می‌گیردکه تأمین‌کننده قطعات شرکت خودروسازی سایپا است. شرکت«سازه‌گستر» با اضافه‌کردن رینگ به لاستیک مجموعه چرخ را تهیه و به شرکت «خودروسازی سایپا» تحویل می‌دهد. شرکت «سایپا» اقدام به تولید خودرو و سپس فروش آن از طریق نمایندگی‌های خود می‌کند. در این پژوهش دو سطح از سطوح این زنجیره مطالعه می‌شود که این دو سطح عبارت‌اند از: ۱.«شرکت فولاد مبارکه سپاهان اصفهان» و ۲-«شرکت تولید رینگ سایپا». در پژوهش حاضر دو جریان مواد و مالی به‌صورت توأم در نظر گرفته می‌شود که از نوآوری‌های اساسی پژوهش است؛ زیرا به‌ندرت دو جریان ذکرشده به‌صورت هم‌زمان در نظر گرفته‌شده است. بر اساس شکل ۱ ابتدا تأمین‌کننده سفارش‌هاییرا به سطح بالایی خود که تأمین‌کنندگان سنگ‌آهن هستند، اعلام می‌کند که مقدار آن از رابطه ۱ به‌دست می‌آید. سفارش تأمین‌کننده بر اساس سطح سفارش مطلوب تأمین‌کننده است که نحوه محاسبه آن در ادامه توضیح داده می‌شود؛ سپس تأمین‌کنندگان سنگ‌آهن مواد اولیه را برای تأمین‌کننده ارسال می‌کنند. پس‌ازآن شرکت «فولاد مبارکه اصفهان» با نرخ تولیدی که از رابطه ۵ به‌دست می‌آید، رول‌های فولادی ۱۷ تُنی تولید و این رول‌ها را با توجه به سطح سفارش تولیدکننده که از رابطه ۱۳ حاصل می‌شود به «شرکت رینگ سایپا» ارسال می‌کند. شرکت رینگ سایپا نیز با نرخ تولیدی که از رابطه ۹ به‌دست می‌آید انواعی از رینگ تولید می‌کند. تأمین‌کننده و تولیدکننده هر دو دارای سطح سفارش‌های عقب‌افتاده هستند که طبقرابطه‌های ۱۴ و ۱۷ از اختلاف نرخ تحویل و نرخ سفارش سطح پایینی حاصل می‌شود.



شکل ۱. نمودار جریان – موجودی جریان مواد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. متغیرهای موجود در مدل جریان- موجودی جریان مواد

زمان تدارک تولید تأمین‌کننده و تولیدکننده	PPT, MPT	نرخ سفارش مطلوب تأمین‌کننده و تولیدکننده	SDOR,MDOR
نرخ تحویل تأمین‌کننده و تولیدکننده	SDR, MDR	سفارش تأمین‌کننده و تولیدکننده	SO,MOR
نرخ تولید تأمین‌کنندهو تولیدکننده	PR,MPR	نرخ دریافت	RR
موجودی تأمین‌کننده و تولیدکننده	SI, MI	مواد اولیه تأمین‌کننده و تولیدکننده	SRM, MII
تقاضای مشتری	CD	سفارش عقب‌افتاده تأمین‌کننده و تولیدکننده	SB, MB

معادلات این بخش نیز به صورت زیراست:

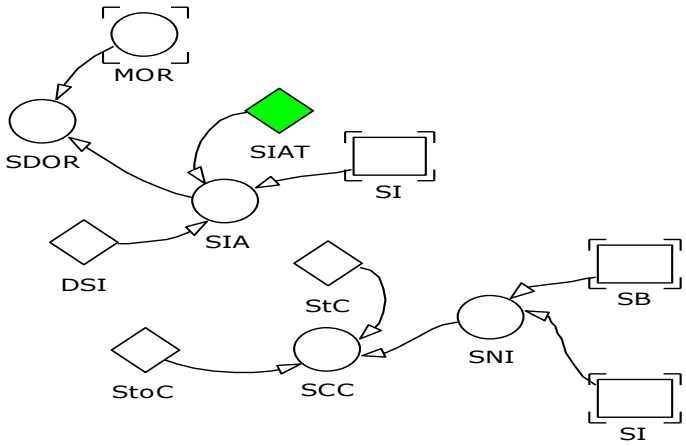
$$SO=Max(SDOR,0) \quad (۱)$$
$$RR=SO \quad (۲)$$
$$SRM=RR-PR \quad (۳)$$
$$PPT=4 \quad (۴)$$
$$PR=DELAYMTR(RR,PPT,1,900000) \quad (۵)$$
$$SI=PR-SDR \quad (۶)$$
$$SDR = Min(PR + SI, MOR + SB) \quad (۷)$$
$$MII=SDR-MPR \quad (۸)$$
$$MPR=DELAYMTR(SDR,MPT,1,900000) \quad (۹)$$
$$MPT=2 \quad (۱۰)$$
$$MI=MPR-MDR \quad (۱۱)$$
$$MDR=Min(MPR+MI,DR+MB) \quad (۱۲)$$
$$MOR=Max(MDOR,0) \quad (۱۳)$$
$$SB=SDR-MOR \quad (۱۴)$$
$$CD=RANDOM(900000,1200000,0.3) \quad (۱۵)$$
$$DR=CD \quad (۱۶)$$
$$MB=MDR-DR \quad (۱۷)$$

بر اساس شکل ۲، تأمین‌کننده طبق رابطه ۲۰ با توجه به موجودی مطلوب خود، تطبیق موجودی را محاسبه و با توجه به سطح سفارش تولیدکننده و اختلاف موجودی خود با موجودی مطلوب، سطح سفارش مطلوب را طبق رابطه ۱۸ محاسبه می‌کند؛ همچنین از اختلاف موجودی و سفارش عقب‌افتاده تأمین‌کننده طبق رابطه ۲۱ موجودی خالص تأمین‌کننده محاسبه می‌شود؛ سپس با توجه به مثبت یا منفی بودن موجودی خالص هزینه تجمعی موجودی و سفارش عقب‌افتاده که مدل به‌دنبال کمینه‌کردن

www.SID.ir

Archive of SID

آن است طبق رابطه ۲۵ محاسبه می‌شود.



شکل ۲. نمودار جریان – موجودی برای موجودی مطلوب تأمین‌کننده

معادلات این بخش نیز به صورت زیر است:

$$SDOR=SIA+MOR \quad (۱۸)$$

$$SIAT=10 \quad (۱۹)$$

$$SIA=\frac{DSI-SI}{SIAT} \quad (۲۰)$$

$$SNI=SI-SB \quad (۲۱)$$

$$DSI=150000 \quad (۲۲)$$

$$StC=20000 \quad (۲۳)$$

$$StoC=30000 \quad (۲۴)$$

$$SCC=IF(SNI>0, SNI*StC, ABS(SNI)*StoC) \quad (۲۵)$$

جدول ۲. متغیرهای موجود در مدل جریان- موجودی تأمین‌کننده

SIAT	زمان تطبیق موجودی تأمین‌کننده	StoC	هزینه واحد سفارش عقب‌افتاده تأمین‌کننده
SIA	تطبیق موجودی تأمین‌کننده	StC	هزینه واحد موجودی تأمین‌کننده
DSI	موجودی مطلوب تأمین‌کننده	SCC	هزینه تجمعی تأمین‌کننده
SNI	موجودی خالص تأمین‌کننده	SDOR	نرخ سفارش مطلوب تأمین‌کننده

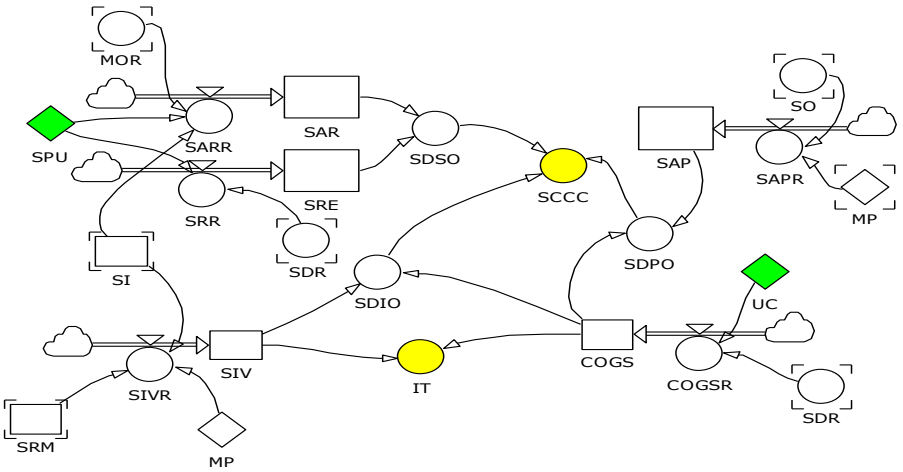
با توجه به شکل ۳ با استفاده از نرخ سفارش تولیدکننده و قیمت فروش هر واحد، نرخ حساب‌های دریافتنی تأمین‌کننده طبق رابطه ۲۷ تعیین می‌شود؛ همچنین طبق رابطه ۲۸ با توجه به نرخ ارسال تأمین‌کننده و قیمت فروش هر واحد که از رابطه ۲۶ حاصل می‌شود نرخ درآمد تأمین‌کننده محاسبه می‌شود. ازآنجاکه موجودی تأمین‌کننده شامل موجودی مواد خام و موجودی محصول نهایی است، نرخ ارزش موجودی طبق رابطه ۲۹ از مجموع حاصل‌ضرب قیمت فروش واحد مواد اولیه در مقدار مواد اولیه

www.SID.ir

Archive of SID

و حاصل‌ضرب قیمت فروش محصول در مقدار محصول حاصل می‌شود. نرخ حساب‌های پرداختنی طبق رابطه ۳۹ از حاصل‌ضرب سفارش تأمین‌کننده و قیمت خرید واحد مواد اولیه به‌دست می‌آید.نرخ بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته طبق رابطه ۳۷ از حاصل‌ضرب قیمت تمام‌شده واحد محصول و نرخ ارسال تأمین‌کننده حاصل می‌شود. حال با استفاده از تقسیم سطح حساب‌های دریافتنی بر درآمد روزانه متوسط تعداد روزهای موردنیاز برای دریافت حساب‌های دریافتنی طبق رابطه ۳۳ به‌دست می‌آید. از تقسیم ارزش موجودی بر بهای تمام‌شده روزانه متوسط تعداد روزهای نگهداری موجودی برای تأمین‌کننده طبق رابطه ۳۴ محاسبه می‌شود. متوسط تعداد روزهای موردنیاز تأمین‌کننده برای پرداخت حساب‌های پرداختنی نیزطبق رابطه ۳۵ از حاصل تقسیم سطح حساب‌های پرداختنی بر بهای تمام‌شده روزانه به‌دست می‌آید.

برای محاسبه چرخه تبدیل پول که هدف مدل حاصل، کمینه‌کردن این شاخص برای تأمین‌کننده است، طبق رابطه ۳۶باید مجموع متوسط تعداد روزهای موردنیاز برای دریافت حساب‌های دریافتنی و متوسط تعداد روزهای نگهداری موجودی را از متوسط تعداد روزهای موردنیاز برای پرداخت حساب‌های پرداختنی کسر کرد. دیگر شاخص اساسی در این مدل تعداد دفعات گردش موجودی استکه هدف مدل، بیشینه‌کردن آن استوطبق رابطه ۴۲ از حاصل تقسیم بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته بر ارزش موجودی به‌دست می‌آید.



شکل ۳. نمودار جریان-موجودی برای جریان مالی تأمین‌کننده

معادلات این بخش به صورت زیر است:

$$SPU=139130 \quad (۲۶)$$

$$SARR=Min(SPU*MOR, SPU*SI) \quad (۲۷)$$

$$SRR=SPU*SDR \quad (۲۸)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$SIVR=(SPU*SI+MP*SRM) \quad (۲۹)$$

$$SAR=SARR \quad (۳۰)$$

$$SIV=SIVR \quad (۳۱)$$

$$SRE=SRR \quad (۳۲)$$

$$SDSO=\frac{SAR}{\frac{SRE}{365}} \quad (۳۳)$$

$$SDIO=\frac{SIV}{\frac{COGS}{365}} \quad (۳۴)$$

$$SDPO=\frac{SAP}{\frac{COGS}{365}} \quad (۳۵)$$

$$SCCC=SDIO+SDSO-SDPO \quad (۳۶)$$

$$COGSR=UC*SDR \quad (۳۷)$$

$$COGS=COGSR \quad (۳۸)$$

$$SAPR=MP*SO \quad (۳۹)$$

$$SAP=SAPR \quad (۴۰)$$

$$UC=128000 \quad (۴۱)$$

$$IT=\frac{COGS}{SIV} \quad (۴۲)$$

جدول ۳. متغیرهای موجود در مدل جریان- موجودی جریان مالی تأمین‌کننده

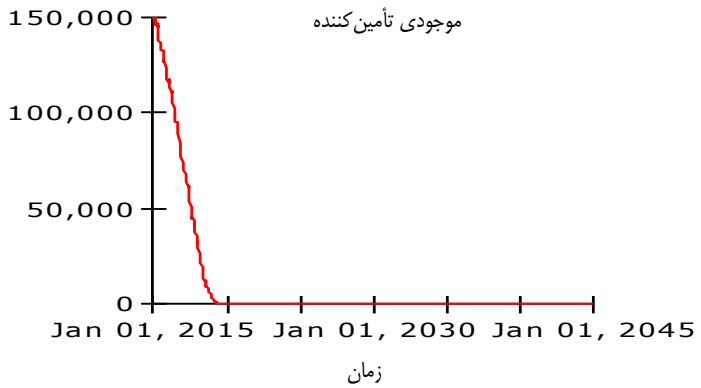
حساب‌های دریافتنی تأمین‌کننده	SAP	قیمت فروش تأمین‌کننده	SPU
قیمت تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته	COGS	قیمت تمام‌شده تأمین‌کننده	UC
متوسط روز موردنیاز برای پرداخت حساب‌های پرداختنی	SDPO	حساب‌های دریافتنی تأمین‌کننده	SAR
چرخه تبدیل پول تأمین‌کننده	SCCC	درآمد تأمین‌کننده	SRE
تعداد دفعات گردش موجودی کالا	IT	ارزش موجودی تأمین‌کننده	SIV
متوسط تعداد روزهای موردنیاز برای دریافت حساب‌های دریافتنی	SDSO	قیمت مواد اولیه	MP
نرخ بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته	COGSR	متوسط تعداد روزهای موردنیاز برای فروش محصول	SDIO

اعتبارسنجی مدل پویایی‌شناسی سیستم. برای اعتبارسنجی مدل پویایی‌شناسی سیستم از

www.SID.ir

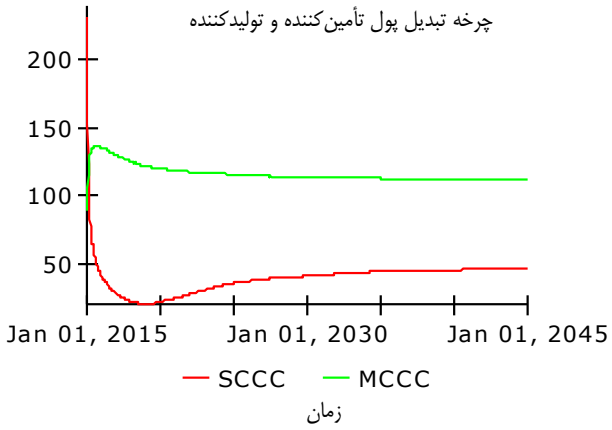
Archive of SID

آزمون شرایط حدی استفاده می‌شود. با افزایش قابل‌ملاحظه زمان تدارک تولید تأمین‌کننده انتظار می‌رود که موجودی تأمین‌کننده به صفر میل کند که صحت این موضوع با توجه به شکل ۴ قابل‌رؤیت است؛ به‌علاوه مدل پویایی‌شناسی سیستم به‌وسیله روش سازگاری ابعاد نیز اعتبارسنجی شد.



شکل ۴. موجودی تأمین‌کننده در آزمون شرایط حدی

طبق شکل ۵، مقدار چرخه تبدیل پول برای تولیدکننده و تأمین‌کننده اختلاف زیادی دارد که تأییدکننده فرضیه دینامیکی ارائه شده است.



شکل ۵. چرخه تبدیل پول تأمین‌کننده و تولیدکننده

ارائه مدل بهینه‌سازی. برخلاف بهینه‌سازی تک‌هدفه که در آن فقط یک تابع هدف در نظر گرفته می‌شود، بهینه‌سازی چندهدفه چندین تابع هدف را به‌طور هم‌زمان در نظر می‌گیرد و به‌دنبال شناسایی

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه جواب‌های بهینه‌ای است که باعنوان «جواب‌های بهینه پارتو»[1] تعریف‌شده‌اند. یک جواب متعلق به مجموعه بهینه پارتو است؛ اگر هیچ جواب دیگری یافت نشود که بتواند حداقل یکی از توابع هدف را بهبود دهد بدون این‌که جواب سایر توابع را بدتر کند. این جواب‌ها هنگامی‌که در فضای جواب تصویر می‌شوند به‌عنوان «تصویر پارتو»[2] شناخته می‌شوند [۴].

متغیرها و پارامترهای مدل بهینه‌سازی طبق جدول ۴ مشخص می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که توابع هدف مدل بهینه‌سازی در مدل پویایی‌شناسی سیستم، متغیرهای درون‌زا و متغیرهای تصمیم (پارامترهای) مدل بهینه‌سازی در مدل پویایی‌شناسی سیستم، متغیرهای برون‌زاهستند.

جدول ۴.پارامترها و توابع هدف مدل بهینه‌سازی

هزینه تجمعی تأمین‌کننده و تولیدکننده	SCC, MCC	زمان تدارک تولید برای تأمین‌کننده و تولیدکننده	PPT, MPT
چرخه تبدیل پول تأمین‌کننده و تولیدکننده	SCCC, MCCC	زمان موردنیاز برای تطبیق موجودی تأمین‌کننده و تولیدکننده	MIAT, SIAT
دفعات گردش موجودی تأمین‌کننده	IT	قیمت تمام‌شده هر واحد محصول برای تأمین‌کننده و تولیدکننده	UC, UC1
دفعات گردش موجودی تولیدکننده	IT1	قیمت فروش واحد محصول برای تأمین‌کننده و تولیدکننده	SPU, SPU1

مدل بهینه‌سازی به‌صورت زیر است:

$$OBJECTIVE: Min(SCC),\ Min(MCC),\ Min(SCCC),\ Min(MCCC),\ Max(IT),\ Max(IT1)$$

$$SUBJECT\ TO: \quad 2 \le PPT \le 4 \qquad (۴۳)$$

$$1 \le MPT \le 2 \qquad (۴۴)$$

$$7 \le SIAT \le 30 \qquad (۴۵)$$

$$3 \le MIAT \le 30 \qquad (۴۶)$$

$$139000 \le SPU \le 142000 \qquad (۴۷)$$

$$216000 \le SPU1 \le 219000 \qquad (۴۸)$$

$$127000 \le UC \le 130000 \qquad (۴۹)$$

$$205000 \le UC1 \le 212000 \qquad (۵۰)$$

1. Pareto Optimal Solutions
2. Pareto Front

www.SID.ir

Archive of SID

روش حل الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی در مسئله حاضر. در مسئله حاضر زمان تدارک تولید برای تولیدکننده و تأمین‌کننده، زمان تطبیق موجودی برای تولیدکننده و تأمین‌کننده، قیمت تمام‌شده و قیمت فروش برای تأمین‌کننده و تولیدکننده، مقادیر ورودی مدل شبیه‌سازی هستند. بر اساس شکل ۶ الگوریتم حل بدین‌صورت است که ابتدا یک جواب اولیه در بازه‌های شدنی متغیرهای ورودی تولید می‌شود و به کمک آن‌ها شبیه‌سازی انجام می‌گیرد. در انتهای شبیه‌سازی مقادیر توابع هدف محاسبه و ذخیره می‌شود؛ سپس با تولید مجموعه مقادیر دیگری برای متغیرهای ورودی شبیه‌سازی انجام و مقادیر توابع هدف محاسبه می‌شود. در این پژوهش این فرایند رفت‌وبرگشتی برای ۳۰۰ نسل انجام می‌گیرد که تقریباً معادل با ۴۳۶۰ بار شبیه‌سازی است و جواب‌های بهینه متغیرهای ورودی که همگی متغیرهای پیوسته هستند، تعیین می‌شود. واضح است که استفاده از روش اجرایسناریوهای مختلف، تضمینی برای دستیابی به جواب‌های بهینه ارائه نمی‌دهد؛ همچنین زمان زیادی برای اجرای سناریوهای متفاوت لازم است؛به‌ویژه هنگامی‌که متغیرهای برون‌زا مدل پیوسته باشند؛در حالی که رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی با زمان بسیار کمتر جواب‌های بسیار بهتری را تولید می‌کند.

۱. محاسبه مقادیر زمان تدارک تولید، زمان تطبیق موجودی، قیمت تمام‌شده و قیمت فروش برای تولیدکننده و تأمین‌کننده

محاسبه مقادیر توابع هزینه، چرخه تبدیل پول وتعداد دفعات گردش موجودی کالا برای تولیدکننده و تأمین‌کننده

شکل ۶. الگوریتم شبیه‌سازی بهینه‌سازی مدل پژوهش

اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی مبتنی بر بهینه‌سازی. در این بخش تعدادی از جواب‌های حاصل به دو روشاجرای سناریوهای مختلف در مدل پویایی‌شناسی سیستم و بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازییرای نمونه مطابق جدول ۵ و ۶ ارائه می‌شود.جواب‌های حاصل از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی بسیار بهتر از جواب‌های حاصل از اجرای سناریوهای مختلف در مدل پویایی‌شناسی سیستم است؛ همچنین ازآنجاکه پارامترهای ورودی مدل شبیه‌سازی پیوسته هستند، امکان اجرای همه سناریوهای ممکن وجود ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. پارامترهای ورودی مدل شبیه‌سازی مبتنی بر بهینه‌سازی

نام پارامتر	حالت شماره ۱		حالت شماره ۲		حالت شماره ۳		حالت شماره ٤	
	SD	SBO	SD	SBO	SD	SBO	SD	SBO
PPT (روز)	۲	۲/۱۵	۲	۲/۴۷	۲	۲/۳۱	۳	۲/۳۹
MPT (روز)	۱	۱/۴۶	۱	۱/۵۲	۲	۱/۶۸	۲	۱/۵۱
SIAT (روز)	۱۰	۱۳/۱۲	۲۰	۱۰/۱۶	۱۰	۱۱/۲۶	۲۰	۱۰/۸
MIAT (روز)	۷	۲۲/۰۸	۱۵	۱۹/۷۵	۱۵	۱۶/۶	۷	۲۰/۲۸
SPU (روز)	۱۳۹۱۳۰	۱۴۰۹۹۹	۱۳۹۱۳۰	۱۴۰۵۱۱	۱۳۹۱۳۰	۱۳۹۹۷۴	۱۳۹۱۳۰	۱۴۰۶۹۵
UC (ریال)	۱۲۸۰۰۰	۱۲۷۸۴۰	۱۲۸۰۰۰	۱۲۸۵۱۰	۱۲۸۰۰۰	۱۲۹۷۶۷	۱۲۸۰۰۰	۱۲۸۹۵۳
SPU1 (ریال)	۲۱۶۵۳۶	۲۱۶۹۲۴	۲۱۶۵۳۶	۲۱۷۸۵۸	۲۱۶۵۳۶	۲۱۶۲۸۷	۲۱۶۵۳۶	۲۱۸۱۰۰
UC1 (ریال)	۲۰۹۶۳۲	۲۰۸۷۵۳	۲۰۹۶۳۲	۲۰۸۴۸۸	۲۰۹۶۳۲	۲۰۷۹۷۵	۲۰۹۶۳۲	۲۰۹۲۳۹

جدول ۶. مقادیر توابع هدف

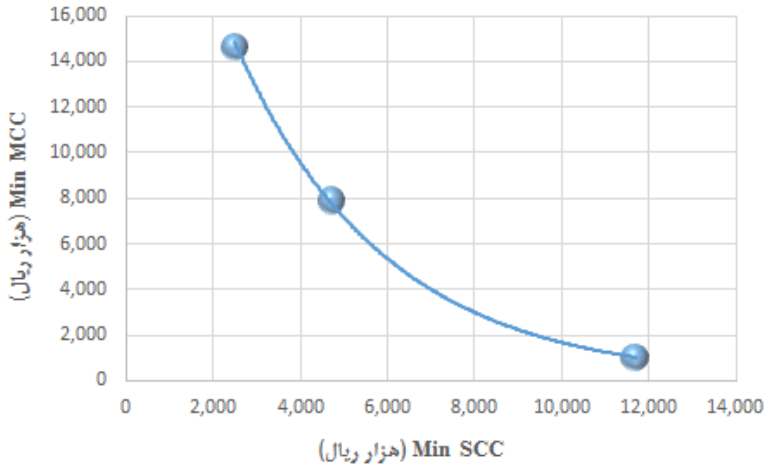
تابع هدف	حالت شماره ۱		حالت شماره ۲		حالت شماره ۳		حالت شماره ٤	
	SD	SBO	SD	SBO	SD	SBO	SD	SBO
SCC (میلیون ریال)	۱۵۸۰	۱۹	۱۰۶۷	۲	۱۱۶۴	۵	۷۲۳۷	۱۳
MCC (میلیون ریال)	۳۵۳۲	۲۳	۱۷۰۳	۱۱	۲۴۸	۰/۳	۱۴۵۸	۱۷
SCCC (میلیون ریال)	−۶۵/۶۳	−۷۳/۴۰	−۷۸/۹۳	−۶۷/۲۴	−۶۷/۲۸	−۶۹/۱۶	−۶۰/۰۱	−۶۸/۵۵
MCCC (میلیون ریال)	۶۱/۸۱	۲۵/۷۸	۲۹/۲۶	۲۷/۶۷	۴۳/۶۹	۳۳/۱۰	۳۷/۹۹	۲۶/۶۱
IT (میلیون ریال)	۴/۰۵	۴/۱۹	۴/۴۵	۳/۹۰	۴/۰۹	۴/۰۷	۳/۵۰	۳/۹۹
IT1 (میلیون ریال)	۱/۳۸	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۴۲	۱/۳۵	۱/۳۹	۱/۳۶	۱/۴۳

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

با استفاده از جواب‌های تولیدشده که ۲۴ مجموعه جواب هستند، ابتدا نمودار پارتو و سپس نمودار پارتو بهینه برای توابع هدف تهیه می‌شود. با توجه به شکل ۵، جواب‌های ۸، ۱۸ و ۲۱، جواب‌های بهینه پارتو برای دو تابع هدف کمینه‌سازی هزینه برای تولیدکننده و تأمین‌کننده هستند.

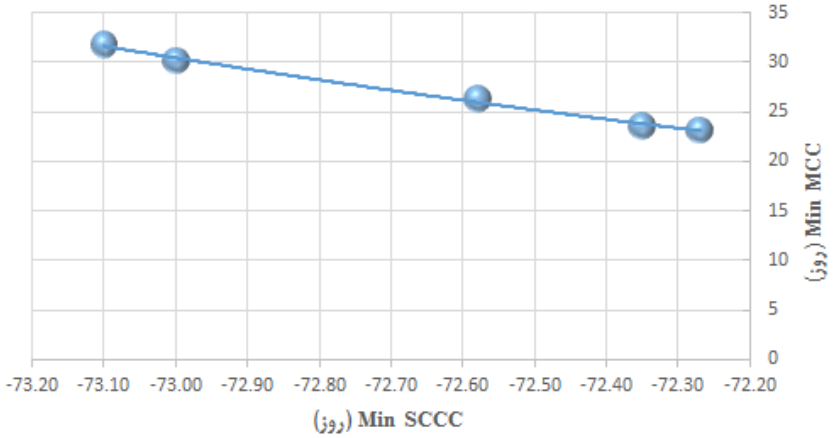
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نمودارپارتو بهینه توابع هدف هزینه تولیدکننده و تأمین‌کننده

بر اساس شکل ۶ جواب‌های ۸، ۱۳، ۱۸، ۲۰ و ۲۴، جواب‌های بهینه پارتو برای دو تابع هدف کمینه‌سازی چرخه تبدیل پول برای تولیدکننده و تأمین‌کننده هستند.

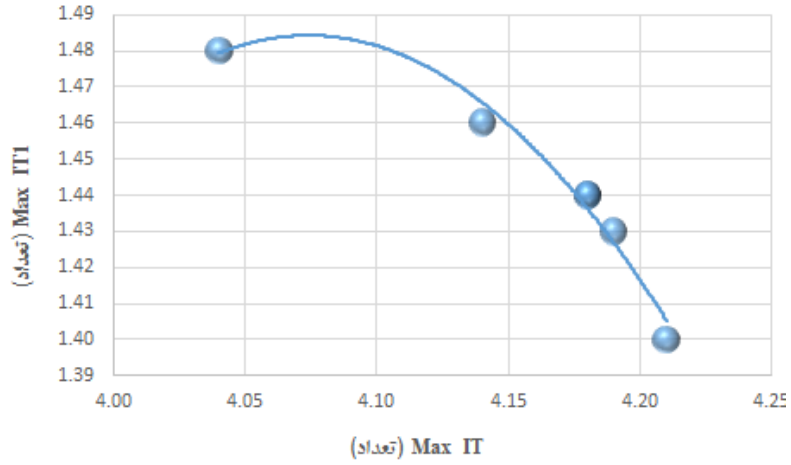


شکل ۸. نمودارپارتو بهینه توابع هدف چرخه تبدیل پول تأمین‌کننده و تولیدکننده

بر اساس شکل ۷جواب‌های بهینه پارتو برای دو تابع هدف بیشینه‌سازی تعداد دفعات گردش موجودی کالا برای تولیدکننده و تأمین‌کننده، جواب‌های ۱، ۸، ۱۳، ۱۷، ۱۸ و ۲۲ هستند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹. نمودارپارتو بهینه توابع تعداد دفعات گردش موجودی کالا برای تولیدکننده و تأمین‌کننده

با توجه به جواب‌های بهینه پارتو ارائه‌شده، جواب‌های ۸ و ۱۸ در هر سه مجموعه جواب بهینه پارتو متشکل از توابع هدف هزینه تأمین‌کننده و تولیدکننده، چرخه تبدیل پول تأمین‌کننده و تولیدکننده، تعداد دفعات گردش موجودی کالا تأمین‌کننده و تولیدکننده به‌صورت دوبه‌دو حاضر هستند؛ همچنین جواب‌های ۸ و ۱۳ در مجموعه جواب‌های بهینه پارتو مربوط به جریان مالی حضور دارند.

انتخاب جواب بهینه. حال بایدبیندو جواب بهینه‌ای که درهرسه مجموعه جواب بهینه پارتو تولیدشده توسط رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی حضور دارند،یکی را برگزید. این انتخاب مبتنی برنظرتصمیم‌گیرنده است؛زیرامقادیرتوابع هدف،تعداد دفعات گردش موجودی کالاوچرخه تبدیل پول برای تأمین‌کننده وتولیدکننده درهردوجواب نزدیک به یکدیگراست درحالی‌که مقادیرتوابع هدف هزینه برای این دوعضودردوجواب بهینه اختلاف ریادی دارد. دلیل اختلاف این است که دو هدف کمینه‌کردن هزینه برای تأمین‌کننده و تولیدکننده تضاد زیاید با هم دارند؛ بنابراین انتخاب جواب بهینه مبتنی بر اولویت تصمیم‌گیرنده است. برای بیشینه‌کردن تعداد دفعات گردش موجودی کالا باید بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته را بیشینه کرد. برای کمینه‌کردن چرخه تبدیل پول باید متوسط تعداد روزهای نگهداری موجودی را کاهش داد؛ یعنی باید بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته را بیشینه کرد. برای کمینه‌کردن چرخه تبدیل پول باید متوسط تعداد روزهای موردنیاز برای پرداخت حساب‌های پرداختنی را افزایش داد؛ یعنی باید بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته را کاهش داد؛ بنابراین برای هدف اول باید بهای تمام‌شده کالاهای فروش‌رفته را هم‌زمان افزایش و کاهش داد و برای هدف دوم باید بهای تمام‌شده کالاهای فروش رفته را افزایش داد که نشان می‌دهد این دو هدف با یکدیگر هم‌راستا نیستند.

حالت اول: اهداف تأمین‌کننده نسبت به اهداف تولیدکننده اهمیت بیشتری دارد.در این حالت

www.SID.ir

Archive of SID

تصمیم‌گیرنده جواب شماره ۸ رابرمی‌گزیند؛ زیرادراین جواب هزینه تأمین‌کننده بسیارکمترازهزینه تولیدکننده است.

جدول ۷.جواب شماره ۸

نام پارامتر	مقدار بهینه پارامتر	تابع هدف	مقدار تابع هدف
MIAT	۲۳/۷۶	IT	۴/۱۸
MPT	۱/۴۰		
PPT	۲/۱۹	IT1	۱/۴۴
SIAT	۱۲/۶۹		
SPU	۱۴۰۳۸۴	MCC	۱۴۶۴۴۰۶۶/۳۴
SPU1	۲۱۷۸۱۸/۴۸	MCCC	۲۳/۵۴
UC	۱۲۸۴۶۶/۷۲	SCC	۲۴۸۵۷۹۳/۹۰
UC1	۲۰۸۸۱۶/۵۶	SCCC	-۷۲/۳۵

حالت دوم: اهداف تولیدکننده نسبت به تأمین‌کننده از اهمیت بیشتری دارد. در این حالت تصمیم‌گیرنده جواب شماره ۱۸ را انتخاب می‌کند؛ زیرا در این جواب هزینه تولیدکننده در مقایسه با هزینه تأمین‌کننده بسیار کمتر است.

جدول ۸.جواب شماره ۱۸

نام پارامتر	مقدار بهینه پارامتر	تابع هدف	مقدار تابع هدف
MIAT	۲۶/۲۲	IT	۴/۱۸
MPT	۱/۳۴		
PPT	۲/۲	IT1	۱/۴۴
SIAT	۱۲/۶۹		
SPU	۱۴۰۳۸۰/۵۷	MCC	۱۰۲۲۲۳۷/۶۰
SPU1	۲۱۸۹۱۴/۶۰	MCCC	۲۳/۱۵
UC	۱۲۸۵۴۵/۴۸	SCC	۱۱۶۸۳۷۷۳/۲۲
UC1	۲۰۶۹۹۶/۴۷	SCCC	-۷۲/۲۷

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهشگران برای مدل‌سازی زنجیره‌های تأمین از روش‌های متفاوتی بهره برده‌اند که در بیشترپژوهش‌های صورت‌گرفته از رویکردهای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی به‌تنهایی استفاده شده است. در این پژوهش از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای مدل‌سازی زنجیره تأمین رینگ خودرو استفاده شده است. رویه مدل‌سازی بدین صورت است که متغیرهای برون‌زا مدل شبیه‌سازی، محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی هستند که مقدار بهینه آن‌ها در مدل بهینه‌سازی تعیین می‌شود. مدل

www.SID.ir

Archive of SID

شبیه‌سازی نیز مقادیر توابع هدف مدل بهینه‌سازی را ارائه می‌دهد؛ به‌عبارت‌دیگر بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی یک رویکرد رفت‌وبرگشتی است که با تولید یک جواب اولیه توسط مدل بهینه‌سازی آغاز می‌شود و در تعداد مشخصی رفت‌وبرگشت جواب‌های بهینه حاصل برای پارامترها را ارائه می‌دهد. پس از حل مدل دو مجموعه جواب بهینه حاصل می‌شود که در همه مجموعه‌های بهینه پارتو تشکیل‌شده حضور داشتند؛سپس تصمیم‌گیرنده با توجه به اولویت‌های موردنظر یکی از جواب‌های موجود را انتخاب می‌کند. نکته قابل‌ذکر این است که دریکی از جواب‌ها هزینه تولیدکننده نسبت به تأمین‌کننده بسیار بیشتر است و در جواب دیگر برعکس؛ یعنی هزینه تأمین‌کننده بسیار بیشتر از تولیدکننده است. رویکرد شبیه‌سازی مبتنی بر بهینه‌سازی برای سیستم‌های پیچیده مانند زنجیره‌های تأمین مناسب است؛ همچنین استفاده از این رویکرد برای مسائل با بیش از دو تابع هدف نیز توصیه می‌شود.

پژوهش‌های آتی می‌تواند شامل استفاده از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی برای سیستم‌های پیچیده‌ای چون زنجیره تأمین و یا سایر سیستم‌هایی باشدکه از چندین تابع هدف تشکیل‌شده‌اند و اهداف آن‌ها غالباً با یکدیگر متضاد است؛ همچنین در این پژوهش دو سطح از زنجیره در نظر گرفته شده استکه در پژوهش‌های آتی می‌توان تعداد بیشتری از اعضای زنجیره را در نظر گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Anderson, E. G., Fine, C. H., & Parker, G. G. (2000). Upstream volatility in the supply chain: The machine tool industry as a case study. *Production and Operations Management, 9(3),* 239-261.

2. Anderson, E. G., & Morrice, D. J. (2000). A simulation game for teaching service-oriented supply chain management: Does information sharing help managers with service capacity decisions? *Production and Operations Management, 9(1),* 40-55.

3. Angerhofer, B. J., & Angelides, M. C. (2000). *System dynamics modelling in supply chain management: research review.* Paper presented at the Simulation Conference, 2000. Proceedings. Winter.

4. Aslam, T., Hedenstierna, P., Ng, A. H., Wang, L., & Deb, K. (2011). Multi-Objective Optimisation in Manufacturing Supply Chain Systems Design: A Comprehensive Survey and New Directions: Springer.

5. Berry, D., & Naim, M. (1996). Quantifying the relative improvements of redesign strategies in a PC supply chain. *International Journal of Production Economics, 46*, 181-196.

6. De Vin, L. J., Ng, A. H., & Oscarsson, J. (2004). Simulation-based decision support for manufacturing system life cycle management. *Journal of Advanced Manufacturing Systems, 3(02),* 115-128.

7. Ding, H., Benyoucef, L., & Xie, X. (2005). A simulation optimization methodology for supplier selection problem. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 18(2-3),* 210-224.

8. Disney, S. M., & Towill, D. R. (2003). Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain. *International Journal of Operations & Production Management, 23(6),* 625-651.

9. Duggan, J. (2008). Using system dynamics and multiple objective optimization to support policy analysis for complex systems *Complex Decision Making* (pp. 59-81): Springer.

10. Fu, M. C., Glover, F. W., & April, J. (2005). *Simulation optimization: a review, new developments, and applications.* Paper presented at the Proceedings of the 37th conference on Winter simulation.

11. Hafeez, K., Griffiths, M., Griffiths, J., & Naim, M. (1996). Systems design of a two-echelon steel industry supply chain. *International Journal of Production Economics, 45(1),* 121-130.

12. Ivanov, D., Sokolov, B., & Kaeschel, J. (2010). A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations. *European Journal of Operational Research, 200(2),* 409-420.

13. Komoto, H., Tomiyama, T., Silvester, S., & Brezet, H. (2011). Analyzing supply chain robustness for OEMs from a life cycle perspective using life cycle simulation. *International Journal of Production Economics, 134(2),* 447-457.

14. Pishvaee, M.S., Lari, A., Mehrkar, J. (2014). Assessing improvement policies related to lake urmia crisis using a system dynamics approach. *Future Management, 40,* 38-62

15. Rafaeli, S., & Ravid, G. (2003). Information sharing as enabler for the virtual team: an experimental approach to assessing the role of electronic mail in

www.SID.ir

Archive of SID

disintermediation. *Information Systems Journal, 13(2),* 191-206.

16. Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management science, 35(3),* 321-339.

17. Wangphanich, P., Kara, S., & Kayis, B. (2010). Analysis of the bullwhip effect in multi-product, multi-stage supply chain systems–a simulation approach. *International journal of production Research, 48(15),* 4501-4517.

www.SID.ir