مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۱-۳۲، شماره‌ی ۲/۱، ص. ۷۱-۸۴

Original Article

مقایسه‌ی استراتژی‌های ایجاد همکاری در زنجیره‌ی تأمین شرکت‌های تولیدکننده‌ی قطعات خودرو با استفاده از شبیه‌سازی

یحیی زارع مهرجردی* **(استاد)**
امیر محمدخانی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه یزد

در این مطالعه دو استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده، و برنامه‌ریزی پیش‌بینی و بازپرسازی جمعی که از مهم‌ترین استراتژی‌های ایجاد همکاری در زنجیره‌ی تأمین هستند، با هدف بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین شرکت‌های تولیدکننده‌ی قطعات خودرو مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقایسه‌ی استراتژی‌های برمبنای چهار شاخص خدمت به مشتری، زمان پاسخ‌گویی، میزان موجودی و سودآوری از طریق شبیه‌سازی مونت‌کارلو و با نرم‌افزار کریستال بال انجام شد. یافته‌ها نشان می‌دهند در سطح اطمینان ۹۰ درصد یا در شرایط ریسک بالا، استراتژی برنامه‌ریزی پیش‌بینی و بازپرسازی جمعی برمبنای هر چهار شاخص تعیین شده، نسبت به استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده عملکرد بهتری داشته است، اما در سطح اطمینان ۹۹ درصد، دو استراتژی از لحاظ شاخص سودآوری چندان متفاوت از هم نیستند.

واژگان کلیدی: استراتژی‌های همکاری، خدمت به مشتری، زمان پاسخ‌گویی، میزان موجودی، سودآوری، شبیه‌سازی زنجیره‌ی تأمین.

yazm2000@yahoo.com
mohamadkhaniamir@gmail.com

۱. مقدمه

هر زنجیره‌ی تأمین نیازمند نوعی استراتژی خاص متناسب با نوع فعالیت‌ها و فرایندهای آن زنجیره است.[۱] زنجیره‌ی تأمین شرکت‌های تولیدکننده‌ی قطعات خودرو نیز از این جنبه مستثنی نیستند، و نیازمند یک استراتژی خاص متناسب با اهداف و سیاست‌های خود هستند. انتخاب یک استراتژی مناسب برمبنای عوامل مختلفی مانند نوع محصول (عملکردی یا نوآورانه)،[۲] دوره‌ی تأخیر[۱] و نوع تقاضا (ثابت یا متغیر)،[۳] و با توجه به چرخه‌ی عمر محصول،[۴] انجام می‌شود. بسیاری از مدل‌ها نیز نشان‌گر تطبیق اهداف شرکت‌ها با انتخاب مناسب‌ترین استراتژی در زنجیره‌ی تأمین‌اند.[۲] در این مطالعه استراتژی‌های با هدف بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. یکی از روش‌هایی که منجر به بهبود عملکرد در زنجیره‌ی تأمین می‌شود، ایجاد همکاری میان اعضای زنجیره است.[۵و۶] افزایش همکاری منجر به بهبود خدمت به مشتری، کاهش هزینه‌ها، و به‌طور کلی عملکرد بهتر می‌شود.[۷] دو استراتژی مهمی که به ایجاد همکاری میان اعضای زنجیره‌ی تأمین کمک می‌کند، مدیریت موجودی توسط فروشنده (VMI)[۲] و برنامه‌ریزی پیش‌بینی و بازپرسازی جمعی (CPFR)[۳] است.[۸] در این مطالعه با مقایسه‌ی این دو استراتژی در یک زنجیره‌ی تأمین واقعی، مشخص می‌کنیم در شرایط ریسک متفاوت کدام استراتژی موجب بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین شرکت‌های تولیدکننده‌ی قطعات خودرو می‌شود. بدین‌منظور ابتدا به معرفی این دو استراتژی می‌پردازیم.

۱.۱. مدیریت موجودی توسط فروشنده (VMI)

مدیریت موجودی توسط فروشنده، ابزاری برای بهینه‌سازی عملکرد زنجیره‌ی تأمین است که براساس آن فروشنده (مرکز توزیع) مسئول حفظ سطح موجودی خریدار (خرده‌فروش[۴]) است. تحت این سیستم، فروشنده درمورد سطوح مناسب موجودی و رویکرد مناسب برای کنترل آن در سطح خرده‌فروش تصمیم‌گیری می‌کند.[۹] براساس این رویکرد، اجزاء پایین‌دستی زنجیره‌ی تأمین (خرده‌فروش‌ها یا توزیع‌کنندگان) اطلاعات مربوط به تقاضا و قیمت فروش کالاهای خود را در اختیار قسمت‌های بالادستی زنجیره‌ی تأمین (فروشندگان، تولیدکننده یا تأمین‌کننده) قرار داده و در عوض فروشنده وظیفه‌ی کنترل موجودی خرده‌فروش‌ها را به عهده می‌گیرد. با این استراتژی، از یک سو خرده‌فروش‌ها از تمام هزینه‌های موجودی یا بخشی از آن معاف می‌شوند و از سوی دیگر، فروشنده با در اختیار داشتن تقاضای مشتریان نهایی زنجیره‌ی تأمین، می‌تواند برنامه‌ریزی تولید و حمل و نقل خود را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد. انگیزه‌ی اجرای VMI این است که خرده‌فروش و تأمین‌کننده با همکاری هم برای

---

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۳/۲/۶، اصلاحیه ۱۳۹۳/۷/۶، پذیرش ۱۳۹۳/۸/۷.

افزایش رقابت‌پذیری زنجیره‌ی تأمین فعالیت کنند. بارزترین منفعت VMI کاهش هزینه‌های موجودی برای خرده‌فروش و کاهش هزینه‌های کلی تأمین‌کننده است. بهبود بهره‌وری و سطح خدمت، منجر به حاشیه‌ی سود[5] بیشتر و افزایش فروش می‌شود.[9] در مقابل، عدم مشارکت خرده‌فروش در پیش‌بینی تقاضا،[10] و این که اجرای VMI همواره منجر به سود بیشتر نسبت به رویکردهای سنتی نمی‌شود از معایب این سیستم است. لی و چو در مطالعه‌شان به این نتیجه رسیده‌اند که مدیریت موجودی توسط فروشنده رویکرد مؤثری برای ایجاد هماهنگی در زنجیره‌ی تأمین است و برای بهبود عملکرد مالی زنجیره‌ی تأمین مؤثر و حیاتی است.[11] والر و همکاران نشان دادند که رویکرد VMI می‌تواند گردش موجودی و سطح خدمت به مشتری را در هرکدام از مراحل زنجیره‌ی تأمین بهبود دهد.[12] در یک تحلیل عمیق‌تر، دیسنی و تویل به این نتیجه رسیده‌اند که هدف اصلی زنجیره‌ی تأمین ــ کمینه‌سازی هزینه‌های کل زنجیره و هم‌زمان با آن تأمین سطوح مشخص شده‌ی خدمت به مشتری ــ با استفاده از اشتراک اطلاعات مربوط به تقاضا و موجودی، دست‌یافتنی است.[13] دانگ و همکاران تأثیر اینترنت را بر عملکرد VMI بررسی کرده‌اند. آنها همچنین به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از VMI، اشتراک اطلاعات مربوط به موجودی و تقاضا را میان اعضای بالادستی و پایین‌دستی زنجیره‌ی تأمین بهبود می‌بخشد.[14] به‌عکس، محققین در مطالعاتی دیگر[9] عامل کلیدی اجرای VMI را، افزون بر تکنولوژی‌های رایانه‌یی، توانایی اعضای زنجیره‌ی تأمین در همکاری و هماهنگی و فهم جریان‌ها و فرایندهای مرتبط با محصولات یا تحویل خدمات‌شان عنوان کرده‌اند.

۲.۱. برنامه‌ریزی پیش‌بینی و بازپرسازی جمعی (CPFR)

یکی دیگر از استراتژی‌های ایجاد همکاری که به بهبود عملکرد در زنجیره‌ی تأمین کمک می‌کند، CPFR است که نخستین بار در سال ۱۹۹۵، توسط شرکت وال ـ مارت[6] معرفی شد. شرکت‌هایی نظیر آی‌بی‌ام[7]، وارنر ـ لامبرت[8] و سپ[9] از اولین شرکت‌هایی بودند که به‌منظور افزایش فروش و کاهش موجودی از CPFR استفاده کردند. مدل CPFR یک مدل تجاری است که با نگرشی مبتکرانه به مدیریت زنجیره‌ی تأمین و تبادل اطلاعات میان اعضای زنجیره، از دانش آنها برای پیش‌بینی، برنامه‌ریزی و انجام سفارشات مشتریان استفاده می‌کند.[15] تحت این استراتژی شرکت‌های مختلف در یک زنجیره‌ی تأمین با هم ترکیب می‌شوند و به‌عنوان یک کل، با اشتراک پیش‌بینی تقاضا منجر به بهبود خدمت‌رسانی به مشتری و کاهش زمان پاسخ‌گویی می‌شوند.[5] از مقایسه‌ی CPFR با زنجیره‌ی تأمین سنتی (TSC)[10]، بهتر می‌توان این استراتژی را شناخت. در استراتژی سنتی تأمین، خرده‌فروش با جمع‌آوری اطلاعات بازار و پیش‌بینی تقاضا، به تدوین برنامه‌ی سفارشات خود می‌پردازد و با مشخص‌کردن نقطه‌ی سفارش مجدد[11]، زمانی که موجودی به این نقطه رسید سفارش خود را به تأمین‌کننده می‌دهد. در مقابل، تولیدکننده نیز به‌صورت مستقل سفارشات خرده‌فروش را پیش‌بینی می‌کند و برنامه‌ریزی تولید خود را انجام می‌دهد. در این روش زمان پاسخ‌گویی طولانی‌تر و خدمت به مشتری ضعیف‌تر است. اما در استراتژی CPFR، خرده‌فروش و تولیدکننده با مشارکت هم اطلاعات بازار را جمع‌آوری می‌کنند و پیش‌بینی تقاضا و برنامه‌ریزی سفارشات را انجام می‌دهند. در بیشتر موارد خرده‌فروش پیش‌بینی تقاضا را انجام می‌دهد و آن را با تولیدکننده به اشتراک می‌گذارد؛ اگر تولیدکننده یا سایر اعضای زنجیره با آن موافقت کردند برنامه‌ریزی سفارشات برمبنای آن انجام می‌شود و اگر پذیرفته نشد تقاضا مجدداً پیش‌بینی می‌شود.[16]

اگر یک زنجیره‌ی تأمین چهارسطحی شامل یک خرده‌فروش، مرکز توزیع، تولیدکننده و تأمین‌کننده‌ی مواد اولیه را در نظر بگیریم، ابتدا خرده‌فروش پیش‌بینی تقاضا را با توافق دیگر اعضا انجام می‌دهد و بر آن اساس، سفارشات خود را برنامه‌ریزی می‌کند. در مرحله‌ی بعد، مرکز توزیع با توجه به برنامه‌ی خرده‌فروش‌ها برنامه‌ی سفارشات خود را تهیه می‌کند و آن را از طریق اینترنت به اشتراک می‌گذارد. سپس تولیدکننده مطابق برنامه‌ی مرکز توزیع، برنامه‌ریزی تولید و مواد را انجام خواهد داد و در نهایت تأمین‌کننده برمبنای برنامه‌ی تولیدکننده برنامه‌ریزی خواهد کرد. با این توضیحات می‌توان گفت میزان تقاضا از پایین زنجیره به سمت بالا برخلاف استراتژی سنتی تأمین بدون تغییر می‌ماند؛ درواقع پراکندگی یا انحراف معیار تقاضا در این مورد ناچیز خواهد بود. البته باید توجه داشت که هر پیش‌بینی با خطایی نیز همراه است، اما استراتژی CPFR برنامه و راه حل خاصی برای تقاضاهای غیر پیش‌بینی شده یا تصادفی دارد و از این طریق بروز خطا را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.[10و16] به‌گفته‌ی فلیدنر، CPFR موجب هماهنگی فعالیت‌های خرید، تولید، برنامه‌ریزی، پیش‌بینی و بازپرسازی در میان شرکای تجاری زنجیره‌ی تأمین می‌شود.[17] در تحقیقات بعدی[10] عنوان شد که استراتژی CPFR سطح خدمت‌رسانی به مشتری را افزایش و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. راقاناتن منافع حاصل از CPFR را در یک زنجیره‌ی تأمین با یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش بررسی کرد و نشان داد به‌کارگیری این استراتژی در مقایسه با استراتژی سنتی تأمین موجب کاهش هزینه‌های تولیدکننده می‌شود.[18] یکی از مزیت‌های استراتژی CPFR حذف عدم اطمینان ناشی از هماهنگی بیشتر در میان اعضای زنجیره‌ی تأمین عنوان شده است.[19] بارات و اولیویرا بیان کردند که به‌کارگیری موفق CPFR وظیفه‌ی آسانی نیست و نیازمند منابع سازمانی بیشتر و اعتماد متقابل شرکای تجاری است.[20] بون و گانشان بر جنبه‌ی پیش‌بینی CPFR تمرکز کردند و به بررسی شیوه‌ی جدید پیش‌بینی تقاضا پرداختند.[16]

محققین با مطالعه‌ی چندین مورد از تجربه‌ی شرکت‌ها در به‌کارگیری CPFR به این نتیجه دست یافتند که این استراتژی به‌دلیل اشتراک کامل اطلاعات در زنجیره‌ی تأمین، شرکت‌ها را در برخورد با تغییرات شدید تقاضا و تنوع زیاد محصولات کمک می‌کند و سود بیشتری را عاید آنها می‌سازد.[19] تحقیقات متفاوتی در زمینه‌ی مقایسه‌ی استراتژی‌های CPFR و VMI و برمبنای معیارها و روش‌های مختلف صورت گرفته است. در مهم‌ترین این مطالعات، دو استراتژی مذکور با استفاده از شبیه‌سازی و برمبنای شاخص‌های هزینه و خدمت به مشتری مقایسه و نشان داده شد که استراتژی CPFR منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش سطح خدمت به مشتری می‌شود. در تحقیقی دیگر[21] مقایسه‌ی این دو استراتژی نشان داد که با استفاده از CPFR چگونه می‌توان تصمیمات درمورد قیمت خرده‌فروش و مقدار سفارش را بهینه ساخت.[21] بون و گانشان دو استراتژی CPFR و TSC را برمبنای شاخص‌های بهبود عملکرد مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که استراتژی CPFR در شرایط مختلف نسبت به TSC عملکرد بهتری دارد. والر و همکاران نشان دادند استراتژی VMI نسبت به زنجیره‌ی تأمین سنتی اثر شلاق چرمی[12] را به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

تفاوت اصلی مطالعات انجام شده با پژوهش حاضر، در انتخاب یک معیار جامع و انجام آن در یک زنجیره‌ی تأمین واقعی است. اکثر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی مقایسه و انتخاب استراتژی‌ها، تنها به ارائه‌ی راهنمایی‌ها و مشخص‌کردن چارچوبی کلی برای انتخاب یک استراتژی مناسب اکتفا کرده‌اند. در این میان، انجام مطالعه‌یی خاص که به‌صورت کمی و متناسب با شرایط واقعی به مقایسه‌ی استراتژی‌های بپردازد ضرورت دارد.

۲. متدولوژی

در این مطالعه به این سؤال پاسخ داده می‌شود که «مناسب‌ترین استراتژی تحت شرایط ریسک و با هدف بهبود عملکرد از طریق ایجاد همکاری میان اعضای زنجیره‌ی تأمین شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو کدام است؟» برای این منظور دو استراتژی VMI و CPFR که از شناخته‌شده‌ترین استراتژی‌های ایجاد همکاری در زنجیره‌ی تأمین هستند، از طریق شبیه‌سازی مونت‌کارلو[۱۳] و تحت شرایط ریسک در برنامه‌ی کریستال‌بال[۱۴] ارزیابی و مقایسه می‌شود. انواع مختلفی از ریسک در زنجیره‌ی تأمین وجود دارد؛ در اینجا ریسک ناشی از تقاضا مد نظر است که به‌علت رقابت با سایر شرکت‌های تولیدکننده‌ی قطعات خودرو ایجاد می‌شود. در این مطالعه ایجاد شرایط ریسک در مدل‌های شبیه‌سازی از طریق تابع خطای پیش‌بینی انجام می‌شود.

۱.۲. شاخص‌ها

استراتژی‌های تأمین برمبنای چهار شاخص خدمت به مشتری، موجودی کل، زمان پاسخ‌گویی و سودآوری بررسی می‌شود. خدمت به مشتری را با عناصر مختلفی همانند نرخ بازپرسازی، تحویل به‌موقع و موارد مرتبط دیگر نشان می‌دهند.[۱۶] ما نرخ بازپرسازی[۱۵] را انتخاب می‌کنیم که درصدی از تقاضای برآورده شده است. اگر نرخ بازپرسازی را با FR، مقدار محصول موجود در انبار را که امکان فروش آن به مشتریان نهایی وجود دارد را با PF و سفارش کل را با TO نشان دهیم، نرخ بازپرسازی عبارت است از:

$$FR = \frac{PF}{TO} \qquad (۱)$$

موجودی کل[۱۶]، شاخص دیگری از ارزیابی عملکرد در زنجیره‌ی تأمین است. موجودی شامل مواد اولیه و محصولات ساخته شده است. به‌دلیل متفاوت بودن واحد مواد و محصول، به‌عنوان یک واحد یکسان، از واحد وزن (کیلوگرم) استفاده می‌کنیم. برای محاسبه‌ی موجودی کل (TI) میزان موجودی در انتهای دوره در نظر گرفته می‌شود. این شاخص مطابق رابطه‌ی محاسبه می‌شود:

$$\text{MIN}\, TI = I_r + I_d + I_m \qquad (۲)$$

که در آن I_r، I_d و I_m به‌ترتیب نشان‌گر موجودی نهایی در سطح خرده‌فروش، مرکز توزیع[۱۷] و تولیدکننده هستند. برمبنای این شاخص، سیستمی عملکرد بهتر دارد که موجودی را در زنجیره‌ی تأمین کمینه کند.

زمان پاسخ‌گویی برابر است با کل زمان صرف شده برای یک محصول که به‌شکل‌های مختلف (مواد خام، کالای نیمه‌ساخته و کالای ساخته‌شده) در زنجیره‌ی تأمین وجود دارد تا به دست مشتریان نهایی برسد. اگر زمان انتقال مواد اولیه از تأمین‌کننده به شرکت تولیدکننده را با TA، زمان نگه‌داری مواد اولیه در انبار تولیدکننده را با TB، زمان تولید را با TC، زمان نگه‌داری محصول ساخته شده در انبار شرکت را با TD، زمان حمل محصول به مرکز توزیع را با TF، زمان نگه‌داری به‌عنوان موجودی در مرکز توزیع را با TF، و در نهایت زمان انتقال محصول به خرده‌فروش را با TG نشان دهیم، حداقل زمان پاسخ‌گویی از طریق رابطه‌ی ۳ محاسبه خواهد شد:

$$\text{MIN}\, TR = TA + TB + TC + TD + TE + TF + TG \qquad (۳)$$

چهارمین شاخص ارزیابی عملکرد به‌منظور مقایسه‌ی استراتژی‌های VMI و CPFR، شاخص سودآوری است که با π نشان داده می‌شود، و نشان‌گر سود باقی‌مانده پس از کسر هزینه‌های تولیدی و غیر تولیدی از درآمد کل است:

$$\text{MAX}\, \pi = TW - TC \qquad (۴)$$

در این رابطه TC و TW به‌ترتیب بیان‌گر هزینه کل و درآمد کل هستند که چنین محاسبه می‌شوند:

$TW =$ قیمت هر واحد کالا × تعداد به فروش رسیده (میزان تقاضا)

$TC =$ هزینه‌های غیر تولیدی + هزینه‌های تولیدی

هزینه‌های تولیدی شامل هزینه‌های خرید و دستمزد است، و هزینه‌های غیرتولیدی هزینه‌هایی چون حمل‌ونقل، نگه‌داری و تجهیزات و افراد را شامل می‌شود. این هزینه‌ها به‌صورت متغیر و ثابت تعریف شده‌اند.

۲.۲. مراحل انجام کار

۱. جمع‌آوری داده‌های مربوط به فروش، سفارشات، هزینه‌ها و زمان از زنجیره‌ی تأمین شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو؛

۲. بررسی ثبات و استقلال مشاهدات؛

۳. پیش‌بینی تقاضا و سفارشات؛

۴. تعیین پارامترهای تابع نرمال خطای پیش‌بینی و برآورد زمان نگه‌داری؛

۵. مدل‌سازی و اجرای شبیه‌سازی؛

۶. اعتبارسنجی نتایج؛

۷. تجزیه و تحلیل نتایج.

در مرحله‌ی اول داده‌های مربوط به تقاضا، سفارشات، هزینه‌ها و زمان از زنجیره‌ی تأمین شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو جمع‌آوری می‌شود، که در قسمت تشریح مسئله به مواردی از آنها اشاره شده است. در مرحله‌ی تحلیل داده‌ها، پس از بررسی ثبات و استقلال مشاهدات، پیش‌بینی تقاضا و سفارشات به روش وینتر در اکسل انجام می‌شود. سپس با محاسبه‌ی میانگین و انحراف معیار تابع نرمال خطای پیش‌بینی با استفاده از نرم‌افزار کریستال‌بال به تولید اعداد تصادفی برای مقدار تقاضا و سفارشات می‌پردازیم، که از جمع این مقادیر تصادفی با مقدارهای پیش‌بینی شده در تعداد تکرارهای زیاد، مقادیر شاخص‌های بهبود عملکرد برای هریک از استراتژی‌های در شبیه‌سازی به دست می‌آید. در نهایت با تحلیل واریانس چندمتغیره، تعیین می‌کنیم آیا با توجه به نتایج به دست آمده، دو استراتژی به‌اندازه کافی متفاوت از هم هستند یا خیر.

۳. تشریح مسئله و فرضیات

در این قسمت ابتدا به تشریح مسئله و سپس به بیان فرضیات آن خواهیم پرداخت. از اطلاعات موجود در این مسئله در شبیه‌سازی استراتژی‌های VMI و CPFR استفاده خواهیم کرد.

داده‌ها از زنجیره‌ی تأمین یک شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو جمع‌آوری شده‌اند. این شرکت دارای ۳۵۰ نوع محصول است. محصولی که ما در این بخش

انتخاب می‌کنیم پروانه (فن) خودروهای سواری پژو است که میزان مصرف مشخص و قابل پیش‌بینی دارد. اعضای این زنجیره شامل دو تأمین‌کننده، یک تولیدکننده، ده مرکز توزیع و ۵۵ خرده‌فروش هستند که از استراتژی سنتی تأمین پیروی می‌کنند. از آنجا که در مدل‌سازی استراتژی‌ها برای هر سطح یک عضو در نظر گرفته شده، برای مطابقت مقدار پارامترهای شبیه‌سازی با داده‌های واقعی، پارامتر زمان به‌صورت میانگین وزنی و سایر پارامترها مانند تقاضا، سفارشات و هزینه به‌صورت مجموع محاسبه شده‌اند. این محصول از سه ماده‌ی اولیه تشکیل شده که شامل پلی‌پروپیلن[18] (ماده‌ی اصلی)، مغزی پروانه و رنگدانه[19] (مستربچ) است. این مواد از دو تأمین‌کننده‌ی مختلف تهیه می‌شوند و انتقال مواد از تأمین‌کننده‌ی اصفهان به شرکت تولیدکننده از طریق کامیونت و انتقال از تهران با وانت انجام می‌شود. شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو در شهر یزد واقع شده است. مواد اولیه پس از ورود به این شرکت در انباری درون کارخانه نگه‌داری، و سپس به واحد تولید منتقل می‌شود. دستگاه تولیدکننده‌ی پروانه‌ی فن خودرو، در هر شیفت کاری (۸ ساعت) حداکثر ۴۵۰ عدد از این پروانه‌ها تولید می‌کند. به‌طور متوسط تولید هر واحد کالا ۶۰ ثانیه زمان نیاز دارد. کارخانه در هر روز در دو شیفت صبح و شب کار می‌کند. کالا پس از ساخت در انبار کارخانه نگه‌داری می‌شود. به‌منظور انتقال کالا از تولیدکننده به مراکز توزیع از کامیون استفاده می‌شود. این شرکت دارای ده مرکز توزیع است. کالای مورد نظر پس از ورود به مراکز توزیع تا زمان ارسال در انبار نگه‌داری می‌شود. مراکز توزیع به تقاضای ۵۵ خرده‌فروش پاسخ می‌دهند. این محصول در بازار به‌وسیله‌ی فروشندگان قطعات یدکی فروخته می‌شود. قیمت فروش هر واحد کالا به مشتریان نهایی ۶۵۰۰۰ ریال است. داده‌های مربوط به فروش کالا، سفارشات، هزینه‌ها و زمان‌های مختلف از زنجیره‌ی تأمین شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو در دسترس ماست. فرضیات این مسئله عبارت‌اند از:

۱. شرکت تولیدکننده ظرفیت کافی برای پاسخگویی به سفارشات را دارد.

۲. قیمت محصول ثابت است.

۳. ظرفیت انبارهای تولیدکننده، مرکز توزیع و خرده‌فروشی برای نگه‌داری محصول نامحدود فرض می‌شود.

۴. براساس استراتژی VMI، خرده‌فروش باید اطلاعات موجودی و تقاضای مشتریان خود را صادقانه در اختیار مرکز توزیع قرار دهد.

۵. براساس استراتژی CPFR، تمام اعضای زنجیره باید اطلاعات موجودی، بازار، پیش‌بینی‌ها و برنامه‌های خود را صادقانه در اختیار یکدیگر قرار دهند.

۶. تابع خطای پیش‌بینی تقاضا به‌صورت نرمال، با میانگین صفر و انحراف معیاری برابر با انحراف معیار تقاضا در نظر گرفته شده است، سایر پارامترها ثابت‌اند.

۷. زمان نگه‌داری برآوردی از سه زمان خوش‌بینانه، بدبینانه و محتمل است که یکی از این مقادیر برحسب میزان موجودی انتخاب می‌شود.

۸. هزینه‌ی مازاد و کمبود موجودی صفر فرض می‌شود.

۹. در هر سطح از زنجیره‌ی تأمین تنها یک عضو در نظر گرفته شده است.

۱۰. میزان موجودی در دوره‌ی اول برای سال آتی صفر است.

۱۱. به‌منظور نشان دادن دقت پیش‌بینی در شبیه‌سازی که به‌واسطه‌ی میزان اشتراک اطلاعات میان اعضای زنجیره‌ی تأمین ایجاد می‌شود، انحراف معیار خطای پیش‌بینی را در استراتژی TSC، ۵۰ درصد بیشتر از خطای پیش‌بینی، در استراتژی CPFR ۵۰ درصد کم‌تر، و در استراتژی VMI برابر با انحراف معیار خطای پیش‌بینی در سال‌های گذشته در نظر می‌گیریم. زیرا اشتراک اطلاعات در استراتژی CPFR به‌صورت کامل، اما در VMI ناقص و در TSC اشتراک اطلاعات انجام نمی‌شود.

۱۲. افزایش خطای پیش‌بینی در ریسک بالا معادل ۲۵ درصد فرض می‌شود.

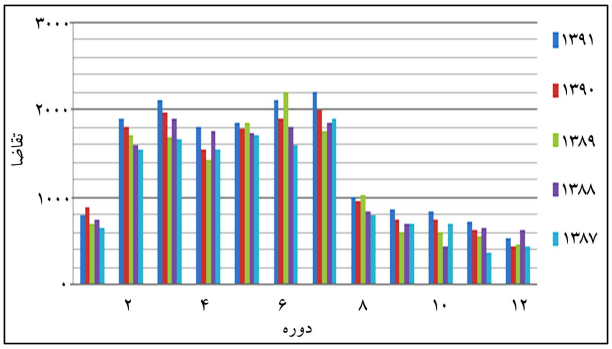
۴. تحلیل داده‌ها

در این بخش، داده‌های جمع‌آوری شده در قسمت قبل به‌منظور بررسی ثبات و استقلال مشاهدات، پیش‌بینی تقاضا و سفارشات، به دست آوردن مقدار پارامترهای تابع نرمال خطای پیش‌بینی و تعیین زمان نگه‌داری تحلیل می‌شود.

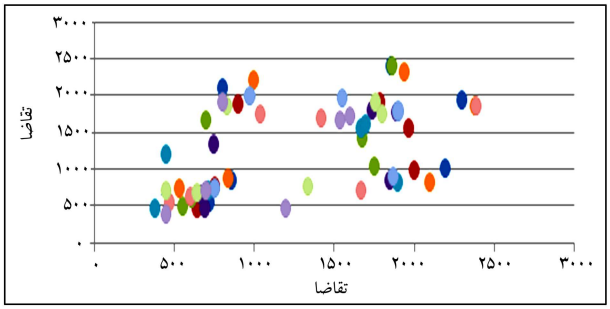
۱.۴. بررسی ثبات و استقلال مشاهدات

منظور از ثبات مشاهدات این است که داده‌ها در بازه‌های زمانی مشابه همگن باشند. یکی از ابزارهای تعیین ثبات مشاهدات، استفاده از نمودار فراوانی است. در این نمودار، فراوانی مشاهدات در بازه‌های زمانی مساوی به‌صورت یک هیستوگرام رسم می‌شود. چنانچه اندازه‌ی مستطیل‌ها تقریباً برابر باشد می‌توان نتیجه گرفت در هر بازه زمانی مشاهدات به‌صورت همگن توزیع شده‌اند. در شکل ۱ این نمودار برای داده‌های تقاضا در ۱۲ دوره نشان داده شده است.

با توجه به نمودار شکل ۱، مشاهدات در بازه‌های زمانی مساوی، از توزیع یکسانی برخوردارند. منظور از استقلال مشاهدات این است که داده‌ها در طول زمان به هم وابسته نباشند. از نمودار پراکندگی[20] برای نشان دادن استقلال مشاهدات استفاده می‌شود. اگر به‌جای x و y دو مشاهده‌ی متوالی بر نمودار رسم شود، می‌توان خود همبستگی مشاهدات را بررسی کرد. در شکل ۲ عدم همبستگی داده‌های تقاضا یا استقلال آنها نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار فراوانی ـ تعیین ثبات مشاهدات.



شکل ۲. نمودار پراکندگی ـ تعیین استقلال مشاهدات.

۲.۴. پیش‌بینی تقاضا و سفارشات

پیش‌بینی تقاضا مبنای تمام برنامه‌ریزی‌ها در زنجیره‌ی تأمین است، و انجام آن با درجه‌ی صحت و دقت بالا مستلزم تعیین مراحل زیر است:

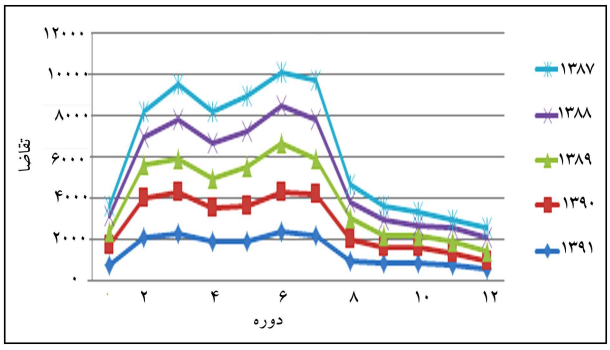
۱. روش پیش‌بینی ؛

۲. اجزای پیش‌بینی (الگوی تغییرات در تقاضا)؛

۳. تکنیک انجام پیش‌بینی.

روش‌های مختلفی ــ نظیر روش کیفی، روش سری‌های زمانی[۲۱]، روش علت و معلول، و روش شبیه‌سازی ــ برای انجام پیش‌بینی وجود دارد. در این نوشتار، به‌دلیل موجود بودن اطلاعات تقاضا در زمان‌های گذشته و تکرار الگوی تقاضا در هر سال از روش سری زمانی استفاده شده است. برای انجام پیش‌بینی نیز از روش شبیه‌سازی، به‌دلیل احتمالی بودن تقاضا، استفاده می‌شود. هر سری زمانی از ۴ جزء تشکیل شده است: ۱. جزء فصلی (S)[۲۲] که نشان‌گر تغییرات فصلی در تقاضاست؛ ۲. جزء روند (T)[۲۳] که بیان‌گر نرخ رشد یا کاهش در تقاضا است؛ ۳. جزء سطح (L)[۲۴] که نشان‌گر تقاضاهای غیر فصلی است؛ ۴. جزء تصادفی (R)[۲۵] که همان انحرافات در تقاضاست. سه جزء اول که میزان مشخصی دارند، «اجزای سیستماتیک» نامیده‌اند، و جزء آخر که مربوط به تغییرات کوچکی در تقاضاست «خطای پیش‌بینی» گفته می‌شود. در شکل ۲ نمودار داده‌های تقاضا در ۵ سال گذشته نمایش داده شده است. با توجه به الگوی تغییرات در تقاضا مشخص است که فروش کالا (پروانه‌ی خودرو) در ماه‌های گرم سال، به‌دلیل نیاز به خنک‌کردن موتور، نسبت به فصول دیگر افزایش می‌یابد. در واقع عامل جوی (گرما) منجر به استفاده‌ی بیشتر از این محصول و درنتیجه خرابی بیشترکالا و افزایش تقاضا می‌شود. اما فروش کالا به‌دلایل غیرفصلی مانند پایان طول عمر محصول نیز انجام می‌شود. مطابق شکل ۳، تقاضا دارای یک روند (T) کاهشی و افزایشی در طول سال است، و بدیهی است نوسانات تصادفی (I) نیز در تقاضا وجود داشته باشد. بنابراین هر چهار جزء در پیش‌بینی تقاضا مؤثر است. مطابق الگوی تقاضا، سیکل یا تعداد دوره‌هایی که طی می‌شود تا تقاضای فصلی مجددا تکرار شود ۶ دوره است.

بعد از مشخص شدن روش پیش‌بینی و اجزای آن، باید تکنیک مناسبی برای انجام پیش‌بینی انتخاب کرد. سری‌های زمانی روش‌های مختلفی برای انجام پیش‌بینی تقاضا دارند که باید با توجه به الگوی تغییرات و اجزای تقاضا تکنیک مناسب با آن انتخاب شود. زمانی که تقاضا دارای تمام اجزای سیستماتیک باشد از روش وینتر[۲۶] برای انجام پیش‌بینی تقاضا استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که روش پیش‌بینی و الگوی تغییرات در سفارشات نیز همانند تقاضاست، بنابراین از روش وینتر برای



شکل ۳. الگوی تغییرات تقاضا.

تعیین مقدار اجزای سیستماتیک سفارشات استفاده می‌شود. در این تحقیق پیش‌بینی تقاضا و سفارشات مطابق رابطه‌ی ۵ انجام می‌شود. در شبیه‌سازی تقاضا به‌منظور ایجاد شرایط واقعی، جزء تصادفی نیز به مقدار سیستماتیک افزوده می‌شود.

جزء فصلی × (جزء روند + جزء سطح) = اجزای سیستماتیک = پیش‌بینی تقاضا

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) \times S_{t+1} \qquad (۵)$$

اجزای سیستماتیک در اکسل به روش وینتر محاسبه می‌شود؛ برای محاسبه اجزای سیستماتیک باید یک مقدار اولیه برای شاخص‌های فصلی (S)، روند (T) و سطح (L) به دست آورد. برای تعیین این مقادیر اولیه، ابتدا مقدار تقاضای غیر فصلی (d) از رابطه‌ی ۶ محاسبه می‌شود.

$$d = \begin{cases} \left[D_{t-(p/۲)} + D_{t+(p/۲)} + \sum_{i=t+۱-(p/۲)}^{t-۱+(p/۲)} ۲Di\right] + /۲p & \text{اگر } p \text{ زوج باشد} \\ \sum_{i=t-(p/۲)}^{t+(p/۲)} ۲Di & \text{اگر } p \text{ فرد باشد} \end{cases} \qquad (۶)$$

میزان تقاضای غیر فصلی برای سال ۹۱ نیز مطابق رابطه‌ی ۶ در اکسل محاسبه و در جدول ۱ عنوان شده است. میانگین وزنی تقاضای غیرفصلی در اکسل چنین محاسبه می‌شود:

سلول	فرمول سلول	کپی شد به
$E۳$	$=(B۲+H۲+۲*\text{SUM}(C۲:G۲))/۱۲$	$F۳:J۳$

با استفاده از فرمول رگرسیون خطی ۷، مقادیر اولیه برای شاخص روند (T) و سطح (L) محاسبه می‌شود:

$$Y = \alpha + \beta X \quad \rightarrow \quad d = L + Tt \qquad (۷)$$

با کمک فرمول رگرسیون در اکسل، مقادیر تقاضاهای غیر فصلی (d) را در Y قرار داده و دوره‌ی ۴ تا ۹ را نیز در X جایگذاری می‌کنیم؛ مقداری که برای L و T (همان α و β در فرمول رگرسیون) به دست می‌آید برابر است با: $L = ۲۵۳۶$ و $T = -۱۵۶$. مقدار تقاضای غیرفصلی (d) را برای سایر دوره‌ها با جایگذاری مقادیر $t = (۱, \ldots, ۱۲)$ در رابطه‌ی $d = ۲۵۳۶ - ۱۵۶t$ محاسبه می‌کنیم.

برای به دست آوردن شاخص فصلی (S)، مقدار تقاضای غیر فصلی را به روش فوق برای ۵ سال گذشته محاسبه می‌کنیم و سپس با تقسیم تقاضای واقعی (D) بر تقاضای غیر فصلی (d)، شاخص فصلی را برای هر سال به دست می‌آوریم. به‌دلیل تکرار الگوی تقاضا در هر سال، میانگین شاخص‌های فصلی محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

با مشخص شدن مقادیر اولیه برای شاخص‌های روند $(T_۰ = -۱۵۶)$، سطح $(L_۰ = ۲۵۳۶)$ و شاخص‌های فصلی (S)، از طریق رابطه‌ی ۵ پیش‌بینی را برای دوره‌ی اول $(t+۱ = ۱)$ انجام می‌دهیم.

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) \times S_{t+1} \rightarrow F_۱ = (L_۰ + T_۰) \times S_۱ \rightarrow$$
$$F_۱ = (۲۵۳۶ - ۱۵۶) \times ۰/۳۱ = ۷۴۷$$

برای پیش‌بینی تقاضا در سایر دوره‌ها باید با استفاده از روابط ۸ و ۹، شاخص روند (T) و سطح (L) را برای دوره‌های مختلف تعیین و با جایگذاری در رابطه‌ی ۵

جدول ۱. مقدار تقاضای غیرفصلی.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
۱	دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۲	میانگین وزنی تقاضا	۷۶۵	۱۷۹۱	۱۹۹۰	۱۶۸۲	۱۸۱۵	۲۱۲۸	۱۹۹۵	۹۶۴	۷۵۱	۷۱۷	۶۲۷	۵۰۱
۳	تقاضای غیر فصلی	*	*	*	۱۷۹۷	۱۸۳۱	۱۶۵۹	۱۴۷۵	۱۲۹۶	۱۰۶۱	*	*	*

جدول ۲. شاخص فصلی.

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
شاخص فصلی	۰٫۳۱	۰٫۷۶	۰٫۹۶	۰٫۸۹	۱٫۰۶	۱٫۳	۱٫۳۹	۰٫۸	۰٫۶۶	۰٫۷	۰٫۷۳	۰٫۷۷

اجزای سیستماتیک را محاسبه کنیم.

$$L_{t+1} = \alpha\,(D_{t+1}/S_{t+1}) + (1-\alpha)\,(L_t + T_t) \qquad (8)$$

$$T_{t+1} = \beta\,(L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \qquad (9)$$

در این روابط α ثابت نمایی شاخص تقاضای غیر فصلی و $0 < \alpha < 1$ است، β ثابت نمایی شاخص روند و $0 < \beta < 1$، θ ثابت نمایی شاخص فصلی و $0 < \theta < 1$ است.

می‌خواهیم مقدار پیش‌بینی را برای دوره‌ی دوم $(t+1=2)$ به دست آوریم. بنابراین باید L و T را در دوره‌ی اول $(t+1=1)$ محاسبه کنیم. در این تحقیق $\alpha = 0{,}1$، $\beta = 0{,}2$ و $\theta = 0{,}1$ در نظرگرفته شده است.

$$L_1 = 0{,}1 \times (D_1/S_1) + (1-0{,}1) \times (L_0 + T_0) \rightarrow$$
$$L_1 = 0{,}1\,(765/0{,}315) + 0{,}9 \times (2536 - 156) = 2385$$
$$T_1 = 0{,}2 \times (L_1 - L_0) + (1-0{,}2) \times T_0 \rightarrow$$
$$T_1 = 0{,}2 \times (2385 - 2536) + (0{,}8) \times (-156) = -155$$
$$F_2 = (L_1 + T_1) \times S_2 = (2385 - 155) \times 0{,}76 = 1695$$

در جدول ۳ مقدار اجزای سیستماتیک تقاضا در دوره‌های مختلف ثبت شده است. فرمول محاسبات جدول فوق در اکسل چنین است:

سلول	فرمول سلول	کپی شد به:
$D3$	$= (0{,}1 * (B3/C3)) + (0{,}9 * (D2 + E2))$	$D4 : D14$
$E3$	$= (0{,}2 * (D3 - D2)) + (0{,}8 * E2)$	$E4 : E14$
$F3$	$= (D2 + E2) * C3$	$F4 : F14$

الگوی تغییرات در سفارشات نیز همانند تقاضاست. بنابراین پیش‌بینی سفارشات به‌طریق فوق انجام می‌شود. مقدار نهایی اجزای سیستماتیک سفارشات در جدول ۴ ارائه شده است.

پیش‌بینی تقاضا و سفارشات برمبنای جزء سیستماتیک محاسبه می‌شود، اما در شبیه‌سازی تقاضا علاوه بر جزء سیستماتیک، مقادیر تصادفی نیز به آن افزوده می‌شود. این مقادیر با تعیین پارامترهای تابع نرمال خطای پیش‌بینی ایجاد می‌شود.

۳.۴. تعیین پارامترهای تابع خطای پیش‌بینی

تعیین جزء سیستماتیک تقاضا و سفارشات که الگوی مشخص و ثابتی دارند بخش مهمی از شبیه‌سازی تقاضا را تشکیل می‌دهد، اما شبیه‌سازی تقاضا زمانی کامل می‌شود که مقادیر تصادفی نیز به آن اضافه شود. این مقادیر تصادفی از طریق تابع نرمال خطای پیش‌بینی ایجاد می‌شود. برای تعیین پارامترهای تابع خطای پیش‌بینی، ابتدا پیش‌بینی تقاضا را برای ۵ سال قبل، به روش وینترکه در بخش قبل شرح داده شد انجام می‌دهیم و از طریق رابطه‌ی ۱۰، خطای آنها را محاسبه می‌کنیم:

$$I_t = F_t - D_t \qquad (10)$$

در این رابطه، I خطای پیش‌بینی، F پیش‌بینی، و D مقدار تقاضای واقعی است. مقدار میانگین و انحراف معیار تابع نرمال خطا را با وارد کردن داده‌های خطای پیش‌بینی در برنامه‌ی کریستال‌بال محاسبه می‌کنیم. در جدول ۵ مقدار پارامترهای تابع نرمال خطای پیش‌بینی ارائه شده است. به‌دلیل نااریب[27] بودن پیش‌بینی تقاضا، مقدار میانگین انحرافات نزدیک به صفر است. بنابراین در شبیه‌سازی مقدار تقاضا از میانگین صفر در ایجاد تقاضاهای تصادفی استفاده می‌شود. از آنجا که خطا با ریسک ارتباط مستقیم دارد، بنابراین از تابع خطای پیش‌بینی برای ایجاد شرایط ریسک در مسئله استفاده می‌کنیم.

۴.۴. تخمین زمان نگه‌داری

زمان نگه‌داری به‌صورت تخمین سه زمانی در نظرگرفته می‌شود، و پارامترهای آن را که به‌صورت خوش‌بینانه (کمترین زمان)، محتمل (میانگین) و بدبینانه (بیشترین زمان) مشخص می‌شود با تحلیل داده‌های مربوط به زمان‌های نگه‌داری در نرم‌افزار کریستال‌بال تعیین می‌کنیم. در جدول ۶ مقدار این پارامترها ارائه شده است.

۵.۴. تعیین ذخیره‌ی احتیاطی

ذخیره‌ی احتیاطی، یکی دیگر از مواردی است که به‌منظور ایجاد شرایط ریسک در مسئله تعیین می‌شود. در تعیین ذخیره‌ی احتیاطی، انحراف نرمال استاندارد (Z)، دوره‌ی تأخیر تا دریافت سفارش (LT) و انحراف معیار تقاضا مؤثرند. مقدار Z با توجه به سطح اطمینان از جدول توزیع نرمال استاندارد مشخص می‌شود. در این مطالعه دوره‌ی تأخیر به‌صورت ثابت در نظرگرفته شده که بسته به نوع استراتژی متفاوت خواهد بود. استراتژی سنتی تأمین به‌دلیل انجام مراحل سفارش‌دهی معمولاً از دوره‌ی تأخیر بالاتری برخوردار است. با محاسبه‌ی میانگین قدر مطلق مجموع خطاها (MAD)[28] از طریق رابطه‌ی ۱۱ می‌توان انحراف معیار تقاضا (σ) را با استفاده از رابطه‌ی ۱۲ محاسبه کرد. با توجه به ثابت بودن دوره‌ی تأخیر و احتمالی

جدول ۳. مقدار پیش‌بینی تقاضا.

	A	B	C	D	E	F
۱	دوره‌ی t	تقاضای واقعی D	شاخص فصلی S	شاخص غیر فصلی L	شاخص روند T	پیش‌بینی تقاضا F
۲	۰	*	*	۲۵۳۶	−۱۵۶	*
۳	۱	۷۶۵	۰٫۳۱	۲۳۸۵	−۱۵۵	۷۴۷
۴	۲	۱۷۹۱	۰٫۷۶	۲۲۴۳	−۱۵۳	۱۶۹۵
۵	۳	۱۹۹۰	۰٫۹۶	۲۰۸۹	−۱۵۳	۱۹۹۸
۶	۴	۱۶۸۲	۰٫۸۹	۱۹۳۱	−۱۵۴	۱۷۳۱
۷	۵	۱۸۱۵	۱٫۰۶	۱۷۷۰	−۱۵۵	۱۸۸۹
۸	۶	۲۱۲۸	۱٫۳۰	۱۶۱۷	−۱۵۵	۲۰۹۸
۹	۷	۱۹۹۵	۱٫۳۹	۱۴۵۹	−۱۵۵	۲۰۳۳
۱۰	۸	۹۶۴	۰٫۸۰	۱۲۹۴	−۱۵۷	۱۰۴۷
۱۱	۹	۷۵۱	۰٫۶۶	۱۱۳۷	−۱۵۷	۷۴۶
۱۲	۱۰	۷۱۷	۰٫۷۰	۹۸۴	−۱۵۶	۶۸۳
۱۳	۱۱	۶۲۷	۰٫۷۳	۸۳۱	−۱۵۶	۶۰۱
۱۴	۱۲	۵۰۱	۰٫۷۷	۶۷۴	−۱۵۶	۵۱۸

جدول ۴. پیش‌بینی سفارشات.

سطح	دوره											
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
مرکز توزیع	۸۱۲	۱۴۸۳	۱۶۳۶	۱۹۶۷	۲۰۰۵	۱۹۳۶	۱۹۰۴	۱۱۱۹	۶۶۴	۸۶۴	۵۵۹	۴۹۸
تولیدکننده	۹۱۴	۱۶۵۳	۲۳۲۷	۲۰۴۹	۱۸۶۵	۲۳۵۹	۲۳۶۷	۹۶۵	۹۹۳	۹۸۵	۷۸۱	۶۰۷

جدول ۵. مقدار پارامترهای تابع نرمال خطای پیش‌بینی.

تابع خطای پیش‌بینی					
سطح	نوع خطا	تعداد داده	حداکثر/حداقل	تابع توزیع	پارامترهای تابع	مقدار پارامتر
خرده‌فروش	تقاضای مشتریان نهایی	۶۰	−۴۸۶/۴۹۷	نرمال	میانگین	−۱
					انحراف معیار	۱۶۰

جدول ۶. پارامترهای تابع زمان نگه‌داری.

سطح	تعداد داده	میزان موجودی	پارامترهای تابع	مقدار پارامتر
مراکز توزیع	۶۰	بیش از ۱۲۰ کیلوگرم	خوش‌بینانه	۳٫۷۵
		کمتر از ۱۲۰ کیلوگرم	محتمل	۱
		کمتر از ۲۵ کیلوگرم	بدبینانه	۰٫۷۵
تولیدکننده (موجودی کالا)	۶۰	بیش از ۱۰۰ کیلوگرم	خوش‌بینانه	۳
		کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم	محتمل	۲٫۷۵
		کمتر از ۲۵ کیلوگرم	بدبینانه	۱
تولیدکننده (موجودی مواد)	۳۲	بیش از ۱۰۰ کیلوگرم	خوش‌بینانه	۴
		کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم	محتمل	۲٫۷۵
		کمتر از ۲۵ کیلوگرم	بدبینانه	۱

بودن تقاضا، ذخیره‌ی احتیاطی از طریق رابطه‌ی ۱۳ به دست می‌آید.

$$\mathrm{MAD}_{t+1} = \alpha\,|F_t - D_t| + (1-\alpha)\mathrm{MAD}_t \quad (11)$$

$$\sigma_{t+1} \sim (1{,}25)\,\mathrm{MAD}_{t+1} \quad (12)$$

$$M_{t+1} = Z\sqrt{LT}(\sigma_{t+1}) \quad (13)$$

۵. اجرای شبیه‌سازی

لازمه‌های اجرای مناسب شبیه‌سازی عبارت است از:

۱. تعیین اجزای سیستم شبیه‌سازی؛

۲. مدل‌سازی؛

۳. انجام شبیه‌سازی؛

۴. اعتبارسنجی مدل.

۱.۵. اجزای سیستم شبیه‌سازی

سیستمی که در این تحقیق شبیه‌سازی می‌شود، زنجیره‌ی تأمین شرکت تولیدکننده‌ی قطعات خودرو است. اجزای هر سیستم شامل نهاد، خصوصیت، فعالیت، پیشامد و متغیرهای حالت است. نهاد[۲۹] در طول زمان، منجر به ایجاد تغییرات در سیستم می‌شود. خصوصیت[۳۰]، یک یا چند صفت از نهاد است. فعالیت[۳۱] کاری است که روی نهاد انجام می‌شود. متغیر حالت[۳۲] مجموعه‌یی از شاخص‌های کمی برای تشریح وضعیت سیستم است. پیشامد[۳۳] رخدادی است که می‌تواند متغیر حالت را تغییر دهد. در جدول ۷ اجزای سیستم زنجیره‌ی تأمین مورد مطالعه ارائه شده است.

۲.۵. مدل‌سازی

مدل‌سازی به فهم و اجرای بهتر شبیه‌سازی کمک می‌کند. در این بخش ابتدا مدل ساختاری هریک از استراتژی‌های بیان می‌شود و سپس مدل اجرای شبیه‌سازی به‌صورت شماتیک نشان داده می‌شود. مدل‌سازی سیستم سنتی تأمین با طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

۱. خرده‌فروش تقاضا را پیش‌بینی و برنامه‌ریزی سفارشات خود را انجام می‌دهد.

۲. مرکز توزیع سفارشات خرده‌فروش را پیش‌بینی و برمبنای آن برنامه‌ی خود را تهیه می‌کند.

۳. تولیدکننده و تأمین‌کننده به‌صورت مستقل سفارشات مرکز توزیع را پیش‌بینی و برنامه‌ریزی می‌کنند. در شکل ۴ شماتیکی از این استراتژی نشان داده شده است.

مدل‌سازی سیستم VMI با طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

جدول ۷. اجزای سیستم زنجیره‌ی تأمین.

نهاد	خصوصیت	فعالیت	پیشامد	متغیرهای حالت
مواد/کالا	قیمت کالا وزن کالا و مواد	انتقال نگه‌داری تولید فروش	ورود مشتری خروج مشتری	میزان موجودی نرخ بازپرسازی زمان پاسخ‌گویی سود آوری

۱. خرده‌فروش اطلاعات تقاضا و موجودی خود را در اختیار مرکز توزیع قرار می‌دهد.

۲. مرکز توزیع برمبنای اطلاعات خرده‌فروش، تقاضا را پیش‌بینی و برنامه‌ی سفارشات خود و خرده‌فروش را تهیه می‌کند.

۳. تولیدکننده به‌صورت مستقل سفارشات مرکز توزیع را پیش‌بینی و برنامه تولید و مواد خود را آماده می‌کند.

۴. تأمین‌کننده سفارشات تولیدکننده را تأمین می‌کند. در شکل ۵ ساختار این استراتژی نشان داده شده است.

مراحل انجام مدل‌سازی سیستم CPFR عبارت است از:

۱. خرده‌فروش پیش‌بینی تقاضا را با توافق سایر اجزاء انجام می‌دهد و برنامه‌ی نیازمندی‌های خود را برمبنای آن تهیه می‌کند، و سپس آنها را با دیگر اعضای زنجیره به اشتراک می‌گذارد.

۲. مرکز توزیع براساس برنامه‌ی خرده‌فروش، برنامه‌ی سفارشات خود را آماده می‌کند.

۳. تولیدکننده و تأمین‌کننده نیز برنامه‌های خود را برمبنای برنامه‌ی اعضای پایین‌دست انجام می‌دهند. باید توجه داشت که در این استراتژی، پیش‌بینی سفارشات و سفارش‌دهی به‌دلیل اشتراک اطلاعات و آگاهی اعضا از میزان تقاضای بازار و برنامه‌های سفارشات اعضای پایین‌دست، حذف می‌شود (شکل ۶). مدل اجرای شبیه‌سازی نیز در شکل ۷ نشان داده شده است.

۳.۵. انجام شبیه‌سازی

شبیه‌سازی به‌روش مونت کارلو در نرم‌افزار کریستال‌بال که به اکسل افزوده می‌شود انجام شده است. در این مطالعه افق برنامه‌ریزی یک‌ساله، و هر سال شامل ۱۲ دوره است. شبیه‌سازی برای سه سال آینده انجام می‌شود. به‌منظور مقایسه‌ی استراتژی‌ها، از سطح ریسک (خطا) ۱٪ و ۱۰٪ استفاده می‌کنیم. قبل از اجرای شبیه‌سازی باید دوره‌ی وارم‌آپ[۳۴] (گرم شدن) و کم‌ترین تعداد اجرای شبیه‌سازی تعیین شود. معمولاً در زمان شروع شبیه‌سازی به‌دلیل نبود اطلاعات، وضعیت سیستم در نقاط اندازه‌گیری شاخص‌های عملکرد ثابت نیست که به آن «دوره‌ی وارم‌آپ» می‌گویند. در این تحقیق داده‌های مربوط به موجودی اولیه و ذخیره‌ی اطمینان برای دوره‌ی اول در دسترس نیست؛ بنابراین این دوره را که وضعیت سیستم، متفاوت از دوره‌های دیگر است به‌عنوان دوره‌ی وارم‌آپ در نظر می‌گیریم. محاسبه‌ی حداقل تعداد تکرار مورد نیاز در اجرای شبیه‌سازی مطابق رابطه‌ی ۱۴ انجام می‌شود.[۲۲] در این رابطه، n تعداد تکرار مورد نیاز، z انحراف نرمال استاندارد، p احتمال عملکرد نامطلوب، E درصد خطا در برآورد احتمال p، و m تعداد متغیرهای تصادفی است. در سطح اطمینان ۹۰ درصد، حداقل تعداد تکرار برای شبیه‌سازی سیستم مورد مطالعه برابر با ۵۶۴۹۷ است:

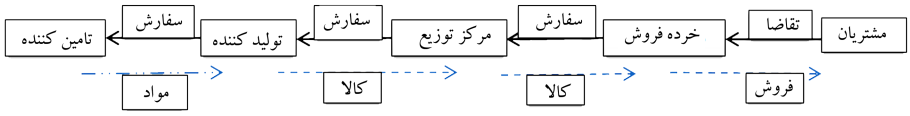
$$n = (100 \times z/E)^2 \times (1 - p/p) \times m$$

$$n = ((100 \times 1{,}29)/0{,}6)^2 \times (1 - 0{,}45/0{,}45) \times 1 \rightarrow n = 56497 \quad (14)$$

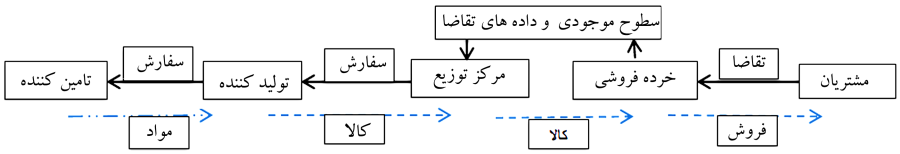
برخی از پارامترهای حائز اهمیت در مدل اجرای شبیه‌سازی برای استراتژی‌های VMI، CPFR و TSC در جدول ۸ ذکر شده است.

۴.۵. اعتبارسنجی نتایج

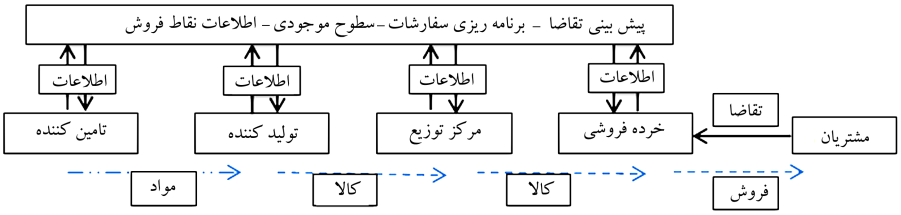
پس از اجرای برنامه‌ی شبیه‌سازی، به‌منظور تعیین اعتبار نتایج، از روش به‌کار گرفته شده توسط ساری استفاده می‌کنیم.[۱۰] در این روش، تقاضاهای ایجاد شده در



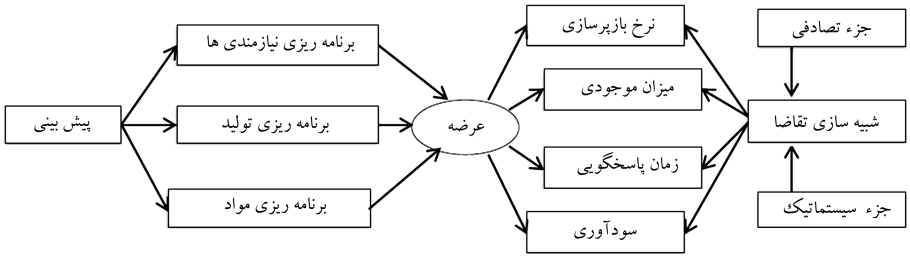
شکل ۴. ساختار استراتژی سنتی تأمین.[۱۰]



شکل ۵. ساختار استراتژی VMI.[۱۰]



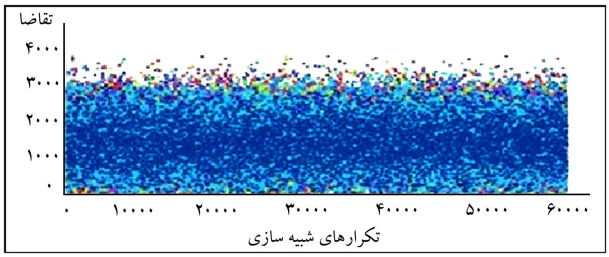
شکل ۶. ساختار استراتژی CPFR.[۱۰]



شکل ۷. مدل اجرای شبیه‌سازی.

جدول ۸. نحوه محاسبه پارامترهای شبیه‌سازی.

پارامتر	استراتژی	سطوح زنجیره‌ی تأمین	نحوه محاسبه
موجودی اولیه	TSC,VMI	خرده‌فروش	میزان موجودی در طول دوره‌ی قبل - میزان تقاضای شبیه‌سازی شده دوره‌ی قبل
	CPFR	خرده‌فروش	میزان موجودی در طول دوره‌ی قبل + دریافت استثنائات - میزان تقاضای شبیه‌سازی شده دوره‌ی قبل
	TSC,VMI,CPFR	سایر اعضای زنجیره	میزان موجودی در طول دوره‌ی قبل - میزان انتقال به اعضای پایین‌دست در دوره‌ی قبل
میزان نیاز	TSC,VMI,CPFR	تمام اعضا در TSC تولیدکننده در VMI خرده‌فروش در CPFR	میزان پیش‌بینی + ذخیره احتیاطی - موجودی اولیه
	VMI	مرکز توزیع	میزان نیاز عضو پایین‌دست + ذخیره احتیاطی - موجودی اولیه
	CPFR	سایر اعضای زنجیره	
موجودی در طول دوره	TSC,VMI	تمام اعضای زنجیره	موجودی در ابتدای دوره + میزان انتقال از اعضای بالادست
	CPFR	خرده‌فروش	موجودی در ابتدای دوره + میزان انتقال از اعضای بالادست + میزان دریافت استثنائات
	CPFR	سایر اعضای زنجیره	موجودی در ابتدای دوره + میزان انتقال از اعضای بالادست
میزان انتقال	TSC,VMI	تمام اعضای زنجیره	میزان نیاز عضو پایین‌دست با تعریف شرط
	CPFR	تمام اعضای زنجیره	میزان نیاز عضو پایین‌دست بدون تعریف شرط
نرخ بازپرسازی	CPFR,TSC,VMI	خرده‌فروش	میزان موجودی در طول دوره/میزان تقاضای شبیه‌سازی شده
شاخص موجودی	TSC,VMI,CPFR	تمام اعضای زنجیره	موجودی نهایی خرده‌فروش + موجودی نهایی مرکز توزیع + موجودی نهایی تولیدکننده (مواد و کالا)



شکل ۸. تعیین اعتبار نتایج شبیه‌سازی.

اجرای شبیه‌سازی را روی نمودار پراکندگی نمایش می‌دهیم. اگر ساختار نمودار بیان‌گر تصادفی بودن مقدار تقاضاهای ایجاد شده باشد، نتایج به دست آمده از اجرای شبیه‌سازی معتبر است. در شکل ۸ تقاضاهای ایجاد شده روی نمودار پراکندگی نشان داده شده است که با توجه به آن پیداست که مقادیر تقاضا کاملاً تصادفی انتخاب شده‌اند و نتایج از اعتبار برخوردارند.

۶. تجزیه و تحلیل نتایج

نتایج به دست آمده از اجرای شبیه‌سازی سه استراتژی VMI، CPFR و TSC برمبنای شاخص‌های نرخ بازپرسازی، میزان موجودی، زمان پاسخ‌گویی و سودآوری، در جدول ۹ با سطح اطمینان ۹۰ درصد و در جدول ۱۰ با سطح اطمینان ۹۹ درصد ذکر شده است. این نتایج به‌صورت مقادیر متوسط در دوره‌های مختلف (به‌استثناء دوره‌ی اول) مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سودآوری به‌صورت مقدار ریالی به‌ازای یک واحد کالا مشخص شده است. در انتهای هر جدول، میانگینی از تمامی دوره‌ها به‌عنوان نتیجه‌ی نهایی در نظر گرفته شده است.

به‌منظور بررسی و ارائه‌ی پاسخ به این که آیا استراتژی CPFR و VMI برمبنای شاخص‌های تعیین شده، دارای تأثیر کافی روی استراتژی سنتی تأمین هستند یا نه، و آیا استراتژی VMI و CPFR در مقایسه با هم به‌اندازه‌ی کافی متفاوت‌اند یا خیر؟ از تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA) در نرم‌افزار Minitab۱۶ استفاده می‌کنیم. در تحلیل واریانس چندمتغیره، اگر ارزش احتمال (P-Value) کوچک‌تر یا مساوی مقدار α یا خطای در نظر گرفته شده باشد، عوامل مستقل دارای تأثیر کافی بر عوامل وابسته هستند. در جدول ۱۱ خلاصه‌یی از محاسبات انجام شده در MANOVA ارائه شده است.

۱.۶. مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۰ درصد

نتایج تحلیل واریانس در MANOVA نشان می‌دهد، که هر سه استراتژی TSC، VMI و CPFR در شرایطی که ریسک زیاد باشد از لحاظ شاخص‌های سودآوری، زمان پاسخ‌گویی، میزان موجودی و نرخ بازپرسازی به‌اندازه‌ی کافی متفاوت از هم هستند. در شکل ۹ مقایسه‌ی استراتژی‌های برمبنای شاخص‌های تعیین شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد نشان داده شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود استراتژی CPFR در هر چهار شاخص مذکور نسبت به استراتژی‌های TSC و VMI عملکرد بهتری دارد، و استراتژی VMI نیز موجب بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین سنتی شده است.

۲.۶. مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۹ درصد

نتایج تحلیل واریانس در MANOVA نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد یا در شرایطی که ریسک کم باشد، استراتژی CPFR از لحاظ هر چهار شاخص مذکور به‌اندازه‌ی کافی متفاوت از استراتژی TSC است، اما استراتژی CPFR در مقایسه با VMI و استراتژی VMI در مقایسه با استراتژی TSC تنها از لحاظ شاخص سودآوری به‌اندازه‌ی کافی متفاوت از هم نیستند.

در شکل ۱۰ مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داده شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود استراتژی CPFR در هر چهار شاخص مذکور نسبت به استراتژی TSC عملکرد بهتری دارد، و در مقایسه با استراتژی VMI از لحاظ شاخص‌های زمان پاسخ‌گویی، میزان موجودی و نرخ بازپرسازی موجب بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین شده است.

با به دست آوردن همبستگی شاخص‌های عملکرد در نرم‌افزار Minitab، می‌توان نوع ارتباط آنها را دریافت. در جدول ۱۲ همبستگی شاخص‌های عملکرد نشان داده شده است.

چنان که مشاهده می‌شود با افزایش نرخ بازپرسازی (FR)، درصد بالاتری از تقاضای مشتریان برآورده می‌شود. بنابراین سودآوری (π) افزایش، و به‌علت گردش

جدول ۹. نتایج به دست آمده از اجرای شبیه‌سازی (۹۰ درصد اطمینان).

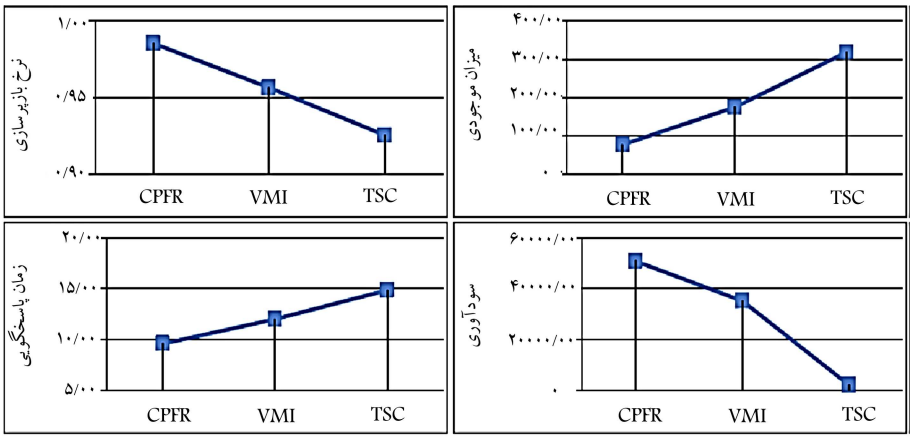
دوره		۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	متوسط
نرخ بازپرسازی	CPFR	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۹
	VMI	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶
	TSC	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۹۳
میزان موجودی (تعداد)	CPFR	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۸۳	۷۷
	VMI	۲۱۱	۱۳۱	۱۸۴	۲۰۲	۱۲۵	۱۹۳	۲۱۰	۱۸۲	۱۵۹	۱۲۳	۲۱۲	۱۷۵
	TSC	۳۶۷	۲۷۴	۳۲۴	۳۵۴	۳۱۹	۳۳۰	۳۱۱	۲۵۷	۳۳۴	۳۵۳	۲۸۷	۳۱۹
زمان پاسخ‌گویی	CPFR	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۰	۹	۹	۹	۹	۷	۱۰
	VMI	۱۱	۱۲	۱۳	۱۳	۱۱	۱۲	۱۲	۱۱	۹	۱۴	۱۳	۱۲
	TSC	۱۷	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۴	۱۵	۱۵	۱۵	۱۰	۱۵
سودآوری (هزار ریال)	CPFR	۴۸	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۰	۵۰	۴۹	۵۰
	VMI	۴۹	۵۱	۵۰	۴۸	۲۴	۱۷	−۲	−۳	۵۱	۴۹	۵۰	۳۵
	TSC	۴۹	۴۸	۴۶	۴۷	۴۸	۴۹	۶	−۵۰	−۶۹	−۷۳	−۷۸	۲

جدول ۱۰. نتایج به دست آمده از اجرای شبیه‌سازی (۹۹ درصد اطمینان).

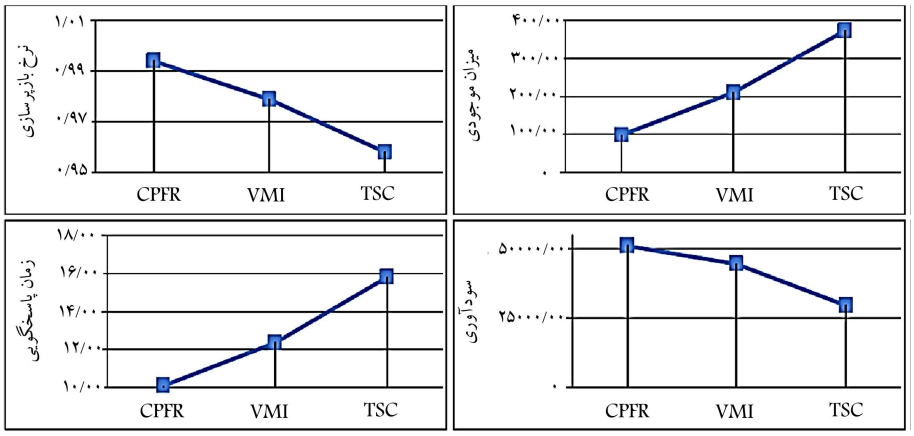
دوره		۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	متوسط
نرخ بازپرسازی	CPFR	۱	۰/۹۹	۱	۱	۱	۱	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹
	VMI	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸
	TSC	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۶
میزان موجودی (تعداد)	CPFR	۹۷	۹۸	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۶	۱۰۹	۹۸
	VMI	۲۴۸	۱۶۲	۲۱۸	۲۳۷	۱۵۶	۲۲۸	۲۴۶	۲۱۶	۲۰۷	۱۴۷	۲۴۸	۲۱۰
	TSC	۳۴۵	۳۱۵	۳۷۴	۴۱۳	۳۷۳	۳۸۳	۳۶۲	۳۱۰	۳۸۷	۴۲۴	۴۰۵	۳۷۲
زمان پاسخ‌گویی (روز)	CPFR	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۷	۱۰
	VMI	۱۴	۱۲	۱۴	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۹	۱۲	۱۴	۱۴	۱۲
	TSC	۱۵	۱۷	۱۸	۱۷	۱۷	۱۷	۱۶	۱۷	۱۶	۱۰	۱۶	۱۶
سودآوری (ریال)	CPFR	۵۰	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۵۰	۵۰	۵۱
	VMI	۵۱	۵۲	۵۰	۵۲	۴۲	۴۰	۳۲	۱۵	۵۱	۴۹	۵۱	۴۴
	TSC	۵۱	۴۹	۴۸	۴۹	۵۰	۵۰	۳۹	−۱	−۲	−۴	−۴	۲۹

جدول ۱۱. مقادیر ارزش احتمال.

سطح اطمینان	عوامل مستقل	عوامل وابسته (P-Value)			
	استراتژی	نرخ بازپرسازی	میزان موجودی	زمان پاسخ‌گویی	سودآوری
٪۹۰ $\alpha = ۰/۱$	CPFR * TSC	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
	VMI * TSC	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
	VMI * CPFR	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
٪۹۹ $\alpha = ۰/۰۱$	CPFR * TSC	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱
	VMI * TSC	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹
	VMI * CPFR	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۷



شکل ۹. مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۰ درصد.



شکل ۱۰. مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۹ درصد.

جدول ۱۲. همبستگی شاخص‌های عملکرد.

	سطح اطمینان ۹۰٪				سطح اطمینان ۹۹٪			
	سودآوری	زمان پاسخگویی	میزان موجودی	نرخ بازپرسازی	سودآوری	زمان پاسخگویی	میزان موجودی	نرخ بازپرسازی
نرخ بازپرسازی	۰/۶۹۹ ۰/۰	−۰/۵۷۱ ۰/۰	−۰/۷۳۹ ۰/۰	*	۰/۶۴ ۰/۰۰	−۰/۵۵ ۰/۰۰	−۰/۸۲۶ ۰/۰۰	*
میزان موجودی	−۰/۴۳۷ ۰/۰	۰/۸۴۸ ۰/۰	*	*	−۰/۵۱۱ ۰/۰۰	۰/۷۶۱ ۰/۰۰	*	*
زمان پاسخگویی	−۰/۲۱۹ ۰/۱	*	*	*	−۰/۱۵۷ ۰/۰۱	*	*	*
	میزان همبستگی ارزش احتمال				محتوای سلول			

سریع‌تر موجودی، میزان موجودی (I) و زمان پاسخگویی (TR) کاهش می‌یابد. افزایش موجودی نیز موجب افزایش هزینه‌های نگه‌داری، تولید و خرید می‌شود، و لذا سودآوری کاهش و زمان پاسخگویی افزایش می‌یابد. این روابط چنین تعریف می‌شوند:

$$FR \uparrow \rightarrow I \downarrow \rightarrow TR \downarrow \rightarrow \pi \uparrow \qquad I \uparrow \rightarrow \pi \downarrow \rightarrow TR \uparrow$$

۷. نتایج

در این مطالعه دو استراتژی CPFR و VMI را با هدف بهبود عملکرد از طریق ایجاد همکاری، ارزیابی و مقایسه کردیم. با اجرای شبیه‌سازی در برنامه‌ی کریستال‌بال و تحلیل نتایج در MANOVA، یافته‌های به دست‌آمده عبارت‌اند از:

- با مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۰ درصد:

۱. استراتژی CPFR موجب ۳۵٪ بهبود زمان پاسخگویی، ۷۶٪ کاهش موجودی، ۶٪ افزایش نرخ بازپرسازی و ۹۶٪ افزایش سودآوری نسبت به استراتژی سنتی تأمین شد.

۲. استراتژی VMI موجب ۱۹٪ کاهش زمان پاسخگویی، ۴۵٪ کاهش موجودی، ۳٪ افزایش نرخ بازپرسازی، و افزایش سودآوری به میزان ۹۴٪ نسبت به استراتژی سنتی تأمین شد.

۳. استراتژی CPFR موجب ۲۰٪ بهبود زمان پاسخگویی، ۵۶٪ کاهش موجودی، ۳٪ افزایش نرخ بازپرسازی و ۳۱٪ افزایش سودآوری نسبت به استراتژی VMI شد.

- با مقایسه‌ی استراتژی‌های در سطح اطمینان ۹۹ درصد:

۱. استراتژی CPFR موجب ۳۶٪ بهبود زمان پاسخگویی، ۷۳٪ کاهش موجودی، ۳٪ افزایش نرخ بازپرسازی و ۴۲٪ افزایش سودآوری نسبت به استراتژی سنتی تأمین شد.

۲. استراتژی VMI موجب ۲۲٪ بهبود زمان پاسخگویی، ۴۳٪ کاهش موجودی و ۲٪ افزایش نرخ بازپرسازی نسبت به استراتژی سنتی تأمین شد.

۳. استراتژی CPFR زمان پاسخگویی را به میزان ۱۸٪، موجودی را به میزان ۵۳٪ و نرخ بازپرسازی را به‌میزان ۱٪ نسبت به استراتژی VMI کاهش داد.

۴. استراتژی CPFR و VMI از لحاظ شاخص سودآوری به‌اندازه‌ی کافی متفاوت از هم نیستند.

۵. استراتژی TSC و VMI از لحاظ شاخص سودآوری به‌اندازه‌ی کافی متفاوت از هم نیستند.

در نهایت با تعیین همبستگی میان شاخص‌های عملکرد، مشخص شد که نرخ بازپرسازی با سودآوری ارتباط مستقیم و با میزان موجودی و زمان پاسخ‌گویی ارتباط معکوس دارد.

۸. نتیجه‌گیری

بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی مقایسه و انتخاب استراتژی‌ها، تنها به ارائه‌ی راهنمایی‌ها و مشخص کردن چارچوبی کلی برای انتخاب یک استراتژی مناسب اکتفا کرده‌اند. در این میان، انجام مطالعه‌یی خاص که به‌صورت کمی و متناسب با شرایط واقعی به مقایسه‌ی استراتژی‌ها بپردازد مورد نیاز است. در این مطالعه، با بررسی جوانب مختلف عملکرد یک زنجیره‌ی تأمین خاص تحت شرایط ریسک دریافتیم که در شرایط ریسک بالا استراتژی CPFR عملکرد بهتری دارد اما در شرایط ریسک کم دو استراتژی از لحاظ مهم‌ترین شاخص یعنی سودآوری تفاوت چندانی ندارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود از استراتژی VMI که هزینه‌ی پیاده‌سازی کم‌تری نیز دارد استفاده شود. در پایان ذکر این نکته الزامی است که نتایج به دست آمده خاص زنجیره‌ی تأمین مورد مطالعه و منطبق بر داده‌های این زنجیره است، که این نتایج ممکن است در زنجیره‌های تأمین دیگر متفاوت از این باشند.

۹. پیشنهادات

زنجیره‌ی تأمین بررسی شده در این تحقیق، چهارسطحی با یک عضو در هر سطح است. در نظر گرفتن زنجیره‌ی تأمینی را که شامل چندین عضو باشد می‌توان به‌عنوان پیشنهادی در راستای توسعه‌ی این تحقیق مطرح کرد. همچنین مقایسه‌ی دیگر استراتژی‌های زنجیره‌ی تأمین مانند استراتژی‌های ناب و چابک یا ترکیبی از آنها با استراتژی‌های مورد بررسی در این تحقیق به‌عنوان یک پیشنهاد جدید، حائز اهمیت است.

پانوشت‌ها

۱. مدت زمان بین سفارش خرید تا دریافت کالا.
2. vendor managed inventory
3. collaborative planning, forecasting and replenishment
4. retail
5. profit margine
6. Wal-Mart
7. IBM
8. Warner-Lambert
9. SAP
10. traditional supply chain
۱۱. مقدار تعیین شده‌یی که اگر موجودی کالا در انبار به این میزان رسید باید برای سفارش مجدد کالا اقدام شود.
۱۲. وقتی از سطح مشتری جزء به سطح بالاتری در زنجیره تأمین حرکت کنیم، تغییرات کوچک در سطح پایین، تغییراتی عمده را در سطوح بالاتر زنجیره ایجاد می‌کند، که اثر خود را از طریق افزایش هزینه و ضعف در سطح خدمات، نشان می‌دهد.
۱۳. یک روش شناخته‌شده در کنترل ریسک های مرتبط با شبیه‌سازی که در این روش برای نشان دادن عدم اطمینان در یک متغیر، با صدها و هزاران بار تکرار مدل، متغیر احتمالی با اعداد تولید شده از یک توزیع مناسب، جایگزین می‌شود.
14. crystal ball
15. fill rate
16. total inventory
17. distribution center
18. Poli Propilen
19. master bach
20. scatter diagram
21. time series
22. seasonality
23. trend
24. level
25. random
26. Winter
27. unbias
28. mean absolute deviation
29. entity
30. attribute
31. activities
32. state
33. event
34. warm-up

منابع (References)

1. Christopher, M. and Towill, D.R. "Developing market specific supply chain strategies", *Int. J. Logist. Manage.*, **13**(1), pp. 1-14 (2002).
2. Fisher, M.L. "What is the right supply chain fo your product?", Harv. Bus. Rev., pp. 105-116 (1997).
3. Christopher, M., Peck, H. and Towil, D. "A taxonomy for selecting global supply chain strategies", *Int. J. Logist. Manage.*, **17**(2), pp. 277-287 (2006).
4. Fawcett, S.E., Ellram, L.M. and Ogden, J.A., *Supply Chain Management: From Vision to Implementation*, Upper Saddle River, New Jessey, Prentice Hall (2007).
5. *Voluntary Interindustry Commerce Solutions (VICS) Association*, Collaborative, Planning, Forecasting and Replenishment, A White Paper (2008).
6. Angerhofer, B.J. and Angelides, M.C. "A model and a performance measurement system for collaborative supply chains", *Decision Support Systems*, **42**(1), pp. 283-292 (2006).
7. Holweg, M., Disney, S., Holmström, J. and Småros, J. "Supply chain collaboration: Making sense of the strategy continuum", *European Management Journal*, **23**(2), pp. 170-181 (2005).

8. Naslund, D. and Williamson, V. "What is management in supply chain management?", *Journal of Management Policy and Practice*, **11**(4), pp. 11-28 (2010).
9. Tyan, J. and Wee, H.M. "Vendor managed inventory: a survey of the Taiwanes grocery industry", *Jornal of Purchesing and Supply Management*, **9**, pp. 11-18 (2003).
10. Sari, K. "On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study", *Int. J. Production Economics*, **113**(2), pp. 575-586 (2008).
11. Lee, C. and Chu, W. "Who should control inventory in supply chain?", *European Journal of Operational Research*, **164**, pp. 158-172 (2005).
12. Waller, M., Johnson, M.E. and Davis, T. "Vendor managed inventory in the retail supply chain", *Journal of Business Logistics*, **20**, pp. 183-203 (1999).
13. Disney, S.M. and Towill, D.R. "A procedure for the optimization of dynamic response of a vendor managed inventory system", *Computer & Industrial Engineering*, **43**, pp. 27-58 (2002).
14. Dang, Y. and Xue, Y. "A supply chain model of vendor managed inventory", *Transportation Research Part E*, **38**, pp. 75-95 (2002).
15. *CPFR-Collaborative, Planning, Forecasting, Replenishment*, A White Paper, JD Edwards Company (2003),
16. Boone, T., Ganeshan, R. and Stenger, A.J. "The impact of CPFR on supply chain performance", Working paper, School of Business College of William and Mary Williamsburg, VA, pp. 1-14 (2000).
17. Fliedner, G. "CPFR: An emerging supply chain tool", *Industrial Management & Data Systems*, **103**(1), pp. 14-21 (2003).
18. Raghunathan, S. "Information sharing in a supply chain: A note on its value when demand is nonstationary", *Management Science*, **47**(4), pp. 605-610 (2001).
19. Attran, M. and Attran, S. "Collaborative supply chain management, the most promising practice for building efficient and sustainable supply chains", *Business Process Management Journal*, **13**(3), pp. 390-404 (2007).
20. Barratt, M. and Oliveria, A. "Exploring the experiences of collaborative planning initiatives", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, **31**(4), pp. 266-289 (2001).
21. Kazemi, Y. and Zhang, J. "Optimal decisions and comparison of VMI and CPFR under price-sensitive uncertain demand", *Journal of Industrial Engineering and Management*, **6**(2), pp. 547-567 (2013).
22. Isaksson, T. "Model for estimation of time and cost based on risk evaluation applied on tunnel projects", Doctoral Thesis, Royal, Institute of Technology Stockholm, Sweden (2002).