



## مدلسازی پویایی‌های زنجیره‌تأمین مبتنی بر استراتژی‌های کشش و فشار، مطالعه موردی: شرکت تولیدکننده تجهیزات پزشکی در ایران

محمدعلی اقبالی<sup>۱\*</sup>، محسن صفاریان<sup>۲</sup>

گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی بیرجند، (Eghbali@Birjandut.ac.ir)

گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی بیرجند، (Saffarian@Birjandut.ac.ir)

### چکیده

در این تحقیق سعی شده است، رویکردی ساختاریافته، به منظور تجزیه و تحلیل یک زنجیره تأمین مناسب، برای شرکت‌های فعال در سطح بین‌المللی که با پدیده جهانی‌شدن روبه‌رو می‌باشند، ارائه گردد. به همین منظور، پس از بررسی ادبیات موضوع و شناسایی ساختار و فرآیندهای داخلی شرکت مورد مطالعه، عوامل مؤثر در طراحی زنجیره تأمین آن شناسایی گردید. سپس برای تجزیه و تحلیل پویایی زنجیره، از رویکرد پویایی‌های سیستم به عنوان یکی از قدرتمندترین کاربردهای تفکر سیستمی استفاده شد و مدلی پویا مبتنی بر ساختار زنجیره تأمین شرکت مورد مطالعه تهیه گردید. در ادامه تأثیر بکارگیری استراتژی‌های عملیاتی مختلف بر روی عملکرد آن مطابق با سناریوهای طراحی شده مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای بکار رفته در مدل بر اساس مطالعه سوابق موجود و همچنین مصاحبه با خبرگان و مدیران بخش‌های مختلف شرکت، شناسایی و پس از تهیه مدل نهایی، فرآیند شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Vensim انجام شد. در پایان نتایج حاصل از شبیه‌سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، پویایی‌های سیستم، مدل‌سازی.

### ۱- مقدمه

زنجیره تأمین سیستمی پویاست و در طول زمان تکامل می‌یابد. از سوی دیگر تمرکز اصلی مدیریت زنجیره تأمین بر حرکت به سمت مصرف‌کننده نهایی بوده و توجه به تقاضای مصرف‌کننده در طول زنجیره از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، کشش از ناحیه مصرف‌کننده، تصمیمات زنجیره تأمین را از یک محیط مبتنی بر عرضه به سمت محیط مبتنی بر تقاضا سوق می‌دهد [۷].

با توجه به این‌که، مدیریت مناسب زنجیره تأمین، نقشی کلیدی در موفقیت و تعالی سازمان‌ها ایفا می‌کند، به همین منظور، تحقیقات زیادی در راستای تحلیل زنجیره تأمین در مراکز تحقیقاتی خارجی صورت گرفته است. به‌طوری‌که، اهمیت این موضوع را می‌توان در تحقیقات انجام شده توسط برخی از محققین مشهور، از جمله فارستر<sup>۳</sup>، استرن<sup>۱</sup> و دیگران مشاهده

۱ و \* - نویسنده مسئول: مربی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی بیرجند.

۲ - استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی بیرجند.

۳ J.W. Forrester



اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

نمود، که نقش رویکرد پویایی‌های سیستم در تحلیل زنجیره‌تأمین را به خوبی نشان می‌دهد[۴]. با توجه به شرایط حاکم بر وضعیت اقتصادی و سیاسی کشور، می‌توان گفت که شرکت‌های داخلی فعال در عرصه کسب و کار، با عدم قطعیت‌های فراوانی در حوزه کاری خود مواجه بوده و بایستی برای باقی ماندن در بازارهای هدف، توجه ویژه‌ای را به زنجیره تأمین و نحوه مدیریت آن معطوف کنند، تا با تحلیل مناسب آن بتوانند نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی و در جهت رشد و تعالی خود گام بردارند. یکی از مشکلات و چالش‌های اساسی که شرکت مورد مطالعه در این تحقیق با آن مواجه است، عدم برخورداری از یک سیستم تأمین و تولید انعطاف‌پذیر در مقابل تقاضای متغیر و رو به رشد مشتریان می‌باشد. به‌طوری‌که، در سال‌های اخیر نتوانسته است، تقاضای مشتریان داخلی و خارجی خود را به طور کامل برآورده سازد. از این‌رو، تجزیه و تحلیل پویایی‌های زنجیره تأمین این شرکت و همچنین، تأثیر استراتژی‌های عملیاتی مختلف بر روی عملکرد زنجیره، امری ضروری به نظر می‌رسد. تا از این طریق، بتوان با شبیه‌سازی مدل پویایی‌های سیستم، روند حاکم بر زنجیره تأمین شرکت را در یک بازه زمانی میان مدت مشاهده و با توجه به نتایج شبیه‌سازی‌ها، بهترین راهکار و استراتژی را برای آینده ترسیم نمود. همچنین، برای بسط و توسعه این چارچوب مفهومی، از رویکرد پویایی‌های سیستم به عنوان یکی از قدرتمندترین کاربردهای تفکر سیستمی که ابزاری توانمند برای به تصویر کشیدن پیچیدگی‌های مختلف سیستم‌ها و در نهایت، تصمیم‌گیری و مدیریت بر آنها می‌باشد، استفاده شده است. با توجه به اهمیت موضوع مورد بررسی، تحقیق حاضر در صدد است تا اهداف زیر را محقق نماید:

- شناسایی متغیرهایی که در پویایی زنجیره تأمین شرکت مورد مطالعه، مؤثرند.
- تحلیل گزینه‌های مختلف بکارگیری استراتژی‌های عملیاتی و تأثیر آن بر عملکرد زنجیره تأمین شرکت مورد مطالعه که با ارائه یک مدل پویایی‌های سیستم توسعه می‌یابد.

اگر چه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تحلیل زنجیره تأمین در سازمان‌های مختلف به ویژه شرکت‌های تجاری و بنگاه‌های اقتصادی انجام گرفته است، اما ارائه یک مدل تحلیلی مبتنی بر رویکرد پویایی‌های سیستم به منظور مشاهده پویایی زنجیره تأمین، آن هم در یک شرکت تولیدی داخلی، ضروری می‌باشد. به خصوص آن‌که، پس از طراحی و شبیه‌سازی این مدل، می‌توان در طول بازه شبیه‌سازی، نتایج حاصله را در رابطه با استفاده شرکت مورد مطالعه از گزینه‌های مختلف استراتژی‌های عملیاتی مشاهده نمود. از سوی دیگر، آنچه که میزان بهره‌وری و سودآوری شرکت‌های تولیدی را کاهش می‌دهد، وجود تأخیرهای احتمالی در طول زنجیره تأمین است، که معمولاً از محدوده دید مدیران پنهان بوده و در دراز مدت، باعث اختلال در فرآیند کسب و کار شرکت می‌گردد. لازم به ذکر است، تأخیرات موجود در زنجیره تأمین شرکت مورد مطالعه در مدل ارائه شده لحاظ شده و به راحتی می‌توان تأثیر این تأخیرات را بر عملکرد زنجیره تأمین مشاهده نمود.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

### ۲-۱- زنجیره تأمین

یک زنجیره تأمین شامل همه بخش‌هایی است که بصورت مستقیم یا غیر مستقیم در تکمیل نیازمندی‌های مشتری درگیر می‌باشند. زنجیره تأمین، تنها در برگیرنده تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان نبوده، بلکه علاوه بر آن بخش‌های حمل و نقل، عمده‌فروشان، خرده‌فروشان و حتی مشتری‌های آنان نیز از دیگر اجزاء زنجیره به حساب می‌آیند. در حقیقت هدف اولیه هر زنجیره تأمین، برآوردن نیازهای مشتریان می‌باشد و نتیجه این فرآیند، کسب سود و درآمد برای تولیدکننده و دیگر عناصر درگیر در زنجیره خواهد بود[۳]

<sup>1</sup> Sterman



امروزه برخی از محققین بر این عقیده‌اند، عبارت مدیریت زنجیره تقاضا باید جایگزین مدیریت زنجیره عرضه گردد، زیرا زنجیره بایستی توسط بازار هدایت شود، نه به وسیله تامین‌کنندگان. در یک زنجیره تقاضا، هدایت سیستم به وسیله فشار از سوی تامین‌کننده نیست. بلکه، این هدایت بر محور کشش از جانب مشتری استوار است [۷]. طراحی کشش‌محور بر روی یک سیستم، اساس و پایه تولید ناب می‌باشد، که به هموارسازی و جریان سریع مواد و فعالیت کلی سیستم کمک می‌کند [۹].

## ۲-۲- استراتژی‌های کشش و فشار در زنجیره تامین

استراتژی‌های سنتی زنجیره تامین را می‌توان به استراتژی‌های کشش و فشار<sup>۱</sup> تقسیم نمود. در زنجیره تامین فشاری تصمیمات مربوط به تولید، بر اساس پیش‌بینی‌های بلند مدت است. به‌طور معمول، تولیدکننده، با استفاده از سفارش‌های دریافت شده از انبارهای خرده‌فروشان، تقاضای مشتری را پیش‌بینی می‌کند. بنابراین، در زنجیره تامین فشاری، تولیدکننده، اغلب شاهد هزینه‌های حمل و نقل افزایش‌یافته، سطوح موجودی بالاتر و یا هزینه‌های بیشتر تولید و در بعضی مواقع هر سه مورد با هم می‌باشد، که ناشی از نیازهای اضطراری تولید است. اما در زنجیره تامین کششی، تولید بر اساس تقاضای واقعی انجام می‌شود، تا با تقاضای واقعی مشتری هماهنگ گردد نه با پیش‌بینی آن. برای این‌منظور، زنجیره تامین از سازوکارهای جریان سریع اطلاعات، به منظور انتقال اطلاعات تقاضای مشتری (مثلاً داده‌های نقطه فروش) به تسهیلات سازنده استفاده می‌کند. این عمل مزایایی از قبیل، کاهش مهلت‌های تحویل که ناشی از توانایی پیش‌بینی بهتر سفارش‌های دریافتی از خرده-فروشان است، کاهش موجودی خرده‌فروش‌ها، کاهش تغییرپذیری در سیستم و به خصوص، تغییرپذیری‌ای که تولیدکننده به سبب کاهش مهلت‌های تحویل با آن روبرو است را در پی دارد. ادغام دو استراتژی فوق، استراتژی فشار-کشش را در پی دارد. در این استراتژی، برخی از مراحل زنجیره تامین، در حالتی مبتنی بر فشار اجرا می‌شود و بقیه مراحل بر پایه استراتژی کششی انجام می‌گیرد. نقطه برخورد این دو استراتژی، در طراحی زنجیره‌تأمین از اهمیت بالایی برخوردار است [۵].

## ۲-۳- نقطه سفارش مشتری

شرمن<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۴ واژه نقطه رسوخ سفارش مشتری<sup>۳</sup> را مطرح نمود و این نقطه‌ای است که در آن، یک محصول به یک مشتری خاص تخصیص می‌یابد و مشخص می‌کند که چه بخشی از فرآیند تولید مبتنی بر سفارش ساخت و چه بخشی از آن مبتنی بر پیش‌بینی تقاضا است. در قسمت پایین‌دستی این نقطه، سفارشات مشتری هدایت‌کننده سیستم‌هایی است که جریان‌های مواد را کنترل می‌کنند. در قسمت بالادستی، پیش‌بینی‌ها و برنامه‌ها به عنوان نیروهای محرک می‌باشند. شرمن بیان می‌دارد، این نقطه جایی است که خصوصیات و مشخصه‌های محصول بدون رشد و ثابت بوده و نقطه نهایی جایی است که موجودی در آن نگه داشته شده است. وضعیت این نقطه از یک صنعت به صنعت دیگر متفاوت است. هرچند یک سازمان می‌تواند شرایط موجود را با طراحی محصول و مطابق با طبقه‌بندی مشتریان، تغییر دهد [۸]. سازمان‌ها می‌توانند با جابجا کردن نقطه سفارش مشتری در بخش‌های بالادستی و پایین‌دستی، استراتژی تولید خود را تعیین نمایند و پس از این، محیط تولید خود را از بین گزینه‌های مختلف انتخاب کنند. گزینه‌های متداولی که برای انتخاب محیط تولید، پیش‌روی سازمان‌ها قرار دارد عبارتند از: ساخت برای انبار<sup>۴</sup>، مونتاژ طبق سفارش مشتری<sup>۵</sup>، ساخت طبق سفارش<sup>۱</sup> و مهندسی طبق سفارش<sup>۲</sup>.

<sup>1</sup> Pull & Push Strategies

<sup>2</sup> Sharman

<sup>3</sup> Ordre Penetration Point

<sup>4</sup> make-to-stock

<sup>5</sup> assemble-to-order



در استراتژی ساخت برای انبار، میزان تقاضا برای محصولات مشخص، به‌خوبی شناسایی شده و قابل پیش‌بینی است و تحویل کالا به مشتری، وابسته به وجود آن در انباشته محصول نهایی یا انبار می‌باشد. واضح است که در این روش امکان دارد، هزینه نگهداری موجودی بالا باشد. در ضمن، تولیدکننده نیز باید ریسک منسوخ شدن محصول را متحمل شود. با این حال، معمولاً زمان انجام سفارش مشتری بسیار کوتاه است. استراتژی ساخت برای انبار معمولاً بیشتر به دو استراتژی حمل طبق سفارش و بسته‌بندی طبق سفارش تقسیم می‌گردد [۱۰]. همان‌طور که، در شکل (۱) مشاهده می‌شود، بردارهای قبل از نقطه سفارش مشتری که با رنگ تیره مشخص شده است، فعالیت‌های تولید که مبتنی بر پیش‌بینی هستند را نشان می‌دهد. درحالی‌که بردارهای بعد از آن که با رنگ روشن مشخص شده است، نشان‌دهنده فعالیت‌های سفارش محور می‌باشند [۶].



آلهاگر<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) تأثیرات جابجایی نقطه سفارش مشتری را به سمت جلو و عقب مورد بررسی قرار داده است. به این ترتیب که جابجایی این نقطه بایستی در یک حالت استراتژیک انجام گیرد و بدین‌گونه باعث تقویت رقابت‌پذیری سازمان گردد. هنگامی‌که، نقطه سفارش مشتری، به سمت جلو انتقال می‌یابد، دو مزیت عمده برای سازمان متصور است: (۱) نزدیک‌شدن بیشتر به مشتری: این امر باعث کاهش زمان انجام سفارش می‌شود و (۲) افزایش اثربخشی تولید: زیرا با نزدیک‌شدن به مشتری، بهینه‌سازی تولید امکان‌پذیر می‌باشد. از سوی دیگر، با جابجایی این نقطه به سمت عقب، استناد به پیش‌بینی کاهش می‌یابد و باعث کاهش کالاهای در حال ساخت و سایر موجودی‌ها می‌شود. از این‌رو، ریسک از رده خارج‌شدن موجودی و یا به عبارت دیگر ریسک کهنگی موجودی کاهش می‌یابد [۶].

#### ۴-۲- پویایی‌شناسی سامانه‌ها

رویکرد پویایی‌شناسی سامانه‌ها، در اوایل دهه ۶۰ توسط فارستر در موسسه ماساچوست ایالات متحده بنیان‌گذاری شد [۴]. منطق اصلی پویایی‌های سیستم، مدل‌کردن ساختار سازمان‌ها با نمودارهای انباشت و جریان، ترکیب شده با ارتباطات علی و معلولی می‌باشد. اولین باری که استفاده از پویایی‌های سیستم در مبحث مدل‌سازی زنجیره‌تامین در دنیای واقعی بکار گرفته شد، مدل‌کردن یک سیستم تولید- توزیع بود که به مدل فارستر معروف گردید. این سیستم، خود از سیستم‌های جریان شش‌گانه‌ای که بر یک‌دیگر اثر متقابل دارند، تشکیل شده است. این جریان‌ها عبارتند از: جریان اطلاعات، مواد، سفارشات، پول، نیروی کار و تجهیزات سرمایه‌ای. فارستر در این مدل موضوعات مربوط به مدیریت زنجیره‌تامین را مورد تجزیه و تحلیل قرار

<sup>1</sup> make-to-order

<sup>2</sup> engineer-to-order

<sup>3</sup> Olhager



اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

می‌دهد. اشاره به این مطلب که تعداد زیادی از موضوعات تحقیقاتی رایج در مدیریت زنجیره تامین پیش از این توسط فارستر در سال ۱۹۶۱ مطرح شده است، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. به هر حال، بکارگیری مدل‌سازی پویایی‌های سیستم در مدیریت زنجیره تامین پس از یک دوره وقفه طولانی دوباره مطرح شده است [۴].

### ۳- روش شناسی تحقیق

از آن‌جا که هدف این تحقیق، توسعه دانش کاربردی در زمینه تحلیل زنجیره تامین است و به سمت کاربرد عملی آن هدایت می‌شود، نوع تحقیق کاربردی است و به دنبال تحلیل زنجیره تامین یک شرکت تولیدکننده تجهیزات پزشکی، بر اساس فرآیند استاندارد مدل‌سازی پویایی‌های سیستم [۴]، متناسب با ساختار زنجیره تامین آن می‌باشد. مراحل انجام تحقیق به صورت جدول (۱) است:

جدول ۱. مراحل و ابزار انجام تحقیق

ابزار مورد استفاده	مراحل انجام تحقیق
<ul style="list-style-type: none"> <li>• مصاحبه با مدیران بخش‌های مختلف شرکت</li> <li>• مطالعه اسناد و سوابق بخش‌های خرید، تولید، توزیع و فروش شرکت.</li> </ul>	۱- تعریف مسئله و چالش‌های پیش روی مدیران در زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت
<ul style="list-style-type: none"> <li>• مصاحبه با مدیران بخش‌های مختلف شرکت</li> <li>• مطالعه اسناد و سوابق بخش‌های خرید، تولید، توزیع و فروش شرکت.</li> </ul>	۲- شناسایی ساختار، جریان‌های اطلاعاتی و مالی زنجیره - تامین شرکت پویندگان راه سعادت
<ul style="list-style-type: none"> <li>• رویکرد پویایی‌های سیستم</li> </ul>	۳- تشریح روابط علی معلولی و شناسایی تاخیرهای زنجیره تامین و تاثیر تغییر گزینه‌های مختلف استراتژی‌های عملیاتی بر عملکرد زنجیره تامین و اعتبارسنجی مدل

### ۴- مدل‌سازی، بررسی و تحلیل داده‌ها

#### ۴-۱- شرکت پویندگان راه سعادت

شرکت پویندگان راه سعادت در سال ۱۳۷۷ در تهران تاسیس گردید. این شرکت تولیدکننده انواع مانیتور پایش علائم حیاتی بیمار در ایران بوده و در حال حاضر فعالیت‌های اصلی این شرکت شامل طراحی، تولید، بازاریابی و فروش و همچنین، خدمات پس از فروش می‌باشد. در این تحقیق تنها به بررسی و تحلیل کسب و کار تولید مانیتورهای علائم حیاتی بیمار در این شرکت پرداخته شده و سایر بخش‌های دیگر کسب و کار از جمله بازاریابی و خدمات پس از فروش از محدوده کاری این تحقیق خارج می‌باشد.

#### ۴-۲- ساختار زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت

شناسایی ساختار زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت با مطالعه سوابق موجود و مصاحبه با کارشناسان و مدیران بخش‌های مختلف شرکت شامل مدیر واحد تدارکات، مدیر واحد تولید، مدیر واحد فروش، مدیر واحد تحقیقات و کارشناسان واحد تضمین کیفیت شرکت و در قالب ۱۲ جلسه مصاحبه انجام گرفت. چارچوب کلی مباحث مطرح شده در مصاحبه‌های انجام شده به صورت جدول (۲) می‌باشد:



جدول ۲. چارچوب اصلی مباحث مطرح در مصاحبه‌های تحقیق

سؤالات و مطالب مطرح شده در مصاحبه‌ها	حوزه‌های زنجیره تامین
سطح مشارکت تامین‌کنندگان، تحریم اقتصادی و تاثیر آن بر روابط فی مابین، تأخیرهای زمانی در تحویل قطعات، زمان سفارش، سطح کیفی و قیمت کالا، ریسک اقتصادی خرید، نرخ خرید قطعات و تجهیزات، نوع کالای خریداری شده، میزان سفارش و ...	حوزه تامین
تأخیرهای زمانی موجود در طول فرآیند تولید، عوامل موثر بر فرآیند تولید، ظرفیت تولید مانیتور و عوامل موثر بر آن، نرخ شروع تولید، شناسایی مراحل تولید، سطح موجودی در حال ساخت، سطح مطلوب موجودی در حال ساخت و ...	حوزه تولید
سیاست فعلی شرکت در رابطه با فرآیند توزیع، مراحل توزیع، نرخ تحویل مطلوب، نرخ تحویل بیشینه، نرخ تحویل مشتری، تأخیرهای موجود در تحویل محصول به مشتری، شرکت‌های همکار در فرآیند توزیع، داده‌های مربوط به موجودی انبار شرکت، سطح مطلوب موجودی انبار، تعداد مشتریان داخلی و خارجی، زمان سفارش دهی، شرایط مالی مشتریان، عوامل موثر بر تقاضای مشتری، بررسی میزان تقاضای مشتری در طول سال، سیاست فعلی شرکت در رابطه با تحویل محصول و ...	حوزه توزیع محصول و مدیریت سفارش

پس از انجام مصاحبه با کارشناسان و مدیران و همچنین مطالعه اسناد و اطلاعات موجود در بانک اطلاعاتی شرکت، عناصر فعال در هریک از حوزه‌های زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت شناسایی گردید که در زیر به صورت خلاصه تشریح شده است.

#### ۲-۴-۱- تامین‌کنندگان و فرآیند تولید

همکاری با برخی از تامین‌کنندگان برای شرکت پویندگان از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به عنوان شراکت‌های استراتژیک مطرح است. زیرا برخی از قطعات اصلی بکار رفته در مانیتورهای پایش علائم حیاتی بیمار، از این تامین‌کنندگان خریداری شده و در خلق مزیت رقابتی برای محصول نهایی شرکت نقش مهمی دارند. برخی از تامین‌کنندگان خارجی این شرکت عبارتند از: شرکت ماسیمو (آمریکا)، شرکت تی‌دی‌کا (ژاپن)، شرکت فیبا (ایتالیا). این شرکت‌ها از بین ۳۲ تامین‌کننده خارجی، به عنوان تامین‌کنندگان مواد گلوگاهی مطرح بوده و ادامه همکاری با آنها برای شرکت پویندگان از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر تامین‌کنندگان خارجی، تعداد زیادی از شرکت‌های داخلی نیز به عنوان تامین‌کنندگان شرکت پویندگان مطرح می‌باشند. مطابق دستورالعمل‌های موجود در شرکت پویندگان راه سعادت، مبنی بر تولید مانیتورهای علائم حیاتی بیمار می‌توان، مراحل تولید یک محصول را از تامین مواد اولیه تا مونتاژ نهایی آن به چهار مرحله تقسیم‌بندی نمود. (۱) مونتاژ اولیه و تست مونتاژ اولیه، (۲) نصب نرم افزار و مونتاژ نهایی محصول، (۳) تست‌های استاندارد و عملکردی، (۴) تست آی‌تی‌سی و بسته‌بندی مانیتورها.

#### ۲-۴-۲- تقاضای مشتری

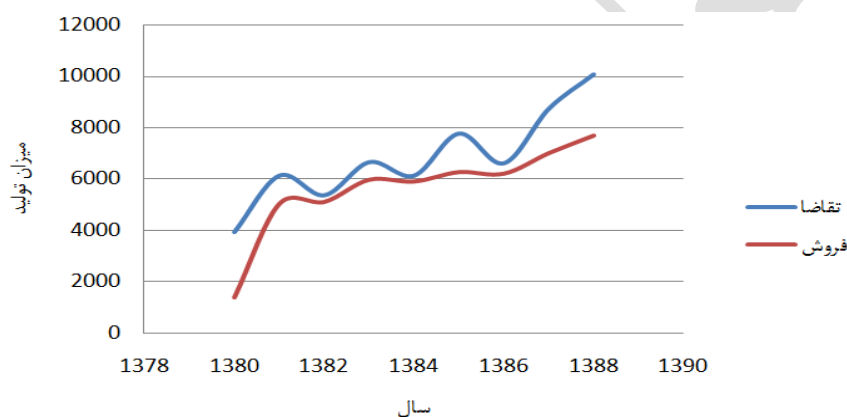
فروش داخلی مانیتورهای پایش علائم حیاتی که به عنوان محصول اصلی شرکت پویندگان راه سعادت می‌باشد، تحت شرایط خاص، متغیر است. دلیل عمده آن نیز، دولتی بودن تعداد زیادی از مشتریان شرکت می‌باشد. این بیمارستان‌ها و مراکز خدمات درمانی، بودجه سالانه خود را از منابع دولتی دریافت می‌کنند و بخش عمده‌ای از خرید خود را در ماه‌های پایانی سال انجام





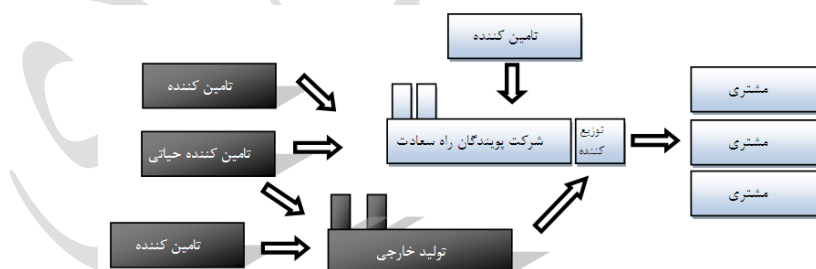
اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

می‌دهند. زیرا منابع مالی باقی‌مانده در پایان سال در تخصیص بودجه سال بعدی تأثیرگذار بوده و به همین علت، این بیمارستان‌ها سعی دارند، منابع مالی مازاد سالانه خود را در پایان سال، مصرف نموده تا بودجه کامل سال بعد به آنها تعلق گیرد. به‌طور کلی، حدود ۵۶٪ از فروش محصولات در سه ماهه پایانی سال انجام می‌گیرد. علاوه بر "شرایط مالی" مشتریان، که در یک بازه زمانی خاص در طول سال رخ می‌دهد و به عنوان یک مؤلفه مهم و مؤثر در میزان تقاضا می‌باشد. مؤلفه دیگری نیز وجود دارد که به "تقاضای مستقل از شرایط مالی" معروف است. این مؤلفه از تقاضا، به عنوان یک پدیده معمول در طول ماه‌های سال رخ می‌دهد و به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر تقاضا در مدل لحاظ شده است. شکل (۲) نشان‌دهنده روند صعودی و متغیر تقاضا در سال‌های اخیر و مقایسه با میزان فروش می‌باشد.



شکل ۲. روند فروش شرکت در مقایسه با رشد تقاضا

پس از شناسایی حوزه‌های مختلف زنجیره تامین، ساختار کلی زنجیره را می‌توان در شکل (۳) مشاهده نمود. از آنجاکه، شرکت پویندگان در تامین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز خود، علاوه بر تامین‌کنندگان داخلی، از تامین‌کنندگان خارجی نیز استفاده می‌کند. بنابراین، در شکل (۳) تامین‌کنندگان داخلی با رنگ روشن و تامین‌کنندگان خارجی، با رنگ تیره‌تر مشخص شده‌اند.



شکل ۳. زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت



### ۳-۲-۴- صادرات و توزیع محصول

علاوه بر فروش محصولات در بازار داخلی، شرکت پویندگان راه سعادت محصولات خود را به ۲۷ کشور خارجی نیز صادر می‌کند. توزیع محصولات در داخل کشور از طریق حمل و نقل جاده‌ای و ریلی انجام می‌گیرد و در حوزه صادرات محصول به خارج از کشور نیز، شرکت پویندگان از ارائه دهندگان خدمات لجستیک شخص ثالث<sup>۱</sup> استفاده می‌کند.

### ۳-۴- مشکلات موجود در زنجیره تامین شرکت

در سال‌های اخیر، شرکت پویندگان راه سعادت علی‌رغم رشد کیفی و کمی محصولات خود و همچنین، عرضه آن در بازارهای مختلف داخلی و خارجی، نتوانسته است به طور کامل پاسخ‌گوی تقاضای متغیر و رو به رشد مشتریان باشد. هرچند می‌توان عواملی همچون، رکود اقتصادی حاکم بر کشورهای خارجی و همچنین شرایط سیاسی و تحریم‌های بین‌المللی بر علیه ایران را بر وضعیت فعلی شرکت دخیل دانست اما آنچه که در این میان اهمیت زیادی دارد عدم برخورداری شرکت از یک سیستم تولید و توزیع انعطاف‌پذیر می‌باشد که ریشه آن را باید در تحلیل پویایی‌های زنجیره تامین شرکت مورد واکاوی قرار داد. از این‌رو، مدیران باید نقاط گلوگاهی احتمالی از قبیل تأخیرهای موجود در خلال زنجیره تامین را شناسایی و در جهت رفع آن گام بردارند. بنابراین، به دنبال پاسخ مناسب برای سوالات زیر می‌باشند:

- چه عواملی باعث نرخ نامطلوب تحویل مشتری گردیده است؟
  - جابجایی نقطه سفارش مشتری به سمت بالادستی زنجیره (تغییر استراتژی تولید)، چگونه بر عملکرد زنجیره تامین شرکت تأثیر می‌گذارد؟
  - آیا منابع یابی محصولات آماده و نیمه آماده بر بهبود وضعیت فعلی شرکت تأثیر دارد یا خیر؟
- در این تحقیق سعی بر این است که با تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل پیشنهادی، سوالات اساسی پیش‌روی مدیران شرکت پویندگان راه سعادت، برای تدوین استراتژی‌های عملیاتی و بهبود شرایط مالی و افزایش سودآوری شرکت در آینده پاسخ داده شود.

### ۴-۴- مدل پویایی‌های سیستم

در این بخش، مدل پویایی‌های سیستم مورد نظر برای شرکت پویندگان راه سعادت تشریح می‌گردد. چارچوب کلی این مدل، مبتنی بر ساختار زنجیره تامین شرکت پویندگان بوده و تغییرات لازم در جهت بهبود استراتژی‌ها و انعطاف‌پذیری بیشتر زنجیره تامین انجام شده است. البته، تغییرات اعمال شده در مدل پیشنهادی بر اساس مصاحبه و نظرخواهی از مدیران و کارکنان این شرکت، در یک دوره زمانی چهار ماهه صورت گرفته است. داده‌ها و اطلاعات مربوط به برخی از متغیرها، به عنوان مثال، شرایط مالی برای تقاضای مشتری، با توجه به اطلاعات موجود از تقاضای مشتریان بدست آمده است. هدف از مدل پیشنهادی در این بخش، دستیابی به درک و بینش مناسب در مورد تأثیرات استراتژی‌های مختلف بر روی زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت می‌باشد. و این‌که، پویایی‌های موجود در زنجیره‌تأمین شناسایی گردند. به عنوان مثال، نحوه تأثیرگذاری روابط علی و معلولی و همچنین تأخیرهای احتمالی بر عملکرد زنجیره تامین را شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. مطابق با اهداف مدل، افق زمانی تعیین شده برای شبیه‌سازی، یک بازه زمانی پنج‌ساله می‌باشد. با اعمال این افق زمانی میان‌مدت می‌توان، نتایج تغییر استراتژی سازمان را در فصول مختلف فروش مشاهده کرد.

<sup>1</sup>-Third Party Logistics

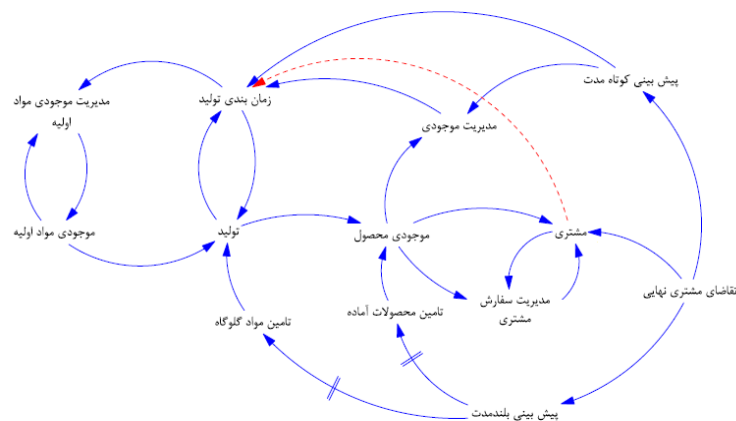




#### ۱-۴-۴- مدل علت - معلولی

بر اساس متدولوژی پویایی‌های سیستم، شکل‌گیری مدل‌های علت معلولی، بر اساس مشاهدات صورت گرفته بر روی رفتار سیستم و نیز با الهام از نظریه‌های معتبر در حوزه ادبیات مساله صورت می‌گیرد. برای توسعه مدل علت معلولی، ابتدا فرضیه پویا که بیان‌گر توصیف ساختار سیستم است، ارائه می‌شود. بر اساس انجام مصاحبه‌های مختلف با مدیران شرکت و مشاهداتی که از نمودارهای مرجع صورت گرفت، وضعیت زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت را می‌توان در قالب یک فرضیه پویا به صورت زیر بیان نمود.

شرکت پویندگان راه سعادت، سعی دارد تا تقاضای مشتری نهایی را با استفاده از موجودی انبار خود تامین نماید. بدین‌منظور، با بهره‌مندی از فرآیند داخلی "مدیریت سفارش مشتری"، قادر خواهد بود، تقاضای متغیر مشتری را به نحو مطلوبی اداره نماید. شرکت در صورتی می‌تواند، تقاضای مشتریان را تامین کند که، از یک موجودی مناسب برخوردار باشد. به همین منظور، مدیران شرکت پویندگان سعی دارند تا با مدیریت موجودی محصول و همچنین، تولید مانیتور به میزان کافی، موجودی خود را در یک سطح مطلوب نگه داشته و از این طریق بتوانند پاسخ‌گوی نیاز بازار باشند. لازم به ذکر است که خرید مانیتورهای آماده از تولیدکنندگان خارجی و تزریق آن به موجودی محصول نقش مهمی در تامین تقاضای مشتری دارد، اما، در حال حاضر بنا به دلایل مختلف، این استراتژی، به صورت جدی در دستور کار مدیریت قرار ندارد. از سوی دیگر، تولید مانیتور در این شرکت بر مبنای برنامه زمان‌بندی تولید و توان‌مندی شرکت در تامین مواد اولیه و مواد گلوگاهی استوار بوده و این در حالی است که، زمان‌بندی تولید، متأثر از نحوه مدیریت شرکت بر موجودی محصول و پیش‌بینی کوتاه‌مدت تقاضای مشتری می‌باشد. به عبارت دیگر، استراتژی شرکت پویندگان برای زمان‌بندی تولید مانیتور بر مبنای پیش‌بینی تقاضای مشتری استوار است. با توجه به این موضوع، می‌توان مدل علی معلولی را به صورت شکل (۴) ترسیم نمود. برخی از حلقه‌های این مدل کار کنترل زنجیره را از تامین مواد اولیه پایه گرفته تا تولید محصول برای مشتری نهایی بر عهده دارند. همان‌طور که، در مدل مشاهده می‌شود، تامین مواد گلوگاهی و همچنین، تامین محصولات آماده برای شرکت پویندگان راه سعادت بر اساس پیش-بینی‌های بلندمدت واحد خرید و تدارکات شرکت انجام می‌گیرد و تأخیرهای موجود در تامین این مواد و محصولات نسبت به دیگر قسمت‌های مدل بیشتر بوده و محموله‌های حاوی این مواد به ندرت و در فواصل زمانی خاص به شرکت منتقل می‌گردد. بنابراین، فرض بر این است که واحد خرید و تدارکات شرکت، مواد گلوگاهی و محصولات آماده را مطابق با پیش‌بینی‌های قبلی تامین می‌کند. از سوی دیگر، به علت تنوع این قطعات و همچنین موقعیت جغرافیایی متفاوت تامین‌کنندگان، زمان تحویل این مواد به شرکت متفاوت بوده، به‌طوری‌که، سفارش این آیتم‌ها پنج تا هشت ماه قبل از زمان واقعی تحویل، صورت می‌گیرد. از این‌رو، برای تعیین متوسط زمان تأخیر و اعمال آن در مدل، از میانگین زمانی این تأخیرات استفاده شده است.





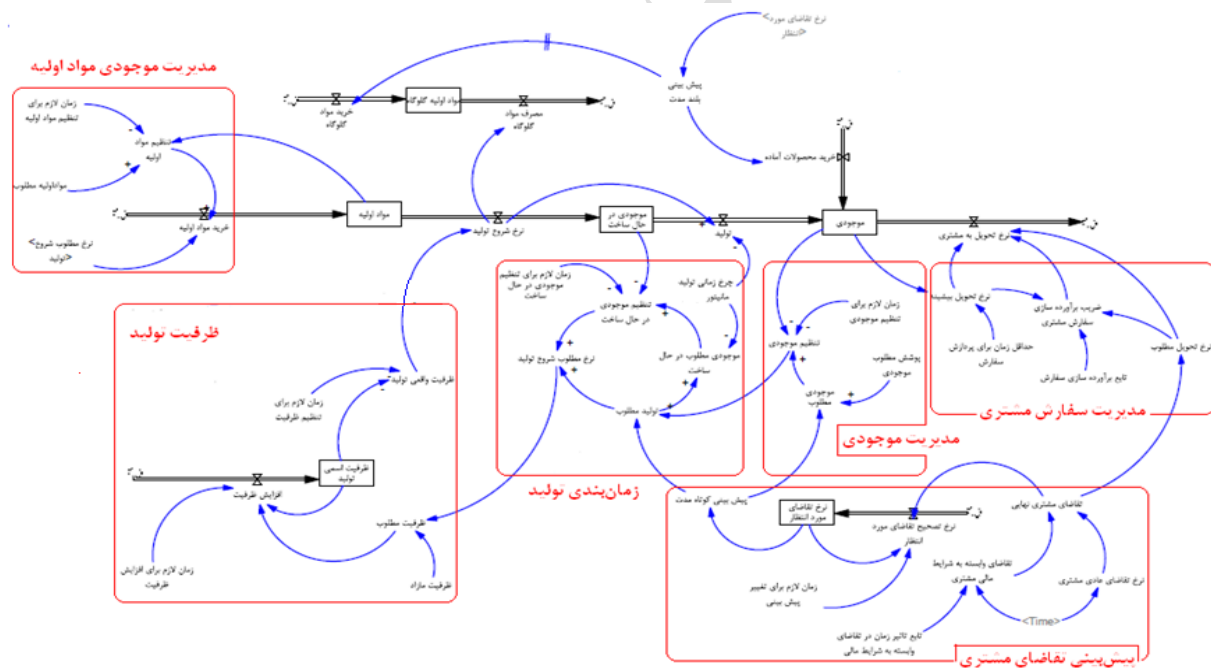
اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

شکل ۴. مدل علی معلولی زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت

یکی از اهداف اصلی تحقیق این است که مشخص نماید، جابجایی نقطه سفارش مشتری به سمت بالادست زنجیره، به چه صورت، بر مدل تأثیر می‌گذارد. به‌طوری‌که، شرکت پویندگان به جای استفاده از پیش‌بینی تقاضای متغیر مشتری، برنامه زمان‌بندی تولید خود را بر مبنای سفارشات و تقاضای واقعی مشتری تنظیم سازد. خط قرمز رنگی که به صورت نقطه‌چین در مدل علی معلولی نشان داده شده است، بیان‌گر مطالب فوق می‌باشد.

۲-۴-۴- نمودار جریان

همان‌طور که در نمودار علی- معلولی مشخص شده است. فرآیندهای داخلی شرکت از جمله مدیریت موجودی مواد اولیه، زمان‌بندی تولید، مدیریت موجودی محصول و پیش‌بینی تقاضا، کنترل جریان‌های اطلاعاتی را در طول زنجیره بر عهده دارند. بنابراین برای بیان جزئیات مدل، باید هر کدام از این فرآیندها را به صورت دقیق تشریح نمود. از این‌رو، برای شناسایی عوامل مؤثر در پویایی زنجیره تامین شرکت و تشریح کامل روابط علی و معلولی موجود، نمودار جریان به صورت شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵. نمودار جریان پس از تشریح فرآیندهای داخلی شرکت



### ۳-۴-۴- تشریح متغیرهای مدل

#### ۱-۳-۴-۴- زمان‌بندی تولید

زمان‌بندی تولید، به عنوان یکی از فرآیندهای داخلی شرکت در زمینه مدیریت بر فرآیند تولید محصول می‌باشد. لازم به ذکر است، زمان‌بندی تولید محصولات شرکت پویندگان، بر پایه پیش‌بینی تقاضای مشتری و سطح موجودی انبار تنظیم می‌شود. جدول (۳)، تشریح کننده متغیرهای این بخش از مدل است.

جدول ۳. متغیرهای زیرسیستم زمان‌بندی تولید

عنوان متغیر	شرح متغیر
زمان لازم برای تنظیم موجودی در حال ساخت	بیان‌گر این است که شرکت پویندگان، با چه سرعتی باید موجودی در حال ساخت خود را به سطح مطلوب آن برساند.
تولید مطلوب	بیان‌گر سطح مطلوب تولید بوده که مقدار آن در شرکت باید همواره مثبت باشد.
سطح مطلوب موجودی در حال ساخت	بیان‌گر میزان مطلوب موجودی در حال ساخت بوده که خود تحت تأثیر تولید مطلوب و زمان متوسط تولید مانیتور می‌باشد.
تنظیم موجودی در حال ساخت	تنظیم موجودی در حال ساخت، بیان‌گر اختلاف بین میزان واقعی موجودی در حال ساخت و سطح مطلوب آن می‌باشد. به عنوان یک ابزار کنترلی برای میزان تولید محسوب می‌شود.
نرخ مطلوب شروع تولید	این متغیر، تولید مطلوب شرکت را مطابق با پیش‌بینی فروش و سطح فعلی موجودی در حال ساخت مورد بررسی قرار می‌دهد.
چرخه زمانی تولید مانیتور	بیان‌گر متوسط زمان لازم برای تولید یک دستگاه مانیتور می‌باشد.

#### ۲-۳-۴-۴- ظرفیت تولید مانیتور

بخش عمده‌ای از مشکلات و محدودیت‌های پیش‌روی شرکت، مربوط به ظرفیت تولید و تامین مواد اولیه، به خصوص مواد اولیه گلوگاهی است. لازم به ذکر است، ظرفیت تولید شرکت در طی سالیان اخیر ثابت بوده و رشد چندانی نداشته است. جدول (۴) به تشریح متغیرهای این بخش از مدل می‌پردازد.

جدول ۴. متغیرهای زیرسیستم تولید مانیتور

عنوان متغیر	شرح متغیر
افزایش ظرفیت	بیان‌گر جبران اختلاف بین میزان ظرفیت مطلوب و ظرفیت اسمی تولید می‌باشد.
زمان لازم برای تنظیم ظرفیت	بیان‌گر مدت زمان لازم برای افزایش ظرفیت واقعی شرکت و رسیدن به ظرفیت اسمی تولید می‌باشد. به عبارت دیگر، شرکت برای رسیدن به ظرفیت واقعی تولید با یک تأخیر زمانی مواجه است.
ظرفیت اسمی	این متغیر بیان‌گر ظرفیت بالقوه شرکت برای تولید مانیتور بوده ولی هنوز به صورت بالفعل تبدیل نشده است.
ظرفیت واقعی	بیان‌گر توان واقعی شرکت برای تولید مانیتور است.
زمان لازم برای افزایش ظرفیت	بیان‌گر تأخیر زمانی در مورد افزایش یا کاهش ظرفیت می‌باشد.
ظرفیت مطلوب	این متغیر به نرخ شروع تولید مطلوب و ظرفیت مازاد وابسته می‌باشد و بیان‌گر میزان ظرفیت مطلوبی است که مد نظر مدیریت بخش تولید شرکت بوده و شرکت قصد دارد، در یک بازه زمانی خاص به این ظرفیت دست یابد.
ظرفیت مازاد	بیان‌گر یک ضریب اطمینان برای شرکت است و مدیریت بخش تولید برای حصول اطمینان از تولید مورد نیاز و ایجاد یک حاشیه امنیت مناسب در مقابل رشد تقاضا، ظرفیت مازادی را علاوه بر ظرفیت موجود در نظر می‌گیرد.



### ۳-۴-۴- مدیریت موجودی مواد اولیه

شرکت پویندگان با تقاضای متغیر مشتری روبه‌رو بوده و همچنین، از یک سیستم تولید و عرضه غیر قابل انعطاف برخوردار است. از این‌رو، تامین مواد اولیه ساخت مانیتور برای شرکت به یک چالش بزرگ تبدیل شده است. جدول (۵) تشریح‌کننده متغیرهای این بخش از مدل است.

جدول ۵. متغیرهای زیرسیستم مدیریت موجودی مواد اولیه

عنوان متغیر	توضیحات
تنظیم مواد اولیه	بیان‌گر تفاوتی است که بین موجودی مواد اولیه و موجودی مطلوب وجود دارد.
مواد اولیه مطلوب	بیان‌گر سطحی از موجودی مواد اولیه است که شرکت سعی می‌کند برای بهبود پاسخ‌گویی به تقاضای متغیر مشتری موجودی واقعی خود را به این سطح از موجودی مطلوب نزدیک کند.
زمان تنظیم مواد اولیه	بیان‌گر تأخیر زمانی موجود برای رسیدن موجودی مواد اولیه به سطح مطلوب آن می‌باشد.
خرید مواد اولیه گلوگاهی	بیان‌گر خرید مواد اولیه گلوگاهی از تامین‌کنندگان مربوطه می‌باشد که شرکت عملیات خرید این مواد را بر اساس پیش‌بینی بلندمدت انجام می‌دهد.
مواد گلوگاهی	بیان‌گر انباشت مواد اولیه گلوگاهی در بازه‌های زمانی مختلف می‌باشد.
مصرف مواد گلوگاهی	بیان‌گر خروج مواد اولیه از انباشت مربوطه بوده که نسبت مصرف این مواد متناسب با نرخ شروع تولید متفاوت می‌باشد.

### ۴-۴-۳-۴ مدیریت موجودی محصول

در حال حاضر، شرکت پویندگان راه سعادت از استراتژی تولید ساخت برای انبار استفاده می‌کند. و تولید شرکت بر پایه پیش‌بینی تقاضای مشتری استوار است. بنابراین، شرکت در برخی از بازه‌های زمانی مختلف به دلیل نوسان در تقاضا و همچنین، خطای پیش‌بینی، با کمبود موجودی و گاهی اوقات نیز با موجودی مازاد مواجه می‌شود. در نتیجه هزینه‌های مربوط به کهنگی محصول و همچنین، هزینه‌های انبارداری را متحمل می‌شود. جدول (۶) به تشریح متغیرهای این بخش از مدل می‌پردازد.

جدول ۶. متغیرهای زیرسیستم مدیریت موجودی محصول

عنوان متغیر	شرح متغیر
تنظیم موجودی	بیان‌گر میزان اختلاف بین موجودی مطلوب مورد انتظار و موجودی انبار شرکت می‌باشد.
موجودی مطلوب	بیان‌گر سطح مطلوب موجودی مورد انتظار شرکت می‌باشد.
زمان تنظیم موجودی	بیان‌گر تأخیر زمانی پیش‌روی شرکت، برای این‌که بتواند موجودی انبار را به سطح مطلوب آن برساند.
پوشش مطلوب موجودی	میزان پوشش موجودی مطلوب به عنوان یک ضریب اطمینان برای موجودی شرکت عمل می‌کند.

### ۵-۴-۳-۴ پیش‌بینی تقاضای مشتری

این بخش از مدل، به بررسی نقش پیش‌بینی شرکت در تعیین میزان تقاضای مشتری و تولید مطلوب محصول می‌پردازد. البته استراتژی فعلی شرکت در زمینه تولید مانیتور، استفاده از ساخت برای انبار بوده و شرکت از یک میانگین تولیدی ثابت در طول سال برخوردار است، به طور کلی، تقاضای مشتری نهایی به عنوان یک متغیر بیرونی مدل در نظر گرفته شده و از دو



اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

مؤلفه اصلی تشکیل شده است. اولین مؤلفه، مربوط به تقاضای ثابت بیمارستان‌ها در طول سال است که مربوط به تمام ماه‌های سال بوده و در مدل با عنوان "نرخ تقاضای عادی مشتری" در نظر گرفته می‌شود. دومین مؤلفه مربوط به تقاضا، به این موضوع می‌پردازد که در سه ماه پایانی سال بنا به شرایط مالی و ساختاری مراکز خدمات درمانی و بیمارستان‌ها تقاضا برای خرید محصولات شرکت افزایش می‌یابد و در مدل با عنوان "تقاضای وابسته به شرایط مالی مشتری" منظور شده است. جدول (۷) به تشریح متغیرهای این بخش از مدل می‌پردازد.

جدول ۷. متغیرهای زیرسیستم پیش‌بینی تقاضای مشتری

عنوان متغیر	شرح متغیر
نرخ تقاضای مورد انتظار	بیان‌گر اختلاف تجمعی بین پیش‌بینی و فروش واقعی مانیتور در طول ماه‌های سال است و مقدار اولیه آن در اول سال برابر صفر می‌باشد.
نرخ تصحیح تقاضای مورد انتظار	بیان‌گر تغییر در مقدار پیش‌بینی فروش محصول بوده که تحت تأثیر تقاضای مبتنی بر شرایط مالی و همچنین تقاضای عادی مشتریان قرار دارد.
پیش‌بینی کوتاه مدت	بیان‌گر یک بازه زمانی کوتاه مدت از پیش‌بینی تقاضای مشتریان بوده که شرکت پویندگان موجودی مطلوب و تولید مطلوب خود را بر اساس این پیش‌بینی تنظیم می‌کند.
زمان لازم برای تغییر پیش‌بینی	بیان‌گر این است که شرکت پویندگان با چه سرعتی پیش‌بینی‌های خود را در رابطه با تقاضای مشتریان به روزرسانی می‌کند. در واقع به عنوان یک تأخیر اطلاعاتی محسوب می‌شود.
نرخ تقاضای عادی	بیان‌گر تقاضای عادی مشتریان می‌باشد.
تقاضای وابسته به شرایط مالی مشتری	بیان‌گر میزان سفارش دریافتی شرکت از مشتریان در طول سال با در نظر گرفتن شرایط مالی مشتریان می‌باشد.
پیش‌بینی بلند مدت	بیان‌گر مدت زمان لازم برای پیش‌بینی خرید مواد اولیه گلوگاهی و محصولات آماده می‌باشد
تقاضای مشتری نهایی	بیان‌گر تقاضای بیمارستان‌ها بوده که خود از دو مؤلفه فرعی ۱: تقاضای عادی و ۲: تقاضای وابسته به شرایط مالی تشکیل شده لازم به ذکر است که تقاضای مشتری به عنوان یک متغیر بیرونی می‌باشد

#### ۶-۳-۴- مدیریت سفارش مشتری

در این بخش از مدل مشخص می‌شود که سفارشات مشتریان چگونه از طریق موجودی شرکت تامین می‌شود. روابط علی معلولی این بخش از مدل در جدول (۸) تشریح شده است. همان‌طور که، در مرزبندی مدل مشخص گردید، مدیریت شرکت پویندگان راه سعادت، سعی دارد، "نرخ تحویل مطلوب" خود را بر اساس سفارش واقعی مشتری تعیین نماید. تا از این طریق بتواند سفارشات دریافتی از مشتریان خود را بهتر مدیریت کند. در این بخش از مدل مشاهده می‌شود که "تقاضای مشتری" تعیین‌کننده "نرخ تحویل مطلوب" می‌باشد و از سوی دیگر "نرخ تحویل مطلوب" به همراه "ضریب برآورده سازی سفارش مشتری"، تعیین‌کننده "نرخ تحویل مشتری" می‌باشند. بنابراین، برای این که، شرکت بتواند کلیه سفارشات را تکمیل نماید بایستی "نرخ تحویل بیشینه" نسبت به "نرخ تحویل مطلوب" بیشتر یا مساوی باشد. همان‌طور که، در مدل مشخص شده است "ضریب برآورده سازی سفارش مشتری" با استفاده از یک تابع جدولی ۱، با عنوان "تابع برآورده سازی سفارش مشتری" تعیین می‌شود. به‌طوری‌که، "نرخ تحویل بیشینه" و "نرخ تحویل مطلوب" به عنوان ورودی‌های این تابع محسوب شده و خروجی آن نیز عددی بین ۰ و ۱ است.

جدول ۸. متغیرهای زیر سیستم مدیریت سفارش مشتری.

<sup>1</sup>- table function



عنوان متغیر	شرح متغیر
نرخ تحویل مشتری	بیان گر نرخ تحویل مانیتور بوده و خود معلول نرخ تحویل مطلوب و ضریب برآورده سازی سفارش می‌باشد.
نرخ تحویل مطلوب	بیان گر این است که مدیریت شرکت تمایل دارد به همان میزان که سفارش دریافت می‌کند به همان میزان نیز محصولات شرکت را به مشتری تحویل دهد
نرخ تحویل بیشینه	بیان گر حداکثر میزان تحویل مانیتور به مشتری که عبارت است از موجودی انبار تقسیم بر حداقل زمان لازم برای پردازش سفارش.
ضریب برآورده سازی سفارش	بیان گر این است که شرکت با توجه به موجودی خود چه نسبتی از نرخ تحویل مطلوب را می‌تواند برآورده سازد.
حداقل زمان لازم برای پردازش	بیان گر مدت زمانی است که شرکت باید سفارش مشتریان خود را تکمیل نماید.

#### ۴-۴-۴- شناسایی نقاط اهرمی و سیاست‌ها

در این بخش، سناریوهای مختلفی که می‌توان در سیستم اعمال نمود معرفی می‌شود. پس از تکمیل مدل، نتایج اعمال این سناریوها قابل تحلیل و بررسی است. برای طراحی سناریوها، ابتدا نقاط اهرمی مسئله شناسایی می‌گردد. با توجه به ساختار زنجیره تامین و نظرات مدیران بخش‌های مختلف شرکت پویندگان راه سعادت و همچنین، متغیرهای موجود در مدل علت معلولی، می‌توان ظرفیت تولید مانیتور، زمان لازم برای تغییر پیش‌بینی، تولید بر مبنای سفارش مشتری و خرید محصولات آماده را به عنوان نقاط اهرمی مدل در نظر گرفت.

بر اساس نقاط اهرمی شناسایی شده در زنجیره تامین شرکت پویندگان راه سعادت، برنامه شبیه‌سازی مدل پیشنهادی، به صورت زیر می‌باشد. در این میان، روند جاری شرکت برای تولید مانیتورهای پایش علائم حیاتی بیمار، به عنوان مورد مبنا، در نظر گرفته شده است. پس از طراحی سناریوهای مختلف که بر اساس نقاط اهرمی صورت می‌گیرد، تغییرات ناشی از بکارگیری این سناریوها با وضعیت فعلی شرکت مقایسه شده و نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل در هر سناریو مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. روند کنونی تولید مانیتور در شرکت پویندگان راه سعادت از بدو تأسیس تا کنون، به صورت زیر است:

- تولید محصولات مطابق با استراتژی ساخت برای انبار می‌باشد.
- ظرفیت تولید شرکت در طول سال ثابت است و طی سالیان اخیر رشد چندانی نداشته است.
- تقاضای مشتری نهایی بسته به شرایط مالی بیمارستان‌ها متغیر است.
- تولید بر مبنای نرخ سفارش مورد انتظار صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر تولید شرکت، بر اساس پیش‌بینی تقاضای مشتری صورت می‌گیرد.
- تولید مانیتورهای پایش علائم حیاتی بیمار به صورت کامل در داخل شرکت صورت می‌گیرد و شرکت در حال حاضر بنا به دلایلی، استراتژی خرید محصولات آماده را در دستور کار خود قرار نداده است.

#### ۴-۴-۵- اعتبارسنجی و تست مدل

مدل پیشنهادی با ورودی‌های مختلف، مورد آزمایش قرار گرفته و همچنین، بر اساس میزان تطابق با رفتار ساختاری زنجیره تامین شرکت مورد مطالعه، تست شده است. با عنایت به این موضوع که پارامترها و معادلات مدل بر پایه انجام مصاحبه و نظرخواهی از مدیران و خبرگان شرکت و مبتنی بر ساختار زنجیره نوشته شده است، منطق معادلات و رفتار عددی مدل تا حد زیادی معتبر بوده و مورد تأیید مدیران و خبرگان بخش‌های مختلف شرکت پویندگان راه سعادت قرار گرفته است.





برای ارزیابی رفتار ساختاری مدل، ابتدا مد رفتاری چند متغیر مهم از متغیرهای مرجع از جمله میزان تولید، نرخ تحویل مشتری، موجودی در حال ساخت و همچنین موجودی محصول انتخاب شده است. برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، تست‌های مختلفی بر روی آن انجام گرفته است. از آن جمله می‌توان به (۱) تست حالت‌های حدی و (۲) تست منطق معادلات اشاره نمود.

الف) تست حالت‌های حدی: در این تست با تعیین مقادیر اولیه متغیرها در حالت‌های حدی میزان پایداری رفتار سیستم بررسی می‌شود. متغیرهای زیر به این منظور تنظیم شده‌اند:

۱- تقاضای مشتری نهایی برای مانیتورهای علائم حیاتی بیمار بسیار پایین و در حد صفر در نظر گرفته می‌شود. پس از شبیه‌سازی مدل ملاحظه می‌شود که میزان تولید مانیتور، موجودی در حال ساخت، موجودی انبار و همچنین نرخ تحویل به مشتری نیز به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. در حالت مقابل اگر تقاضای مشتری نهایی برای مانیتورهای علائم حیاتی بیمار به طور چشم‌گیری افزایش یابد. پس از شبیه‌سازی مدل ملاحظه می‌شود که میزان تولید مانیتور، موجودی در حال ساخت، موجودی انبار و همچنین نرخ تحویل به مشتری نیز افزایش می‌یابد.

۲- ظرفیت واقعی تولید شرکت پویندگان راه سعادت، بسیار پایین و در حد صفر در نظر گرفته می‌شود. پس از شبیه‌سازی مدل ملاحظه می‌شود، نرخ شروع تولید و همچنین، موجودی در حال ساخت و موجودی انبار به‌طور چشم‌گیری کاهش یافته و تا حد صفر تنزل می‌یابد.

ب) تست منطق معادلات مدل: در صورتی که معادلات موجود در مدل بر اساس روابط منطقی نوشته شود، می‌تواند به عنوان یک شرط لازم و نه کافی در صحت مدل مورد توجه قرار گیرد. لازم به ذکر است، با توجه به ماهیت مدل پیشنهادی معادلات ریاضی بکار رفته برای متغیرهای مدل، از اعتبار زیادی برخوردار می‌باشد.

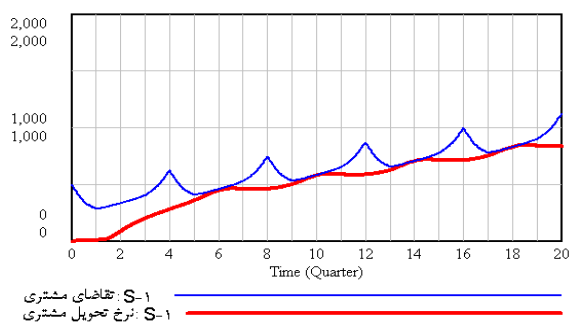
## ۵- نتیجه‌گیری

### ۵-۱- شبیه‌سازی مدل

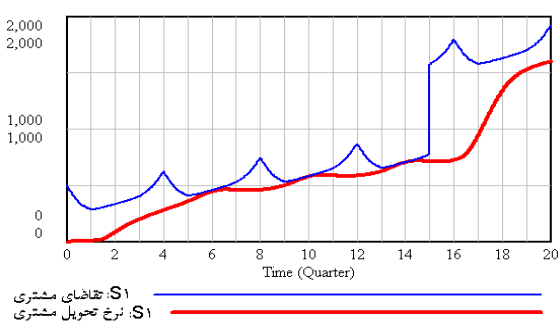
در این بخش، با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای مدل پیشنهادی، بر روی نرم‌افزار Vensim نتایج سیاست‌های مختلف مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد.

### ۵-۱-۱- سناریوی اول: ادامه روند موجود

در این حالت، هیچ سیاستی بر روی مدل اعمال نمی‌شود و فرآیند شبیه‌سازی با فرضیات اولیه صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، ظرفیت تولید شرکت در طول سال ثابت بوده و تولید مانیتور بر مبنای نرخ سفارش مورد انتظار (پیش‌بینی تقاضای مشتری) صورت می‌گیرد. پس از شبیه‌سازی مدل، می‌توان رفتار سیستم را به صورت شکل (۶) مشاهده نمود.



(ب)



(الف)

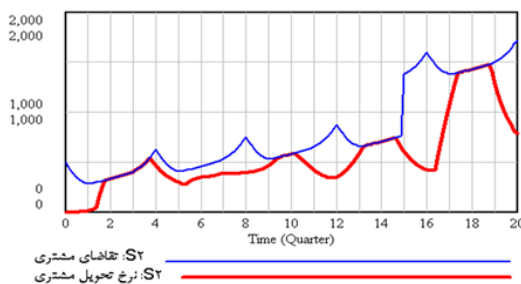
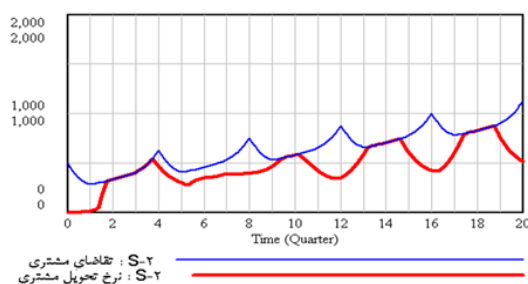


شکل ۶. شبیه‌سازی مدل بر اساس ادامه روند جاری شرکت

همان‌طور که، در شکل (۶-الف) مشاهده می‌شود، تقاضای مشتری به مرور زمان از یک رشد نوسانی برخوردار بوده، در حالی که، بخش تولید شرکت قادر به تامین همه این تقاضاها نمی‌باشد. نقاط اوج تقاضا نشان دهنده وضعیتی است که، در آن مشتریان در سه ماهه پایانی سال بنا به دلایلی از جمله شرایط مالی و سرریز بودجه، میزان خرید خود را افزایش داده و در نتیجه تقاضای مشتری با یک جهش قابل توجه روبه‌رو است. اما شرکت پویندگان راه سعادت به علت عدم برخورداری از یک استراتژی تولید مناسب و همچنین، پایین بودن ظرفیت تولید در طول سال، قادر به برآورده‌سازی تقاضای مشتریان نیست. اگر تقاضای مشتریان در یک مقطع از زمان به صورت جهشی افزایش یابد. رفتار سیستم در مقابل این تغییر ناگهانی را می‌توان در شکل (۶-ب) مشاهده نمود. در این جا عکس‌العمل سیستم در مقابل افزایش ناگهانی تقاضا به میزان ۸۰۰ دستگاه مانیتور در سه ماهه سوم از سال چهارم بازه شبیه‌سازی نشان داده شده است. همان‌طور که، مشاهده می‌شود. خط تولید شرکت پویندگان راه سعادت با یک تأخیر چند ماهه، نرخ تحویل مشتری را افزایش می‌دهد. اما آنچه که واضح است، این است که شرکت قادر نیست تقاضای دریافتی را به صورت کامل تامین نماید.

#### ۵-۱-۲- سناریوی دوم: تغییر در استراتژی تولید با وجود ظرفیت تولید ثابت

در این سناریو، شرکت در نظر دارد، به منظور کاهش هزینه‌های خود از جمله هزینه‌های انبارداری، هزینه‌های کهنگی محصول و همچنین افزایش رقابت‌پذیری در بازارهای بین‌المللی، استراتژی تولید خود را از "ساخت برای انبار" به "ساخت طبق سفارش" تغییر داده، تا از این طریق بتواند، مزیت رقابتی بالاتری برای محصولات خود ایجاد کند. به بیان دیگر می‌توان گفت، تغییر استراتژی تولید در واقع همان مفهوم "جابجایی نقطه سفارش مشتری" به سمت بالادستی زنجیره می‌باشد. مفهوم جابه‌جایی نقطه سفارش با تغییر در مدل پیشنهادی، شبیه‌سازی شده است به طوری که میزان تولید شرکت بر اساس پیش بینی تقاضای مشتری تعیین نشده، بلکه ترجیحاً بر پایه سفارشات واقعی مشتری استوار می‌باشد (استراتژی ساخت طبق سفارش). هنگامی که نقطه سفارش مشتری به سمت بالادستی زنجیره جابجا می‌شود، موجودی محصول نهایی کاهش می‌یابد. به طوری که نمی‌توان سفارشات مشتری را مستقیماً از موجودی انبار شرکت تامین و به او تحویل داد. زمانی که شرکت بر اساس استراتژی "ساخت برای انبار" عمل می‌کند. شرایط مطلوب به این‌گونه است که، میزان تولید شرکت به طور متوسط ثابت باشد. به این ترتیب ظرفیت تولید می‌تواند، مطابق با یک نرخ مطلوب برای تولید سالیانه تنظیم گردد. به هر حال، جابه‌جایی نقطه سفارش مشتری و همچنین تغییرات فصلی زیاد در تقاضای مشتری مستلزم این است که این محدودیت (ظرفیت تولید) مرتفع گردد. در غیر این صورت، تأخیرات تحویل سفارشات مشتری، به صورت غیرمنتظره‌ای رشد خواهد داشت. پس از شبیه‌سازی این سناریو، می‌توان رفتار مدل را به صورت شکل (۷-الف) مشاهده نمود.





(الف)

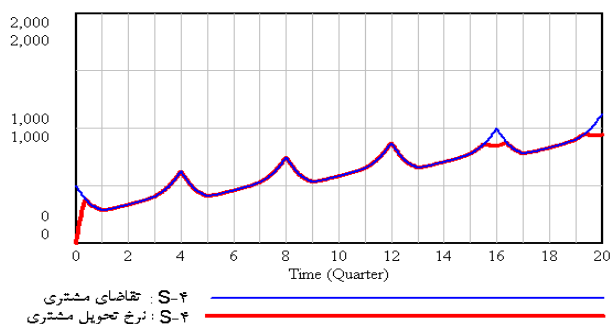
(ب)

شکل ۷. تغییر در استراتژی تولید شرکت با وجود ظرفیت تولید ثابت

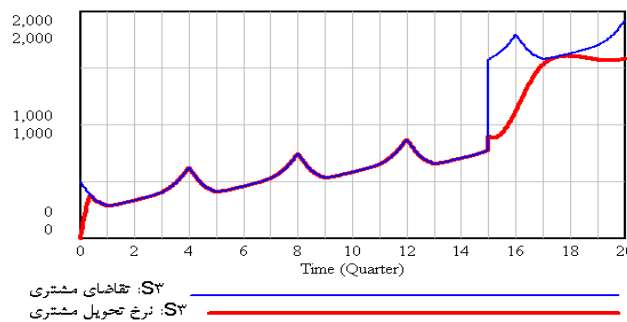
شکل (۷-ب) تغییر استراتژی تولید را هم‌زمان با جهش ناگهانی تقاضا نشان می‌دهد. بر اساس نمودارهای فوق، مسئله قابل توجه، این است که با جابه‌جایی نقطه سفارش مشتری به سمت بالادستی زنجیره تامین، نه تنها تقاضای مشتری در حد مطلوبی برآورده نشده، بلکه جایگاه رقابتی و همچنین سهم بازار شرکت در درازمدت مورد تهدید قرار خواهد گرفت. با همه این مسائل، مدیریت شرکت در تلاش است، با تغییر استراتژی‌های عملیاتی شرکت، محصولاتی با سطح کیفی مطلوب و با مزیت رقابتی بالا را تولید و از این طریق در جهت مشتری‌مداری و ایجاد مزیت رقابتی، گام‌های مؤثری بردارد.

### ۵-۱-۳- سناریوی سوم: تغییر در استراتژی تولید همراه با افزایش ظرفیت تولید و خرید محصولات آماده

با توجه به نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده در سناریوی دوم، مشاهده شد که شرکت پویندگان راه سعادت در صورت تولید مانیتور بر اساس سفارش مشتری و با وجود ظرفیت تولید ثابت، در برآورده‌سازی سفارشات مشتری با مشکلات زیادی مواجه خواهد شد. در این سناریو، شرکت سعی دارد علاوه بر تغییر استراتژی، ظرفیت تولید مانیتور را نیز افزایش دهد. پس از شبیه‌سازی این سناریو، می‌توان رفتار مدل را در شکل (۸) زیر مشاهده نمود.



(الف)



(ب)

شکل ۸. تغییر در استراتژی تولید همراه با افزایش ظرفیت تولید و خرید محصولات آماده

همان‌طور که در شکل (۸-الف) مشاهده می‌شود، شرکت با اعمال سیاست منابع‌یابی مانیتورهای آماده از خارج و همچنین، افزایش ظرفیت تولید قادر خواهد بود تا حد زیادی از مشکلات مربوط به تحویل محصول به مشتری را مرتفع سازد. با این وجود باز هم، در سه ماهه پایانی سال سوم، نرخ تحویل مشتری نسبت به سفارشات دریافتی در یک سطح پایین‌تر قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، هم‌زمان با افزایش ناگهانی تقاضا شکل (۸-ب)، شرکت پویندگان سعی می‌کند، تا حد امکان رفتاری مطابق با روند رو به رشد تقاضا داشته باشد. اما بنا به دلایلی از قبیل محدودیت ظرفیت تولید و همچنین، مشکلات مالی موجود برای خرید محصولات آماده، قادر به ادامه روند افزایشی نرخ تحویل مشتری نمی‌باشد.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل پویایی‌های سیستم نشان می‌دهد که مدیران شرکت پویندگان بایستی توجه به موارد زیر را در دستورکار خود قرار دهند.



- افزایش ظرفیت تولید و کاهش تأخیرهای موجود در زنجیره تامین: بزرگ‌ترین چالشی که فراروی شرکت پویندگان راه سعادت قرار دارد، این است که در زنجیره تامین کنونی شرکت، تعادل مناسبی بین تقاضای متغیر مشتریان و عرضه محصولات وجود ندارد. همان‌طور که در بخش‌های قبلی گفته شد، تقاضای مشتریان به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط مالی آنها بوده و از سوی دیگر، بخش تامین مواد اولیه شرکت نیز از انعطاف‌پذیری لازم برخوردار نیست. بنابراین، همان‌طور که از نتایج شبیه‌سازی مدل پیشنهادی در طول بازه مورد نظر مشخص است، ریشه این معضلات را می‌توان در مواردی هم‌چون، عدم برخورداری از یک استراتژی تولید مطلوب به همراه ظرفیت تولید نامناسب و هم‌چنین، وجود تأخیرهای زیاد در فرآیند تامین مواد اولیه گلوگاهی و فرآیند تولید و توزیع محصول، جستجو کرد.
- افزایش منابع یابی برای محصولات آماده و نیمه‌آماده: با توجه به وضعیت مالی و دارایی‌های شرکت، افزایش منابع یابی و برون‌سپاری برخی از فعالیت‌های تولید منافع زیادی را در پی دارد. شرکت پویندگان قادر است هزینه‌های مستقیم تولید خود را با استفاده از برون‌سپاری قسمتی از فرآیند تولید به تولیدکنندگان خارجی، به طور قابل توجهی کاهش دهد. علاوه بر این، موجودی‌های اضافی نیز کاهش می‌یابد، برگشت سرمایه سریع‌تر می‌شود و شرکت قادر خواهد بود اثربخشی این سرمایه را افزایش دهد. در این میان برخی از تولیدکنندگان خارجی از جمله شرکت ماسیموی آمریکا که شراکت‌های استراتژیک گسترده‌ای با شرکت پویندگان راه سعادت دارد، از یک ظرفیت تولید بالا برخوردار می‌باشد. موفقیت شرکت پویندگان در بهبود شراکت‌های استراتژیک با شرکت‌های خارجی به نحوه مدیریت این روابط برای استفاده از منابع خارجی بستگی دارد.

## ۶- مراجع

- [1] Hoover, W.E. and Eloranta, E. and Holmstrom, J. and Huttunen, K. (2006), "Managing the Demand-Supply Chain, John Wiley & Sons, pp179-181.
- [2] Ghazanfari, M and Fathallah, M, (1385), **an overview on supply chain management**, Iran University of Science and Technology publication, pp56-100
- [3] Hexter, J.R., (2008), "**Better manufacturing in China: An interview with two of PLP's top executives**", [www.mckinseyquarterly.com/Operations/Performance](http://www.mckinseyquarterly.com/Operations/Performance).
- [4] Sterman, J.D., (2000), **Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World**, McGraw-Hill Companies.
- [5] Gylling, M., (2008) **Designing a Global Supply Chain for a Consumer Product Manufacturer**, Helsinki University of Technology, PP 35 -98.
- [6] Olhager, J., (2005) "**Strategic positioning of the order penetration point**, International Journal of Production Economics, vol 85, No.3, pp 319-329.
- [7] Gunasekaran, A, Ngai, E.W., (2009), **Modeling and analysis of build-to-order supply chains**", European Journal of Operational Research, Vol 195, pp 319-334.
- [8] Afshar Kazemi, M.A, Toloie Eshlaghy, A, Hamdi, K, Keyhanfar, M., (2009) "**Recognition of Demand Changes Pattern of Petrochemical Downstream Products Supply Chain with Continues Simulation. Case Study: METAXYLEN Chain**", Contemporary Engineering Sciences, Vol 2, No. 7, PP 299 – 317.
- [9] Angerhofer, B.J., Angelides, M.C., (2000) "**Systems dynamics modeling in supply chain management: Research review**", Proceedings of the 32nd conference on winter simulation.
- [10] Teymouri, E, Nourali, A, Valizadeh, N, (1387), "**system dynamics: a practical approach for**



The First National Conference of  
The Iranian System **Dynamics** Society

اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها



managerial problems”, Iran University of Science and Technology publication, pp293-312.

## Modeling of Supply Chain dynamics Based on Pull and Push Strategies, case study: SAADAT CO.

Mohammad Ali Eghbali<sup>1,\*</sup>, Mohsen Saffarian<sup>2</sup>

Department of Industrial Engineering, Birjand University of Technology, [Eghbali@Birjandut.ac.ir](mailto:Eghbali@Birjandut.ac.ir)  
Department of Industrial Engineering, Birjand University of Technology, [Saffarian@Birjandut.ac.ir](mailto:Saffarian@Birjandut.ac.ir)

### Abstract

In this research will Endeavour to present a structured approach in order to analysis an appropriate supply chain for participative corporations that in the international and global are facing with the globalization phenomena. For this purpose, after identification the structure and internal processes of the case study, effective factors of its supply chain dynamics were identified. Then for analysis of supply chain the system dynamics model, in accordance to its structure, was provided and effect of applying different strategies on the supply chain performance based on existed scenarios was investigated. It's useful to mention that the exerted variables in the proposed model, was provided based on discretion of the experts and managers of different departments of the case study and after provision the final model of system dynamics, simulation process by means of VENSIM software was implemented. In the final, results come from simulation of model was analyzed

Keywords: supply chain, system dynamics and simulation

---

<sup>1,\*</sup> Corresponding author: Faculty member of Industrial engineering. Dept, Birjand university of Technology, Iran

<sup>2</sup> Faculty member of Industrial engineering. Dept, Birjand university of Technology, Iran