بهینه سازی تصمیمات قیمت گذاری و سفارش‌دهی یک زنجیره تامین دوسطحی تحت سیاست قرارداد تخفیف مقداری

عطا الله طالعی زاده[۱،*] و نغمه ربیعی[۲]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۰
پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸

واژگان کلیدی:
قیمت گذاری،
میزان سفارش،
قرارداد،
زنجیره تأمین.

چکیده

امروزه به دلیل رقابت شدید بین سازمان‌ها و شرکت‌ها، سود حاصل از فروش محصولات به یک موضوع چالش برانگیز برای آنها تبدیل شده است. بنابراین در این تحقیق قصد داریم تا به بررسی این موضوع بپردازیم و با طراحی قرارداد تخفیف مقداری تابع سود سازمان‌ها را مورد مطالعه قرار دهیم. در این مقاله یک زنجیره تأمین دوسطحی تک‌محصولی را که شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است، در نظر می‌گیریم. تقاضا نیز تابعی وابسته به قیمت و کیفیت محصول در نظر گرفته شده است. در این تحقیق، به ذکر دو سیاست می‌پردازیم که در حالت اول، مدل را به صورت غیرمتمرکز در نظر گرفته و روابط ریاضی مربوط به آن را توضیح می‌دهیم. در حالت دوم، مدل را با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری توسعه داده و در این قسمت نیز روابط ریاضی مربوط را به تفصیل شرح می‌دهیم. قصد داریم تا با ارائه‌ی این قرارداد به سازمان‌ها و شرکت‌ها، در افزایش عواید و درآمدهایشان یاری کنیم. در پایان برای روشن‌تر بیان کردن موضوع، یک مثال عددی آورده شده و سپس تحلیل حساسیت صورت گرفته است. پس از اتمام محاسبات صورت گرفته، نتایج را مورد بحث قرار می‌دهیم و همچنین نشان می‌دهیم که سود زنجیره تأمین تحت درنظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری، بیشتر از حالت غیرمتمرکز است که این موضوع می‌تواند برای مدیران سازمان‌ها جذاب و کاربردی باشد.

۱- مقدمه و مرور ادبیات

با توجه به اهمیت موضوع سوددهی در انواع کسب‌وکارها، مدیران سازمان‌ها به دنبال سیاست‌ها و استراتژی‌های گوناگونی برای بهبود عملکرد و بیشینه کردن سود زنجیره تأمین خود هستند. در این میان وجود رقابت شدید میان سازمان‌ها و شرکت‌ها موجب شده تا محققین روش‌های زیادی را جهت دستیابی به این هدف ایجاد کنند. بنابراین این مقاله برای دست‌یابی به این هدف، به طراحی قرارداد تخفیف مقداری پرداخته که همواره یکی از کاربردی‌ترین سیاست‌های انگیزشی جهت افزایش هماهنگی در زنجیره تأمین است.

در یک زنجیره تأمین دو سطحی که از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش تشکیل شده ، هدف نهایی بیشینه کردن سود است و آنها به دنبال راهی برای افزایش عایدی خود هستند . ازاین‌رو، استفاده از قراردادهای انگیزشی مانند قرارداد تخفیف مقداری، می‌تواند به مدیران در کسب این هدف کمک کند. قرارداد تخفیف مقداری که قرارداد به کار رفته در این مقاله است، بین تولیدکننده و خرده‌فروش منعقد می‌شود. هرچه قدر خرده‌فروش به میزان بیشتری خرید نماید، از تخفیف بیشتری از طرف تولیدکننده،

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Taleizadeh@ut.ac.ir
۱. دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشکده فنی، دانشگاه تهران
۲. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

برخوردار می‌شود. درواقع این قرارداد به میزان خرید مشتری بستگی دارد. همچنین این قرارداد موجب کاهش هزینه‌های عملیاتی، راه اندازی و انبارداری می‌شود. با توجه مقداری، به حداقل میزان هزینه‌های کل دست یافت.
لین و لین [۲] سیستم موجودی ادغامی را که شامل قرارداد تخفیف مقداری است، برای قیمت‌های بهینه و استراتژی-های سفارش پیشنهاد کردند، که در آن خریدار مقداری را سفارش می‌دهد و فروشنده برای کاهش هزینه‌های راه اندازی، به مقدار بیشتری از سفارش خریدار را تولید می‌کند و به خریدار قرارداد تخفیف مقداری را پیشنهاد می‌کند.
اگییر و همکاران [۳] یک زنجیره تأمین دو سطحی با یک تولیدکننده و چندین خرده‌فروش مستقل را مورد بررسی قرار دادند و در مدل خود از قرارداد تخفیف مقداری استفاده کردند. هوانگ و همکاران [۴] یادآور شدند که اهمیت مطالعه‌ی هماهنگی زنجیره تأمین با هدف بیشینه کردن سود، تشدید می‌شود که آنها هماهنگی موجود در زنجیره را توسط قرارداد تخفیف مقداری به وجود آمده آوردند.
چانگ و همکاران [۵] یک زنجیره تأمین سه سطحی، که شامل یک تأمین کننده، یک فروشنده و چندین خرده-فروش بود را معرفی کردند و با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری سعی در کاهش همه‌ی هزینه‌ها، اعم از هزینه‌ی نگهداری، هزینه‌های خرید و هزینه‌های سفارش داشتند. الفارس و قیطان [۶] مدلی را برای کنترل موجودی پیشنهاد کردند که در آن نرخ تقاضا و هزینه‌های نگهداری ثابت فرض شده و همچنین هزینه‌های واحد خرید با توجه به مقدار سفارش، ثابت درنظر گرفته شده است. آنها در مقاله مورد نظر ذکر کردند که با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری، فروشنده برای مقدار سفارشات با حجم بالا، هزینه‌های تولید کمتری متحمل می‌شود. پاراتا-ساراتی و همکاران [۷] برای هماهنگی زنجیره تأمین مدلی را با ترکیب دو قرارداد تخفیف مقداری و تسهیم درآمد، توسعه داده، که برای اعضای زنجیره تأمین سودآور بوده‌است. کمالی و همکاران [۸] مدلی را پیشنهاد کرد که در آن، فروشندگان باید خریداران را تشویق کنند تا سیاست‌های خود را به سیاست-هایی که برای کل سیستم بهینه است، تغییر دهند که برای این کار از از قرارداد تخفیف مقداری استفاده شده است.
لین [۹] موقعیتی را که سیستم ممکن است با کمبود رو-به‌رو شود، توسعه داده و در آن از تخفیف مقداری استفاده کرده‌است. کلزلاری و دنیکولو [۱۰] تأثیر تخفیف مقداری به اهمیت این موضوع، در سال‌های گذشته، محققین بر روی این موضوع متمرکز شده‌اند. بعنوان مثال، چیر [۱] برای یافتن سیاست‌های بهینه، با استفاده از قرارداد تخفیف در یک شرکت انحصاری همراه با دو تأمین کننده را بررسی کردند. جکسون و مانسون [۱۱] بیان کردند که سازمان‌ها با محصولات چندگانه، برای رقابت با فضای انبارداری و هماهنگ کردن خود با شرایط، نیاز دارند تا میزان سفارش بهینه‌ی فردی خود را کاهش دهند. آنها برای در نظر گرفتن سطح بهینه ظرفیت انبار، قرارداد تخفیف مقداری را پیشنهاد کردند. چبی و اتای [۱۲] یادآور شدند که انتخاب تأمین کننده یکی از تصمیمات اساسی در رقابت‌های سازمانی است. آنها یک دیدگاه فازی دو مرحله ای را بیان کردند که در قسمت دوم، مقدار سفارش تخصیص داده‌شده به تأمین کنندگان موردنظر را مشخص کردند. آنها این مسئله‌ی چند محصولی را با استفاده از تخفیف مقداری، فرموله کردند. مهدوی-مزده و همکاران [۱۳] در مطالعات خود مسئله‌ی مقدار سفارش پویای تک آیتمه را با انتخاب تأمین کننده مورد بررسی قرار دادند. مسئله‌ی مورد نیاز را به دو بخش تقسیم کردند و در قسمت دوم تخفیف مقداری را درنظر گرفتند. بتوهان-ایحان و سلکوک-کلیک [۱۴] مسئله‌ی چند محصولی با چندین تأمین کننده را مورد مطالعه قرار داده و در مدل خود تخفیف مقداری را بررسی کردند. زیسیس و همکاران [۱۵] زنجیره تأمین دو سطحی، شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش با اطلاعات خصوصی را مورد مطالعه قرار دادند و در آن برای کاهش هزینه‌ها، تولیدکننده به خرده‌فروش قرارداد تخفیف مقداری را پیشنهاد کرد. تمجیدزاد و میرمحمدی [۱۶] مقاله ای در ارتباط با سیستم موجودی تک محصولی، با محدودیت منابع و درنظر گرفتن تخفیف مقداری، که در آن، تقاضا تصادفی و متفاوت بود را تألیف کردند. لی و همکاران [۱۷] مدل برنامه ریزی عددصحیح مختلط برای حل مسئله‌ی مقدار سفارش که شامل چندین تأمین کننده با چندین دوره‌ی زمانی و تخفیف بود را ایجاد کردند. مینا و سارماه [۱۸] مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای تخصیص سفارش، نسبت به ظرفیت‌های مختلف و احتمال شکست و تخفیف‌های مقداری، برای هر تأمین کننده توسعه دادند. حیدری و نوروزی‌نسب [۱۹] یک مدل تخفیف را برای هماهنگی تصمیمات قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی در یک زنجیره تأمین دوسطحی پیشنهاد

کردند. همچنین حیدری و نوروزی‌نسب [۲۰] یک سیاست انگیزشی را برای هماهنگی استراتژی‌های قیمت‌گذاری، سفارش‌دهی و زمان تحویل پیشنهاد کردند. طالعی‌زاده و همکاران[۲۱] مدل تولید اقتصادی و موجودی را در یک زنجیره تأمین سه‌سطحی تک محصولی شامل یک توزیع-کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش، تحت سه سناریوی مختلف در نظرگرفتند که در آن به مطالعه‌ی تصمیمات قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی با محصولات معیوب و بازرسی تحت بازخرید محصولات معیوب پرداختند. فرخی و راستی برزکی [۲۲] یک زنجیره تأمین دو سطحی که شامل دو تولیدکننده و دو خرده‌فروش بود را درنظر گرفتند که در آن برای خرده‌فروشی که محصول موردنظرش به صورت انحصاری تهیه شده، تخفیف در نظر گرفته شده - است و تولیدکننده سعی در تصاحب بازار دارد. سایر تحقیقات در این حوزه می‌توان به تحقیقات طالعی زاده و چراغی [۲۴و ۲۳] و چهارسوقی و طاهری [۲۵] اشاره کرد. گرچه تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است، اما هیچ یک به مطالعه‌ی تأثیر قرارداد تخفیف مقداری بر روی عملکرد زنجیره تأمین دوسطحی نپرداخته‌اند. ما در این مقاله قصد داریم اثربخشی قرارداد تخفیف مقداری بر روی تابع سود زنجیره تأمین را نشان دهیم. در واقع منظور از اثربخشی این قرارداد این است که، نشان دهیم این قرارداد چگونه موجب افزایش تابع سود زنجیره می‌شود. پس از بررسی مدل در حالت غیرمتمرکز، طراحی قرارداد تخفیف مقداری را مورد بحث قرار می‌دهیم. مقدار تخفیف مورد نظر بر روی درآمد تولیدکننده مؤثر است. در واقع بر روی دو متغیر تصمیم قیمت عمده فروش و تقاضا اثر می‌گذارد. با استفاده از روابط ریاضی بیان می‌کنیم که چگونه این قرارداد باعث افزایش سود زنجیره تأمین می‌شود. همچنین خواهیم دید که مقدار تابع سود تولیدکننده گرچه افزایش می‌یابد، اما همچنان از مقدار تابع سود خرده‌فروش کمتر است. چرا که قصد دارد مقدار سفارش بیشتری را از خرده‌فروش دریافت کند. در جدول (۱) تفاوت مقالات مذکور با مدل فعلی مشخص شده‌است.

۲- تعریف مسئله

در یک زنجیره تأمین با دو عضو تولیدکننده و خرده‌فروش، هدف نهایی حداکثرکردن سود است. در این مقاله ما به دنبال آن هستیم که با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری بتوانیم به مدیران در رسیدن به این هدف کمک کنیم. بنابراین تابع سود زنجیره تأمین را که شامل یک خرده-فروش و یک تولیدکننده است، در دو حالت مختلف (بدون در نظر گرفتن تخفیف مقداری و درنظر گرفتن تخیف مقداری) مورد بررسی قرار داده و به مقایسه‌ی نتایج حاصل از آنها می‌پردازیم. در سناریوی اول، مسئله را بدون درنظر گرفتن قرارداد مورد مطالعه قرار می‌دهیم و در سناریوی دوم به معرفی قرارداد تخفیف مقداری می‌پردازیم. برای بررسی قرارداد ذکر شده، مقادیر بهینه‌ی مقدار سفارش و قیمت را در دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز محاسبه کرده و حدود لازم را به دست می‌آوریم. در قرارداد تخفیف مقداری، با توجه به میزان خرید خرده‌فروش از تولیدکننده، برای خرده‌فروش میزان مشخصی تخفیف در نظر می‌گیریم. ساختار غیرمتمرکز و متمرکز، دو روش تصمیم گیری برای زنجیره تأمین هستند. ساختار غیرمتمرکز، فرآیندی است که در آن هر یک از اجزای زنجیره به طور جداگانه فعالیت کرده و هر یک به تنهایی در صدد بیشینه کردن سود و حداقل کردن هزینه‌ی خود هستند. به طوری که مقدار بهینه‌ی سفارش و قیمت را بدون اطلاع از تصمیمات سایر اعضا در نظر می‌گیرند. ولی در ساختار متمرکز، یک عضو به عنوان تصمیم‌گیرنده‌ی واحد و مالک کل در نظر گرفته می-شود که این عضو پرقدرت مجموعه، میزان سود یا هزینه‌ی بهینه‌ی زنجیره‌ی تأمین را تعیین می‌کند. مقدار سفارش و قیمت، جزء متغیرهای اصلی مسئله در نظر گرفته شده‌اند. متغیرهای تصمیم به کاربرده شده در این مقاله به صورت زیر هستند:

q^{DC}: مقدار بهینه‌ی سفارش در حالت غیرمتمرکز

q^{C}: مقدار بهینه‌ی سفارش در حالت متمرکز

s^{DC}: مقدار قیمت بهینه در حالت غیرمتمرکز

s^{C}: مقدار قیمت بهینه در حالت متمرکز

علائم مورد استفاده در این مقاله به صورت زیر است:

b: کشش قیمتی کالا

s: قیمت فروش هر واحد کالا در واحد زمان

λ: نرخ تقاضای بازار در واحد زمان

Z: قیمت عمده فروشی هر واحد کالا

A_r: هزینه‌ی سفارش‌دهی خرده‌فروش در هر بار سفارش

q: مقدار سفارش‌دهی خرده‌فروش

h_r: هزینه‌ی انبارداری خرده‌فروش به ازای هر واحد کالا

A_M: هزینه‌ی سفارش‌دهی تولیدکننده در هر بار سفارش

C_K: هزینه‌ی مربوط به افزایش درجه‌ی کیفیت کالا

K: درجه‌ی کیفیت کالا

a: پتانسیل بازار (تعداد مشتریان بالقوه)

γ: کشش کیفیتی کالا

h_M: هزینه‌ی انبارداری تولیدکننده به ازای هر واحد کالا

d: ضریب تخفیف توافق شده تحت قرارداد

C_P: هزینه تولید به ازای هر واحد کالا در واحد زمان

ψ_r: تابع سود خرده‌فروش در واحد زمان

ψ_M: تابع سود تولیدکننده در واحد زمان

ψ_{SC}: تابع سود زنجیره تأمین در واحد زمان

جدول ۱- بررسی تفاوت مقالات ذکر شده با مدل فعلی

شماره رفرنس	فرآیند تصمیم‌گیری			سیاست تصمیم‌گیری			انواع قرارداد		متغیرهای تصمیم			تابع هدف	
	غیرمتمرکز	متمرکز	هردو	قیمت‌گذاری	کنترل موجودی	سایر	تخفیف مقداری	سایر	قیمت	مقدار سفارش	سایر	سود	هزینه
۲					X		X		X	X	X	X	
۳	X				X		X				X	X	
۴					X		X			X		X	
۵					X		X						X
۶				X	X		X		X				X
۷				X		X	X	X		X			
۸							X						
۱۰							X						
۱۱						X	X				X		
۱۲						X	X	X			X		
۱۳						X	X				X		
۱۴							X	X				X	
۱۵						X	X				X		X
۱۶					X		X			X			X
۱۷					X		X				X		X
۱۸						X	X			X			
۱۹	X			X	X			X	X	X		X	
۲۰				X	X			X	X	X		X	
۲۱				X	X			X	X	X		X	
۲۲				X				X	X				
۲۳				X					X				
مدل فعلی			X	X	X		X		X	X		X	

مفروضات مسئله به شرح زیر هستند:

۱) نرخ تقاضا تابعی از قیمت و کیفیت کالا است.

۲) مدل برای یک زنجیره دوسطحی تک‌محصولی تحت دو سناریو ارائه می‌شود.

۳) زنجیره تأمین شامل یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده است.
۴) در سناریوی دوم تولیدکننده به خرده‌فروش سیاست تخفیف مقداری را پیشنهاد می‌کند.
۵) کمبود مجاز نیست.

۳- مدل ریاضی

در این بخش به معرفی تابع تقاضا، توابع سود زنجیره تأمین، خرده‌فروش و تولیدکننده برای یک زنجیره تأمین دوسطحی، برای دو سناریوی متفاوت می‌پردازیم که در سناریوی اول رفتار اعضای زنجیره تأمین را بدون در نظر گرفتن تخفیف مقداری در نظر می‌گیریم و در سناریوی دوم رفتار اعضا را با در نظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری مورد بررسی قرار می‌دهیم. این زنجیره با تقاضایی وابسته به قیمت و کیفیت محصول روبه‌رو است که تابع تقاضای مشتریان برابر خواهد بود با:

$$\lambda(s,K)=a-bs+\gamma K \tag{۱}$$

در ساختار غیرمتمرکز خرده‌فروش به تنهایی و بدون اطلاع از تصمیمات تولیدکننده، مقادیر بهینه خود را تعیین می-کند.

بنابراین تابع سود خرده‌فروش به‌صورت زیر است:

$$\psi_r(s,q)= s\lambda(s,K)-Z\lambda(s,K)-A_r(\frac{\lambda(s,K)}{q})-h_r\frac{q}{2} \tag{۲}$$

که در آن، $s\lambda(s,K)$ مقدار درآمد (فروش) سالیانه خرده-فروش است. $Z\lambda(s,K)$ هزینه‌ی خرید سالیانه از عمده فروش است. $A_r\frac{\lambda(s,K)}{q}$ هزینه‌ی سفارش‌دهی سالیانه رانشان می‌دهد و $h_r\frac{q}{2}$ هزینه‌ی انبارداری سالیانه است. تابع سود خرده‌فروش، تابعی مقعر است که در پیوست (الف) توضیح داده شده است و تابع سود تولیدکننده به صورت زیر است:

$$\psi_M(s,q)=Z\lambda(s,K)-A_M(\frac{\lambda(s,K)}{q}) -C_KK-C_P\lambda(s,K)-h_M\frac{q}{2} \tag{۳}$$

که در آن، $Z\lambda(s,K)$ مقدار درآمد (فروش) سالیانه تولیدکننده است و $A_M\frac{\lambda(s,K)}{q}$ هزینه‌ی سفارش‌دهی سالیانه تولیدکننده است. همچنین C_KK هزینه‌ی مربوط به افزایش درجه‌ی کیفیت کالا را نشان می‌دهد. $C_p\lambda(s,K)$ هزینه تولید است و $h_M\frac{q}{2}$ هزینه‌ی انبارداری سالیانه را نشان می‌دهد. تابع سود زنجیره تأمین که از مجموع توابع سود تک‌تک اعضای زنجیره حاصل می‌شود به صورت زیر است:

$$\psi_{SC}=\psi_r+\psi_M= s\lambda(s,K)-(A_r+A_M)\frac{\lambda(s,K)}{q} -(h_r+h_M)\frac{q}{2}-C_KK-C_P\lambda(s,K) \tag{۴}$$

که در آن $s\lambda(s,K)$ مقدار فروش(درآمد) است و $(A_r+A_m)\frac{\lambda(s,K)}{q}$ به عنوان هزینه‌ی سفارش‌دهی سالیانه در نظر گرفته می‌شود و $(h_r+h_M)\frac{q}{2}$ متوسط هزینه‌ی انبارداری را نشان می‌دهد. C_KK نشان دهنده‌ی هزینه‌ی افزایش درجه‌ی کیفیت کالا است. تابع سود زنجیره تأمین، تابعی مقعر است که در پیوست (ب) به آن پرداخته-ایم. برای به دست آوردن مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در حالت غیرمتمرکز از تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت و مقدار سفارش مشتق می‌گیریم. به طوری که داریم:

$$\frac{\partial\psi_r(s,q)}{\partial s}= a-2bs+\gamma k+bZ+\frac{(A_rb)}{q}=0 \tag{۵}$$

$$\frac{\partial\psi_r(s,q)}{\partial q}=\frac{A_r(a-bs+\gamma k)}{q^2}-\frac{h_r}{2}=0 \tag{۶}$$

ریشه مشتق اول تابع سود نسبت به قیمت و مقدار سفارش، مقادیر بهینه‌ی قیمت و مقدار سفارش است که مقادیر بهینه‌ی این دو در حالت غیرمتمرکز برابر است با:

$$q^{DC}=\sqrt{\frac{A_r(a+(\gamma K)-(bZ))}{h_r}} \tag{۷}$$

$$s^{DC}=\frac{(a+\gamma K+bZ)}{(2.b)}+\frac{\sqrt{h_rA_r(a+\gamma K-bZ)}}{2(a+\gamma K-bZ)} \tag{۸}$$

تابع سود در حالت غیرمتمرکز، از جمع دو تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش محاسبه می‌شود (با در نظر گرفتن قیمت و سفارش در حالت غیرمتمرکز).

$$\psi^{DC}{}_{SC} = \psi^{DC}{}_{r} + \psi^{DC}{}_{M} = s^{DC}\lambda(s^{DC},K) - (A_r + A_M)\frac{\lambda(s^{DC},K)}{q^{DC}} - (h_r + h_M)\frac{q^{DC}}{2} - C_K K - C_P\lambda(s^{DC},K) \quad (۹)$$

در ساختار متمرکز، اعضای زنجیره در تلاش برای افزایش سود زنجیره هستند و بدین ترتیب مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم را با اطلاع از تصمیمات یکدیگر تعیین می‌کنند. بنابراین برای به دست آوردن مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در حالت متمرکز از تابع سود زنجیره تأمین نسبت به قیمت و مقدار سفارش مشتق می‌گیریم. به طوری که داریم:

$$\frac{\partial\psi_{SC}}{\partial s} = \gamma K + a - 2bs - (\frac{b}{q})(A_r + A_M) + C_P b = 0 \quad (۱۰)$$

$$\frac{\partial\pi\psi_{SC}}{\partial q} = \frac{(A_r + A_M)(a - bs + \gamma K)}{q^2} - \frac{h_r + h_M}{2} = 0 \quad (۱۱)$$

ریشه مشتق اول تابع سود زنجیره تأمین نسبت به قیمت و مقدار سفارش، مقادیر بهینه قیمت و مقدار سفارش است، که مقادیر بهینه‌ی این دو در حالت متمرکز برابراست با:

$$q^c = \sqrt{\frac{A_r + A_M}{h_r + h_M}}\sqrt{\frac{a + \gamma K - bc_p}{h_r + h_M}} \quad (۱۲)$$

$$s^c = \frac{a + (\gamma K) + (bC_p)}{(2b)} + \frac{\sqrt{h_r + h_M}\sqrt{(A_r + A_M)(a + (\gamma K) - (bC_p))}}{2(a + (\gamma K) - (bC_p))} \quad (۱۳)$$

که نحوه‌ی محاسبه‌ی مقدار سفارش و قیمت در حالت غیرمتمرکز و متمرکز، در پیوست (ج) آمده است.

۲-۳- سناریوی دوم: با درنظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری

در این سناریو، به طراحی قرارداد تخفیف مقداری پرداخته‌ایم. در این قرارداد، تولیدکننده در تلاش برای ترغیب خرده‌فروش به خرید بیشتر است. به طوری که وی با پیشنهاد این قرارداد، انتظار دارد خرده‌فروش در حالت غیرمتمرکز به صورت متمرکز تصمیم‌گیری نماید. قرارداد تخفیف مقداری، قراردادی است که در یک زنجیره تأمین دوسطحی بین خرده‌فروش و تولیدکننده برقرار می‌شود که در آن، میزان خرید خرده‌فروش حائز اهمیت است. زیرا هر چه میزان خرید بیشتر باشد، تولیدکننده تخفیف بیشتری را برای خرده‌فروش در نظر می‌گیرد و هزینه خرید خرده-فروش کاهش می‌یابد. همچنین این قرارداد هزینه‌های راه اندازی و انبارداری را کاهش می‌دهد. همان‌طور که در سناریوی قبل گفته شد، تابع سود خرده‌فروش و تولیدکننده به ترتیب به صورت زیر است:

$$\psi_r(s,q) = s\lambda(s,K) - Z\lambda(s,K) - A_r\frac{\lambda(s,K)}{q} - h_r\frac{q}{2} \quad (۱۴)$$

$$\psi_M(s,q) = Z\lambda(s,K) - A_M(\frac{\lambda(s,K)}{q}) - C_K K - C_P\lambda(s,K) - h_M\frac{q}{2} \quad (۱۵)$$

در حد بالای این قرارداد، شرط لازم و کافی از دیدگاه خرده‌فروش برای پذیرش این قرارداد به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\psi_r(q^c, s^c, d) \geq \psi_r(q^{DC}, s^{DC}) \quad (۱۶)$$

شرط فوق بیانگر آن است که مقدار سود خرده‌فروش با در نظر گرفتن این قرارداد بیشتر از سود آن در حالتی است که قرارداد را در نظر نمی‌گیریم. بنابراین تابع سود خرده‌فروش با در نظر گرفتن ضریب تخفیف (d) برابر می‌شود با:

$$\psi_r(q^c, s^c, d) = s^c\lambda(s^c,K) - dZ\lambda(s^c,K) - A_r\frac{\lambda(s^c,K)}{q^c} - h_r\frac{q^c}{2} \quad (۱۷)$$

که همان‌طور که توضیح داده شد، معادله‌ی (۱۷) باید بزرگتر از تابع سود خرده‌فروش در حالتی که قرارداد را در نظر نمی‌گیریم، باشد. یعنی داریم:

$$(s^c - dZ)\lambda(s^c,K) - A_r\frac{\lambda(s^c,K)}{q^c} - h_r\frac{q^c}{2} \geq (s^{DC} - Z)\lambda(s^{DC},K) - A_r\frac{\lambda(s^{DC},K)}{q^{DC}} - h_r\frac{q^{DC}}{2} \quad (۱۸)$$

که با حل نامعادله‌ی بالا برای یافتن مقدار d، به نامعادلات زیر دست یافتیم:

$$dZ\lambda(s^c,K) \leq s^c\lambda(s^c,K) - A_r\frac{\lambda(s^c,K)}{q^c} - h_r\frac{q^c}{2} - s^{DC}\lambda(s^{DC},K) + Z\lambda(s^{DC},K) + A_r\frac{\lambda(s^{DC},K)}{q^{DC}} + h_r\frac{q^{DC}}{2} \quad (۱۹)$$

و در ادامه داریم:

$$d \le \frac{s^c}{Z} - \frac{A_r}{Zq^c} - \frac{h_r q^c}{2Z\lambda(s^c,K)} - \frac{s^{DC}\lambda(s^{DC},K)}{Z\lambda(s^c,K)} + \frac{\lambda(s^{DC},K)}{\lambda(s^c,K)} + \frac{A_r D(s^{DC},K)}{Z\lambda(s^c,K)q^{DC}} + \frac{h_r q^{DC}}{2Z\lambda(s^c,K)} \tag{۲۰}$$

و در پایان، در این قرارداد، پس از انجام محاسبات و جایگذاری مقادیر بهینه‌ی مقدار سفارش و قیمت که در قسمت‌های قبلی محاسبه کردیم، شرط لازم و کافی برای اینکه خرده‌فروش بتواند در این قرارداد مشارکت کند، به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

شرط لازم و کافی برای اینکه خرده‌فروش در این قرارداد مشارکت کند، به صورت زیر است:

$$d \le \frac{2s^c\lambda(s^c,K) - h_r q^c - 2s^{DC}\lambda(s^{DC},K)}{2Z\lambda(s^c,K)} + \frac{+2Z\lambda(s^{DC},K) + h_r q^{DC}}{2Z\lambda(s^c,K)} + \frac{\left[-A_r q^{DC}\lambda(s^c,K)\right] + \left[q^c A_r \lambda(s^{DC},K)\right]}{Zq^c q^{DC}\lambda(s^c,K)} \tag{۲۱}$$

سپس شرط لازم و کافی از دیدگاه تولیدکننده را بررسی می‌کنیم که به صورت زیر است:

$$\psi_M(q^c,s^c,d) \ge \psi_M(q^{DC},s^{DC}) \tag{۲۲}$$

شرط فوق بیانگر آن است که مقدار سود تولیدکننده با پیشنهاد این قرارداد، بیشتر از سود آن بدون در نظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری است که تابع سود تولیدکننده با در نظر گرفتن مقدار تخفیف، به صورت زیر است:

$$\psi_M(q^c,s^c,d) = dZ\lambda(s^c,K) - A_M\frac{\lambda(s^c,K)}{q^c} - C_K K - C_P\lambda(s^c,K) - h_M\frac{q^c}{2} \tag{۲۳}$$

سپس این معادله را بزرگتر از تابع سود تولیدکننده در حالت غیرمتمرکز قرار می‌دهیم. یعنی داریم:

$$\left[dZ - \frac{A_M}{q^c} - C_P\right]\lambda(s^c,K) - C_K K - h_M\frac{q^c}{2} \ge Z\lambda(s^{DC},K) - A_M\frac{\lambda(s^{DC},K)}{q^{DC}} - C_K K - C_P\lambda(s^{DC},K) - h_M\frac{q^{DC}}{2} \tag{۲۴}$$

که با حل نامعادله‌ی بالا برای یافتن (d) ، به معادلات زیر می‌رسیم:

$$dZ\lambda(s^c,K) \ge A_M\frac{\lambda(s^c,K)}{q^c} + C_K K + C_P\lambda(s^c,K) + h_M\frac{q^c}{2} + Z\lambda(s^{DC},K) - A_M\frac{\lambda(s^{DC},K)}{q^{DC}} - C_K K - C_P\lambda(s^{DC},K) - h_M\frac{q^{DC}}{2} \tag{۲۵}$$

و در ادامه داریم:

$$d \ge \frac{A_M}{Zq^c} + \frac{C_P}{Z} + \frac{h_M q^c}{2Z\lambda(s^c,K)} + \frac{\lambda(s^{DC},K)}{\lambda(s^c,K)} - \frac{A_M\lambda(s^{DC},K)}{q^{DC}Z\lambda(s^c,K)} - \frac{C_P\lambda(s^{DC},K)}{W\lambda(s^c,K)} - \frac{h_M q^{DC}}{2Z\lambda(s^c,K)} \tag{۲۶}$$

نهایتاً حد پایین به صورت نامعادله‌ی زیر در می‌آید.

شرط لازم و کافی برای اینکه تولیدکننده در این قرارداد شرکت کند، به صورت زیر است:

$$d \ge \frac{2C_P\lambda(s^c,K) + h_M q^c}{2Z\lambda(s^c,K)} + \frac{2Z\lambda(s^{DC},K) - 2C_P\lambda(s^{DC},K) - h_M q^{DC}}{2Z\lambda(s^c,K)} + \frac{A_M\left[\lambda(s^c,K)q^{DC} - \lambda(s^{DC},K)q^c\right]}{Z\lambda(s^c,K)q^c q^{DC}} \tag{۲۷}$$

در این سناریو، تابع سود زنجیره تأمین به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\psi_{SC}^{quantity}(q^c,s^c,d) = \psi_r^{quantity} + \psi_M^{quantity} = s^c\lambda(s^c,K) - (A_r + A_M)\frac{\lambda(s^c,K)}{q^c} - (h_r + h_M)\frac{q^c}{2} - C_P\lambda(s^c,K) - C_K K \tag{۲۸}$$

۴- مثال عددی و تحلیل حساسیت

در این مقاله یک زنجیره تأمین دوسطحی را که شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش بود، بررسی کردیم و مدل را در دو حالت متفاوت بدون در نظر گرفتن تخفیف مقداری و با در نظر گرفتن آن مورد مطالعه قرار دادیم. پس از بررسی این دو حالت به محاسبات ریاضی مدل پرداختیم و مقادیر بهینه‌ی عددی را محاسبه کردیم که در ادامه به تفصیل مقادیر در نظر گرفته شده در مدل را شرح می‌دهیم.در این مقاله مقدار پتانسیل بازار (a) را ۱۰۰۰۰، هزینه‌ی سفارش‌دهی خرده‌فروش در هر بار سفارش (A_r) و هزینه‌ی سفارش‌دهی تولیدکننده در هر بار سفارش (A_M) را به ترتیب ۲ و۱ در نظر می‌گیریم. مقدار ۵۰ را برای کشش

کیفیتی کالا (γ) و ۰,۶ را برای درجه‌ی کیفیتی کالا (K) در نظر گرفتیم. کشش قیمتی کالا (b) را برابر ۵۵ و قیمت عمده فروشی هر واحد کالا (Z) را برابر ۸۰ واحد پولی در نظر گرفتیم. هزینه‌ی تولید به ازای هر واحد کالا در واحد زمان (C_P) برابر ۳۰ و هزینه‌ی انبارداری خرده‌فروش (h_r) و تولیدکننده (h_M) به ازای هر واحد کالا به ترتیب برابر ۰,۲ و ۰,۱ است. همچنین هزینه‌ی مربوط به افزایش درجه‌ی کیفیت (C_K) ۸ واحد پولی در نظر گرفته شده است.

که مقادیر بهینه‌ی مربوط به قیمت و مقدار سفارش در دو حالت غیرمتمرکز و متمرکز در جدول (۱) ارائه شده است.

- مقدار بهینه‌ی سفارش در حالت غیرمتمرکز برابر ۲۳۷ و در حالت متمرکز برابر ۲۸۹ است.
- مقدار بهینه‌ی قیمت در حالت غیرمتمرکز ۱۳۱,۱۸ و در حالت متمرکز برابر ۱۰۶,۱۸ است.

سپس با توجه به مقادیر بهینه‌ی محاسبه شده در بالا، مقادیر مربوط به مقدار تخفیف (d)را حساب کردیم که مقدار d بین ۰,۸ تا ۰,۹ قرار گرفت. مقدار تابع سود زنجیره تأمین در سناریوی اول۲۸۵۰۰۰ و در سناریوی دوم ۲۹۹۰۰۰ به دست آمد و مشخص است که مقدار سود زنجیره تأمین با در نظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری بیشتر از حالتی است که قرارداد را در نظر نمی‌گیریم. در جدول (۲) مقادیر مربوط به هر یک از متغیرها را مشاهده می‌کنید. زمانی که سازمان قرارداد تخفیف مقداری را در نظر می‌گیرد، سود تولیدکننده که برابر۱۴۶۰۰۰ واحد پولی است، کمتر از سود خرده‌فروش که ۱۵۳۰۰۰ واحد پولی است، به دست می‌آید. اما تولیدکننده ترجیح می‌دهد تا با ارائه‌ی تخفیف به خرده‌فروش، محصولات بیشتری را به فروش برساند و با سود کمتر، فروش بالاتری داشته باشد.

پس از مثال عددی، به بررسی تأثیر برخی پارامترها بر روی تابع سود زنجیره در دو حالت بدون در نظر گرفتن تخفیف و حالت در نظر گرفتن تخفیف می‌پردازیم. در جدول (۳) نتایج مربوط به تحلیل حساسیت آورده شده است.

جدول۲- نتایج مثال عددی

سناریو	q^C	q^{DC}	s^C	s^{DC}	$\psi_{sc}^{quantity}$	ψ_{sc}^{Dc}	ψ_M	ψ_r
سناریو	–	۲۳۷	–	۱۳۱,۱۸	–	۲۸۵۰۰۰	۱۴۱۰۰۰	۱۴۴۰۰۰
سناریو	۲۸۹	–	۱۰۶,۱۸	–	۲۹۹۰۰۰	–	۱۴۶۰۰۰	۱۵۳۰۰۰

شکل (۱) رابطه‌ی کشش قیمتی و توابع سود را نشان می‌دهد. از آنجایی که کشش قیمتی در تابع تقاضا دارای ضریب منفی است، با افزایش کشش قیمتی، تقاضا برای خرید کالا کاهش می‌یابد. این کاهش تقاضا موجب می‌شود، تا مشتریان کمتری محصولات را خریداری کنند و در نتیجه سود حاصل کاهش می‌یابد. در شکل (۲) پتانسیل بازار، ظرفیت بالقوه را نشان می‌دهد. هرچه این مقدار بیشتر شود، تعداد مشتریان نیز افزایش می‌یابد. این افزایش تعداد مشتریان موجب می‌شود تا فروش محصولات سازمان نیز بیشتر شود که هرچه سازمان بتواند محصولات بیشتری را به فروش برساند، سود سازمان نیز افزایش می‌یابد. در شکل (۲) این موضوع به روشنی دیده می‌شود.

در شکل (۳)، که اثر هزینه‌ی تولید بر توابع سود نشان داده شده است، با افزایش هزینه‌ی تولید، سازمان مجبور است قیمت کالاها را افزایش دهد. از طرفی می‌دانیم که در تابع تقاضا، قیمت دارای ضریب منفی بوده و واضح است که قیمت یکی از حساسیت‌های تابع تقاضا است و مشتریان با افزایش قیمت تمایل کمتری به خرید محصولات پیدا می‌کنند. پس با کاهش فروش محصولات، سود کاهش می‌یابد. در شکل (۴)، اثر کشش کیفیتی بر دو تابع سود نشان داده است. کشش کیفیتی، در تابع تقاضا بر عکس کشش قیمتی، دارای ضریب مثبت است و به این مفهوم است که افزایش درجه‌ی آن باعث می‌شود تا مشتریان بیشتری جذب محصول شوند و به این ترتیب تقاضا افزایش می‌یابد. افزایش تقاضا نیز منجر به افزایش سود می‌شود. در شکل (۵)، قیمت عمده فروش هرچه بیشتر باشد، قیمت تمام شده‌ی محصول نیز بیشتر شده و این باعث کاهش تقاضا می‌شود. کاهش تقاضا موجب کاهش مقدار سود می‌شود. در شکل (۶)، رابطه‌ی درجه‌ی کیفیت و توابع سود نشان داده شده است. افزایش درجه‌ی کیفیت مشتریان را به

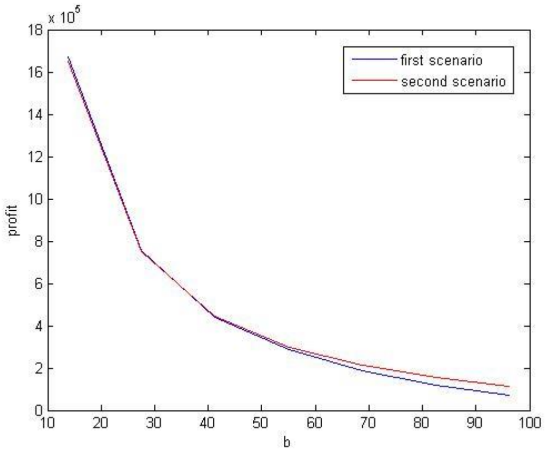
سمت خود جذب کرده و موجب می‌شود تا محصولات بیشتری را خریداری کنند. افزایش فروش محصولات، افزایش تقاضا را به دنبال دارد که خود موجب افزایش توابع سود می‌شود.

جدول ۳- تحلیل حساسیت

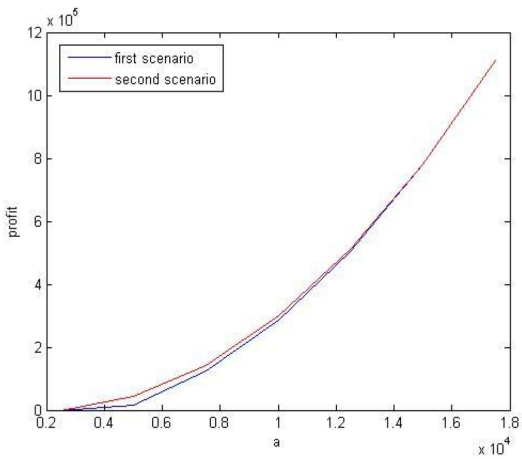
پارامتر	مقدار تغییرات	سناریو اول			سناریو دوم		
		S^{DC}	q^{DC}	ψ_{SC}^{DC}	d_1	d_2	$\psi_{SC}^{quntity}$
a	۰,۷۵	۱۹۹,۳۶	۳۶۲	۱,۱۱E+۰۶	۰,۹۴	۰,۸۹	۱,۱۱E+۰۶
	۰,۵	۱۷۶,۶۳	۳۲۶	۷,۷۹E+۰۵	۰,۹۴	۰,۸۷	۷,۸۱E+۰۵
	۰,۲۵	۱۵۳,۹۱	۲۸۵	۵,۰۳E+۰۵	۰,۹۲	۰,۸۴	۵,۱۱E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۴۷E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۰۸,۴۶	۱۷۷	۱,۲۳E+۰۵	۰,۸۶	۰,۷	۱,۴۲E+۰۵
	-۰,۵	۸۵,۷۴	۷۹	۱,۷۴E+۰۴	۰,۷۵	۰,۴۹	۴,۳۷E+۰۴
	-۰,۷۵	نشدنی	نشدنی	نشدنی	نشدنی	نشدنی	نشدنی
A_r	۰,۷۵	۱۳۱,۱۹	۳۱۳	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۹۰	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۶۵	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۴۷E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۹	۲۰۵	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۱۹	۱۶۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۱,۱۹	۱۱۸	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
γ	۰,۷۵	۱۳۱,۳۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۰۱E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۳۲	۲۳۷	۲,۸۶E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۰۰E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۲۵	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵۳E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۱	۲۳۷	۲,۸۴۷E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۰۴	۲۳۶	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۷E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۰,۹۸	۲۳۶	۲,۸۳E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۷E+۰۵
k	۰,۷۵	۱۳۱,۳۹	۲۳۷	۲,۸۳E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۰۱E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۳۲	۲۳۷	۲,۸۶E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۰۰E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۲۵	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۱	۲۳۷	۲,۸۴۷ E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۰۴	۲۳۶	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۷E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۰,۹۸	۲۳۶	۲,۸۳E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۷E+۰۵
b	۰,۷۵	۹۲,۱۱	۱۵۲	۲,۸۳E+۰۵	۰,۸	۰,۶	۱,۱۵E+۰۵
	۰,۵	۱۰۰,۷۹	۱۸۵	۱,۲۱E+۰۵	۰,۹	۰,۷	۱,۵۴E+۰۵
	۰,۲۵	۱۱۲,۹۵	۲۱۲	۱,۸۷E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۱۱E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۶۱,۵۷	۲۵۹	۴,۴۲E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۴,۴۷E+۰۵
	-۰,۵	۲۲۲,۳۶	۲۷۹	۷,۵۳E+۰۵	۱	۰,۹	۷,۴۸E+۰۵
	-۰,۷۵	۴۰۴,۷۳	۲۹۸	۱,۶۷E+۰۶	۱	۰,۹	۱,۶۵E+۰۶
Z	۰,۷۵	۱۶۱,۱۸	۱۵۲	۱,۵۲E+۰۵	۰,۸	۰,۵	۲,۸۳E+۰۵
	۰,۵	۱۵۱,۱۸	۱۸۵	۲,۰۷E+۰۵	۰,۸	۰,۶	۲,۸۸E+۰۵
	۰,۲۵	۱۴۱,۱۸	۲۱۲	۲,۵۱E+۰۵	۰,۹	۰,۷	۲,۹۳E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۲۱,۱۸	۲۵۹	۳,۰۷E+۰۵	۱	۰,۹	۳,۰۴E+۰۵
	-۰,۵	۱۱۱,۱۸	۲۷۹	۳,۱۷E+۰۵	۱	۰,۹۸	۳,۰۹E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۰۱,۱۸	۲۹۸	۳,۱۷E+۰۵	۱	۰,۹۶	۳,۱۴E+۰۵

ادامه جدول ۳- تحلیل حساسیت

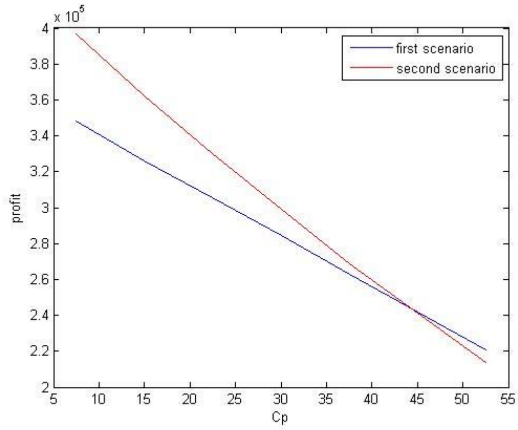
پارامتر	مقدار تغییرات	سناریو اول			سناریو دوم		
		S^{DC}	q^{DC}	ψ_{SC}^{DC}	d_1	d_2	$\psi_{SC}^{quntity}$
h_r	۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۱۷۹	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۸	۱۹۳	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۱۲	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۷۳	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۱۸	۳۳۵	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۴۷۴	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
A_M	۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
C_P	۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۲۱E+۰۵	۱	۰,۹	۲,۱۴E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۴۲E+۰۵	۱	۰,۹	۲,۴۱E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۶۳E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۶۹E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۳,۰۶E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۳۰E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۳,۲۶E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۶۲E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۳,۴۸E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۳,۹۷E+۰۵
h_M	۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۲۳۷	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
C_K	۰,۷۵	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۵	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۷۵	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۹E+۰۵



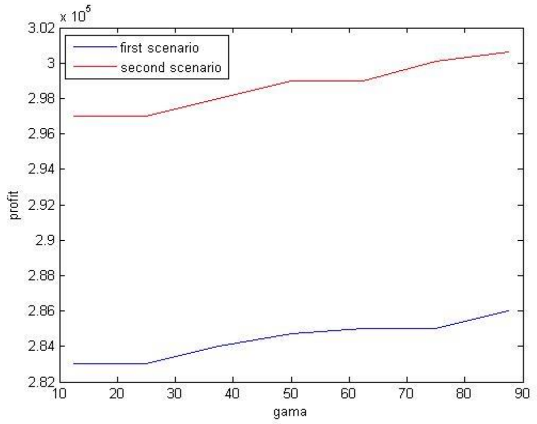
شکل ۱- تأثیر کشش قیمتی بر روی توابع سود



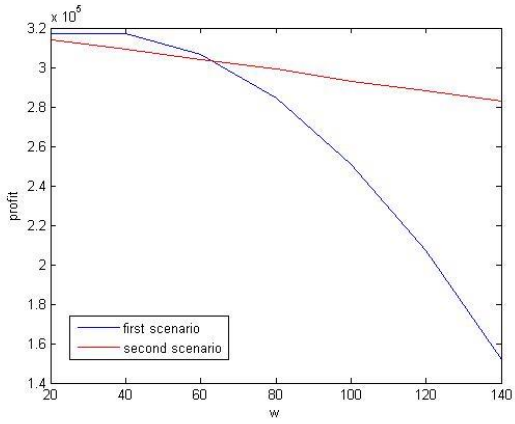
شکل ۲- رابطه‌ی پتانسیل بازار و توابع سود



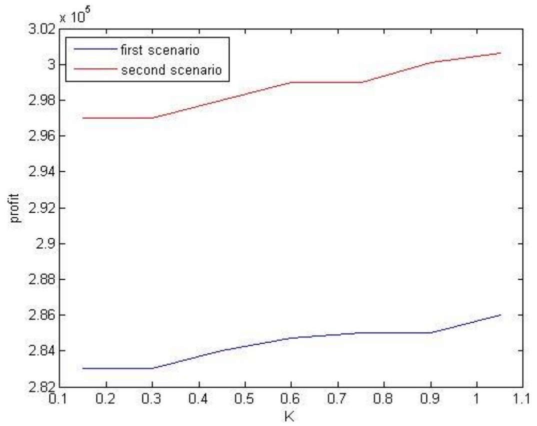
شکل ۳- هزینه‌ی تولید و توابع سود



شکل ۴- رابطه‌ی کشش کیفیتی و توابع سود



شکل ۵- رابطه‌ی قیمت عمده فروش و توابع سود



شکل ۶- رابطه‌ی درجه‌ی کیفیت و توابع سود

۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک زنجیره تأمین دو سطحی را که شامل خرده‌فروش و تولیدکننده بود، در نظر گرفتیم. تابع تقاضا در حالت کلی، تابعی از قیمت و کیفیت بوده و مقدار قیمت و سفارش و تابع سود زنجیره تأمین را در دو حالت غیرمتمرکز و متمرکز محاسبه نمودیم. با توجه به توابع سود زنجیره تأمین و تولیدکننده و خرده‌فروش به بررسی دو سناریو پرداختیم که در سناریوی اول مدل را بدون در نظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری بررسی کردیم و در سناریو دو به طراحی و معرفی قرارداد تخفیف مقداری پرداختیم.

حدود بالا و پایین مقدار تخفیف را به دست آورده و به کمک

آنها تابع سود زنجیره تأمین را برای سناریوی دو محاسبه کرده و همان‌طور که محاسبات نشان دادند، مقدار سود زنجیره تأمین در سناریوی دو بیشتر از سود زنجیره تأمین در حالت غیرمتمرکز است .زیرا در حالت در نظر گرفتن قرارداد، کل سازمان را به طور یکپارچه و متمرکز در نظر می‌گیریم.

و در پایان، محققان می‌توانند در تحقیقات بعدی پیشنهادات زیر را در نظر بگیرند:

- در نظر گرفتن سایر قراردادها و تغییر تابع تقاضا
- می‌توانیم زمان سفارش[1] را برای مدل در نظر بگیریم.
- همچنین می‌توان رویکرد استکلبرگ[2]را به کار برد.
- می‌توان این مسئله را برای یک زنجیره تأمین سه‌سطحی را گسترش داد.

۶) بینش مدیریتی

مدیران با به کارگیری انواع قراردادها، همواره می‌توانند به افزایش سود و کاهش هزینه‌های خود دست یابند. همچنین استفاده از قراردادها در کسب و کارهای تجاری می‌تواند به مدیران در افزایش هماهنگی زنجیره‌تأمین کمک کرده و عملکرد آن را بهبود دهد. قرارداد تخفیف مقداری یکی از موثرترین قراردادها است که در انواع تجارت‌ها به کار می‌رود و تأثیر بسزایی در افزایش سود و کاهش هزینه‌ها دارد. بنابراین مدیران با به کارگیری این قرارداد انگیزشی می‌توانند زنجیره تأمینی هماهنگ‌تر و با عملکردی بهتر را ایجاد کنند.

پیوست‌ها

پیوست الف: اثبات تقعر تابع سود خرده‌فروش

برای بررسی مقعر بودن تابع سود زنجیره تأمین و تابع سود خرده‌فروش از هشین استفاده کرده و به‌صورت زیر عمل می‌کنیم. به طوری که هشین مرزی برای تابع سود خرده‌فروش به‌صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$H=\begin{pmatrix}\frac{\partial\psi_r}{\partial s^2} & \frac{\partial\psi_r}{\partial s\,\partial q}\\ \frac{\partial\psi_r}{\partial s\,\partial q} & \frac{\partial\psi_r}{\partial q^2}\end{pmatrix} \quad \text{(الف-۱)}$$

$$H=\begin{pmatrix}-2b & \frac{-A_r b}{q^2}\\ \frac{-A_r b}{q^2} & \frac{-2A_r(a-bs+\gamma K)}{q^3}\end{pmatrix} \quad \text{(الف-۲)}$$

کهادهای مربوط به تابع سود خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$\left|H\right|_1=-2b<0 \quad \text{(الف-۳)}$$

$$\left|H\right|_2=\left(\frac{4bA_r(a-bs^{DC}+\gamma K)}{q^{DC^3}}\right)-\frac{A_r^2b^2}{q^{DC^4}}>0 \quad \text{(الف-۴)}$$

پیوست ب: اثبات تقعر تابع سود زنجیره تأمین

هشین مرزی برای تابع سود زنجیره تأمین به‌صورت زیر است:

$$H=\begin{pmatrix}\frac{\partial\psi_{SC}}{\partial s^2} & \frac{\partial\psi_{SC}}{\partial s\,\partial q}\\ \frac{\partial\psi_{SC}}{\partial s\,\partial Q} & \frac{\partial\psi_{SC}}{\partial q^2}\end{pmatrix} \quad \text{(ب-۱)}$$

$$H=\begin{pmatrix}-2b & \frac{-b(A_r+A_M)}{q^2}\\ \frac{-b(A_r+A_M)}{q^2} & \frac{-2(A_r+A_M)(a-bs+\gamma K)}{q^3}\end{pmatrix} \quad \text{(ب-۲)}$$

کهادهای مربوط به تابع سود زنجیره تأمین به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\left|H\right|_1=-2b<0 \quad \text{(ب-۳)}$$

$$\left|H\right|_2=\left(\frac{4b(A_r+A_M)(a-bs^C+\gamma K)}{q^{C^3}}\right)-\left(\frac{-b^2(A_r+A_M)^2}{q^{C^4}}\right)>0 \quad \text{(ب-۴)}$$

پیوست ج: نحوه محاسبه مقادیر بهینه سفارش و قیمت در دو حالت غیرمتمرکز و متمرکز

در این قسمت به نحوه‌ی محاسبه‌ی مقادیر بهینه‌ی سفارش و قیمت در حالت غیرمتمرکز و متمرکز   می‌پردازیم. تابع سود خرده‌فروش به قرار زیر بود:

$$\psi_r(s,Q)=s\lambda(s,K)-Z\lambda(s,K)-A_r\frac{\lambda(s,K)}{q}-h_r\frac{q_r}{2} \quad \text{(ج-۱)}$$

تابع تقاضا را در رابطه‌ی بالا قرار می‌دهیم:

[1]Lead time

[2]Stackelberg

$$\psi_r(s,q)= s\left[a-b.s+\gamma.k\right]-Z\left[a-b.s+\gamma.K\right] -A_r.\frac{\left[a-b.s+\gamma.K\right]}{q}-h_r.\frac{q_r}{2} \quad (ج-۲)$$

مشتق تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت، برابر است با:

$$\frac{\partial\psi_r(s,q)}{\partial s}= a-2bs+\gamma K+bZ+A_rb=0 \quad (ج-۳)$$

که مقدار قیمت در حالت غیرمتمرکز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s^{DC}=\frac{a+\gamma K+bZ+\dfrac{A_rb}{q}}{2b} \quad (ج-۴)$$

سپس مشتق تابع سود خرده‌فروش نسبت به مقدار سفارش را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\partial\psi_r(s,q)}{\partial q}=\frac{A_r\left[a-bs+\gamma K\right]}{q^2}-\frac{h_r}{2}=0 \quad (ج-۵)$$

سپس به محاسبه مقدار سفارش در حالت غیرمتمرکز می‌پردازیم:

$$q^{DC}=\sqrt{\frac{2A_r\left[a-bs+\gamma K\right]}{h_r}} \quad (ج-۶)$$

تابع سود زنجیره تأمین در حالت متمرکز به فرم زیر است:

$$\psi_{SC}=\psi_r+\psi_M =s\lambda(s,K)-(A_r+A_m)\frac{\lambda(s,K)}{q} -(h_r+h_m)\frac{q}{2}-C_kK-C_p\lambda(s,K) \quad (ج-۷)$$

تابع تقاضا را در رابطه‌ی بالا قرار می‌دهیم:

$$s\left[a-bs+\gamma K\right]-(A_r+A_m)\frac{a-bs+\gamma K}{q} -(h_r+h_m)\frac{q}{2}-C_kK-C_p\left[a-bs+\gamma K\right] \quad (ج-۸)$$

مشتق تابع سود زنجیره تأمین نسبت به قیمت برابر خواهد بود با:

$$\frac{\partial\psi_s}{\partial s}=0 \rightarrow \gamma K+a-2bs-\frac{b}{q}(A_r+A_m)+C_pb=0 \rightarrow a+\gamma K-\frac{b}{q}(A_r+A_m)+C_pb=2bs \quad (ج-۹)$$

که از رابطه‌ی بالا مقدار قیمت در حالت متمرکز به دست می‌آید:

$$s^C=\frac{\gamma Kq+aq-b\left(A_r+A_m\right)+C_pbq}{2qb} \quad (ج-۱۰)$$

مشتق تابع سود زنجیره تأمین نسبت به مقدار سفارش برابر خواهد بود با:

$$\frac{\partial\psi_s}{\partial q}=0 \rightarrow \frac{(A_r+A_m)(a-bs+\gamma K)}{q^2}-\frac{h_r+h_m}{2}=0 \quad (ج-۱۱)$$

و مقدار سفارش بهینه در حالت متمرکز به‌صورت زیر است:

$$q^c=\sqrt{\frac{2(A_r+A_m)(a-bs+\gamma K)}{(h_r+h_m)}} \quad (ج-۱۲)$$

با جایگذاری (ج-۴) در (ج-۵) داریم:

$$\frac{A_r\left[a-b\left(\dfrac{a+\gamma K+bZ+\dfrac{A_rb}{q}}{2b}\right)+\gamma K\right]}{q^2}-\frac{h_r}{2}=0 \quad (ج-۱۳)$$

که پس از این محاسبات، به مقدار بهینه‌ی سفارش در حالت غیرمتمرکز دست می‌یابیم (معادله ۷). با جایگذاری (ج-۱۰) در (ج-۱۱) داریم:

$$\frac{(A_r+A_m)\left[a-b\left(\dfrac{\gamma Kq+aQ+b(A_r+A_M)+C_pbq}{2qb}\right)+\gamma K\right]}{q^2}=\frac{(h_r+h_m)}{2} \quad (ج-۱۴)$$

که با استفاده از رابطه‌ی بالا مقدار بهینه‌ی سفارش در حالت متمرکز به دست می‌آید (معادله ۱۱). سپس با جایگذاری معادله‌ی (۷) در (ج-۴) به مقدار بهینه‌ی قیمت در حالت غیرمتمرکز می‌رسیم.

$$q^{DC}=\sqrt{\frac{A_r(a+\gamma K-bZ)}{h_r}} \quad (ج-۱۵)$$

همچنین، با جایگذاری (معادله ی ۱۱) در (ج-۱۰) به مقدار بهینه‌ی قیمت در حالت متمرکز دست می‌یابیم.

$$q^C=\sqrt{\frac{(A_r+A_M)(a+\gamma K-bC_p}{h_r+h_M}} \quad (ج-۱۶)$$

مراجع

[1] F. Chyr, "A dynamic lot-sizing model with quantity discount", The Management of Operation, Vol. 10, No. 1, 2010, pp. 67–75.

[2] H.J. Lin, Y.J. Lin, "Supply chain coordination with defective items and quantity discount", International Journal of Systems Science, Vol. 45, No. 12, 2014, pp. 2529–2538.

[3] M. Ogier, V.D. Cung, J. Boissière, S.H. Chung, "Decentralised planning coordination with quantity discount contract in a divergent supply chain", International Journal of Production Research, Vol. 51, No. 9, 2013, pp. 2776–2789.

[4] Y.Sh. Huang, R.Sh. Ho, CH.CH. Fang, "Quantity discount coordination for allocation of purchase orders in supply chains with multiple suppliers", International Journal of Production Research, Vol. 53, No. 22, 2015, pp. 6653–6671.

[5] Ch.T. Chang, Ch.Ch. Chiou, Y.W. Yang, Sh.Ch. Chang, W. Wang, "A three-echelon supply chain coordination with quantity discounts for multiple items", International Journal of Systems Science, Vol. 41, No. 5, 2010, pp. 561–573.

[6] H.K. Alfares, A.M. Ghaithan, "Inventory and pricing model with price-dependent demand, time-varying holding cost, and quantity discounts", Computers& Industrial Engineering, Vol. 94, 2016, pp. 170–177.

[7] G. Paratha Sarathi, S.P. Sarmah, M. Jenamani., "An integrated revenue sharing and quantity discounts contract for coordinating a supply chain dealing with short life-cycle products", Applied Mathematical Modelling, Vol. 38, No. 15–16, 2014, pp. 4120–4136.

[8] A. Kamali, S.M.T. Fatemi Ghomi, F. Jolai., "A multi-objective quantity discount and joint optimization model for coordination of a single-buyer multi-vendor supply chain", Computers & Mathematics with Applications, Vol. 62, No. 8, 2011, pp. 3251–3269.

[9] T.Y. Lin, "Coordination policy for a two-stage supply chain considering quantity discounts and overlapped delivery with imperfect quality", Computers& Industrial Engineering, Vol. 66, No. 1, 2013, pp. 53–62.

[10] G. Calzolari, V. Denicolò, "On the anti-competitive effects of quantity discounts", International Journal of Industrial Organization, Vol. 29, No. 3, 2011, pp. 337–341.

[11] J. Jackson, Ch. Munson, "Shared resource capacity expansion decisions for multiple products with quantity discounts", European Journal of Operational Research, Vol. 253, No. 3, 2016, pp. 602–613.

[12] F. Çebi, I. Otay, "A two-stage fuzzy approach for supplier evaluation and order allocation problem with quantity discounts and lead time", Information Sciences, Vol. 339, 2016, pp. 143–157.

[13] M. Mahdavi Mazdeh, M. Emadikhiav, I. Parsa, "A heuristic to solve the dynamic lot sizing problem with supplier selection and quantity discounts", Computers & Industrial Engineering, Vol. 85, 2015, pp. 33–43.

[14] M. Batuhan Ayhan, H. Selcuk Kilic, "A two stage approach for supplier selection problem in multi-item/multi-supplier environment with quantity discounts", Computers & Industrial Engineering, Vol. 85, 2015, pp. 1–12.

[15] D. Zissis, G. Loannou, A. Burnetas, "Supply chain coordination under discrete information asymmetries and quantity discounts", Omega, Vol. 53, 2015, pp. 21–29.

[16] Sh. Tamjidzad, S.H. Mirmohammadi, "An optimal (r, Q) policy in a stochastic inventory system with all-units quantity discount and limited sharable resource", European Journal of Operational Research, Vol. 247, No. 1, 2015, pp. 93–100.

[17] A. Lee, H.Y. Kang, Ch.M. Lai, W.Y. Hong, "An integrated model for lot sizing with supplier selection and quantity discounts", Applied Mathematical Modelling, Vol. 37, No. 7, 2013, pp. 4733–4746.

[18] P.L. Meena, S.P. Sarmah, "Multiple sourcing under supplier failure risk and quantity discount: A genetic algorithm approach", Transportation Research, Vol. 50, 2013, pp. 84–97.

[19] J. Heydari, Y. Norouzinasab, "A two-level discount model for coordinating a decentralized supply chain considering stochastic price-sensitive demand", Journal of Industrial Engineering International, Vol. 11, No. 4, 2015, pp. 531–542

[20] J. Heydari, Y. Norouzinasab, "Coordination of pricing, ordering, and lead time decisions in a manufacturing supply chain", Journal of Industrial and Systems Engineering, Vol. 9, 2016, pp. 1–16.

[21] A.A. Taleizadeh, M. Noori-daryan, R. Tavakkoli-Moghaddam, "Pricing and ordering decisions in a supply chain with imperfect quality items and inspection under buyback of defective items", International Journal of Production Research, Vol. 53, No. 15, 2015, pp. 4553–4582.

[۲۲] م.ا. فرخی، م. راستی‌برزکی، "قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دو سطحی با درنظرگرفتن رقابت تولیدکنندگان"، نشریه‌ی پژوهش-های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، دوره ۳، شماره ۶، ۱۳۹۴، صفحه ۲۰۷-۲۱۹.

[۲۳] ع. طالعی‌زاده، ز. چراغی، "قیمت‌گذاری و بازاریابی در یک زنجیره تأمین دوسطحی تحت چهار رویکرد نظریه بازیها"، مجله مدلسازی در مهندسی، دوره ۱۳، شماره ۴۲، ۱۳۹۴، صفحه ۱۳۵-۱۴۹.

[۲۴] ع. طالعی‌زاده، ز. رضوان‌بیدختی، "سیاست قیمت گذاری تولید کننده برای کالاهای مکمل در فروش آنلاین با درنظر گرفتن سیاست مرجوعی"، مجله مدلسازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۵۰، ۱۳۹۶، صفحه ۳۲۳-۳۳۴.

[۲۵] س.ک. چهارسوقی، ز. طاهری، "ارائه یک مکانیزم مذاکره برای سیستمهای چندکارگزار در مبادالت الکترونیکی خودکار: بر مبنای روشهای تحلیل رفتار خریدار و فروشنده در اقتصاد خرد"، مجله مدلسازی در مهندسی، دوره ۱۴، شماره ۴۶، ۱۳۹۵، ۸۷-۹۵.