



Exploring the Different Information Sharing Scenarios in the Supply Chain by Simulation

R. Baradaran Kazemzadeh*, H.R. Eskandari & V. Kakavand

Reza B. Kazemzadeh, Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modares University.

Hamid-Reza Eskandari, Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modares University.

Vahid Kakavand, MS Industrial Engineering, Tarbiat Modares University.

Keywords

Supply Chain Management,
Information Sharing,
Simulation

ABSTRACT

As knowledge is power, information is power in supply chains. It (information) provides the decision maker the power to get ahead of the competition, the power to run a business smoothly and efficiently, and the power to succeed in an ever more complex environment. Information plays a key role in the management of the supply chain. But how the different combination of information sharing based on Information flow can affects the performance is not yet understood. In this study, information sharing scenarios is designed to analyze supply chain performance through a simulation model. We identify the most efficient scenario and estimate the each efficiency of information-sharing scenarios. Results show that two-way information sharing acts much more efficient than other scenarios and Demand information sharing is more efficient than Supply information sharing. In the end, using the factorial experiment design, the impact of demand process parameters on the profit of information sharing was explored, and it showed that the correlation coefficient between the demand in this period and prior periods, have the most positive impact on the profit from the two-way information sharing. Vice versa, the variance of error term in the demand process has the most negative impact on the profit.

© 2013 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 24, No. 3, All Rights Reserved

*
Corresponding author. Reza B. Kazemzadeh
Email: rkazem@modares.ac.ir

بررسی سناریوی های مختلف اشتراک اطلاعات در زنجیره تامین با استفاده از شبیه سازی

رضا برادران کاظم زاده^{*}، حمیدرضا اسکندری و وحید کاکاوند

کلمات کلیدی

مدیریت زنجیره تامین،
اشتراک اطلاعات،
شبیه سازی

چکیده:

همانطور که دانش در دنیای امروز یک قدرت به حساب می آید، اطلاعات نیز در زنجیره تامین یک قدرت است. اطلاعات، اعضاء یک زنجیره تامین را برای راه اندازی یک کسب و کار کارا و موفقیت در محیط رقابتی امروزی بسیار یاری می کند. اینکه چگونه ترکیب های مختلفی از اشتراک اطلاعات بر اساس جهت جریان اطلاعات می تواند روی عملکرد یک زنجیره تامین تاثیر بگذارد هنوز درک نشده است. در این مطالعه سناریوی های مختلف اشتراک اطلاعات طراحی گردیده و عملکرد زنجیره تامین با استفاده از شبیه سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. با ارزیابی عملکرد سناریوهای مختلف اشتراک اطلاعات در زنجیره تامین، بهترین سناریوی موجود انتخاب شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که اشتراک اطلاعات دوطرفه بسیار کارا تر از سایر سناریو ها عمل می کند و همچنین اشتراک اطلاعات تقاضا از اشتراک اطلاعات تامین با ارزش تر می باشد. ضمناً، با استفاده از طراحی آزمایشها، تاثیر پارامترهای فرایند تقاضا بر روی سود حاصل از اشتراک اطلاعات بررسی شد که نتایج نشان داد ضریب همبستگی بین تقاضا در این دوره و دوره قبل بیشترین تاثیر مثبت و واریانس جمله خطا در فرایند تقاضا، بیشترین تاثیر منفی را روی سود حاصل از اشتراک اطلاعات دوطرفه دارد.

۱. مقدمه

دسترسی به اطلاعات با یک نرخ نمایی در طول دهه های گذشته رو به افزایش بوده است. گسترش دسترسی به اطلاعات برای تصمیم گیرندگان مدیریت زنجیره تامین، فرصت ها و امکانات زیادی را برای بهبود کارایی زنجیره تامین ایجاد کرده است. راجع به اهمیت اطلاعات در زنجیره های تامین، فراوانی اطلاعات در دسترس و اینکه عملکرد یک زنجیره تامین ضرورتاً به چگونگی هماهنگی

شدن تصمیمات اعضای آن بستگی دارد، زیاد گفته شده است. به اشتراک گذاشتن اطلاعات، اساسی ترین شکل هماهنگی در زنجیره های تامین است [۱]. توسعه های اخیر در فن آوری اطلاعات سازمانی همچون سیستم های برنامه ریزی منابع سازمانی^۲ اجازه می دهند اطلاعات به صورت یکپارچه بین اعضای زنجیره تامین به اشتراک گذاشته شود. به هر حال، سودهای اشتراک اطلاعات میان اعضای زنجیره تامین با احتمال فراوان به ساختار زنجیره تامین، الگوهای تقاضا و مشخصه های عملیاتی همچون هزینه ها وابسته است [۲].

در این مطالعه به بررسی سناریوی های مختلف اشتراک اطلاعات در زنجیره تامین خواهیم پرداخت. چهار سناریوی مورد بحث قرار خواهند گرفت که این چهار سناریوی بر اساس جهت جریان اطلاعات در زنجیره تامین بین اعضای آن شکل می گیرد. در واقع هدف از این پژوهش مطالعه دقیق تر اشتراک اطلاعات از دیدگاه

تاریخ وصول: ۹۰/۶/۹

تاریخ تصویب: ۹۰/۸/۲۹

^{*} نویسنده مسئول مقاله: دکتر رضا کاظم زاده، استاد مسئول مکاتبه، دانشیار بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، rkazem@modares.ac.ir

حمید رضا اسکندری، استادیار بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، eskandari@modares.ac.ir

وحید کاکاوند، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، kakavand.vahid@gmail.com

² Enterprise Resource Planning

که در حوزه های مختلف در انتشارات متفاوت برای بررسی اثر اشتراک اطلاعات روی پویایی های زنجیره تامین مورد استفاده قرار گرفته اند، شناسایی شد. هوآنگ و همکارانش [۳] هفت عنصر از این عناصر را شناسایی کردند و ما نیز یک عنصر کلیدی دیگر را که اخیراً بحث آن مطرح شده است را به این عناصر اضافه کرده ایم که عبارتند از:

ساختار زنجیره تامین، سطح تصمیم گیری، نوع اطلاعات، سبک اشتراک، شاخص عملکرد پویایی، رویکرد مدل سازی زنجیره تامین، تحلیل داده ها و عنصر دیگر که کمتر مورد بررسی قرار گرفته شده: جهت جریان اطلاعات.

ساختارهای زنجیره تامین دو سطحی گوناگون زیادی در ادبیات مطالعه شده است. اولین کار صورت گرفته در این زمینه را می توان به کار آقای لی و همکارانش در سال ۲۰۰۰، دانست [۴]. آنها یک مدل تحلیلی از زنجیره تامین دو مرحله ای توسعه دادند که شامل یک خرده فروش و یک تولیدکننده بود. آنها از دو حالت (با اشتراک اطلاعات و بدون اشتراک اطلاعات) برای تحلیل استفاده کردند. نتایج نشان داد که اشتراک اطلاعات می تواند کاهش معنی داری در موجودی و هزینه به تولیدکننده فراهم کند. این ضروری است که ساختارهای زنجیره تامینی بنا ساخت که به اندازه کافی پیچیده اند تا بیانگر واقعیت باشند و به اندازه کافی برای بررسی توسط محقق ساده باشد [۵]. در پژوهشی توسط چنگ ژانگ و چنگ ژانگ هونگ [۶] زنجیره تامین سه رده ای مورد توجه قرار گرفت که محصولات خود را از تولیدکننده به مشتریان نهایی بعد از عبور از توزیع کننده (عمده فروش) و خرده فروش انتقال می دهد.

با اشتراک اطلاعات تقاضا در زنجیره تامین، هر کدام، از تقاضای نهایی بازار برای محصولات آشنا هستند و چنین اطلاعاتی را برای پیش بینی تقاضای آینده استفاده می کنند. توزیع کننده به عنوان یک میانه بین خرده فروش و تامین کننده عمل می کند و در واقع خودش را به عنوان یک واسطه بین تقاضای خرده فروش و تامین تامین کننده مدیریت می کند. آنها نشان دادند با حذف توزیع کننده سودهای زیر بدست می آید: اول، میزان کل موجودی زنجیره تامین کاهش می یابد. دوم، با کاهش رده های میانی زنجیره از تحریف تقاضا در طول زنجیره کاسته می شود و در نتیجه اثر شلاقی را آرام می کند. یک مثال موفق برای چنین روند کسب و کاری شرکت Dell است که کانال مستقیمی را برای خرید مشتریان باز کرد که با این کار در سرتاسر جهان حدود ۲۱/۷ میلیارد دلار در سال ۱۹۹۹ سود برد [۷].

چن و همکارانش [۸] در یک ساختار شبکه ای، زنجیره تامین چهار سطحی شامل تامین کننده، تولیدکننده، توزیع کننده و خرده فروش در نظر گرفتند. اطلاعات تقاضا و سطح موجودی به

جدیدی است که تا حالا مورد پژوهش قرار نگرفته است. در چند سال اخیر تنها چند مورد از کارهای صورت گرفته در زمینه اشتراک اطلاعات به بررسی اشتراک اطلاعاتی که از اعضای بالادست زنجیره در اختیار اعضای پایین دست قرار می گیرد پرداخته اند و در واقع بیشتر کارهای صورت گرفته به مطالعه اشتراک اطلاعاتی پرداخته اند که اعضای پایین دست زنجیره در اختیار اعضای بالادست آن قرار می دهند. عواملی که برای اندازه گیری سودهای اشتراک اطلاعات در نظر گرفته می شود عبارتند از: هزینه ها (هزینه های نگهداری و کمبود)، ساختار تقاضا، زمان انتظار^۱ و نرخ تامین.

از آنجائیکه در منابع ادبیاتی ساختارهایی که در مطالعات اشتراک اطلاعات مورد بررسی قرار گرفته اند بیشتر ساختار دوتایی و خطی دارند، که برای تحلیل بسیار ساده اند و از ساختار یک زنجیره تامین واقعی تا حدودی دور می باشند، لذا در این مطالعه ساختار شبکه ای در نظر گرفته شده است که در هر رده آن چند عضو وجود دارد و از طرفی وجود دو کالا در این زنجیره از دیگر مزیت های این مطالعه می باشد که در کارهای صورت گرفته قبلی زنجیره تامین تک محصولی در نظر گرفته می شد. وجود همبستگی بین تقاضاهای خرده فروشان در حالت زمان انتظار مخالف صفر مورد بررسی قرار نگرفته بود، که در این پژوهش این مطلب علاوه بر در حالت زمان انتظار ثابت، در حالت متغیر نیز مورد تحلیل و پژوهش قرار گرفت. فرایند تقاضای مورد مطالعه شامل سه جزء، تقاضای دوره قبل، عمل خرده فروش (شامل تبلیغات، بازار یابی و ...) و جمله خطا می باشد که این اجزاء هر سه با هم تا حالا به صورت همزمان در یک مدل با زمان انتظار متغیر تا حالا در نظر گرفته نشده اند که این کار را برای محاسبات بسیار پیچیده و دشوار می کند.

در این پژوهش از رویکرد شبیه سازی استفاده شده است. با استفاده از یک نرم افزار شبیه ساز به نام Arena عملیات مختلف یک زنجیره تامین چهار رده ای شبیه سازی شده است و اثر پارامترهای مختلف ساختار زنجیره تامین بروی متغیرهای عملکرد بررسی و مورد تحلیل قرار گرفته شده است.

۲. پیشینه تحقیق

بیشتر مقالات مرور شده در این پژوهش از سال ۲۰۰۰ به بعد منتشر شده اند، تا بتوان مرزهای پژوهش در این زمینه را در سال های اخیر پیدا کنیم. به منظور حفظ پیوستگی بین مقالات، این مرور بر اساس یک چارچوب اسکلت بندی شده صورت می گیرد. با مطالعه مقالات و انتشارات در این زمینه، عناصر کلیدی و عمومی

¹ Lead Time

اشتراک گذاشته شد. سناریوی‌های متفاوت اشتراک اطلاعات بوسیله تحلیل نتایج معیارهای عملکرد شامل هزینه کل، نرخ تکمیل سفارش، سطح خدمت به مشتری و مدت چرخه سفارش برای بررسی اثر اشتراک اطلاعات روی عملکرد زنجیره تامین طراحی شد. از طریق تجربیات شبیه‌سازی و تحلیل DEA این نتایج بدست آمد که بعد از اشتراک اطلاعات تقاضا و موجودی، اعضای مشمول در زنجیره تامین می‌توانند سطح موجودی، سیاست موجودی و اطلاعات تقاضای واقعی مشتری را تشخیص دهند. بنابراین، شرکاء در طول زنجیره می‌توانند تصمیمات موثر و بسیار واقعی‌تری را بنا سازند. بعلاوه، معیارهای عملکرد مورد نظر می‌تواند به طور برجسته‌ای بهبود یابد.

عموماً، بیش از ۶۰ درصد از کل هزینه‌ها در زنجیره تامین خارج از تولید رخ می‌دهد، اکثراً در هزینه‌های موجودی و حمل‌ونقل اتفاق می‌افتد [۵].

بعلاوه، محصولات بیشتر وقتشان را در زنجیره تامین در نواحی دیگری نسبت به تولید واقعی محصول می‌گذارند. به این دلایل، بیشتر پژوهش‌ها در اشتراک اطلاعات در زنجیره تامین روی کاهش موجودی در زنجیره تامین متمرکز شده‌اند. چنگ و وو [۹] در یک پژوهش اثر اشتراک اطلاعات موجودی را بررسی کردند و نشان دادند که با به اشتراک گذاشتن اطلاعات موجودی، سطح موجودی و هزینه نگهداری موجودی در هر دو عضو زنجیره تامین کاهش یافت و سیاست موجودی بهینه هر کدام روی سه سطح از اشتراک اطلاعات بدست آمد. این کار توسط گاورنری [۷] نیز پژوهش شد که نتیجه آن بهبود در عملکرد زنجیره تامین با میانگین حدود ۵٪ و با حداکثر ۱۶/۳٪ بود.

هوآنگ و همکارانش [۳]، ۶ دسته از شاخص‌های عملکرد را شناسایی کردند: فرایند، موجودی، منبع، خدمت به مشتری، اثر شلاقی و مالی. که از میان آنها، درآمد و سود به طور گسترده همچون هزینه‌های عملیاتی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. علت آن است که اکثر کارهای صورت گرفته در اشتراک اطلاعات در زنجیره تامین با این فرض بنا شده‌اند که هزینه و قیمت کالا ثابت می‌باشد.

رویکرد مدل‌سازی زنجیره تامین یک نداشت بین حوزه‌های اطلاعات به اشتراک گذاشته شد و شاخص‌های عملکرد است. رویکردهای مدل‌سازی اساساً در سه طبقه قرار گرفته است: مدل-های تحلیلی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و مدل‌های شبیه‌سازی [۵]. در رویکرد تحلیلی، ویژگی‌های مدل زنجیره تامین توسط نظریه‌های ریاضی مثل احتمال و محاسبات بدست می‌آید. برای مثال، یائو و دیرسیر [۱۰] در مقاله‌شان مدل‌های لی و همکارانش [۴] و راگانان و همکارانش [۱۱] که به ترتیب روی ارزش اشتراک اطلاعات روی زنجیره تامین دو سطحی و اثر برنامه بازپر-

سازی مداوم (CRP^1) بین تولیدکننده و خرده‌فروش کار شده بود را توسعه دادند، تا سودهای تشخیص داده شده برای تولیدکننده-گان و خرده‌فروشان را تحت اشتراک اطلاعات، CRP یا VMI را تحلیل کنند و توزیع سودهای بین آنها را با استفاده از یک مدل تحلیلی مقایسه کنند. اکثر مدل‌های زنجیره تامین دو سطحی، مدل‌های تحلیلی هستند.

رویکرد شبیه‌سازی، یکی از گسترده‌ترین متدلوژی‌های مدیریت عملیات است. در صحنه مدیریت زنجیره تامین، مدل‌های شبیه-سازی به توصیف این مطلب می‌پردازد که یک زنجیره تامین چگونه در طول زمان به عنوان تابعی از پارامترها و سیاست‌ها عمل خواهد کرد. یک زنجیره تامین سیستم پیچیده‌ای است جایی که بسیاری از عوامل همزمان در حال کار کردن هستند [۶]. چن و همکارانش [۸] در مطالعه‌ای با استفاده از شبیه‌سازی اثر اشتراک اطلاعات را با سناریوی‌های مختلف در یک زنجیره تامین چند سطحی بررسی کردند و به نتایج قابل توجهی رسیدند. سون و لیم [۱۲] نیز با استفاده از شبیه‌سازی *Monte Carlo* برای شبیه‌سازی شرایط گوناگون بازار سیاست اشتراک اطلاعات و مدل پیش‌بینی درست را در یک زنجیره تامین متمرکز و نا-متمرکز بررسی کرد.

بر طبق جهت جریان اطلاعات در بین اعضای زنجیره تامین، اشتراک اطلاعات می‌تواند به دو دسته طبقه بندی شود: اشتراک اطلاعات جنبه تقاضا و اشتراک اطلاعات جنبه تامین. اطلاعات جنبه تقاضا اطلاعاتی است که از طرف پایین‌دست زنجیره تامین به سمت بالای زنجیره حرکت می‌کند و اطلاعات جنبه تامین برعکس [۱۳]. یک عضو زنجیره تامین، مثل یک تولیدکننده، نه تنها به دانستن اطلاعات جنبه تقاضا از پایین‌دست احتیاج دارد بلکه همچنین باید دسترسی تامین خودش را آنهم از تامین‌کننده همزمان در نظر بگیرد تا تقاضا را با تامین تطبیق دهد و پدیداری کامل اطلاعات را بدست آورد.

ولی پژوهش در این زمینه ناچیز است و سزاوار است که کاوش-های بیشتری در این زمینه در پژوهش‌های آینده صورت بگیرد. در حالی که اکثر پژوهش‌ها در زمینه اشتراک اطلاعات در سال‌های اخیر روی ارزش اشتراک اطلاعات تقاضا متمرکز شده است، اشتراک اطلاعات تامین کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است که می‌تواند به بهبود زنجیره تامین به خوبی اشتراک اطلاعات تقاضا کمک کند.

تنها چند مقاله مربوط به اشتراک اطلاعات تامین یافتیم که در اشتراک اطلاعات محموله، زمان انتظار و ظرفیت تولید در زنجیره‌های مختلف تامین متمرکز شده بودند [۱۴-۱۵]. در کل،

¹ Continuous replenishment program

اعضای مشمول در طراحی پژوهش در یک نظم ترتیبی در طول زنجیره عمل می کنند و یک سیاست کنترل موجودی معینی را بدون بهینه سازی های هوشمندانه پیروی می کنند.

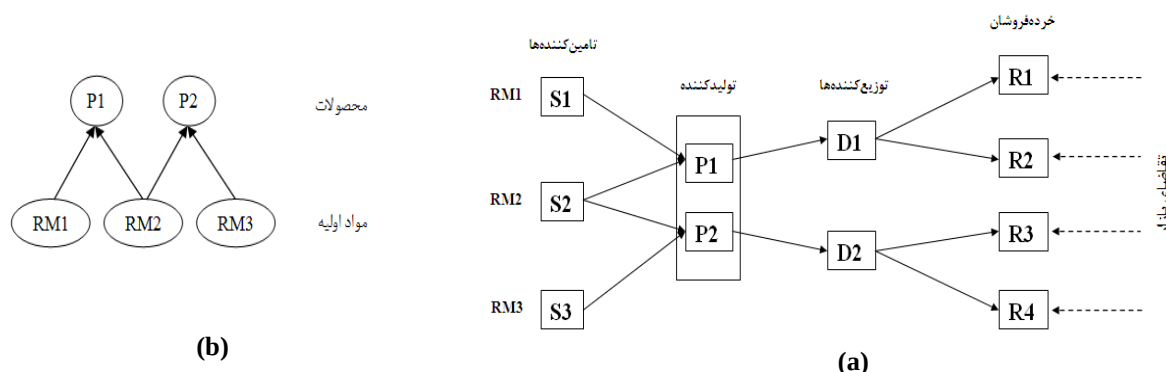
۳-۱. ساختار زنجیره تامین و تنظیمات

نهادهایی را در شبکه زنجیره تامین مدل سازی کرده ایم شامل چهار سطح متفاوت: خرده فروشان، توزیع کننده ها، تولیدکننده و تامین کننده ها. هر نهاد وظایف خود را شامل دریافت سفارشات، دریافت محموله از تامین کننده خود، تکمیل کردن سفارشات، محاسبه کردن سطوح موجودی و پس افت ها، پیش بینی کردن تقاضاها، قرار دادن سفارشات به تامین کننده خود و منتظر ماندن برای رسیدن محموله در آینده، انجام می دهد. رفتار ترکیبی هر نهاد یک محیط پیچیده ای را تشکیل می دهد. زنجیره تامین مورد مطالعه شامل سه تامین کننده (تامین کننده-های ۱ و ۳ دارای ظرفیت محدود می باشند)، یک تولیدکننده، دو توزیع کننده و چهار خرده فروش می باشد، که این زنجیره ترکیبی از ساختار واگرا و همگرا است. نمایشی از آن در شکل ۱ ارائه شده است.

در پیشینه پژوهش کاری صورت نگرفته که نشان دهد کدام نوع اشتراک اطلاعات بر مبنای جهت اطلاعات برای اعضای زنجیره تامین کارا تر و مفیدتر است و مقایسه ای را برای آنها انجام دهد. از آنجائیکه اطلاعات در یک زنجیره تامین به صورت رفت و برگشت می باشد به نظر می رسد که اشتراک اطلاعات دو طرفه بسیار بهتر و با ارزش تر باشد ولی تا جایی که مطالعه کرده ایم چنین کاری بررسی و پژوهش نشده است.

۳. مدل شبیه سازی

در این پژوهش، یک رویکرد شبیه سازی به کار برده ایم تا سود حاصل از اشتراک اطلاعات در یک زنجیره تامین چهار رده ای را شناسایی کنیم. فرایند شبیه سازی مراحل ۸ گانه دیوید کلتون و همکارانش [۱۶] را دنبال می کند. سیستم در این مطالعه یک حالت گسسته است زیرا فعالیت های اعضای زنجیره تامین، همچون تکمیل سفارش، بازسازی موجودی و تحویل کالا، یا توسط سفارشات یا با ورود محموله ها در نقاطی از زمان راه اندازی می شود. بنابراین، این فعالیت ها می تواند به عنوان رویدادهای گسسته دیده شود. تمرکز پژوهش این است که کمک کند تا سازمان ها سودهای حاصل از سناریوی های مختلف اشتراک اطلاعات را در زنجیره تامین شان درک و ارزیابی کنند. بنابراین،



شکل ۱. مدل ساختار زنجیره تامین مورد مطالعه در پژوهش (a) و فهرست مواد اولیه برای تولید دو کالا در زنجیره تامین (b)

$AR(1)$ پیروی می کند. فرض می کنیم D_t^{rk} فرایند تقاضا در زمان t در خرده فروش k ام باشد:

$$D_t^{rk} = d^{rk} + \rho D_{t-1}^{rk} + q X_{t-1}^{rk} + \varepsilon_t^{rk} \quad (1)$$

^۱ رویکردی که در این تحقیق ارائه شده است می تواند به تحلیل فرآیندهای تقاضای بسیار عمومی همچون $AR(n)$ گسترده شود، که تحلیل را بسیار پیچیده می کند. از آنجائیکه هدف ما بدست آوردن بینش های مدیریتی پایه است، ما توجه مان را به فرایند $AR(1)$ محدود خواهیم کرد.

خرده فروشان با عدم اطمینان، یعنی تقاضای متغیر در طول زمان برای هر دو محصول، مواجه هستند. بین تقاضا در خرده-فروش ۱ و خرده فروش ۲ همبستگی وجود دارد. تقاضای ایجاد شده بوسیله مشتری نهایی از یک فرایند خود همبستگی نوع اول

ظرفیت تولید وجود ندارد و کل مجموع سفارشات می‌تواند به صورت آنی تولید شود.

هر محصول به دو جزء^۲ (مواد اولیه) احتیاج دارد، و یکی از دو جزء یک جزء مشترک است. نرخ استفاده از تمام مواد اولیه برای دو محصول یک است. ساختار تولید در شکل ۱ نمایش داده شده است. تولیدکننده برای برآورد سفارشات ایجاد شده توسط توزیع-کننده‌ها در صورت عدم داشتن موجودی کافی از یک برون‌یابی آنی استفاده می‌کند. یعنی تامین را به توزیع‌کننده‌ها تضمین می‌کند. تولیدکننده همزمان با تقاضا، با تامین نامطمئن نیز روبرو است و باید برای اتخاذ تصمیمات سفارش‌دهی، هر دو این عدم اطمینان‌ها را در نظر بگیرد. در اینجا عدم اطمینان به عنوان بازده نامطمئن^۳، جایی که مقدار تامین دریافت شده به صورت احتمالی تغییر می‌کند، مطالعه شده است.

عدم اطمینان محموله اصولاً از دو منبع برخاسته است: یکی مربوط به تغییرپذیری زمان انتظار به علت حمل‌ونقل نامطمئن، فرآیندهای اجرایی و یا زمان‌های تولید است، و دیگر عدم اطمینان برخاسته از متغیر بودن مقدار محموله است، یعنی مقدار محموله‌ای که به دست مشتری می‌رسد ممکن است کمتر از آنچه باشد که مشتری انتظار دارد که علت آن ممکن است به خاطر منابع محدود (مالی، مواد اولیه، ظرفیت و ...) باشد، که ایجاد تعهد خدمات کامل را برای اعضای زنجیره تامین غیر ممکن می‌کند. در این پژوهش روی منبع دوم ایجاد این عدم اطمینان متمرکز می‌شویم.

تامین‌کننده‌ها، تامین‌کننده نهایی و به جز تامین‌کننده ۳ تنها تامین‌کننده مواد اولیه برای تولیدکننده هستند. بنا بر فرض‌های مساله، تامین‌کننده ۱ مواد اولیه منحصر فرد است یعنی تامین-کننده دومی برای تهیه مواد اولیه نوع ۱ برای محصول نوع ۱ وجود ندارد، فرض بر این است که آن قسمتی از تقاضا که توسط تامین-کننده تکمیل نمی‌شود، انباشته^۴ نمی‌شود، لذا تولیدکننده ناچار است به سادگی از کنار آن بگذرد و آن را در مراحل بعدی دوباره سفارش دهد.

فرض می‌کنیم که تولیدکننده هیچ اطلاعاتی در مورد سیاست تکمیل سفارش تامین‌کننده ندارد و نمی‌تواند این سیاست را از داده‌های تاریخی بدست آورد و تولیدکننده فرض می‌کند که مقدار سفارش دقیقاً همان مقداری است که L_m (زمان انتظار برای تولیدکننده) دوره پیش سفارش داده است. اما با اشتراک اطلاعات، تولیدکننده از مقدار محموله فرستاده شده قبل از انجام سفارش بعدی مطلع می‌شود، که می‌تواند برای تنظیم مقدار

که در آن $0 < d^{rk}$ یک تخمین اولیه از میانگین تقاضا در دوره اول در هریک از خرده‌فروشان می‌باشد؛ $-1 \leq \rho \leq 1$ و $-1 \leq q \leq 1$ ضریب‌های ثابتی هستند که درجه همبستگی بین تقاضا و فعالیت بازاریابی خرده‌فروش در دوره فعلی و تقاضا و فعالیت بازاریابی خرده‌فروش در دوره قبلی را به ترتیب نشان می‌دهند؛ ε_t^{rk} یک جمله خطاست، که دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ^2 می‌باشد؛ با توجه به مفروضات مساله، ضریب همبستگی بین ε_t^{r1} و ε_t^{r2} می‌باشد که شرط $-1 \leq \rho_r \leq 1$ ، تضمین می‌کند که ماتریس هم‌پراکنش ε_t^{rk} ، نیمه معین است؛ و برای یک k فرض شده، ε_t^{rk} ها بازای هر t دارای توزیع مستقل و یکسان هستند. هر دو پارامتر ρ_r و σ^2 مستقل از k و t می‌باشند.

از آنجاییکه تقاضا منفی نمی‌باشد همانند لی و همکارانش (۲۰۰۰)، فرض شده است که σ به طور معنی‌داری از d^{rk} کوچکتر است برای اینکه احتمال تقاضای منفی قابل چشم‌پوشی باشد.

براساس تعریف وو و چنگ (۲۰۰۸)، X_{t-1} در فرایند تقاضا، فعالیت بازاریابی خرده‌فروش، همچون ارتقاء، کاهش قیمت و تبلیغات انجام شده، در دوره زمانی $t-1$ را نشان می‌دهد که ممکن است روی تقاضا در دوره بعدی تاثیر بگذارد. فرض شده است که X_t دارای توزیع نرمال با میانگین e^x و واریانس $(\sigma^x)^2$ است. X_t ها، مستقل از یکدیگر و خرده‌فروش مقدار X_t را در پایان دوره زمانی t ، در سناریوی‌های با اشتراک اطلاعات، با رده بالایی زنجیره به اشتراک می‌گذارد. مقادیر این پارامترها در فرایند شبیه سازی در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول ۱. مقادیر پارامترهای تقاضا در فرایند شبیه-

سازی	d^{rk}	ρ	q	ρ_r	σ	e^x	σ^x
پارامترها							
مقادیر	۱۰۰	۰٫۷	۰٫۴	۰٫۳	۲۰	۲۰	۱۰

توزیع کننده ۱ محصول نوع ۱ را برای توزیع به خرده‌فروشان ۱ و ۲، انبار می‌کند و توزیع کننده ۲ محصول نوع ۲ را برای توزیع به خرده‌فروش ۳ و خرده‌فروش ۴، انبار می‌کند.

تولیدکننده دو نوع محصول در فرایند کششی^۱ تولید می‌کند. از آنجاییکه هدف بررسی اثر سناریوی‌های مختلف اشتراک اطلاعات در زنجیره تامین می‌باشد، برای تمرکز بیشتر بر روی این مساله زمان تولید صفر در نظر گرفته شده است، هیچ محدودیتی روی

² Component

³ Yield uncertainty

⁴ backlog

¹ Pull

شود. هزینه سفارش ضروری در این حالت به C_2 (با مقدار ۱۰ واحد در شبیه‌سازی) کاهش می‌یابد که باز از هزینه معمول بیشتر ولی کمتر از C_1 می‌باشد.

نرخ تکمیل تامین‌کننده‌های ۳ و ۱ مستقل از مقدار سفارش و تقاضا است و در این پژوهش دارای تابع توزیع مثلثی با مقادیر ۰،۶، ۰،۹۵ و ۱ به ترتیب برای پارامترهای حداقل، محتمل و حداکثر تابع توزیع مثلثی می‌باشند.

سایر مفروضات براساس زیر می‌باشد:

(۱) تقاضای برآورد نشده در خرده‌فروشان، به صورت فروش از دست رفته می‌باشد. سفارشات برآورده نشده خرده‌فروشان در مراحل بعدی توسط توزیع‌کننده‌ها برآورد خواهد شد (Backlog).

(۲) هر رده از زنجیره تامین، از فرایند خود همبستگی نوع اول برای پیش‌بینی تقاضاهای آتی خود از رده پائینی استفاده می‌کند، که پارامترهای مربوط به فرایند پیش‌بینی در رده‌های بالایی با پارامترهای فرایند تقاضا در خرده‌فروش، در ارتباط هستند. توزیع‌کننده‌ها می‌دانند که فرایند تقاضا از نوع خود همبستگی نوع اول است، و از پارامترهای معلوم آن خبر دارند. این فرض پذیرفتنی است زیرا چنین اطلاعاتی می‌توان از طریق مذاکرات دوره‌ای با خرده‌فروشان به توزیع‌کننده‌ها منتقل شود، یا توزیع‌کننده می‌تواند با داده‌های گذشته تقاضا، از چنین اطلاعاتی به آسانی و با دقت کافی مطلع شود. البته فرض شده است که توزیع‌کننده نمی‌تواند با دانستن فرایند تقاضا در خرده‌فروش و پارامترهای آن مقدار واقعی D_t را تشخیص دهد. این روند برای تولیدکننده نیز برقرار است.

زمان انتظار^۱ تحویل سفارشات از توزیع‌کننده‌ها به خرده‌فروشان و از تامین‌کننده‌ها به تولیدکننده ثابت در نظر گرفته شده است. که این زمان برای تمامی خرده‌فروشان یکسان و همچنین زمان انتظار تولیدکننده برای تحویل سفارش خود از هر کدام یک از تامین‌کننده‌ها نیز یکسان است. اما زمان انتظار از تولیدکننده به توزیع‌کننده‌ها متغیر می‌باشد

از آنجاییکه شکل دقیقی از تابع توزیع زمان انتظار برای توزیع‌کننده‌ها قابل شناسایی نبود، ولی تخمینی برای مقادیر حداقل، حداکثر و محتمل^۲ موجود بود از تابع توزیع مثلثی برای این تابع استفاده کردیم. تابع توزیع مثلثی برای استفاده و توضیح دادن راحت‌تر از دیگر توزیع‌ها هست که ممکن بود در این شرایط استفاده کرد. مقادیر پارامترهای زمان انتظار در فرایند شبیه‌سازی به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

سفارش دوره بعدش مورد استفاده قرار بگیرد. ولی بدون اشتراک اطلاعات تولیدکننده با L_m دوره تاخیر از مقدار محموله خبردار می‌شود. بنابراین، زمانبندی تطبیق سفارش همیشه با L_m دوره تاخیر نسبت به حالت با اشتراک اطلاعات صورت می‌گیرد.

حالت قبل فرض می‌کرد که تولیدکننده تنها یک تامین‌کننده برای قراردادن سفارش برای مواد اولیه نوع ۱ دارد، بنابراین مجبور بود مقدار سفارش خود را با تامین‌کننده وفق دهد تا چنین عدم اطمینانی را حل کند. در حقیقت، اعضای زنجیره تامین معمولاً بیش از یک منبع تامین دارند. در اینجا شرایط دیگری را در نظر گرفته‌ایم که این راه حل جایگزین می‌تواند ظرف مدت کوتاهی کمبود در برآورده کردن سفارش تولیدکننده توسط تامین‌کننده ۳ را جبران کند، البته در این حالت تولیدکننده برای تامین زودتر باید هزینه‌ای را متحمل شود.

به علت موضوع هزینه، تولیدکننده این منبع جایگزین را به عنوان یک منبع تکمیلی در نظر می‌گیرد و تنها حداقل مقدار ممکن را سفارش می‌دهد تا سطح موجودی واقعی خود را در مقدار مورد انتظار نگه دارد. منبع جایگزین می‌تواند یک تامین‌کننده شخص ثالث باشد و این سفارش فوری می‌تواند توسط هواپیما یا دیگر روش‌ها تحویل داده شود، ولی در هزینه خرید و یا جابجایی بالاتر این عمل صورت می‌گیرد.

هرچه قدر سفارش بیشتر، هزینه خرید بیشتری باید پرداخت شود. بنابراین در این حالت سفارش تولیدکننده می‌تواند به طور کامل و به موقع برآورده شود (مجموع محموله از طرف تامین‌کننده سوم و منبع جایگزین برابر است با مقدار مورد انتظار تولیدکننده).

مقدار تصمیم سفارش تولیدکننده، سطح موجودی و سطح خدمت دقیقاً همان مقدار نظری است که مدل موجودی تشخیص داده است، بجز برای هزینه کل، زیرا هزینه خرید در دو منبع تامین متفاوت است. بنابراین، در این بخش روی تحلیل تغییرات هزینه کل تحت سناریوی‌های مختلف اشتراک اطلاعات متمرکز می‌شویم. اکثر پارامترهای سیستم همان تنظیم‌های مربوط به حالت عدم اطمینان موجود در تامین‌کننده ۱ را پیروی می‌کند بجز هزینه خرید. در شرایط بدون اشتراک اطلاعات، تولیدکننده مقدار ضروری برآورده نشده توسط تامین‌کننده ۳ را برون‌یابی می‌کند تا کمبود دوره t را در دوره $t+1$ با هزینه بالاتر به اندازه C_1 (که در شبیه‌سازی مقدار آن برابر با ۱۵ واحد می‌باشد) بیشتر از هزینه معمول برآورده کند.

محموله در دوره $t+1$ می‌رسد. اما در حالت اشتراک اطلاعات با تامین‌کننده ۳، پس از آگاهی از مقدار محموله ارسال شده قبل از گذاردن سفارش بعدی، مقدار سفارش ضروری (یعنی آن مقداری که توسط تامین‌کننده ۳ برآورده نشده است) L_m-1 دوره قبل‌تر صورت می‌گیرد، یعنی در دوره $t-L_m-1$ ، تا کمبود دوره t جبران

^۱ Lead-Time

^۲ Most likely

جدول ۲. مقادیر عددی زمان‌های انتظار در فرایند شبیه‌سازی

پارامترها	زمان انتظار برای خرده‌فروشان	زمان انتظار برای تولیدکننده	زمان انتظار برای توزیع‌کننده‌ها		
			حداکثر	محتمل	حداقل
مقادیر عددی (بر حسب روز)	۵	۱۵	۱۲	۱۰	۸

۴. طراحی سناریوی شبیه‌سازی

در این پژوهش چهار سناریوی اشتراک اطلاعات مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت که تحت هر یک از آنها اطلاعات خاصی بین اعضای زنجیره تامین به اشتراک گذاشته می‌شود. این سناریو‌ها بر حسب جریان اطلاعات در زنجیره تامین ساخته شده‌اند. که در زیر به طور کامل توضیح داده خواهد شد.

۴-۱. سناریوی اول (بدون اشتراک اطلاعات)

در این سناریوی هیچ گونه اطلاعاتی بین اعضای زنجیره تامین رد و بدل نمی‌شود. لذا، اعضای زنجیره تامین تصمیمات مربوط به موجودی خود را فقط بر اساس اطلاعاتی که توسط رده پایینی برای سفارش داده می‌شود بنا می‌سازند. در پایان دوره زمانی t ، تقاضای مشتری برای خرده‌فروشان مشخص می‌شود. سپس آنها سطح موجودی خود را نگاه می‌کنند و یک سفارش از توزیع‌کننده مربوط به خود برای بازپرسازی موجودی خود به اجرا می‌گذارد. سپس خرده‌فروشان محموله خود را در شروع دوره $t+L_r+1$ دریافت می‌کنند.

سفارش خرده‌فروشان در توزیع‌کننده‌ها به عنوان تقاضا در آنها دیده می‌شود، که آنها نیز به صورت دوره‌ای موقعیت موجودی خود را بازدید می‌کنند. اگر موجودی به اندازه کافی موجود نبود، آنها یک سفارش از تولیدکننده می‌کنند. که آنها نیز این سفارش خود را در شروع دوره زمانی $t+L_f+1$ دریافت می‌کنند. و همین روند نیز برای تولیدکننده رخ می‌دهد.

۴-۲. سناریوی دوم (اشتراک اطلاعات تقاضا)

در این سطح از اشتراک اطلاعات هیچ تغییری در نحوه قرار دادن سفارشات توسط خرده‌فروشان مطابق با پیش‌بینی‌شان وجود ندارد. اما دیگر رده‌های زنجیره تامین می‌توانند اطلاعات مربوط به میزان تقاضا در دوره قبلی رده پایینی خود را دریافت کنند. یعنی، برای مثال توزیع‌کننده‌ها، سفارشات خود را نه تنها براساس مقدار سفارش خرده‌فروشان تنظیم می‌کنند بلکه اطلاعات تقاضای مشتری خرده‌فروشان را نیز مورد لحاظ قرار می‌دهند. مشابه با توزیع‌کننده‌ها، تولیدکننده نیز قرار دادن سفارش خود از تامین‌کننده‌ها برای مواد اولیه مختلف را مطابق با

(۳) ساختار هزینه: هزینه‌های نگهداری و کمبود خطی هستند. هزینه سفارش‌دهی و حمل و نقل وجود ندارد. هزینه‌های نگهداری کالا در انبار در خرده‌فروشان، توزیع‌کننده‌ها و تولیدکننده به ترتیب برابر با ۳، ۲ و ۱ واحد می‌باشد و هزینه کمبود به ترتیب برابر با ۷۵، ۵۰ و ۲۵ واحد برای خرده-فروشان، توزیع‌کننده‌ها و تولیدکننده می‌باشد.

(۴) یک سیستم مرور دوره‌ای (R,S) را در نظر گرفته‌ایم که در آن هر رده از زنجیره تامین در هر دوره، محصولات کافی سفارش می‌دهد تا موقعیت موجودی را تا سطح مورد نظر بالا بیاورد. زمان چرخه مرور موجودی را ۱ در نظر گرفته‌ایم، $R=1$. موجودی‌های اولیه کافی در هر رده از زنجیره تامین فراهم شده است تا تقاضاهای ایجاد شده در شروع شبیه‌سازی را برآورده کنند. در واقع این و اسکراج [۱۶] نشان دادند که وقتی از هزینه‌های نگهداری و کمبود موجودی خطی استفاده می‌کنیم سیاست موجودی سفارش-تا^۱ یک عملکرد راضی کننده دارد. بنابراین در این مطالعه فرض کرده‌ایم که کل اعضای زنجیره تامین از سیاستهای موجودی دوره‌ای سفارش-تا استفاده کرده‌اند. سطح سفارش-تا برابر است:

$$S_t^* = e_t + k\sqrt{v_t} \quad (2)$$

جائیکه در آن $k = \Phi^{-1}\left[\frac{p}{(p+h)}\right]$ و Φ^{-1} یک تابع معکوس از تابع توزیع نرمال استاندارد است. p واحد هزینه کمبود موجودی در هر دوره، و h واحد هزینه نگهداری موجودی در هر دوره برای هر عضو می‌باشد. e_t میانگین مجموع تقاضای ایجاد شده برای هر عضو از زنجیره در مدت زمان انتظار از لحظه قرار دادن سفارش از تامین‌کننده بالا دست خود تا زمان رسیدن کالا (زمان انتظار^۲) به شرط تقاضا ایجاد شده در دوره t می‌باشد و v_t پراکنش این تقاضای ایجاد شده در زمان انتظار به شرط تقاضای ایجاد شده در دوره زمانی t است.

¹ Order-up-to

² Lead time

اندازه سفارش توزیع‌کننده‌ها و اطلاعات تقاضا در این رده انجام می‌دهد.

۳-۴. سناریوی سوم (اشتراک اطلاعات تامین)

اطلاعاتی که از سمت اعضای بالادست در این سطح با اعضای پایین دست به اشتراک گذاشته می‌شود، مربوط به اطلاعات موجود در تامین مواد اولیه و زمان انتظار تا تحویل کالاها بوسیله تولیدکننده می‌باشد. با اشتراک اطلاعات تامین تنها این اطلاعات آن هم توسط تامین‌کننده‌ها و تولیدکننده به ترتیب در اختیار تولیدکننده و توزیع‌کننده‌ها قرار می‌گیرد. پس، توزیع‌کننده‌ها قبل از انجام سفارش خود علاوه بر مقدار سفارشات خرده‌فروشان مربوط به خود از مقدار واقعی I_{ij}^a ، توسط تولیدکننده خبر دار می‌شود. تولیدکننده نیز برای تعیین مقدار سفارش خود از هر یک از مواد اولیه از تامین‌کننده مربوط به آن مواد اولیه از اطلاعات ظرفیت تامین‌کننده‌ها خود با خبر می‌شود.

۴-۴. سناریوی چهارم (اشتراک اطلاعات کامل (دوطرفه))

در این سطح، اطلاعات تامین و تقاضا به صورت همزمان در اختیار تولیدکننده و توزیع‌کننده‌ها قرار می‌گیرد. لذا، آنها قبل از اتخاذ تصمیم در مورد مقدار سفارش خود این اطلاعات را لحاظ قرار داده، و سفارش خود را از عضو بالادستی درخواست می‌کنند. یعنی، توزیع‌کننده بطور همزمان و قبل از انجام سفارش خود از اطلاعات تقاضای مشتری و مقدار دقیق I_{ij}^a آگاهی پیدا می‌کند. تولیدکننده نیز علاوه بر مقدار تقاضای توزیع‌کننده‌ها از اطلاعات تقاضا در توزیع‌کننده و ظرفیت دو تامین‌کننده ۱ و ۳ خود قبل از قرار دادن سفارش در آنها مطلع خواهد شد.

۴-۵. منطق الگوریتمی در شبیه‌سازی

هر سناریوی شامل دو فرایند می‌باشد: مرحله مقدار دهی اولیه و مرحله درحال پیشرفت دوره‌ای. مرحله مقدار دهی تنها یک بار صورت می‌گیرد، تا پارامترهای سیستم را تنظیم کند و تصادفی بودن مولدها را مقدار دهی کند. فرایند اجرای دوره‌ای شامل تمامی فعالیت‌های درون زنجیره تامین، همچون پیش‌بینی تقاضا، سفارش‌دهی محصول، ذخیره و انتقال، و جمع‌آوری آمارهای عملکرد می‌شود. در مرحله اجرای دوره‌ای، پارامترهای سیستم بطور مستقل از مقدار پایین تا مقدار بالای خود برای تحلیل حساسیت تغییر داده شدند. فرایند برای ۲۰۰۰ دوره شبیه‌سازی- کامپیوتری اجرا شد تا عملیات روزانه (یا هفتگی) هر رده از زنجیره تامین را شبیه‌سازی کند. هر سناریوی ۲۰۰۰ دوره‌ای، ۱۵ تکرار لازم داشت تا به اندازه کافی معنی‌داری آماری را بدست

آورد. سپس در انتهای هر اجرا برای هر سناریوی مقادیر معیارهای عملکرد یادداشت می‌شود تا پس از اتمام تمامی آزمایشات مربوطه، مورد تحلیل، بررسی و مقایسه قرار گیرند. در زیر کارهای صورت گرفته در هر مرحله آورده شده است.

(الف) مرحله مقدار دهی:

- (۱) وارد کردن فایل پیکربندی تنظیم‌های سناریوی؛
- (۲) تنظیم کردن متغیرهای سیستم با مقدارهای مناسب در سناریوی؛
- (۳) مقدار دهی مولدهای اعداد تصادفی؛
- (۴) راه انداختن^۱ سیستم تا داده‌های تاریخی را به اندازه کافی برای محاسبات پیش‌بینی تقاضا و سطح سفارش-تا^۲ ذخیره کند.
- (ب) فعالیت‌های دوره‌ای در زنجیره تامین (در هر رده از خرده-فروش تا تامین‌کننده):
- (۱) دریافت سفارش محصول از مشتریان خود؛
- (۲) دریافت محموله از تامین‌کننده خود؛
- (۳) تکمیل کردن سفارشات و هر مقدار تجمع یافته سفارشات به تاخیر افتاده؛
- (۴) پیش‌بینی کردن تقاضای آتی و تخمین زدن پراکنش تقاضای محصولات؛
- (۵) محاسبه کردن سطح بهینه سفارش-تا؛
- (۶) تعیین کردن مقدار سفارش و قرار دادن سفارش از تامین‌کننده خود؛
- (۷) خلاصه کردن عملکردهای هزینه و سطح موجودی در هر دوره.

۵. واریسی و اعتبار سازی مدل

واریسی و اعتبار سازی به آزمودن منطق مدل‌سازی مربوط است. همه‌ی مدل‌های شبیه‌سازی به یک آزمون منطقی احتیاج دارند تا مطمئن شوند که مدل در یک راه درست و مورد انتظار رفتار می‌کند، واکنش نشان می‌دهد و اجرا می‌شود. این مرحله می‌تواند با آزمودن اجراها و مشاهده کردن تغییرات پارامترهای سیستم با تنظیم‌های مختلف پارامترهای ورودی صورت گیرد. بجای استفاده از تکنیک‌های ریاضی و آماری، یک درک عمومی نیز برای کامل کردن این مرحله کافی است [۶].

برای این کار، دو شاخص سطح موجودی و نرخ تکمیل تقاضای هر محصول در هر رده در حالی که پارامترهای تقاضا و زمان انتظار بین توزیع‌کننده و خرده‌فروش و همچنین بین تامین‌کننده و تولیدکننده تغییر داده می‌شود، مورد ارزیابی قرار گرفت.

¹ Warm up

² Order-up-to

دیگر شاخص عملکرد یعنی هزینه‌های نگهداری و کمبود می‌تواند از این دو شاخص استنتاج شود. لی و همکارانش [۴] یک عبارت تخمینی برای میانگین موجودی در دست، ارائه دادند که میانگین سطح موجودی را برای هر دو حالت با اشتراک اطلاعات و بدون اشتراک اطلاعات تخمین می‌زند که این عبارت برای این دو حالت به شکل زیر می‌باشد:

$$I = \frac{d}{2(1-\rho)} + \frac{d}{2(1-q)} + k\sqrt{v} \quad (3)$$

که در آن d همان مقدار ثابت در فرایند تقاضا؛ k برابر است با $\Phi^{-1}\left[\frac{p}{p+h}\right]$ که در آن p و h به ترتیب هزینه‌های کمبود و نگهداری می‌باشند و عبارت $\frac{p}{p+h}$ همان نرخ تکمیل سفارش می‌باشد؛ v واریانس سفارشات در طول زمان انتظار؛ q و ρ همان ضریب‌های همبستگی بین تقاضاها و عمل خرده‌فروشان می‌باشند.

با توجه به این رابطه، مقادیر نظری این شاخص برای تنظیم‌های متفاوتی که از تغییر پارامترهای گفته شده ایجاد می‌شود، بدست می‌آید. که در جدول ۳ این مقادیر به نمایش گذاشته شده‌اند.

جدول ۳. مقادیر نظری میانگین سطح موجودی و نرخ تکمیل تقاضا

سطح موجودی					
شرایط	خرده‌فروش	توزیع‌کننده ۲	توزیع‌کننده ۱	تولیدکننده	کالای نوع ۲
$\rho=0.4, q=0.5, p_r=0.6, \sigma^X=5, \sigma=15, LTR=5, LTM=15$	۲۸۲	۳۹۸	۷۳۳	۹۸۰	۴۷۵
$\rho=0.5, q=0.6, p_r=0.7, \sigma^X=10, \sigma=20, LTR=6, LTM=16$	۳۹۵	۵۸۵	۱۱۴۷	۱۶۸۶	۸۱۵
$\rho=0.6, q=0.7, p_r=0.4, \sigma^X=15, \sigma=25, LTR=7, LTM=17$	۵۷۳	۹۰۴	۱۴۴۷	۲۴۴۶	۱۶۹۸
$\rho=0.7, q=0.4, p_r=0.5, \sigma^X=20, \sigma=30, LTR=8, LTM=18$	۶۷۶	۱۲۷۱	۲۱۹۴	۴۷۴۰	۳۶۳۹
نرخ تکمیل تقاضا (سطح خدمت به مشتری)	۰.۹۶۱۵	۰.۹۶۱۵	۰.۹۶۱۵	۰.۹۶۱۵	۰.۹۶۱۵

البته باید به یک نکته توجه کرد که این عبارت برای تعیین مقدار نظری میانگین موجودی بر اساس فرض اینکه زمان انتظار ثابت است و عدم اطمینانی از طرف تامین‌کننده‌ها وجود ندارد استوار است لذا برای بررسی این آزمایش، دو تا از مفروضات مساله مبنی بر تصادفی بودن زمان انتظار در توزیع‌کننده‌ها و عدم اطمینان از طرف تامین کالا توسط تامین‌کننده‌های ۳ و ۱ برداشته شد و مدل بدون در نظر گرفتن این دو فرض اجرا شد تا شرایط مساله همچون مساله لی و همکارانش [۴] باشد.

شبیه‌سازی برای ۲۰۰۰ دوره برای هر یک از تنظیم‌های گفته شده اجرا می‌شود و مقدار دو شاخص یعنی میانگین سطح موجودی هر رده و نرخ تکمیل را تحت هر یک از شرایط محاسبه شده است. اگر هر دوره کامپیوتری شبیه‌سازی شده یک روز را در جهان واقعی نشان دهد، تمام ۲۰۰۰ دوره ۸ سال فعالیت در یک زنجیره تامین را نشان می‌دهد. بنابراین، یک اجرای ۲۰۰۰ دوره‌ای می‌بایست برای فراهم ساختن عملکرد پایدار یک زنجیره تامین کافی باشد. برای هر تنظیم ۱۵ تکرار انجام داده شد و با هر تکرار

از سید تصادفی متفاوتی استفاده به عمل آمد. تکرار در اینجا به این خاطر طراحی شد تا یک معنی‌داری آماری از نتایج شبیه‌سازی فراهم سازد.

سپس آزمون t توسط نرم‌افزار SPSS به کار گرفته شد تا ارزیابی کند که آیا نتایج شبیه‌سازی با مقادیر نظری برازنده می‌شود. البته با فاصله اطمینان ۹۵٪ و این فرض صفر که میانگین موجودی بدست آمده از ۱۵ تکرار در هر تنظیم در هر رده با میانگین نظری آن برابر است، همچنین میانگین نرخ تکمیل بدست آمده از ۱۵ تکرار شبیه‌سازی شده در هر تنظیم با نرخ تکمیل نظری آن تنظیم برابر است. معنی‌داری‌ها در جدول ۴ به نمایش گذاشته شده‌اند.

از نتایج بدست آمده توسط نرم‌افزار نمی‌توان تفاوت معنی‌داری بین نتایج شبیه‌سازی و مقادیر نظری براساس آزمون معنی‌داری ۵٪ پیدا کنیم. بر همین اساس، می‌توان نتیجه گرفت که مدل شبیه‌سازی درست اجرا می‌شود.

جدول ۴. معنی داریهای بین نتایج شبیه سازی و مقادیر نظری نرخ تکمیل تقاضا (عدد ۱) و میانگین سطوح موجودی (عدد ۲)

شرایط	خرده فروش		توزیع کننده ۲		توزیع کننده ۱		تولید کننده	
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	کالای نوع ۱	کالای نوع ۲
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
$\rho=0.4, q=0.5, p_i=0.6, \sigma^X=5, \sigma=15, LTR=5, LTM=15$	۰,۲۰۲	۰,۵۵۱	۰,۴۱۲	۰,۱۱۹	۰,۷۰۰	۰,۲۸۷	۰,۸۰۹	۰,۳۸۱
$\rho=0.5, q=0.6, p_i=0.7, \sigma^X=10, \sigma=20, LTR=6, LTM=16$	۰,۳۱۲	۰,۳۳۳	۰,۵۰۳	۰,۵۵۶	۰,۱۷۴	۰,۵۳۷	۰,۰۶۶	۰,۲۰۴
$\rho=0.6, q=0.7, p_i=0.4, \sigma^X=15, \sigma=25, LTR=7, LTM=17$	۰,۵۳۳	۰,۳۸۳	۰,۸۹۷	۰,۳۰۳	۰,۱۴۷	۰,۹۵۷	۰,۴۲۶	۰,۰۶۵
$\rho=0.7, q=0.4, p_i=0.5, \sigma^X=20, \sigma=30, LTR=8, LTM=18$	۰,۶۲۲	۰,۲۶۵	۰,۱۷۲	۰,۰۷	۰,۲۱۴	۰,۶۱۳	۰,۷۴۰	۰,۳۰۶

آزموده شود که آیا معیارهای سنجش بطور معنی داری تحت این سه رفتار تغییر می کند. در این راه، توانستیم تعیین کنیم که آیا مدت دوره "راه اندازی" ^۱ تاثیر معنی داری روی نتایج شبیه سازی دارد یا نه.

نتایج، که در جداول ۵ نشان داده شده است، به این مطلب اشاره می کنند که هیچ تفاوت معنی داری تحت این سه رفتار متفاوت وجود ندارد که به این معنی است که سیستم خیلی زود پایدار می شود. دلیل ممکن است این باشد که موجودی اولیه در شبیه سازی نزدیک به سطح سفارش-تا بود و دوره اجرای شبیه سازی کاملاً طولانی بود. بنابراین تاثیر "راه اندازی" در این آزمون معنی دار نبود. در آزمون مقایسه چندگانه نیز دوه دو با هم مقایسه شدند که این آزمون نیز نشان داد که به صورت جفت-جفت هم تفاوت معنی داری بین میانگین سطح موجودی در هر رده وجود ندارد.

۶. گزارش نتایج

هر یک از سناریوی های اشتراک اطلاعات تعریف شده در زنجیره تامین که در بخش های بالایی به آن اشاره شد به مدت ۲۰۰۰ دوره و ۱۵ تکرار اجرا شد تا بتوان تحلیل آماری دقیقی از نتایج داشته باشیم.

بعد از اجرای مدل های شبیه سازی نتایج مربوط به معیارهای عملکرد یادداشت شد. نتایج نشان می دهد که کاهش موجودی و هزینه در سناریوی چهارم بیشتر از دوم و دوم نیز بیشتر از سناریوی سوم می باشد که همان طوری است که انتظار می رفت. برای درک بهتر از این کاهش ها در متوسط سطح موجودی و هزینه درصد کاهش این دو معیار را در جداول ۶ می توان مشاهده نمود.

همچنین برای این که نشان داده شود نتایج شبیه سازی پایدار است، دو فرایند شبیه سازی طراحی شد تا آزمایش شود که آیا طول اجرا و تعداد تکرار روی نتایج شبیه سازی تاثیر می گذارد. طراحی ۱ این طور بود که هر بار شبیه سازی را با ۱۵، ۲۵ و ۳۵ بار تکرار و هر کدام با ۲۰۰۰ دوره اجرا و با یک سید اعداد تصادفی یکتا انجام می گیرد؛ و در طراحی ۲ تعداد تکرار ثابت نگه داشته می شود و طول اجرا تغییر می یابد، یعنی هر بار با ۱۵ تکرار و به ترتیب با ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ دوره برنامه اجرا می شود و این بار نیز با سید اعداد تصادفی یکتا.

با استفاده از یک آزمون تحلیل پراکنش ANOVA با اطمینان ۹۵٪، این آزمون به عمل آمد تا تعیین شود که آیا این رفتارهای متفاوت، عملکردهای سیستم را متفاوت می سازد. اگر نه، این نتیجه اکتساب می شود که عملکرد در رفتار ۱۵ تکرار و ۲۰۰۰ دوره پایدار است و نیازی به افزایش طول شبیه سازی و تعداد تکرار نیست و مدل در یک راه مورد انتظار و درست، رفتار و عمل می کند. در این آزمون آماری سطح موجودی محصولات در هر رده به عنوان معیار اندازه گیری و سنجش انتخاب شده است. نتایج نشان داد که نه طول بیشتر شبیه سازی و نه تکرار بیشتر بطور معنی داری نتایج سناریوی با ۲۰۰۰ دوره و ۱۵ تکرار را تغییر نمی دهد. که این نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است.

همچنین از یک رویکرد حذف/تکرار برای بهبود تخمین های میانگین پایدار عملکردها استفاده شد. در این روش ۲۰۰۰ دوره به ۲۰ فاصله تقسیم می شود، هر فاصله شامل ۱۰۰ دوره. تعداد تکرار هر اجرا ۱۵ می باشد.

عملکرد سیستم در سه روش محاسبه می گردد: محاسبه براساس تمام طول دوره (الف)؛ حذف داده های ۱۰۰ دوره اول شبیه سازی و محاسبه اعداد براساس ۱۹۰۰ دوره باقی مانده (ب)؛ و نادیده گرفتن داده های ۲۰۰ دوره اول در محاسبات (پ). آزمون ANOVA با سطح اطمینان ۹۵٪ در نرم افزار SPSS انجام شد تا

¹ Warm up

جدول ۵. معنی‌داری‌های آزمون ANOVA برای آزمایش تاثیر

تعداد تکرار، طول دوره و مدت دوره راه‌اندازی اجرای شبیه‌سازی در نتایج

مدت دوره راه‌اندازی	طول دوره اجرا	تعداد تکرار اجرا	نوع آزمایش
۰,۷۹۳	۰,۸۶۶	۰,۴۵۴	سطح موجودی خرده‌فروش
۰,۹۳۹	۰,۶۵۶	۰,۴۰۰	سطح موجودی توزیع‌کننده ۱
۰,۹۱۵	۰,۷۳۴	۰,۴۴۰	سطح موجودی توزیع‌کننده ۲
۰,۹۸۱	۰,۴۸۸	۰,۶۴۸	سطح موجودی کالای نوع ۱
۰,۹۴۶	۰,۸۸۲	۰,۷۸۹	سطح موجودی کالای نوع ۲

یابی تولیدکننده می‌باشد که در جدول ۷ نشان داده شده است. برای درک بهتری و منطقی‌تری از نتایج و اینکه در کدام سناریوی بیشترین کاهش در معیارهای عملکرد داشته‌ایم از تحلیل پراکنش با سطح اطمینان ۵٪ استفاده کرده‌ایم. این آزمون در نرم‌افزار SPSS انجام شد.

از نتایج این نکته حائز اهمیت است که کاهش دو معیار عملکرد مربوط به توزیع‌کننده ۲ و کالای نوع ۲ در تولیدکننده بیشتر از بقیه است که علت آن می‌تواند این باشد که در تقاضا کالا بین دو خرده‌فروش ۳ و ۴ همبستگی وجود ندارد و این سبب شده است تا تاثیر اشتراک اطلاعات در این رده‌ها از زنجیره تامین بیشتر باشد. از دیگر نتایج شبیه‌سازی، هزینه کل زنجیره تامین و هزینه برون

جدول ۶. درصد کاهش سطوح موجودی در سناریوی‌های مختلف اشتراک اطلاعات

سناریوی‌های اشتراک اطلاعات	تولیدکننده				توزیع‌کننده ۱				توزیع‌کننده ۲			
	کالای نوع ۲		کالای نوع ۱		کالای نوع ۲		کالای نوع ۱		کالای نوع ۲		کالای نوع ۱	
	میانگین موجودی سطح	میانگین هزینه	میانگین موجودی سطح	میانگین هزینه	میانگین موجودی سطح	میانگین هزینه	میانگین موجودی سطح	میانگین هزینه	میانگین موجودی سطح	میانگین هزینه	میانگین موجودی سطح	میانگین هزینه
اشتراک اطلاعات تقاضا	۱۴,۳۳	۱۱,۷۵	۸,۲۸	۸,۱۰	۸,۳۲	۸,۲۱	۱۵,۲۶	۱۵,۱۲	۱۴,۳۳	۱۱,۷۵	۸,۲۸	۸,۱۰
اشتراک اطلاعات تامین	۰	۱۰,۸۰	۷,۲۷	۷,۰۲	۶,۳۴	۶,۲	۱۰,۵۲	۷,۴۲	۰	۱۰,۸۰	۷,۲۷	۷,۰۲
اشتراک اطلاعات کامل	۱۴,۳۳	۱۸,۷۱	۱۲,۹۱	۱۱,۷۴	۱۳,۹۵	۱۳,۷۹	۲۴,۱۶	۲۱,۶۹	۱۴,۳۳	۱۸,۷۱	۱۲,۹۱	۱۱,۷۴

جدول ۷. درصد کاهش هزینه‌ها در سناریوی‌های مختلف اشتراک اطلاعات

سناریوی‌های اشتراک اطلاعات	هزینه برون‌یابی در تولیدکننده		هزینه کل زنجیره تامین	
	درصد کاهش	درصد کاهش	درصد کاهش	درصد کاهش
بدون اشتراک اطلاعات	۲۱۹۳۹۵۵,۵	۲۲۲۱۹۵۳۷,۴		
اشتراک اطلاعات تقاضا	۷,۳۸	۲۰۳۱۹۸۹,۴	۱۰,۳۲	۱۹۹۲۳۶۸۷,۸
اشتراک اطلاعات تامین	۳۳,۴۲	۱۴۶۰۸۳۱,۰	۸,۰۵	۲۰۴۳۱۲۳۵,۳
اشتراک اطلاعات کامل	۴۷,۰۸	۱۱۶۱۰۷۱,۲	۱۷,۷۵	۱۸۲۷۴۷۱۸,۳

بعدی معیارهای عملکرد در هر سناریوی به صورت جفت‌جفت مورد تحلیل قرار گرفتند تا این تفاوت بین معیارهای عملکرد در سناریوی‌های مختلف مشخص شود. پس از اینکه معلوم شد دو به دو این معیارها در سناریوی‌های ۱ تا ۴ با هم تمایز دارند در مرحله آخر برای هر رده در زنجیره تامین سناریوی‌های تعریف شده بر اساس دو معیار عملکرد متوسط سطح موجودی و هزینه رتبه‌بندی شده‌اند. و لذا مشخص شد که در کدام سناریوی متوسط دو معیار عملکرد پایین‌تر از بقیه سناریوی‌ها می‌باشد.

نتایج توسط نرم‌افزار برای دو معیار عملکرد توسط آزمون تحلیل پراکنش بدست آمد، این نتایج برای هر یک از معیارها در سه قسمت مورد تحلیل قرار گرفتند. در مرحله اول حاصل از اجرای تحلیل توسط نرم‌افزار این فرض مورد بررسی قرار گرفت که آیا در سناریوی‌های مختلف، تفاوتی بین متوسط دو عملکرد (سطح موجودی و هزینه) وجود دارد یا خیر؟ که با مشاهده نتایج یعنی مقادیر معنی‌داری متوجه خواهیم شد که این فرض که تفاوتی وجود ندارد رد می‌شود (جدول ۸ و ۹). بعد از رد فرض، در مرحله

جدول ۸. آزمون ANOVA برای متوسط سطح میانگین در سناریوی‌های مختلف

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DC1 INVENTORY LEVEL	Between Groups	228405.475	3	76135.158	149.963	.000
	Within Groups	18276.900	36	507.692		
	Total	246682.375	39			
DC2 INVENTORY LEVEL	Between Groups	159853.400	3	53284.467	151.064	.000
	Within Groups	12698.200	36	352.728		
	Total	172551.600	39			
MP1 INVENTORY LEVEL	Between Groups	606511.675	3	202170.558	24.887	.000
	Within Groups	292447.300	36	8123.536		
	Total	898958.975	39			
MP2 INVENTORY LEVEL	Between Groups	1037484.100	3	345828.033	77.831	.000
	Within Groups	159959.000	36	4443.306		
	Total	1197443.100	39			

جدول ۹. آزمون ANOVA برای متوسط هزینه‌ها در سناریوی‌های مختلف

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
SUPPLY CHAIN TOTAL COST	Between Groups	7.914E13	3	2.638E13	310.768	.000
	Within Groups	3.056E12	36	8.489E10		
	Total	8.220E13	39			
DC1 TOTAL COST	Between Groups	3.456E12	3	1.152E12	111.783	.000
	Within Groups	3.710E11	36	1.031E10		
	Total	3.827E12	39			
DC2 TOTAL COST	Between Groups	2.559E12	3	8.529E11	133.903	.000
	Within Groups	2.293E11	36	6.370E9		
	Total	2.788E12	39			
MP1 TOTAL COST	Between Groups	3.264E12	3	1.088E12	51.266	.000
	Within Groups	7.641E11	36	2.122E10		
	Total	4.028E12	39			
MP2 TOTAL COST	Between Groups	8.194E12	3	2.731E12	141.345	.000
	Within Groups	6.957E11	36	1.932E10		
	Total	8.890E12	39			

جدول ۱۰. رتبه بندی شاخص‌های عملکرد در سناریوی‌های مختلف اشتراک اطلاعات

متوسط هزینه

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3	4
	4	15	2.8275E6			
2	2	15		3.0646E6		
3	3	15			3.3427E6	
1	1	15				3.6107E6
Sig.	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

متوسط سطح موجودی

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3	4
	4	15	655.6			
2	2	15		732.6		
3	3	15			774.3	
1	1	15				865.0
Sig.	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

متوسط هزینه

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3	4
	4	15	4.4247E6			
2	2	15		4.7108E6		
3	3	15			4.8139E6	
1	1	15				5.1322E6
Sig.	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

متوسط سطح موجودی

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3	4
	4	15	1085			
2	2	15		1157		
3	3	15			1182	
1	1	15				1262
Sig.	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

متوسط هزینه

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3
	4	15	5.9286E6		
2	2	15		6.1734E6	
3	3	15		6.2459E6	
1	1	15			6.7173E6
Sig.	Sig.		1.000	.684	1.000

متوسط سطح موجودی

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3
	4	15	2312.8		
2	2	15		2435.6	
3	3	15		2463.1	
1	1	15			2656.4000
Sig.	Sig.		1.000	.903	1.000

متوسط هزینه

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3
	4	15	5.4939E6		
2	2	15		5.9648E6	
3	3	15		6.0287E6	
1	1	15			6.7592E6
Sig.	Sig.		1.000	.735	1.000

متوسط سطح موجودی

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2
	2	15	1924.6000	
4	4	15	1924.6000	
1	1	15		2246.7000
3	3	15		2246.7000
Sig.	Sig.		1.000	1.000

متوسط هزینه

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2	3
	4	15	5.4939E6		
2	2	15		5.9648E6	
3	3	15		6.0287E6	
1	1	15			6.7592E6
Sig.	Sig.		1.000	.735	1.000

متوسط سطح موجودی

نوع سناریوی	N	Subset for alpha = 0.05	1	2
	2	15	1924.6000	
4	4	15	1924.6000	
1	1	15		2246.7000
3	3	15		2246.7000
Sig.	Sig.		1.000	1.000

عموماً در طرح آزمایش عاملی دنباله‌ای از آزمایشات در ترکیبی از سطوح عوامل انجام می‌شود. که در این پژوهش در صدد بررسی تاثیر عواملی همچون پارامترهای فرایند تقاضا در سود حاصل از اشتراک هستیم که این عوامل عبارتند از ضریب همبستگی بین تقاضاها p ، ضریب همبستگی بین عمل خرده‌فروش و تقاضا q ، همبستگی تقاضا بین دو خرده‌فروش ρ_r ، پراکنش جمله خطا σ و پراکنش عمل خرده‌فروش σ_x . که هر کدام از این عوامل در دو سطح بالا و پایین در نظر گرفته شده‌اند.

تحلیل پراکنش (ANOVA)، به عنوان یک ابزار اولیه برای تحلیل آماری داده‌ها استفاده خواهد شد. ^۲ آزمایش برای هر یک از دو سناریوی اول و چهارم به طور جداگانه انجام شد که برای هر سناریوی ۳۲ اجرا یا رفتار ترکیبی^۲ وجود دارد. ابتدا هر رفتار ترکیبی برای هر دو سناریوی با ۱۵ تکرار و ۲۰۰۰ دوره اجرا شده و سپس با استفاده از هزینه‌های مربوطه، درصد سود حاصل از اشتراک اطلاعات بدست آمده است. تحلیل این ^۲ طرح عاملی توسط نرم‌افزار Minitab، صورت گرفت. خروجی نرم‌افزار برای این آزمایش، که با سطح اطمینان ۵٪ انجام شد، در جدول ۱۱ به نمایش گذاشته شده است.

همانطوری که از این نتایج درج شده در جدول ۱۰ معلوم است، در سناریوی چهارم که همان اشتراک اطلاعات دو طرفه می‌باشد متوسط سطوح موجودی و هزینه‌ی کمبود و نگهداری در پایین‌ترین سطح خود قرار دارند که این نشان می‌دهد اشتراک اطلاعات کامل (دوطرفه) بیشترین سود را برای اعضای زنجیره تامین دارد. در این رده‌بندی سناریوی‌های دوم، سوم و اول به ترتیب در جایگاه دوم، سوم و چهارم قرار گرفته‌اند. دیگر نکته قابل ذکر این می‌باشد که اثر اشتراک اطلاعات تقاضا بیشتر از اشتراک اطلاعات تامین می‌باشد و سود بیشتری را برای اعضای زنجیره تامین به دنبال دارد. قابل ذکر است چون سناریوی مختلف اشتراک اطلاعات بروی عملکرد خرده‌فروشان و تامین‌کننده تاثیر ندارد از آوردن نتایج مربوط به آنها خودداری نموده شده است.

۷. تحلیل حساسیت (طرح آزمایش)

در این بخش تمرکز روی آزمایشاتی گذاشته شده است که شامل ۵ پارامتر یا عامل است که این استنباط می‌شود که ممکن است مهم باشند. طرح آزمایش عاملی^۱ به عنوان یک تکنیک قوی برای این نوع مساله معرفی شده است [۱۳].

جدول ۱۱. خروجی نرم‌افزار MiniTab برای طرح آزمایش عاملی

Factorial Fit: Percentage of The Profit versus CCD; CCA; CCR; SDErr; SDAcn						
Estimated Effects and Coefficients for Percentage of The Profit (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		11.621	0.2422	47.98	0.000	
CCD	10.299	5.149	0.2422	21.26	0.000	
CCA	2.276	1.138	0.2422	4.70	0.000	
CCR	-1.230	-0.615	0.2422	-2.54	0.023	
SDErr	-4.224	-2.112	0.2422	-8.72	0.000	
SDAcn	2.544	1.272	0.2422	5.25	0.000	
CCD*CCA	0.734	0.367	0.2422	1.51	0.151	
CCD*CCR	-1.635	-0.817	0.2422	-3.38	0.004	
CCD*SDErr	-5.674	-2.837	0.2422	-11.71	0.000	
CCD*SDAcn	1.776	0.888	0.2422	3.67	0.002	
CCA*SDAcn	0.991	0.496	0.2422	2.05	0.059	
CCR*SDAcn	0.890	0.445	0.2422	1.84	0.086	
CCD*CCA*CCR	0.830	0.415	0.2422	1.71	0.107	
CCD*CCA*SDAcn	0.714	0.357	0.2422	1.47	0.161	
CCD*CCR*SDAcn	0.470	0.235	0.2422	0.97	0.347	
CCD*SDErr*SDAcn	-1.276	-0.638	0.2422	-2.63	0.019	
S = 1.37014 R-Sq = 98.09% R-Sq(adj) = 96.05%						
Analysis of Variance for Percentage of The Profit (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	1096.55	1096.55	219.311	116.82	0.000
2-Way Interactions	6	322.66	322.66	53.777	28.65	0.000
3-Way Interactions	5	25.05	25.05	5.009	2.67	0.064
Residual Error	15	28.16	28.16	1.877		
Total	31	1472.42				
Notation: CCD=p; CCA=q; CCR= ρ_r ; SDAcn= σ_x ; SDErr= σ						

² Treatment Combinations

¹ Factorial experiment design

percentage of THE Profit

$$= 11.621 + 5.149p + 1.138q - 0.615p_r - 2.112\sigma + 1.272\sigma^X + 0.367pq - 0.817pp_r - 2.837p\sigma + 0.888p\sigma^X + 0.496q\sigma^X + 0.445q\sigma + 0.415pq p_r + 0.357pq\sigma + 0.235pp_r\sigma^X - 0.638p\sigma\sigma^X \quad (4)$$

۸. نتیجه گیری

با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی سناریوی‌های مختلف اشتراک اطلاعات، شامل بدون اشتراک اطلاعات، اشتراک اطلاعات تامین، اشتراک اطلاعات تقاضا و اشتراک اطلاعات دو طرفه شبیه‌سازی شد تا اثر این سناریوی‌ها بروی عملکرد زنجیره تامین، که در اینجا با دو معیار متوسط سطح موجودی و هزینه نگهداری و کمبود ارزیابی می‌شود، اندازه‌گیری شود. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی حاکی از آن بود که اشتراک اطلاعات دوطرفه بیشترین سود را برای اعضای زنجیره تامین دارد. از طرفی اشتراک اطلاعات تقاضا و تامین در رده‌های بعدی قرار دارند. دیگر نکته حائز اهمیت این بود که اشتراک اطلاعات تقاضا تاثیر بیشتری در کاهش سطح موجودی و هزینه‌ها نسبت به اشتراک اطلاعات تامین دارد.

اثر ۵ عامل ضریب همبستگی بین تقاضا در دوره فعلی با دوره قبلی، ضریب همبستگی بین عمل خرده‌فروش در دوره قبلی با تقاضا در دوره کنونی، ضریب همبستگی بین تقاضا در خرده‌فروش ۱ و ۲، پراکنش جمله خطا و پراکنش عمل خرده‌فروش بروی درصد سود حاصل با روش طرح آزمایش عاملی بررسی شد. که با استفاده از نرم‌افزار Minitab این نتیجه حاصل شد که ضریب همبستگی بین تقاضا در دوره فعلی با تقاضا در دوره قبلی بیشترین تاثیر را بروی سود حاصل از اشتراک اطلاعات دارد و با افزایش این ضریب درصد سود افزایش می‌یابد. و در نقطه مقابل پراکنش جمله خطا قرار دارد که بیشترین تاثیر منفی را بروی سود دارد بطوریکه افزایش آن باعث کاهش سود می‌شود. اگر تقاضای بین خرده‌فروشان با یکدیگر همبستگی داشته باشند این امر سبب خواهد شد که ارزش اشتراک اطلاعات کاهش یابد. همچنین مشخص شد که تعامل‌های دو و سه طرفه‌ای بین این عوامل وجود دارد.

منابع

- [1] Zhou, H., Jr, W.C.B., *Supply Chain Practice and Information Sharing*. Journal of Operations Management. 25, 2007, pp. 1348-1365.
- [2] Agrawal, S., Sengupta, R.N., Shanker, K., *Impact of Information Sharing and Lead Time on Bullwhip Effect and on-Hand Inventory*. European Journal of Operational Research. 192, 2009, pp. 576-593

قسمت بالای جدول ۱۱، تخمین اثرها و ضرایب رگرسیون را برای هر عامل نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تاثیر p بروی افزایش درصد سود حاصل از اشتراک اطلاعات کامل بسیار بیشتر از دیگر عوامل می‌باشد و همچنین p ، q و σ^X تاثیر مثبتی بر روی درصد سود حاصل از اشتراک اطلاعات دارند بطوری که با افزایش هر یک از این عوامل درصد سود حاصل از اشتراک اطلاعات به اندازه ضریب این عوامل در رگرسیون افزایش می‌یابد ولی دو عامل دیگر یعنی p_r و σ تاثیر عکس روی درصد سود دارند یعنی با افزایش هر کدام درصد سود حاصل کاهش می‌یابد و این تاثیر عکس در σ بسیار بیشتر از دیگر عامل است.

از این قسمت این مطلب نیز قابل استنتاج است که بین p و دو عامل q و σ^X تعاملی دوتایی وجود دارد که تاثیر مثبتی روی درصد سود دارد و همچنین بین p و دو عامل p_r و σ تعامل دوتایی وجود دارد که تاثیر منفی بروی درصد سود حاصل از اشتراک اطلاعات دارد. سایر تعاملات معنی‌دار در جدول ۱۱ قابل مشاهده است. قسمت پایین جدول ۱۱ خروجی نرم‌افزار، یک خلاصه از تحلیل پراکنش متمرکز روی انواع جملات در مدل رگرسیون است. سطری که با عنوان تاثیر اصلی^۱ نام‌گذاری شده است به ۵ اثر اصلی پارامترهای فرایند تقاضا اشاره دارد.

ستون نام‌گذاری شده با عنوان "Seq SS" گزارش می‌دهد چقدر مجموع مربعات افزایش می‌یابد هر وقت که هر گروه از جملات که در بالا لیست شده‌اند به مدل اضافه می‌شوند.

اولین عدد در این ستون مجموع مربعات مدل را برای متناسب کردن مدل تنها با ۵ عامل گفته شده نشان می‌دهد. سطری که با "تعاملات دوتایی"^۲ برچسب گذاری شده است به تعامل‌های دوتایی بین عوامل اشاره دارد و مجموع مربعات گزارش شده در اینجا مربوط به وقتی است که این جملات به مدل که تنها با ۵ عامل ساخته شده است، اضافه می‌شوند. بطور مشابه تعامل‌های سه‌تایی نیز به این روش به مدل با مجموع مربعات مربوطه اضافه می‌شوند.

ستون با برچسب "Adj SS" به این شاره می‌کند که چقدر مجمع مربعات مدل افزایش می‌یابد هر وقت هر گروه از جملات به مدلی که شامل تمام دیگر جملات است اضافه می‌شود.

قابل ذکر است که جدول ۱۱ بعد از حذف بعضی از تعاملات بین عوامل که معنی‌داری آنها ناچیز بود یعنی مقدار P -value آنها از مقدار ۵٪ بسیار بیشتر بود بدست آمده است. از نتایج بدست آمده از نرم‌افزار می‌توان مدل رگرسیونی استفاده شده برای بدست آوردن مقادیر درصد سود پیش‌بینی شده را به شکل زیر نوشت:

¹ Main effects² 2-Way Interactions

- [3] Huang, B., Iravani, S.M.R., *Optimal Production and Rationing Decisions in Supply Chains with Information Sharing*. Operations Research Letters. 35(2006): pp. 669-676.
- [4] Lee, H.L., So, K.C., Tang, C.S., *The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain*. Management Science. 46, 2000, pp. 626-644.
- [5] Cheng, T., Wu, Y., *The Impact of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain with Multiple Retailers*. Journal of the Operational Research Society. 56, 2005, pp. 1159-1165.
- [6] Zhang, C., Zhang, C., *Design and Simulation of Demand Information Sharing in a Supply Chain*. Simulation Modelling Practice and Theory. 15, 2007, pp. 32-46.
- [7] Gavirneni, s., *Benefits of Cooperation in a Production Distribution Environment*. Eeuropean Journal of Operational Research. 130, 2001, pp. 612-622.
- [8] Chen, M.C., Yang, T., Yen, C.T., *Investigating the Value of Information Sharing in Multi-Echelon Supply Chains*. Qual Quant. 41, 2007, pp. 497-511.
- [9] Yao, Y., Dresner, M., *The Inventory Value of Information Sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory*. Transportation Research Part E. 44, 2008, pp. 361-378.
- [10] Raghunathan, S., *Impact of Demand Correlation on the Value of and Incentives for Information Sharing in a Supply Chain*. European Journal of Operational Research. 146, 2003, pp. 634-69.
- [11] Sohn, S.Y., Lim, M., *The Effect of Forecasting and Information Sharing in SCM Formulti-Generation Products*. European Journal of Operational Research. 186, 2008, pp. 276-287.
- [12] Montgomery, D.C., Runger. G.C., *Applied Statistics and Probability for Engineers*. New York, John Wiley & Sons, 2003.
- [13] Simchi-Levi, D., *the Value of Information Sharing in a Two-Stage Supply Chain with Production Capacity Constraints*. Probability in the Engineering and Informational Sciences Printed in the USA. 25, 2004, pp. 247-274.
- [14] Wu, Y.N., T.C.E., Cheng, *The Impact of Information Sharing in a Multiple-Echelon Supply Chain*. Int. J. Production Economics. 115, 2008, pp. 1-11.
- [15] Kelton, w.d., r.p., Sadowski, et al.. *Simulation with Arena*. New York, Suzanne Jeans 2007.
- [16] G.D Eppen, L., Schrage, *Centralized Ordering Policies in a Multi-Warehouse System with Lead Times and Random Demand*, in: L.B. Schwarz (Ed.), *Multi-level Production/Inventory Systems: Theory and Practice*, North-Holland, Amsterdam, 1981.