مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیستم، شماره اول (پیاپی ۷۶)،بهار ۰۲، ص ص ۱۱۶-۹۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

# کارایی زنجیره‌تامین با استفاده از پویایی‌های سیستمی و تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره تامین حلقه بسته (مطالعه موردی: شرکت شیشه و بلور اصفهان)

**امیر مسعود احمدی[۱]، فرزین مدرس[۲*]، علیرضا بافنده زنده[۳]**

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- دانشیار، گروه ریاضی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

رسید مقاله: ۱۰ فروردین ۱۴۰۰

پذیرش مقاله: ۱۳ شهریور ۱۴۰۰

## چکیده

هدف از انجام این مطالعه افزایش کارایی زنجیره تامین پیشنهادی، با استفاده از پویایی‌های سیستمی و تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره تامین حلقه بسته است. اگر چه تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در ارتباط با کنترل موجودی صورت گرفته است ولی کنترل موجودی با استفاده از پویایی سیستم در زنجیره تامین حلقه بسته کمتر مورد توجه و بحث قرار گرفته است که منجر به سطح سفارش صحیح می‌شود. به منظور استخراج مدل مفهومی پژوهش متغیرهای مورد استفاده در مصاحبه با خبرگان مورد بررسی قرار گرفت. مدل مفهومی تحقیق با استفاده از آزمون‌های مختلف در نرم‌افزار ونسیم اعتبارسنجی و مدل پیشنهادی برای یک مطالعه موردی از بخش شرکت شیشه و بلور اصفهان پیاده‌سازی شده است. مدل ارایه‌شده در این تحقیق و بررسی اعتبار آن وجود پویایی‌های مفروض در مدل پیشنهادی را تایید نمود، این پویایی‌ها در قالب حلقه‌های علت و معلولی چگونگی تاثیرگذاری متغیرهای مدل را بر یکدیگر در طول زمان نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که برای مجموعه تحت بررسی در صورت برابر صفر بودن موجودی قابل بازیافت، موجودی در دسترس و وضعیت انباشتگی بازگشت در شرایط حدی حداقل و برابر صفر تولید کاهش پیدا خواهد کرد. آزمون حساسیت، حساس بودن نتایج مدل به انتخاب بازدهی زمانی را نشان می‌دهد که برای انجام این آزمون بازه زمانی ۵۰ ماهه مدل به ۱۰۰ ماه تبدیل شد و با نصف کردن بازه زمانی مدل، تغییر چشمگیری در رفتار مدل مشاهده نشد و هم چنان افزایش متغیرهای مدل باعث بهبود زنجیره تامین حلقه بسته می‌شود.

**کلمات کلیدی:** زنجیره تامین حلقه بسته، کنترل موجودی، پویایی سیستمی، نرم‌افزار ونسیم.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: farzinmodars@yahoo.com



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

## ۱ مقدمه

طراحی شبکه زنجیره تامین عبارت است از تعیین مکان و تعداد تسهیلات موجود در شبکه، موجودی هر تسهیل و کمیت جریان ارسالی بین آن‌ها. هدف از طراحی زنجیره‌تامین علاوه بر مکان‌یابی تسهیلات، حداقل کردن هزینه‌هایی مانند خرید، تولید، حمل و نقل و غیره نیز می‌باشد [۱]. طراحی مناسب شبکه زنجیره‌تامین منجر به تعیین ساختاری بهینه می‌شود که این امر مدیریت موثر و رقابتی زنجیره‌تامین را امکان‌پذیر می‌نماید.

با توسعه سریع فناوری اطلاعات در سال‌های اخیر و کاربرد وسیع آن در مدیریت زنجیره‌تامین[1]، بسیاری از فعالیت‌های اساسی مدیریت زنجیره با روش‌های مختلفی در حال انجام است [۱-۳]. در زنجیره‌تامین سه نوع جریان وجود دارد که عبارت‌اند از مواد، اطلاعات و امور مالی [۴]. در حالی که جریان اطلاعات بالادست می‌تواند به پیش‌بینی‌های فروش، سفارشات و نقطه فروش اشاره کند. نمونه‌هایی از جریان پایین دست جریان مالی می‌تواند صورت‌حساب، قیمت‌گذاری و شرایط اعتباری باشد در حالی که یک مثال از جریان مالی بالادست می‌تواند پرداخت باشد [۵]. اولین بررسی نمادین در زمینه توسعه سیاست‌های موجودی توسط مهرجو و همکاران [۶] انجام گرفت. از ابتدای پیدایش مطالعات کلاسیک در زمینه مدیریت علمی که به دهه‌های اول و دوم قرن اخیر برمی‌گردد، مبحث کنترل موجودی‌ها و چگونگی تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها از مشغله‌های فکری مدیران بوده است و تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای در این زمینه انجام گرفته و مدل‌های مختلفی برای کنترل موجودی‌ها ارایه شده است [۷]. بیشتر مدل‌هایی که ابتدا مطرح شدند مدل‌های نسبتاً ساده‌ای بودند که تا حد امکان سعی در ساده‌سازی واقعیات داشتند و پارامترهای مدل را به طور قطعی در نظر می‌گرفتند؛ در حالی که یکی از مسایلی که در زمینه مدیریت و تصمیم‌گیری مشمول این ابهام و نبود قطعیت است، موضوع کنترل موجودی است که اغلب پارامترهای آن در دنیای واقعی به شکل مبهم و غیرقطعی است [۸-۱۰].

اهمیت این توسعه به این دلیل است که مدل‌های سنتی کنترل موجودی، مانند مقدار سفارش اقتصادی و مقدار اقتصادی تولید برای محیط قطعی توسعه یافته‌اند؛ در حالی که عدم قطعیت محیط واقعی ما را نسبت به کارایی این‌گونه فرمول‌ها دچار تردید می‌کند. از سوی دیگر، مدیریت موجودی یکی از مباحث مهم در مدیریت زنجیره تأمین محسوب می‌شود [۱۱]. در دهه‌های اخیر، توجه به مسایل زیست‌محیطی، الزامات قانونی و نیز منافع اقتصادی ناشی از فعالیت‌های بهبود و بازسازی محصول، سبب شده است بسیاری از شرکت‌های مهم بر اجرای فعالیت‌هایی چون جمع‌آوری، بهبود، بازسازی و یا بازیافت محصولاتی که در انتهای زنجیره‌تامین سنتی و در پایان عمر مفید خود قرار دارند، تمرکز نموده و در این زمینه موفقیت‌های قابل توجهی به‌دست آورند [۱۲-۱۴]. بهبود محصول نیاز به مواد دسته اول، مصرف انرژی و فضای الزام برای دفع محصولات را کاهش می‌دهد. بنابراین از دیدگاه تجاری این سیستم‌ها سهم قابل توجهی در افزایش سودآوری سازمان دارند. این مجموعه مسایل موجب توجه به جریان معکوس در زنجیره و توسعه محدوده‌ی فعالیت‌های مدیریت زنجیره‌تامین شده‌اند. به عبارتی امروزه باور مشترک یک زنجیره‌تامین که داشتن یک ساختار ساده و هموار مرتبط با حرکت محصولات از نقطه مبدا به نقطه مصرف است، در حال تغییر به زنجیره حلقه بسته می‌باشد. از طرفی با توجه به هزینه‌های بالای نگهداری کالا و در

[1] Supply Chain Management



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

نتیجه اهمیت سیستم کنترل موجودی در زنجیره‌تامین می‌توان از مدیریت موجودی‌ها[1] به عنوان یکی از موضوع‌های مهم در تجارت و صنعت نام برد که البته با توجه به شرایط ویژه کالاهای خاص، کنترل موجودی و مدیریت بهتر تقاضای این اقلام از اهمیت دو چندانی برخوردار می‌باشد [۱۵]. بنابراین تولیدکنندگان این محصولات می‌توانند به منظور پاسخ‌گویی به نگرانی‌های زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های سیستم، به همکاری با تامین‌کنندگان مواد اولیه و خرده‌فروشان پرداخته و با طراحی یک زنجیره‌تامین حلقه بسته، علاوه بر تحویل مناسب محصول به مشتری، نسبت به جمع‌آوری اقلام مصرف‌شده، تعمیر، بازسازی، و فروش مجدد آن‌ها اقدام نمایند. صابری و همکاران [۱۶] خاطر نشان کردند که توسعه پایدار در مدیریت زنجیره‌تامین، نه تنها یک عامل محدود کننده بلکه یک رویکرد برای بهبود عملکرد است. این بر قدرت رقابتی شرکت و سازمان‌دهی زنجیره‌تامین آن اثر دارد. اگرچه چارچوب و مفهومSSCM[2] توسعه‌یافته است، ترکیب روش‌های اطلاعات ناقص و روابط درونی موجود موجب اختلاف در فرایند تصمیم‌گیری در سطوح صنعتی و شرکتی می‌شود و این تصمیم‌گیری شامل پایش و ارزیابی اثر عملیات کسب و کار بر روی محیط زیست و جامعه است.

فارسی و همکاران [۱۷] یکپارچه‌سازی تصمیم‌گیری در خصوص سه مولفه کلیدی زنجیره‌تامین شامل قیمت‌گذاری، مسیریابی و کنترل موجودی، چند محصولی چند دوره‌ای در یک زنجیره‌تامین دو سطحی؛ شامل یک تولیدکننده و مجموعه‌ای از خرده فروشان را مورد مطالعه قرار دادند. دروغتی و همکاران [۱۸] به بررسی این ادعا پرداختند که آیا اشتراک اطلاعات به عنوان وسیله‌ای برای کاهش هزینه‌های عملیاتی زنجیره‌تامین پایدار نیز هست یا نه؟ آن‌ها به این نتیجه رسیدند که به اشتراک‌گذاری اطلاعات در این زنجیره‌تامین باعث افزایش سود سالانه با کاهش قیمت خریدار منجر می‌شود. آقاجانی و همکاران به بررسی یک مدل برنامه ریاضی فازی برای مساله طراحی شبکه زنجیره‌تامین پایدار چندکالایی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سه بعد زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی ابعاد اصلی پایداری در زنجیره‌تامین هستند[۱۹].منصوری و همکاران به طراحی مدل عملکرد اجتماعی زنجیره‌تامین سبز تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند[۲۰]. رضایی و خاکستری(۱۳۹۸) به ارایه مدل ترکیبی کنترل موجودی تحت کنترل فروشنده همراه با انتخاب تامین‌کننده سبز در شرایط عدم قطعیت پرداختند. در این تحقیق یک مدل ریاضی دو هدفه برای یک مساله سیستم موجودی تحت کنترل فروشنده در زنجیره‌تامین سبز دو سطحی با دو تامین‌کننده و یک خریدار توسعه داده شده است. الگوریتم اجرا شده نتایج خوبی را در زمان محاسباتی مناسب نشان داده است[۲۳]. محمودی و همکاران(۱۳۹۸)، به ارایه یک مدل ریاضی جهت انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌ی تامین با در نظرگیری مسایل کنترل موجودی و قیمت‌گذاری پرداختند[۲۴]. در مطالعه صورت گرفته توسط آزادی و همکاران (۲۰۱۹)، نیز مساله‌ی توام کنترل موجودی و قیمت‌گذاری مطرح‌شده که مدل پیشنهادی آنها تصادفی بوده و برای محصولات فاسد شدنی ارایه گردیده است[۲۵]. شریفی و همکاران(۱۳۹۸)، به شبیه‌سازی مساله کنترل موجودی با هزینه سفارش‌دهی متغیر به کمک پویایی سیستم‌ها پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که خط مشی پرکردن موجودی پیشنهادی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های لازم برای

[1] Inventory Management
[2] Sustainable Supply Chain Management



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]
[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

مدیریت و کنترل موجودی محصولات فسادپذیر مفید واقع شود[۲۶]. اکبری و همکاران(۲۰۱۷) کنترل موجودی برای یک فروشنده را در زنجیره تامین محصولات فسادپذیر و با در نظرگفتن تخفیف در قیمت را ارایه دادند. آنها یک زنجیره تامین دوسطحی با یک تامین‌کننده و چندین خرده فروش را در نظر گرفته و تخفیف در قیمت محصول را بعد از زمان خاصی برای تحریک تقاضا در مدل خود در نظر گرفتند. همچنین یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی با تابع هدف حداقل‌سازی هزینه کل زنجیره‌تامین در نظر گرفته و از ترکیب الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ذات برای حل آن استفاده کرده‌اند[۲۷].

## ۲ تعریف مساله

تعیین میزان سفارش‌دهی مشکل کلاسیک موجودی است. در زنجیره‌ی عرضه‌ی سنتی، هرسطح از اعضای زنجیره تنها مسئولیت مدیریت شرایط خود و از جمله کنترل موجودی خویش را بر عهده دارد. بنابراین هر یک از سطوح زنجیره عرضه با توجه به شرایط خاص و اطلاعاتی کلی در باره مشتریان بلاواسطه‌ی خود، به تامین‌کننده سفارش می‌دهد.

با توجه به هزینه‌های بالای نگهداری کالا و در نتیجه اهمبت بالای سیستم کنترل موجودی در زنجیره‌تامین می‌توان مدیریت موجودی‌ها را به عنوان یکی از موضوعات مهم در تجارت و صنعت نام برد. تحقیق در زمینه کنترل موجودی به دو صورت سیاست مرور پیوسته و مرور دوره‌ای انجام می‌پذیرد. در سیاست مرور پیوسته می‌توان هر لحظه با توجه به موقعیت موجودی در دست اقدام به بازپرسازی کرد. در حالی که در سیاست مرور دوره‌ای فقط در زمان‌های خاص می‌توان این کار را انجام داد. طی سالیان اخیر مسایل کنترل موجودی چند پریودی در زمینه‌های مختلف به خصوص زنجیره‌تامین بر اساس فرضیات و شرایط گوناگون شکل گرفته‌اند[۲۸]. یکی از مدل‌های پرکاربرد کنترل موجودی مدل مقدار تولید اقتصادی است. فرض‌هایی که در این مدل به کار رفته است کاربرد آنها را برای شرایط کنونی سیستم‌های تولید محدود می‌کند. پس این روش باید تا حد امکان کنار گذاشته شود[۲۹]. همان‌طور که اشاره شده یک زنجیره‌تامین با یک تولیدکننده و چندین خرده فروش و یک جمع‌آوری‌کننده در نظر گرفته شده است. و سعی در یافتن بهترین سیاست‌های بازپرسازی برای یک کالا دارند. پویایی‌های سیستمی دیدگاه و مجموعه‌ای از ابزارهای مفهومی است که ما را قادر به فهم ساختار و پویایی سیستم‌های پیچیده می‌کند و همچنین روش مدل‌سازی ماهرانه و ظریفی است که می‌تواند در ساخت شبیه‌سازی رایانه‌ای از سیستم‌ها مورد استفاده قرار گیرد و استفاد از آن منجر به طراحی ساختار و سیاست‌های موثر می‌شود[۳۰]. سیستم‌ها طی زمان تغییر می‌کند و این تغییرات بر پویایی سیستم دلالت دارند. از این رو سیستم‌های تغییرپذیر را سیستم‌های پویا می‌نامند. در واقع روابطی دو سویه عناصر و همچنین تعامل عناصر با محیط را برای تعقیب هدف‌های سیستم محدود می‌سازند، منشا اصلی این تغییرات هستند[۳۱]. عمده مسایلی که در زمینه کنترل موجودی مطرح می‌شوند، با فرض تقاضای ایستا در محیط قطعی یا تصادفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این فرض در دنیای واقعی کاربرد چندانی ندارد، چرا که نیازهای مشتریان به دلایل مختلف از جمله تقاضای قبلی، دریافت تقاضا از چندین خرده فروش با دوره‌های زمانی متفاوت و غیره در طول زمان تغییر می‌نماید. در برخی از



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

پژوهش‌های مرتبط نیز با این‌که مساله کنترل موجودی پویا مورد بررسی قرار گرفته است، برای سهولت حل، تقاضا به صورت یکنواخت در طول افق برنامه‌ریزی تخمین زده شده است که با در نظر گرفتن این فرضیات از کاربرد این مدل‌ها در دنیای واقعی فاصله گرفته می‌شود.

تا کنون در داخل کشور و مطالعات خارج، بیشتر تحقیقات انجام شده از مدل‌سازی دینامیکی زنجیره‌تامین، فرموله کردن پیوسته در مورد زمان و موجودی‌های انباشته شده صورت گرفته است. در حالی که ارایه گسسته در مورد متغیرهای کلیدی زنجیره شامل نرخ سفارش، نرخ تحویل و وضعیت موجودی و سفارشات در راه به واقعیت نزدیک‌تر است و ابزار مناسب‌تری را برای توسعه سیاست‌های زنجیره در اختیار قرار می‌دهد. برای بررسی یک زنجیره‌تامین حلقه بسته و تحلیل سناریوهای آن نیاز به نگاه یکپارچه و کلان به کل زنجیره‌تامین است که با توجه به پیچیدگی ارتباط بین متغیرها و مراحل بین زنجیره‌تامین حلقه بسته، استفاده از پویایی‌های سیستمی می‌تواند راه حل مناسب برای این‌کار باشد که تا کنون محقق نشده است. از طرفی تحلیل سیاست‌های موجودی با در نظر داشتن تمامی فاکتورهای زنجیره‌تامین حلقه بسته به صورت یکپارچه، شکاف بزرگی در ادبیات این حوزه را رقم زده است که در این پژوهش به دنبال محقق کردن آن هستیم. نبود سطح سفارش مناسب برای سفارش مجدد مواد اولیه و جمع‌آوری مواد قابل استفاده مجدد می‌تواند هزینه‌های بسیاری را به ارمغان بیاورد. بنابراین با ارایه یک مدل شبیه‌سازی‌شده از زنجیره‌تامین حلقه بسته می‌توان بهبود عملکرد آن را با استفاده از سناریوهای مختلف به‌دست آورد و سطوح مناسب متغیرهای مختف این زنجیره را در حد بهینه محاسبه کرد. اگرچه تحقیقات گسترده‌ای در این حوزه صورت گرفته است ولی تا به حال مساله کنترل موجودی با تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته با استفاده از پویایی‌های سیستمی انجام نشده است و این پژوهش از این دیدگاه نوآورانه می‌باشد.

به طور کلی اهداف این تحقیق عبارتند از:

-شناسایی فاکتورهای مهم و اثرگذار در زنجیره‌تامین حلقه بسته

-تعیین رابطه علی و معلولی میان متغیرهای مهم زنجیره‌تامین

-شبیه‌سازی زنجیره تامین حلقه بسته با کمترین مفروضات و نزدیک به واقعیت

-تحلیل حساسیت سیاست‌های موجودی در طول زنجیره‌تامین

-توسعه‌ی سیاست‌های سفارش‌دهی

-بهبود عملکرد زنجیره‌تامین

## ۳ روش تحقیق

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی- توسعه‌ای است. در این پژوهش از روش پویایی‌های سیستم استفاده شده است. در پژوهش حاضر بر اساس گام‌های موجود در روش پویایی‌های سیستم، مدل کنترل موجودی در زنجیره حلقه بسته شرکت شیشه و بلور اصفهان پیاده شده است. اطلاعات لازم بر اساس داده‌های مربوط به پرسشنامه توسط نخبگان در دسترس، تامین کنندگان، عرضه کنندگان و مدیران شرکت شیشه و بلور اصفهان حاصل شده



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

است. به عبارتی برای آزمون مدل و سنجش میزان انطباق رفتار آن با رفتار سیستم واقعی، از داده‌های تکمیل‌شده پرسشنامه استفاده خواهد شد. در ادامه مراحل و روش تحقیق بیان شده است.

## ۳-۱ طراحی و پیاده‌سازی مدل پویای زنجیره تامین حلقه بسته

جهت طراحی و پیاده‌سازی مدل پویای زنجیره تامین حلقه بسته ۵ گام تکرارشونده زیر اجرا شده است که عبارتند از: ۱) تعریف مسأله، ۲) توسعه‌ی فرضیه‌های پویا، پس از مشخص شدن مساله، ۳) مدل‌سازی و فرمول‌بندی مدل، ۴) اعتبارسنجی مدل، ۵) تجزیه و تحلیل نتایج (سناریوسازی و ارزیابی سیاست‌ها). در ادامه این ۵ گام بر اساس مساله تحقیق تشریح شده است.

- **گام اول: تعریف مساله و افق زمانی پژوهش**

این پژوهش در پی پاسخگویی به این پرسش است که از میان عوامل تاثیرگذار بر سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره تامین حلقه بسته، تاثیر کدامیک بیشتر است و هر کدام از این عوامل به چه میزان بر کنترل موجودی زنجیره تامین حلقه بسته تاثیرگذار است. محقق قصد دارد با مدل‌سازی این مدل در شرکت شیشه و بلور اصفهان و وارد نمودن متغیرهای بر اساس روش پویایی‌های سیستم به این پرسش پاسخ دهد. در اغلب تحقیقات تجربی صورت گرفته در حوزه متنوع سازی یک بازهی ۳ تا ۵ ساله را برای بررسی نتایج در نظر گرفته شده است (گری، ۲۰۰۵). در این تحقیق با استناد به نظرات خبرگان و نیز ادبیات موضوع، افق زمانی ۵۰ ماهه در نظر گرفته‌شده است تا زمان کافی برای عملکرد بازخوردها وجود داشته باشد.

- **گام دوم: فرضیه‌ی پویا**

فرضیه پویا، یک تئوری کارا درباره‌ی چگونگی بروز مساله است (استرمن، ۲۰۰۰). بر اساس مشاهداتی که از الگوهای مرجع صورت گرفته است و تئوری‌هایی که در ادبیات تحقیق ملاحظه شد، فرضیه‌ی پویای مدل موردنظر به صورت زیر تنظیم گردید. سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته شرکت شیشه و بلور اصفهان متاثر از عوامل متفاوتی است که یکی از آن‌ها تاثیر متفاوت متغیرها بر زنجیره‌تامین حلقه بسته شرکت شیشه و فولاد اصفهان است. یعنی هر اندازه متغیرهای تاثیرگذار بهبود یابند عملکرد زنجیره‌تامین در شرکت شیشه و بلور اصفهان با سرعت بیشتری بهبود خواهد یافت.

- **گام سوم: ترسیم ساختار مدل (مدل‌سازی)**

متغیرهای مورد بررسی در ساختار مدل در جدول ۱ نشان داده شده است.

**جدول ۱.** تعریف متغیرهای مورد بررسی در ساختار مدل پژوهش

| نام متغیر | علامت | نوع متغیر | تعریف |
|---|---|---|---|
| **تناوب بازگشتی** | Replenishment frequency | کمکی | متغیر کمکی تناوب بازگشتی تکرار جریان فرآیند از زمان قرار دادن یک مرتبه به زمان سفارش بعدی برای پر کردن موجودی تخلیه شده است. چرخه دوباره پر کردن بسته به اینکه چه چیزی برای یک صنعت خاص مفید است، ممکن است در هر نقطه از چرخه تولید، توزیع یا فروش انجام شود. به عنوان مثال، یک تجارت ممکن است بخواهد |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | چرخه پر کردن مجدداً تکرار شود، در حالی که هنوز تعداد کافی سهام برای دستیابی به سفارشات برای ۳۰ روز آینده وجود دارد. یا ممکن است دوباره پر کردن دوباره تا یک مقدار حداقل سفارش خاص برسد. |
| **بازسازی تا سطح تعریف شده** | Remanufacture up to level | کمکی | بازسازی تا سطح تعریف شده یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **موجودی قابل بازیافت** | Recoverable inventory | انباشت | مساله بهینه‌سازی همان‌طور که در مدل METRIC آمده است به حداقل رساندن تعداد مورد انتظار کل سیستم‌های برگشتی سیستم در یک سیستم موجودی در معرض محدودیت بودجه می باشد. این سیستم شامل موارد قابل بازیافت است - مواردی که در صورت خرابی مورد تعمیر قرار می گیرند. موجودی قابل بازیافت متغیری صفر تا یک است که صفر نشان دهنده وضعیت ضعیف و یک بسیار قوی است. |
| **بازسازی** | Remanufacturing | نرخ | تولید مجدد عبارت است از "بازسازی یک محصول با مشخصات محصول اصلی تولید شده با استفاده از ترکیبی از قطعات قابل استفاده مجدد، همانند تعمیر کردن". که نیاز به تعمیر یا تعویض قطعات و ماژول های فرسوده یا منسوخ دارد. قطعات منوط به تخریب مؤثر بر عملکرد یا عمر مورد انتظار کل جایگزین می شوند. تولید مجدد نوعی فرایند بازیابی محصول است که در کامل بودن آن با سایر فرایندهای بازیابی متفاوت است: یک دستگاه بازسازی شده باید با انتظار مشتری مشابه ماشین‌های جدید مطابقت داشته باشد. بازسازی یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **موجودی قابل استفاده** | Serviceable inventory | انباشت | موجودی قابل استفاده مجموعه‌ای از خدمات حاکم و استاندارد است که با یکدیگر در یک مرز مکمل و هم افزایی می شوند، که نشان دهنده تصدی یا بخشی از آن است. در اصل، موجودی قابل استفاده مجموعه ای از خدمات داخلی مانند خدمات ارتباطی و بهبود فرآیند است که به یک سازمان امکان می دهد به سرعت نسبت به تقاضای مشتری واکنش نشان دهد و کیفیت، سرعت و عملکرد بیشتری را با قیمت مناسب به مشتریان ارایه دهد. موجودی قابل استفاده متغیری صفر تا یک است که صفر نشان دهنده وضعیت ضعیف و یک نشان دهنده وضعیت قوی است. |
| **تولید** | production | نرخ | بازسازی یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **نرخ تولید** | Production up to level | کمکی | نرخ تولید که صرف نظر از نوسان تقاضا، ثابت می ماند. هدف آن به حداکثر رساندن بهره وری از ظرفیت و حفظ سطح نیروی کار است. نرخ تولید یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **سطح پایین اصلاح پذیری برای تولید** | Low level of serviceable For production | کمکی | خرده فروشان یا تولیدکنندگان سعی می کنند تا حد ممکن مشتریان را راضی کنند تا این امر حداکثر فروش خود را به حداکثر برساند. با این حال، حفظ موجودی مربوطه هم پرهزینه است و هم مخاطره آمیز. تولیدکنندگان برای قرار دادن محصولات منقضی شده نیاز به فضای لازم دارند. سطح پایین اصلاح پذیری برای تولید تا سطح تعریف شده یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **تقاضا** | Demand | نرخ | تقاضا یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **جستجوی** | Demand lookup | کمکی | ارزیابی تقاضا یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

| | | | |
|---|---|---|---|
| **تقاضا** | | | کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **سطح پایین اصلاح پذیری برای بازتولید** | Low level of serviceable For remanufacturing | کمکی | منظور زمانی است که سیستم ترجیح می دهد مجدد تولید را انجام دهد.سطح پایین اصلاح پذیری برای بازتولید یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **درصد دورریز** | Percentage disposed | کمکی | درصد دورریز یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **در دسترس بودن** | Disposal | انباشت | در دسترس بودن متغیری صفر تا یک است که صفر نشان دهنده وضعیت ضعیف و یک وضعیت بسیار قوی است. |
| **عدم بازگشت** | Faild retuns | نرخ | عدم بازگشت یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **بازگشت جمع اوری شده** | Collected returns | انباشت | منظور جمع آوری کالاهای معیوب و یا دچار نقص می باشد. بازگشت جمع‌آوری شده متغیری صفر تا یک است که صفر نشان‌دهنده وضعیت ضعیف و یک وضعیت بسیار قوی است. |
| **جمع‌آوری** | Collection | نرخ | جمع‌آوری یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **زمان بازرسی** | Inspection time | کمکی | زمان بازرسی یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **زمان باقیمانده** | Residence time | کمکی | زمان باقیمانده یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **جریان تقاضا** | Demend inflow | نرخ | جریان تقاضا یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **محصولات استفاده شده** | Used products | انباشت | محصولات استفاده شده متغیری صفر تا یک است که صفر نشان‌دهنده وضعیت ضعیف و یک وضعیت بسیار قوی است. |
| **بازگشت** | Returns | کمکی | بازگشت یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **ضریب نرخ بازگشت** | Returns rate faction | کمکی | منظور ضریب نرخ بازگشت محصولات می باشد. ضریب نرخ بازگشت یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **زمان بازگشت** | Return time | کمکی | زمان بازگشت یک متغیر کمکی است که بر ضریب نرخ بازگشت تاثیر گذار است و باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **جریان بازگشت** | Returns inflow | نرخ | جریان بازگشت یک متغیر نرخ است که خروجی و ورودی متغیر انباشت است. |
| **انباشتگی بازگشت** | Return accumulation | انباشت | انباشتگی بازگشت استفاده شده متغیری صفر تا یک است که صفر نشان‌دهنده وضعیت ضعیف و یک وضعیت بسیار قوی است. |
| **شاخص بازگشت ۳** | Return index bakup3 | کمکی | شاخص بازگشت ۳ یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **شاخص بازگشت ۲** | Return index bakup2 | کمکی | شاخص بازگشت ۲ یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **شاخص** | Return index bakup1 | کمکی | شاخص بازگشت ۱ یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

| | | | |
|---|---|---|---|
| **بازگشت ۱** | | | انباشت و نرخ می‌شود. |
| **سرویس توافق با مشتری** | Service agreement with customer | کمکی | توافق نامه سطح خدمات (SLA) تعهدی بین ارایه‌دهنده خدمات و مشتری است. جنبه‌های خاص خدمات - کیفیت، در دسترس‌بودن، مسئولیت‌ها - بین ارایه‌دهنده خدمات و کاربر سرویس توافق‌شده است. سرویس توافق با مشتری یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |
| **رفتار مشتری** | Customer behaviour | کمکی | سرویس توافق با مشتری یک متغیر کمکی است که باعث افزایش و کاهش در متغیر انباشت و نرخ می‌شود. |

- **گام چهارم: اعتبارسنجی مدل**

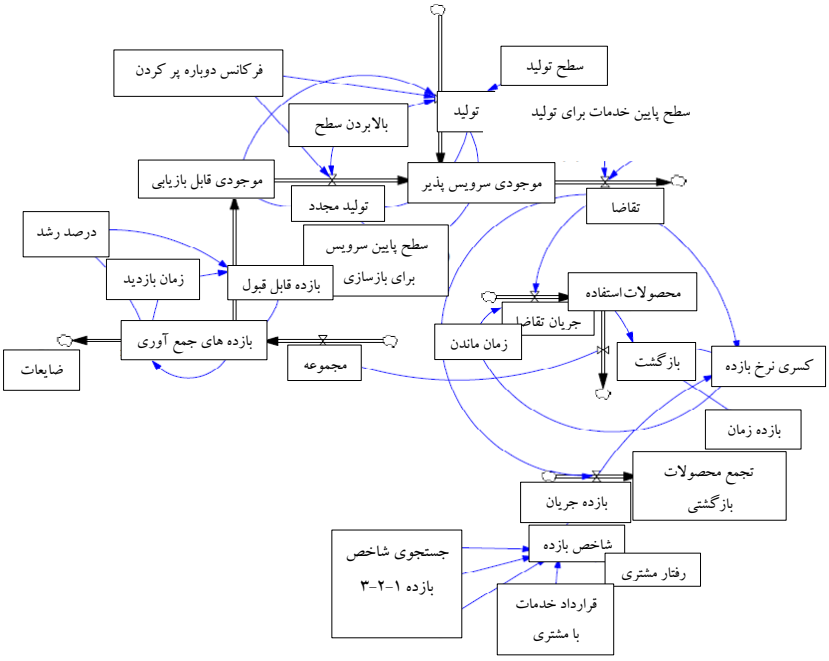
در این تحقیق، از آزمون‌های ساختاری سیستم، به طور مفصل مورد بحث قرار گرفته‌اند جهت اعتبارسنجی استفاده می‌شود. تست مدل و اعتبار آن، قابلیت اعتماد به مدل را افزایش داده و اعتماد به کاربردی بودن آن را بالا می‌برد. اعتبار ساختاری مدل بر اعتبار رفتاری آن اولویت داشته و فقط ساختار مدل معتبر باشد، می‌توان اعتبار رفتار آن را بررسی کرد. این آزمون‌ها عبارتند از: آزمون کفایت مرز، ارزیابی ساختار، ثبات ابعادی، ارزیابی پارامتر، شرایط حدی، خطای یکپارچگی، بازتولید رفتار، رفتار خلاف قاعده، عضو خانواده، رفتار شگفت انگیز، تحلیل حساسیت و بهبود سیستم. در گام پنجم به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود که در قسمت نتایج صورت گرفته است.

## ۳-۲ مدل انباشت پژوهش

در اینجا، منظور از مدل انباشت پژوهش، مدلی است که واقعیت تحلیل مدل مفهومی بر اساس ارایه مدلی پویا برای تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته شرکت شیشه و بلور اصفهان را نشان داده و جنبه‌های معین از دنیای واقعی در کسب و کارهای کوچک و متوسط را که در ارتباط با مساله تحت بررسی را شرح می‌دهد و به تصویر می‌کشد، و روابط مهم و با اهمیت بین جنبه‌های مختلف متغیرهای مؤثر بر بهبود عملکرد زنجیره‌تامین حلقه بسته شرکت شیشه و بلور اصفهان را نشان می‌دهد. بر این اساس، مدل انباشت مطابق شکل ۱ برای تحقیق انتخاب شده است. بر اساس این مدل، در تحقیق حاضر به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش شبیه‌سازی در نرم‌افزار Vensim استفاده خواهد شد.

[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]




**شکل ۱.** مدل انباشت

## ٤ نتایج و بحث

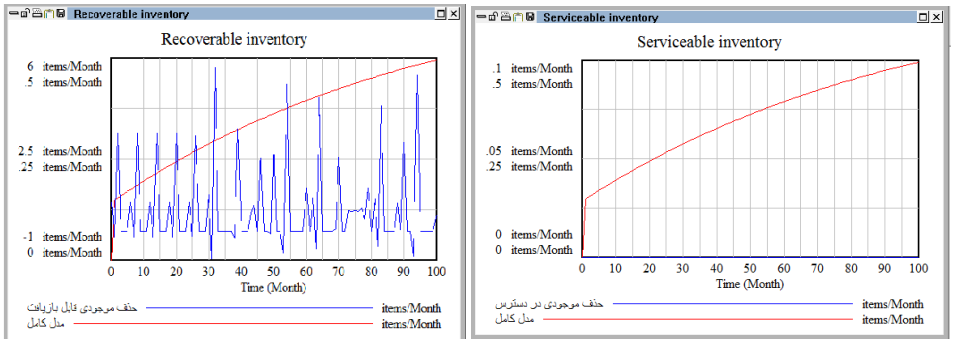
دراین بخش نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل بر اساس آزمون‌هایی که در قبل به آنها اشاره شد بیان شده است.

### ٤-١ آزمون کفایت مرز

در آزمون برای کفایت مرز باید به این سوال پاسخ داده شود که آیا مفاهیم مهم مرتبط با مساله درون مدل در نظر گرفته شده است؟ نتایج حاصل از مدل ارایه‌شده پس از حذف قسمت‌هایی از مدل و تغییر مرز مدل مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر موجودی قابل بازیافت بر عملکرد زنجیره‌تامین در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است. همان‌طور که خبرگان بر تأثیر موجودی قابل بازیافت در زنجیره‌تامین شرکت شیشه و بلور اصفهان تاکید داشتند خروجی مدل نیز حاکی از همین واقعیت است. همچنین، تاثیر موجودی در دسترس بر تولید در شکل ۲ (ب) نشان داده شده است. همان‌طور که خبرگان بر تاثیر موجودی در دسترس تاکید داشتند خروجی مدل نیز این تاثیر را نشان می‌دهد. علاوه بر این، در شکل ۳ تاثیر بازگشت جمع‌آوری شده بر تولید محصول(شکل۳-الف) و تاثیر محصولات استفاده شده بر تولید (شکل۳-ب) نشان داده شده است. همان‌طور که خبرگان بر بازگشت جمع‌آوری شده بر تولید و محصولات استفاده شده بر تولید تاکید داشتند خروجی مدل نیز این تاثیر را نشان می‌دهد.

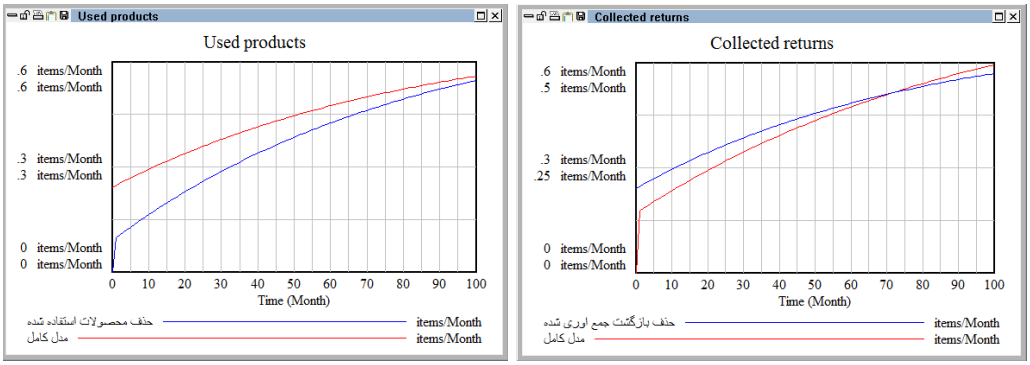
[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]




(ب) (الف)

**شکل ۲.** (الف) تاثیر حذف موجودی قابل بازیافت و (ب) تاثیر حذف موجودی در دسترس

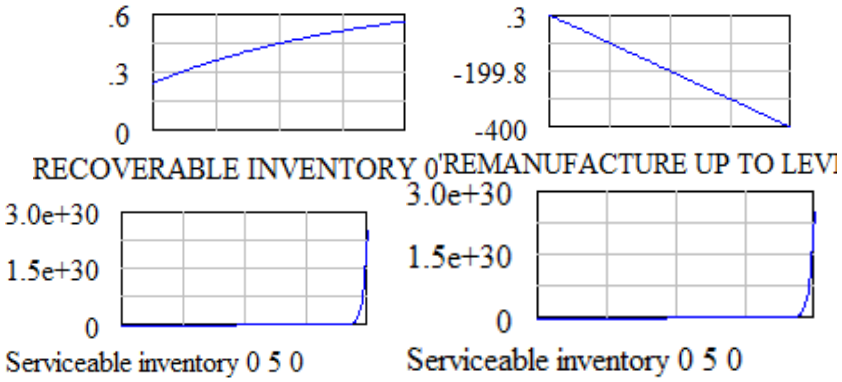



(ب) (الف)

**شکل ۳.** (الف) تاثیر بازگشت جمع‌آوری شده و (ب) تاثیر بازگشت جمع‌آوری شده

## ٤-۲ آزمون ارزیابی ساختار

هدف از آزمون ارزیابی ساختار تعیین تطابق ساختار مدل با ساختار توصیفی مرتبط با سیستم و بررسی منطقی بودن قواعد تصمیم در شکل‌دهی رفتار متغیرها و صحیح بودن ساختار معادلات مدل است. به همین منظور بخش‌های مختلف مدل برای تعیین تطابق ساختار مدل با دانش توصیفی موجود مورد آزمون قرار گرفته است که نتایج آن به شرح زیر است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود که افزایش تولید، موجودی در دسترس و قابل بازیافت کاهش می‌یابند.



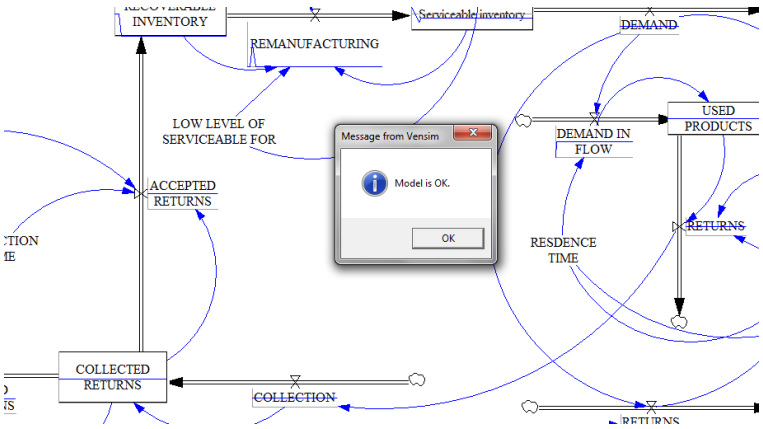

**شکل ٤.** ارزیابی ساختار مدل زنجیره‌تامین حلقه بسته



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

از آنجایی که در این تحقیق معادلات مربوط به مدل در محیط نرم‌افزار ونسیم نوشته شده است، صحیح بودن ساختار معادلات مدل توسط نرم‌افزار تایید شد که این نتیجه در شکل ۵ نشان داده شده است.




**شکل ۵.** تاییدیه صحیح بودن ساختار در نرم‌افزار ونسیم

## ٤-٣ آزمون ثبات ابعادی

در مدل‌سازی پویایی یکسان بودن واحدهای اندازه‌گیری در دو طرف معادلات از اهمیت بالایی برخوردار است و آزمون ثبات ابعادی این موضوع را بررسی می‌کند. از آنجایی که در این تحقیق معادلات مربوط به مدل در محیط نرم‌افزار ونسیم نوشته شده است، صحیح بودن واحدهای اندازه‌گیری توسط نرم‌افزار تایید شد.

## ٤-٤ آزمون شرایط حدی

آزمون شرایط حدی پاسخگوی این سوال است که آیا مدل هنگامی‌که ورودی‌های آن در شرایط حدی مانند صفر یا بی‌نهایت قرار می‌گیرند رفتار مناسبی نشان می‌دهد؟ به عبارت دیگر مدل باید در شرایط حدی نیز پایدار باشد؛ برای انجام آزمون شرایط حدی به دو روش می‌توان اقدام نمود: اول اینکه تمامی معادلات به‌کار رفته در مدل را در شرایط حدی متغیرهای آن‌ها مورد بررسی قرار داد؛ یا این‌که رفتار مدل در سناریوهایی که در آن‌ها ورودی‌های مدل در شرایط حدی قرار گرفته است، مورد بررسی قرار داد. جدول ۲ نشان‌دهنده‌ی همه‌ی داده‌ها اعم از داده‌های واقعی مربوط به کیس برای انجام آزمون بازتولید رفتار و داده‌های ایجادشده برای انجام آزمون شرایط حدی و بررسی سناریوهای مختلف است.

**جدول شماره۲.** داده‌های تحقیق

| متغیر | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱٤ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| موجودی قابل بازیافت | ۰ | ۱ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۰ | ۰/۶ | ۱ |
| موجودی قابل استفاده | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰ | ۱ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۰/۸ | ۰ | ۰/۵ |
| محصولات استفاده‌شده | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰ | ۱ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۵ | ۱ | ۰ |



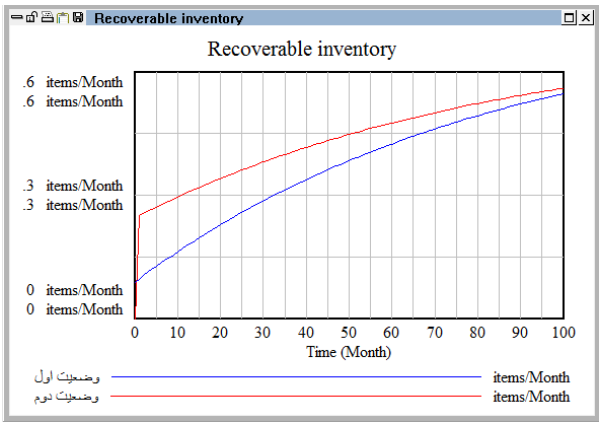
[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بازگشت جمع آوری‌شده | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰ | ۱ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۹ | ۰/۸ |
| انباشتگی بازگشت | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰ | ۱ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۹ | ۰/۸ |
| نرخ تولید | ۰/۴ | ۰/۵ | ۰/۴ | ۰/۴ | ۰/۴ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۰ | ۱ | ۰/۵ | ۰/۶ | |
| بازسازی تا سطح تعریف‌شده | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۰/۷ | ۰/۵ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰ | ۱ |

**وضعیت اول:** در این وضعیت موجودی قابل بازیافت برابر با صفر در نظر گرفته شده است که داده‌های مربوط به این وضعیت در جدول ۲ ستون ۱ موجود است.

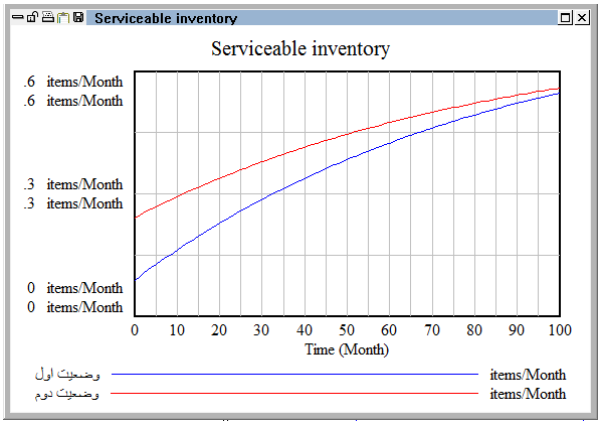
**وضعیت دوم:** در این وضعیت موجودی قابل بازیافت برابر یک در نظرگرفته‌شده که داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۲ جدول ۲ موجود است. در شکل۶ رفتار مدل در دو وضعیت اول و دوم نمایش داده شده است.




**شکل ٦.** رفتار مدل در حالات حدی متغیر موجودی قابل بازیافت

**وضعیت سوم:** در این وضعیت موجودی در دسترس برابر با صفر در نظر گرفته شد. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۳ جدول ۲ موجود است.

**وضعیت چهارم:** در این وضعیت موجودی در دسترس در شرایط حدی حداکثر و برابر یک در نظر گرفته شد. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۴ جدول۲ موجود است. در شکل ۷رفتار مدل در دو وضعیت سوم و چهارم نمایش داده شده است.




**شکل ۷.** رفتار مدل در حالات حدی متغیر موجودی در دسترس



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

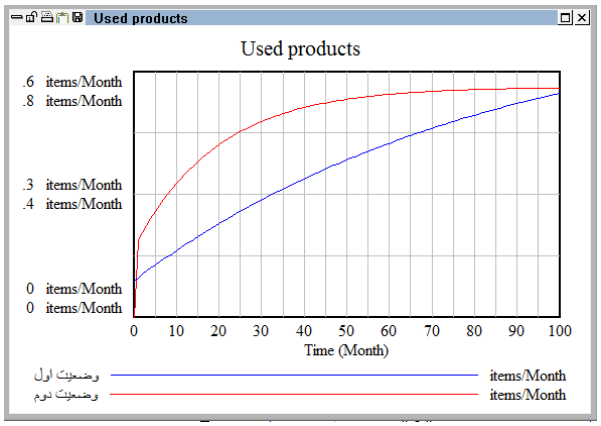
**وضعیت پنجم:** در این وضعیت محصولات استفاده شده در شرایط حدی حداقل و برابر صفر در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۵ جدول ۲ موجود است.

**وضعیت ششم:** در این وضعیت محصولات استفاده شده در شرایط حدی حداکثر و برابر یک در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۶ جدول ۲ موجود است.

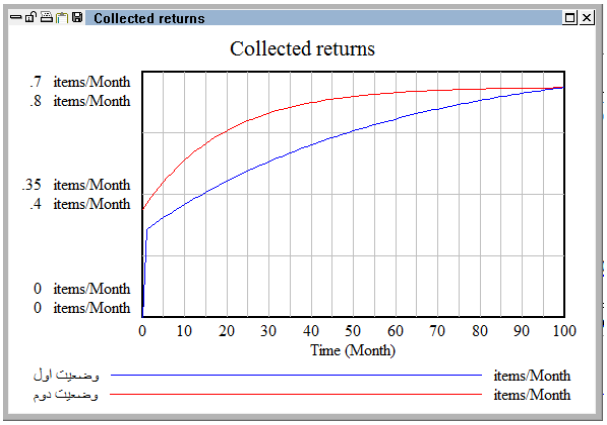
در شکل ۸ رفتار مدل در دو وضعیت پنجم و ششم نمایش داده شده است.

**وضعیت هفتم:** در این وضعیت بازگشت جمع‌آوری‌شده در شرایط حدی حداقل و صفر در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۶ جدول ۲ موجود است.

**وضعیت هشتم:** در این وضعیت بازگشت جمع‌آوری برابر یک در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۷ جدول ۲موجود است. در شکل ۹ رفتار مدل در دو وضعیت هفتم و هشتم نمایش داده شده است.




**شکل ۸.** رفتار مدل در حالات حدی متغیر محصولات استفاده‌شده




**شکل ۹.** رفتار مدل در حالت حدی متغیر بازگشت جمع‌آوری

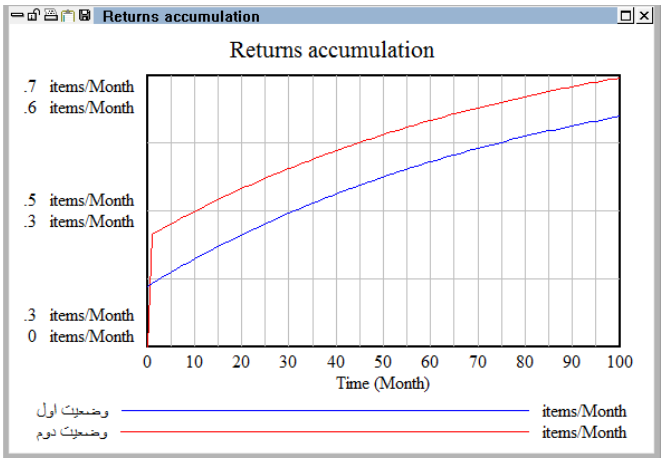
**وضعیت نهم:** در این وضعیت انباشتگی بازگشت در شرایط حدی حداقل و صفر در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۸ جدول ۲ موجود است.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

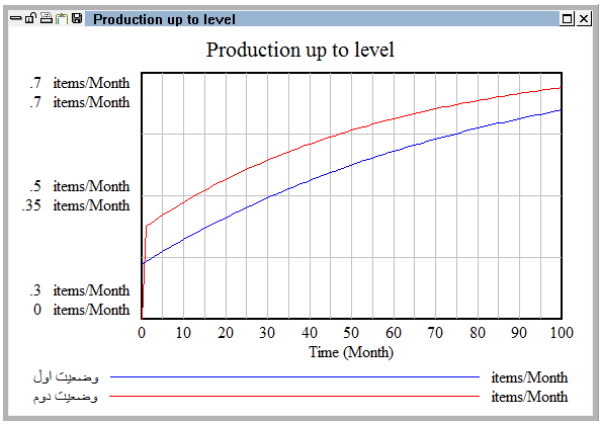
**وضعیت دهم:** در این وضعیت انباشتگی بازگشت برابر یک در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۹ جدول ۲ موجود است. در شکل ۱۰ رفتار مدل در دو وضعیت نهم و دهم نمایش داده شده است.




**شکل ۱۰.** رفتار مدل در حالت حدی انباشتگی بازگشت

**وضعیت یازدهم:** در این وضعیت تولید تا سطح تعریف شده در شرایط حدی حداقل و صفر در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۱۰ جدول ۲ موجود است.

**وضعیت دوازدهم:** در این وضعیت تولید تا سطح تعریف‌شده برابر یک در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۱۱ جدول ۲ موجود است. در شکل ۱۱ رفتار مدل در دو وضعیت یازدهم و دوازدهم نمایش داده شده است.



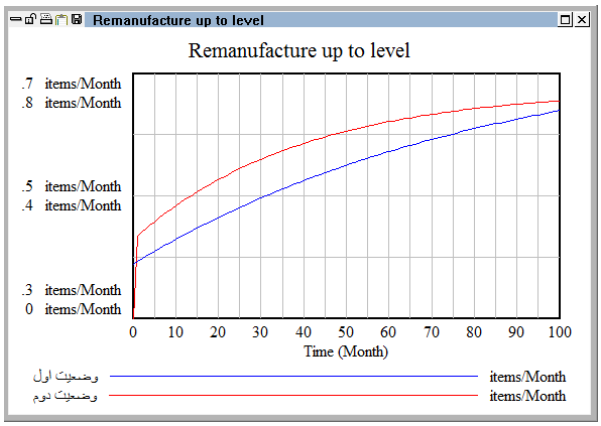

**شکل ۱۱.** رفتار مدل در حالات حدی متغیر تولید تا سطح تعریف‌شده

**وضعیت سیزدهم:** در این وضعیت بازسازی تا سطح تعریف‌شده در شرایط حدی حداقل و صفر در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۱۲ جدول ۲ موجود است.

[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

**وضعیت چهاردهم:** در این وضعیت بازسازی تا سطح تعریف‌شده برابر یک در نظر گرفته شده است. داده‌های مربوط به این وضعیت در ستون ۱۳ جدول ۲ موجود است. در شکل ۱۲ رفتار مدل در دو وضعیت سیزدهم و چهاردهم نمایش داده شده است.




**شکل ۱۲.** رفتار مدل در حالات حدی متغیر بازسازی تا سطح تعریف‌شده

با توجه به مطالب مطرح‌شده فوق در وضعیت اول موجودی قابل بازیافت برابر با صفر در نظرگرفته‌شده است. در وضعیت دوم موجودی قابل بازیافت برابر یک در نظر گرفته‌شده‌است. در وضعیت سوم موجودی در دسترس برابر با صفر و در وضعیت چهارم موجودی در دسترس در شرایط حدی حداکثر و برابر یک است. در وضعیت پنجم محصولات استفاده شده در شرایط حدی حداقل و برابر صفر و در وضعیت ششم محصولات استفاده‌شده در شرایط حدی حداکثر و برابر یک در نظر گرفته شده است. در وضعیت هفتم بازگشت جمع‌آوری شده در شرایط حدی حداقل و صفر و در وضعیت هشتم بازگشت جمع‌آوری برابر یک می‌باشد. در وضعیت نهم انباشتگی بازگشت در شرایط حدی حداقل و صفر بوده و در وضعیت دهم انباشتگی بازگشت برابر یک می باشد. در وضعیت یازدهم تولید تا سطح تعریف شده در شرایط حدی حداقل و صفر است. در وضعیت دوازدهم تولید تا سطح تعریف شده برابر یک و در وضعیت سیزدهم بازسازی تا سطح تعریف‌شده در شرایط حدی حداقل و صفر لحاظ شده است. در وضعیت آخر بازسازی تا سطح تعریف‌شده برابر یک در نظر گرفته شده است.

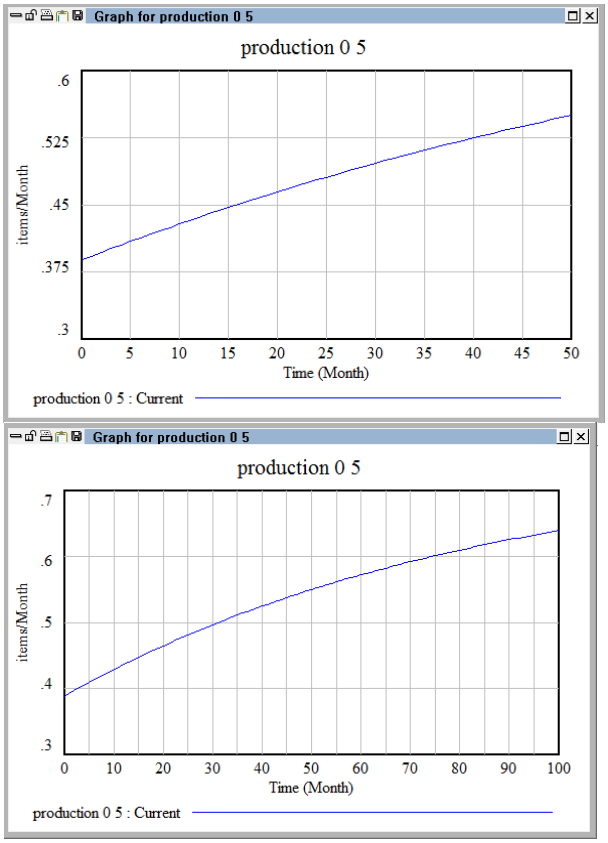
## ٤-٥ آزمون خطای یکپارچگی

این آزمون حساس بودن نتایج مدل به انتخاب بازدهی زمانی را نشان می‌دهد که برای انجام این آزمون بازه زمانی ۵۰ ماهه مدل به ۱۰۰ ماه تبدیل شد که همان‌طوری که از مقایسه شکل‌های (۱۳-الف) و (۱۳-ب) برمی‌آید با نصف کردن بازه زمانی مدل تغییر چشمگیری در رفتار مدل مشاهده نشد.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]




(ب) (الف)

**شکل ۱۳.** (الف) بازه ۵۰ ماهه مدل و (ب) بازه ۱۰۰ ماهه مدل

## ۵ بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی با توجه به پژوهش‌های پیشین و بررسی‌ها در زمینه‌های مربوط به موضوع این پژوهش می‌توان گفت اگرچه پژوهش‌هایی در حوزه کنترل موجودی انجام شده است ولی کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته با استفاده از پویایی‌های سیستمی انجام نشده است که در این پژوهش به آن پرداخته‌ایم. در این پژوهش به تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته با استفاده از پویایی‌های سیستمی در شرکت شیشه و بلور اصفهان پرداخته شد. در پژوهش حاضر بر اساس گام‌های موجود در روش پویایی‌های سیستم، مدل کنترل موجودی در زنجیره حلقه بسته شرکت شیشه و بلور اصفهان پیاده‌سازی شد. مدل ارایه‌شده در این تحقیق و بررسی اعتبار آن وجود پویایی‌های مفروض در مدل پیشنهادی را تایید نمود این پویایی‌ها در قالب حلقه‌های علت و معلولی چگونگی تاثیرگذاری متغیرهای مدل را بر یکدیگر در طول زمان نشان می‌دهد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش شبیه‌سازی در نرم‌افزار Vensim استفاده شد و بر اساس تحلیل‌های صورت پذیرفته خلاصه‌ای از نتایج به‌دست آمده به شرح زیر می‌باشد:



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

- اگر موجودی در دسترس در شرایط حدی حداکثر و برابر یک در نظر گرفته شود، تولید افزایش پیدا کرده که این امر نشان‌دهنده میزان اهمیت وضعیت موجودی در دسترس در زنجیره‌تامین حلقه بسته شیشه و بلور اصفهان است.

- در حالتی که وضعیت محصولات استفاده شده در شرایط حدی حداقل و برابر صفر در نظر گرفته شود در این صورت شرکت با کاهش تولید همراه خواهد بود.

- اگر شرایط حدی حداکثر و برابر یک در نظر گرفته شود، این امر باعث افزایش تولید شده است و نشان دهنده میزان اهمیت وضعیت محصولات در زنجیره‌تامین حلقه بسته شیشه و بلور اصفهان است.

- اگر وضعیت انباشتگی بازگشت برابر یک در نظر گرفته شود در این صورت میزان اهمیت انباشتگی بازگشت در زنجیره‌تامین حلقه بسته شیشه و بلور اصفهان حایز اهمیت می‌باشد.

تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته شامل بررسی (تناوب بازگشتی، بازسازی تا سطح تعریف‌شده، موجودی قابل بازیافت، بازسازی، موجودی در دسترس، تولید، تولید تا سطح تعریف شده، سطح پایین اصلاح‌پذیری برای تولید، تقاضا، ارزیابی تقاضا، سطح پایین اصلاح‌پذیری برای بازتولید، درصد دورریز، در دسترس بودن، عدم بازگشت، بازگشت جمع‌آوری‌شده، جمع‌آوری، زمان بازرسی، زمان باقیمانده، جریان تقاضا، محصولات استفاده‌شده، بازگشت، ضریب نرخ بازگشت، زمان بازگشت، جریان بازگشت، انباشتگی بازگشت، شاخص بازگشت، سرویس توافق با مشتری، رفتار مشتری، نرخ بازگشت) می‌باشد که هر کدام از این متغیرهای داری سنجه‌هایی می‌باشند. با توجه به آزمون‌های صورت گرفته می‌توان به این نتیجه دست یافت که هر کدام از این متغیرها دارای اهمیت فراوان در زنجیره‌تامین می‌باشند و ضعف هر کدام از این متغیرها سیستم زنجیره‌تامین حلقه بسته را ضعیف می‌کند؛ بنابراین می‌توان برای بهبود تجزیه و تحلیل سیاست‌های کنترل موجودی در زنجیره‌تامین حلقه بسته با استفاده از پویایی‌های سیستمی پیشنهادات زیر را ارایه کرد:

بهبود تمامی متغیرهای تاثیرگذار بر سیاست‌های زنجیره‌تامین حلقه بسته

مدیریت صحیح موجودی، عرضه و تقاضا سیستم زنجیره‌تامین حلقه بسته شیشه و بلور اصفهان

مدیریت صحیح ضریب نرخ بازگشت، زمان بازگشت، جریان بازگشت، انباشتگی بازگشت و شاخص بازگشت

مدیریت صحیح موجودی قابل بازیافت، بازسازی، موجودی در دسترس وتولید.

با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این پژوهش شرکت شیشه و بلور اصفهان به این قابلیت دست پیدا می‌کند که با توجه به میزان موجودی میزان تولید را افزایش یا کاهش دهد. به دنبال این مساله هزینه‌های بالای نگهداری کالا در شرکت شیشه و بلورکاهش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی تقاضاهای مختلف مانند تقاضای وابسته به قیمت، تقاضای وابسته به سطح موجودی و غیره در مدل لحاظ شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی بحث تورم در مدل کنترل موجودی لحاظ شود.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

## منابع


[1] Syed, M.W., J.Z. Li, M. Junaid, X. Ye, and M. Ziaullah, (2019) An Empirical Examination of Sustainable Supply Chain Risk and Integration Practices: A Performance-Based Evidence from Pakistan. Sustainability, 11(19), 5334.

[2] Li, X., Q. Wu, C.W. Holsapple ,and T. Goldsby, (2017) An empirical examination of firm financial performance along dimensions of supply chain resilience. Management Research Review.

[3] Wagner, S.M. and C. Bode, (2008) An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. Journal of business logistics, 29(1), 307-325.

[4] Giannakis, M. and T. Papadopoulos, (2016) Supply chain sustainability: A risk management approach. International Journal of Production Economics, 171, 455-470.

[5] Özbayrak, M., T.C. Papadopoulou, and M. Akgun, (2007) Systems dynamics modelling of a manufacturing supply chain system. Simulation Modelling Practice and Theory, 15(10), 1338-1355.

[6] Mehrjoo, M. and Z.J. Pasek, (2016) Risk assessment for the supply chain of fast fashion apparel industry: a system dynamics framework. International Journal of Production Research, 54(1), 28-48.

[7] Song, D.-P., J.-X. Dong, and J. Xu, (2014) Integrated inventory management and supplier base reduction in a supply chain with multiple uncertainties. European Journal of Operational Research, 232(3), 522-536.

[8] Diabat, A., A. Jabbarzadeh, and A. Khosrojerdi, (2019) A perishable product supply chain network design problem with reliability and disruption considerations. International Journal of Production Economics, 212, 125-138.

[9] Sherwin, M.D., H.R. Medal, C.A. MacKenzie, and K.J. Brown, (2020) Identifying and mitigating supply chain risks using fault tree optimization. IISE Transactions, **52**(2): 236-254.

[10] Sarkar, A. and P.K. Mohapatra, (2009) Determining the optimal size of supply base with the consideration of risks of supply disruptions. International Journal of Production Economics, 119(1): 122-135.

[11] Gumus, A.T., A.F. Guneri, and S. Keles, (2009) Supply chain network design using an integrated neuro-fuzzy and MILP approach: A comparative design study. Expert Systems with Applications, 36(10), 12570-12577.

[12] Taleizadeh, A.A., F. Haghighi, and S.T.A. Niaki, (2019) Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products. Journal of cleaner production, 207, 163-181.

[13] Zailani, S., M. Iranmanesh, B. Foroughi, K. Kim, and S.S. Hyun, (2019) Effects of supply chain practices, integration and closed-loop supply chain activities on cost-containment of biodiesel. Review of Managerial Science, 23, 1-21.

[14] Calmon, A.P. and S.C. Graves, (2017) Inventory management in a consumer electronics closed-loop supply chain. Manufacturing & Service Operations Management, 19(4), 568-585.

[15] Amin, S.H., G. Zhang, and P. Akhtar, (2017) Effects of uncertainty on a tire closed-loop supply chain network. Expert Systems with Applications, 73, 82-91.

[16] Saberi, S., M. Kouhizadeh, J. Sarkis, and L. Shen, (2019) Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research, **57**(7): 2117-2135.

[17] Persian, Ismail; Yousefi Yeganeh, Babak, Moniri, Sessat 524 Alireza, (2017), Integration of pricing, routing and inventory control in the two-tier supply chain, 10th International Conference of the Iranian Operations Research Association, Babolsar, Iranian Operations Research Association. [In Persian].

[18] Dorigatti, M., A. Guarnaschelli, O. Chiotti, and H.E. Salomone, (2016) A service-oriented framework for agent-based simulations of collaborative supply chains. Computers in Industry, 83, 92-107.

[19] Aghajani, Mojtaba Safaei Qadilaki, Abdul Hamid Aghajani, Hassan Ali, Valipour Khatir, Hassan Ali. (2018), Fuzzy Mathematical Planning Model for Sustainable Supply Chain Design: A Comparative Study, Operational Implementation in Its Applications, Fifteenth Year, Fourth Issue, 149-121. [In Persian].

[20] Mansoori, Alireza, Iranzadeh, Soleiman, Hadi, Abdullah (2018). , Designing the social performance model of a green supply chain company using fuzzy mathematical programming in conditions of uncertainty, Journal of Operations Research in its applications, 15(3), 106-87. [In Persian].




[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]

[21] Rezaei, Sara, Marzieh Gray (2019). Provide a combined inventory control model under seller control with the choice of green supplier in conditions of uncertainty. Journal of Operations Research in its Applications, 16 (4), 73-87. [In Persian].
[22] Mahmoudi, Amin, Mojibian, Fatemeh, Nouri Sabet Afrooz (2019). Provide a mathematical model for selecting suppliers in the supply chain, taking into account inventory control and pricing issues. Journal of Decision Making and Operations Research. 4(1). [In Persian].
[23] Azadi, Z., Eksioglu, S. D., Eksioglu, B., & Palak, G. (2019). Stochastic optimization models for joint pricing and inventory replenishment of perishable products. Computers & industrial engineering, 127, 625-642. [In Persian].
[24] Sharifi, Abdullah, Aghaei, Abdullah, Rahmani, Donya (2019). Simulation of inventory control problem with variable ordering cost with the help of systems dynamics. Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems. Seventh year. 14, 29-45. [In Persian].
[25] Akbari, M., Imani, D. M. and Mahmoodjanloo, M. (2017). Optimizing a vendo managed inventory (VMI) supply chain for perishable products by considering discount: Two calibrated metaheuristic algorithms. Computers & Industrial Engineering, 103, 227-241[In Persian].
[26] Taleizadeh, Ataullah, Salehi, Ali (2014). Potential inventory control model under credit purchase policy. Journal of Industrial Engineering, Volume 49. Number. 69-78. [in persian].
[27] Sterman, J. D. (2010). Does formal system dynamics training improve people's understanding of accumulation?. System Dynamics Review, 26(4), 316-334.
[28] Qasemian Fard, Ehsan, Mousavi Rad, Seyed Hamed. Unallocated electricity in the North Kerman Electricity Distribution Company: Analysis of system dynamics.(2017). Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research. 3 (3), 119-145[In Persian].

[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28 ]

[ DOI: 10.61186/jamlu.20.1.97 ]