# شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد زنجیره تأمین و بهبود آن با استفاده از روش پویایی‌های سیستم: شرکت داروگر

**نیکبخش جوادیان[1*]، مهدی خانی[2]، ایرج مهدوی[3]**

۱. استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه علوم و فنون مازندران، مازندران، ایران
۲. کارشناس ارشد سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی دانشگاه علوم و فنون مازندران، مازندران، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه علوم و فنون مازندران، مازندران، ایران

دریافت: ۸۹/۹/۲۱ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۰

## چکیده

پس از یک دوره بی‌توجهی به کاربرد پویایی شناسی سیستم در مدیریت زنجیره تأمین در سال‌های اخیر این مبحث دوباره مورد توجه محققان قرار گرفته و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است.

هدف این مقاله بررسی و بهبود برخی رفتارهای نامطلوب در زنجیره تأمین با استفاده از تکنیک پویایی‌شناسی سیستم است. در این تحقیق نخست مروری بر مبانی مدیریت زنجیره تأمین و پویایی‌شناسی سیستم شده و سپس یک طبقه‌بندی از تحقیقات انجام شده در استفاده از پویایی‌شناسی سیستم در مدیریت زنجیره تأمین ارائه شده است. مورد مطالعاتی این تحقیق یک زنجیره تأمین که کار تولید و توزیع محصولات بهداشتی را با مرکزیت شرکت داروگر انجام می‌دهد، می‌باشد. پس از مطالعه و شناسایی اجزا و متغیرهای زنجیره، شبیه‌سازی با ارائه فرضیه دینامیکی شروع شده و به‌ترتیب حلقه‌های علی –معلولی، نمودارهای نرخ – حالت و فرمول‌های ریاضی تکمیل شد. سپس مدل‌ها با روش‌های شناخته شده مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم و روش‌های آماری آزمون شده است. زمانی که عوامل اصلی مؤثر بر رفتار کل سیستم و روابط بین آن‌ها به خوبی شناخته و صحت عملکرد مدل تأیید شد، سه سیاست با توجه به شاخص‌های شناخته شده ارزیابی عمکرد زنجیره تأمین پیشنهاد و در مدل اجرا شد. سیاست‌ها عبارتند از کاهش میزان فروش از دست رفته، کاهش میزان موجودی و دریافت اطلاعات صحیح که اجرای آن‌ها موجب بهبود شاخص‌ها شده است. نتیجه این تحقیق توانا ساختن ما در پیش‌بینی نتایج، قبل از هر گونه تغییر در متغیرها، ارتباطها و یا ساختار زنجیره است که با توجه به

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: nijavadian@ustmb.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

پیچیده بودن زنجیره تأمین اهمیت زیادی دارد.

**کلیدواژه‌ها**: زنجیره تأمین، پویایی‌شناسی سیستم، ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین.

## ۱- مقدمه

امروزه شرکت‌ها نیازمندند تا یکپارچگی منظمی را در تمام فرایندهای تولیدی - از مواد خام تا کالای مصرفی نهایی- ایجاد کنند. مدیریت زنجیره تأمین به‌عنوان یک رویداد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد و کالا، اطلاعات و جریان پولی، توانایی پاسخگ‌ویی به این شرایط را دارد [۱].

تقاضای مشتریان برای کالا و مواد مختلف را نمی‌توان با قطعیت در همه مواقع پیش‌بینی کرد. از این رو اگر بخش‌های زنجیره تأمین به اندازه کافی کالا در انبارهای خویش نگهداری نکرده باشند، امکان از دست دادن مشتری و احتمال عوارض ناشی از کمبود موجودی وجود خواهد داشت. از سوی دیگر با همه فوایدی که موجودی‌ها و نگهداری آن‌ها دارد، اگر به نحو مناسبی بررسی و تحلیل نشوند، منجر به زیان زنجیره خواهد شد؛ به‌عبارت دیگر تاوانی که زنجیره برای رضایت مشتریان پرداخت می‌کند، ممکن است به قیمت نابودی زنجیره تمام شود [۲، صص۱۰۰-۱۱۲]. مسئله هماهنگی، یکپارچگی و جلوگیری از آثار نامطلوب عدم هماهنگی در زنجیره تأمین از جمله مسائل مهم در زنجیره‌های تأمین است که در این تحقیق سعی شده است تا به آن از دید کمی نگاه شده و از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم (SD)[۱] برای مدلسازی آن استفاده شود [۳، صص۱۰۶-۱۱۸].

مهم‌ترین مسئله‌ای که سازمان مطالعه‌شده این تحقیق با آن روبه‌رو است، رفتارهای نامطلوب در زنجیره تأمین به‌خصوص نوسان‌های موجودی انبار در زنجیره تأمین می‌باشد. این رفتارهای نامطلوب منجر به تحمل هزینه‌های سرسام‌آور ناشی از نگهداری موجودی در زمانی که موجودی بیش‌تر از نیاز است و هزینه‌های ناشی از کمبود کالا در مواقعی که موجودی کم‌تر از نیاز است، برای شرکت می‌شود. هدف این تحقیق آن است که با تجزیه و تحلیل پویای زنجیره تأمین مورد مطالعه بتواند سیاست‌هایی ارائه دهد که منجر به کاهش



Archive of SID

www.SID.ir

رفتارهای نامطلوب در این زنجیره شود.

این مقاله از شش بخش مجزا تشکیل شده است. پس از مقدمه و در بخش دوم مرور کوتاهی بر مبانی نظری تحقیق صورت گرفته است. در بخش سوم روش‌شناسی تحقیق، جامعه آماری و روش تجزیه و تحلیل اطلاعات مورد توجه قرار گرفته است. سپس در بخش ۴ و در بندهای ۱-۴ تا ۴-۷ گام‌های حل مسئله تحقیق با استفاده از رویکرد SD ارائه شده است. در این بندها مسئله مدلسازی، شبیه‌سازی و آزمون شده است. در نهایت بخش ۵ مقاله به نتیجه‌گیری و بخش ۶ به ارائه پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده اختصاص داده شده است.

## ۲- مبانی نظری

### ۲-۱- زنجیره تأمین و مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره تأمین، زنجیره‌ای است که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده را شامل می شود. به موازات جریان کالا، دو جریان دیگر که یکی جریان اطلاعات و دیگری جریان منابع مالی و اعتبارات است، نیز حضور دارد [۴]. در بررسی اجمالی تاریخچه شکل‌گیری مفهوم مدیریت زنجیره تأمین، سه مرحله عمده وجود دارد [۵]. دوران تولید برای انبار (۱۹۶۰-۱۹۷۵)، دوران جذب مشتری (۱۹۷۵-۱۹۹۰) و دوران مدیریت زنجیره تأمین که از سال ۱۹۸۰ شروع شد. در این دوره مدیران با به‌کارگیری الگوهای مهندسی مجدد و اصلاح فرایندهای تولید دریافتند که برای بقا و حضور در بازارهای جهانی باید سیاست و توجه خود را بر مدیریت روابط مشتری، اطلاعات و تأمین مواد معطوف و فرایندها را تحت کنترل درآورده و بهبود مستمر را پدید آورند. در این دوره مدیریت زنجیره تأمین شروع به شکل‌گیری کرد و به‌سرعت توسعه پیدا کرد. با پیشرفت‌های تکنولوژی، خصوصاً توسعه سریع فناوری اطلاعات در سال‌های اخیر و کاربرد وسیع آن در مدیریت زنجیره تأمین، امروزه بسیاری از فعالیت‌های اساسی مدیریت زنجیره با روش‌های جدید در حال انجام است [۶].

### ۲-۲- مرور مبانی نظری پویایی‌شناسی سیستم

جی فارستر در سال ۱۹۷۱ با انتشار کتاب دینامیک جهان، رشته پویایی‌شناسی سیستم را بنیان کرد[۷]. پویایی‌شناسی سیستم روش‌های مناسبی را برای شناسایی الگوی رفتاری



Archive of SID

www.SID.ir

سیستم در پرتو تفکر سیستمی معرفی می‌کند، بعلاوه کاربردهای متنوعی در تحلیل سیستم‌ها به‌خصوص سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی ( اقتصاد کلان، خرد، تورم )، فنی مهندسی ( مکانیک سیالات، برق و ... )، سیاسی ( مدل روابط بین‌الملل، مدل تأثیرات جنگ و صلح )، فرهنگی اجتماعی ( مدل‌های توسعه شهری، سیاست‌گذاری علوم و ...)، را ارائه می‌دهد [۷ و ۸].

## ۲-۳- استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم در مسائل زنجیره تأمین

اولین کار منتشر شده مدلسازی پویایی‌شناسی سیستم مربوط به زنجیره تأمین در مجله "پویایی صنعتی " با نام یک تحول مهم برای تصمیم گیرندگان چاپ شد [۹]. فارستر پس از آن مدل اولیه خود را با افزودن جزئیات تحلیلی بیش‌تر گسترش و توسعه داد. محققان هنوز هم عبارت "زنجیره تأمین فارستر" یا مدل فارستر را برای چنین زنجیره تأمین ساده چهار- سطحی استفاده می‌کنند. فارستر از این مدل به‌عنوان مثالی برای زنجیره تأمین استفاده کرد و نحوه مدلسازی فرایندهای پیوسته را نشان داد، به‌خصوص بر اهمیت وجود بازخور اطلاعاتی در روش پویایی‌شناسی سیستم تأکید کرد [۷ و ۷۰].

در ادامه با بررسی انواع تحقیقات و اقدامات صورت گرفته در حوزه مدلسازی، پویایی‌شناسی سیستم در مدیریت زنجیره تأمین، یک طبقه‌بندی از این تحقیقات ارائه شده است [۱۲، صص۳-۱۳] (جدول ۱).

**جدول۱** طبقه‌بندی تحقیقات در حوزه مدلسازی پویایی‌شناسی سیستم در زنجیره تأمین

| حوزه تحقیق/ طبقه | تحقیق : مدلسازی برای تئوری‌پردازی | عمل: مدلسازی به‌منظور حل مسئله | تبدیل تحقیق به عمل : بهبود در رویکرد مدلسازی |
|---|---|---|---|
| مدیریت موجودی | B | b,c | |
| فزونی گرفتن تقاضا | B | B | |
| مهندسی مجدد زنجیره تأمین | | a,b,c | a,b,c |
| طراحی زنجیره تأمین | A | a,b,c | a,b,c |
| مدیریت زنجیره تأمین بین‌المللی | A | a,b,c | a,b,c,d |



Archive of SID

www.SID.ir

علایم جدول عبارتند از a: نمودارسازی با حلقه‌های علی و معلولی؛ b: شبیه‌سازی پیوسته؛ c: روش‌های OR و d: شبیه‌سازی گسسته.

از طرف دیگر تحقیق و توسعه‌هایی که در این زمینه انجام شده است یا جنبه بنیادی دارد که هدف از انجام آن رسیدن به یک نظریه و به عبارتی تئوری‌پردازی در حوزه زنجیره تأمین است یا این‌که جنبه اجرایی و عملی دارد که رویکرد مدلسازی پویایی‌شناسی سیستم به‌منظور حل یکی از مسائل در زنجیره تأمین انتخاب شده است و یا این‌که به‌منظور تحقق نتایج تحقیق در عمل می‌باشد که منجر به بهبود در رویکرد مدلسازی شده است [۱۲، صص۳-۱۳؛۱۳،صص۳۷-۵۶].

در تحقیقات داخلی، بیش‌ترینروشی که برای مدلسازی زنجیره تأمین استفاده شده است، روش‌هاش تحقیق در عملیات بوده‌اند [۸]. در یک تحقیق به‌منظور شناخت بهتر متغیرهای تأثیرگذار عملکرد زنجیره تأمین و درک پویایی‌های موجود با استفاده از رویکرد مدلسازی پویایی‌شناسی سیستم و ترسیم نمودارهای علی حلقوی، مدل مفهومی مدیریت زنجیره تأمین الکترونیکی طراحی شده است [۱۴]. در تحقیق دیگری موضوعات کلیدی مدیریت زنجیره تأمین استراتژیک که یکی از آن‌ها برنامه‌ریزی ظرفیت بلندمدت است، تحلیل شده و خط مشی برنامه‌ریزی ظرفیت برای مدیریت زنجیره غذایی با جریان‌های ناپایدار موعد پرداخت و با پارامترهای محدودیت‌های بازار بررسی شده است [۱۵].

کومار و یاماکا در تحقیق خود به مدلسازی داینامیک یک زنجیره تأمین در صنایع خودروسازی دوستدار محیط زیست در ژاپن پرداختند [۱۶، صص۱۱۵-۱۳۸]. در یک مطالعه با هدف ارائه یک رویکرد ترکیبی در مدلسازی و اندازه‌گیری عملکرد و ثبات زنجیره تأمین از پویایی‌شناسی سیستم و روش ARIMA استفاده شد.

در این تحقیق علاوه بر مدلسازی، یک مطالعه موردی در صنعت تجهیزات نیمه‌هادی‌ها نیز صورت گرفته است [۱۷،صص۱۳۳۲-۱۳۵۴]. مدلسازی هزینه‌های کل زنجیره تأمین غلات در یک زنجیره غلات در هند با هدف آگاهی و پیش‌بینی درامدهای آینده زنجیره در شرایط مختلف و هم‌چنین ارائه سیاست‌هایی برای کاهش هزینه کل در یک مقاله تحقیقی دیگر انجام شده است [۱۸، صص۱۸۷-۲۰۵].

به غیر از مدلسازی کل زنجیره تأمین، حل مسائل خاص از زنجیره نیز مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است، برای مثال طول روابط تأمین‌کننده – خریدار و تأثیر فناوری اطلاعات بر آن، کاهش اثر شلاقی در خدمات پزشکی و سلامت [۱۹]، ساخت یک مدل ارزیابی



Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد زنجیره تأمین برای داروخانه‌ها [۲۰] و مدلسازی تقاضا در زنجیره تأمین با استفاده از تخمین‌های فازی از جمله آخرین تحقیقات در این حوزه هستند [۲۱،صص ۱۵۳۰-۱۵۴۲].

## ۳- روش‌شناسی پژوهش و ارائه مدلس

### ۳-۱- روش انجام پژوهش

پژوهشی که در این مقاله انجام شده است از منظر هدف تحقیق، از نوع توسعه‌ای – کاربردی است. هم‌چنین با توجه به این‌که در این پژوهش از داده‌ها برای توصیف و تصمیم‌گیری درباره شرایط موجود استفاده می‌شود، از نقطه نظر گردآوری داده‌ها، این پژوهش از نوع توصیفی است.

### ۳-۲-جامعهٔ آماری

اطلاعات استفاده شده در این تحقیق، داده‌های واقعی مربوط به مقطع یک سال تولید، انبارش وفروش یک محصول منتخب در زنجیره تأمین شرکت سهامی عام کف (داروگر) است که از پایگاه‌های داده تولید و فروش و این شرکت - که به‌صورت روزانه ذخیره می‌شوند - استخراج شده است. از این داده‌ها برای استخراج رفتار واقعی متغیرها و نیز آزمون مدل و نتایج شبیه‌سازی استفاده شده است.

### ۳-۳- مراحل انجام پژوهش

در آغاز با بررسی رفتار گذشته متغیرها در زنجیره تأمین مورد مطالعه و دریافت نظر خبرگان و مدیران ارشد و میانی سازمان، عوامل مؤثر بر زنجیره شناسایی و دسته‌بندی می شوند. سپس رفتار هر کدام از عوامل در طی مدت زمانی مشخص بررسی و به شکل نمودارهای مرجع ارائه می‌شود. با بررسی اطلاعات مربوط به رفتار متغیرها، ارتباطات منطقی از نحوه تأثیرگذاری آن‌ها روی یکدیگر استخراج شده و پس از بیان فرضیه دینامیکی، نمودار علت – معلولی مربوط تهیه می‌شود. پس از بررسی و اصلاح نمودار علت – معلولی، مدل نرخ و حالت تهیه می‌شود. هم‌چنین زمان تکمیل مدل نرخ و حالت، فرمول‌های ریاضی تکمیل شده و مدل ریاضی نیز شکل می‌گیرد. مدل طراحی شده اجرا شده و رفتار متغیرها در مدل با رفتار آن‌ها در واقعیت به‌وسیله روش‌های شناخته شده پویایی‌شناسی سیستم مقایسه می‌شود و از صحت عملکرد مدل شبیه‌سازی شده



Archive of SID

www.SID.ir

اطمینان حاصل می‌شود. پس از اطمینان از توانایی مدل در شبیه‌سازی رفتار واقعی زنجیره تأمین، با توجه به شاخص‌های عملکرد زنجیره تأمین، سیاست‌هایی برای بهبود این شاخص‌ها ارائه می‌شود و نتایج – ضمن ارائه نحوه اعمال تغییرات در مدل – با اجرای مدل جدید نمایش داده شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

## ۴- ارائه مدل پویایی‌شناسی سیستم

در این قسمت از مقاله براساس مراحل حل مسئله با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم به ارائه مدل برای مسئله، آزمون و استفاده ازآن در عمل پرداخته شده است [۷]. این مراحل عبارتند از بیان مسئله، شناسایی متغیرهای تأثیرگذار، ارائه فرضیه دینامیکی، ارائه نمودار علت و معلولی، فرمول‌بندی مدل در نمودار نرخ و حالت، شبیه‌سازی، آزمون مدل و پیشنهاد سیاست‌هایی جهت بهبود مدل .

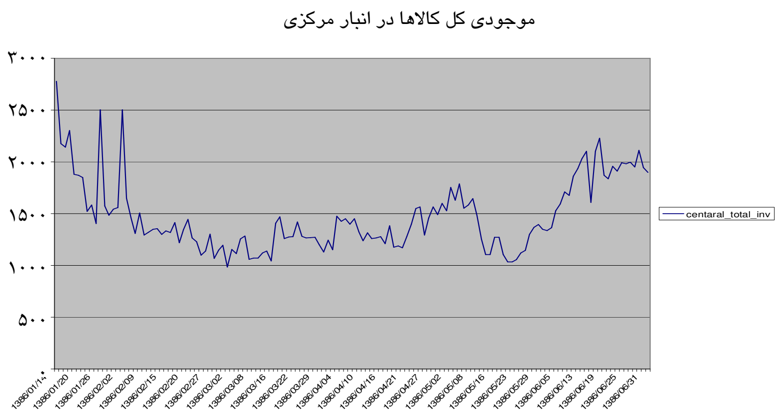
### ۴-۱- بیان مسئله

مهم‌ترین مسئله‌ای که در این تحقیق مورد توجه است، رفتارهای نامطلوب در زنجیره تأمین به‌خصوص نوسان‌های موجودی انبار در زنجیره تأمین بررسی‌شده (زنجیره تأمین شرکت داروگر)می‌باشد. شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر زنجیره تأمین این مسئله، توصیف رفتار این متغیرها، فرموله‌کردن نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر نوسان‌های انبار و شبیه‌سازی رفتار موجودی انبار در طول زمان از جمله اهداف این تحقیق است.

یکی از مهم‌ترین مسائلی که زنجیره تأمین شرکت داروگر به آن مبتلا می‌باشد، هزینه‌های سرسام‌آور ناشی از نوسان‌ها در موجودی انبارهاست. هزینه‌های نگهداری موجودی در زمانی که موجودی بیش‌تر از نیاز است و هزینه‌های ناشی از کمبود کالا در مواقعی که موجودی کم‌تر از نیاز است، مسئله پیش‌بینی و کنترل نوسان‌ها را به‌عنوان یک موضوع مهم در زنجیره تأمین این شرکت مطرح ساخته است. در زیر روند میزان موجودی کل کالاها و دامنه تغییرات آن در انبار مرکزی برای نشان دادن اهمیت موضوع و نیاز به کنترل رفتار این متغیر نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است، موجودی تمام کالاها در انبار مرکزی حدود کم‌تر از ۱۰۰۰ تن تا بیش از ۲۵۰۰ تن متغیر است.



Archive of SID
www.SID.ir




**شکل ۱** موجودی کل کالاها در انبار مرکزی

رفتار نامطلوب موجودی کالای انبار و نوسان‌های قابل مشاهده در آن دلایل مختلفی داشته و متغیرهای متفاوتی از کل زنجیره تأمین بر رفتار آن تأثیرگذار هستند ،از این رو برای حل این مسئله لازم است نخست این متغیرهای تأثیرگذار شناسایی شوند، الگوهای رفتاری آن‌ها استخراج و نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر و بر نوسان‌های انبارها مدلسازی شود. این اقدامات در گام‌های بعدی تحقیق صورت گرفته است.

## ۴-۲- شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در زنجیره تأمین شرکت داروگر

شرکت سهامی عام کف (داروگر) یک تولید کننده محصولات آرایشی و بهداشتی است. زنجیره تأمین این شرکت از ۱۸ مرکز پخش در سراسر ایران، یک انبار مرکزی، چند کارخانه تولیدی با امکان تولید بیش از ۳۰ نوع محصول و بیش از ۱۰۰ تأمین‌کننده داخلی و خارجی تشکیل شده است.

در این تحقیق یک محصول[۲] از این شرکت به‌عنوان محصول مطالعه‌شده و یک کارخانه تولیدی انتخاب شده است. همچنین یک تأمین‌کننده که ماده اصلی برای تولید این محصول را تولید می‌کند، به‌عنوان تأمین‌کننده سطح یک زنجیره انتخاب شده است. در ادامه متغیرهای شناسایی شده در زنجیره تأمین شرکت داروگر که به نظر می‌رسد در تعیین رفتار زنجیره تأمین این شرکت مؤثر هستند، مشخص شده و تنها به ذکر نام آن‌ها بسنده می‌شود. در این



Archive of SID
www.SID.ir

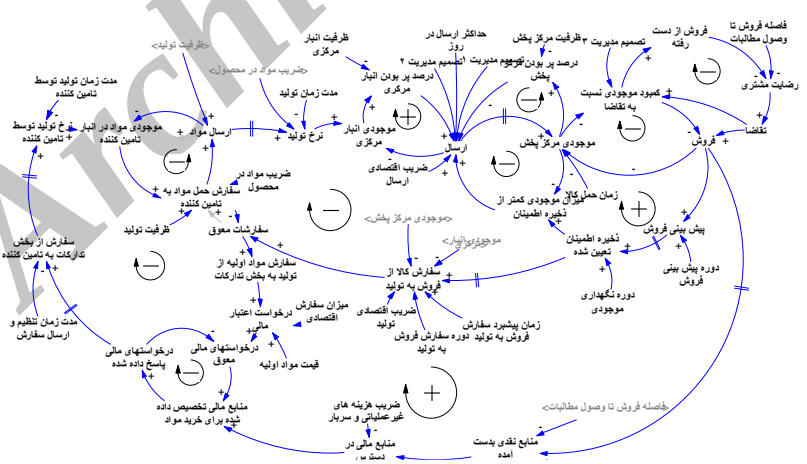
مرحله براساس شناخت اولیه از سازمان، رفتار واقعی این متغیرها به‌عنوان الگوی رفتاری مرجع بررسی شده است و فرضیه دینامیکی نیز براساس رفتار آن‌ها مطرح می‌شود. متغیرهای شناسایی شده در زنجیره تأمین شامل شوک فصلی بازار، نرخ فروش، موجودی مرکز پخش، موجودی انبار، ذخیره اطمینان در انبار مراکز پخش، میزان ارسال کالا، نرخ تولید، زمان حمل کالا از انبار مرکزی به انبار مراکز، میزان سفارش برای تولید، ظرفیت تولید، زمان مورد نیاز برای تولید، میزان سفارش برای خرید مواد و موجودی مواد در انبار تأمین‌کننده می‌باشند.

## ۴-۳- ارائه فرضیه دینامیکی

با بررسی رفتار متغیرهای معرفی شده به نظر می‌رسد که ریشه رفتار متغیرها بیش از هر چیز از رفتار متغیر فروش در مراکز پخش تأثیر می‌گیرد، اگر چه این تأثیر دوطرفه بوده است و همان گونه که در ادامه خواهد آمد در این تعاملات و حلقه‌های ناشی از آن‌ها جای علت و معلول‌ها مدام در حال جا به جا شدن است.

## ۴-۴- نمودار علت و معلولی

به‌منظور طراحی نمودار علت و معلولی، متغیرهای مطرح شده در فرضیه دینامیکی و عوامل مؤثر بر رفتارآن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و نوع ارتباط متغیرها و حلقه‌های بارخورد برآمده از ارتباط آن‌ها مرحله به مرحله طراحی می‌شود تا به مدل علت و معلولی نهایی دسترسی ایجاد شود. در ادامه تنها مدل علت و معلولی نهایی کل زنجیره تأمین ارائه شده است (شکل ۲).



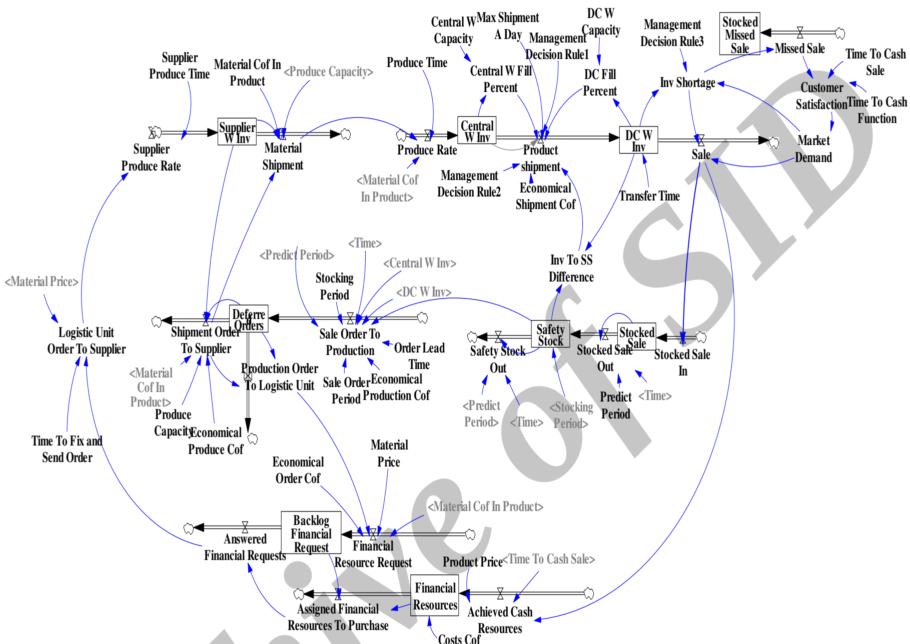

**شکل۲** نمودار علت و معلولی کل زنجیره تأمین



Archive of SID
www.SID.ir

## ۴-۵- نمودار نرخ و حالت (جریان و موجودی)

در این بخش نمودار علت و معلولی، تبدیل به نمودار نرخ و حالت شده است ( شکل ۳).




**شکل۳** نمودار جریان و موجودی

## ۴-۶- آزمون مدل و شبیه‌سازی

در این بخش به برخی از مهم‌ترین آزمون هایی که روی مدل انجام شده است، به‌عنوان آزمون روایی مدل اشاره می‌شود [۷].

### ۴-۶-۱- آزمون کفایت مرزهای مدل

در این بخش صحت متغیرهای برونزا و درونزا با توجه به مرزهای تعیین شده مدل بررسی و تأیید شده است.



Archive of SID

www.SID.ir

### ۴-۶-۲- آزمون ساختار

در این بخش بررسی تطابق مدل با واقعیت در مراحل تصمیم‌گیری وهماهنگی با قوانین موجود فیزیکی بررسی شده است.

### ۴-۶-۳- آزمون حالت حدی

در این بخش رفتار متغیرها در حالت حدی بررسی شده است. منفی نشدن متغیرهای حالت و جهت حرکت اطلاعات و مواد براساس مفروضات مدل نیز از جمله موارد برسی شده دراین بخش بوده است که رفتار متغیرها این وضعیت را تأیید می‌کند.

### ۴-۶-۴- آزمون بعد سنجی

این آزمون به‌منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی آن‌ها با واقعیت انجام شده و تأیید شده است

### ۴-۶-۵- آزمون بازتولید رفتار

برای انجام این آزمون رفتار متغیرهای مدل بعد از شبیه‌سازی با الگوهای رفتاری که با استفاده از داده‌های واقعی به دست آمده است، مقایسه می‌شود. این آزمون به دو روش انجام می‌شود:

۱- مقایسه رفتار متغیرهای مدل با واقعیت به‌وسیله مشاهده شکل نمودارها در دوره زمانی یکسان که در این روش فراز و فرودهای مدل شبیه‌سازی شده در شکل کلی و هم‌چنین میزان تغییرات آن در مقاطع زمانی خاص و موقع بروز شک‌های وارد شده به سیستم با واقعیت مقایسه شده و میزان توانایی مدل در بازتولید این رفتارها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مقایسه رفتار متغیرهای مدل با واقعیت به‌وسیله روش‌های آماری که در این روش از دو آماره میزان همبستگی (r) و هم‌چنین میانگین مربعات خطا (MSE) به‌منظور ارزیابی توانایی مدل در بازتولید رفتار استفاده می‌شود. در روش تعیین میزان همبستگی از جذر ضریب تعیین ($r^2$) برای تعیین r استفاده شده است که بیانگر درصدی از تغییرات متغیر واقعی است و به‌وسیله متغیر شبیه‌سازی شده قابل بیان می‌باشد. هم‌چنین در تعیین میانگین مربعات خطا از فرمول (MSE) استفاده شده است. اما آن‌چه در مورد میانگین مربعات خطا اهمیت دارد، استفاده از فرمول Theil برای تجزیه خطا به سه بخش زیر است :

که با استفاده از این فرمول مقدار آماره‌های Theil تعیین می‌شوند :



Archive of SID

www.SID.ir

نیکبخش جوادیان و همکاران ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(S_t - A_t)^2 = (\bar{S} - \bar{A})^2 + (S_S - S_A)^2 + 2(1 - r)S_S S_A$$

$$U^M = (\bar{S} - \bar{A})^2 / MSE$$

که بیانگر انحراف میانگین مدل شبیه‌سازی شده از مدل واقعی است. درواقع زمانی که این آماره برابر یک و دو آمار دیگر صفر است، یکی از نمودارها بالاتر از دیگری قرار دارد.

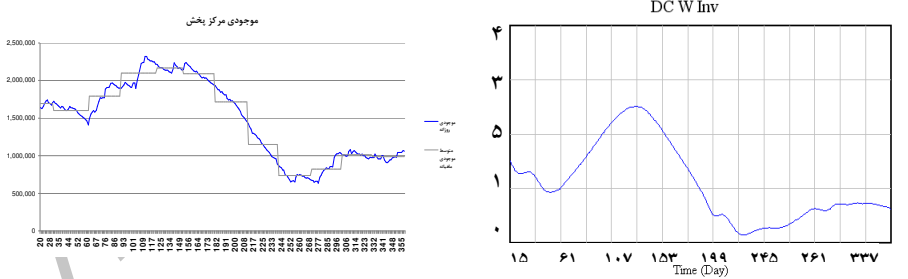
$$U^S = (S_S - S_A)^2 / MSE$$

که بیانگراختلاف واریانس‌ها است و اختلاف پراکندگی دو نمودار را مشخص می‌کند و

$$U^C = 2(1 - r)S_S S_A / MSE$$

که بیانگر انحراف کوواریانس‌ها می‌باشد و در حالتی که این آماره برابر یک و دو آماره دیگر صفر باشند، نشان می‌دهد که نمودارها میانگین‌ها و پراکندگی‌های یکسان داشته‌اند، اما اختلاف فاز بین آن‌ها وجود دارد. براساس این سه آماره می‌توان برداشت مناسبی از منشأ خطا به دست آورد [۷].

برای انجام آزمون بازتولید رفتار، نمودار تغییرات همه متغیرها آزمون شده است که در این بخش به‌عنوان نمونه، رفتار واقعی متغیر موجودی مرکز پخش با بازتولید رفتار این متغیر به‌وسیله مدل مقایسه می‌شود. به منظور امکان مقایسه بهتر نمودارها، تاریخ نمودارهای واقعی به تعداد روز سپری شده از ابتدای سال تبدیل شده است( شکل ۴) ( جدول۲).




**شکل ۴** مقایسه نتیجه شبیه‌سازی متغیر موجودی مرکز پخش و الگوی رفتار مرجع آن



www.SID.ir

**جدول۲** تحلیل آماری اختلافات مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده متغیر موجودی مرکز پخش

| Average S | Average A | Ss | Sa | N |
|---|---|---|---|---|
| ۱۰۷۹۵۵۲/۷۶ | ۱۴۷۷۱۶۷/۹۳ | ۷۰۰۳۷۹/۸۹ | ۵۱۷۱۰۳/۴۰ | ۵۷ |
| R | MSE | Um | Us | Uc |
| ۰/۸۸ | ۲۷۹۶۰۲۳۱۳۶۹۹/۹۲ | ۰/۵۷ | ۰/۱۲ | ۰/۳۲ |

در یک ارزیابی کلی از نتایج بررسی رفتار متغیرها باید گفت در مورد متغیرهایی که متغیرهای مرزی یا نزدیک به مرز مدل بوده‌اند، کم‌تر تحت تأثیر تعاملات مدل قرار گرفته‌اند. در این صورت مدل توانسته است با بهره‌گیری از اطلاعات و سوابق موجود آن‌ها را به شکل کامل‌تر و با جزئیات بیش‌تری شبیه‌سازی کند که این دقت در مورد متغیرهای پیچیده‌تر مدل کم‌تر شده است. هر چند نسبت به پیچیدگی سیستم شکل کلی نمودارها و آماره‌های به دست آمده قابلیت اطمینان مدل را تا حد زیادی تأیید کرده است در این صورت می‌توان برای آنالیز حساسیت متغیرها از این مدل استفاده کرد. هم‌چنین برای ارائه سیاست‌هایی به‌منظور بهبود عملکرد زنجیره و مشاهده نتایج آن‌ها در سیستم می‌توان از این مدل کمک گرفت.

**۴-۷- مرحله ۷: ارائه سیاست**

به‌منظور بهبود شاخص‌های تعریف شده در ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، سیاست‌هایی که از پیشنهاد تغییر مقادیر چند متغیر ، تغییر برخی روابط، حذف برخی متغیرها و یا اضافه کردن چند متغیر به مدل تشکیل می‌شود ،ارائه می‌شوند و با پیاده‌سازی آن‌ها در مدل امکان مشاهده و ارزیابی نتایج قبل از پیاده‌سازی در جهان واقعی فراهم می‌شود. در این بخش به سه سیاست اشاره شده است و یکی از آن‌ها تشریح می‌شود.

**۴-۷-۱- سیاست کاهش میزان فروش از دست رفته**

**۴-۷-۱-۱- آنالیز مشکل**

با مطالعه وضعیت فروش و متغیر فروش از دست رفته مشاهده شد که میزان بالایی از تقاضا در اثر کمبود موجودی، تبدیل به فروش از دست رفته شده است. پس از بررسی مدل، به نظر می رسد عدم اطلاع بخش‌های مختلف زنجیره از وضعیت واحدهای دیگر سبب بروز این بحران شده است. هر چند در زمان اقدام همه واحدها به‌درستی و به‌موقع وظیفه خود را انجام داده اند،



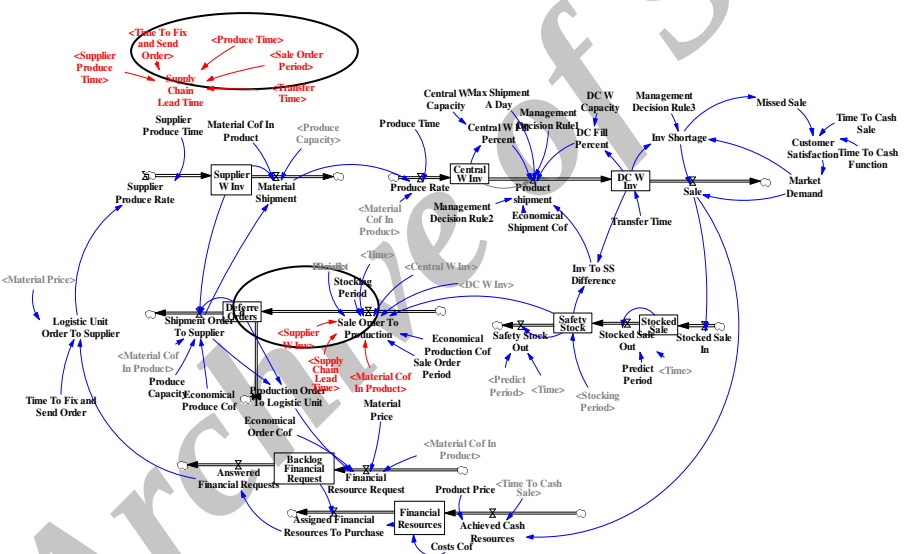
Archive of SID

www.SID.ir

اما آن‌چه باعث بروز مشکل شده است، عدم دریافت به موقع اطلاعات بوده است. با بررسی دقیق‌تر مدل مشخص شد که دلیل به‌وجود آمدن این بحران عدم آگاهی مرکز پخش از وضعیت موجودی مواد اولیه در انبار تأمین‌کننده زمان اعلام سفارش به کارخانه تولیدی بوده است.

### ۴-۷-۱-۲- پیشنهاد

با تغییر اندکی در منطق تصمیم‌گیری زمان صدور سفارش از مرکز پخش به کارخانه تولیدی و آگاهی از موجودی مواد اولیه در آن زمان و هم‌چنین تعریف متغیری به نام زمان پیشبرد زنجیره[۳] – که همه زمان‌های پیشبرد زنجیره را در بر دارد – به جای زمان پیشبرد سفارش می توان بر این مشکل چیره شد. تغییرات انجام شده در مدل اعمال شده است (شکل ۵).

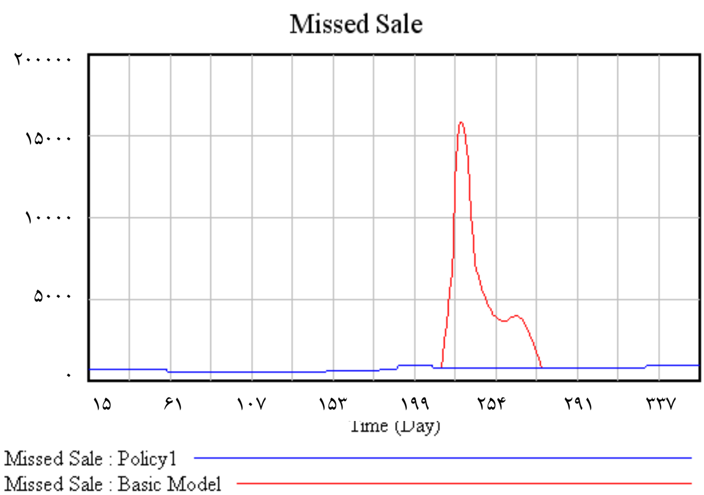



**شکل ۵** تغییرات انجام شده در مدل پس از اعمال سیاست کاهش میزان فروش از دست رفته



Archive of SID
www.SID.ir

با انجام تغییرات بالا براساس نمودار زیر، فروش از دست رفته تقریباً به صورت کامل از بین می‌رود ( شکل ۶).




**شکل۶** مقایسه نمودار فروش از دست رفته قبل و بعد ازاعمال سیاست

### ۴-۷-۲- سیاست کاهش میزان موجودی

با اجرای این سیاست میزان ذخیره اطمینان، موجودی انبار مرکزی و موجودی انبار مرکز پخش تا حد زیادی کاهش یافته و فروش از دست رفته نیز بجز در مقطع زمانی کوتاه افزایش نیافت.

### ۴-۷-۳- سیاست دریافت اطلاعات صحیح

با اجرای این سیاست منحنی‌های ذخیره اطمینان، موجودی انبار مرکزی و موجودی انبار مرکز پخش تا حدی جابه‌جا شد که نشان‌دهنده واکنش سریع‌تر و صحیح‌تر نسبت به تغییرات است. همچنین فروش از دست رفته نیز کاهش پیدا کرد.



Archive
www.SID.ir

## ۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شد تا ضمن شناسایی و ارائه تحلیل مناسب از یک زنجیره تأمین، عوامل اصلی مؤثر بر عملکرد زنجیره شناسایی شده و ارتباطات بین آن‌ها و نحوه تأثیر آنان بر کل سیستم ارزیابی شود. براساس ارزیابی‌های اولیه، مدل شبیه‌سازی شده زنجیره براساس روش پویایی شناسی سیستم و با استفاده نرم‌افزارvensim طراحی شد، سپس با توجه به واقعی بودن داده‌های موجود از زنجیره تأمین مورد مطالعه و وجود اطلاعات کافی از رفتار این متغیرها در سازمان، رفتارهای شبیه‌سازی شده با واقعیت مقایسه و نتایج با روش‌های ممکن آزمون شد. با توجه به میزان انطباق بالای عملکرد مدل شبیه‌سازی شده با عملکرد واقعی زنجیره می‌توان گفت متغیرهای شناسایی شده تا حد زیادی همان متغیرهای اصلی و مؤثر بر رفتار عملکرد زنجیره بوده‌اند. از این رو براساس مدل به دست آمده و به‌منظور بهبود شرایط فعلی، سیاست‌هایی پیشنهاد و قبل از اجرا آثارآن بر سیستم مشاهده و اصلاح شد، به‌طور مثال این‌که تغییرات اعمال شده در مدل تا چه حد موجب بهبود عملکرد زنجیره خواهند شد نیازمند ارزیابی شاخص‌های استاندارد عملکرد زنجیره تأمین است. حجم زیادی از ادبیات با پیشنهاد شاخص‌های عملکرد زنجیره‌های تأمین منتشر شده‌اند [۲۲، صص ۱۰۶-۱۱۸؛۲۳]. اگرچه هر زنجیره تأمین منحصر به فرد می‌باشد و ممکن است نیاز به طرز برخوردی خاص خود داشته باشند، اما شاخص‌هایی وجود دارند که در بیش‌تر تحقیقات کاربرد دارند و به آن‌ها شاخص‌های کلیدی عملکرد گفته می‌شود. این شاخص‌ها در چهار گروه تقسیم‌بندی شده‌اند که در این تحقیق از هر دسته یک یا دو شاخص انتخاب و محاسبه شده‌اند. عملکرد مدل شبیه‌سازی شده قبل و بعد از اعمال سیاست‌ها با مقادیر این شاخص‌ها مقایسه شده است.

در جدول ۳ مقادیر شاخص‌های ارزیابی عملکرد مشخص شده‌اند که نشان از بهتر شدن مدل در سه بخش عملکرد تحویل، دارایی‌ها و موجودی‌ها و هزینه‌ها دارد. هم‌چنین هر چند در شاخص مربوط به افزایش واکنش‌پذیری با توجه به تغییر نکردن زمان پیشبرد زنجیره، تغیری مشاهده نشده است، اما همان طور که در آنالیز مشکل سیاست یک اشاره شد، فروش از دست رفته ایجاد شده در مدل اولیه با افزایش اشتراک‌گذاری اطلاعات و استفاده از آن در زمان تصمیم‌گیری‌ها، به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرد. درواقع پس از اعمال سیاست‌ها شوک‌های وارد شده به‌خوبی به‌وسیله زنجیره پاسخ داده شدند که می‌تواند دلیلی بر افزایش قدرت واکنش‌پذیری زنجیره باشد



www.SID.ir

هر چند برای نشان دادن این تغییر در ادبیات موضوع، شاخصی به‌طور مشخص یافت نشد.

**جدول ۳** شاخص‌های کلیدی عملکرد زنجیره قبل و بعد از اجرای سیاست‌های پیشنهادی

| نام گروه شاخص | نام شاخص | میزان شاخص در مدل اولیه | میزان شاخص پس از اعمال سیاست‌ها |
|---|---|---|---|
| عملکرد تحویل | سطح خدمت | ٪۹۵/۶ | ٪۷۹/۹ |
| | دقت پیش‌بینی | ۸۰۲۳/۷۰ | ۵۱۵۲/۸ |
| واکنش‌پذیری زنجیره تأمین | زمان دوره برنامه‌ریزی | ۸۱/۰ | ۸۱/۰ |
| دارایی‌ها و موجودی‌ها | گردش موجودی | ٪۲/۲ | ٪۲/۹ |
| هزینه‌ها | حداکثر ظرفیت انبار مورد نیاز | ٪۶۳۰/۰ | ۲۸۸/۰ |

مهم‌ترین ویژگی این تحقیق، اجرای مدل واقعی و با قابلیت استفاده عملی بالا است که می‌تواند در جلوگیری از تبعات تصمیم‌های اشتباه در سیستم‌های پیچیده جلوگیری کرده و امکان تجزیه رفتار سیستم به رفتار اجزا را در اختیار قرار دهد. تحقیق حاضر در مقایسه با دیگر تحقیقات مشابه، علاوه بر ارائه مدل توانسته است به بررسی یک مطالعه موردی واقعی پرداخته و یک مسئله کاربردی از سازمان را حل کند. در حالی که بسیاری از تحقیقات پویایی‌شناسی سیستم به ارائه مدل‌های کلی بسنده کرده‌اند [۱۴؛۱۵؛۱۶، صص۱۱۵-۱۳۸؛۱۷، صص۱۳۳۲-۱۳۵۴].

در بخش پیشنهاد سیاست‌ها، کاربردی بودن و عملی بودن آن‌ها در فضای صنعتی داخل کشور مد نظر قرار گرفته است. هم‌چنین آزمون‌های دقیق و متعددی بر روی مدل ارائه شده است، به‌خصوص آزمون بازتولید رفتار که مورد توجه محققان اندکی قرار گرفته است که درنهایت بیش‌تر تحقیقات پویایی‌شناسی سیستم با ارائه سیاست و پیشنهادات پایان می‌پذیرد، اما در این تحقیق نتیجه اعمال سیاست‌های پیشنهادی بر عملکرد زنجیره تأمین با استفاده از شاخص‌های کمی نشان داده است [ ۱؛ ۵؛۱۹؛ ۲۰؛ ۲۲صص ۱۰۶-۱۱۸].



Archive of SID
www.SID.ir

### ۵-۱- پیشنهادها

در مدل طراحی شده در این تحقیق تأمین کننده در یک سطح در نظر گرفته شده بود که تأمین‌کنندگان می‌توانند در چند سطح عمودی و یا افقی افزایش پیدا کنند. در این صورت مسائلی مانند دسترسی به‌موقع به همه مواد مورد نیاز برای تولید محصول و لزوم هماهنگی سفارشاتی با زمان پیشبرد متفاوت می تواند مورد بحث قرار گیرد.

همچنین در بخش توزیع‌کنندگان نیز در این مدل یک مرکز پخش در نظر گرفته شده که در صورت وجود چند مرکز پخش مسائل مربوط به ارسال مناسب کالا بین مراکز پخش گوناگون به‌منظور جلوگیری از کمبودها می تواند بررسی شود. فرمول‌بندی متغیرها در نمودار نرخ و حالت با استفاده از منطق فازی نیز برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود.

## ۶- پی‌نوشت‌ها

1. System Dynamics
2. نام محصول به‌دلیل حفظ اطلاعات شرکت قید نشده است.
3. Supply Chain Lead Time

## ۷- منابع


[1] Angerhofer B. J., Angelides Marios C. ;System dynamics modeling; In Supply Chain Management: Research Review, Proceedings of the 2000, Winter Simulation Conference, 2000

[2] Akkermans H. A.;"Developing a lo gistics strategy through participative business modelling;"*International Journal of Operations & Production Management*, 15 (11), 1995.

[3] Milgate M. ;"Supply chain complexity and delivery performance: an international explorative study"; *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 6, No. 3, 2001.




Archive of SID

www.SID.ir

[4] Ganeshan R., Harrison T. P.; "An introduction to supply chain management"; *Department of Management Science and Information Systems*, 303 Beam Business Building, Penn State Universit, 1995.

[5] Anderson E. G., Jr. C. H. Fine, G. G. Parker; Upstream volatility in the supply chain: The machine tool industry as a Case Study. Austin (TX): Departament of Management; University of Texas, 1997.

[۶] آذر ع.، محمدلو م. ؛طراحی مدل ریاضی مدیریت موجود در زنجیره تأمین؛ *فصلنامه مدرس علوم انسانی*، سال یازدهم، ش.۳،۱۳۹۰.

[7] Sterman J. D., Business Dynamics: System thinking and modeling for a complex world; Mc Grawhill, Boston, 2000.

[8] Sterman J. D., Forrester J. W., Graham A. K., Senge P. M.; An integrated approach to the economic long wave ; Paper Read at Long Waves, Depression, Innovation, Siena-Florence, Italy, 1983.

[9] Forrester J. W.; Industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers; Harvard Business Review 36 (4), 1961, Industrial Dynamics. Portland (OR): Productivity Press, 1958.

[10] Hafeez K., Griffiths M., Griffiths J., Naim M. M.; "Systems design of a two-echelon steel industry supply chain"; *International Journal of Production Economics* (45), 1996.

[11] Towill D. R.;"Industrial dynamics modelling of supply chains"; *Logistics Information Managment* 9 (4), 1996b. Time Compression and Supply Chain Management, *Supply Chain Management* 1 (1), 1996a..

[12] Towill D. R., Naim M. M., Wikner J.;"Industrial dynamics simulation models in the design of supply chains"; *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 22, 5, 1992.

[13] Thierry C., Andre T. ,Gerard B.; Simulation for Supply Chain Management; John Wiley and Son, 2008.



Archive of SID

www.SID.ir

[۱۴] حیدریه س. ع.، شهابی ع.؛ مدلسازی مدیریت زنجیره تأمین الکترونیکی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم؛ پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت استراتژیک،۱۳۸۹.

[۱۵] شریفی م. ج.، مهدوی ا.، جوادیان ن.؛ مدل‌سازی سیستم‌های پویا برای مدیریت زنجیره تأمین استراتژیک زنجیره‌های غذایی؛ نخستین کنفرانس بین‌المللی مدیریت زنجیره تأمین و سیستم‌های اطلاعات، ۱۳۸۶.

[16] Kumar S., Teruyuki Y.;"System dynamics study of the Japanese automotive industry closed loop supply chain"; *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 18, Iss: 2, 2007.

[17] Ip W.H., S.L Chan, C.Y Lam; "Modeling supply chain performance and stability"; *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 111, Iss: 8, 2011.

[18] Sachan A., B.S. Sahay; "Developing Indian grain supply chain cost model: A system dynamics approach"; *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 54 Iss: 3, 2005.

[19] Samuel C., Gonapa K.; *Journal of Health Care Quality Assurance*,Vol. 23, No. 7, 2010.

[20] J. Wu, C. C. Chen , R. Tsai;"Using system dynamics approach to construct a performance measurement model for pharmacy supply chain management"; *Journal of International Technology and Information Management*, Vol. 15, No. 1, 2006.

[21] Campuzano F., Mula J., Peidro D.; Fuzzy estimations and system dynamics forim proving supply chains ; *Fuzzy Sets and Systems 161*, 2010.

[22] Milgate M. ;"Supply chain complexity and delivery performance: An international explorative study"; *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 6, No. 3, 2001.

[23] Rhonda R. L., Leslie K. D.; "Improving supply chain performance by eliminating demand distortion" ; 2002.

[24] Mentzer J. T. & et al; “Defining supply chain management”; *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2, pp. 18, 200



Archive of SID

www.SID.ir