چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۹ ـ بهار ۱۳۹۲
ص‌ص ۵۹ – ۳۷

بهینه‌سازی استراتژی دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده در زنجیره تأمین دوسطحی تحت نامعینی زمان تحویل

جعفر حیدری*

چکیده

تصمیمات هریک از اعضای زنجیره تأمین، تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر سودآوری اعضای دیگر آن می‌گذارد. ناهماهنگی در تصمیمات دوباره‌پرسازی ممکن است به کاهش سطح خدمت و افزایش هزینه‌های زنجیر تأمین بینجامد. در این مقاله، یک مدل برای بهینه‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده در یک زنجیره تأمین دوسطحی، شامل یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش، ارائه شده است. تأثیرات زمان تحویل احتمالی تأمین‌کننده بر سطح خدمت زنجیره تأمین به وسیله مدل‌سازی زمان تحویل تجمیعی بررسی شده است و یک مدل هماهنگ‌سازی بر مبنای «مشارکت در تأمین»برای بهینه‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده ارائه شده است. بر اساس مدل پیشنهادی، تأمین‌کننده با تنظیم بهینه نقطه سفارش مجدد خود و ارسال منظم سفارشات، می‌تواند بخشی از هزینه تأمین مواد خام مورد نیاز را به‌عنوان پاداش از جانب خرده‌فروش دریافت کند. نتایج آزمایش‌ها عبارت‌اند از: ۱. تحت نامعینی زمان تحویل تأمین‌کننده، هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده برای زنجیره تأمین سودآور است؛ ۲. مدل پیشنهادی بر مبنای مشارکت در تأمین کاملاً قادر به هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده و تقسیم منصفانه سود بین اعضا است. بیشتر تحقیقات پیشین در این زمینه، بر هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی خرده‌فروش متمرکز بوده‌اند، درحالی‌که در این مقاله تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده مطالعه شده است.

کلیدواژه‌ها: هماهنگی زنجیر تأمین؛ استراتژی دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده؛ زمان تحویل تجمیعی؛ مشارکت در تأمین.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱۰/۳، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۲/۲۱.

* استادیار دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).

Email: J.Heydari@ut.ac.ir

۱. مقدمه

برای بهینه‌سازی عملکرد زنجیره تأمین باید همه اعضای زنجیره تأمین تأثیرات تصمیمات خود را بر اعضای دیگر زنجیره بسنجند و تصمیماتی بگیرند که سودآوری کل زنجیر تأمین را بیشتر کند؛ به عبارت دیگر، تصمیمات هر عضو زنجیر تأمین باید با اعضای دیگر زنجیره هماهنگ باشد. هماهنگی اعضای زنجیر تأمین ابعاد گوناگونی دارد [۱] که در این تحقیق از جنبه سیستم‌های دوباره‌پرسازی انبار و موجودی‌ها به آن نگریسته‌ایم. یکپارچه‌سازی و هماهنگی اعضای زنجیر تأمین در محیط‌های رقابتی امروز یک استراتژی رقابتی است [۱۰]. هماهنگی در تصمیم‌گیری می‌تواند هزینه‌های زنجیر تأمین را کاهش دهد، موجب کاهش قیمت تمام شده محصول شود و به موفقیت زنجیر تأمین در رقابت با زنجیره‌های تأمین دیگر بینجامد. جریان پیوسته مواد در طول زنجیر تأمین به هماهنگی اعضای زنجیر تأمین در تصمیم‌گیری‌های دوباره‌پرسازی مشترک و بهینه وابسته است. تصمیمات دوباره‌پرسازی در زنجیر تأمین شامل مجموعه‌ای از تصمیمات در ارتباط با سفارش‌دهی و تجدید موجودی انبار اعضای زنجیر تأمین است که به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود؛ تصمیم در مورد مقدار سفارش و تصمیم درباره زمان سفارش‌دهی. در این میان، برخی از فاکتورها بر استراتژی دوباره‌پرسازی انبار اعضای زنجیر تأمین تأثیرات بد دارند که مهم‌ترین آن‌ها تأخیر زمانی بین سفارش‌دهی و دریافت کالای سفارش داده شده است که به آن «زمان تحویل» گفته می‌شود. طولانی یا نامعین بودن زمان تحویل جریان پیوسته مواد و موجودی‌ها در طول زنجیر تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث انقطاع، کمبود و افزایش هزینه‌های زنجیر تأمین می‌شود.

در این مقاله مسئله زمان تحویل تأمین‌کننده و تأثیرات آن بر عملکرد عضو پایین‌دست زنجیر تأمین مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است و یک مکانیزم برای از بین بردن این تأثیرات بد معرفی شده است. سؤالات اصلی این تحقیق عبارت‌اند:

۱. تأثیرات زمان تحویل تأمین‌کننده بر عملکرد کلی زنجیر تأمین چیست؟

۲. آیا تصمیم‌گیری اشتراکی روی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده، تأثیرات بد وجود زمان تحویل تأمین‌کننده را از بین می‌برد؟

۳. در صورت مثبت بودن جواب سؤال دوم، چگونه می‌توان مشارکت هر دو عضو زنجیر تأمین را در تصمیم‌گیری اشتراکی روی مکانیزم دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده، تضمین کرد؟ برای پاسخ به سؤالات بالا، یک زنجیر تأمین دوسطحی مدل‌سازی شده است که در آن تأمین‌کننده برای دوباره‌پرسازی انبار خود با یک زمان تحویل احتمالی مواجه است. تأثیرات زمان تحویل تأمین‌کننده بر سطح خدمت زنجیر تأمین بررسی شده است و معلوم شده است که تصمیم‌گیری اشتراکی روی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده، اثرات بد زمان تحویل احتمالی تأمین‌کننده را

خنثی می‌کند. در ادامه، برای ترغیب تأمین‌کننده به مشارکت در تصمیم‌گیری اشتراکی، یک طرح انگیزشی[1] تحت عنوان «مشارکت در تأمین» ارائه کرده‌ایم که تضمین‌کننده مشارکت تأمین‌کننده در تصمیم‌گیری اشتراکی است. هدف اصلی این تحقیق، ارائه مدلی برای آسان کردن جریان مواد در طول زنجیر تأمین در حالتی است که تأمین‌کننده با تأخیر و نامعینی در دوباره‌پرسازی انبار خود مواجه است. با دستیابی به این هدف، انقطاع‌های ناخواسته در جریان مواد که به نوبه خود به افت سطح خدمت زنجیر تأمین منجر می‌شوند، کاهش خواهند یافت.

نوآوری اصلی این تحقیق را می‌توان در مدل‌سازی تأثیرات زمان‌های تحویل تأمین‌کننده بر سطح خدمت زنجیر تأمین به‌واسطه هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده دانست. تحقیقات پیشین در این زمینه بر هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی خرده‌فروش متمرکز بوده‌اند، درحالی‌که در این مقاله تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده مورد مطالعه قرار گرفته است. تاکنون تأثیرات تجمیع زمان‌های تحویل اعضای زنجیر تأمین و ایجاد زمان تحویل تجمیعی[2] که در این مقاله مدل‌سازی شده است، در ادبیات موضوع، مورد بررسی قرار نگرفته است.

۲. پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر بحث تصمیم‌گیری هماهنگ در زنجیره‌های تأمین مورد توجه پژوهشگران حوزه مدیریت عملیات بوده است. تصمیم‌گیری هماهنگ می‌تواند سودآوری کلی زنجیر تأمین را افزایش دهد. مسئله اصلی در حوزه تصمیم‌گیری هماهنگ ارائه مدل‌هایی است که در عمل بتوانند سود حاصل را به طور منصفانه بین اعضا تقسیم کنند، به طوری که همه اعضای زنجیر تأمین انگیزه کافی برای مشارکت در تصمیم‌گیری هماهنگ داشته باشند. در این رابطه مدل‌های مختلفی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به مدل‌های تخفیف مقداری [۲، ۱۸، ۲۰]، قراردادهای بازخرید [۶، ۲۳]، تأخیر در پرداخت [۷، ۱۱]، تسهیم درآمد [۳،۱۲، ۱۳، ۲۲] و قراردادهای انعطاف‌پذیری مقداری [۱۵، ۲۴] اشاره کرد. همه این مدل‌ها مسئله هماهنگی را به‌عنوان یک مسئله دومرحله‌ای مدل‌سازی می‌کنند که در مرحله اول مقدار بهینه متغیرهای تصمیم به واسطه مدلسازی زنجیر تأمین در حالت متمرکز استخراج می‌شود و در مرحله دوم طرح انگیزشی برای ترغیب اعضا به تصمیم‌گیری اشتراکی توسعه می‌یابد. در ادامه برخی از آخرین تحقیقات در حوزه هماهنگی تصمیمات دوباره‌پرسازی در زنجیر تأمین را مرور می‌کنیم.

1. Incentive Scheme

اخیراً در یک تحقیق، مسئله هماهنگی اعضا در زنجیر تـأمین درحـالی‌کـه در سـمت تـأمین نامعینی وجود دارد مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داده شده است که در حالت غیرمتمرکـز احتمال کمبود در سمت تأمین‌کننده وجود دارد و این در حالی اسـت کـه همـاهنگی روی متغیـر میزان تولید می‌تواند سودآوری زنجیر تأمین را بیشتر کند [۱۴]. مدل مذکور برای حالـت نـامعینی تقاضا و وجود چند تأمین‌کننده نیز توسعه داده شده است. در یک تحقیق دیگر، هماهنـگ‌سـازی زنجیر تأمین با وجود یک تولیدکننده و n خرده‌فروش رقیـب تحـت وجـود اخـتلال همزمـان در تقاضا و هزینه تولید، مورد مطالعه قرار گرفته است [۴]. در این مدل، یک قرارداد تسـهیم درآمـد برای هماهنگ‌سازی زنجیر تأمین پیشنهاد شده اسـت و تـأثیرات اخـتلالات موجـود بـر قـرارداد تسهیم درآمد مطالعه شده و نشان داده شده است که وجود اختلال می‌تواند علاوه بر پارامترهـای قرارداد تسهیم درآمد، اندازه سفارش و قیمـت عمـده‌فروشـی را نیـز تحـت تـأثیر قـرار دهـد. در مدل‌های ساده قرارداد تسهیم درآمد، سهم هریک از اعضا مستقل از مقـدار درآمـد حاصـل شـده است، درحالی‌که اخیراً یک قرارداد تسهیم درآمد در زنجیر تأمین فیلم‌سازی ارائه شده است که در آن سهم هر عضو وابسته به مقدار درآمد حاصله است [۱۶]. مدل ارائه شده با مدل‌هـای معمـول تسهیم درآمد مقایسه شده است و نشان داده شده که تحت شـرایط خاصـی عملکـرد بهتـری از مدل‌های تسهیم درآمد معمول نشان می‌دهد. در یک مطالعـه دیگـر، همـاهنگی زنجیـره تـأمین دوسطحی که در آن یک محصول با طول عمر ثابت در جریان است، بررسی شـده اسـت [۸]. در مدل مورد بررسی، فروشنده برای ترغیب خریدار به تغییر در اندازه سفارش، از مکـانیزم تـأخیر در پرداخت بهره می‌گیرد. نشان داده شده است که در صورت برابر بودن هزینه سرمایه برای خریدار و فروشنده، مدل تصمیم‌گیری هماهنگ تحت قرارداد تأخیر در پرداخت می‌تواند جواب‌هـایی بـه خوبی مدل تصمیم‌گیری متمرکز ایجاد کند. اخیراً مسئله هماهنگی تصمیمات در زنجیر تأمین سه سطحی نیز مورد بررسی قرار گرفته است [۱۷]. در بررسی مذکور، سه حالـت همـاهنگی بررسـی شده‌اند که عبارت‌اند از: هماهنگی بین هر سه عضو زنجیر تأمین، هماهنگی بین دو عضو زنجیـر تأمین و عدم هماهنگی بین اعضای زنجیر تـأمین. نتـایج تحقیـق نشـان داده اسـت کـه ایجـاد هماهنگی بین دو عضو بالادست بهتر از ایجاد هماهنگی بین اعضای پایین‌دسـت زنجیـر تـأمین است، زیرا سودآوری بیشتری برای زنجیر تأمین در پی دارد؛ بنابراین می‌توان گفت که هماهنگی در سطوح بالادست بر هماهنگی در سطوح پایین‌دست زنجیر تأمین مقدم است.

حصول هماهنگی بین اعضای یک زنجیر تأمین معکوس، با هدف بازیافـت مـؤثر کالاهـای فرسوده مطالعه شده است [۹]. در مدل پیشنهاد شده، زنجیره‌های تأمین دوسطحی و سه سطحی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و با استفاده از یک قرارداد تسهیم درآمد، هماهنگی بین اعضای زنجیر تأمین حاصل شده است. برای مدل‌سازی مسئله، فـرض شـده اسـت کـه بازگردانـدن کالاهـای

فرسوده از سوی مشتریان یک تخفیف را از سوی خرده‌فروش برای آن‌ها در بر دارد. مسئله هماهنگی بین دو عضو زنجیر تأمین در حالت تک‌دوره‌ای و با وجود تقاضای فازی نیز مورد مطالعه قرار گرفته است که در آن تأمین‌کننده با ارائه تخفیف مقداری کوشیده است خرده‌فروش را به تغییر در اندازه سفارش خود ترغیب کند [۲۵]. نشان داده شده است که این مکانیزم می‌تواند سودآوری زنجیر تأمین را افزایش دهد. در یک تحقیق، هماهنگی بین سیاست‌های کنترل موجودی در یک زنجیر تأمین، شامل چندین تأمین‌کننده مستقل و یک تولیدکننده با ظرفیت محدود، مورد بررسی قرار گرفته است [۱۹]. در مدل ارائه شده، تأمین‌کننده بر پایه سیستم ساخت برای انبار فعالیت می‌کند، درحالی‌که تولیدکننده از یک سیستم ساخت بر اساس سفارش استفاده می‌کند. مدل‌سازی بر مبنای تئوری صف انجام شده است که در آن تأمین‌کننده به‌صورت یک صف M/M/1 و تولیدکننده به‌عنوان یک صف G/M/1 مدلسازی شده است. در تحقیق دیگر، مجدداً مسئله هماهنگی در زنجیر تأمین با وجود چندین تأمین‌کننده رقیب مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داده شده است که قرارداد تخفیف مقداری، قادر به هماهنگ‌سازی این زنجیر تأمین نیست؛ مگر اینکه محدودیت‌هایی بر مدل اعمال شود [۵]. در ادامه یک قرارداد تخفیف مقداری با محدودیت قیمت برای هماهنگ‌سازی زنجیر تأمین ارائه شده است.

بیشتر تحقیقات پیشین در حوزه هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی، بر ایجاد هماهنگی در تصمیمات دوباره‌پرسازی اعضای پایین‌دست زنجیر تأمین متمرکز شده‌اند و این در حالی است که وجود نامعینی در سطوح بالای زنجیر تأمین می‌تواند بر عملکرد زنجیر تأمین بسیار تأثیرگذار باشد؛ بنابراین می‌توان گفت هماهنگ‌سازی تصمیمات در لایه‌های بالادست زنجیر تأمین اهمیت دارد. در این مقاله یک مدل هماهنگی برای تصمیم‌گیری اشتراکی روی تصمیمات دوباره‌پرسازی بالادست ارائه کرده‌ایم. در این مدل، بر خلاف اغلب مدل‌های موجود، زمان تحویل برای دوباره‌پرسازی انبار تأمین‌کننده احتمالی است و اگر زمان تحویل بالادست از حد مشخصی فراتر رود، به دلیل تجمیع زمان‌های تحویل خرده‌فروش و تأمین‌کننده، تأخیرهای طولانی در برآورده‌سازی سفارشات مشتریان به وجود خواهد آمد و این مسئله سطح خدمت زنجیر تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۳. روش‌شناسی تحقیق

مدلسازی زنجیر تأمین. در این مقاله یک زنجیر تأمین دوسطحی شامل یک خرده‌فروش و یک تأمین‌کننده را در نظر گرفتیم. خرده‌فروش از سیستم مرور پیوسته موجودی‌ها استفاده می‌کند؛ به این صورت که با رسیدن سطح موجودی به نقطه سفارش مجدد r، یک سفارش با اندازه ثابت Q به تأمین‌کننده ارسال می‌کند. اگر تأمین‌کننده موجودی کافی در انبار داشته باشد،

سفارش بلافاصله توسط تأمین‌کننده حمل می‌شود و بعد از سپری شدن زمان تحویل مشخص و قطعی، به دست خرده‌فروش می‌رسد. اگر به دلیل کمبود موجودی در انبار تأمین‌کننده، امکان ارسال سفارش وجود نداشته باشد، سفارش خرده‌فروش در لیست باقی می‌ماند و در اولین فرصت توسط تأمین‌کننده ارسال می‌شود. اگر خرده‌فروش با کمبود موجودی مواجه شود، باید جریمه تأخیر در برآورده‌سازی سفارشات مشتریان را بپردازد. از آنجا که جریمه کمبود قابل توجه است، خرده‌فروش تا حد امکان تمایلی به مواجهه با کمبود ندارد. تقاضای بازار قطعی است، بنابراین خرده‌فروش می‌تواند به طور دقیق نقطه سفارش مجدد خود را با فرض ارسال بدون تأخیر سفارشات از سوی تأمین‌کننده حساب کند. اندازه سفارش خرده‌فروش به تأمین‌کننده به دلیل محدودیت‌هایی در حمل‌ونقل، بسته‌بندی، حجم فضای انبار خرده‌فروش و ارسال، ثابت و از پیش تعیین شده در نظر گرفته شده است؛ در همین حال، تأمین‌کننده برای پاسخگویی به تقاضای خرده‌فروش اقدام به دوباره‌پرسازی انبار خود می‌کند. تأمین‌کننده از سیستم مرور پیوسته (s, nQ) استفاده می‌کند؛ به این صورت که با رسیدن سطح موجودی به نقطه سفارش مجدد s، سفارشی با اندازه nQ صادر می‌شود. در این مقاله s و n متغیرهای تصمیم تأمین‌کننده هستند. در حالت بهینه اندازه دوباره‌پرسازی انبار تأمین‌کننده باید مضرب صحیحی از اندازه سفارش خرده‌فروش، یعنی Q باشد، در نتیجه در حالت بهینه ضریب n یک مقدار صحیح مثبت خواهد بود. افزایش و کاهش موجودی انبار تأمین‌کننده، آنی اتفاق می‌افتد. افزایش موجودی با حجم nQ و کاهش موجودی با حجم Q از طریق ارسال سفارش به خرده‌فروش ایجاد می‌شود. با این حال یک زمان تحویل احتمالی بین تأمین‌کننده و تأمین‌کننده بیرونی وجود دارد؛ یعنی هر سفارش تأمین‌کننده پس از سپری شدن یک زمان تحویل احتمالی (با توزیع نرمال) به وی تحویل می‌شود و این مهم‌ترین ویژگی این مدل است که نوآوری اصلی مدل پیشنهادی به شمار می‌رود. اگر نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده خیلی پایین انتخاب شود یا زمان تحویل از حد مشخصی بیشتر شود، احتمال دارد به دلیل تجمیع زمان‌های تحویل خرده‌فروش و تأمین‌کننده، سطح خدمت زنجیر تأمین تحت تأثیر قرار گیرد؛ بنابراین نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده بر احتمال برخورد خرده‌فروش با کمبود و در نتیجه سودآوری او تأثیر مستقیم دارد. مدل‌سازی زنجیر تأمین در سه حالت زیر انجام شده است:

۱. حالت غیرمتمرکز سنتی که در آن خرده‌فروش فقط به تصمیمات تأمین‌کننده واکنش نشان می‌دهد و برای تأثیرگذاری بر تصمیمات او تلاشی نمی‌کند؛

۲. حالت متمرکز که در آن فرض می‌شود هر دو عضو زنجیر تأمین توسط یک موجودیت واحد (مدیر زنجیر تأمین) کنترل می‌شوند و در نتیجه تصمیمات بهینه سرتاسری گرفته می‌شود؛

۳. حالت هماهنگ که در آن خرده‌فروش به وسیله مکانیزم «مشارکت در تأمین» می‌کوشد تأمین‌کننده را به بهینه‌سازی سرتاسری تصمیمات دوباره‌پرسازی تشویق کند.

فرضیات و نمادگذاری. فرضیات این مدل عبارت‌اند از:

۱. اندازه سفارش خرده‌فروش به دلیل محدودیت‌های حمل‌ونقل، بسته‌بندی و فضای انبار، ثابت و از پیش تعیین شده است.

۲. به ازای هر واحد کمبود در سایت خرده‌فروش جریمه مشخصی وجود دارد؛ درحالی‌که کمبود موجودی در سایت تأمین‌کننده، به دلیل انحصاری بودن تأمین، جریمه‌ای در پی ندارد.

۳. بیشترین مدتی که یک قلم کالا در انبار تأمین‌کننده می‌تواند ذخیره شود، بنا بر ویژگی‌های محصول، به اندازه a سال است و تأمین‌کننده از سیستم FIFO[1] در انبار خود استفاده می‌کند.

در این مقاله نمادهای زیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

D: تقاضای سالانه بازار (قطعی و یکنواخت)؛

Q: اندازه سفارش خرده‌فروش (ثابت و از پیش تعیین شده)؛

h_r: هزینه نگهداری هر واحد موجودی در سال در سایت خرده‌فروش؛

h_s: هزینه نگهداری هر واحد موجودی در سال در سایت تأمین‌کننده؛

A_r: هزینه هر بار سفارش‌دهی خرده‌فروش؛

A_s: هزینه هر بار سفارش‌دهی تأمین‌کننده؛

w: قیمت عمده‌فروشی هر واحد کالا (تبادل بین تأمین‌کننده و تأمین‌کننده بیرونی)؛

P_{s-r}: قدرت چانه‌زنی تأمین‌کننده نسبت به خرده‌فروش؛

B: جریمه کمبود در سایت خرده‌فروش به ازای هر واحد کمبود؛

n: ضریب سفارش‌دهی تأمین‌کننده (اندازه هربار دوباره‌پرسازی انبار تأمین‌کننده nQ خواهد بود)؛

LT_s: زمان تحویل بین تأمین‌کننده و تأمین‌کننده بیرونی، دارای توزیع نرمال با تابع چگالی f(x)؛

$_{۱}$: میانگین متغیر تصادفی x (میانگین زمان تحویل بین تأمین‌کننده و تأمین‌کننده بیرونی)؛

$_{۱}$: انحراف معیار متغیر تصادفی x ؛

: فاکتور تعیین نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده (یک عدد صحیح مثبت کوچک‌تر یا مساوی n است و نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده برابر است با Q(1-) (شکل ۱).

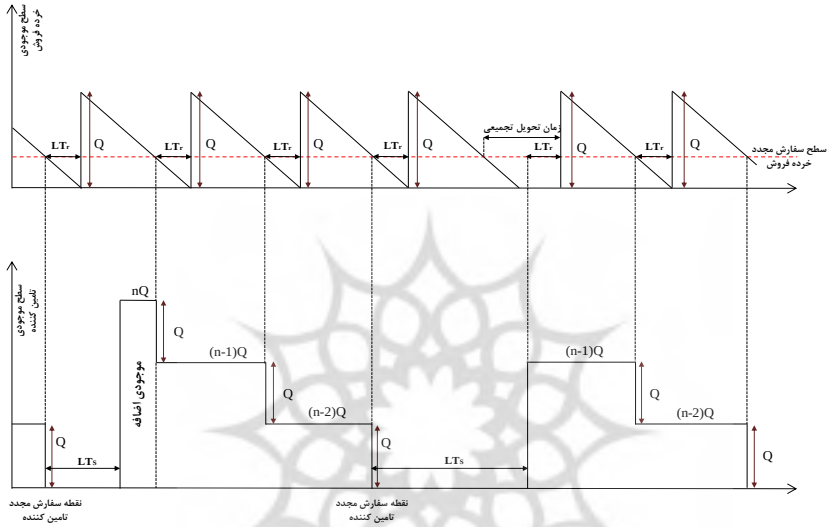
متغیرهای تصمیم در مدل پیشنهادی عبارت‌اند از و n. اندیس‌های r و s به ترتیب برای خرده‌فروش و تأمین‌کننده استفاده می‌شوند. بالانویس * و ** به ترتیب برای نشان دادن مقدار بهینه متغیرهای تصمیم در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز استفاده می‌شوند.

1. First In First Out

همان‌طور که گفتیم، $x \sim N(\lambda_1, \xi_1^2)$ یک متغیر تصادفی با توزیع نرمال معرف زمان تحویل تأمین‌کننده است. با در نظر گرفتن فاکتور برای تعیین نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده، این احتمال را که تأمین‌کننده مجبور به نگهداری موجودی اضافه به دلیل دریافت سفارش صادرشده خود قبل از دریافت سفارش از خرده‌فروش شود، به‌صورت زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$P(x < \varphi.Q/D) = \int_{-\infty}^{\varphi Q/D} f(x)dx$$

شکل ۱ نشان‌دهنده سطح موجودی اعضای زنجیره در شرایطی است که n=3 و 1= است.



شکل ۱. سطح موجودی خرده‌فروش و تأمین‌کننده در شرایطی که $n=3$ و $\varphi=1$ است.

چنانکه در شکل ۱ می‌بینیم، از آنجا که برابر ۱ در نظر گرفته شده است، نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده با توجه به رابطه s=(-1)Q، روی صفر تنظیم می‌شود. در این حالت در اولین لحظه‌ای که موجودی تأمین‌کننده به صفر برسد، سفارشی با اندازه nQ به تأمین‌کننده بیرونی صادر و پس از سپری شدن یک زمان احتمالی (LT_S) آن را دریافت می‌کند. در سیکل اول سفارش‌دهی تأمین‌کننده در شکل ۱، با توجه به کوچک بودن LT_S، سفارش ثبت شده زودتر از موعد لازم به دست تأمین‌کننده رسیده و در نتیجه وی ناچار شده است موجودی اضافه را نگه دارد، درحالی‌که در سیکل دوم سفارش‌دهی تأمین‌کننده، زمان تحویل وی از سیکل سفارش‌دهی خرده‌فروش (یعنی QD که در آن ۱=) طولانی‌تر شده است و در نتیجه سفارشی از سوی

خرده‌فروش صادر شده است که تأمین‌کننده به دلیل کمبود موجودی نمی‌تواند در لحظه صدور سفارش، آن را ارسال کند؛ بنابراین زمان تحویل خرده‌فروش افزایش می‌یابد. در این حالت، زمان تحویل خرده‌فروش با تأخیر ارسال تأمین‌کننده جمع می‌شود و یک زمان تحویل تجمیعی شکل می‌گیرد که در نتیجه آن خرده‌فروش با کمبود موجودی مواجه می‌شود. در اولین لحظه که سفارش تأمین‌کننده به دست وی برسد، با ارسال Q واحد کالا، تقاضای خرده‌فروش را برآورده می‌کند و بنابراین حداکثر سطح موجودی تأمین‌کننده عبارت خواهد بود از (n-1)Q. مسئله اصلی در این زنجیر تأمین تعیین n و به شیوه‌ای است که هم هزینه‌های کلی زنجیر تأمین کم شود و هم تأمین‌کننده از این بهینه‌سازی سود ببرد و انگیزه کافی برای مشارکت در بهینه‌سازی متغیرهای تصمیم داشته باشد.

مدل تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی. در این شیوه تصمیم‌گیری، هریک از اعضای زنجیر تأمین، موجودیت‌های اقتصادی مستقلی هستند که بر مبنای سودآوری خود و بدون توجه به عضو دیگر زنجیر تأمین فعالیت می‌کنند. هریک از اعضا می‌کوشند بنابر تابع هزینه خود، متغیرهای تصمیم تحت اختیار خود را طوری تنظیم کنند که بیشترین سود عایدشان شود.
هزینه موردانتظار تأمین‌کننده در این حالت عبارت است از:

$$TC_s(\varphi,n)=A_s\frac{D}{nQ}+h_s\frac{(n-1)Q}{2}+h_s\frac{D}{nQ}nQ\left(\int_{-\infty}^{\varphi Q/D}(\varphi\frac{Q}{D}-x)\,f(x)dx\right) \qquad (۱)$$

جمله اول معرف متوسط هزینه‌های سفارش‌دهی تأمین‌کننده در طول سال، جمله دوم نشان‌دهنده متوسط هزینه نگهداری موجودی چرخه و جمله سوم نشان‌دهنده متوسط هزینه تأمین‌کننده در طول سال به دلیل نگهداری موجودی اضافه در حالاتی است که زمان تحویل وی کوتاه‌تر از حد مشخصی باشد. جملات اول و دوم به‌راحتی قابل استنتاج هستند. جمله سوم حاصل‌ضرب چهار فاکتور زیر است:

۱. h_s که واحد هزینه نگهداری موجودی تأمین‌کننده است؛

۲. فاکتور D/nQ که معرف تعداد سیکل‌های سفارش‌دهی تأمین‌کننده در طول سال است؛

۳. nQ که ماکزیمم سطح موجودی تأمین‌کننده، درحالتی است که دریافت سفارشات وی در موعدی زودتر از زمان سفارش‌دهی خرده‌فروش اتفاق بیفتد؛

۴. انتگرال ارائه شده در جمله سوم معرف متوسط مقدار کوتاه‌تر بودن LT_s از زمان دریافت سفارش خرده‌فروش است؛ به‌عنوان مثال اگر روی ۱ تنظیم شود، نقطه سفارش مجدد روی

صفر تنظیم می‌شود و اگر LT_s از سیکل سفارش خرده‌فروش، یعنی Q/D کمتر باشد، باید به مدت $Q/D\text{-}LT_s$ سطح nQ از موجودی توسط تأمین‌کننده نگهداری شود. این نتیجه برای مقادیر دیگر نیز قابل استنتاج است.

تأمین‌کننده در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز به‌تنهایی روی n و تصمیم‌گیری می‌کند. n یک عدد صحیح و مثبت است و نیز یک عدد صحیح و مثبت است که حداکثر می‌تواند برابر با n باشد و بر اساس آن نقطه سفارش مجدد به صورت Q(1-) تعیین می‌شود. بر این اساس، نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده می‌تواند مقادیر صفر، Q، 2Q، 3Q، ...، Q(n-1) را بگیرد. گسسته بودن مقادیر ممکن برای نقطه سفارش مجدد تأمین‌کننده، به دلیل پله‌ای بودن نمودار سطح موجودی تأمین‌کننده است؛ بر این اساس، هرگاه تأمین‌کننده یک سفارش خرده‌فروش را ارسال می‌کند، بررسی برای دوباره‌پرسازی انبار خود را نیز در همان لحظه انجام می‌دهد و اگر سطح موجودی به Q(1-) رسیده باشد، سفارشی با اندازه nQ به تأمین‌کننده بیرونی صادر می‌شود.

در حالت غیرمتمرکز از آنجا که تأمین‌کننده هزینه مواجهه با کمبود ندارد، برای اجتناب از نگهداری موجودی اضافه، نقطه سفارش مجدد خود را روی کمترین مقدار ممکن، یعنی صفر، تنظیم می‌کند و در نتیجه از دیدگاه تأمین‌کننده1= بهینه خواهد بود.

برای بهینه‌سازی تابع هزینه تأمین‌کننده نسبت به متغیر تصمیم n، به‌طور موقت فرض می‌شود که متغیر تصمیم n یک متغیر پیوسته است. با فرض پیوستگی متغیر تصمیم n می‌توان نشان داد که تابع هزینه ۱ نسبت به n محدب است.

برای بهینه‌سازی تابع هزینه تأمین‌کننده نسبت به n کافی است که مشتق مرتبه اول تابع هزینه ۱ نسبت به متغیر n و مقدار بهینه متغیر با فرض پیوسته بودن n محاسبه شود، سپس اعداد صحیح طرفین n محاسبه شده در تابع هزینه تأمین‌کننده جایگذاری شود. هریک که بتواند تابع هزینه ۱ را کم کند، به‌عنوان مقدار بهینه n انتخاب می‌شود. با بهینه‌سازی بر حسب n با فرض پیوستگی n، مقدار این متغیر برابر با $\sqrt{2DA_s/(h_sQ^2)}$ محاسبه می‌شود که یک مقدار اعشاری خواهد بود. مقدار n بهینه با استفاده از رابطه ۲ قابل محاسبه خواهد بود:

(۲)

$$n^* = \begin{cases} n_1^* = \left\lfloor \sqrt{2DA_s/(h_sQ^2)} \right\rfloor & if \quad TC_s(\varphi^*, n_1^*) \le TC_s(\varphi^*, n_2^*) \\ n_2^* = \left\lfloor \sqrt{2DA_s/(h_sQ^2)} \right\rfloor + 1 & if \quad TC_s(\varphi^*, n_1^*) > TC_s(\varphi^*, n_2^*) \end{cases}$$

بنابر فرض شماره ۴ از بند ۱-۳، باید مقدار n از aD/Q کوچک‌تر باشد، زیرا در غیر این صورت اقلام بیشتر از a سال در انبار تأمین‌کننده منتظر می‌مانند. اگر بر اساس رابطه ۲ مقدار n^* محاسبه شده بیش از aD/Q باشد، مقدار n^* برابر با بزرگ‌ترین عدد صحیح کوچک‌تر از aD/Q در نظر گرفته می‌شود.

خرده‌فروش در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز متقبل هزینه‌هایی می‌شود که بخشی از آن تحت تأثیر مستقیم تصمیمات تأمین‌کننده است. تابع هزینه مورد انتظار خرده‌فروش عبارت است از:

$$TC_r = A_r \frac{D}{Q} + h_r \frac{Q}{2} + \frac{1}{n}\frac{BD}{Q}\left(D \int_{\varphi Q/D}^{\infty} (x - \varphi \frac{Q}{D}) f(x) dx \right) \qquad (۳)$$

جمله اول بیانگر هزینه سفارش‌دهی خرده‌فروش است، جمله دوم هزینه نگهداری موجودی‌ها در سایت خرده‌فروش را نشان می‌دهد و جمله سوم بیانگر هزینه‌های مواجهه با کمبود برای خرده‌فروش است. در مواردی که تأمین‌کننده به دلیل کمبود موجودی نتواند بلافاصله سفارشات خرده‌فروش را حمل کند، خرده‌فروش با کمبود مواجه خواهد شد.

از آنجا که اندازه دوباره‌پرسازی انبار تأمین‌کننده، n برابر خرده‌فروش است، به ازای هر n سیکل سفارش‌دهی خرده‌فروش، تأمین‌کننده یک بار دوباره‌پرسازی انبار خود را انجام می‌دهد؛ به این ترتیب در 1-1/n سیکل‌ها دوباره‌پرسازی فقط توسط خرده‌فروش انجام می‌شود و در این سیکل‌ها سفارش ثبت شده خرده‌فروش بلافاصله از سوی تأمین‌کننده ارسال می‌شود و در نتیجه خرده‌فروش با کمبود ناخواسته مواجه نخواهد شد. اما در 1/n سیکل‌ها هم خرده‌فروش و هم تأمین‌کننده به طور همزمان اقدام به دوباره‌پرسازی انبار خود می‌کنند. در این قبیل سیکل‌ها دو حالت زیر رخ می‌دهد:

ـ اگر دسته سفارش تأمین‌کننده قبل از سیکل بعدی دوباره‌پرسازی خرده‌فروش دریافت شود، تأثیری بر میزان کمبودها در سایت خرده‌فروش نخواهد داشت. در این سیکل‌ها، تأمین‌کننده با هزینه نگهداری موجودی مازاد مواجه است.

ـ اگر دسته سفارش تأمین‌کننده قبل از سیکل بعدی دوباره‌پرسازی خرده‌فروش دریافت نشود، این موضوع به طولانی‌تر شدن زمان تحویل خرده‌فروش می‌انجامد و نتیجه مستقیم آن بروز کمبود در سایت خرده‌فروش است.

به این ترتیب، هزینه‌های خرده‌فروش تحت تأثیر مستقیم n و فاکتور است؛ با این حال در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز، خرده‌فروش فقط به تصمیمات تأمین‌کننده واکنش نشان می‌دهد و اقدامی برای اصلاح تصمیمات وی انجام نمی‌دهد. در زنجیر تأمین مورد بررسی از آنجا که

کمبود در سایت تأمین‌کننده هزینه‌ای برای وی در بـر نـدارد، نقطـه سـفارش مجـدد خـود را در پایین‌ترین سطح ممکن (صفر) تنظیم می‌کند؛ درحالی‌که این نقطه سفارش مجدد پایین می‌توانـد با افزایش هزینه‌های کمبود، موجب افزایش چشمگیر هزینه‌های خرده‌فروش شود.

مدل تصمیم‌گیری متمرکز. در این مدل، موجودیت اقتصادی واحدی به نام مدیر زنجیر تـأمین تصمیماتی را به صورت بهینه سرتاسری می‌گیرد و هدف وی کمینه‌سازی هزینه‌های کل زنجیـر تأمین است.

هزینه موردانتظار برای کل زنجیر تأمین عبارت است از مجموع هزینه‌هـای خـرده‌فـروش و تأمین‌کننده:

$$TC_{SC} = TC_r + TC_s$$
$$= \frac{D}{Q}(A_r + \frac{A_s}{n}) + \frac{Q}{2}\left(h_r + h_s(n-1)\right) + h_s D\left(\int_{-\infty}^{\varphi Q/D} (\varphi\frac{Q}{D} - x) f(x)dx\right) \quad (۴)$$
$$+ \frac{BD}{nQ}\left(D\int_{\varphi Q/D}^{\infty} (x - \varphi\frac{Q}{D}) f(x)dx\right)$$

در ادامه، الگوریتمی بر مبنای جست‌وجوی کامل فضای جواب برای دستیابی به مقدار بهینـه متغیرهای تصمیم n و ارائه می‌شود که قابلیت دستیابی به جواب بهینه در مدت زمانی کوتاه را دارد.

الگوریتم برای محاسبه مقدار بهینه سرتاسری n و φ:

گام اول: n روی کمترین مقدار ممکن، یعنی ۱ تنظیم شود.

گام دوم: روی کمترین مقدار ممکن، یعنی ۱ تنظیم شود.

گام سوم: مقدار TC_{SC} محاسبه شود.

گام چهارم: اگر n> باشد، قرار دهید+ = و به گام سوم بازگردید.

گام پنجم: اگر n<aD/Q باشد، قرار دهید n=n+1 و به گام دوم بازگردید.

گام ششم: ترکیبی از n و بهینه است که TC_{SC} معـادل آن، کمتـرین مقـدار در میـان مقـادیر محاسبه‌شده در گام سوم باشد. این دو مقدار را با نمادهای n^{**} و ** نمایش مـی‌دهـیم. مقـادیر محاسبه شده n^{**} و ** بهینه سرتاسری هستند، بنابراین کمترین مقـدار هزینـه قابـل دسـتیابی زنجیر تأمین به صورت (n^{**}, **,)TC_{SC} قابل نمایش است.

هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده. از آنجا که تصمیم‌گیری متمرکز به دنبال کمینه‌سازی هزینه‌های کلی زنجیر تأمین است، می‌توان انتظار داشت که هزینه کلی زنجیر تأمین در حالت تصمیم‌گیری متمرکز، نسبت به حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی کاهش یابد؛ با این حال از آنجا که در حالت سنتی، تأمین‌کننده تابع هزینه خود را کم کرده است، تصمیم‌گیری متمرکز هزینه‌های وی را نسبت به حالت سنتی افزایش می‌دهد یا به عبارت ریاضی $TC_s(\ ^{**},n^{**}) > TC_s(\ ^{*},n^{*})$. به این ترتیب، تأمین‌کننده که اهداف مالی دارد، به مشارکت در طرح و تنظیم متغیرهای تصمیم خود روی $^{**}n$ و ** قانع نخواهد شد؛ مگر اینکه هزینه‌های وی در نتیجه این تغییر در تصمیم‌گیری، کاهش یابد. به این ترتیب، خرده‌فروش باید با یک مکانیزم مناسب، تأمین‌کننده را به پذیرش تصمیمات بهینه سرتاسری تشویق کند. در این مقاله یک طرح انگیزشی بر مبنای «مشارکت در تأمین» ارائه کرده‌ایم تا تأمین‌کننده را به مشارکت در طرح قانع کند. بر مبنای مدل پیشنهادی، خرده‌فروش در قبال تغییر تصمیمات تأمین‌کننده از $^{*}n$ و * به $^{**}n$ و ** قبول می‌کند که به‌عنوان مشوق در تأمین مالی قراردادهای دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده شرکت کند و درصد از قیمت خرید محموله‌های تأمین‌کننده را به عنوان پاداش ارسال به‌موقع بپذیرد. خرده‌فروش تعهد می‌کند که در نتیجه التزام تأمین‌کننده به مقادیر بهینه سرتاسری متغیرهای تصمیم، درصد از قیمت کل محموله‌های خریداری شده تأمین‌کننده را قبول کند. هزینه‌های هریک از طرفین بعد از پذیرش طرح، باید کمتر از هزینه‌های آن‌ها قبل از پذیرش طرح باشد.

اگر مقدار از حد مشخصی کوچک‌تر باشد، تأمین‌کننده انگیزه کافی برای تغییر در تصمیمات خود نخواهد داشت. بر این اساس، قضیه ۱ شرایط تأمین‌کننده برای مشارکت در طرح را به بیان ریاضی تبدیل می‌کند.

قضیه ۱، شرایط تأمین‌کننده برای مشارکت در طرح. تأمین‌کننده در طرح مشارکت نخواهد کرد، مگر اینکه مقدار از مقدار $_{min}$ که در رابطه ۵ مشخص شده است، بیشتر باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\alpha_{\min} = \Delta TC_s / wD \quad (۵)$$
$$where$$
$$\Delta TC_s = TC_s(\varphi^{**}, n^{**}) - TC_s(\varphi^{*}, n^{*})$$
$$= A_s \frac{D}{Q}\left(\frac{1}{n^{**}} - \frac{1}{n^{*}}\right) + h_s \frac{Q}{2}(n^{**} - n^{*})$$
$$+ h_s D\left(\int_{-\infty}^{\varphi^{**}Q/D} (\varphi^{**}\frac{Q}{D} - x) f(x)dx - \int_{-\infty}^{\varphi^{*}Q/D} (\varphi^{*}\frac{Q}{D} - x) f(x)dx\right)$$

اثبات. از آنجا که درصدی از قیمت محموله‌ای با اندازه $n^{**}Q$ است، در طول سال مقدار کل منافع حاصل از در نظر گرفتن باید در حداقل حالت هزینه‌های اضافه تأمین‌کننده در نتیجه تغییر در تصمیم‌گیری را پوشش دهد. کل منافع سالانه برای تأمین‌کننده در نتیجه لحاظ کردن عبارت است از $wn^{**}QD/n^{**}Q$ که در آن $wn^{**}Q$ قیمت هر محموله و $D/n^{**}Q$ تعداد سیکل‌هایی است که دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده رخ می‌دهند. لازم است کل منافع سالانه تأمین‌کننده حاصل از لحاظ کردن ، در حداقل حالت برابر با هزینه‌های مازاد تحمیل شده به وی، یعنی TC_s بیشتر باشد. TC_s نیز عبارت است از تفاضل هزینه‌های تأمین‌کننده قبل و بعد از مشارکت در طرح که در رابطه ۵ شرح داده شده است.

شرایط برای خرده‌فروش به این صورت است که با بیشتر شدن ، حاشیه سود خرده‌فروش کاهش می‌یابد. خرده‌فروش تنها در شرایطی حاضر به «مشارکت در تأمین» می‌شود که هزینه‌هایش پس از تغییر در تصمیمات تأمین‌کننده و مشارکت در تأمین، کمتر از هزینه‌هایش در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی باشد. شرایط خرده‌فروش برای مشارکت در طرح، به بیان ریاضی در قضیه ۲ آورده شده است.

قضیه ۲، شرایط خرده‌فروش برای مشارکت در طرح. خرده‌فروش در طرح مشارکت نخواهد کرد، مگر اینکه مقدار از مقدار $\max$ که در رابطه ۶ مشخص شده است، بیشتر باشد.

$$\alpha_{\max} = \Delta TC_r / wD \quad (۶)$$
$$where$$
$$\Delta TC_r =$$
$$\frac{BD^2}{Q}\left[\frac{1}{n^{**}}\left(\int_{\varphi^{**}Q/D}^{\infty} (x - \varphi^{**}\frac{Q}{D}) f(x)dx\right) - \frac{1}{n^{*}}\left(\int_{\varphi^{*}Q/D}^{\infty} (x - \varphi^{*}\frac{Q}{D}) f(x)dx\right)\right]$$

پرتال جامع علوم انسانی

اثبات: با توجه به اینکه حداکثر مقدار پرداخت پاداش در سال توسط خرده‌فروش نباید از کل درآمد اضافه خرده‌فروش حاصل از تصمیم‌گیری هماهنگ (TC_r) بیشتر باشد، رابطه ۶ مانند را رابطه ۵ قابل استنتاج خواهد بود.

اگر بازه $[\min, \max]$ تهی نباشد، می‌توان گفت که هماهنگی اعضا بنا بر مکانیزم «مشارکت در تأمین» امکان‌پذیر است. هرقدر مقدار انتخاب شده به مقدار $\min$ نزدیک‌تر باشد، منافع بیشتری عاید خرده‌فروش خواهد شد. تنظیم دقیقاً روی $\min$ به این معنی است که فقط هزینه‌های مازاد تأمین‌کننده در نتیجه تغییر در تصمیم‌گیری پوشش داده می‌شود و بقیه‌ی عواید حاصل از طرح به خرده‌فروش می‌رسد. در مقابل، نزدیک‌تر بودن انتخاب شده به $\max$ به معنی سهم بیشتر تأمین‌کننده از عواید طرح است. برای تعیین سهم منصفانه هریک از اعضا از سود مازاد حاصل از تصمیم‌گیری هماهنگ، یک مکانیزم ساده بر مبنای قدرت چانه‌زنی تأمین‌کننده پیشنهاد می‌کنیم. اگر قدرت چانه‌زنی تأمین‌کننده نسبت به خرده‌فروش را $P_{s\text{-}r}$ بنامیم، این مکانیزم در دو گام به صورت زیر قابل اجرا است:

گام اول: مقدار روی $\min$ تنظیم شود تا هزینه‌های اضافه تأمین‌کننده پوشش داده شود.

گام دوم: در صورتی‌که $P_{s\text{-}r}.TC_s(^*,n^*) < \max.wD$ باشد، مقدار سالانه کل «مشارکت در تأمین» از جانب خرده‌فروش برابر با $\min.wD+P_{s\text{-}r}.TC_s(^*,n^*)$ تعیین شود و در غیراین‌صورت مشارکت در تأمین خرده‌فروش برابر با $\max.wD$ تعیین شود.

با تسهیم منافع حاصل از تصمیم‌گیری هماهنگ بین دو عضو زنجیر تأمین، هزینه‌های هریک از اعضا بعد از پذیرش و مشارکت در طرح نسبت به حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی کاهش خواهد یافت که این به معنی تمایل اعضا به مشارکت در طرح هماهنگی است.

آزمایش‌های عددی. برای سنجش عملکرد مدل و بررسی توانایی و محدودیت‌های آن در هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده، مدل پیشنهادی را روی سه مسئله آزمایش اجرا کردیم. داده‌های مربوط به سه مسئله آزمایش مورد بررسی را در جدول ۱ نشان داده‌ایم.

برای انجام آزمایش‌های عددی، زنجیر تأمین در سه حالت زیر مدل‌سازی شد:

۱. حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی که در آن هریک از دو عضو زنجیره به‌صورت انفرادی تصمیم می‌گیرند؛

۲. حالت تصمیم‌گیری متمرکز که در آن یک تصمیم‌گیرنده به‌عنوان مدیر زنجیر تأمین با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های کلی زنجیر تأمین تصمیمات مربوط به دوباره‌پرسازی انبار تأمین‌کننده را می‌گیرد؛

۳. حالت تصمیم‌گیری هماهنگ که طی آن دو عضو زنجیر تأمین به طور اشتراکی تصمیم می‌گیرند و سود حاصل از تصمیم‌گیری اشتراکی به وسیله مکانیزم پیشنهادی بین دو عضو تقسیم می‌شود.

جدول شماره ۱. داده‌های مسائل آزمایش مورد بررسی

	مسئله آزمایش ۱	مسئله آزمایش ۲	مسئله آزمایش ۳
D	۱۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۵۰۰۰۰
Q	۱۰۰۰	۸۰۰	۱۵۰۰
w	۱۰	۲۰	۸
h_r	۴	۳	۱
h_s	۱	۵	۱
A_r	۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰
A_s	۹۰۰	۶۰۰	۳۰۰
B	۶	۱۰	۱٫۵
1 (روز)	۴۰	۱۵	۲۰
1	۱۰	۳	۶
P_{s-r}	۰٫۱	۰٫۸	۰٫۳
a (سال)	۱	۰٫۵	۰٫۲۵

جدول شماره ۲ نشان‌دهنده نتایج حاصل از اجرای مدل روی مسائل آزمایش است. در همه مسائل آزمایش، هزینه زنجیر تأمین TC_{SC} در حالت تصمیم‌گیری متمرکز کمتر از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی است؛ بنابراین می‌توان گفت چنانکه انتظار می‌رفت، هماهنگی در مورد تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده سودآور است. از طریق مقایسه هزینه‌های خرده‌فروش و تأمین‌کننده در حالت‌های تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی با حالت متمرکز مشخص می‌شود که با وجود سودآور بودن تصمیم‌گیری متمرکز، تأمین‌کننده به دلیل تغییر در نحوه تصمیم‌گیری خود متضرر شده است. به عبارت دیگر، تصمیم‌گیری متمرکز روی متغیرهای تصمیم n و ، برای خرده‌فروش سودآوری بالایی دارد به‌عنوان مثال در مسئله آزمایش اول، تصمیم‌گیری متمرکز توانسته است هزینه‌های خرده‌فروش را از۹۴۵۸/۱ در حالت غیرمتمرکز سنتی به۷۰۰۰/۵ در حالت متمرکز کاهش دهد (جدول شماره ۲). این شیوه تصمیم‌گیری باعث شده است که هزینه‌های تأمین‌کننده از مقدار ۳۸۱۸ در حالت غیرمتمرکز سنتی به مقدار ۴۶۵۴/۲ در حالت متمرکز افزایش یابد. از آنجا که هریک از اعضای زنجیر تأمین موجودیت‌های اقتصادی مستقلی هستند، افزایش هزینه‌های یکی از اعضا می‌تواند قابلیت اجرای مدل را بسیار تحت تأثیر قرار دهد.

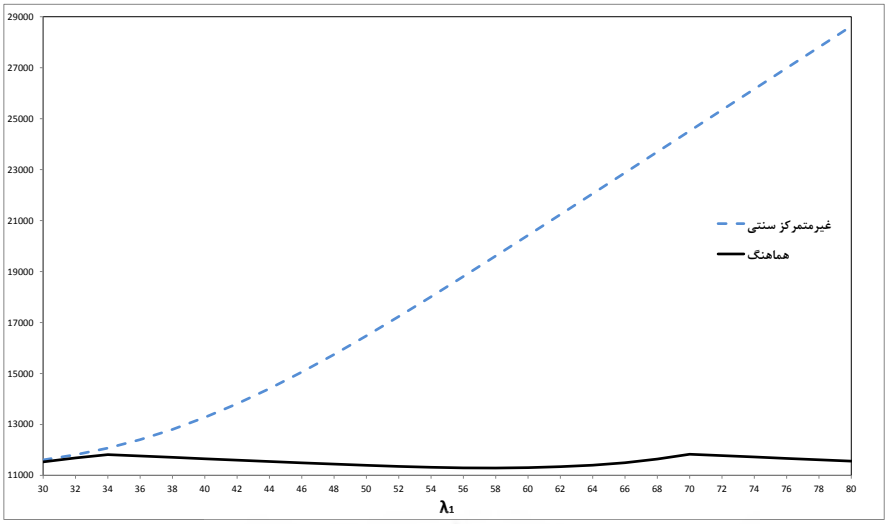
جدول شماره ۲. نتایج حاصل از اجرای مدل روی سه مسئله آزمایش

		مسئله ۱	مسئله ۲	مسئله ۳
تصمیم‌گیری غیرمتمرکز	n^*	۴	۳	۴
	*	۱	۱	۱
	TC_r	۹۴۵۸/۱	۵۷۵۸۶/۷	۱۸۲۰۸/۷
	TC_s	۳۸۱۸/۰	۱۰۳۱۹/۶	۴۷۷۳/۶
	TC_{SC}	۱/۱۳۲۷۶	۶۷۹۰۶/۳	۲۲۹۸۲/۳
	متوسط موجودی اضافه تأمین‌کننده بر هر سیکل	۲۷/۱۹	۱/۳۳	۲/۸۳
	متوسط کمبود بر هر سیکل تأمین‌کننده	۱۳/۸۷	۲۴۱/۳۱	۱۲۶۳/۳۶
تصمیم‌گیری متمرکز	n^*	۴	۳	۴
	*	۲	۲	۳
	TC_r	۷۰۰۰/۵	۳۲۴۴۷/۰	۲۴۷۵/۸
	TC_s	۴۶۵۴/۲	۱۳۱۱۳/۸	۶۵۱۵/۰
	TC_{SC}	۱۱۶۵۴/۷	۴۵۵۸۰/۸	۸۹۹۰/۸
	متوسط موجودی اضافه تأمین‌کننده بر هر سیکل	۳۶۱/۶۵	۵۴/۹۸	۲۱۱/۸۰
	متوسط کمبود بر هر سیکل تأمین‌کننده	۰/۰۳	۰/۱۶	۴/۷۳
تصمیم‌گیری هماهنگ	درصد بهبود هزینه زنجیر تأمین	٪۱۲/۲۱	٪۳۲/۸۷	٪۶۰/۸۸
	$_{min}$	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۴۳
	$_{max}$	۰/۰۲۴۵	۰/۰۵۰۲	۰/۰۳۹۳
	n^*	۴	۳	۴
	*	۲	۲	۳
	TC_r	۸۲۱۸/۵	۴۳۵۱۶/۹	۵۶۴۹/۳
	TC_s	۳۴۳۶/۲	۲۰۶۳/۹	۳۳۴۱/۵
	TC_{SC}	۱۱۶۵۴/۷	۴۵۵۰/۸	۸۹۹۰/۸

مدل پیشنهادی با مکانیزم «مشارکت در تأمین» توانسته است این مشکل را حل کند و منافع حاصل از تصمیم‌گیری مشترک را منصفانه بین اعضا تسهیم کند. همانطور که در جدول شماره ۲ مشخص است، تصمیم‌گیری هماهنگ (مدل پیشنهادی) توانسته است هزینه هریک از اعضا را به سطحی پایین‌تر از حالت غیرمتمرکز سنتی بازگرداند؛ به‌عنوان مثال در مسئله آزمایش اول، هزینه خرده‌فروش و تأمین‌کننده بعد از طرح پیشنهادی «مشارکت در تأمین» به ترتیب به ۸۲۱۸/۵ و۳۴۳۶/۲ رسیده است که کمتر از هزینه‌های هریک از اعضا در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی است، بنابراین مشارکت اعضا در طرح هماهنگی تضمین می‌شود.

برای بررسی دقیق‌تر رفتار مدل در نتیجه تغییر در پارامترهای کلیدی، مجموعه‌ای از آزمایش‌های تکمیلی را نیز انجام دادیم. نمودار شماره ۱ نشان‌دهنده تغییرات در سطح هزینه‌های زنجیر تأمین در مقابل تغییرات میانگین زمان تحویل تأمین‌کننده، یعنی ۱ در حالت‌های

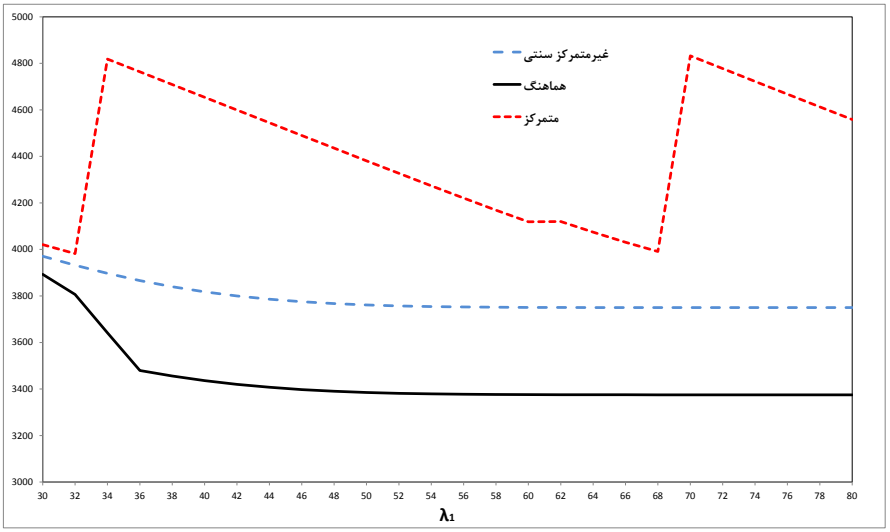
تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و هماهنگ است. برای این مقایسه از داده‌هایی مشابه با داده‌های مسئله آزمایش ۱ استفاده کردیم.



نمودار شماره ۱. مقایسه هزینه کلی زنجیر تأمین در حالت غیرمتمرکز سنتی با حالت تصمیم‌گیری هماهنگ در مقابل تغییرات λ_1

چنانکه می‌بینیم، با افزایش مقدار λ_1 هزینه‌های زنجیر تأمین در حالت غیرمتمرکز سنتی افزایش چشمگیری می‌یابد، ولی مدل تصمیم‌گیری هماهنگ توانسته است این افزایش هزینه را به طور مطلوبی کنترل کند. نمودار شماره ۲ نشان‌دهنده هزینه تأمین‌کننده در حالت‌های تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی، متمرکز و هماهنگ، به ازای مقادیر مختلف λ_1 است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

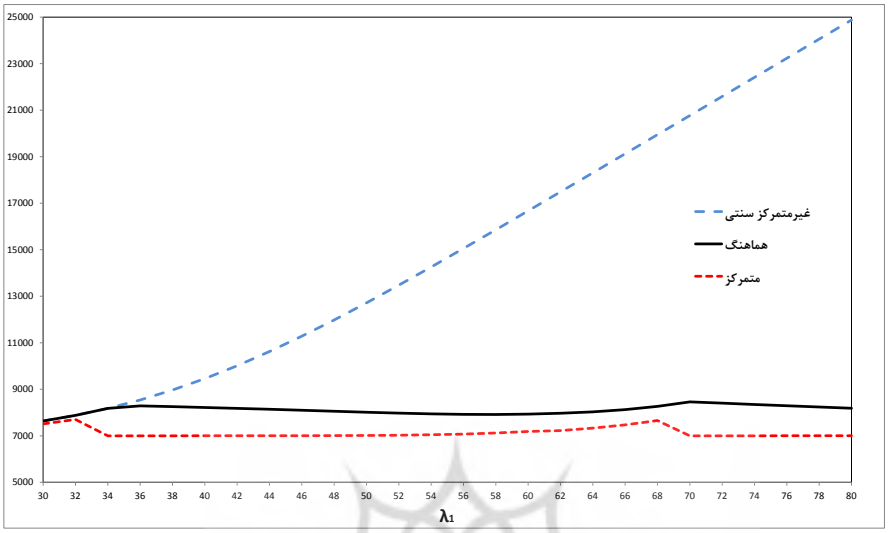


نمودار شماره ۲. مقایسه هزینه تأمین‌کننده در حالت غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ، در مقابل تغییرات λ_1

در نمودار شماره ۲ می‌بینیم که تغییر در تصمیم‌گیری از حالت سنتی به متمرکز، بدون استفاده از مدل پیشنهادی، به افزایش هزینه‌های تأمین‌کننده می‌انجامد و این در حالی است که مدل «مشارکت در تأمین» پیشنهاد شده توانسته است هزینه‌های تأمین‌کننده را تعدیل کند و به سطح پایین‌تری از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز کاهش دهد؛ بنابراین مشارکت تأمین‌کننده در طرح تضمین شده است. جهش‌های موجود در نمودار شماره ۲ در حالت تصمیم‌گیری متمرکز، در نقاطی رخ داده است که یک یا هر دو متغیر n و که متغیرهایی گسسته هستند، به دلیل افزایش میانگین زمان تحویل تأمین‌کننده به مقادیر جدید n+1 و1+ افزایش یافته‌اند تا بتوانند اثرات نامطلوب افزایش زمان تحویل تأمین‌کننده را کنترل کنند. چنانکه در نمودار بالا می‌بینیم، مدل پیشنهادی توانسته است به‌خوبی این نوسانات هزینه‌ای را نیز کنترل کند.

هزینه‌های خرده‌فروش در سه حالت تصمیم‌گیری سنتی، متمرکز و هماهنگ در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار، هزینه‌های خرده‌فروش در مدل پیشنهادی در همه آزمایش‌ها در سطحی پایین‌تر از حالت غیرمتمرکز سنتی قرار گرفته است. با افزایش ۱ ، هزینه‌های خرده‌فروش در حالت سنتی به دلیل افزایش مقدار کمبودها به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. در همین حال، مدل پیشنهادی توانسته است تا حد زیادی از افزایش بی‌رویه هزینه‌ها جلوگیری کند. هزینه‌های خرده‌فروش در حالت هماهنگ بیشتر از هزینه‌های خرده‌فروش در حالت متمرکز است که دلیل آن وجود طرح «مشارکت در تأمین» برای ترغیب تأمین‌کننده به مشارکت در طرح است؛ به عبارت دیگر، بخشی از منافع حاصل از تصمیم‌گیری مشترک برای ترغیب تأمین‌کننده به مشارکت در طرح هزینه شده است و در نتیجه هزینه‌های

خرده‌فروش نسبت به حالت متمرکز افزایش یافته است. با این حال، این افزایش به اندازه‌ای نیست که بتواند قابلیت کاربرد مدل را تحت تأثیر قرار دهد، زیرا همچنان هزینه‌های خرده‌فروش در حالت تصمیم‌گیری هماهنگ در سطحی پایین‌تر از حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی قرار دارد.



نمودار شماره ۳. مقایسه هزینه خرده‌فروش در تصمیم‌گیری غیرمتمرکز سنتی، متمرکز و هماهنگ، در مقابل تغییرات λ_1

٤. نتیجه‌گیری

تصمیمات دوباره‌پرسازی انبار، از جمله مهم‌ترین تصمیماتی هستند که جریان مواد و موجودی‌ها در طول زنجیر تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند. درحالی‌که اغلب مدل‌های هماهنگی در زنجیر تأمین بر هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی اعضای پایین‌دست زنجیر تأمین متمرکز شده‌اند، در این مقاله یک مدل برای هماهنگ‌سازی تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده ارائه کرده‌ایم. تصمیمات دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده، به‌ویژه در شرایطی که نامعینی‌هایی در سمت تأمین وجود دارد، می‌تواند عملکرد کلی زنجیر تأمین را بسیار تحت تأثیر قرار دهد. در این مقاله با تحلیل نامعینی‌های زمان تحویل بالادست کوشیده‌ایم تأثیرات نامعینی زمان تحویل بالادست را بر سطح خدمت زنجیر تأمین بسنجیم و راهکارهایی برای کاهش اثرات نامطلوب این نامعینی‌ها بر عملکرد زنجیر تأمین ارائه کنیم. نامعینی و طولانی بودن زمان تحویل بالادست ممکن است در شرایطی به کاهش سطح خدمت زنجیر تأمین بینجامد. مدل‌سازی ریاضی تجمیع زمان‌های تحویل اعضای زنجیر تأمین و ایجاد زمان تحویل تجمیعی را نیز در این تحقیق انجام داده‌ایم. در این مقاله یک مدل «مشارکت در تأمین» برای هماهنگ‌سازی

سیاست‌های دوباره‌پرسازی تأمین‌کننده، با هدف کاهش تأثیرات زمان تحویل بالادست بر عملکرد کلی زنجیر تأمین ارائه کرده‌ایم. سیاست‌های بهینه دوباره‌پرسازی انبار بالادست، شامل نقطه سفارش مجدد و اندازه سفارش، به وسیله مدل‌سازی زنجیر تأمین در حالت متمرکز تعیین شده است و در ادامه به وسیله ارائه یک طرح انگیزشی مزایای حاصل از تصمیم‌گیری بهینه بین دو عضو به طور منصفانه تقسیم شده است. برای تعیین دقیق تأثیرات یک زمان تحویل نامعین در سطح بالادست که یکی از اهداف این تحقیق بوده است و پرهیز از پیچیدگی‌های محاسباتی، فرض شده است که زمان تحویل خرده‌فروش و تقاضای مشتریان قطعی است. تکمیل مدل ارائه شده به وسیله در نظر گرفتن زمان تحویل نامعین برای خرده‌فروش و تقاضای نامعین مشتریان می‌تواند مدل را واقعی‌تر کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. محقر، علی؛ صادقی‌مقدم، محمدرضا (۱۳۹۰). هماهنگی زنجیر تأمین در صنعت خودروسازی: رویکـرد تئوری برخاسته از داده‌ها. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، شماره ۴، صفحه ۲۹-۶۳.

2. Altintas, N., Erhun, F., & Tayur, S. (2008). Quantity discounts under demand uncertainty. *Management Science, 54*, 777-792.

3.Cachon G.P., & Lariviere, M.A. (2005). Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations. *Management Science, 51*, 30-44.

4. Cao, E., Wan, C., & Lai, M. (2013). Coordination of a supply chain with one manufacturer and multiple competing retailers under simultaneous demand and cost disruptions. *International Journal of Production Economics, 141*(1), 425-433.

5. Chen, K. (2012). Procurement strategies and coordination mechanism of the supply chain with one manufacturer and multiple suppliers. *International Journal of Production Economics, 138*(1), 125-135.

6. Ding, D., & Chen, J. (2008). Coordinating a three level supply chain with flexible return policies. *Omega, 36*(5), 865-876.

7. Duan, Y., Huo, J., Zhang, Y., & Zhang, J. (2012). Two level supply chain coordination with delay in payments for fixed lifetime products. *Computers & Industrial Engineering, 63*(2), 456-463.

8. Duan, Y., Huo, J., Zhang, Y., & Zhang, J. (2012). Two level supply chain coordination with delay in payments for fixed lifetime products. *Computers & Industrial Engineering, 63*(2), 456-463.

9. Govindan, K., & Popiuc, M.N. (2013). Reverse supply chain coordination by revenue sharing contract: A case for the personal computers industry. *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2013.03.023

10 Hsiao, Y.C. (2008). Integrated logistic and inventory model for a two-stage supply chain controlled by the reorder and shipping points with sharing information. *International Journal of Production Economics, 115*, 229-235.

11. Jaber, M.Y., & Osman, I.H. (2006). Coordinating a two-level supply chain with delay in payments and profit sharing. *Computers & Industrial Engineering, 50*(4), 385-400.

12. Kong, G., Rajagopalan, S., & Zhang, H. (2013). Revenue sharing and information leakage in a supply chain. *Management Science, 59*, 556-572.

13. Krishnan, H., & Winter, R.A. (2011). On the role of revenue-sharing contracts in supply chains. *Operations Research Letters, 39*(1), 28-31.

14. Li, X., Li, Y., & Cai, X. (2013). Double marginalization and coordination in the supply chain with uncertain supply. *European Journal of Operational Research, 226*(2), 228-236.

15. Lian, Z., & Deshmukh, A. (2009). Analysis of supply contracts with quantity flexibility. *European Journal of Operational Research, 196*(2), 526-533.

16. Palsule-Desai, O.D. (2013). Supply chain coordination using revenue-dependent revenue sharing contracts. *Omega, 41*(4), 780-796.

17. Seifert, R.W., Zequeira, R.I., & Liao, S. (2012). A three-echelon supply chain with price-only contracts and sub-supply chain coordination. *International Journal of Production Economics. 138*(2), 345-353.

18. Shin, H., & Benton, W.C. (2007). A quantity discount approach to supply chain coordination. *European Journal of Operational Research, 180*(2), 601-616.

19. Tokta -Palut, P., & Ülengin, F. (2011). Coordination in a two-stage capacitated supply chain with multiple suppliers. *European Journal of Operational Research, 212*(1), 43-53.

20. Tsai, J.F. (2007). An optimization approach for supply chain management models with quantity discount policy. *European Journal of Operational Research, 177*(2), 982-994.

21. Tsay, A.A. (1999). The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives. *Management Science, 45*, 1339-1358.

22. Wang, Y., Jiang, L., & Shen, Z.J. (2004). Channel performance under consignment contract with revenue sharing. *Management Science, 50*, 34-47.

23. Wu, D. (2013). Coordination of competing supply chains with news-vendor and buyback contract. *International Journal of Production Economics, 144*(1), 1-13.

24. Wu, J. (2005). Quantity flexibility contracts under Bayesian updating. *Computers & Operations Research, 32*(5), 1267-1288.

25. Xu, R., & Zhai, X. (2010). Manufacturer s coordination mechanism for single-period supply chain problems with fuzzy demand. *Mathematical and Computer Modelling, 51*(5-6), 693-699.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی