هماهنگ‌سازی توأم سیاست سفارش‌دهی و سطح خدمت در زنجیره تأمین غیرمتمرکز با وجود نامعینی در زمان‌های تحویل

جعفر حیدری[1*]، پیام زعابی احمدی[2]

دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۱۲

چکیده

در این مقاله یک زنجیره تأمین دو سطحی شامل یک خریدار و یک فروشنده مورد مطالعه قرار گرفته است. فرض شده است که زمان تحویل احتمالی و تقاضا نیز معین و قطعی باشد. در حالت غیرمتمرکز مشاهده می‌شود هنگامی‌که اعضای زنجیره تأمین هرکدام به‌گونه‌ای تصمیم‌گیری می‌کنند که سود خود را بیشینه کرده و بر دیگر اعضاء زنجیره تأمین اثر بگذارند و در مقایسه آن در حالت متمرکز با در نظر گرفتن فروشنده به‌عنوان رهبر زنجیره تأمین، تصمیمات توسط فروشنده اتخاذ گردیده و مشاهده می‌شود که سود کل زنجیره تأمین بسیار بیشتر از سود کل زنجیره تأمین در حالت غیرمتمرکز باشد. در این رویکرد با تعیین مقدار بهینه سفارش‌دهی و سطح خدمت شاهد نتایجی خواهید بود که نه فقط سود کل زنجیره تأمین افزایش می‌یابد، بلکه سطح سرویس‌دهی به مشتری نیز رشد چشمگیری پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین، زمان تحویل احتمالی، تصمیم‌گیری متمرکز، تصمیم‌گیری غیرمتمرکز

۱- مقدمه

با مطالعات گسترده انجام شده بر اعضای زنجیره تأمین، قابل مشاهده است که بیشتر تصمیمات توسط هر عضو بر عضو دیگر زنجیره تأمین اثر بگذارد. تصمیمات اعضاء علاوه‌بر اینکه بر سودآوری خود آنها اثر می‌گذارد، بر سودآوری دیگر اعضاء هم تأثیر به‌سزایی دارد. هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین روشی است که با استفاده از آن می‌توان اعضای زنجیره تأمین را متقاعد کرد که تصمیمات کلی برای دستیابی به سود بهینه کل زنجیره تأمین را اتخاذ نمایند. به‌طور عمده خریدار با عدم قطعیت‌هایی از قبیل زمان تحویل یا مقدار تقاضا مواجه می‌شود. این عدم قطعیت‌ها احتمال کمبود را به‌وجود می‌آورد و به متعاقب آن باعث کاهش سطح سرویس شده و برای مقابله با آن ناچار می‌شود تا میزان موجودی اطمینان زیادی را انبار کند که میزان سودآوری خریدار را کاهش دهد. اما با انتخاب نقطه مناسب سفارش‌دهی مجدد و بهینه می‌توان احتمال کمبود را کاهش داده و باعث افزایش سطح سرویس شد که در نهایت باعث افزایش سودآوری می‌شود. پس برای مشارکت اعضاء در این طرح احتیاج به یک طرح انگیزشی مناسب است تا سودآوری اعضا را نسبت به حالت غیرمتمرکز بهبود ببخشد و اعضاء تشویق به تصمیم‌گیری مشترک شوند. این مقاله در پی این است که سود کل زنجیره تأمین را افزایش داده و همین‌طور سطح سرویس را بهبود ببخشد. در این مدل یک زنجیره تأمین دو سطحی با یک فروشنده و یک خریدار مورد توجه قرار گرفته که در مثال‌های عددی ضمن شرح، مشخص می‌کند که در رویکرد تصمیم‌گیری براساس حالت متمرکز در مورد

۱*- استادیار مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، پردیس بین‌المللی کیش، نویسنده مسئول، پست الکترونیک: j.heydari@ut.ac.ir، نشانی: تهران، خیابان انقلاب،- دانشگاه تهران، دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی صنایع.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، پردیس بین‌المللی کیش، پست الکترونیک: Payam.Ahmadi@ut.ac.ir

مقدار سفارش‌دهی و نقطه سفارش‌دهی مجدد باعث افزایش سودآوری کل زنجیره تأمین می‌شود. چنین طرحی می‌تواند تأثیر شگرفی بر افزایش سطح خدمت زنجیره بر جای گذاشته و در نهایت باعث بهبود سود کل زنجیره تأمین گردد.

۲- مرور ادبیات

یکی از مهم‌ترین طرح‌ها برای هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین، تعیین نقطه سفارش مجدد خرده‌فروش و کاهش زمان تحویل است که در مقاله[۱] یک زنجیره تأمین دو سطح در سه حالت غیرمتمرکز غیرهماهنگ، متمرکز و هماهنگ مدل‌سازی شده است. یک مکانیزم جدید بر مبنای «کنترل نامعینی‌های زمان تحویل» و به‌منظور ترغیب خرده‌فروش به هماهنگ‌سازی نقطه سفارش مجدد در جهت سودآوری کل زنجیره تأمین توجه می‌کند و با بهره‌گیری از وسایل حمل و نقل با قابلیت اطمینان بالاتر، بالادست می‌تواند زمان‌های تحویل را با واریانس کمتری برای خرده‌فروش فراهم آورد و این اهرم می‌تواند به‌عنوان کنترل‌کننده رفتار خرده‌فروش در تغییر تصمیمات آن به سمت تصمیمات بهینه سرتاسری زنجیره تأمین مؤثر باشد.

در مطالعات دیگر نیز می‌توان به مقاله[۲] که در این مقاله یک زنجیره تأمین غیرمتمرکز شامل یک خریدار و یک تأمین‌کننده در یک موقعیت چند دوره‌ای را که تقاضا و زمان تحویل غیرقطعی است مورد بررسی قرار داد و ویژگی خرید اعتباری را به‌عنوان طرح انگیزشی برای تشویق خریدار به شرکت در مدل هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین مطرح کرد. مدل ارائه شده نشان می‌دهد که هماهنگ‌سازی توأم نقطه سفارش مجدد و مقدار سفارش می‌تواند هزینه‌های زنجیره تأمین را کاهش داده و سود حاصل را منصفانه براساس قدرت چانه‌زنی هر عضو تقسیم کند.

همچنین در مقاله[۳] در این مقاله تجمیع زمان تحویل احتمالی تأمین‌کننده و خرده‌فروش در یک زنجیره تأمین دو بعدی مورد مطالعه قرار گرفته که زمان تحویل احتمالی می‌تواند به‌طور مداوم به سطح سرویس کل زنجیره تأمین آسیب بزند. مدل ارائه شده توانایی بهینه کردن نقطه سفارش تأمین‌کننده و تقسیم منصفانه سودها را دارد و یک طرح انگیزشی، ارائه شده که تأمین‌کننده قبول کند که نقطه سفارش را افزایش دهد، درصورتی‌که احتمال تجمیع زمان تحویل کاهش یابد. در این مقاله مقدار تقاضا ثابت و قطعی است. می‌توان با کنترل زمان تحویل و نگهداری مواد در انبار در سطح مناسب اثرات مضر زمان تحویل را از بین برد.

همین‌طور در مقاله[۴] که در این مقاله یک زنجیره تأمین غیرمتمرکز ترکیب شده با یک فروشنده و یک خریدار بررسی شده که فروشنده یک تک محصول به خریدار که با محدودیت سطح سرویس مواجه است پیشنهاد می‌کند که می‌توان زمان تحویل را با اضافه کردن یک هزینه هنگفت کنترل کرد. در نهایت مکانیزم تخفیف قیمت برای وادار کردن فروشنده و خریدار برای استفاده از مدل متمرکز توسعه می‌یابد.

در مقاله بعدی نیز[۵] یک زمان تحویل نمایی برای نشان دادن کاهش میانگین زمان تحویل استفاده شده و به‌خاطر سفارش متقاطع، واریانس زمان تحویل کاهش می‌یابد. تأثیر خالص آن بر کاهش هزینه موجودی است، زیرا طبیعتاً باعث کاهش موجودی اطمینان می‌شود. پس می‌توان هزینه کاهش زمان تحویل را پوشاند.

علاوه‌براین در مقاله [۶] برای تعیین تولید بهینه و سیاست حمل و نقل برای یک مسئله فروشنده - خریدار یکپارچه توسعه یافته است. فرض شده زمان تحویل احتمالی و کمبود مجاز است. هدف کمینه کردن هزینه کل مورد انتظار فروشنده و خریدار است. تقسیم سود به‌عنوان ابزاری جهت جلب نظر کردن خریدار برای شرکت و همکاری در سیستم استفاده می‌شود.

در مقاله بعدی[۷] که یک مدل یکپارچه تک فروشنده - تک خریدار را با تقاضای احتمالی و زمان تحویل وابسته به حجم کالا بررسی کرده و روش‌های جایگزینی برای کاهش زمان تحویل و تأثیر آن بر موجودی اطمینان و هزینه کلی مورد انتظار سیستم ارائه می‌دهد و مشخص می‌کند کاهش زمان تحویل در موارد عدم اطمینان سود ویژه‌ای دارد.

هماهنگ‌سازی نقطه سفارش‌دهی مجدد و مقدار سفارش می‌تواند سود زنجیره تأمین را همانند سطح سرویس‌دهی به مشتری بهبود دهد. در مقاله بعدی[۸] که هماهنگ‌سازی تصمیم‌گیری‌ها در زنجیره تأمین غیرمتمرکز با یک خریدار و فروشنده و زمان تحویل قابل کنترل بررسی شده که دو مدل موجودی زنجیره تأمین را در نظر گرفته است. در مدل اول فرض شده که فروشنده اطلاعات کاملی درباره ساختار هزینه خریدار دارد و در مدل دوم به‌گونه‌ای فرض شده که فرآیندهای اطلاعاتی خریدار خصوصی است.

در این مقاله نشان داده شده که استفاده از اضافه کردن هزینه هنگفت می‌تواند زمان تحویل را کاهش دهد و اینکه وادار کردن خریدار به گزارش اطلاعات صحیح هزینه‌ای، خود می‌تواند در کاهش هزینه زنجیره تأمین مؤثر باشد.

در مقاله بعدی[۹] نیز یک مکانیزم هماهنگ‌سازی براساس دوره پرداخت اعتباری در یک زنجیره تأمین دوسطحی با یک خریدار و یک تأمین‌کننده طراحی‌شده که خریدار با تقاضای احتمالی با توزیع نرمال مواجه بوده و زمان تحویل و هزینه سفارش‌دهی قابل کنترل می‌باشد. در این مدل با استفاده از اضافه کردن هزینه هنگفت زمان تحویل را می‌توان کنترل کرد.

در مقاله بعدی[۱۰] مسئله هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین غیرمتمرکز با یک فروشنده و یک خریدار بررسی‌شده که فروشنده یک محصول را به خریدار پیشنهاد می‌کند و زمان تحویل می‌تواند قابل کنترل باشد. فرض شده که خریدار و فروشنده دارای تمام اطلاعات یکدیگرند. دو مدل موجودی یکی تحت مدل غیرمتمرکز و دیگری تحت مدل متمرکز در نظر گرفته شده است. علاوه‌براین یک مدل براساس سطح رضایت گسترش می‌یابد. کاهش منطقی زمان تحویل می‌تواند هزینه موجودی را کاهش دهد.

در مقاله بعدی هم[۱۱] یک مدل هماهنگ‌سازی براساس تخفیف برای هماهنگ‌سازی همزمان مقدار سفارش و نقطه سفارش‌دهی مجدد در یک زنجیره تأمین دو سطحی معرفی گردیده‌است. در این مقاله مقدار سفارش و نقطه سفارش‌دهی مجدد به‌صورت همزمان هماهنگ‌سازی شده و از طرح انگیزشی تخفیف برای شرکت اعضاء در زنجیره تأمین استفاده کرده است. هماهنگ‌سازی نقطه سفارش‌دهی مجدد و مقدار سفارش می‌تواند سود زنجیره تأمین را همانند سطح سرویس‌دهی به مشتری بهبود دهد.

۳- مفروضات

در این مقاله فرض‌شده که زمان تحویل احتمالی است و خریدار نیز از روش کنترل پیوسته موجودی برای بازپرسازی موجودی خود استفاده می‌کند. در این مقاله کمبود به‌صورت فروش از دست‌رفته در نظر گرفته شده است. در ضمن زمان تحویل برای بازپرسازی فروشنده صفر در نظر گرفته شده است.

۴- نمادسازی

نمادهایی که در این مقاله استفاده شده‌اند:

D	نرخ تقاضا در سال
Q	مقدار سفارش خریدار
P	قیمت واحد خریدار
W	قیمت واحد فروشنده
m	قیمت مواد خام هر واحد از محصول
h_b	قیمت انبارش موجودی خریدار برای هر واحد از محصول در سال
T_b	قیمت سفارش‌دهی خریدار برای هربار سفارش
h_s	قیمت انبارش موجودی فروشنده برای هر واحد از محصول در سال
T_s	قیمت سفارش‌دهی فروشنده برای هر بار سفارش
B_b	قیمت هر واحد کمبود
n	ضریب بازپرسازی فروشنده
r	نقطه سفارش‌دهی مجدد خریدار
λ	میانگین زمان تحویل
Σ	انحراف معیار از زمان تحویل

۵- مدل‌سازی زنجیره تأمین (زمان تحویل نامعین)

در این پژوهش یک زنجیره تأمین دو سطحی شامل یک فروشنده و یک خریدار مورد بررسی قرار گرفته است. در این حالت خریدار از سیستم کنترل موجودی پیوسته استفاده کرده و زمان تحویل احتمالی است و مقدار تقاضا به صورت معین و قطعی در نظر گرفته می‌شود. زمان حمل و نقل از توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخصی پیروی می‌کند و خریدار مقدار Q واحد براساس محاسبات خود برای بازپرسازی سفارش می‌دهد. فروشنده نیز از سیستم بازپرسازی lot for lot با ضریب بازپرسازی n تبعیت می‌کند و فروشنده مقدار n.Q واحد برای بازپرسازی خود سفارش می‌دهد.

۶- تصمیم‌گیری براساس حالت غیرمتمرکز

در حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز خریدار به‌صورت مجزا میزان سفارش اقتصادی خود را که هزینه بهینه برای او دارد را انتخاب می‌کند. در این حالت هر عضو از زنجیره تأمین تلاش می‌کند تا هزینه خود را به حداقل برساند. در این پژوهش متغیرهای تصمیم‌گیری سطح سرویس که در مسئولیت‌های خریدار بوده و مقدار سفارش و نقطه سفارش مجدد می‌باشد. البته مقدار سطح سرویس تأثیر به‌سزایی در مقدار سودآوری فروشنده به دلیل تأثیر آن بر حجم فروش دارد. به‌طورکلی در این حالت خریدار به‌عنوان رهبر زنجیره تأمین تصمیم‌گیری می‌کند و فروشنده نیز واکنش نشان می‌دهد. تابع سود خریدار به ترتیب زیر خواهد بود:

$$\pi_b(k) = (p-w)D - Tb\frac{D}{Q} - h_b\left[\frac{Q}{2} + kD\Sigma + s(k)\right] - (B_b + p - w)s(k)\frac{D}{Q} \quad (1)$$

جمله اول به معنی درآمد خریدار از سود فروش محصول

است. جمله دوم نیز به‌عنوان هزینه سفارش‌دهی مد نظر قرار گرفته و در جمله سوم نیز هزینه نگهداری محاسبه می‌شود. جمله آخر نیز هزینه کمبود را به‌دست می‌آورد. با بهینه‌سازی تابع سود با توجه به k و Q که مقدار بهینه معیار سفارش k^* و مقدار سفارش اقتصادی بهینه Q^* نقطه سفارش‌دهی مجدد محاسبه می‌شود.

$$r^* = D(\lambda + k^*\Sigma) \quad (۳)$$

و $F(k^*)$ که احتمالی است از توزیع نرمال استاندارد به‌دست آمده و این معیار به سادگی با استفاده از جدول توزیع نرمال استاندارد به‌دست می‌آید و سطح سرویس بهینه (SL^*) برابر است با: $1- F(k^*)$

$$\bar{F}(k^*) = \frac{h_b Q^*}{(B_b + p - w)D + h_b Q^*} \quad (۴)$$

مقدار کمبود مورد انتظار نیز از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$s(k) = \Sigma D \int_k^{\infty} (x-k)\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}.dx \quad (۵)$$

سود فروشنده به میزان حجم فروش بستگی دارد. انتخاب یک سطح سرویس و مقدار سفارش پایین می‌تواند سود فروشنده را کاهش دهد. تابع سود فروشنده نیز به قرار زیر است:

$$\pi_s = (w-m)D\left(1 - {s(k^*)}/{Q^*}\right) - T_S\left(\frac{D\left(1-{s(k^*)}/{Q^*}\right)}{nQ^*}\right) - h_s\frac{(n-1)Q^*}{2} \quad (۶)$$

جمله اول این تابع نیز نشان‌دهنده میزان درآمد فروشنده از مجموع سفارشات یکنواخت خریدار است که در این جمله تقاضا از مقدار کمبود مورد انتظار کسر می‌شود و مقدار حجم فروش را نشان می‌دهد. جمله دوم نیز نشان‌دهنده هزینه سفارش‌دهی و جمله آخر نیز هزینه نگهداری را محاسبه می‌کند.

مقدار سفارش‌دهی برای فروشنده نیز از رابطه (۷) به‌دست می‌آید:

$$Q_s^* = nQ_b^* \quad (۷)$$

برای به‌دست آوردن ضریب بازپرسازی باید از رابطه (۸) استفاده کرد اما این نکته را باید مد نظر قرار داد که ضریب بازپرسازی باید عددی صحیح باشد، اما در رابطه به‌دست آمده ممکن است اعداد اعشاری هم حاصل شود، به همین دلیل باید از رابطه (۹) هم برای به‌دست آوردن ضریب بازپرسازی استفاده کرد. به این ترتیب، آن ضریب بازپرسازی مناسب است که در تابع سود فروشنده بهینه‌تر باشد.

$$Q_b^* = \sqrt{\frac{2D\left(T_b + (B_b + p - w)s(k^*)\right)}{h_b}} \quad (۲)$$

$$n^*_{Decimal} = \sqrt{\frac{2D\left(1 - {s(k^*)}/{Q^*}\right)}{h_b (Q_b^*)^2}} \quad (۸)$$

$$n^* = \lfloor n^*_{Decimal} \rfloor or \lfloor n^*_{Decimal} + 1 \rfloor \quad (۹)$$

الگوریتم به دست آوردن مقدار سفارش اقتصادی بهینه و Q^* و k^* در حالت غیر متمرکز به‌صورت زیر است:

گام اول: مقدار $S(k)$ را برابر ۰ قرار دهید

گام دوم: Q را با استفاده از فرمول به‌دست آمده محاسبه کنید

گام سوم: $S(k)$ را محاسبه کنید

گام چهارم: با $S(k)$ جدید به گام دوم بروید و آن‌قدر ادامه دهید تا تفاوت $S(k)$ مرحله قبل با این مرحله ناچیز باشد.

گام پنجم: مقدار نهایی Q^* و $S(k^*)$ بدست آمده و با استفاده فرمول $F(k^*)$ مقدار k^* را محاسبه کنید

برای به‌دست آوردن مقدار ضریب بازپرسازی همانند فرمول به‌دست آمده Q^* که با مشتق‌گیری از تابع سود خریدار و برابر صفر قرار دادن آن به‌دست آمده برای n^* هم با مشتق‌گیری از تابع سود فروشنده و برابر صفر قرار دادن آن می‌توان به فرمول بالا رسید. البته باید توجه داشت که ضریب بازپرسازی بهینه باید عددی صحیح باشد که برای این‌منظور اگر عددی غیرصحیح از فرمول به‌دست آمد باید هم قدر مطلق آن عدد غیرصحیح و هم قدر مطلق به‌علاوه یک آن را مورد بررسی قرار داد. در این بررسی آن ضریب بازپرسازی انتخاب می‌شود که تابع سود فروشنده را بیشینه کند.

۷- تصمیم گیری براساس حالت متمرکز

در تصمیم‌گیری در حالت متمرکز یک عضو از زنجیره تأمین نیز به‌عنوان رهبر زنجیره تمام تصمیم‌گیری‌ها را انجام می‌دهد و به دنبال این است که سود کل زنجیره تأمین را بیشینه کند. تابع سود کل زنجیره تأمین نیز از مجموع تابع سود فروشنده

و خریدار حاصل می‌شود، در نتیجه:

$$\pi_{sc}(k) = \pi_b(k) + \pi_s = (p-m)D - \left(T_b + \frac{T_s}{n}\right)\frac{D}{Q} - \left((n-1)h_{s+}h_b\right)\frac{Q}{2} - h_b[kD\Sigma + s(k)] - \left(B_b + p - m - \frac{T_s}{nQ}\right)s(k)\frac{D}{Q} \quad (۱۰)$$

متغیرهای تصمیم نیز همانند حالت غیرمتمرکز Q^{**} و k^{**} و n^{**} است و برای به‌دست آوردن Q بهینه باید ابتدا از تابع سود زنجیره نسبت به آن مشق گرفته و آن را برابر ۰ قرار داد تا مقدار بهینه آن به‌دست آید، ولی پس از مشتق‌گیری همان‌طور که در رابطه (۱۱) مشاهده می‌کنید یک معادله درجه ۳ داریم، به همین دلیل نمی‌توان به یک فرمول جامع از Q^{**} دست یافت:

$$\frac{\partial\pi_{sc}(k)}{\partial Q} = \left(T_b + \frac{T_s}{n}\right)DQ - {}^1\!/_2\left((n-1)h_s + h_b\right)Q^3 + (B_b + p - m)s(k)DQ - \frac{2T_s s(k)D}{n}Q = 0 \quad (۱۱)$$

نقطه سفارش‌دهی مجدد نیز از رابطه (۱۲) به‌دست می‌آید:

$$r^{**} = D(\lambda + k^{**}\Sigma) \quad (۱۲)$$

و برای به‌دست آوردن مقدار k^{**} باید از رابطه شماره (۱۳) استفاده کرد:

$$\bar{F}(k^{**}) = \frac{h_b Q^{**}}{\left(B_b + p - \left({}^{T_s}\!/_{nQ^{**}}\right) - m\right)D + h_b Q^{**}} \quad (۱۳)$$

با توجه به اینکه این معادله درجه ۳ است، لذا دارای جواب‌های حقیقی و جواب‌های مختلط است که در این میان باید از بین ۳ جواب به‌دست آمده اعداد منفی و مختلط را کنار گذاشت و از بین اعداد باقی‌مانده آن عددی که تابع سود زنجیره را بیشینه می‌کند را به‌عنوان مقدار سفارش اقتصادی انتخاب کرد. برای به‌دست آوردن ضریب بازپرسازی باید با مشتق‌گیری از تابع سود زنجیره به فرمول جامعی از ضریب بازپرسازی دسترسی داشت، اما چون تابع نسبت به همه مقادیر محدب است می‌توان از طریق دیگری برای دستیابی به مقدار بهینه ضریب بازپرسازی اقدام کرد. البته این محاسبه دارای الگوریتمی است که باید رعایت شود. این الگوریتم به‌صورت زیر می‌باشد:

گام اول: مقدار S(k) را برابر ۰ و n را برابر ۱ قرار دهید.

گام دوم: Q را با استفاده از رابطه (۱۱) به‌دست آورید به این صورت که از میان جواب‌های به‌دست آمده فقط مقادیر حقیقی مثبت مورد بررسی قرار بگیرند و آن مقداری که تابع سود را بیشینه می‌کند را به عنوان مقدار Q بهینه در نظر بگیرید.

گام سوم: S(k) را با استفاده از رابطه (۵) و مقدار Q به‌دست آمده از گام دوم محاسبه کنید.

گام چهارم: با S(k) جدید به گام دوم بروید و آن‌قدر ادامه دهید تا تفاوت S(k) مرحله قبل با مرحله بعد ناچیز باشد.

گام پنجم: مقدار نهایی Q^{**} و $S(k^{**})$ به‌دست آمده و با استفاده از رابطه (۱۳) مقدار k^{**} را محاسبه کنید.

گام ششم: به n یک مقدار اضافه کنید.

گام هفتم: به گام دوم بروید و این کار را تا جایی ادامه دهید تا مقدار سود زنجیره تأمین در مرحله جدید از مقدار آن در مرحله قبلی کمتر شود.

گام هشتم: Q, k, n مرحله قبل را به عنوان n^{**}, k^{**}, Q^{**} در نظر بگیرید.

۸- مثال عددی

برای مشخص شدن عملکرد مدل ارائه شده باید مثال‌های عددی را بررسی کرد که در جدول شماره (۱) داده‌های مسائل نشان داده می‌شود:

جدول (۱): داده‌های مثال عددی

	مسئله ۱	مسئله ۲	مسئله ۳
D	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰
P	۲۰	۱۵	۲۳
w	۱۷	۱۳	۱۴
m	۱۲	۷	۱۰
h_b	۱۰	۶	۴
h_s	۵	۳	۲
T_b	۲۰۰	۱۶۰	۸۰
T_s	۱۰۰	۲۲۰	۵۰
B_b	۱	۰.۵	۲
Σ	۵	۱۰	۲۵
λ	۳۰	۲۰	۶۰

در جداول (۲و۳) نتایج به‌دست آمده را مشاهده می‌کنید.

جدول (۲): نتایج تصمیم‌گیری براساس حالت غیرمتمرکز

	مسئله ۱	مسئله ۲	مسئله ۳
SL^{**}	۸۸.۶۸%	۸۲.۸۵%	۹۶.۶۸%
r^{**}	۱۹۷۵	۸۰۷	۲۹۰۱
Q^{**}	۱۰۲۰	۸۶۱	۹۴۳
n^{**}	۱	۱	۱
$S(k^{**})$	۱۵.۰۵	۲۵.۱۴	۸.۹۲
π_b	۴۶۳۳۱	۱۳۱۱۸	۸۱۱۵۸
π_s	۹۶۵۹۳	۵۵۷۷۱	۳۹۰۹۶
π_{sc}	۱۴۲۹۲۴	۶۸۸۸۹	۱۲۰۲۵۵

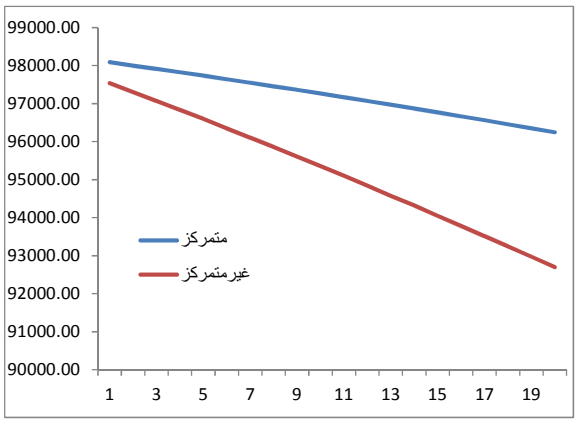
جدول (۳): نتایج تصمیم‌گیری براساس حالت متمرکز

	مسئله ۱	مسئله ۲	مسئله ۳
SL^{**}	۹۳.۶۳%	۹۱.۷۷%	۹۷.۱۳%
r^{**}	۲۰۶۱	۹۲۸	۲۹۴۶
Q^{**}	۱۲۱۱	۱۲۴۳	۱۱۰۰
n^{**}	۱	۱	۱
$S(k^{**})$	۷.۵۷	۱۰.۲۶	۷.۵۳
π_b	۴۵۸۸۵	۱۲۴۳۰	۸۱۰۷۸
π_s	۹۷۷۳۳	۵۷۷۴۹	۳۹۲۷۵
π_{sc}	۱۴۳۶۱۹	۷۰۱۷۹	۱۲۰۳۵۳

از نتایج به‌دست آمده در جداول (۲و۳) مشاهده می‌شود که تغییر رویکرد از تصمیم‌گیری براساس غیرمتمرکز به تصمیم‌گیری براساس حالت متمرکز نه فقط سودآوری کل زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد بلکه باعث افزایش سطح سرویس‌دهی به مشتری می‌شود.

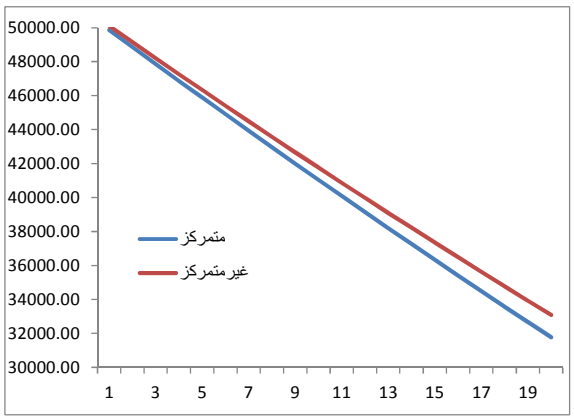
البته باید به این نکته اذعان داشت که تغییر رویکرد از غیرمتمرکز به متمرکز باعث کاهش سودآوری خریدار شده است اما می‌توان با اعمال یک طرح انگیزشی به‌منظور متقاعد کردن خریدار و فروشنده برای شرکت در مدل هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین نیز اقدام کرد.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر مدل پیشنهادی، آنالیز حساسیتی براساس مقدار Σ انجام شده که تغییرات در فروشنده را نشان می‌دهد و در شکل (۱) مشاهده خواهید نمود:



شکل (۱): مقایسه سود فروشنده در حالت متمرکز و غیرمتمرکز به‌ازای مقادیر مختلف Σ

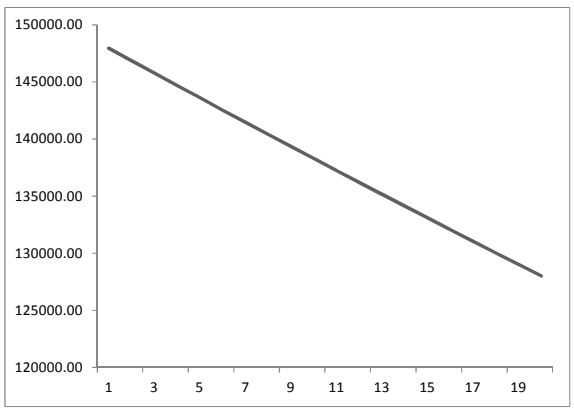
همان‌طورکه در شکل (۱) مشاهده می‌کنید سود فروشنده در حالت متمرکز به‌ازای مقادیر مختلف Σ بیشتر از سود فروشنده در حالت غیرمتمرکز است و هرچه مقدار Σ بیشتر می‌شود این اختلاف افزایش می‌یابد.



شکل (۲): مقایسه سود خریدار در حالت متمرکز و غیرمتمرکز به‌ازای مقادیر مختلف Σ

در شکل (۲) نیز مشاهده می‌کنید که سود خریدار در حالت غیرمتمرکز هرچند اندک اما از سود خریدار در حالت متمرکز بیشتر است و هرچه مقدار Σ بیشتر می‌شود این اختلاف بیشتر می‌گردد.

همان‌طورکه در شکل‌های (۱) و (۲) مشاهده می‌کنید هرچه مقدار Σ بیشتر می‌شود سود خریدار و فروشنده نیز کاهش می‌یابد. این مسئله در نهایت موجب کاهش مقدار سود زنجیره تأمین می‌شود که در شکل (۳) مشاهده خواهید کرد.



شکل (۳): سودآوری زنجیره تأمین در حالت متمرکز به‌ازای مقادیر مختلف Σ

همان‌طورکه مشاهده می‌کنید مقدار زیاد Σ باعث کاهش سودآوری زنجیره تأمین می‌شود و هرچه این مقدار کمتر باشد سودآوری زنجیره و اعضای زنجیره تأمین بیشتر خواهد بود.

۹- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک زنجیره تأمین دو سطحی شامل یک خریدار و یک فروشنده مورد بررسی قرار گرفته که در آن زمان تحویل نامعین و احتمالی فرض شده و مقدار تقاضا نیز معین و قطعی می‌باشد که با توجه به ویژگی‌های مدل، آن را با دو رویکرد تصمیم‌گیری براساس حالت غیرمتمرکز و تصمیم‌گیری براساس حالت متمرکز بررسی شد. نوآوری این مدل نسبت به دیگر پژوهش‌های انجام شده تعیین توأم سیاست سفارش‌دهی خرده‌فروش و سطح خدمت بهینه برای زنجیره تأمین است که منتج به بیشترین سودآوری برای زنجیره تأمین می‌گردد.

نتایج به‌دست آمده از مدل ارائه شده نشان داد که ایجاد رویکرد هماهنگ‌سازی در زنجیره تأمین ممکن است باعث کاهش سودآوری خریدار شود ولی نه فقط سودآوری کل زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد بلکه باعث افزایش سطح سرویس‌دهی به مشتریان می‌گردد. در آینده نیز به‌منظور گسترس این مدل تحقیقات فراوانی می‌توان انجام داد که با ارائه یک طرح انگیزشی طرفین را برای شرکت در رویکرد هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین متقاعد کرد و همین‌طور می‌توان با احتمالی فرض کردن مقدار تقاضا مدل دیگری نیز ارائه کرد.

منابع

[1] Heydari, J., ***"Lead time variation control using reliable shipment equipment: An incentive scheme for supply chain coordination"***, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,63, 44-58, 2014.

[2] S. Kamal Chaharsooghi, Jafar Heydari., ***"Supply chain coordination for the joint determination of order quantity and reorder point using credit option"***, European Journal of Operational Research,204, 86–95, 2010.

[3] Jafar Heydari., ***"Coordinating Supplier's reorder point: a coordination mechanism for supply chains with long supplier lead time"***, Computers & Operations Research, 2014.

[4] Yina Li, Xuejun Xu, Fei Ye., ***" Supply chain coordination model with controllable lead time and service level constraint"***, Computers & Industrial Engineering,61, 858–864, 2011.

[5] Jack C. Hayya , Terry P. Harrison , X. James He., ***" The impact of stochastic lead time reduction on inventory cost under order crossover"***, European Journal of Operational Research,211, 274–281, 2011.

[6] Mohsen S. Sajadieh, Mohammad R. Akbari Jokar, Mohammad Modarres., ***" Developing a coordinated vendor–buyer model in two-stage supply chains with stochastic lead-times"***, Computers & Operations Research,30, 2484 – 2489, 2009.

[7] Christoph H. Glock., ***" Lead time reduction strategies in a single-vendor–single-buyer integrated inventory model with lot size-dependent lead times and stochastic demand"***, Int. J. Production Economics,136, 37–44, 2012.

[8] Yina Li , Xuejun Xu , Xiande Zhao, Jeff Hoi Yan Yeung , Fei Ye., ***" Supply chain coordination with controllable lead time and asymmetric information"***, European Journal of Operational Research,217, 108–119, 2012.

[9] Ali Arkan, Seyed Reza Hejazi., ***" Coordinating orders in a two echelon supply chain with controllable lead time and ordering cost using the credit period"***, Computers & Industrial Engineering,62, 56–69, 2012.

[10] Fei Ye , Xuejun Xu., ***" Cost allocation model for optimizing supply chain inventory with controllable lead time"***, Computers & Industrial Engineering,59, 93–99, 2010.

[11] S. Kamal Chaharsooghi, Jafar Heydari , Isa Nakhai Kamalabadi., ***" Simultaneous coordination of order quantity and reorder point in a two-stage supply chain"***, Computers & Operations Research,38, 1667–1677, 2011.