



## شبیه‌سازی الگوی نوسانات رفتار سفارشات مشتریان شرکت مونتاژکننده کولرهای گازی با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها

محمد هاشم حقیقی موسوی<sup>۱</sup>، بهاره ملکی<sup>۲\*</sup>

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، [musavee@yahoo.com](mailto:musavee@yahoo.com)  
دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی دانشگاه شیراز، [itm.maleki@yahoo.com](mailto:itm.maleki@yahoo.com)

### چکیده

مدیریت ناکارآمد سفارشات، منجر به بروز مشکلاتی نظیر تأخیر در تحویل به موقع کالا، از دست دادن مشتریان کلیدی و در نهایت کاهش درآمد و سود شرکت‌ها می‌شود. بر این اساس مدیریت مناسب سفارشات مشتریان نقش کلیدی در موفقیت شرکت‌ها ایفا می‌کند. این پژوهش، به شبیه‌سازی الگوی سیستمی رفتار سفارشات مشتریان شرکت مونتاژکننده کولرهای گازی با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم پرداخته است. تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار Vensim DSS انجام شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد، متغیرهای هزینه‌های تولید و بودجه بازاریابی تأثیر بسزایی در نوسان‌های متغیرهای کلیدی نظیر میزان سفارشات و پرسنل فروش دارند. در نهایت سناریوی تغییر مقداری حاکی از آن است که کاهش تغییر درآمدی کولرگازی تقریباً کمتر از یک می‌باشد، عبارت دیگر با افزایش درآمد در میزان سفارشات شرکت تغییر قابل توجهی در طول زمان ایجاد نشده است. بعلاوه در سناریوی تغییر ساختاری مشخص شد در صورت پیشی گرفتن نرخ دریافت سفارشات بر نرخ تحویل آن‌ها، کاهش بودجه بازاریابی و در صورت پیشی گرفتن نرخ تحویل سفارشات از نرخ دریافت آن‌ها، فعالیت‌های تبلیغاتی با هدف افزایش اثربخشی فروش، نقش چشمگیری در کاهش و تعدیل نوسانات سفارشات مشتریان حاصل می‌کنند. در نهایت این الگو می‌تواند مورد استفاده سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در بخش صنعت مونتاژکنندگان، بطور عام و بطور خاص سیستم‌های تهویه و تبرید قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** شبیه‌سازی، پویایی‌های سیستم، نوسانات سفارشات، کولرهای گازی.

۱- استادیار و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، اقتصاد کشاورزی.

۲ و \* - دانشجوی دکتری مدیریت سیستم‌ها.



## ۱- مقدمه

با پیشرفت جوامع بشری و مدرن شدن سبک زندگی انسان‌ها، نیازهای جدید و متنوعی پدید آمدند. انسان امروزی برای رفع نیازهای به وجود آمده، اقدام به اختراع وسایل و ابزارآلات متنوعی نموده است. یکی از وسایل ابداعی بشر در صنعت تهویه و تبرید برای در امان ماندن انسان از تغییرات دمایی، دستگاه‌های خنک‌کننده هوا، کولرهای گازی است. در سال‌های اخیر کولرهای گازی نسبت به کولرهای آبی در سطح جهانی از جایگاه خاصی برخوردار شدند، چرا که به سرعت از گرمای محیط می‌کاهند و برخلاف کولرهای آبی که، می‌توانند با دورتند، ذرات معلق در هوا را به دلیل باز بودن قسمتی از هواگیر کولر وارد ساختمان کنند و باید پس از هر بار افزایش غلظت ذرات معلق در هوا، پوشال‌های کولر شستشو و آب محفظه آن تخلیه شود، کولرهای گازی، هوای ناسالم در شهرهای آلوده را نیز به محیط داخل منتقل نمی‌کنند و منجر به ایجاد حساسیت، گرفتگی عضلات و دردهای استخوانی نمی‌شوند. از طرفی قابلیت رطوبت‌گیری بالای آنها موجب شده که در مناطق مرطوب به طور گسترده‌ای در تجهیز ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که تقاضای کولرهای گازی به ویژه در مناطق مرطوب نسبت به کولرهای آبی در حال رشد است. بررسی نوسانات رفتار سفارشات مشتریان می‌تواند نقش کلیدی را در پیش‌بینی میزان تأمین تقاضای مورد نیاز مشتریان، فروش، تحویل به موقع، تعدیل پرسنل فروش و سایر عوامل ایفا کند [۱].

در این راستا به کارگیری تحلیل‌های خطی نظیر رگرسیون، کارایی لازم را برای مدیریت سفارشات مشتریان به دلیل ماهیت پیچیده، پویا و وابسته به زمان بودن آن فراهم نمی‌سازند. یکی از روش‌های مدرنی و ابتکاری که برای درک و پیش‌بینی رفتار سیستم‌های پیچیده نظیر، سیستم‌های جمع‌آوری و توزیع سفارشات شناخته شده است، رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها می‌باشد که با در نظر گرفتن روابط علت و معلولی میان متغیرها و نحوه تأثیرگذاری آنها برهم، نقش کلیدی در مطالعه و پیش‌بینی رفتارهای سیستم فراهم می‌سازد. این رویکرد، روشی مفید و ابتکاری برای تحلیل ساختار و رفتار سیستم‌های پیچیده اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ... که در دنیای واقعی، دارای رفتار غیرخطی هستند، می‌باشد. پویایی‌شناسی سیستم، براساس تفکر سیستمی، توجه به روندها، اثرات بازخوردی میان متغیرها در طول زمان و بررسی تأخیرها کمک به درک، شناسایی و تبیین رفتارهای غیرخطی سیستم‌های پیچیده و چگونگی تعامل میان پارامترها می‌کند. در حقیقت پویایی‌شناسی‌های سیستم برای شناسایی و تبیین رفتار غیرخطی سیستم‌های پیچیده و چگونگی تعامل آنها با یکدیگر مطرح شده است [۴]. رویکرد پویایی‌های سیستم بر مبنای تفکر سیستمی کمک می‌کند از نحوه تفکر و برخورد سنتی و ایستا با مسائل و مشکلات پرهیز شود و در این راستا سعی می‌شود با رویکرد و تفکر سیستمی و با در نظر گرفتن روابط مؤثر بین عوامل شناخته شده متعدد، از تأثیر عوامل بر یکدیگر چشم‌پوشی نشود تا نهایتاً بتوان با تغییر در ارتباطات و یا تغییر یک یا چند عامل، مسئله را حل نمود و سیستم را به سمت مورد نظر هدایت کند. بنابراین در رویکرد پویایی‌های سیستم، برخلاف دیگر رویکردها، برای تحلیل سیستم، علاوه بر شکست سیستم به زیرسیستم‌های آن، از ترکیب زیرسیستم‌ها و کشف ارتباطات نهان آنها نیز استفاده می‌شود.

لذا از آنجا که سیستم‌های جمع‌آوری و توزیع سفارشات و مدیریت آنها، ابعادی چندگانه، ماهیتی پویا و وابسته به زمان دارد، ضرورت به کارگیری رویکرد سیستمی و در نظر گرفتن روابط علی و معلولی میان پارامترهای سیستم جمع‌آوری و توزیع سفارشات احساس می‌شود. در این پژوهش سعی شده است که با توجه به رویکرد پویایی‌های سیستم، به بررسی مسائل مختلف مدیریت و جنبه‌های فرایندهای جمع‌آوری و تأمین سفارشات کولرگازی پرداخته شود. در نتیجه مسئله اصلی در این پژوهش



بررسی نوسانات رفتار سفارشات مشتریان است. این پژوهش بر مبنای رویکرد پویایی‌های سیستم با استفاده از شبیه‌سازی نوسان‌های رفتار سفارشات کمک می‌کند که روند زمانی متغیرهایی اساسی مانند فروش، میزان سفارشات، بودجه بازاریابی، بهینه‌سازی ظرفیت و تأثیر آنها بر یکدیگر شبیه‌سازی شود و تأثیرات رفت و برگشتی متغیرهای فوق‌الذکر در قالب حلقه‌های بازخور ارائه گردد. در نتیجه هدف اصلی در این پژوهش کاهش و تعدیل نمودن نوسان‌های رفتار سفارشات مشتریان است. بدین دلیل که مدیریت ناکارآمد سفارشات، منجر به بروز مشکلاتی نظیر تأخیر در تحویل به موقع کالا، از دست دادن مشتریان کلیدی و در نهایت کاهش درآمد و سود شرکت می‌شود.

## ۲- پیشینه پژوهش

استرمن (۲۰۰۶) نشان داد که یک شبکه زنجیره تأمین، شبکه‌ای پویا و پیچیده است و سیستم مدیریت سفارشات جزئی از این شبکه پیچیده می‌باشد [۱۴]. مطالعات زیادی جهت مدیریت رفتار سفارشات انجام شده است. در این راستا، ریدالز و همکاران (۲۰۰۰) اظهار کردند که تنوع زیاد تقاضا و نوسانات آن در یک زنجیره تأمین، سیستم‌های جمع‌آوری و توزیع سفارشات را به یک حوزه حساس تصمیم‌گیری برای مدیران تبدیل نموده است. آنها در پژوهش خود، مدیریت سفارشات را بر اساس رویکرد پژوهش عملیاتی و پویایی‌های سیستم مدل‌سازی و شبیه‌سازی نمودند [۱۲].

رابلو و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم و شبکه‌های عصبی روش جدیدی را برای پیش‌بینی تغییرات رفتاری سفارشات ارائه دادند. آنها با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم، مدیریت زنجیره تأمین را بر اساس متغیرهای کلیدی ظرفیت مونتاژ، موجودی انبار، زمان لازم جهت تنظیم ظرفیت مونتاژ، درآمد و سود الگوسازی نمودند و سپس بر اساس رویکرد شبکه‌های عصبی به شبیه‌سازی نتایج، جهت مطالعه و پیش‌بینی متغیرهای اساسی تغییرات رفتاری و نوسانی پرداختند. نتایج پژوهش آنها حاکی از آن است که متغیرهای زمان لازم جهت تنظیم ظرفیت موجودی و هزینه، بیشترین اثر را در به وجود آوردن نوسان‌های سفارشات مشتریان دارند [۱۷]. خطایی و همکاران (۲۰۱۰) در مدل‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری در مدیریت سفارشات به برنامه‌ریزی چند هدفه عدد صحیح مختلط از منظر سودآوری و استفاده از هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت پرداختند [۱۰]. لم و ایپ (۲۰۱۱) از طریق ترکیب مدل موجودی و زنجیره مارکوف، بر اساس رویکرد پویایی‌های سیستم، تداوم ارتباط مشتری با تأمین‌کننده را جهت مدیریت سفارشات مورد تحلیل و ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش متغیر وفاداری مشتریان که اشاره به قصد خرید مجدد دارد به عنوان یک متغیر تصمیم مدنظر گرفته شده است. بدین جهت که پیش‌بینی خرید مجدد مشتریان نقش کلیدی در کنترل موجودی و هزینه‌ها ایفا می‌کند [۱۱].

سید و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم به پیش‌بینی علل تغییرات رفتاری سفارشات در صنعت تولیدکننده قطعات الکتریکی پرداختند. هدف آنها بررسی نوسانات موجود در سفارشات است. آنها نشان دادند متغیرهای، زمان لازم جهت تنظیم ظرفیت موجودی، هزینه و میزان تقاضا، بیشترین تأثیر را در به وجود آوردن نوسان‌های سفارشات دارند [۱۳]. فو و همکاران (۲۰۱۵) بر اساس رویکرد کنترل پیش‌بین به مدیریت سفارشات مشتریان جهت کاهش اثر شلاق چرمی پرداختند. آنها نشان دادند که روش کنترل پیش‌بین نسبت به سایر روش‌های سنتی مدیریت سفارشات مؤثرتر است [۹].

معمارجعفری و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل سیستم مدیریت سفارشات مشتریان با استفاده از شبیه‌سازی گسسته پرداختند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با تغییر برنامه‌ریزی در جمع‌آوری سفارشات و آماده‌سازی سفارشات، می‌توان از صرف



هزینه‌های سیستم تأمین سفارشات، تا حدود زیادی کاست. بعلاوه، می‌توان کاهش زمان تحویل سفارشات، ضمن افزایش رضایت آنها سود بیشتری کسب نمود [۶].

جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۳) به طراحی مدل ریاضی مدیریت سفارشات زنجیره تأمین با تکیه بر رویکرد بهینه‌سازی استوار و ساختار هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت پرداختند. آنها تأکید می‌کنند که مدیریت سفارشات از کارکردهای مهم در شرکت‌های تولیدی بشمار می‌آید. نتایج پژوهش، حاکی از آن است که مدل ارائه شده دارای اعتبار لازم برای مدیریت سفارشات زنجیره تأمین است [۲].

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

به منظور بررسی و مطالعه الگوی نوسانات رفتار سفارشات مشتریان در شرکت مونتاژکننده کولرهای گازی از رویکرد پویایی‌های سیستم استفاده شده است. رویکرد پویایی‌های سیستم برای شناسایی و تبیین رفتار غیرخطی سیستم‌های پیچیده و چگونگی تعامل آنها با یکدیگر مطرح شد. این رویکرد با تمرکز بر فرآیند بازخورد و روابط علی و معلولی، قادر به شناخت و تبیین روابط بین سیستم‌های مختلف است. رویکرد پویایی‌شناسی سیستم بر مبنای تفکر سیستمی کمک می‌کند از نحوه تفکر و برخورد سنتی و ایستا با مسائل و مشکلات پرهیز شود و با در نظر گرفتن روابط مؤثر بین عوامل شناخته شده متعدد، از تأثیر عوامل بر یکدیگر چشم پوشی نشود تا نهایتاً بتوان با تغییر در ارتباطات و یا تغییر یک یا چند عامل، مسأله را حل نمود و سیستم را به سمت مورد نظر هدایت کند. فارستر (۱۹۹۷) معتقد بود که تنها با استفاده از روش‌های کمی نمی‌توان به تحلیل تمامی موضوعات علمی پرداخت، چرا که بعضی از مسائل قابل کمی شدن نیستند و روابط بین آنها خطی نیست. پویایی‌شناسی سیستمی با تمرکز بر فرآیند بازخورد و روابط علی و معلولی، قادر به شناخت و تبیین روابط بین سیستم‌های مختلف است [۴]. با توجه به کاربرد الگوی پویایی‌شناسی سیستمی در کاربرد مسائل مختلف، استرمن (۲۰۰۰)، برای اجرای این روش ۵ مرحله را پیشنهاد می‌کند که عبارتند از [۱۵]:

۱. بیان مسئله و افق پژوهش
۲. تعریف متغیرهای کلیدی و تعریف روابط علی و معلولی بین آنها.
۳. طراحی نمودارهای پویایی‌های سیستم و تعیین وضعیت متغیرهای نرخ و حالت.
۴. شبیه‌سازی و اعتبارسنجی نتایج مدل.
۵. ارزیابی سیاست‌ها و عملکردها در قالب سناریوسازی. از این رو با توجه به هدف این مطالعه و با استفاده از الگوی پیشنهادی استرمن (۲۰۰۰) مراحل زیر انجام شده است:

### ۴- الگوسازی

#### ۴-۱- بیان مسئله و فرضیه پویا

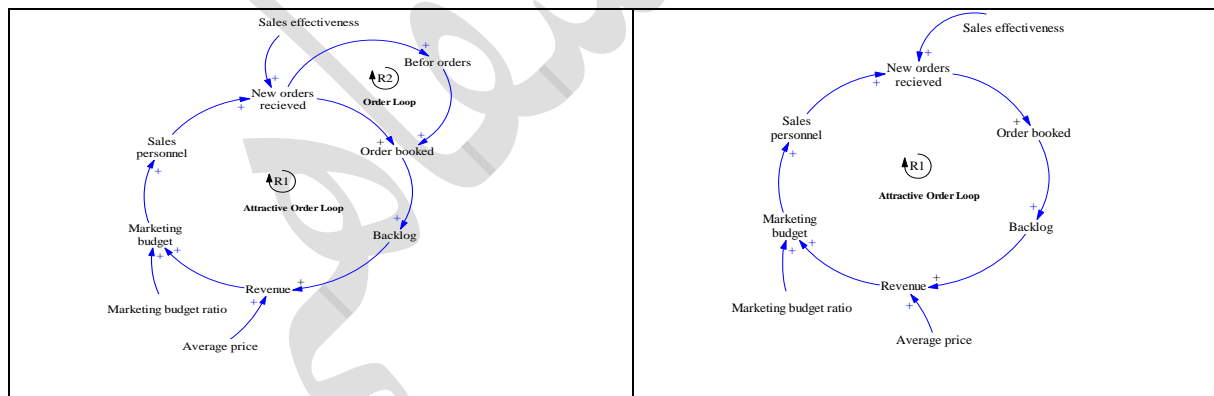
در تعاملات صورت گرفته با شرکت مونتاژکننده کولرگازی، اصلی‌ترین موضوع مدیریت سفارشات مشتریان عنوان گردید. با بررسی آمار سفارشات در دست اقدام در طول زمان شاهد رفتار نوسانی این متغیر هستیم. بر این اساس، تبیین رفتار نوسانی



سفارشات مشتریان مبنای فرایند الگوسازی قرار گرفته است. هنر الگوسازی به رویکرد پویایی‌های سیستم، پوشش و نمایش فرآیند بازخورد است که همراه با ساختار متغیرهای سطح و نرخ، تأخیر زمانی و توابع غیرخطی، پویایی سیستم را تعریف می‌کند [۵]. برای تبیین ارتباط بین متغیرها در روش پویایی‌شناسی سیستمی ابتدا ارتباط این متغیرها بر اساس روابط علت و معلولی در قالب حلقه نشان داده می‌شود. حلقه‌های با علامت  $\uparrow$  را حلقه‌های منفی یا حلقه‌های تعادلی و حلقه‌های با علامت  $\downarrow$  را حلقه‌های مثبت یا حلقه‌های تقویت‌کننده می‌نامند. سپس برای انجام عملیات شبیه‌سازی، این متغیرها در قالب متغیرهای نرخ و حالت گروه‌بندی می‌شوند.

#### ۱-۱-۴- حلقه‌های مثبت جذب سفارشات و سفارشات

در حلقه جذب سفارشات ( $R1$ )، تغییرات میزان سفارشات مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به شکل (۱)، عامل اصلی تغییرات در سفارشات، پرسنل فروش شرکت است. جذب سفارشات منجر به انباشت سفارشات در دست اقدام می‌شود. بعد از اندک زمانی، سفارشات به مشتریان تحویل داده می‌شود که به نوبه خود منجر به افزایش درآمد، بودجه تخصیصی بازاریابی و پرسنل فروش می‌شود. از طرفی در حلقه مثبت ( $R2$ ) هر چه میزان ثبت سفارشات در بخش اول افزایش یابد به میزان سفارشات قبلی افزوده می‌گردد. در نتیجه میزان سفارشات در دست اقدام بیشتر می‌شود.



شکل ۲. نمودار علت و معلولی سفارشات

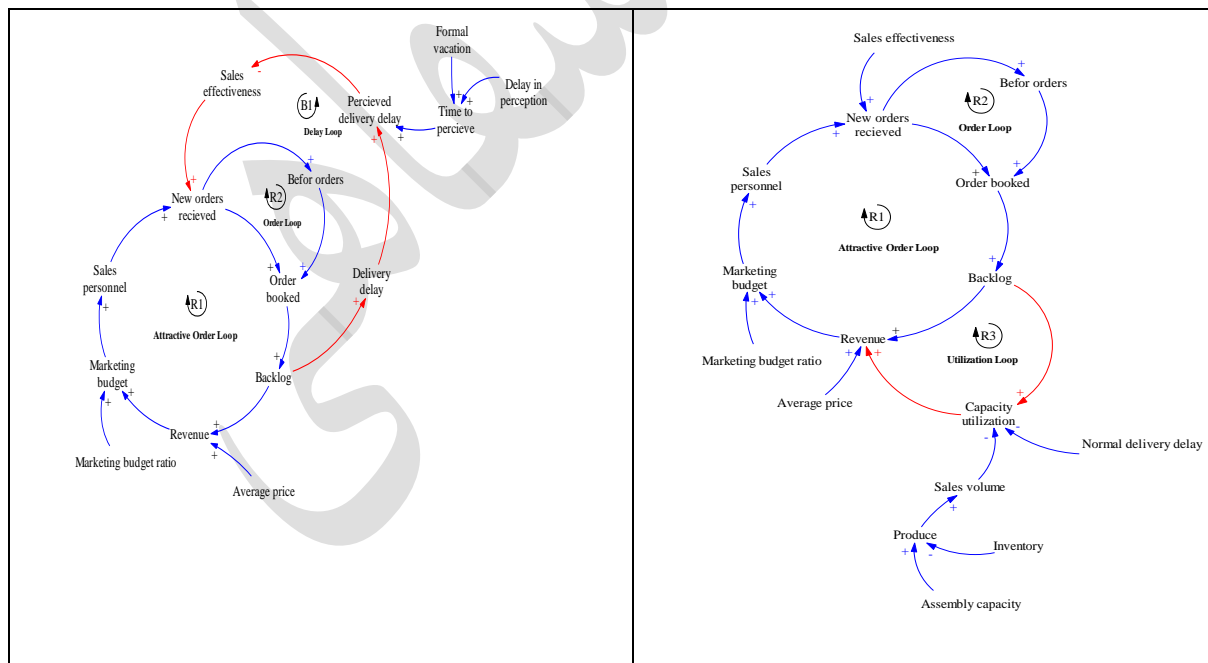
شکل ۱. نمودار علت و معلولی نیروی فروش و جذب سفارشات

#### ۴-۱-۲- حلقه مثبت بهینه‌سازی ظرفیت و حلقه منفی تأخیر تحویل کالا

با توجه به حلقه‌های مثبت بخش اول و دوم ( $R1, R2$ ) هر چه میزان سفارشات افزایش یابد، به کارگیری از ظرفیت تولید شرکت بیشتر می‌شود. هر چه بیشتر سعی شود از تمامی امکانات استفاده گردد، میزان تحویل سفارشات بیشتر می‌شود، در نتیجه میزان درآمد افزایش می‌یابد. افزایش درآمد به نوبه خود منجر به افزایش بودجه بازاریابی و تعدیل پرسنل فروش می‌شود. در نتیجه حلقه ( $R3$ ) مطابق شکل (۳) تشکیل شده است.



حلقه‌های مثبت، نشان‌دهنده رفتار رشد نمایی هستند. اما هیچ کمیت واقعی نمی‌تواند تا ابد افزایش یابد. هر سیستمی که ابتدا توسط بازخورد مثبت کنترل می‌شود در نهایت به ظرفیت تحمل محیط خود می‌رسد. علت رشد نمایی این است که در نزدیک ماه‌های گرم سال تقاضا برای کولرهای گازی افزایش می‌یابد. در نتیجه سفارشات ثبت شده بیش از میزان ظرفیت مونتاژ افزایش می‌یابد. در چنین وضعیتی شرکت قادر به تحویل برخی از سفارشات ثبت شده نمی‌باشد. بعد از گذشت زمانی مشتریان متوجه تأخیر پیش آمده در تحویل به موقع کولرهای گازی می‌شوند. در چنین وضعیتی مشتریان جذب شرکت‌های رقیب می‌شوند و میزان سفارشات شرکت به طور ناگهانی به دلیل غالب شدن حلقه منفی با تأخیر زمانی کاهش می‌یابد. حلقه منفی (B1) با سپری شدن زمان منجر به کاهش و تعدیل نوسانات رفتار سفارشات مشتریان می‌شود. بر همین اساس زمانی که میزان سفارشات ثبت شده بیش از ظرفیت مونتاژ شرکت ثبت شود، میزان زمان تحویل سفارشات بیش از زمان تأخیر نرمال می‌شود. پس پرسنل فروش هرچه بیشتر سفارش جذب کنند شرکت قادر به تحویل به موقع نمی‌باشد. در شکل (۴) که با نام حلقه تأخیر در تحویل کالا به مشتریان (B1) نام گذاری شده است، تغییرات میزان سفارشات را براساس میزان اثربخشی فروش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این شکل، عامل اصلی تغییرات در ثبت سفارشات جدید، تأخیر به وجود آمده در تحویل کالا به مشتریان است. هر چه میزان تأخیر بیشتر باشد، به نوبه خود بعد از سپری شدن زمان، میزان ادراک مشتریان از تأخیر افزایش می‌یابد، سپس میزان اثربخشی فروش کاهش می‌یابد. کاهش اثربخشی فروش منجر به کاهش ثبت سفارشات جدید می‌شود.



شکل ۴. نمودار علت و معلولی تأخیر تحویل کالا

شکل ۳. نمودار علت و معلولی بهینه سازی ظرفیت





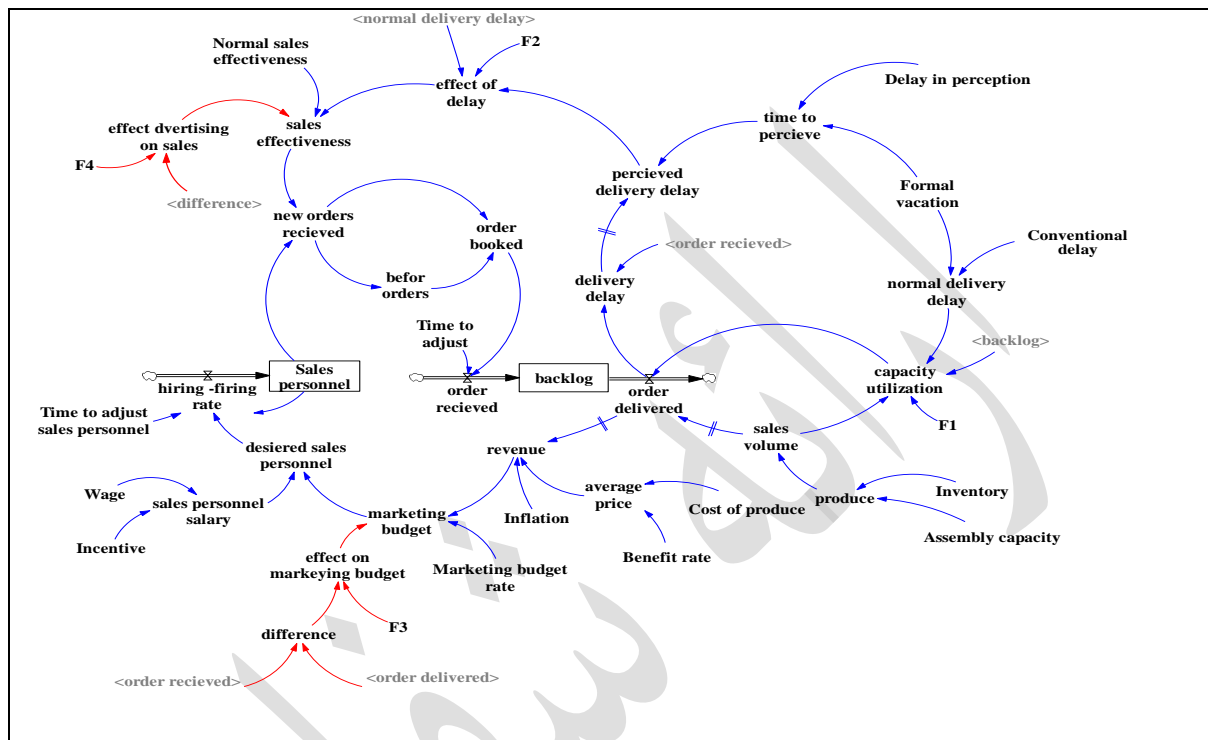
#### ۴-۲- الگوی نهایی شبیه‌سازی

پس از رسم نمودارهای علی و معلولی، متغیرهای سطح و نرخ مشخص و با استفاده از نرم افزار Vensim DSS، نمودار جریان و سطح طراحی خواهد شد. برخلاف نمودار علت و معلولی، این نمودار قابلیت نمایش متغیرهایی را که در طول زمان تغییر می‌کنند و نرخ رشد آنها را، دارا می‌باشد. با توجه به مباحث مطرح شده در بخش‌های پیشین، الگوی پژوهش نهایی (شکل ۵)، نوسانات سفارشات مشتریان را به وسیله حلقه‌های مثبت و منفی نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مبنای اصلی الگوی پژوهش بر اساس الگوهای مشایخی (۱۳۹۳) تحت عنوان، تحلیل دینامیک‌های سیستم [۳] و چانگ و تیو (۲۰۱۴) تحت عنوان، تلاش برای یکپارچه‌سازی فرایندهای کسب و کار توسط رویکرد پویایی‌های سیستم [۷] است. ساختار اصلی این مدل ترکیبی از رفتارهای رایج رشد نمایی و هدفجو در واقعیت می‌باشد. در طراحی این الگو ملاحظات به شرح زیر صورت گرفته شده است.

برای به کارگیری کل ظرفیت نیاز به بهره‌گیری از تمامی امکانات است. برای این کار تغییرات ظرفیت بهینه، تابعی از میزان سفارشات، تأخیر زمانی و ظرفیت مونتاژ تعریف می‌شود، که براساس تابع  $F1$  نشان داده شده است. این تابع نشان می‌دهد که اگر میزان نسبت سفارشات به زمان تأخیر، نسبت به ظرفیت مونتاژ برابر با یک باشد، از ۱۰۰ درصد امکانات و ظرفیت استفاده شده است. در صورتی که این نسبت کمتر از یک شود از تمام امکانات و ظرفیت موجود استفاده بهینه صورت نگرفته است.

با توجه بر این که تغییرات اثربخشی فروش در ثبت سفارشات جدید، وابسته به میزان تأخیر ادراک شده توسط مشتریان است. تأثیر این تأخیر بر میزان اثربخشی فروش بر اساس تابع  $F2$  نشان داده شده است. این تابع نشان می‌دهد که اگر میزان نسبت ادراک تأخیر زمانی به زمان تأخیر نرمال برابر با یک باشد، مقدار تابع صفر خواهد شد و میزان اثربخشی فروش ثابت می‌ماند و در صورتی که این نسبت بیشتر از یک شود میزان جذب سفارشات کاهش می‌یابد.

سه تأخیر کلیدی از جمله تأخیر زمانی واقعی و تأخیر زمانی نرمال و تأخیر در ادراک در این مدل در نظر گرفته شده است. زمان ادراک از تأخیر وابسته به میزان تأخیر در ادراک و تعطیلات رسمی کشور است. همچنین در این مدل با توجه به مونتاژ سه نوع کولر گازی، متوسط قیمت را جهت محاسبه درآمد در نظر گرفته است.

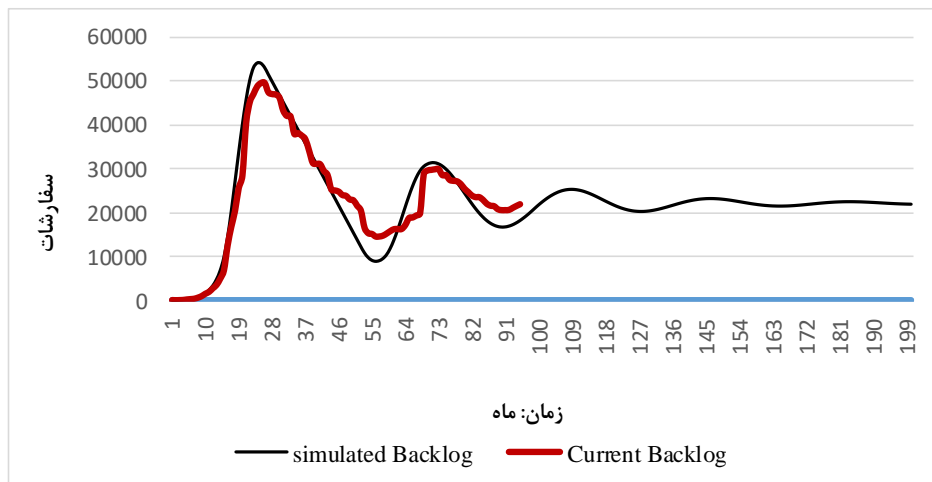


شکل ۵. نمودار جریان و حالت الگوی اصلی پژوهش

### ۳-۴- تجزیه و تحلیل الگو

این الگو بر اساس آمار و اطلاعات کسب شده از شرکت مونتاژکننده کولرهای گازی در طی سال‌های ۱۳۸۷/۱/۱ تا ۹۴/۶/۳۰ شروع به کار می‌نماید. در مجموع برای ۹۰ ماه اطلاعات لازم فراهم شد که براساس آن برای ۱۱۰ ماه باقی مانده شبیه‌سازی زمان آینده صورت گرفته است. در نتیجه نتایج شبیه‌سازی رفتار متغیر سفارشات در بازه زمانی ۲۰۰ ماهه نشان داده شده است. همانطور که در شکل شماره (۶) نمایش داده شده است، تطابق مناسبی میان داده‌های واقعی (نمودار با رنگ قرمز) از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ با نتایج شبیه‌سازی (نمودار با رنگ مشکی) وجود دارد. رفتار میزان سفارشات دریافتی به صورت رفتار سینوسی نوسان کرده است و در نهایت روندی کاهشی را در پیش گرفته است. علت رشد نمایی نمودار این است که در نزدیک ماه‌های گرم سال تقاضا برای کولرهای گازی افزایش می‌یابد. در نتیجه سفارشات ثبت شده بیش از میزان ظرفیت مونتاژ افزایش می‌یابد. در چنین وضعیتی شرکت قادر به تحویل برخی از سفارشات ثبت شده نمی‌باشد. بعد از گذشت زمانی مشتریان متوجه تأخیر پیش آمده در تحویل به موقع کولرهای گازی می‌شوند. در چنین وضعیتی مشتریان جذب شرکت‌های رقیب می‌شوند و میزان سفارشات شرکت به طور ناگهانی به دلیل غالب شدن حلقه منفی با تأخیر زمانی کاهش می‌یابد.





شکل ۶. نتایج شبیه‌سازی و داده‌های واقعی برای متغیر سفارشات در دست اقدام

#### ۴-۴- اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی

به منظور اعتبار سنجی الگوی سیستمی، خروجی بدست آمده با داده‌های واقعی مقایسه شده و از معیار میانگین مربعات خطا و آزمون  $UT^1$  بهره گرفته شده است. به منظور محاسبه  $RMSPE^2$  فرمول زیر بکار رفته است. در این روش میانگین انحراف داده‌های شبیه‌سازی شده ( $y^s$ ) از داده‌های اصلی ( $y^a$ ) محاسبه می‌گردد و  $\theta$  بیانگر تعداد مشاهدات می‌باشد.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} \left( \frac{y_{T+i}^s - y_{T+i}^a}{y_{T+i}^a} \right)^2} * 100 \quad (1)$$

در این فرمول:  $y_{T+i}^s$  نتایج شبیه‌سازی متغیر الگو،  $y_{T+i}^a$  داده‌های واقعی،  $\theta$  نشان‌دهنده تعداد مشاهدات است. بر این اساس هر چه میزان  $RMSPE$  به صفر نزدیک‌تر باشد به مفهوم خطای کمتر و نزدیک بودن به ۱۰۰ درصد نیز نشان‌دهنده خطای بالا است [۱۵].

ب. شناسایی ریشه‌های خطا: روش دیگر برای سنجش انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از داده‌های واقعی، محاسبه  $UT^3$  است که طبق رابطه شماره دو بدست می‌آید.

1. U-Theil's (UT).

2. Root Mean Squares Percentage Error (RMSPE).

3. U-Theil's.



$$UT = \sqrt{\frac{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2}{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s)^2 + \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^a)^2}} \quad (2)$$

مقدار UT همواره بین صفر و یک خواهد بود، هرچه این مقدار به صفر نزدیکتر باشد، مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی انحراف کمتری از یکدیگر دارند. با توجه به اهمیت خطا در پیش‌بینی، شناخت منابع خطا و کاهش آن می‌تواند در افزایش اعتماد به نتایج الگو بسیار موثر باشد. تیل (۱۹۹۶) ریشه‌های خطا، را ناشی از سه عامل می‌داند: ۱. خطای مبنا<sup>۱</sup>: زمانی که خروجی‌های الگو با داده‌ها با هم سنخیت نداشته باشند که به آن خطای سیستماتیک می‌گویند، ۲. خطای انحراف<sup>۲</sup>: زمانی که واریانس‌های داده‌های واقعی و شبیه‌سازی با هم تفاوت زیادی داشته باشند و ۳. خطای نابرابری کوواریانس‌ها<sup>۳</sup>: زمانی که نتایج الگو و داده‌ها با هم همبستگی نداشته باشند، که اصطلاحاً خطای غیرسیستماتیک نامیده می‌شود [۱۶]. برای محاسبه ریشه‌های خطا از رابطه شماره سه استفاده می‌شود:

$$U^m + U^s + U^c = 1 \quad (3)$$

در حالت بهینه هر چقدر که میزان خطای سیستماتیک و غیرسیستماتیک کمتر شود به مفهوم صحت عملکرد الگوی شبیه‌سازی است. به عبارت دیگر در حالت ایده‌آل  $U^s = U^m = 0$  و  $U^c = 1$  خواهد شد و مجموع این خطاها باید برابر یک باشد [۱۵]. متغیرهای فوق از طریق روابط شماره چهار، پنج و شش بدست می‌آیند.

$$U^m = (\bar{Y}^s - \bar{Y}^a)^2 / [\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (Y_{T+i}^s - Y_{T+i}^a)^2] \quad (4)$$

$$U^s = (SDS - SDA)^2 / [\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (Y_{T+i}^s - Y_{T+i}^a)^2] \quad (5)$$

$$U^c = [2 * (1 - r) * (SDS * SDA)] / [\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (Y_{T+i}^s - Y_{T+i}^a)^2] \quad (6)$$

$\bar{Y}^a$  متوسط اطلاعات واقعی،  $\bar{Y}^s$  متوسط اطلاعات شبیه‌سازی و همچنین  $SDS$ <sup>۴</sup> و  $SDA$ <sup>۵</sup> به ترتیب انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی و ضریب همبستگی بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های محاسبه خطا در جدول (۱) بر حسب متغیر کلیدی (سفارشات در دست اقدام) الگو نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان خطا در متغیر مورد بررسی در سطح قابل قبولی است.

- 
- 1 . Fundamental Error.
  - 2 . Deviation Error.
  - 3 . Unequity Covariance.
  - 4 . Standard Deviation Simulation.
  - 5 . Standard Deviation Actual.



اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

جدول ۱. نتایج آزمون‌های آماری مربوط به اعتبار سنجی الگو

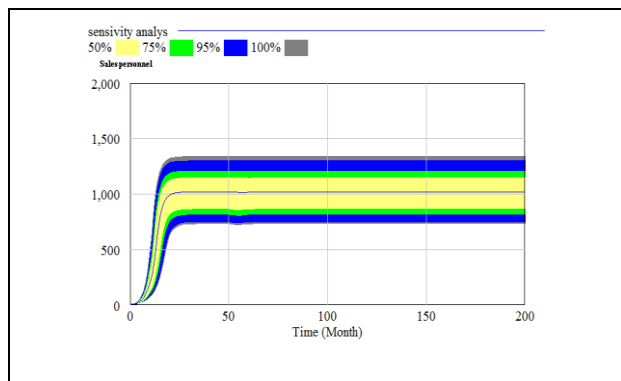
نام آزمون	RMSPE	$UT$	$U^m$	$U^s$	$U^c$	$U^m + U^s + U^c$
سفارشات	۱۲	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۶۰	۱

#### ۵-۴- تحلیل حساسیت الگو

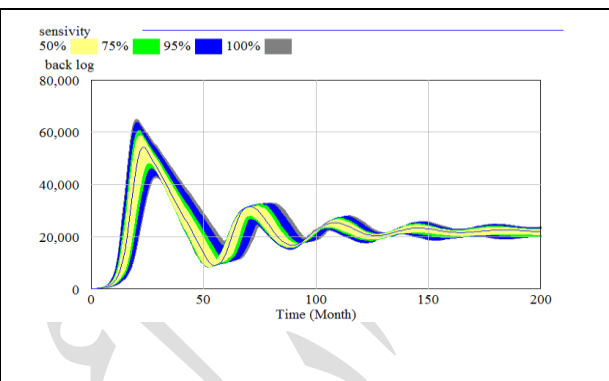
یکی از بخش‌های مهم در رویکرد پویایی‌های سیستم، تحلیل حساسیت می‌باشد. در تحلیل حساسیت، میزان حساسیت متغیرهای کلیدی پژوهش، نسبت به پارامترهای الگو مورد سنجش قرار می‌گیرد، جهت این منظور پارامترهای پژوهش را به یک اندازه تغییر داده و اثر آنها بر متغیرهای کلیدی بررسی می‌شود. جهت انجام تحلیل حساسیت، دو متغیر مهم و کلیدی سفارشات دریافتی و پرسنل فروش در نظر گرفته شده است و حساسیت این دو متغیر نسبت به متغیرهای ثابت هزینه‌های تولید و نرخ بودجه بازاریابی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

براساس نتایج تحلیل حساسیت که در شکل (۷) نشان داده شده است، افزایش ۲۵ درصد توأمان هزینه‌های تولید و نرخ بودجه بازاریابی تأثیر بسزایی در میزان سفارشات دریافتی دارد. رفتار میزان سفارشات دریافتی به صورت رفتار سینوسی نوسان کرده است و در نهایت روندی کاهشی را در پیش گرفته است. علت رشد نمایی نمودار این است که، افزایش هزینه‌های تولید و نرخ بودجه بازاریابی منجر به تعدیل پرسنل فروش می‌شود. در نتیجه میزان سفارشات ثبت شده افزایش می‌یابد. در چنین وضعیتی شرکت قادر به تحویل برخی از سفارشات ثبت شده نمی‌باشد. بعد از گذشت زمانی مشتریان متوجه تأخیر پیش آمده در تحویل به موقع کولرهای گازی می‌شوند. در چنین وضعیتی مشتریان جذب شرکت‌های رقیب می‌شوند و میزان سفارشات شرکت به طور ناگهانی به دلیل غالب شدن حلقه منفی با تأخیر زمانی کاهش می‌یابد. ولی با سپری شدن زمان میزان نوسانات سفارشات کاهش یافته است.

براساس نتایج آزمون تحلیل حساسیت که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، افزایش ۲۵ درصد توأمان هزینه‌های تولید و نرخ بودجه بازاریابی تأثیر بسزایی در میزان تعدیل پرسنل فروش دارد. رفتار متغیر پرسنل فروش، همانطور که پیش‌تر اشاره شد، رفتار هدفجو می‌باشد. در طی ماه‌های سوم تا بیستم، میزان تحویل سفارشات افزایش یافته است، در نتیجه میزان درآمد شرکت و بودجه بازاریابی جهت تعدیل پرسنل فروش، افزایش می‌یابد، اما این افزایش محدود و وابسته به میزان ظرفیت مونتاژ است. در نتیجه بعد از ماه بیستم، رفتار این متغیر به تعادل رسیده است.



شکل ۸. تحلیل حساسیت پرسنل فروش



شکل ۷. تحلیل حساسیت سفارشات در دست اقدام

#### ۴-۶- سناریوهای پیشنهادی

به منظور پیش‌بینی آینده و شناسایی رفتارهای احتمالی این الگو چند سناریو (سناریوهای تغییر مقداری و ساختاری الگو) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

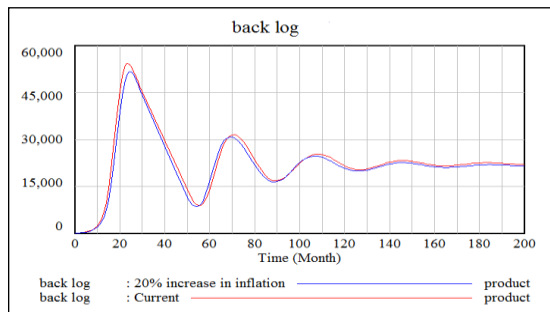
#### ۴-۶-۱- سناریوهای تغییر مقداری متغیرهای الگو

##### افزایش ۲۰ درصد فروش نرمال

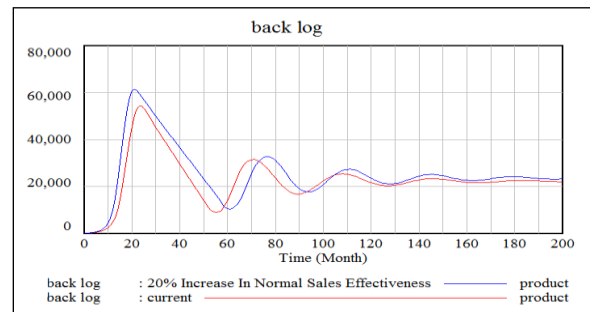
در این سناریو، افزایش ۲۰ درصد فروش نرمال، با گذشت زمان منجر به افزایش اندک میزان ثبت سفارشات می‌شود. همانطور که در شکل (۹) نشان داده شده است، بعد از سناریوسازی رفتار متغیر سفارشات همچنان با تأخیر، به صورت سینوسی نوسان کرده است. لازم به ذکر است که در شکل (۹)، نمودار با رنگ قرمز، نشان دهنده متغیر سفارشات در حالت عدم افزایش و نمودار با رنگ آبی، نشان‌دهنده وضعیت متغیر سفارشات در حالت افزایش ۲۰ درصد فروش نرمال است.

##### افزایش ۱۰ درصد تورم

در این سناریو، نرخ تورم از ۲۵ به ۳۵ درصد افزایش یافته است. نرخ تورم بر درآمد تأثیر خالص گذاشته است و درآمد را افزایش داده است، اما در میزان متغیر سفارشات مطابق شکل (۱۰) تغییر محسوسی در طول زمان ایجاد نشده است. می‌توان نتیجه گرفت که کشش درآمدی محصول مونتاژ شده کولر گازی کمتر از یک است.



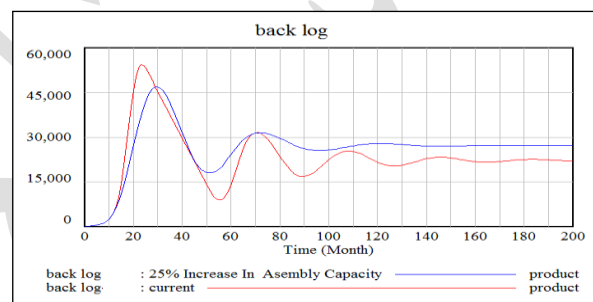
شکل ۱۰. افزایش ۱۰ درصد نرخ تورم



شکل ۹. افزایش ۲۰ درصد فروش نرمال

### افزایش ۲۵ درصد ظرفیت مونتاژ

در شکل (۱۱) سناریو افزایش ۲۵ درصد ظرفیت مونتاژ، با سپری شدن زمان، منجر به تحویل سریع‌تر سفارشات به مشتریان می‌شود. در نتیجه میزان سفارشات تحویل داده نشده از ۶۰۰۰۰ به ۴۵۰۰۰ هزار واحد کاهش می‌یابد و میزان نوسانات سفارشات از ماه ۶۰ به بعد تعدیل می‌شود.



شکل ۱۱. افزایش ۲۵ درصد ظرفیت مونتاژ

### ۲-۶-۴- سناریوی تغییر ساختاری

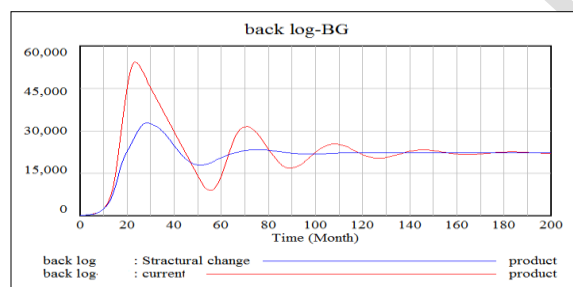
با توجه به شکل (۱۲)، میزان سفارشات تحویل داده نشده به دلیل عدم تعادل میان نرخ دریافت و تحویل سفارشات، بیش از حد افزایش یافته و بعد از سپری شدن زمانی به دلیل ادراک مشتریان از تأخیر تحویل کالا، این میزان بیش از حد کاهش یافته است. با هدف تعدیل نمودن نوسان‌های میزان سفارشات تحویل داده نشده دو اقدام ساختاری انجام شده است:

- ۱- برای پیشگیری از افزایش بیش از حد سفارشات دریافتی، با پیشی گرفتن نرخ دریافت سفارشات بر نرخ تحویل آن‌ها، بودجه بازاریابی کاسته شده است.



اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها

۲- برای پیشگیری از کاهش بیش از حد سفارشات دریافتی، زمانی که نرخ تحویل سفارشات بیش از نرخ دریافت آنها باشد، فعالیت‌های تبلیغاتی با هدف افزایش اثربخشی فروش افزایش یابند. این سیاست تغییر ساختاری، در نمودار حالت و جریان با رنگ قرمز نشان داده شده است.



شکل ۱۲. سناریوی تغییر ساختاری

#### ۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی بر این بوده است که با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم به شبیه‌سازی نوسانات و تحلیل رفتار سفارشات مشتریان در شرکت مونتاژکننده کولرهای گازی پرداخته شود. این پژوهش تلاش می‌کند تا رفتار متغیرهای کلیدی میزان سفارشات و پرسنل فروش را بر اساس سایر متغیرها بررسی کند. از میان متغیرهای الگوی ارائه شده تغییرات هزینه‌های تولید و نرخ بودجه بازاریابی تأثیر بسزایی بر نوسان متغیرهای سفارشات دریافتی و پرسنل فروش داشته‌اند. علاوه بر این، بر اساس الگوی ارائه شده چندین سناریو پیشنهاد شد. سناریوهای اجرا شده نشان می‌دهند که، افزایش ۲۰ درصد میزان فروش نرمال، با گذشت زمان منجر به افزایش اندک در میزان جذب سفارشات تا ۶۰۰۰ هزار واحد، می‌شود. در سناریوی دوم نشان داده شد که افزایش ۱۰ واحد خالص نرخ تورم، تأثیر بسزایی در میزان سفارشات ندارد و میزان سفارشات دریافت شده حدوداً ۵۸۰۰۰ هزار واحد می‌باشد. نرخ تورم بر درآمد تأثیر خالص گذاشته است و درآمد را افزایش داده است، اما در میزان متغیر سفارشات تغییر محسوسی در طول زمان ایجاد نشده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که کشش درآمدی محصول مونتاژ شده کولرگازی کمتر از یک است. در سناریوی سوم، افزایش ۲۵ درصد ظرفیت مونتاژ، با سپری شدن زمان، منجر به تحویل سریع‌تر سفارشات به مشتریان می‌شود و میزان سفارشات تحویل داده نشده را تا ۴۵۰۰۰ هزار واحد کاهش می‌دهد. در سناریوی چهارم تغییر ساختاری الگو، بر اساس تأثیر تفاوت نرخ تحویل و دریافت سفارشات جهت تعدیل نمودن نوسان‌های رفتار سفارشات انجام شد. بعد از سپری شدن ۹۰ ماه میزان نرخ سفارشات دریافتی با ظرفیت مونتاژ متناسب شده است و میزان جذب سفارشات تا حدود ۱۸۰۰۰ هزار واحد به تعادل رسیده است. در نتیجه با این سناریو می‌توان از طریق تبلیغات و تحویل به موقع سفارشات نسبت به تغییر ذهنیت مشتریان اقدام نمود و دوباره در میان سایر رقبا به کسب مزیت رقابتی بیشتر دست یافت. توصیه می‌شود مدیران این مجموعه به تأخیر در تحویل کالا حساس‌تر شوند و بواسطه سیستم مدیریت فروش آنلاین، مدیریت ارتباط با مشتری و عملیات توزیع کارآمد که کمترین هزینه را بر آنها تحمیل می‌کند، بتوانند سهم بیشتری را در فضای محل تجاری به محصولات خود اختصاص دهند. در صورت بروز تأخیر اجتناب‌ناپذیر می‌توان از الگوهای تخفیفی و جوایز





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

اولین کنفرانس ملی

انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها



خرید استفاده کنند. پیشنهاد می‌شود که جهت پژوهش‌های آتی از رویکردهای ترکیبی نظیر کنترل پیش‌بین، شبیه‌سازی گسسته، شبکه‌های عصبی و هموارسازی نمایی جهت تحلیل نوسانات سفارشات استفاده شود. با توجه به لزوم تعریف مرز و محدوده پژوهش در روش پویایی‌شناسی سیستم تعداد محدودی متغیر در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی متغیرهای نظیر بررسی متغیر واردات کولرگازی و اثرکالاهای جانشین نظیر چیلر و کولرهای آبی ضروری می‌باشد. از طرفی به دلیل اتفاقات اخیر در کشور از جمله تحریم‌ها و وابستگی شرکت به واردات قطعات کولرگازی، بررسی نوسانات نرخ ارز در الگوسازی‌های آتی پیشنهاد می‌شود.



## مراجع

- [۱] تاریخچه کولر و اطلاعات مفید راجع به کولرگازی. (۱۳۹۵). <http://yestco.com>.
- [۲] جعفرنژاد، احمد. آذر، عادل. ابراهیمی، سیدعباس. (۱۳۹۳). طراحی مدل ریاضی مدیریت سفارشات زنجیره تأمین با رویکرد بهینه‌سازی استوار و ساختار هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، نشریه مدیریت صنعتی.
- [۳] مشایخی، علینقی. (۱۳۹۳). تحلیل دینامیک‌های سیستم. <http://maktabkhooneh.org>.
- [۴] موسوی حقیقی، محمدهاشم. خلیفه، مجتبی. (۱۳۹۴). شبیه‌سازی الگوی تأثیر اهرم مالی بر ارزش شرکت با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی. مدیریت دارایی و تأمین مالی، دوره ۳، شماره ۳، ۸۳-۱۰۴.
- [۵] موسوی حقیقی، محمدهاشم. ستوده، فیروزه. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی الگوی پویای رفتاری سهام در بورس مطالعه موردی شرکت ملی صنایع مس ایران. مطالعات مدیریت راهبردی، ۳۵-۵۲.
- [۶] معمارجعفری، محمدرضا. گتمیری سادات، زهره. خاکزاربفرویی، مرتضی. (۱۳۹۰). تحلیل سیستم تأمین سفارشات مشتریان با استفاده از شبیه‌سازی گسسته. نشریه مهندسی صنایع، دوره ۴۵، شماره ۱، ۹۵-۱۰۲.

- [7] Chang, L. C., & Tu, Y. M. (2005, July). **Attempt to Integrate System Dynamics and UML in Business Process Modeling**. In Proceedings of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society.
- [8] Forrester, J. W. (1997). **Industrial dynamics**. Journal of the Operational Research Society, Vol. 48, No. 10, 1037-1041.
- [9] Fu, D., Ionescu, C., Aghezzaf, E. H., & De Keyser, R. (2015). **Quantifying and mitigating the bullwhip effect in a benchmark supply chain system by an extended prediction self-adaptive control ordering policy**. Computers & Industrial Engineering, No. 81, 46-57.
- [10] Khataie, A., Defersha, F. M., & Bulgak, A. A. (2010). **A multi-objective optimisation approach for order management: incorporating activity-based costing in supply chains**. International Journal of Production Research, Vol. 48, No. 17, 5007-5020.
- [11] Lam, C. Y., & Ip, W. H. (2011). **A customer satisfaction inventory model for supply chain integration**. Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 1, 875-883.
- [12] Riddalls, C. E., Bennett, S., & Tipi, N. S. (2000). **Modelling the dynamics of supply chains**. International Journal of Systems Science, Vol. 31, No. 8, 969-976.
- [13] Sayed, M. G., Gadallah, M. H., ZeinEldin, R. A., & Wahed, H. A. (2014). **Analysis of Supply chains using system dynamics simulation**. International Journal of Computer and Information Technology, No. 3, 446-449.
- [14] Sterman, J. D. (2006). **Operational and behavioral causes of supply chain instability**. The bullwhip effect in supply chains: a review of methods, components and cases.
- [15] Sterman, J. D. (2000). **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. NY, McGraw-Hill publication.
- [16] Theil, H. (1966). **Applied economic forecasting**. Amsterdam, North Holland Publishing.
- [17] Rabelo, L., Helal, M., Lertpattarapong, C., Moraga, R., & Sarmiento, A. (2008). **Using system dynamics, neural nets, and eigenvalues to analyse supply chain behaviour. A case study**. International Journal of Production Research, Vol. 46, No. 1, 51-71.



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

اولین کنفرانس ملی  
انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها



## Stimulation of the Fluctuations in Customer Orders of an Air Conditioner Assembly Manufacturer: A System Dynamics Approach

Mohammad Hashem Haghighi Musavee<sup>1</sup>, Bahareh Maleki<sup>2,\*</sup>

Faculty of Agriculture and Natural Resources Research Center of Fars province, *Musavee@yahoo.com*  
Faculty of Economics, Social Sciences and Management of Shiraz University, *ltm.maleki@yahoo.com*

### Abstract

Inefficient management of the orders leads to problems such as delay in timely delivery of goods, loss of the key customers, and finally reduction of the revenues and profits of the companies. Hence, proper management of the customer orders plays a key role in success of the companies. This study stimulates the systemic patterns of customer orders of an air conditioner assembly manufacturer using system dynamics approach. Analysis and stimulation were performed using Vensim DSS software. The obtained results show that production costs and marketing budgets have a great impact on fluctuations of the key variables such as customer orders and sales personnel. Finally, the value change scenario suggests that income elasticity of air conditioners is approximately less than one. In other words, by increasing the incomes, no significant changes have been created in the amount of the company's purchases over time. In addition, in the structural change scenario, it was found that in case of exceeding the rate of receipt of orders on their delivery rates, reducing marketing budgets, and in the event of exceeding the rate of delivery of orders from their rate of receipt, promotional activities in order to increasing the sales effectiveness, have a significant role in reducing and balancing the fluctuations in customer orders. Finally, this model can be used by the policy makers and planners in the assembly industry in general and in air conditioning and refrigeration systems in particular.

**Key Words:** Simulation, System Dynamics, Fluctuations in Orders, Air Conditioners.

---

1 - Faculty of Agriculture and Natural Resources Research Center of Fars province, Agricultural Economics.

2, \*- Ph.D. Student in Systems Management.