فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی – سال هفدهم، شماره ۵۲، بهار ۹۸
صفحات ۳۳۸-۲۸۷

ارائه مدل ریاضی جهت هماهنگی تصمیمات سیستم موجودی مرور دوره ای و تسهیم سود در زنجیره تامین دو سطحی غیرمتمرکز با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری

مینا نوری هرزویلی،[*] سید مهدی حسینی مطلق،[**] محمدرضا نعمت‌الهی[***]

تاریخ دریافت:۹۵/۱۰/۸- تاریخ پذیرش:۹۶/۱۱/۷

چکیده

یکی از موضوعاتی که در مطالعه زنجیره تامین به آن پرداخته می‌شود، موضوع هماهنگی در زنجیره تامین است. در این پژوهش یک زنجیره تامین دو سطحی شامل یک خرده فروش و یک تامین‌کننده مورد بررسی قرار گرفته است. در زنجیره تامین مورد بررسی، تقاضا دارای توزیع نرمال است و زمان تحویل ثابت در نظر گرفته شده است. خرده‌فروش از سیستم موجودی مرور دوره‌ای برای سفارش‌دهی استفاده می‌کند و با کمبودهای جزئی مواجه است. متغیرهای تصمیم برای خرده‌فروش، طول دوره مرور و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش می‌باشند. ابتدا مقدار بهینه این دو متغیر در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز بدست آمده است. تصمیمات حالت متمرکز، سود کل زنجیره تامین را افزایش می‌دهند، اما این تصمیمات موجب کاهش سود خرده فروش نسبت به حالت غیرمتمرکز می‌شوند؛ به منظور پیاده سازی تصمیمات حالت متمرکز و ترغیب خرده فروش به تغییر تصمیمات، یک مدل هماهنگی ارائه شده است. در مدل هماهنگ از قرارداد تخفیف مقداری به عنوان طرح انگیزشی استفاده شده است و در محاسبه فاکتور تخفیف، سود هر دو عضو مورد توجه واقع شده است. همچنین جهت تسهیم مناسب سود حاصل از هماهنگی، یک استراتژی تسهیم بر مبنای قدرت چانه‌زنی اعضا ارائه شده است. تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی نسبت به پارامترهای کلیدی متعددی انجام گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که از دیدگاه اقتصادی، مدل هماهنگ ارائه شده می‌تواند سود شبکه "تامین-توزیع" را افزایش دهد و علاوه بر آن افزایش سود اعضا نسبت به مدل غیرمتمرکز را نیز تضمین نماید. از دیدگاه مدیریت موجودی، قرارداد تخفیف پیشنهادی، ریسک کمبود موجودی خرده‌فروش را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. علاوه بر آن، نتایج بررسی مدل هماهنگ در شرایط عدم قطعیت زیاد تقاضا، نشان داد که مدل پیشنهادی قابلیت هماهنگی زنجیره تامین را تحت شرایط مختلف همچون نوسانات تقاضا و مقادیر زیاد انحراف معیار تقاضا، دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین دو سطحی غیرمتمرکز، هماهنگی در زنجیره تامین، مدل موجودی مرور دوره‌ای، قرارداد تخفیف مقداری، استراتژی تسهیم سود

---

[*] دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

[**] دانشیار، گروه مهندسی سیستم، دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
Motlagh@iust.ac.ir

[***] همکار پژوهشی پسا دکتری، دانشکده کسب و کار دیلان، دانشگاه لتبریج، آلبرتا، کانادا

مقدمه

زنجیره تامین مجموعه ای از اعضا هستند که با هدف برآورده سازی نیاز مشتریان در کنار یکدیگر فعالیت می‌کنند. در این مجموعه، تصمیماتی که توسط هر یک از این اعضا تعیین می‌شود، می‌تواند بر سود سایر اعضا تاثیر مستقیم و یا غیر مستقیم داشته باشد؛ بنابراین بهتر است تصمیماتی اتخاذ شوند که در راستای سود کل زنجیره تامین باشند. مطالعات نشان داده‌اند که در حالت غیرمتمرکز که در آن هر عضو زنجیره تامین تنها به دنبال بهینه کردن سود خود می‌باشد، کارایی کل زنجیره تامین در مقایسه با حالت متمرکز که در آن تمرکز بر بهینگی سود کل زنجیره تامین می‌باشد، کاهش می‌یابد(چهار سوقی و حیدری، ۲۰۱۰). بطور کلی، مدل‌های هماهنگی در زنجیره تامین زمانی استفاده می‌شود که یک متغیر در یک سطح، بر سود سایر اعضا تاثیر بگذارد (نعمت الهی و همکاران، ۲۰۱۷ b) این مدل‌ها به منظور هماهنگ‌سازی تصمیمات اعضای زنجیره تامین و بهینه‌سازی تصمیمات بر اساس سود کل زنجیره تامین، به کار می‌رود. از جمله مهمترین این مدل‌ها عبارتند از: مدل تخفیف (کارای و سرتی، ۲۰۱۶؛ نوری و همکاران ۲۰۱۸)، قرارداد تسهیم درآمد (بی و همکاران، ۲۰۱۶؛ زیه و همکاران، ۲۰۱۷)، قرارداد تاخیر در پرداخت (دوان و همکاران، ۲۰۱۲؛ حیدری، ۲۰۱۳؛ ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۷؛ جزینانی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۷)، تاخیر در پرداخت دوسطحی (جوهری و همکاران ۲۰۱۸) و سیاست‌های بازگشت خرید (لیو و همکاران، ۲۰۱۴).

مطالعات بسیاری همچون (حیدری و نوروزی نسب، ۲۰۱۶)، (کاب، ۲۰۱۶)، (حیدری، ۲۰۱۳)، (چهارسوقی و حیدری، ۲۰۱۱) انجام گرفته‌اند که مدل‌های هماهنگی را در سیستم موجودی مرور پیوسته بررسی کرده‌اند، اما مطالعات اندکی می‌توان یافت که هماهنگی در زنجیره تامین را در مدل‌های موجودی مرور دوره‌ای، به کار گرفته باشند (نعمت الهی و همکاران، ۲۰۱۷ a). تصمیماتی که خرده‌فروشان زنجیره در ارتباط با سیستم موجودی خود اتخاذ می‌کنند، بر میزان کمبود و حجم فروش زنجیره تامین تاثیر گذاشته و در نتیجه می‌تواند بر میزان درآمد تامین کننده نیز تاثیرگذار باشد.(حیدری، ۲۰۱۴a) با این حال، در یک زنجیره تامین غیر متمرکز، خرده فروش مستقلا تصمیم‌گیری می‌نماید و به سود سایر اعضا توجهی ندارد. به این ترتیب، به کارگیری مدل‌های

هماهنگی برای هماهنگ‌سازی تصمیمات اعضا در زنجیره تامین، ارزش بسیاری برای اعضا و هم چنین برای کل زنجیره تامین در پی دارد. بعلاوه، مبحث کنترل موجودی‌ها و نحوه تصمیم‌گیری در مورد آنها از موضوعات مورد توجه مدیران بوده است و تاکنون تلاشهای گسترده‌ای در این زمینه انجام گرفته است (افراسیابی و صادقی، ۱۳۹۶). مطالعه کنونی قصد دارد که تصمیمات اعضا را در زنجیره تامینی که خرده‌فروش آن از سیستم موجودی مرور دوره‌ای برای تصمیمات بازپرسازی موجودی استفاده می‌کند، هماهنگ سازد.

در این مطالعه یک زنجیره تامین دو سطحی شامل یک خرده فروش و یک تامین کننده در نظر گرفته شده است. فرض شده است که سیستم سفارش خرده فروش، سیستم مرور دوره ای است، که خرده فروش در دوره‌هایی با طول یکسان، اقدام به سفارش دهی می‌کند وکمبودی که با آن مواجه می‌باشد، کمبود جزئی است. تامین کننده از سیستم نقطه سفارش اقتصادی[1] برای بازپرسازی اقلام استفاده می‌کند و تعداد دفعات بازپرسازی موجودی برای تامین‌کننده، ثابت در نظر گرفته شده است. تقاضای مشتریان تصادفی است و زمان تحویل قطعی فرض شده است. تصمیم‌های خرده فروش در مورد سفارش، بر سود تامین‌کننده و سود کل زنجیره تامین تاثیرگذار است. طول دوره مرور و هم چنین حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش[2]، متغیرهای تصمیم خرده فروش در نظر گرفته شده اند. در این مقاله، نحوه بهینه سازی این دو تصمیم در ساختارهای مختلف زنجیره تامین بررسی شده است؛ به این ترتیب که ابتدا مقدار بهینه متغیرهای تصمیم، در حالت تصمیم گیری غیرمتمرکز و متمرکز بدست آمده است. تصمیمات حالت متمرکز سود کل زنجیره تامین را افزایش می‌دهند، اما این تصمیمات موجب کاهش سود خرده فروش نسبت به حالت غیرمتمرکز می‌شوند. در ادامه، به منظور پیاده سازی تصمیمات حالت متمرکز و ترغیب خرده فروش به تغییر تصمیمات، یک مدل هماهنگی با استفاده از قرارداد تخفیف ارائه شده است. طبق این قرارداد، در صورتی که خرده فروش تصمیمات حالت متمرکز را اتخاذ کند آن گاه تامین کننده به ازای هر واحد خریداری شده توسط خرده فروش، درصدی تخفیف برای او در نظر می‌گیرد. میزان این تخفیف بر مبنای قدرت چانه زنی اعضا تعیین می‌شود و سعی بر این است که با در نظر گرفتن توابع سود هر دو عضو مقداری عادلانه

1. Economic Order Quantity (EOQ)
2. Order-up-to-level

داشته باشد. این قرارداد یک طرح انگیزشی برای خرده فروش محسوب می‌شود که او را به شرکت در مدل هماهنگ ترغیب می‌کند. نشان داده شده است که وقتی یک سیاست تخفیف ساده استفاده می‌شود، هر دو عضو خرده فروش و تامین کننده متوجه سودهای نهایی بالاتری خواهند شد(چهارسوقی و حیدری، ۲۰۱۱).

در بخش بعدی این مقاله، به بررسی پیشینه تحقیق پرداخته شده است و بعد از آن، بخش ۲ به تعریف مساله اختصاص یافته است. سپس در بخش ۳ مدل‌سازی مساله صورت گرفته است، که مدل در حالات غیر متمرکز هماهنگ نشده، متمرکز و سپس حالت هماهنگ شده بررسی شده است. در بخش ۴ به نتایج محاسباتی پرداخته شده و در نهایت، در بخش ۵ جمع بندی و پیشنهادات آتی مطرح گردیده‌اند.

مرور ادبیات

هماهنگی بین اعضای مختلف یک زنجیره تامین در محیط تجاری امروز، امری ضروری است. بخش گسترده‌ای از ادبیات مربوط به مدیریت عملیات، بر این مسئله تاکید می‌کند که سطح بالایی از یکپارچگی زنجیره تامین به منظور بهینه سازی عملکرد آن، مورد نیاز است (ساها، ۲۰۱۳). از این رو، مطالعات بسیاری تعامل میان اعضای زنجیره تامین را در ساختارهای مختلف تصمیم‌گیری بررسی نموده‌اند و نشان داده‌اند که برقراری هماهنگی میان اعضای زنجیره تامین منجر به افزایش کارایی و بهبود عملکرد زنجیره تامین می‌گردد. برای مثال، ژنگ و همکاران (۲۰۱۴) تصمیمات مربوط به موجودی خریدار و میزان تولید فروشنده را تحت ساختارهای مختلف تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز بررسی کردند و نشان دادند که استفاده از مکانیزمی برای هماهنگی تصمیمات اعضا منجر به بهبود کارایی زنجیره تامین می‌گردد. چن (۲۰۱۱) تصمیمات موجودی را به همراه تصمیمات تبلیغات مربوط به خرده‌فروش و تولیدکننده، در دو ساختار تصمیم‌گیری غیرهمکارانه و همکارانه مورد ارزیابی قرار داد و نشان داد که مدل همکارانه سود بیشتری را برای زنجیره تامین فراهم می‌کند. امیرطاهری و همکاران (۱۳۹۵)، تصمیمات متعددی از قبیل مدیریت موجودی، قیمت‌گذاری، تبلیغات مشارکتی و لجستیک را در یک سیستم تولید-توزیع، تحت ساختار تصمیم‌گیری

غیرمتمرکز بررسی نمودند. آن‌ها با استفاده از مدل برنامه‌ریزی دوسطحی، اهداف اعضا را با در نظر گرفتن تاثیر رفتار اعضا بر یکدیگر در ساختار استکلبرگ، بهینه کردند. در مطالعه دیگر، امیرطاهری و همکاران (۲۰۱۷) با توسعه روش حل مسئله و استفاده از دو الگوریتم فراابتکاری با ساختار استکلبرگ، این تصمیمات را بهینه‌سازی نموده‌اند. در هر دو مطالعه، توسعه مکانیزم‌های تشویقی را به منظور ایجاد همکاری میان اعضا برای سودآوری بیشتر زنجیره تامین پیشنهاد کرده‌اند. بی و همکاران (۲۰۱۶) تصمیمات بازپرسازی، قیمت‌گذاری، تبلیغات خرده‌فروش و تبلیغات تولیدکننده را در ساختارهای مختلف تصمیم‌گیری بررسی نمودند و نشان دادند که سود زنجیره تامین در ساختار متمرکز حداقل به اندازه ۳۳ درصد افزایش خواهد یافت و از دو مکانیزم هماهنگی برای تشویق اعضا به اتخاذ تصمیمات متمرکز و در نتیجه دستیابی به سود مدل متمرکز، استفاده نمودند. مطالعات هماهنگی می‌تواند با در نظر گرفتن ویژگی‌های متفاوت زنجیره تامین صورت بگیرد و تصمیمات مهمی در زنجیره تامین وجود دارند که در مورد آن‌ها هماهنگی انجام بگیرد. با توجه به اهمیت کنترل موجودی و تاثیر آن در هزینه‌های زنجیره تامین، بخش گسترده‌ای از ادبیات هماهنگی به تصمیمات این حوزه اختصاص یافته است. از جمله تصمیمات حوزه موجودی که هماهنگی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است، می‌توان به بازپرسازی(حیدری، ۲۰۱۳)، مقدار سفارش دهی(ونگ و همکاران، ۲۰۱۵)، ذخیره اطمینان و نقطه سفارش دهی مجدد(حیدری۲۰۱۴a؛ چهارسوقی و همکاران،۲۰۱۱)، بازه اطمینان (لین، ۲۰۱۰) و زمان تحویل(حیدری، ۲۰۱۴b) اشاره نمودکه در هریک از این مطالعات از مدل‌ها و قراردادهای مختلفی برای هماهنگی این تصمیمات استفاده شده است.

یکی از قراردادهایی که به طور گسترده برای هماهنگی زنجیره تامین مورد استفاده قرار گرفته است، قرارداد تخفیف است.(حیدری، ۲۰۱۴a). در بخش عمده‌ای از مقالات هماهنگی، عضو بالادست زنجیره تامین، از این قرارداد به عنوان محرکی جهت افزایش میزان سفارش‌دهی عضو پایین‌دست استفاده می‌کند. که در این حالت به آن قرارداد تخفیف مقداری می‌گویند. در مدل لین و لین(۲۰۱۳)، به صورت مشخص، فروشنده به منظور کاهش هزینه راه‌اندازی تولید، از قرارداد تخفیف مقداری برای تشویق خریدار به سفارش‌دهی بیشتر و دستیابی به سود مدل متمرکز استفاده می‌کند. دوان و همکاران (۲۰۱۰) در مدل خود، تخفیفی را که فروشنده برای خریدار به منظور تغییر مقدار

سفارش‌دهی ارائه می‌کند، تابعی از درصدی در نظر گرفتند که خریدار سفارش خود را به آن میزان افزایش می‌دهد. آن‌ها نشان دادند که در این حالت، فروشنده علاوه بر جبران هزینه افزایش موجودی خریدار، موجب کاهش هزینه‌های خریدار می‌گردد. در مدل چهارسوقی و همکاران (۲۰۱۰) عضو بالادست زنجیره تامین از قرارداد تخفیف مقداری، نه تنها برای تغییر در مقدار سفارش‌دهی، بلکه به منظور تغییر تصمیمات مربوط به بازپرسازی موجودی عضو پایین‌دست زنجیره تامین، استفاده می‌نماید. حیدری و نوروزی نسب (۲۰۱۵) مدل تخفیف را در دو سطح مورد استفاده قرار دادند و از آن برای هماهنگی تصمیمات سفارش‌دهی، بازپرسازی و قیمت‌گذاری در زنجیره تامین-توزیع که با تقاضای تصادفی مواجه بود، استفاده نمودند. در برخی از موارد، پژوهشگران از قرارداد تخفیف، نه تنها برای هماهنگی تصمیمات، بلکه به منظور کاهش اثر منفی عدم قطعیت تقاضا بهره برده‌اند. برای مثال، پنگ و ژو (۲۰۱۳) قرارداد تخفیف جدیدی را به منظور هماهنگی و دستیابی به سود بهینه مدل متمرکز، در زنجیره تامین کالاهای متاثر از مدکه با تقاضای تصادفی مواجه بود، به کار بردند و نشان دادند که قرارداد پیشنهادی تا حد زیادی قادر به کاهش اثر منفی عدم قطعیت موجود در تقاضا گردید. در مواردی دیگر، سعی نویسنده بر آن بوده است که مزیت قرارداد مذکور را در مقایسه با سایر قراردادها تشریح کند. کارای و سرتی (۲۰۱۶) تصمیمات سفارش‌دهی و تبلیغات را تحت قرارداد تخفیف و تبلیغات همکارانه مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که برای تولیدکننده و زنجیره تامین، قرارداد تخفیف بر تبیلغات همکارانه ارجح است. یو و همکاران (۲۰۱۳) سه قرارداد قیمت عمده‌فروشی، بازگشت خرید و تخفیف مقداری را برای هماهنگی تصمیمات قیمت‌گذاری و سیاست‌های بازگشت کالا، با یکدیگر مقایسه کردند و نشان دادند که در قرارداد تخفیف، تامین‌کننده می‌تواند سهم خود از سود زنجیره تامین را کنترل کند، در حالی که در دو قرارداد دیگر این امکان برای او وجود ندارد. همچنین، در این قرارداد در مقایسه با دو قرارداد دیگر، قیمت فروش پایین‌تر و سیاست‌های مربوط به بازگشت کالا سخاوتمندانه‌تر تعیین می‌گردند.

مطالعات ذکر شده، هماهنگی را در زنجیره‌های تامین شامل یک خرده فروش و یک فروشنده، بررسی کرده اند؛ لازم به ذکر است که در زنجیره تامین شامل چندین تامین کننده و یا چندین خرده فروش نیز هماهنگی می‌تواند صورت بپذیرد. به این ترتیب، یک طرح تخفیف مقداری عمده فروشی

برای هماهنگی سیستمی که از یک تولیدکننده و چند خرده فروش تشکیل شده بود، به همراه استراتژی تعهد به سفارش زود هنگام، توسعه یافت(زیه، ژیو، وی و ژائو، ۲۰۱۰). این مدل به اعضای زنجیره تامین اجازه داد که پس انداز خالصی را که از استراتژی تعهد به سفارش زود هنگام به دست می‌آوردند، به اشتراک بگذارند. چان و لی (۲۰۱۰) روش تاخیر در پرداخت را برای هماهنگی زنجیره تامینی با یک خرده فروش و چند فروشنده پیشنهاد کردند. کریچن و همکاران (۲۰۱۱) مدل چان را با به کارگیری سیاست تخفیف مقداری در مدل سازی مسئله، توسعه دادند. سینها و سارمه (۲۰۱۰) یک مدل تخفیف برای یک فروشنده و چند خرده فروش، که با اطلاعات تقاضای تصادفی روبرو بودند، توسعه دادند؛ نشان داده شد که سود هماهنگی با افزایش تعداد برنامه‌های قیمت گذاری، افزایش می‌یابد. در مدل پیشنهاد شده توسط مانربا و منسینی (۲۰۱۲)، خرده فروش محصولات را از مجموعه‌ای از تامین کننده‌ها که تخفیف مقداری جمعی را پیشنهاد کرده بودند، خریداری می‌کرد؛ مساله این بودکه از بین تامین کننده‌ها، تامین کننده ای را انتخاب کند که هزینه خرید را کمینه کند، به علاوه ظرفیت تامین کننده‌ها نیز محدود بود. در مطالعات ذکر شده در هماهنگی زنجیره تامین، مدل موجودی مرور پیوسته برای خرده فروش در نظر گرفته شده بود. با توجه به اینکه مدل‌های مطالعه کنونی مربوط به سیستم موجودی مرور دوره ای می‌باشد، در ادامه به تعدادی مقاله در زمینه مدل‌های موجودی مرور دوره ای اشاره می‌شود.

مدل‌های موجودی مرور دوره ای در عمل بسیار استفاده می‌شوند. تحقیقات بسیاری در ادبیات مربوط به موجودی وجود دارند که سیستم موجودی مرور دوره ای را بررسی می‌کنند (جوهری و همکاران، ۲۰۱۷). امیری و همکاران (۱۳۹۳)، سیستم کنترل موجودی مرور دوره‌ای را برای یک مدل چندکالایی و برای دستیابی به هدف‌هایی از قبیل مینیمم‌سازی هزینه و سطح خطر با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه، فضای انبار، حداقل سطح عملکرد و تعداد کمبود مجاز، توسعه دادند. لین (۲۰۱۰) به منظور توسعه کاربرد سیستم موجودی مرور دوره‌ای یکپارچه، زنجیره "تامین-توزیع" را که در آن از بازه اطمینان، تخفیف قیمتی سفارشات عقب افتاده، زمان تحویل و تعداد دفعات بازپرسازی موجودی به عنوان متغییرهای کنترل بهره گرفته بود، مورد مطالعه قرار داد. اگرچه بیشتر مدل‌های موجودی مرور دوره ای، طول دوره مرور را ثابت در نظر گرفته اند، اما مطالعات اندکی

طول دوره مرور را به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته اند، همانطور که در این مطالعه چنین فرضی خواهیم داشت. آنادورای و اوتایاکومار (۲۰۱۰) مدل موجودی(T, R, L) با زمان تحویل قابل کنترل را بررسی کردند، که در آن دوره مرور، زمان تحویل و نرخ فروش از دست رفته به عنوان متغیرهای تصمیم در نظر گرفته شده بود. بیوانک و یوهانسن (۲۰۱۲) مدل‌های جدیدی را پیشنهاد کردند که با وجود تقاضایی که توزیع پواسون آمیخته داشت، اجازه در نظر گرفتن زمان‌های تحویل ثابت با هر طولی، وجود داشت. آن‌ها دوره مرور را به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفتند. سونی و جشی (۲۰۱۵) مدل موجودی مرور دوره ای را با در نظر گرفتن طول دوره مرور، زمان تحویل و نرخ بازگشت سفارش، به عنوان متغیرهای کنترل، در فضای عدم قطعیت توسعه دادند. کوکی و جوینی (۲۰۱۵) سیستم موجودی مرور دوره ای کالاهای فسادپذیر را مدلسازی کردند و طول دوره مرور، سطح سفارش دهی بهینه و مقدار سفارش دهی بهینه را به عنوان متغیرهای تصمیم در نظر گرفتند.

همان طور که ذکر شد مطالعات بسیاری در باب سیستم‌های موجودی مرور دوره ای در مبانی نظری مربوط به مدیریت موجودی‌ها یافت می‌شود، اما مطالعات اندکی هستند که هماهنگی تصمیمات بازپرسازی مدل‌های موجودی مرور دوره ای را در زمینه هماهنگی زنجیره تامین، مورد بررسی قرار داده اند؛ نعمت الهی وهمکاران (۲۰۱۷a) هماهنگی در زنجیره تامین را در سیستم‌های موجودی مرور دوره ای چند سطحی بررسی کردند؛ آن‌ها در مدلشان ساختارهای تصمیم گیری غیر متمرکز، متمرکز، مشارکت اقتصادی و مشارکت اجتماعی را مورد بررسی قرار دادند. جوهری و همکاران (۲۰۱۷) مدل هماهنگی تصمیمات موجودی مرور دوره‌ای را در یک زنجیره تولیدکننده–خرده فروش، پیشنهاد کردند. در حالی‌که مطالعه کنونی، هماهنگی تصمیمات موجودی مرور دوره‌ای خرده‌فروش را در یک زنجیره تامین کننده–خرده فروش، که خرده فروش زنجیره از سیستم موجودی مرور دوره ای برای سفارش دهی استفاده می‌کند، بررسی خواهد نمود. در این مطالعه، طول دوره مرور و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش، به عنوان متغیرهای تصمیم در نظر گرفته شده‌اند. ابتدا مقادیر بهینه این متغیرها از دیدگاه خرده فروش و دیدگاه کل زنجیره تامین تعیین شده است. سپس از قرارداد تخفیف مقداری جهت ترغیب خرده فروش به اتخاذ تصمیمات بهینه از

دیدگاه کل زنجیره تامین استفاده شده است. علاوه بر این، یک استراتژی تسهیم سود بر مبنای قدرت چانه زنی اعضا ارائه شده و مقدار دقیق تخفیف مقداری بدست آمده است.

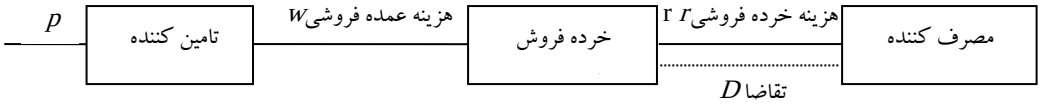
مالکیت مدل

با توجه به پژوهش‌های فوق الذکر در حوزه هماهنگی تصمیمات مربوط به موجودی از قبیل (حیدری، ۲۰۱۳؛ چهارسوقی و حیدری ۲۰۱۰؛ کاب، ۲۰۱۶؛ حیدری و نوروزی نسب، ۲۰۱۶) و سایر مطالعات مشابه، که همه آن‌ها هماهنگی تصمیمات موجودی را در سیستم موجودی مرور پیوسته مورد بررسی قرار داده‌اند، مطالعه کنونی هماهنگی تصمیمات موجودی را در سیستم موجودی مرور دوره‌ای مورد بررسی قرار می‌دهد. اگرچه در پژوهش صورت گرفته توسط نعمت‌الهی و همکاران (۲۰۱۷a)، هماهنگی در سیستم موجودی مرور دوره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است، اما خرده‌فروش، تنها در مورد سطح سرویس تصمیم‌گیری می‌نماید و طول دوره مرور توسط عضو بالادست تعیین می‌گردد و از مدل مشارکتی برای هماهنگی زنجیره تامین استفاده شده است. در حالی که در مطالعه کنونی، به منظور شبیه بودن مدل به شرایط دنیای واقعی، طول دوره مرور به عنوان متغیر تصمیم خرده‌فروش در نظر گرفته شده است و خرده‌فروش علاوه بر حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش‌دهی در مورد طول دوره مرور، که هر دو پارامترهای مربوط به سیستم موجودی مرور دوره‌ای هستند، تصمیم‌گیری می‌نماید. در دنیای واقعی، خرده‌فروش (خریدار) طول دوره مرور برای بازپرسازی موجودی را تعیین می‌کند. هم‌چنین در مطالعه حاضر، از قرارداد تخفیف به عنوان مکانیزم هماهنگی استفاده می‌کند که قادر است با ایجاد هماهنگی کانال، سود زنجیره تامین را به سود مدل متمرکز که سود بهینه زنجیره تامین می‌باشد، برساند. در حالی که در مدل مشارکتی، زنجیره تامین لزوماً به سود مدل متمرکز دست نمی‌یابد.

تعریف مسأله

در این مقاله، یک زنجیره تامین دوسطحی شامل یک خرده فروش و یک تامین کننده در نظر گرفته شده است. خرده فروش از سیستم موجودی مرور دوره ای استفاده می‌کند و متغیرهای تصمیم وی دوره مرور (T) و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش (R) می‌باشد. تامین‌کننده از سیاست

نقطه سفارش اقتصادی برای بازپرسازی موجودی استفاده می‌کند و تعداد دفعات بازپرسازی موجودی (n) برای تامین کننده، ثابت در نظر گرفته شده است. در شکل یک به صورت شماتیک زنجیره تامین مورد بررسی نشان داده شده است.



شکل ۱. زنجیره تامین دو سطحی ذکر شده در این پژوهش

همچنین مفروضات زیر در مدل سازی مساله به کار گرفته شده اند.

- سطح موجودی در هر واحد $\boldsymbol{T}$ زمانی بررسی می‌گردد. مقدار مناسب سفارش دهی تا حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش $\boldsymbol{R}$، سفارش داده می‌شود و مقدار سفارش داده شده بعد از $\mathbf{L}$ واحد زمانی به دست خرده فروش می‌رسد.
- طول زمان تحویل، $\boldsymbol{L}$، کمتر از طول دوره $\boldsymbol{T}$ می‌باشد، بنابراین هیچ گاه در یک دوره بیش از یک سفارش دهی، انجام نمی شود.
- حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش، $\boldsymbol{R}$، برابر است با مجموع تقاضای مورد انتظار در طول فاصله اطمینان ($\boldsymbol{D(T+L)}$) و ذخیره اطمینان($\boldsymbol{k\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}}$)، بنابراین خواهیم داشت : $\boldsymbol{R = D(T+L) + k\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}}$ (که در آن $\boldsymbol{k}$ فاکتور اطمینان است) و در رابطه $\boldsymbol{P(X > R) = q}$ صدق می‌کند، ($\boldsymbol{q}$ احتمال کمبود مجاز را در طول فاصله اطمینان نشان می‌دهد و معلوم است).
- سه روش برای مدلسازی هزینه کمبود موجودی وجود دارد (اکبری، ۱۳۹۴): (۱) به تعویق انداختن سفارشات، (۲) فروش از دست رفته و (۳) به تعویق انداختن برخی از سفارشات (کمبود جزئی)

در این مطالعه، فرض شده است کمبود در نظر گرفته شده در مدل، از نوع جزئی می‌باشد و هزینه کمبود بر اساس این نوع کمبود وارد مدل شده است.

نمادها

نمادهای استفاده شده در مدل مورد بررسی، شامل موارد زیر می‌باشد:

A_b = هزینه ثابت هر بار سفارش دهی خرده فروش

A_s = هزینه ثابت هر بار سفارش دهی تامین کننده

D = تقاضای متوسط در هر سال

h_b = هزینه نگهداری هر واحد موجودی برای خرده فروش در هر سال

h_s = هزینه نگهداری هر واحد موجودی برای تامین کننده در هر سال

L = طول زمان تحویل (ثابت)

T = دوره مرور، متغیر تصمیم

R = حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش، متغیر تصمیم

X = متوسط تقاضا در بازه اطمینان $(T+L)$، که دارای توزیع نرمال با میانگین ثابت $D(T+L)$ و واریانس $\sigma^2(T+L)$ است، که σ انحراف معیار تقاضا را در هر سال نشان می‌دهد.

k= فاکتور اطمینان

r= قیمت فروش هر واحد توسط خرده فروش

w= قیمت فروش هر واحد توسط تامین کننده

n= ضریب باز پرسازی تامین کننده

p= قیمت خرید هر واحد برای تامین کننده

α= کسری از فروش از دست رفته

π = هزینه هر واحد کمبود

مدل‌سازی ریاضی

در این بخش ابتدا حالت‌های تصمیم گیری غیر متمرکز و متمرکز مدلسازی می‌شوند و سپس جهت ترغیب اعضا به اتخاذ تصمیم متمرکز، حالت هماهنگ، مدلسازی خواهد شد.

مدل تصمیم‌گیری غیرمتمرکز

در مدل تصمیم گیری غیر متمرکز، هر یک از اعضای زنجیره تامین به صورت مستقل تصمیم گیری می‌نمایند و تنها منافع خویش و نه کل زنجیره تامین، را در نظر می‌گیرند و به بهینه سازی سود خود می‌پردازند. در ادامه مدل‌های مربوط به هر یک از اعضای زنجیره تامین و نحوه بهینه سازی آن‌ها، بررسی خواهند شد.

مدل خرده فروش

خرده فروش از سیستم سفارش مرور دوره ای (R,T) استفاده می‌کند و در مورد متغیرهای دوره مرور T و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش R، تصمیم گیری می‌کند. هزینه‌های پیش روی خرده فروش، هزینه سفارش دهی، هزینه نگه داری و هزینه کمبود می‌باشد. هزینه سفارش دهی خرده فروش در مدل مرور دوره ای، A_b/T می‌باشد، هم چنین با توجه به مدل موجودی پیشنهادی مونتگومری و همکاران (۱۹۷۳)؛ هزینه‌های نگه داری مورد انتظار برای خرده فروش برابر با $h_b[R-DL-\frac{DT}{2}+\alpha \mathrm{E(X-R)^+}]$ است. همچنین هزینه کمبود برابر است با $\frac{\pi+\alpha(r-w)}{T}E(X-R)^+$. تابع سود خرده فروش از تفاضل درآمد حاصل از فروش و مجموع هزینه‌های خرده فروش طبق رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$\begin{aligned}\pi_b(T,R) = (r-w)D - \frac{A_b}{T} \\ - h_b\left[R-DL-\frac{DT}{2}+\alpha E(X-R)^+\right] \\ - \frac{\pi+\alpha(r-w)}{T}E(X-R)^+\end{aligned} \qquad (۱)$$

در این مقاله فرض شده است که تقاضای فاصله اطمینان که با X نشان داده شده، دارای توزیع نرمال با میانگین ثابت $D(T+L)$ و انحراف معیار $\sigma(T+L)^{1/2}$ و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش برابر با $R = D(T+L) + k\sigma(T+L)^{1/2}$ باشد، (که

در آن k فاکتور اطمینان است). از این رو کمبود تقاضای مورد انتظار در پایان دوره به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E(X-R)^{+} = \int_{R}^{\infty}(X-R)f_{\mathrm{x}}(x)dx = \int_{R}^{\infty}\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}(z-k)f_{Z}(z)dz = \sigma\,(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k) > 0, \quad (۲)$$

که در آن $f_Z(z)$ تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی Z است، که دارای توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و

$$G(k) = \int_{k}^{\infty}(z-k)f_{z}(z)dz = \varphi_{Z}(k) - k[1-\phi_{z}(k)] \quad (۳)$$

بنابراین هزینه نگهداری مورد انتظار برای خرده فروش به صورت $h_b[\frac{DT}{2} + k\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}} + \alpha\,\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)]$ بدست می‌آید و هزینه‌های کمبود مورد انتظار در هر سال نیز به $(\frac{\alpha(r-w)+\pi}{T})\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)$ تغییر می‌یابد. بنابراین تابع سود خرده فروش به صورت رابطه زیر تغییر خواهد داشت که در آن فاکتور اطمینان k، جایگزین متغیر R می‌گردد.

$$\pi_b(T,k) = (r-w)D - \frac{A_b}{T} - h_b\left[\frac{DT}{2} + k\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}} + \alpha\,\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)\right] - \left(\frac{\alpha(r-w)+\pi}{T}\right)\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k) \quad (۴)$$

مساله خرده فروش این است که دوره زمانی T و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش R را بهینه نماید؛

قضیه ۱: تابع سود خرده فروش نسبت به متغیر k، با فرض ثابت در نظر گرفتن T، مقعر است.

اثبات قضیه ۱: برای ثابت کردن اینکه تابع سود خرده فروش نسبت به متغیر k، با فرض ثابت در نظر گرفتن T، مقعر است، کافی است نشان دهیم که مشتق دوم تابع سود خرده فروش نسبت به متغیر k، منفی می‌باشد.

مشتق اول تابع سود خرده فروش نسبت به متغیر k، به صورت رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\partial \pi_b(T,k)}{\partial k} = -h_b\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}} - \sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}\left[h_b\alpha + \left(\frac{\alpha(r-w)+\pi}{T}\right)\right](\Phi_z(k)-1) \quad (۵)$$

و مشتق دوم تابع سود خرده فروش نسبت به k، عبارت است از :

$$\frac{\partial^2 \pi_b(T,k)}{\partial k^2} = -\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}\left[h_b\alpha + \left(\frac{\alpha(r-w)+\pi}{T}\right)\right]\varphi_Z(k) \quad (۶)$$

از آن جا که همواره $(r-w)>0$، پس مشتق دوم تابع سود خرده فروش نسبت به k منفی می‌باشد و در نتیجه تابع سود خرده فروش نسبت به k، با فرض ثابت در نظر گرفتن T، مقعر است.

با بهینه سازی تابع سود خرده فروش (رابطه (۴)) نسبت به k، مقدار بهینه متغیر k به ازای T معلوم، برابر است با:

$$1-\Phi_z(k) = \frac{h_b}{(\quad)(\quad)}$$

(۷)

با توجه به رابطه (۷) و اینکه همواره $1 \geq 1 - \phi_z(k)$ هست، لذا می‌توان به حدی برای T با عنوان T^0 دست یافت، به صورت زیر:

$$T^0 = \frac{\pi + \alpha(r - w)}{h_b - h_b\alpha} \qquad (۸)$$

برای یافتن مقادیر بهینه T و k، الگوریتمی مطابق گام‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

گام ۱. قرار می‌دهیم $T = \xi$ (ξ کمترین مقدار شدنی T).

گام ۲. مقدار $k(T)$ را با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌کنیم.

گام ۳. با استفاده از رابطه (۴)، مقدار تابع سود خرده فروش را به ازای مقادیر $(T, k(T))$ محاسبه می‌کنیم.

گام ٤. اگر $T > T^0$، در این صورت الگوریتم را متوقف می‌کنیم و به گام ۵ می‌رویم؛ در غیر این صورت قرار می‌دهیم $T = T + \xi$ و به گام ۲ می‌رویم.

گام ۵. ترکیب $(T, k(T))$ که به ازای آن تابع سود خرده فروش بیشترین مقدار است، مقادیر بهینه T و k هستند.

با استفاده از الگوریتم فوق، جواب بهینه متغیرهای T و k در مدل تصمیم‌گیری غیرمتمرکز، به دست خواهد آمد. این الگوریتم تا جایی ادامه می‌یابد که شرط توقف حلقه که همان حد بالای T است، نقض شود. با توجه به اینکه حد بالای در نظر گرفته شده برای T بر اساس روابط موجود در مدل و اصول احتمال به صورت رابطه (۸) حاصل شده است و مقداری بزرگتر از صفر دارد و الگوریتم از کوچکترین مقدار T آغاز می‌شود و در هر مرحله مقدار T اضافه می‌گردد، بنابراین هنگامی که مقدار T از حد آن بیشتر شود، الگوریتم متوقف می‌شود.

مدل تامین‌کننده

تامین‌کننده از سیستم نقطه سفارش اقتصادی برای بازپرسازی اقلام استفاده می‌کند. تعداد دفعات بازپرسازی موجودی برای تامین کننده، ثابت در نظر گرفته شده است. تامین کننده با

هزینه‌های سفارش دهی و نگهداری مواجه می‌باشد. هزینه سفارش‌دهی تامین‌کننده در مدل مرور دوره ای، $\frac{A_S}{nT}$ می‌باشد. به دلیل وجود کمبود جزئی در زنجیره تامین مورد بررسی، تقاضای مورد انتظاری که تامین‌کننده دریافت می‌کند، به صورت $(D-\frac{\alpha\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)}{T})$ خواهد بود، از این رو هزینه نگه داری تامین کننده عبارت است از :

$$h_s\frac{(n-1)\left(DT-\alpha\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)\right)}{2}.$$

تابع سود تامین کننده از تفاضل درآمد حاصل از فروش و مجموع هزینه‌های تامین کننده (هزینه سفارش دهی و هزینه نگه داری) به صورت رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\pi_s=(w-p)\left(D-\frac{\alpha\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)}{T}\right)-\frac{A_s}{nT}-h_s\frac{(n-1)\left(DT-\alpha\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)\right)}{2} \quad (۹)$$

همانطور که در رابطه (۹) مشاهده می‌شود، متغیرهای T و k، که متغیرهای تصمیم خرده فروش هستند، در تابع سود تامین کننده نیز وجود دارند و بر آن تاثیر گذار هستند، اما تامین کننده اختیار تصمیم گیری در مورد این متغیرها را ندارد؛ بنابراین تصمیمات خرده فروش در مورد متغیرهای T و k، بر میزان سود تامین کننده تاثیر مستقیم دارد؛ در حالی که در مدل تصمیم گیری غیر متمرکز، خرده فروش بدون در نظر گرفتن سود تامین کننده و سود کل زنجیره تامین، اقدام به تصمیم گیری می‌کند؛ از این رو ضروری است که با استفاده از مدل تصمیم گیری متمرکز، که مجموع سود اعضا را به عنوان سود کل زنجیره تامین در نظر می‌گیرد، به بهینه سازی سود زنجیره تامین پرداخته شود.

مدل تصمیم‌گیری متمرکز

در ساختار تصمیم گیری متمرکز یک تصمیم گیرنده مرکزی در زنجیره تامین به بهینه سازی سود کل زنجیره می‌پردازد و مقدار بهینه متغیرهای T و k را از دیدگاه کل زنجیره تامین، تعیین و بهینه می‌کند. نتایجی که این نوع تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند، با نتایج حالت غیرمتمرکز متفاوت خواهند بود، چرا که درحالت غیر متمرکز، خرده فروش مقدار بهینه متغیرهای T و k را با در نظر گرفتن منافع خود به دست می‌آورد؛ در حالی که در ساختار تصمیم گیری متمرکز، مقادیر این متغیرها بر اساس تابع سود کل زنجیره تامین بهینه می‌گردند که مقادیر آن‌ها در دو ساختار متفاوت خواهد بود، به این دلیل که تابع سود کل زنجیره تامین از مجموع تابع سود تامین کننده و تابع سود خرده فروش حاصل می‌شود و متغیرهای T و k در تابع سود تامین کننده قرار دارند.

همان طور که ذکر شد، تابع سود زنجیره تامین، مجموع تابع سود خرده فروش (رابطه(۴)) و تابع سود تامین کننده (رابطه(۹)) می‌باشد، بنابراین تابع سود زنجیره تامین به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned}\pi_{SC}(T,k) &= \pi_b(T,k) + \pi_s \\ &= (r-p)D - \frac{1}{T}\left(\frac{A_s}{n} + A_b\right) \\ &\quad - \frac{1}{T}\left[\alpha(r-p) + \pi \right. \\ &\quad \left. - h_s\frac{\alpha(n-1)T}{2}\right]\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k) \\ &\quad - \frac{DT}{2}\left((n-1)h_s + h_b\right) \\ &\quad - h_b\left[k\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}} + \alpha\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}G(k)\right] \end{aligned} \quad (۱۰)$$

قضیه ۲: تابع سود زنجیره تامین نسبت به k، با فرض ثابت در نظر گرفتن T و تحت شرط ارائه شده ذیل، مقعر است.

$$\alpha(r-p) + \pi + h_b\alpha T > h_s\frac{\alpha(n-1)T}{2} \quad (۱۱)$$

اثبات قضیه ۲: برای ثابت کردن تقعر تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k، با فرض ثابت در نظر گرفتن متغیر T مشتقات مرتبه اول و دوم تابع سود زنجیره تامین $\pi_{SC}(T,k)$ به صورت زیر محاسبه می‌گردند:

مشتق اول تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k با فرض ثابت در نظر گرفتن T، عبارت است از:

$$\frac{\partial \pi_{SC}(T,k)}{\partial k} = -\frac{1}{T}\Bigg[\alpha(r-p)+\pi - h_s\frac{\alpha(n-1)T}{2}\Bigg]\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}(\phi_Z(k)-1) - h_b\left[\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}+\alpha\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}(\phi_Z(k)-1)\right] \quad (۱۲)$$

و مشتق دوم تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k با فرض ثابت در نظر گرفتن T، عبارت است از:

$$\frac{\partial^2 \pi_{SC}(T,k)}{\partial k^2} = -\frac{1}{T}\Bigg[\alpha(r-p)+\pi+h_b\alpha T - h_s\frac{\alpha(n-1)T}{2}\Bigg]\sigma(T+L)^{\frac{1}{2}}\varphi_z(k) \quad (۱۳)$$

بنابراین مشتق دوم تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k با فرض ثابت در نظر گرفتن T تحت شرط ارائه شده در رابطه (۱۱)، منفی است. این شرط تحت مثال‌های عددی با پارامترهای منطقی بررسی گردیده است. در نتیجه تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k، تحت شرایط ذکر شده، مقعر خواهد بود. از بهینه سازی تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k، که از برابر صفر قرار دادن رابطه (۱۲) حاصل می‌شود، خواهیم داشت:

$$1-\phi_Z(k) = \frac{Th_b}{h_b\alpha T+\left(\alpha(r-p)+\pi-h_s\frac{\alpha(n-1)T}{2}\right)} \quad (۱۴)$$

$$1-\phi_Z(k) \le 1 \quad (۱۵)$$

با توجه به رابطه (۱۵) که همواره برقرار است، می‌توان به حدی برای T به صورت زیر دست یافت:

$$T \leq \frac{\alpha(r-p)+\pi}{h_b - h_b\alpha + \frac{h_s\alpha(n-1)}{2}} \quad (۱۶)$$

و در نتیجه:

$$T^{00} = \frac{\alpha(r-p)+\pi}{h_b - h_b\alpha + \frac{h_s\alpha(n-1)}{2}} \quad (۱۷)$$

با توجه به مقعر بودن تابع سود زنجیره تامین نسبت به متغیر k، با استفاده از روابط (۱۰) و (۱۴) و وجود حد بالای T، برای یافتن مقادیر بهینه T و k، الگوریتمی مطابق گام‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

گام ۱. قرار می‌دهیم $T = \xi$ (ξ کمترین مقدار شدنی T).

گام ۲. با استفاده از رابطه (۱۴) مقدار k را به ازای T گام۱، $(k(T))$، محاسبه می‌کنیم.

گام ۳. با استفاده از رابطه (۱۰)، مقدار تابع سود زنجیره تامین را به ازای مقادیر $(T, k(T))$ محاسبه می‌کنیم.

گام ٤. اگر $T > T^{00}$، در این صورت الگوریتم را متوقف می‌کنیم و به گام ۵ می‌رویم؛ در غیر این صورت قرار می‌دهیم $T = T + \xi$ و به گام ۲ می‌رویم.

گام ۵. ترکیب $(T, k(T))$ که به ازای آن تابع سود زنجیره تامین بیشترین مقدار است، مقادیر بهینه T و k هستند.

با استفاده از الگوریتم فوق، جواب بهینه متغیرهای T و k در مدل تصمیم‌گیری متمرکز، به دست خواهد آمد. این الگوریتم تا جایی ادامه می‌یابد که شرط توقف حلقه که همان حد بالای T است، نقض شود. با توجه به اینکه حد بالای در نظر گرفته شده برای T بر اساس روابط موجود در مدل و اصول احتمال به صورت رابطه (۱۷) حاصل شده است و مقداری

بزرگتر از صفر دارد و الگوریتم از کوچکترین مقدار T آغاز می‌شود و در هر مرحله مقدار T اضافه می‌گردد، بنابراین هنگامی که مقدار T از حد آن بیشتر شود، الگوریتم متوقف می‌شود. مقدار بهینه حاصل برای متغیرهای تصمیم در مدل متمرکز، گرچه سود کل زنجیره تامین را نسبت به سود آن در مدل غیر متمرکز افزایش می‌دهند، اما برای خرده فروش، کاهش سود نسبت به سود او در مدل غیر متمرکز، را به همراه دارند، بنابراین به منظور متقاعد کردن خرده فروش برای شرکت در تصمیم‌گیری متمرکز، نیاز است که طرحی انگیزشی برای او در نظر گرفته شود؛ به همین دلیل از مدل تصمیم‌گیری هماهنگ برای دستیابی به این هدف استفاده می‌گردد.

مدل تصمیم‌گیری هماهنگ

همان طور که قبلا ذکر شد، قراردادهای مختلفی برای ایجاد هماهنگی میان اعضای زنجیره تامین مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پژوهش از قرارداد تخفیف مقداری برای هماهنگی میان اعضای زنجیره تامین استفاده کرده است و به هماهنگی متغیرهای دوره مرور و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش، می‌پردازد. در مدل تصمیم گیری متمرکز سود کل زنجیره تامین افزایش می‌یابد، اما ممکن است سود برخی از اعضا نسبت به حالت تصمیم گیری غیر متمرکز، کاهش یابد؛ از این رو با استفاده از این قرارداد، طرح انگیزشی برای اعضای زنجیره مطرح می‌گردد به گونه ای که هر دو عضو زنجیره حاضر به شرکت در این طرح باشند؛ چرا که هر یک از اعضا در صورتی حاضر به شرکت در تصمیم گیری متمرکز می‌باشند که سود آن‌ها تضمین شده باشد.

در قرارداد تخفیف مقداری در صورتی که خرده فروش تصمیمات حالت متمرکز را اتخاذ کند، تامین کننده با پیشنهاد تخفیف به او از طریق در نظر گرفتن فاکتور تخفیف به ازای هر واحد خریداری شده توسط خرده فروش، او را برای تصمیم گیری در حالتی که سود کل زنجیره تامین افزایش یابد، ترغیب می‌کند. به عبارت دیگر تامین کننده سعی دارد با استفاده از این تخفیف، مقادیر متغیرهای تصمیم T و k برای خرده فروش را از مقادیر بهینه محلی آن‌ها

یعنی T^* و k^* به مقادیر بهینه کلی مربوط به حالت متمرکز یعنی T^{**} و k^{**} تغییر دهد. بنابراین با وجود این تخفیف، قیمت خرید هر واحد برای خرده فروش از w به dw کاهش خواهد یافت؛ که در آن d فاکتور تخفیف است و $0 < d < 1$. ضرایب h_T و h_k به ترتیب به صورت $h_T = \frac{T^{**}}{T^*}$ و $h_k = \frac{k^{**}}{k^*}$ تعریف می‌شوند. بنابراین k^{**} و T^{**} تبدیل به $k^{**} = h_k k^*$ و $T^{**} = h_T T^*$ خواهند شد. مساله تعیین مقدار فاکتور تخفیف d است، به گونه ای که برای هر دو عضو قابل قبول باشد و انگیزه کافی برای شرکت در مدل را داشته باشند.

شرایط خرده فروش برای شرکت در مدل هماهنگ

از دیدگاه خرده فروش، فاکتور تخفیف d به عنوان پارامتر انگیزشی در مدل هماهنگی، باید به گونه ای تعیین شود که تابع سود خرده فروش در حالت هماهنگ نسبت به حالت غیر هماهنگ متمرکز، افزایش یابد؛ شرایط قابل قبول برای خرده فروش به صورت زیر خواهد بود:

$$\pi_b(h_T T^*, h_k k^*, dw) \geq \pi_b(T^*, k^*, w) \qquad (۱۸)$$

با جایگذاری رابطه(۴) در رابطه (۱۸)، حد بالایی برای فاکتور تخفیف d به صورت رابطه زیر حاصل خواهد شد.

$$d_{max} = \frac{1}{M}\Bigg[Dh_T T^* - \frac{A_b}{w}(1-h_T) + \frac{h_b h_T T^*}{w}\Bigg(\frac{DT^*(1-h_T)}{2} + k^*\sigma\left((T^*+L)^{\frac{1}{2}} - h_k(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}\right) + \alpha\sigma\Big(G(k^*)(T^*+L)^{\frac{1}{2}} - G(h_k k^*)(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}\Big)\Bigg) - \frac{(\alpha r+\pi)\sigma}{w}\Big(h_T G(k^*)(T^*+L)^{\frac{1}{2}} - G(h_k k^*)(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}\Big) - \alpha h_T \sigma G(k^*)(T^*+L)^{\frac{1}{2}}\Bigg]$$

(۱۹)

که در آن $M = Dh_T T^* - \alpha\sigma G(h_k k^*)(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}$.

بنابراین سیاست تخفیف، تنها وقتی برای خرده فروش قابل قبول است که مقدار فاکتور تخفیف d به گونه ای تعیین شده باشد که از حد بالای تعیین شده در رابطه (۱۹) کمتر باشد.

شرایط تامین کننده برای شرکت در مدل هماهنگ

همان طور که قبلا ذکر شد، در مدل تخفیف پیشنهاد شده، نیاز است که تامین کننده قیمت فروش خود را بر مبنای فاکتور تخفیف کاهش دهد، بدین منظور که خرده فروش را برای شرکت در طرح هماهنگ متقاعد کند. اگر مقدار تخفیف از سطح مشخصی فراتر رود، در این صورت دیگر تامین کننده حاضر به شرکت کردن در مدل هماهنگ نخواهد بود. به عبارت دیگر، تامین کننده تنها وقتی انگیزه لازم برای شرکت در این طرح را خواهد داشت که سود او نسبت به حالت غیرمتمرکز کاهش نیابد. به عبارتی باید شرط زیر برقرار باشد:

$$\pi_s(h_T T^*, h_k k^*, dw) \geq \pi_s(T^*, k^*, w) \quad (۲۰)$$

با قراردادن رابطه (۹) در رابطه (۲۰)، حد پایین برای فاکتور تخفیف به صورت رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$d_{min} = h_T \left(\frac{DT^* - \alpha\sigma G(k^*)(T^* + L)^{\frac{1}{2}}}{M} \right) - \left(\frac{p}{w} + \frac{h_s(n-1)h_T T^*}{2w} \right) \left[\frac{DT^* - \alpha\sigma G(k^*)(T^* + L)^{\frac{1}{2}}}{M} - 1 \right] + \frac{A_s}{nMw}[1 - h_T] \quad (۲۱)$$

که در آن M همان M تعریف شده در رابطه (۱۹) می‌باشد.

بنابراین سیاست تخفیف تنها وقتی برای تامین کننده قابل قبول است که مقدار فاکتور تخفیف d به گونه ای تعیین شده باشد که از حد پایین تعیین شده در رابطه (۲۱) بیشتر باشد.

به طور کلی در صورتی که بازه بین دو مقدار تخفیف یعنی $[d_{min}, d_{max}]$ناتهی باشد، در این صورت هماهنگی امکان پذیر خواهد بود. هر مقداری برای d در این بازه، مقدار سود بیشتری را نسبت به مدل تصمیم گیری غیر متمرکز، برای اعضا ایجاد می‌کند. در حد پایین ، d_{min}سود مازاد حاصل از به کارگیری مدل هماهنگ، متوجه خرده فروش خواهد بود و در حد بالای d_{max}، تامین کننده همه این سود را به دست خواهد آورد. بنابراین به منظور تقسیم عادلانه سود بین اعضا، استراتژی تسهیم سود، بر مبنای قدرت چانه زنی اعضا در ادامه بیان شده است.

استراتژی تسهیم سود

در این بخش، استراتژی تسهیم سود بر مبنای قدرت چانه زنی هر دو عضو، تعریف می‌شود. برای جلوگیری از بروز اختلاف بسیار بین سود حاصل برای دو عضو و در نتیجه عدم رضایت آن‌ها برای شرکت در مدل هماهنگی، بهتر است تسهیم سود عادلانه باشد؛ همان طور که ذکر شد، اگر $d = d_{min}$ در این صورت خرده فروش تمام سود حاصل شده را به دست می‌آورد و اگر $d = d_{max}$، تمام سود عاید تامین کننده می‌شود.

اگر قدرت چانه زنی خرده فروش در مقابل تامین کننده β باشد، قدرت چانه زنی تامین کننده $(1-\beta)$ خواهد بود. برای تسهیم عادلانه سود بین اعضا، ابتدا اختلاف سود کل زنجیره تامین، حاصل از دو حالت تصمیم گیری متمرکز و غیرمتمرکز را به صورت رابطه زیر محاسبه می‌کنیم:

$$
\begin{aligned}
\Delta\pi = \pi_{sc}^{co}(h_T T^*, h_k k^*) - \pi_{sc}^{dc}(T^*, k^*) \\
&= \frac{1}{T^*}\left[\left(\frac{A_s}{n} + A_b\right)(1-h_T)\right] \\
&+ \frac{1}{T^*}\left[\left(\alpha(r-p) + \pi \right.\right. \\
&\left.\left. - h_s\left(\frac{\alpha(n-1)T^*}{2}\right)\right)\sigma(T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(k^*) \right. \\
&\left. - \frac{1}{h_T}\left(\alpha(r-p) + \pi \right.\right. \\
&\left.\left. - h_s\left(\frac{\alpha(n-1)h_T T^*}{2}\right)\right)\sigma(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*)\right] \\
&+ \frac{DT^*}{2}\big((n-1)h_s + h_b\big)(1-h_T) \\
&+ h_b[k^*\sigma\left((T^*+L)^{\frac{1}{2}} - h_k(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}\right) \\
&+ \alpha\sigma((T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(k^*) - (h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*))]
\end{aligned}
\tag{۲۲}
$$

حال اختلاف سود به دست آمده در رابطه (۲۲)، بر اساس قدرت چانه زنی هر یک از اعضا، بین آن‌ها تقسیم می‌شود. همان طور که ذکر شد، قدرت چانه زنی خرده فروش در مقابل تامین کننده، β می‌باشد، بنابراین β٪ از اختلاف سود حاصل از رابطه (۲۲)، به دست خرده فروش می‌رسد، به عبارتی خواهیم داشت:

$$\pi_b^{co}(h_T T^*, h_k k^*) = \pi_b^{dc}(T^*, k^*) + \beta\Delta\pi \qquad (۲۳)$$

یعنی

$$\begin{aligned}\beta\Delta\pi = \pi_b^{co}(h_T T^*, h_k k^*) - \pi_b^{dc}(T^*, k^*) \\ = wD + d\left[\frac{\alpha w}{h_T T^*}\sigma(h_T T^* + L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*) - wD\right] \\ + \frac{A_b}{T^*}\left(1 - \frac{1}{h_T}\right) \\ + h_b\left[\frac{DT^*}{2}(1 - h_T)\right. \\ + k^*\sigma\left((T^* + L)^{\frac{1}{2}} - h_k(h_T T^* + L)^{\frac{1}{2}}\right) \\ \left. + \alpha\sigma\left((T^* + L)^{\frac{1}{2}}G(k^*) - (h_T T^* + L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*)\right)\right] \\ + \frac{1}{T^*}[(\alpha(r - w) + \pi)\sigma(T^* + L)^{\frac{1}{2}}G(k^*) \\ - \frac{\alpha r + \pi}{h_T}\sigma(h_T T^* + L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*)\ ]\end{aligned} \qquad (۲۴)$$

و در نتیجه فاکتور اطمینانی که مورد توافق هر دو عضو باشد، با توجه به رابطه‌های (۲۳) و (۲۴) به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d = \frac{h_T T^*}{N}\left[\beta\Delta\pi - wD - \frac{A_b}{T^*}\left(1-\frac{1}{h_T}\right) - h_b\left(\frac{DT^*}{2} + k^*\sigma\left((T^*+L)^{\frac{1}{2}} - h_k(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}\right) + \alpha\sigma\left((T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(k^*) - (h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*)\right) - \frac{Dh_T T^*}{2}\right) - \left(\frac{\alpha(r-w)+\pi}{T^*}\right)\sigma(T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(k^*) + \left(\frac{\alpha r+\pi}{h_T T^*}\right)\sigma(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*)\right] \quad (۲۵)$$

که در آن $N = \left[\alpha w\sigma(h_T T^*+L)^{\frac{1}{2}}G(h_k k^*) - wDh_T T^*\right]$.

بنابراین سود اضافه شده به مدل غیر متمرکز، حاصل از به کارگیری مدل هماهنگ، بر اساس فاکتور تخفیف d، بین اعضا تقسیم می‌گردد و به قدرت چانه زنی اعضا بستگی دارد.

نتایج محاسباتی

در این بخش، به منظور ارزیابی مدل ارائه شده، ۵ مثال عددی مورد بررسی قرار گرفته است. مثال پنجم مربوط به نمونه واقعی است که در بخش مطالعه موردی معرفی گردیده است. پارامترهای این مثال‌ها در جدول (۱) نمایش داده شده است. در انتخاب مقادیر پارامترها برای تولید چهار مسئله اول، ملاحظات زیر در نظر گرفته شده است:

(۱) سعی شده است که بازه وسیعی از مقادیر پوشش داده شود، (۲) رابطه میان قیمت فروش محصول (r)، قیمت عمده فروشی (w) و قیمت خرید از تامین کننده خارجی به صورت $p \le w \le r$ رعایت شده است. (۳) با توجه به مقاله حیدری (۲۰۱۳)، هزینه نگه‌داری هر واحد برای خرده‌فروش(h_b)، بیشتر از هزینه نگه‌داری هر واحد برای تامین‌کننده(h_s)، در نظر گرفته شده است. (۴) پارامتر α، مقداری بین صفر و یک را اختیار می‌کند، (۵) مقادیر انحراف معیار تقاضا حداکثر تا ۱/۳ مقدار تقاضا می‌تواند تغییر کند، (۶) β، قدرت چانه‌زنی خرده‌فروش، بیانگر درصدی از اختلاف سود حاصل از تصمیم‌گیری هماهنگ و تصمیم‌گیری

غیرمتمرکز است که عاید خرده‌فروش می‌شود، بنابراین مقداری بین صفر و یک دارد و (۷) مقادیر پارامتر π با توجه به مقاله آنادورای و اوتایاکومار (۲۰۱۰) انتخاب گردیده است.

مطالعه موردی

شرکت توزیع داروپخش یک شرکت تجاری-خدماتی می‌باشد که انواع داروها، تجهیزات پزشکی، آرایشی و بهداشتی را با همکاری تامین‌کنندگان متعددی تهیه و توزیع می‌نماید و دارای بیست مرکز توزیع با مساحت حدود ۱۷۰۰۰۰ مترمربع در سراسر کشور می‌باشد. این شرکت توانسته است با بهره‌گیری از دانش مدیریت استراتژیک و جاری‌سازی استراتژی‌های رقابتی در ده سال گذشته به مزیت‌های رقابتی همچون برقراری کامل زنجیره تامین سرد، کاهش زمان تحویل دارو و توزیع مویرگی دارو در سراسر ایران، دست یابد.

به منظور آزمون کاربرد مدل مفروض، هماهنگی تصمیمات اعضای این زنجیره تامین دو سطحی دارو بر اساس داده‌های مربوط به داروی پرزوکائین ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. قیمت فروش هر بسته ۵۰ تایی این دارو ۶۵۰۰۰۰ ریال، قیمت عمده فروشی آن ۵۳۲۸۰۰ ریال و قیمت خرید از تامین کننده خارجی برابر با ۴۸۰۰۰۰ ریال می‌باشد. داده‌های مثال عددی (۵) در جدول (۲)، مربوط به یک واحد از این دارو می‌باشد. در این مثال تقاضا بر عدد۱۰ و قیمت‌ها و هزینه‌ها بر عدد ۱۰۰۰ تقسیم شده است.

جدول ۲ نتایج اجرای مدل تصمیم گیری هماهنگ را در مقایسه با مدل‌های تصمیم گیری غیر متمرکز هماهنگ نشده و تصمیم گیری متمرکز، در ۵ مثال ارائه شده نشان می‌دهد. در تمام مثال‌ها، سود کل زنجیره تامین در مدل متمرکز نسبت به این سود در مدل غیر متمرکز، افزایش یافته است، اما سود خرده فروش در مدل متمرکز نسبت به سود او در مدل تصمیم گیری غیر متمرکز، کاهش یافته است؛ بنابراین، همانطور که پیش‌بینی می‌گردید، مدل متمرکز لزوماً برای همه اعضای زنجیره تامین سودآور نمی‌باشد که این نتیجه با نتایج سایر پژوهش‌های موجود در ادبیات که مسئله هماهنگی را در زنجیره‌های تامین با ویژگی‌های متفاوت مورد بررسی قرار داده‌اند، منطبق است (پال و همکاران، ۲۰۱۵؛ چهارسوقی و همکاران، ۲۰۱۰؛ ما و

همکاران، ۲۰۱۳). همچنین، این نتیجه نشان می‌دهد که پژوهش‌هایی که مسئله بهینه‌سازی سود زنجیره تامین را مورد مطالعه قرار داده‌اند اما زنجیره تامین را تنها در ساختار متمرکز بررسی می‌کنند، ممکن است به سود بهینه برای کل زنجیره تامین دست یابند اما این سود برای همه اعضای زنجیره تامین مورد نظر، بهینه نمی‌باشد و بنابراین ممکن است تصمیماتی را که منجر به سود متمرکز برای زنجیره تامین می‌گردد، اتخاذ ننمایند.

جدول شماره۱. مجموعه اطلاعات استفاده شده در مثال‌ها

پارامترها	مثال ۱	مثال۲	مثال۳	مثال۴	مثال ۵
D(هر سال)	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰	۲۵۰۰۰
r	۳۵	۲۱	۳۲	۷۷	۱۴
w	۳۳	۲۰	۳۰	۷۵	۱۰
p	۳۰	۱۰	۲۷	۶۰	۸
A_b	۱۳۰	۱۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰
A_s	۱۰۰	۹۰	۲۰۰	۱۲۰	۹۰۰
h_b	۳	۵	۸	۹	۴.۰
h_s	۲	۴	۵	۷	۱.۰
σ	۳۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۱۵۰۰	۶۵۰۰
α	۶.۰	۵.۰	۳.۰	۷.۰	۱.۰
β	۴.۰	۶.۰	۸.۰	۵.۰	۳.۰
π	۵.۱	۷.۰	۵.۱	۱.۲	۵.۱
n	۴	۲	۳	۵	۲
L(روز)	۱/۳۶۵	۲/۳۶۵	۵/۳۶۵	۳/۳۶۵	۱/۳۶۵

همان‌طور که در بخش نتایج مربوط به اجرای مدل هماهنگ مشاهده می‌شود، با استفاده از مدل تصمیم‌گیری هماهنگ که از قرارداد تخفیف به عنوان طرح انگیزشی برای خرده‌فروش جهت تغییر تصمیمات مربوط به موجودی مرور دوره‌ای استفاده شده است، درحالتی که خرده‌فروش تصمیمات موجودی را بر اساس مدل هماهنگ تعیین می‌کند، سود تامین کننده و

خرده فروش، نسبت به سود آن‌ها در مدل تصمیم‌گیری غیرمتمرکز افزایش یافته است و در نتیجه انگیزه کافی را برای شرکت در مدل هماهنگ، خواهند داشت. سود کل زنجیره تامین-توزیع مورد بررسی نیز در مدل هماهنگ نسبت به مدل غیرمتمرکز افزایش یافته است. از طرفی مشاهده می‌شود که مقدار سود زنجیره تامین و هم چنین مقادیر متغیرهای تصمیم طول دوره مرور و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش‌دهی، در مدل تصمیم گیری هماهنگ، با مقادیر آن‌ها در مدل تصمیم گیری متمرکز یکسان است؛ درواقع، مدل هماهنگ منجر به این امرگردید که اعضا تصمیمات مدل متمرکز را اختیار نمایند زیرا با استفاده از مکانیزم هماهنگی، افزایش سود آن‌ها در این حالت، تضمین شده است. بنابراین مدل ارائه شده قابلیت ایجاد کانال هماهنگ را برای زنجیره "تامین-توزیع" ای که خرده‌فروش آن از سیستم موجودی مرور دوره‌ای برای سفارش‌دهی استفاده می‌کند، دارا است. این نتایج با نتایج سایر پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه هماهنگی تصمیمات مربوط به موجودی (دوان و همکاران، ۲۰۱۲؛ حیدری، ۲۰۱۳؛ چهارسوقی و همکاران، ۲۰۱۱؛ ونگ و همکاران، ۲۰۱۳) و هماهنگی سایر تصمیمات (بی و همکاران، ۲۰۱۵؛ ما وهمکاران، ۲۰۱۳) منطبق است. در این مقالات نیز، برقراری مدل هماهنگی منجر به افزایش سود اقتصادی زنجیره تامین نسبت به سایر ساختارهای تصمیم‌گیری می‌گردد و مقدار متغیرهای تصمیم در مدل هماهنگ با مقدار آن‌ها در مدل متمرکز یکسان است.

در مثال (۵) که مربوط به شرکت داروپخش است، اگر اعضای زنجیره تامین به صورت هماهنگ تصمیم‌گیری کنند، نسبت به شرایطی که اعضا مستقلاً تصمیم‌گیری می‌نمایند، سود زنجیره تامین افزایشی معادل ۶.۱۱ ٪ خواهد داشت، سود توزیع‌کننده و سود تامین‌کننده نیز به ترتیب به میزان ۲.۵ ٪ و ۱۵ ٪ افزایش خواهد یافت. میزان افزایش سود توزیع‌کننده و تامین‌کننده بسته به قدرت چانه‌زنی آن‌ها متفاوت است؛ اگر قدرت چانه‌زنی توزیع‌کننده از ۰.۳ به ۰.۶ تغییر کند، در این صورت افزایش سود آن‌ها به ترتیب برابر با ۵٪ و ۸.۷ ٪ خواهد بود.

جدول شماره۲. نتایج تحلیل حساسیت صورت گرفته بر اساس پنج مثال عددی

	مثال ۱	مثال ۲	مثال ۳	مثال ۴	مثال ۵
مدل غیرمتمرکز					
T^*(روز)	۳۶.۲۸۹	۲۳.۸۲	۳۹.۱۸۹	۱۹.۴۶	۱۰.۱۵۹
k^*	۱.۲۶۱	۰.۷۰۸	۰.۳۴۶	۱.۱۴۹	۱.۵۶۹
R^*	۹۳۸.۲۵۸	۷۴۹.۶۹۲	۹۰۷.۸۳۶	۱۱۶۶.۲۸۱	۲۵۴۸.۲۹۸
π_b	۱۲۹۹۹.۳۶۸	۴۹۶۴.۵۵۴	۶۷۴۶.۵۲۴	۱۱۸۵۵.۹۷۸	۸۵۹۳۲.۰۶۱
π_s	۲۱۲۸۵.۱۱۸	۸۶۴۳۵.۸۱۲	۱۶۳۲۲.۷۱۴	۱۶۶۲۶۷.۵۷۳	۳۳۲۸۳.۲۷۹
π_{sc}	۳۴۲۸۴.۴۸۶	۹۱۴۰۰.۳۶۷	۲۳۰۸۷.۲۳۸	۱۷۸۱۲۳.۵۵۱	۱۱۹۲۱۵.۳۴۱
مدل متمرکز					
T^{**}(روز)	۲۳.۲۴۰	۲۰.۰۶	۲۷.۶۶۹	۱۰.۴۱۹	۲۹.۴۳۹
k^{**}	۱.۷۲۲	۱.۷۰۸	۰.۸۵۰	۲.۰۸۶	۱.۰۲۹
R^{**}	۶۶۴.۴۹۱	۷۹۶.۰۰۸	۷۵۳.۶۹۹	۱۰۴۱.۲۱۶	۴۰۱۷.۶۲۸
π_b	۱۲۷۳۵.۵۰۹	۴۶۱۹.۳۲۵	۶۴۰۷.۶۲۶	۹۸۰۳.۳۹۰	۸۳۴۵۶.۴۹۴
π_s	۲۲۰۴۳.۸۶۷	۸۷۹۵۴.۴۱۰	۱۷۲۹۶.۶۷۷	۱۷۳۶۷۱.۲۳۲	۴۳۰۵۳.۶۱۲
π_{sc}	۳۴۷۹۹.۳۷۶	۹۲۵۷۳.۷۳۵	۲۳۷۰۴.۳۰۳	۱۸۳۴۷۴.۶۲۲	۱۸۳۴۷۴.۶۲۲
مدل هماهنگ					
T^{**}(روز)	۲۳.۲۴۰	۲۰.۰۶	۲۷.۶۶۹	۱۰.۴۱۹	۲۹.۴۳۹
k^{**}	۱.۷۲۲	۱.۷۰۸	۰.۸۵۰	۲.۰۸۶	۱.۰۲۹
R^{**}	۶۶۴.۴۹۱	۷۹۶.۰۰۸	۷۵۳.۶۹۹	۱۰۴۱.۲۱۶	۴۰۱۷.۶۲۸
π_b	۱۳۱۹۷.۳۲۴	۵۶۶۸.۵۷۵	۷۲۵۸.۱۷۶	۱۴۵۳۱.۵۱۴	۸۸۱۲۰.۴۹۱

π_s	۲۱۵۸۲.۰۵۲	۸۶۹۰۵.۱۵۹	۱۶۴۴۶.۱۲۷	۱۶۸۹۴۳.۱۰۸	۳۸۳۸۹.۶۱۵
π_{sc}	۳۴۷۹۹.۳۷۶	۹۲۵۷۳.۷۳۵	۲۳۷۰۴.۳۰۳	۱۸۳۴۷۴.۶۲۲	۱۲۶۵۱۰.۱۰۶
d_{min}	۰.۹۹۷۱	۰.۹۹۱۵	۰.۹۹۵۳	۰.۹۹۱۷	۰.۹۶۰۳
d_{max}	۰.۹۹۸۹	۰.۹۹۸۰	۰.۹۹۸۲	۰.۹۹۷۷	۰.۹۹۰۰
$d_{sharing}$	۰.۹۹۸۲	۰.۹۹۴۱	۰.۹۹۵۹	۰.۹۹۴۷	۰.۹۸۱۲
سود مازاد	۴۹۴.۸۸۹	۱۱۷۳.۳۶۸	۶۱۷.۰۶۵	۵۳۵۱.۰۷۱	۷۲۹۴.۷۶۵

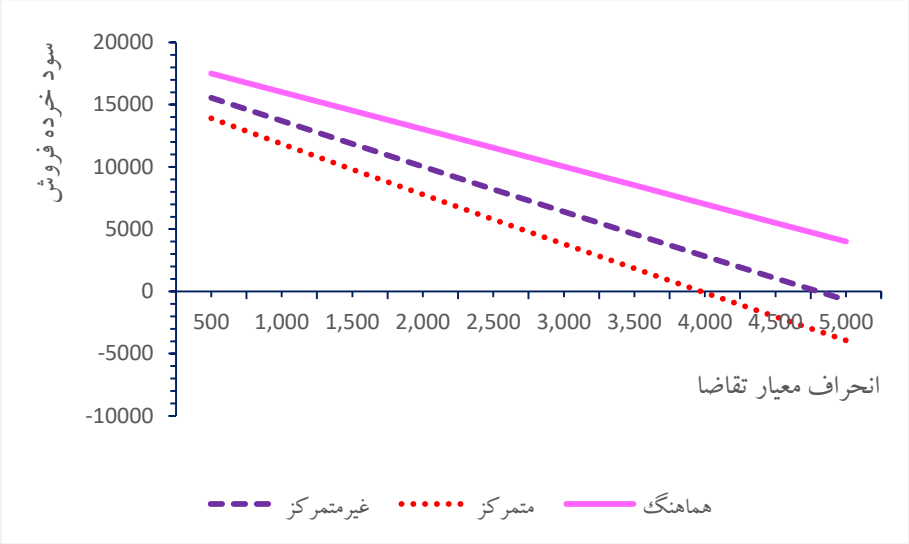
با توجه به تاثیر قابل توجه انحراف معیار تقاضا (σ) بر مدل پیشنهادی و همچنین اهمیت پارامترهای درصد فروش از دست رفته، هزینه کمبود و هزینه نگه‌داری در مطالعات مربوط به موجودی، مجموعه ای از تحلیل حساسیت‌ها نسبت به این پارامترها صورت گرفته است. علاوه بر آن، با توجه به تاثیر تغییرات قیمت عمده‌فروشی بر سودآوری اعضای زنجیره تامین، حساسیت سود زنجیره تامین نسبت به این پارامتر مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های مثال ۴ برای این تحلیل حساسیت‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

در مرحله نخست، تحلیل حساسیت نسبت به پارامتر انحراف معیار تقاضا (σ) مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه پارامتر انحراف معیار، یک شاخص پراکندگی است که میزان انحراف داده‌ها نسبت به میانگین را نشان می‌دهد، بنابراین، هر اندازه این پارامتر مقدار بیشتری داشته باشد، داده‌ها نسبت به میانگین انحراف بیشتری خواهند داشت. بر این اساس، انحراف معیار تقاضا نشان‌دهنده پراکندگی تقاضای مشتریان نسبت به مقدار متوسط تقاضا است و هر چه مقدار آن بیشتر باشد، پراکندگی تقاضا بیشتر است و در نتیجه بازار تقاضای ثابتی ندارد. در این حالت، تخمین تقاضا برای فروشندگان دشوار می‌گردد و آن‌ها با عدم قطعیت تقاضا مواجه می‌گردند. بنابراین در این مسئله، این پارامتر به عنوان شاخص میزان عدم قطعیت تقاضا استفاده شده است و پیچیدگی مسئله بر اساس این پارامتر مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که با توجه به تاثیر تقاضا بر میزان کمبود و فروش از دست رفته، با تحلیل

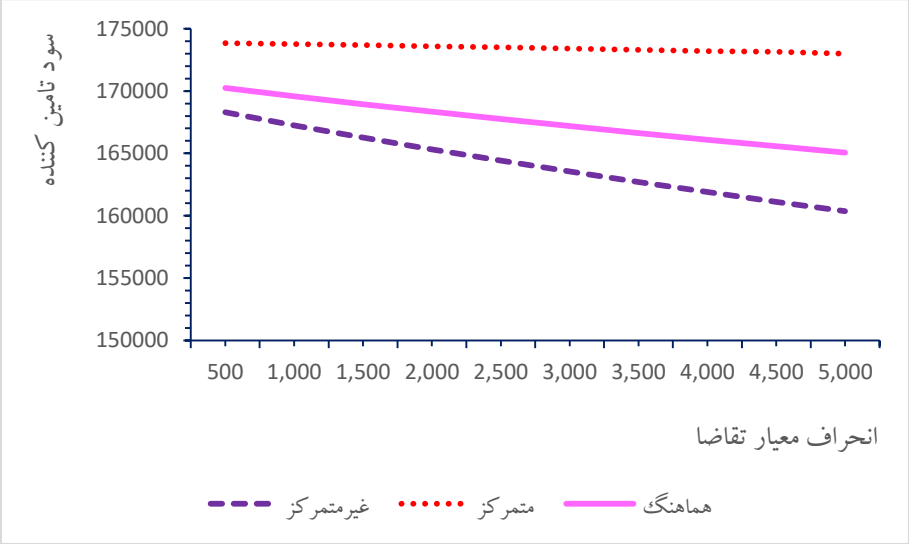
پیچیدگی مسئله بر اساس عدم قطعیت تقاضا، می‌توان تاثیر این پارامترها را نیز در پیچیدگی مسئله ملاحظه نمود.

نمودار ۱ تغییرات تابع سود خرده فروش را نسبت به تغییر پارامتر σ، نشان می‌دهد؛ همان طور که مشاهده می‌شود، با افزایش انحراف معیار تقاضا، میزان سود خرده فروش در هر سه مدل غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ، کاهش می‌یابد؛ میزان این کاهش در مدل هماهنگ نسبت به دو مدل دیگر کمتر است و این یعنی در مواقعی که میزان انحراف معیار تقاضا افزایش یابد، اگر خرده فروش در مدل هماهنگ شرکت کرده باشد، سود کمتری را از دست خواهد داد. بنابراین، در شرایط عدم قطعیت تقاضا، تصمیم‌گیری بر اساس مدل هماهنگ، منجر به سود بیش‌تری برای خرده‌فروش نسبت به سود او سایر ساختارهای تصمیم‌گیری خواهد شد.

نمودار ۲ تغییرات تابع سود تامین کننده را در سه مدل غیر متمرکز، متمرکز و هماهنگ، نسبت به تغییر انحراف معیار تقاضا نشان می‌دهد. با افزایش پارامتر σ میزان سود تامین کننده در هر سه مدل غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ، کاهش می‌یابد؛ این کاهش در مدل هماهنگ نسبت به مدل متمرکز بیشتر است و این به دلیل درصد تخفیفی است که تامین کننده در مدل هماهنگ برای خرده فروش در نظر می‌گیرد؛ اما با این وجود، کاهش سود تامین کننده در دو مدل هماهنگ و متمرکز نسبت به مدل غیرمتمرکز کمتر می‌باشد. بنابراین، در مواجهه با عدم قطعیت بالا، قرارداد هماهنگی ارائه شده، برای تامین‌کننده قابلیت ایجاد سود بیشتری نسبت به ساختار تصمیم‌گیری غیرمتمرکز دارد.



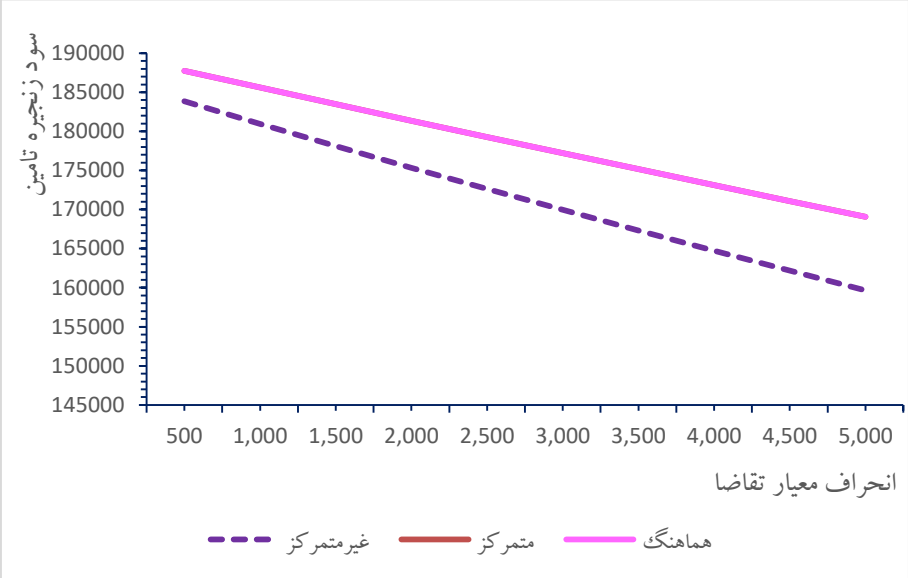
نمودار شماره۱. مقایسه تابع سود خرده فروش در سه حالت غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ با تغییر σ



نمودار شماره۲. مقایسه تابع سود تامین کننده در سه حالت غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ با تغییر σ

نمودار ۳ تغییرات تابع سود زنجیره تامین را نسبت به تغییرات انحراف معیار تقاضا، در سه مدل غیر متمرکز، متمرکز و هماهنگ، مقایسه می‌کند. تغییرات سود زنجیره تامین در هر دو مدل متمرکز و هماهنگ یکسان می‌باشد و این تغییرات نسبت به مدل غیرمتمرکز کمتر است و همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش σ فاصله بین دو نمودار در مدل هماهنگ و غیرمتمرکز افزایش می‌یابد؛ بنابراین در شرایط عدم قطعیت، سود زنجیره تامین در مدل هماهنگ نسبت به سود آن در مدل غیرمتمرکز، کاهش کمتری خواهد داشت.

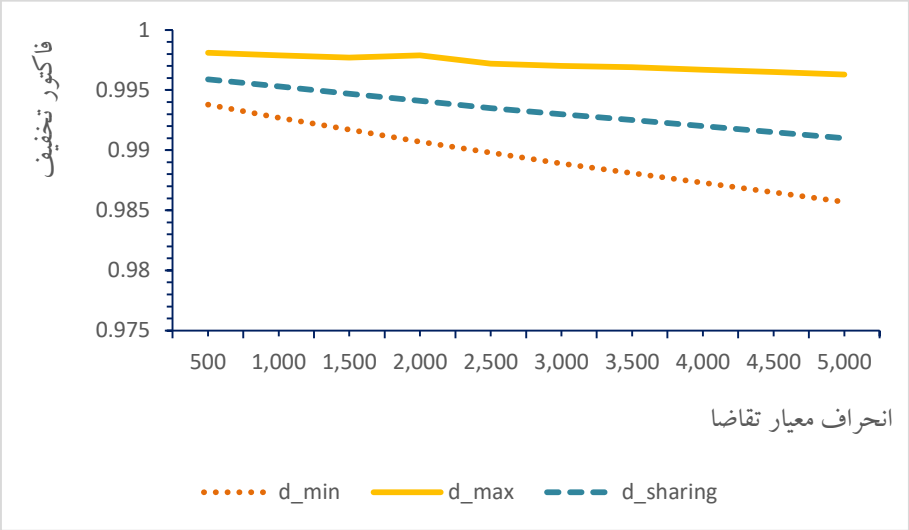
جمع‌بندی نتایج نمودار (۳)-(۱) نشان می‌دهد که در شرایطی که زنجیره تامین با سطوح بالایی از عدم قطعیت تقاضا مواجه است، ارائه مدل هماهنگی نه تنها منجر به افزایش سودآوری کل زنجیره تامین می‌گردد، بلکه افزایش سودآوری هریک از اعضا را نیز نتیجه خواهد داد.



نمودار شماره۳. مقایسه تابع سود زنجیره تامین در سه حالت غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ با تغییر σ

به منظور بررسی قابلیت مدل تخفیف پیشنهادی در دستیابی به هماهنگی در شرایطی که زنجیره تامین با عدم قطعیت زیاد تقاضا مواجه است، تاثیر تغییرات انحراف معیار تقاضا بر فاکتور تخفیف

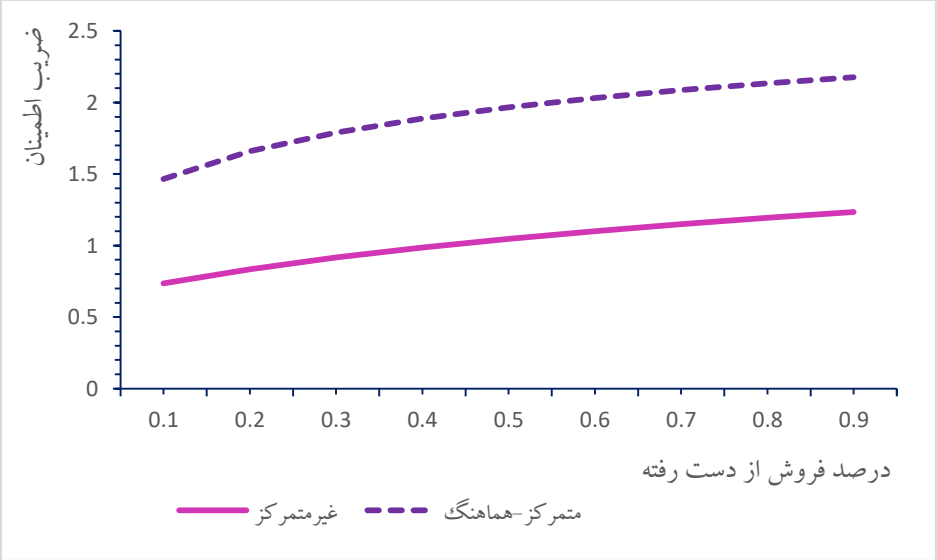
در نظر گرفته شده در مدل هماهنگ(d) و هم چنین حد بالا و پایین آن، d_{max} و d_{min}، در نمودار (۴) مورد بررسی قرار گرفته است. طبق این نمودار، با افزایش σ، فاصله بین d_{max} و d_{min} افزایش می‌یابد و این فاصله در مقادیر زیاد σ غیر تهی باقی می‌ماند. به عبارت دیگر، انتظارات تامین‌کننده و خرده‌فروش ناحیه اشتراک بیشتری پیدا خواهد کرد. بعلاوه، فاکتور تخفیف d، به ازای تمام مقادیر σ در این فاصله قرار گرفته است، بنابراین این فاکتور، مورد توافق هردو عضو زنجیره تامین می‌باشد و می‌تواند آن‌ها را به شرکت در مدل هماهنگ متقاعد کند. بنابراین مدل پیشنهادی برای مواقعی که انحراف معیار تقاضا مقادیر بالایی دارد نیز کارایی خود را حفظ می‌کند.



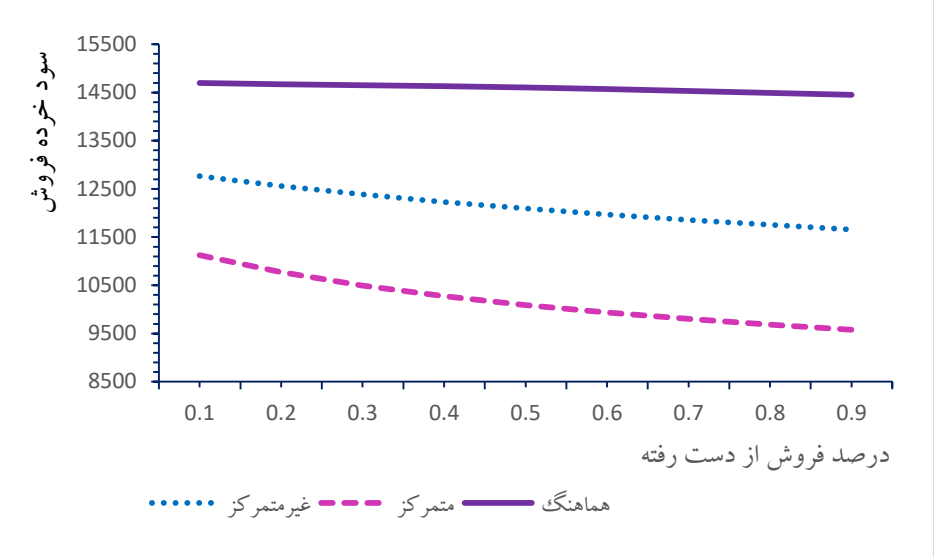
نمودار شماره ۴. تغییرات فاکتور تخفیف و مقادیر بیشینه و کمینه آن با تغییر σ

از دیدگاه مدیریت موجودی، با افزایش میزان کمبود در زنجیره تامین، مدل هماهنگ پیشنهادی ریسک موجودی خرده‌فروش را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. این نتیجه در نمودار شماره (۵) قابل مشاهده است که در آن به ازای مقادیر متفاوت درصد فروش از دست رفته، ضریب اطمینان در مدل هماهنگ، همواره مقداری بیشتر از ضریب اطمینان در

مدل غیرمتمرکز دارد و در نتیجه میزان ذخیره اطمینانی که خرده‌فروش در مدل هماهنگ نگه‌داری می‌کند، بیشتر از ذخیره اطمینانی است که در مدل غیرمتمرکز نگه‌داری خواهد کرد. در این حالت، اگرچه هزینه نگه‌داری موجودی خرده‌فروش نسبت به مدل غیرمتمرکز افزایش می‌یابد، اما سود خرده‌فروش همچنان در مدل هماهنگ، مقداری بیشتر از مدل غیرمتمرکز دارد (نمودار شماره ۶). هزینه نگه‌داری موجودی باید از نظر اقتصادی قابل توجیه باشد (خویشتن‌دار، فرزد و زندیه، ۱۳۹۰)؛ به این ترتیب در شرایط کمبود، افزایش هزینه نگه‌داری موجودی خرده‌فروش در مدل هماهنگ که ناشی از نگه‌داری مقدار بیشتر موجودی نسبت به مدل غیرمتمرکز است، با افزایش یافتن سود خرده‌فروش در مدل هماهنگ نسبت به سود مدل غیرمتمرکز، از دیدگاه اقتصادی قابل توجیه است. علاوه بر نتایج فوق، در شرایط کمبود، مدل پیشنهادی سود زنجیره تامین را نسبت به سطح سودی که در زنجیره تامین غیرمتمرکز دارد، افزایش می‌دهد و مقدار سود زنجیره تامین در مدل هماهنگ با مقدار سود آن در مدل متمرکز، که سطح بهینه سود زنجیره تامین است، یکسان خواهد شد (نمودار ۷).



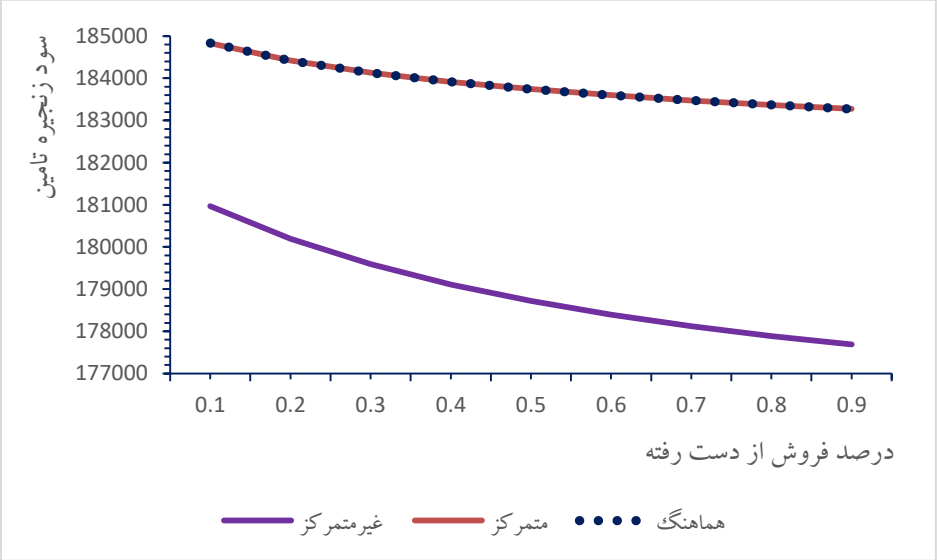
نمودار شماره ۵. تاثیر تغییر درصد فروش از دست رفته بر ضریب اطمینان



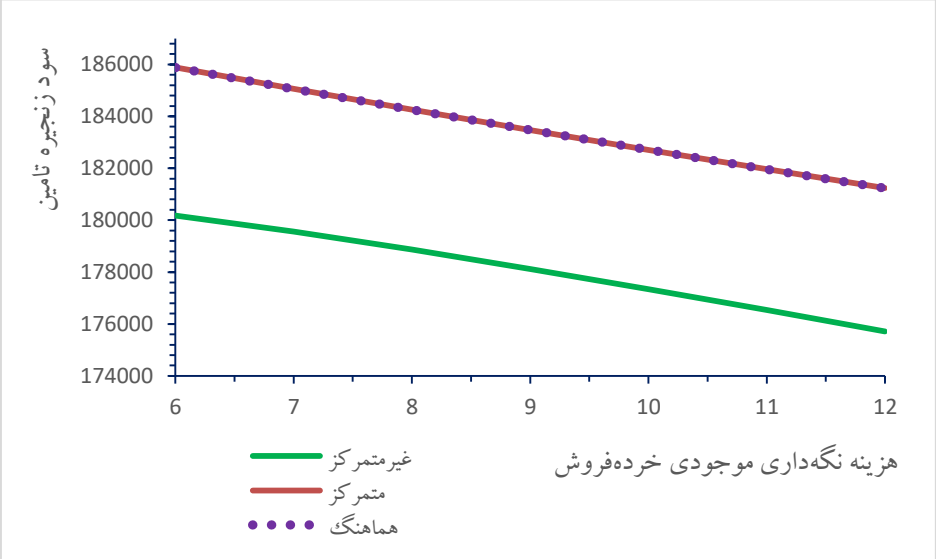
نمودار شماره ۶. تاثیر تغییرات درصد فروش از دست رفته بر سود خرده‌فروش در ساختارهای مختلف تصمیم‌گیری

همچنین مطابق نمودار شماره (۷)، با افزایش درصد فروش از دست رفته، نمودار مدل هماهنگ و مدل غیرمتمرکز نسبت به یکدیگر واگرا می‌شوند؛ می‌توان استدلال نمود که در شرایطی که زنجیره تامین با کمبود مواجه است، نه تنها سود زنجیره تامین هماهنگ بیشتر از سود زنجیره تامین غیرمتمرکز است، بلکه با افزایش درصد فروش از دست رفته، اختلاف سود مدل هماهنگ و مدل غیرمتمرکز افزایش می‌یابد. بنابراین، مدل هماهنگ پیشنهادی از دیدگاه مدیریت موجودی و دیدگاه اقتصادی، در شرایط کمبود، نتایج حائز اهمیتی را ایجاد خواهد کرد. در واقع در شرایط کمبود، تصمیمات موجودی در مدل هماهنگ نسبت به مدل غیرمتمرکز، به گونه‌ای تعیین می‌شوند که زنجیره تامین در مقابل تغییرات ناشی از این شرایط، وضعیت پایدارتری داشته باشد و به عبارت دیگر، سود آن نسبت به مدل غیرمتمرکز به میزان کمتری از این تغییرات تاثیر بپذیرد و زنجیره تامین با کاهش سود کمتری مواجه گردد.

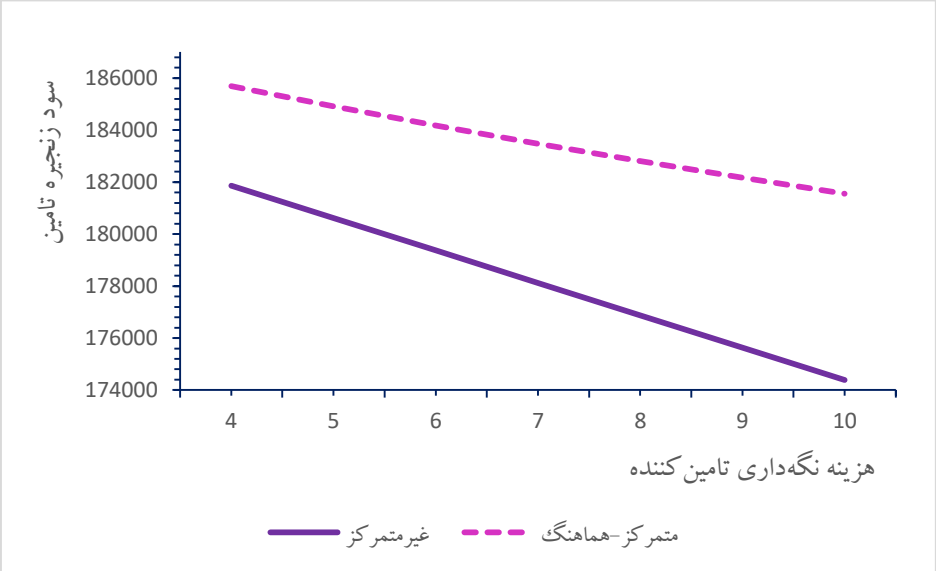
از نتایج بررسی نمودار شماره (۸)، می‌توان جمع‌بندی نمود که در صورتی که خرده‌فروش زنجیره با هزینه‌های نگه‌داری بالایی مواجه باشد، مکانیزم تخفیف ارائه شده، سود کل زنجیره تامین را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. این نتیجه در حالتی که تامین‌کننده با هزینه‌های نگه‌داری بالایی مواجه باشد، نیز برقرار است (نمودار شماره ۹). بنابراین، پیاده‌سازی مدل هماهنگ در مدیریت تصمیمات موجودی مرور دوره‌ای در زنجیره‌های تامین غیرمتمرکز، از اهمیت بسیاری برخوردار است، چرا که در شرایطی که هزینه‌های نگه‌داری موجودی زیاد باشد، می‌توان با استفاده از مکانیزم تخفیف مورد نظر و تغییر تصمیمات مربوط به موجودی، سود اقتصادی بیشتری برای زنجیره تامین، نسبت به حالتی که از این مکانیزم استفاده نمی‌شود، فراهم نمود.



نمودار شماره ۷. تاثیر تغییرات درصد فروش از دست رفته بر سود کل زنجیره تامین

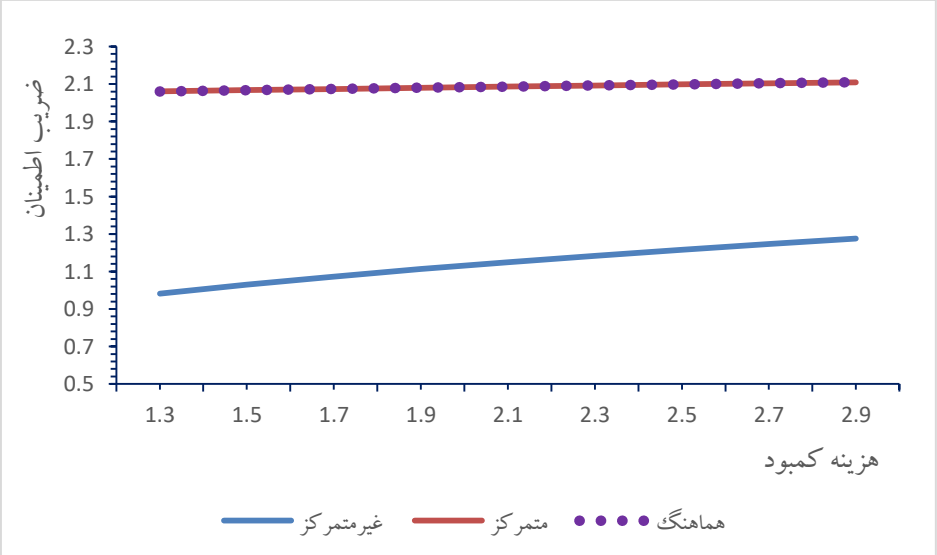


نمودار شماره ۸. تاثیر تغییرات هزینه نگه‌داری موجودی خرده‌فروش بر سود کل زنجیره تامین

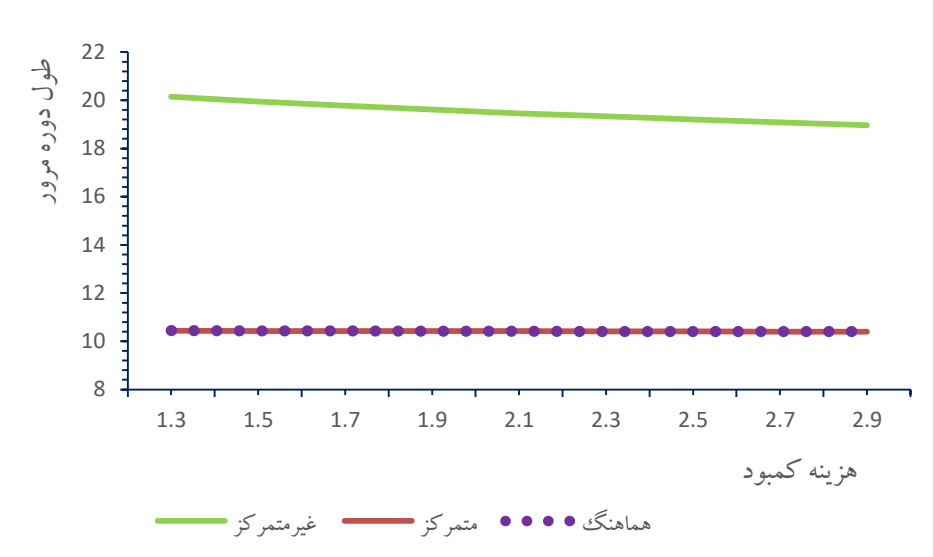


نمودار شماره ۹. تاثیر تغییرات هزینه نگه‌داری تامین‌کننده بر سود کل زنجیره تامین

از منظر کنترل موجودی، در شرایطی که زنجیره تامین با هزینه‌های کمبود بالا مواجه است، خرده‌فروش زنجیره تامین طبق انتظار میزان ذخیره اطمینان بیشتری را نگه‌داری خواهد کرد. نمودار (۱۰) نشان می‌دهد که با استفاده از قرارداد تخفیف، می‌توان خرده‌فروش را به انتخاب مقادیر بیشتر ذخیره اطمینان تشویق نمود و در نتیجه ریسک موجودی خرده‌فروش را کاهش داد. از طرف دیگر در شرایط افزایش هزینه کمبود، خرده‌فروش، طول دوره مرور را در مدل هماهنگ بسیار کمتر از طول دوره مرور در مدل غیرمتمرکز تعیین می‌کند و در نمودار شماره (۱۱) به ازای مقادیر مختلف هزینه کمبود، نمودار طول دوره مرور در مدل هماهنگ پایین‌تر از نمودار مربوط به آن در مدل غیرمتمرکز قرار گرفته است. این نحوه عملکرد خرده‌فروش، نه تنها ریسک کمبود موجودی او را کاهش خواهد داد، بلکه با انتخاب دوره‌های کوتاه‌تر برای مرور سطح موجودی، سود تامین‌کننده را افزایش می‌دهد. این نتایج از دیدگاه کنترل موجودی، که از هدف‌های اصلی آن تامین نیاز مشتریان در زمان مناسب با حداقل هزینه‌های مربوط به موجودی می‌باشد، نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

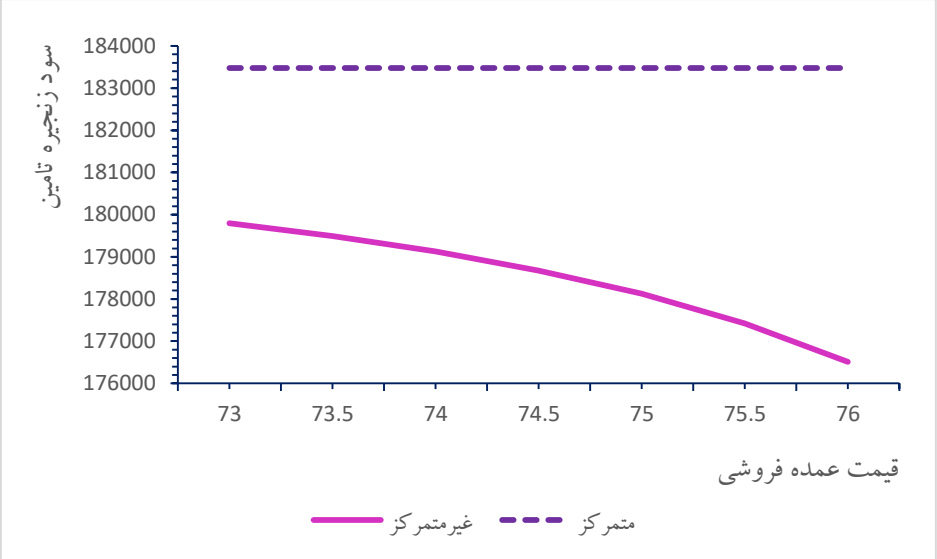


نمودار شماره ۱۰. تاثیر تغییرات هزینه کمبود بر ضریب اطمینان در ساختارهای مختلف تصمیم‌گیری

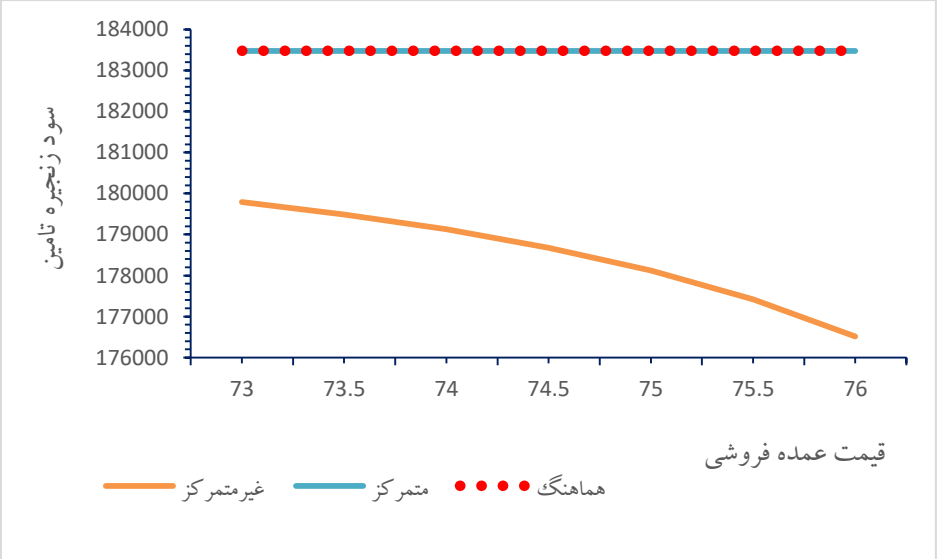


نمودار شماره ۱۱. تاثیر تغییرات هزینه کمبود بر طول دوره مرور در ساختارهای مختلف تصمیم‌گیری

اگر تامین‌کننده زنجیره تامین، قیمت عمده‌فروشی را افزایش دهد، همان‌طور که در شکل شماره (۱۲) مشاهده می‌شود، سود زنجیره تامین مطابق انتظار در حالت متمرکز بیشترین مقدار را دارد و مستقل از تغییرات قیمت عمده‌فروشی است. در شکل شماره (۱۳) نمودار سود مربوط به مدل هماهنگ بر نمودار سود آن در مدل متمرکز، منطبق است. در واقع، بکارگیری قرارداد تخفیف پیشنهادی منجر می‌گردد که سود کل زنجیره تامین در مدل هماهنگ به ازای تمام مقادیر قیمت عمده فروشی، با سود آن در مدل متمرکز، که سطح بیهنه سود زنجیره تامین می‌باشد، مقداری یکسان داشته باشد. در حالی که در مدل پیشنهادی نعمت‌الهی و همکاران (۲۰۱۷a)، مدل‌های مشارکت اجتماعی و مشارکت اقتصادی که برای هماهنگی زنجیره تامین در نظر گرفته شده است، تنها به ازای مقادیری خاص از قیمت عمده‌فروشی، منجر به یکسان شدن سود مدل هماهنگ با سود مدل متمرکز می‌گردند.



نمودار شماره ۱۲. تغییرات سود کل زنجیره تامین بر اثر تغییرات قیمت عمده‌فروشی در ساختارهای تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و متمرکز



نمودار شماره ۱۳. تغییرات سود کل زنجیره تامین بر اثر تغییرات قیمت عمده‌فروشی در ساختارهای تصمیم‌گیری غیرمتمرکز، متمرکز و هماهنگ

نتایج تحلیل حساسیت صورت گرفته نشان می‌دهد که به کارگیری قرارداد تخفیف به عنوان مکانیسم هماهنگی در مدل موجودی مرور دوره ای، سود کل زنجیره تامین را نسبت به مدل‌های غیر هماهنگ افزایش می‌دهد. علاوه بر این، قرارداد پیشنهادی با تقسیم عادلانه سود مازاد بین هر دو عضو زنجیره تامین، سود آن‌ها را نسبت به مدل سنتی که هر عضو به طور مستقل تصمیم گیری می‌کند، افزایش می‌دهد. هم چنین میزان سود زنجیره تامین در مدل متمرکز و سود آن در مدل هماهنگ برابر است؛ در نتیجه مدل پیشنهادی قابلیت ایجاد کانال هماهنگ را در زنجیره تامینی که خرده‌فروش زنجیره از سیستم موجودی مرور دوره‌ای برای سفارش‌دهی استفاده می‌کند، دارا است. علاوه بر آن، تحلیل حساسیت‌های صورت گرفته منجر به مجموعه‌ای از یافته‌های مدیریتی گردید که در بخش بعد ارائه می‌گردد.

یافته‌های مدیریتی

یافته‌های مدیریتی حاصل از نتایج تحلیل‌حساسیت‌های صورت گرفته نسبت به مدل مورد بررسی را می‌توان به صورت زیر جمع‌بندی نمود:

از دیدگاه مدیریت موجودی‌ها، در صورتی که بین اعضای زنجیره تامین هماهنگی برقرار شده باشد، در شرایط مواجهه با کمبود شدید موجودی و همچنین در شرایطی که زنجیره تامین با هزینه‌های کمبود بالا مواجه باشد، می‌توان با تغییر تصمیمات عضو پایین‌دست زنجیره تامین در مورد بازپرسازی، نه تنها ریسک کمبود موجودی و درصد کاهش سود عضو پایین دست را کاهش داد، بلکه سودآوری عضو بالادست و در نتیجه سودآوری زنجیره تامین را نیز بهبود بخشید.

در شبکه تامین-توزیع که در آن عضو پایین‌دست در تصمیمات مربوط به بازپرسازی موجودی خود از سیستم موجودی مرور دوره‌ای استفاده می‌کند و عناصر مربوط به این سیستم را خودش تعیین می‌کند، که این امر در دنیای واقعی متداول است، اگر عضو بالادست زنجیره بتواند با بهره‌گیری از طرح‌های تشویقی همچون قرارداد تخفیف ارائه شده، تصمیمات

پایین‌دست را در راستای تصمیمات زنجیره‌تامین تغییر دهد، اگرچه در کوتاه‌مدت ممکن است این تخفیف برای او کاهش سود به همراه داشته باشد، اما در بلندمدت به سود قابل ملاحظه‌ای دست خواهد یافت. از دیدگاه مدیریت اقتصادی، شرکت در مدل هماهنگ ارائه شده، قابلیت افزایش سود زنجیره تامین، به میزان حداقل ۶٪ را در پی خواهد داشت. این افزایش سود در بلندمدت، منافع بسیاری را برای زنجیره تامین ایجاد خواهد نمود.

از دیدگاه مدیریت مسائل اجتماعی از قبیل کسب رضایت مشتریان و حفظ اعتبار توزیع‌کننده در میان مشتریان، مدل هماهنگ، نتایج مطلوبی را در پی خواهد داشت. برای مثال، در زنجیره تامین دارو، در دسترس بودن داروها در زمان مناسب برای مشتریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج بررسی نمونه موردی نشان می‌دهد که در صورتی‌که خرده‌فروش در مدل هماهنگ شرکت کند، میزان ذخیره اطمینان بیشتری را نگه‌داری می‌کند و طول دوره مرور را نیز کاهش خواهد داد. به این ترتیب، ریسک موجودی خرده‌فروش کاهش خواهد یافت و نیاز مشتریان در زمان مناسب پاسخ داده خواهد شد و در عین حال، سود خرده‌فروش نیز افزایش می‌یابد که نتیجه بسیار مطلوبی برای او می‌باشد. علاوه بر آن، کاهش طول دوره مرور تعیین شده توسط عضو پایین‌دست، سودآوری عضو بالادست را نیز افزایش خواهد داد.

در شرایط عدم قطعیت تقاضا که زنجیره تامین با نوسانات شدید تقاضا مواجه است، در صورتی که میان اعضای زنجیره تامین در اتخاذ تصمیمات مربوط به موجودی، هماهنگی برقرار باشد، درصد کاهش سود اعضا به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت. در واقع مکانیزم ارائه شده علاوه بر شرایط متعادل، در شرایط عدم قطعیت زیاد نیز، می‌تواند به عنوان راه‌حل مفیدی برای تصمیمات مدیران تامین و توزیع زنجیره تامین باشد.

جمع‌بندی و پیشنهادات آتی

در این مطالعه، هماهنگی تصمیمات موجودی با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری در یک زنجیره تامین دو سطحی شامل دو عضو خرده فروش و تامین‌کننده، که در آن خرده‌فروش از مدل موجودی مرور دوره‌ای برای سفارش‌دهی استفاده می‌کند و کمبودی که با آن مواجه

است، کمبود جزئی است، به منظور دستیابی به مقدار بهینه متغیرهای تصمیم حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش و طول دوره مرور، مورد بررسی قرار گرفته است. حد بالا و پایین فاکتور تخفیف مربوط به قرارداد هماهنگی و در نتیجه بازه‌ای که در آن فاکتور تحفیف برای هر دو عضو قابل قبول است، به صورت تابعی از مقدار بهینه متغیرهای طول دوره مرور و فاکتور اطمینان در مدل غیرمتمرکز و با در نظر گرفتن تابع سود هر دو عضو، محاسبه گردید. مقایسه نتایج محاسباتی مدل هماهنگ و مدل غیرمتمرکز، در شرایطی که زنجیره تامین با کمبود شدید مواجه است و یا در شرایطی که هزینه‌های کمبود افزایش می‌یابد، نشان داد که با استفاده از قرارداد تخفیف، مقدار ذخیره اطمینانی که خرده‌فروش در مدل هماهنگ نگه‌داری می‌کند بیشتر از ذخیره اطمینانی است که در مدل غیرمتمرکز نگه‌داری می‌کند. هم‌چنین خرده‌فروش نسبت به مدل غیرمتمرکز، طول دوره مرور کمتری را برای بازپرسازی موجودی، در نظر می‌گیرد؛ در این حالت، نه تنها مدل ارائه شده ریسک کمبود موجودی خرده‌فروش را کاهش می‌دهد، بلکه به دلیل تخفیفی که تامین‌کننده برای او در نظر می‌گیرد، برای او افزایش سودی به اندازه $\beta\left(\pi_{sc}^{co}(T^{**},k^{**})-\pi_{sc}^{dc}(T^{*},k^{*})\right)$، نسبت به مدل غیرمتمرکز را به همراه دارد. این نتیجه در شرایطی که هزینه‌های نگه‌داری خرده‌فروش بالا می‌باشد نیز مشاهده گردید. در واقع، مکانیزم تخفیف ارائه شده، در شرایطی که خرده‌فروش با هزینه‌های نگه‌داری بالا مواجه است، درصد کاهش سود خرده‌فروش نسبت به این درصد در مدل غیرمتمرکز را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. به علاوه، در مدل هماهنگ ارائه شده، مقادیر متغیرهای تصمیم طول دوره مرور و حداکثر سطح موجودی در هر بار سفارش‌دهی، با مقادیر آن‌ها در مدل متمرکز یکسان می‌باشند و این بر اعتبار مدل می‌افزاید. در تحلیل حساسیت صورت گرفته نسبت به متغیر قیمت عمده‌فروشی که از فاکتورهای مهم در تعیین سودآوری زنجیره‌تامین می‌باشد، مشاهده گردید که با استفاده از مدل تخفیف ارائه شده، به ازای مقادیر متفاوت قیمت عمده‌فروشی، سود زنجیره تامین با سود آن در مدل متمرکز که سود بهینه زنجیره تامین می‌باشد، برابر خواهد شد. این در حالی است که مدل‌های مشارکتی ارائه شده در ادبیات هماهنگی، لزوماً سود زنجیره تامین را به سطح بهینه آن در مدل متمرکز

نمی‌رسانند. در مدل هماهنگ ارائه شده در صورتی که فاکتور تخفیف مقداری بین بیشترین و کمترین مقدار ارائه شده برای آن داشته باشد و بازه مورد نظر ناتهی باشد، هماهنگی امکان‌پذیر است و سود حاصل از هماهنگی بر اساس قدرت چانه‌زنی اعضا و به صورت عادلانه بین آن‌ها تقسیم خواهد شد.

در این مطالعه تقاضا تصادفی و دارای توزیع نرمال است، که می‌توان در مطالعات آتی، توزیع تقاضا را به صورت یکنواخت در نظر گرفت و این مدل را تعمیم داد، هم چنین تعداد دفعات بازپرسازی تامین کننده که ضریبی از میزان سفارش خرده فروش می‌باشد و یک مقدار ثابت در نظر گرفته شده است، می‌توان آن را نیز یک متغیر تصمیم در نظر گرفت و مدل هماهنگی را برای این حالت در سیستم موجودی مرور دوره ای، گسترش داد و تصمیمات هماهنگی را در این حالت بررسی نمود. همچنین روش حل مساله نیز می‌تواند توسعه یابد و از سایر قراردادهای هماهنگی استفاده گردد و نتایج آن با پژوهش فعلی مقایسه شود.

منابع

امیرطاهری، امید، زندیه، مصطفی، دری، بهروز. (تابستان ۱۳۹۵)، «طراحی مدل برنامه‌ریزی دو سطحی در زنجیره تامین غیرمتمرکز تولید-توزیع با در نظر گرفتن تبلیغات مشارکتی»، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۴، شماره ۴۱، صفحه ۳۸-۱.

امیری، مقصود، نایبی، محمد امین، زرابادی پور، اویس. (تابستان ۱۳۹۳). «توسعه مدل‌های کنترل موجودی (r,Q) و (R,T)»، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۲، شماره ۳۳، صفحات ۱۵۰-۱۲۵.

افراسیابی، مهناز، صادقی، احمد. (بهار ۱۳۹۶). «مدل چندمحصولی با لحاظ کردن هزینه نگهداری و خرید به صورت تابعی افزایشی از سیکل سفارش»، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی دوره ۱۵، شماره ۴۴، صفحات ۲۰۸-۱۸۷.

خویشتن دار، سهیلا، فرزد، فرهاد، زندیه، مصطفی. (بهار ۱۳۹۰). «ارائه الگوریتم تکاملی چندهدفه برای سیستم‌های موجودی احتمالی با مرور دائم»، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی دوره ۸، شماره ۲۰، صفحات ۹۹-۸۱.

اکبری، محمد. (زمستان ۱۳۹۴). «مدلی برای کنترل موجودی و تولید در شرایط بحران»، پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۱۹، شماره ۴، صفحات ۷۰-۴۵.

Amirtaheri, O. Zandieh, M. Dorri, B. Motameni A.R. (2017). Equation Chapter 1 Section 1 "A bi-level programming approach for production-distribution supply chain problem", Computers and Industrial Engineering 110, 537-527.

Annadurai, K., & Uthayakumar, R. (2010). "Reducing lost-sales rate in (T, R, L) inventory model with controllable lead time", Applied Mathematical Modelling, 34(11), 3465-3477.

Bai, Q., Xu, X., Xu, J., & Wang, D. (2016). "Coordinating a supply chain for deteriorating items with multi-factor-dependent demand over a finite planning horizon", Applied Mathematical modelling, http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2016.06.021

Bijvank, M., Johansen, S. G. (2012). "Periodic review lost-sales

inventory models with compound Poisson demand and constant lead times of any length", European Journal of Operational Research, 220(1), 106-114.

Chaharsooghi, S. K., Heydari, J. (2010). "Supply chain coordination for the joint determination of order quantity and reorder point using credit option", European Journal of Operational Research, 204(1), 86-95.

Chaharsooghi, S. K., Heydari, J., & Kamalabadi, I. N. (2011). "Simultaneous coordination of order quantity and reorder point in a two-stage supply chain", Computers and Operations Research, 38(12), 1667-1677.

Chan, C. K., Lee, Y. C. E., Goyal, S.K., (2010). "A delayed payment method in coordinating a single-vendor multi-buyer supply chain", International Journal of Production Economics, 127(1), 95-102.

Chen, T. (2011). "The optimal ordering and advertising policy for a single-period commodity in a supply chain", Computers & Industrial Engineering, 61(4), 1–20. https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.07.019

Cobb, B. R. (2016). "Lead time uncertainty and supply chain coordination in lost sales inventory models", International Journal of Inventory Research, *3*(1), 5-30.

Duan, Y., Luo, J., & Huo, J. (2010). "Buyer-vendor inventory coordination with quantity discount incentive for fixed lifetime product", International Journal of Production Economics, 128(1), 351–357. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.030

Duan, Y., Huo, J., Zhang, Y., & Zhang, J. (2012). "Two level supply chain coordination with delay in payments for fixed lifetime products", Computers and Industrial Engineering, 63(2), 456–463. https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.04.007

Ebrahimi, S., Hosseini-Motlagh, S. M., & Nematollahi, M. (2017). "Proposing a delay in payment contract for coordinating a two-echelon periodic review supply chain with stochastic promotional effort dependent demand", International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 1-14.

Heydari, J. (2013). "Coordinating replenishment decisions in a two-stage supply chain by considering truckload limitation based on delay in

payments", International Journal of Systems Science, 46(10), 1897-1908.

Heydari. J. (2014a). "Supply chain coordination using time-based temporary price discounts", Computers & Industrial Engineering, 75, 96-101.

Heydari, J. (2014b). "Lead time variation control using reliable shipment equipment: An incentive scheme for supply chain coordination", Transportation Research Part E, 63, 44-58.

Heydari, J., Norouzinasab, Y. (2016). "Coordination of pricing, ordering, and lead time decisions in a manufacturing supply chain", Journal of Industrial and Systems Engineering, 9, 1-16.

Jazinaninejad, M., Seyedhosseini, S. M., Hosseini-Motlagh, S. M., & Nematollahi, M. (2017). "Coordinated decision-making on manufacturer's EPQ-based and buyer's period review inventory policies with stochastic price-sensitive demand: A credit option approach", RAIRO-Operations Research. https://doi.org/10.1051/ro/2018038.

Johari, M., Hosseini-Motlagh, S. M., Nematollahi, M. (2017). "Simultaneous coordination of review period and order-up-to-level in a manufacturer-retailer chain", Journal of Industrial & Systems Engineering.

Johari, M., Hosseini-Motlagh, S. M., Nematollahi, M., Goh, M., & Ignatius, J. (2018). "Bi-level credit period coordination for periodic review inventory system with price-credit dependent demand under time value of money", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 114, 270-291.

Kamali, A., Ghomi, S. F., & Jolai, F. (2011). "A multi-objective quantity discount and joint optimization model for coordination of a single-buyer multi-vendor supply chain", Computers & Mathematics with Applications, 62(8), 3251-3269.

Karray, S., & Surti, C. (2016). "Channel coordination with quantity discounts and/or cooperative advertising", International Journal of Production Research, 7543(May), 1–19. https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1173253

Krichen, S., Laabidi, A., & Abdelaziz, F.B., (2011). "Single supplier multiple cooperative retailers inventory model with quantity discount and

permissible delay in Payments", Computers & Industrial Engineering, 60(1), 164-172.

Kouki, Ch., & Jouini, O. (2015). "On the effect of life time variability on the performance of inventory systems", International Journal of Production Economics, 167, 23-34.

Lin, Y.J. (2010). "A stochastic periodic review integrated inventory model involving defective items, backorder price discount, and variable lead time", 4OR, 8(3), 281-297.

Lin, H., & Lin, Y. (2013). "Supply chain coordination with defective items and quantity discount", International Journal of Systems Science, 37–41. https://doi.org/10.1080/00207721.2013.773468

Liu, J., Mantin, B., & Wang, H. (2014). "Supply chain coordination with customer returns and refund-dependent demand", International Journal of Production Economics, 148, 81–89. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.11.009

Manerba, D., & Mansini, R. (2012). "An exact algorithm for the capacitated total quantity discount problem", European Journal of Operational Research, 222(2), 287-300.

Montgomery, D. C., Bazzaraa, M. S., & Keswani, A. K. (1973). "Inventory models with a mixture of backorders and lost sales", Naval Research Logistics, 20(2), 255-263.

Nematollahi, M., Hosseini-Motlagh, S. M., & Heydari, J. (2017a). "Economic and social collaborative decision-making on visit interval and service level in a two-echelon pharmaceutical supply chain", Journal of Cleaner Production.

Nematollahi, M., Hosseini-Motlagh, S. M., & Heydari, J. (2017b). "Coordination of social responsibility and order quantity in a two-echelon supply chain: A collaborative decision-making perspective", International Journal of Production Economics.

Nouri, M., Hosseini-Motlagh, S. M., & Nematollahi, M. (2018). "Proposing a discount policy for two-level supply chain coordination with periodic review replenishment and promotional efforts decisions", Operational Research, 1-34.

Ouyang Y. U., Chuang, R.B. (2015). "A periodic review inventory model involving variable lead time with a service level constraint", International Journal of Systems Science.

Peng, H., & Zhou, M. (2013). "Quantity Discount Supply Chain Models with Fashion Products and Uncertain Yields", 2013, 20–23.

Saha, S. (2013). "Supply chain coordination through rebate induced contracts", Transportation Research Part E, 50, 120–137. https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.11.002

Sinha, S., & Sarmah, S. P. (2010). "Single-vendor multi-buyer discount pricing model under stochastic demand environment", Computers & Industrial Engineering, 59(4), 945-953.

Soni, H. N., Joshi, M. (2015). "A periodic review inventory model with controllable lead time and back order rate in fuzzy-stochastic environment", Fuzzy Information and Engineering, 7(1), 101-114.

Wang, Q., Chay, Y., & Wu, Z. (2011). "Streamlining inventory flows with time discounts to improve the profits of a decentralized supply chain", International Journal of Production Economics, 132(2), 230-239.

Wang, J. P., Wang, S. D., & Min, J. (2015). "Coordinating two-period ordering and advertising policies in a dynamic market with stochastic demand", International Journal of Systems Science, 46(4), 702–719. https://doi.org/10.1080/00207721.2013.797035

Xie, J., Zhou, D., Wei, J. C., & Zhao, X. (2010). "Price discount based on early order commitment in a single manufacturer–multiple retailer supply chain", European Journal of Operational Research, 200(2), 368-376.

Xie, J. P., Liang, L., Liu, L. H., & Ieromonachou, P. (2015). "Coordination contracts of dual-channel with cooperation advertising in closed-loop supply chains", International Journal of Production Economics, 183, 528–538. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.026

Yoo, S. H., Kim, D., & Park, M. (2014). "Pricing and return policy under various supply contracts in a closed-loop supply chain", 37–41. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.932927.

Zhang, Q., Luo, J., & Duan, Y. (2014). "Buyer – vendor coordination for fixed lifetime product with quantity discount under finite production

rate", International Journal of Systems Science, 37–41. https://doi.org/10.1080/00207721.2014.906684