

## بهینه سازی تصمیمات قیمت گذاری و سفارش دهی یک زنجیره تامین دوسطحی تحت سیاست قرارداد تخفیف مقداری

عطا الله طالعی زاده<sup>۱\*</sup> و نغمه ربیعی<sup>۲</sup>

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۰	<p>امروزه به دلیل رقابت شدید بین سازمان ها و شرکت ها، 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 سازمان ها را مورد مطالعه قرار دهیم. در این مقاله یک زنجیره تامین دوسطحی تک محصولی را که شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش است، در نظر می گیریم. تقاضا نیز تابعی وابسته به قیمت و کیفیت محصول در نظر گرفته شده است. در این تحقیق، به ذکر دو سیاست می پردازیم که در حالت اول، مدل را به صورت غیرمتمرکز در نظر گرفته و روابط ریاضی مربوط به آن را توضیح می دهیم. 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 می دهیم. قصد داریم تا با ارائه این قرارداد به سازمان ها و شرکت ها، در افزایش عواید و درآمدهایشان یاری کنیم. در پایان برای روشن تر 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 می دهیم و همچنین نشان می دهیم که سود زنجیره تامین تحت در نظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری، بیشتر از حالت غیرمتمرکز است که این موضوع می تواند برای مدیران سازمان ها جذاب و کاربردی باشد.</p>
پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸	
واژگان کلیدی:	
قیمت گذاری،	
میزان سفارش،	
قرارداد،	
زنجیره تامین.	

### ۱- مقدمه و مرور ادبیات

با توجه به اهمیت موضوع سوددهی در انواع کسب و کارها، مدیران سازمان ها به دنبال سیاست ها و استراتژی های گوناگونی برای بهبود عملکرد و بیشینه کردن سود زنجیره تامین خود هستند. در این میان وجود رقابت شدید میان سازمان ها و شرکت ها موجب شده تا محققین روش های 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 کاربردی ترین سیاست های انگیزشی جهت افزایش هماهنگی در زنجیره

تأمین است.

در یک زنجیره تامین دو سطحی که از یک تولیدکننده و یک خرده فروش تشکیل شده، هدف نهایی بیشینه کردن سود است و آنها به دنبال راهی برای افزایش عایدی خود هستند. از این رو، استفاده از قراردادهای انگیزشی مانند قرارداد تخفیف مقداری، می تواند به مدیران در کسب این هدف کمک کند. قرارداد تخفیف مقداری که قرارداد به کار رفته در این مقاله است، بین تولیدکننده و خرده فروش منعقد می شود. هرچه قدر خرده فروش 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 می شود. در واقع این قرارداد به میزان خرید مشتری بستگی دارد. همچنین این قرارداد موجب کاهش هزینه های عملیاتی، راه اندازی و انبارداری می شود. با توجه مقداری، به حداقل میزان هزینه های کل دست یافت. لین و لین [۲] سیستم موجودی ادغامی را که شامل قرارداد تخفیف مقداری است، برای قیمت های بهینه و استراتژی-های سفارش پیشنهاد کردند، که در آن خریدار مقداری را سفارش می دهد و فروشنده برای کاهش هزینه های راه اندازی، به مقدار بیشتری از سفارش خریدار را تولید می کند و به خریدار قرارداد تخفیف مقداری را پیشنهاد می کند. اگیبر و همکاران [۳] یک زنجیره تامین دو سطحی با یک تولیدکننده و چندین خرده فروش مستقل را مورد بررسی قرار دادند و در مدل خود از قرارداد تخفیف مقداری استفاده کردند. هوانگ و همکاران [۴] یادآور شدند که اهمیت مطالعه همبستگی زنجیره تامین با هدف بیشینه کردن سود، تشدید می شود که آنها همبستگی موجود در زنجیره را توسط قرارداد تخفیف مقداری به وجود آمده آوردند. چانگ و همکاران [۵] یک زنجیره تامین سه سطحی، که شامل یک تامین کننده، یک فروشنده و چندین خرده-فروش بود را معرفی کردند و با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری سعی در کاهش همه هزینه ها، اعم از هزینه نگهداری، هزینه های خرید و هزینه های سفارش داشتند. الفارس و قیطان [۶] مدلی را برای کنترل موجودی پیشنهاد کردند که در آن نرخ تقاضا و هزینه های نگهداری ثابت فرض شده و همچنین هزینه های واحد خرید با توجه به مقدار سفارش، ثابت در نظر گرفته شده است. آنها در مقاله مورد نظر ذکر کردند که با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری، فروشنده برای مقدار سفارشات با حجم بالا، هزینه های تولید کمتری متحمل می شود. پاراتا-ساراتی و همکاران [۷] برای همبستگی زنجیره تامین مدلی را با ترکیب دو قرارداد تخفیف مقداری و تسهیم درآمد، توسعه داده، که برای اعضای زنجیره تامین سودآور بوده است. کمالی و همکاران [۸] مدلی را پیشنهاد کرد که در آن، فروشندگان باید خریداران را تشویق کنند تا سیاست های خود را به سیاست-هایی که برای کل سیستم بهینه است، تغییر دهند که برای این کار از قرارداد تخفیف مقداری استفاده شده است. لین [۹] موقعیتی را که سیستم ممکن است با کمبود رو-به رو شود، توسعه داده و در آن از تخفیف مقداری استفاده کرده است. کلزلاری و دنیگولو [۱۰] تأثیر تخفیف مقداری

به اهمیت این موضوع، در سال های گذشته، محققین بر روی این موضوع متمرکز شده اند. بعنوان مثال، چیر [۱] برای یافتن سیاست های بهینه، با استفاده از قرارداد تخفیف در یک شرکت انحصاری همراه با دو تامین کننده را بررسی کردند. جکسون و مانسون [۱۱] بیان کردند که سازمان ها با محصولات چندگانه، برای رقابت با فضای انبارداری و هماهنگ کردن خود با شرایط، نیاز دارند تا میزان سفارش بهینه ی 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 تامین کننده یکی از تصمیمات اساسی در رقابت های سازمانی است. آنها یک دیدگاه فازی دو مرحله ای را بیان کردند که در قسمت دوم، مقدار سفارش تخصیص داده شده به تامین کنندگان موردنظر را مشخص کردند. آنها این مسئله ی چند محصولی را با استفاده از تخفیف مقداری، فرموله کردند. مهدوی-مزده و همکاران [۱۳] در مطالعات خود مسئله ی مقدار سفارش پویای تک آیتمه را با انتخاب تامین کننده مورد بررسی قرار دادند. مسئله ی مورد نیاز را به دو بخش تقسیم کردند و در قسمت دوم تخفیف مقداری را در نظر گرفتند. بتوهان-ایحان و سلوکوک-کلیک [۱۴] مسئله ی چند محصولی با چندین تامین کننده را مورد مطالعه قرار داده و در مدل خود تخفیف مقداری را بررسی کردند. زیسیس و همکاران [۱۵] زنجیره تامین دو سطحی، شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش با اطلاعات خصوصی را مورد مطالعه قرار دادند و در آن برای کاهش هزینه ها، تولیدکننده به خرده فروش قرارداد تخفیف مقداری را پیشنهاد کرد. تمجیدزاد و میرمحمدی [۱۶] مقاله ای در ارتباط با سیستم موجودی تک محصولی، با محدودیت منابع و در نظر گرفتن تخفیف مقداری، که در آن، تقاضا تصادفی و متفاوت بود را تألیف کردند. لی و همکاران [۱۷] مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای حل مسئله ی مقدار سفارش که شامل چندین تامین کننده با چندین دوره ی زمانی و تخفیف بود را ایجاد کردند. مینا و سارماه [۱۸] مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای تخصیص سفارش، نسبت به ظرفیت های مختلف و احتمال شکست و تخفیف های مقداری، برای هر تامین کننده توسعه دادند. حیدری و نوروزی نسب [۱۹] یک مدل تخفیف را برای همبستگی تصمیمات قیمت گذاری و سفارش دهی در یک زنجیره تامین دوسطحی پیشنهاد

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 در نظر گرفتن تخفیف مقداری) مورد بررسی قرار داده و به مقایسه‌ی نتایج حاصل از آنها می‌پردازیم. در سناریوی اول، مسئله را بدون در نظر 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 تصمیم‌گیری 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 پیشینه 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 می‌شود که این عضو پر قدرت 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 کار برده 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

$\lambda$ : نرخ تقاضای بازار در واحد زمان

$Z$ : قیمت عمده‌فروشی هر واحد کالا

$A_r$ : هزینه‌ی سفارش‌دهی خرده‌فروش در هر بار سفارش

$q$ : مقدار سفارش‌دهی خرده‌فروش

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 توزیع‌کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش، تحت سه سناریوی مختلف در نظر گرفتند که در آن به مطالعه‌ی تصمیمات قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی با محصولات معیوب و بازرسی تحت باز خرید محصولات معیوب پرداختند. فرخی و راستی برزکی [۲۲] یک زنجیره تأمین دو سطحی که شامل دو تولیدکننده و دو خرده‌فروش بود را در نظر گرفتند که در آن برای خرده‌فروشی که محصول مورد نظرش 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 طالعی‌زاده و چراغی [۲۳ و ۲۴] 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 عمده‌فروش 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 حداکثر کردن سود است. در این مقاله ما به دنبال آن هستیم که با استفاده از قرارداد تخفیف مقداری

- $h_r$ : هزینه انبارداری خردهفروش به ازای هر واحد کالا
- $A_M$ : هزینه سفارش دهی تولیدکننده در هر بار سفارش
- $C_K$ : هزینه مربوط به افزایش درجهی کیفیت کالا
- $K$ : درجهی کیفیت کالا
- $a$ : پتانسیل بازار (تعداد مشتریان بالقوه)
- $\gamma$ : کشش کیفیتی کالا
- $h_M$ : هزینه 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
- $\psi_r$ : تابع سود خردهفروش در واحد زمان
- $\psi_M$ : تابع سود تولیدکننده در واحد زمان
- $\psi_{SC}$ : تابع سود زنجیره تأمین در واحد زمان

جدول ۱- بررسی تفاوت مقالات ذکر شده با مدل فعلی

شماره رفرنس	فرآیند تصمیم گیری			سیاست تصمیم گیری			انواع قرارداد				متغیرهای تصمیم		تابع هدف		
	غیرمتمرکز	متمرکز	همه	قیمت گذاری	موجودی	کنترل	سایر	مقداری	تفصیلی	سایر	قیمت	سفر	مقدار	سایر	سایر
۲						X		X			X	X	X	X	
۳	X					X						X		X	
۴						X					X			X	
۵						X					X				X
۶						X	X	X			X			X	X
۷						X	X	X			X		X		
۸						X									
۱۰						X									
۱۱						X	X					X			
۱۲						X	X				X				
۱۳						X	X					X			
۱۴						X	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	X
۲۱						X	X				X	X	X	X	X
۲۲						X							X		
۲۳						X							X		
مدل فعلی						X	X	X	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 تک محصولی تحت دو سناریو ارائه می شود.

تولیدکننده است و  $A_M \frac{\lambda(s, K)}{q}$  هزینه‌ی سفارش‌دهی

سالیانه تولیدکننده است. همچنین  $C_K K$  هزینه‌ی مربوط به افزایش درجه‌ی کیفیت کالا را نشان می‌دهد.

هزینه‌ی انبارداری  $C_p \lambda(s, K)$  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:

$$\psi_{SC} = \psi_r + \psi_M = \quad (۴)$$

$$s \lambda(s, K) - (A_r + A_M) \frac{\lambda(s, K)}{q} - (h_r + h_M) \frac{q}{2} - C_K K - C_p \lambda(s, K)$$

که در آن  $s \lambda(s, K)$  مقدار فروش (درآمد) است و

به عنوان هزینه‌ی سفارش‌دهی  $(A_r + A_M) \frac{\lambda(s, K)}{q}$

متوسط  $(h_r + h_M) \frac{q}{2}$  سالیانه در نظر گرفته می‌شود و  $C_K K$  نشان دهنده‌ی هزینه‌ی انبارداری را نشان می‌دهد.

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:

$$\frac{\partial \psi_r(s, q)}{\partial s} = \quad (۵)$$

$$a - 2bs + \gamma k + bZ + \frac{(A_r b)}{q} = 0$$

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

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:

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

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

(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:

$$\lambda(s, K) = a - bs + \gamma K \quad (۱)$$

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

بنابراین تابع سود خرده‌فروش به صورت زیر است:

$$\psi_r(s, q) = \quad (۲)$$

$$s \lambda(s, K) - Z \lambda(s, K) - A_r \left( \frac{\lambda(s, K)}{q} \right) - h_r \frac{q}{2}$$

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

را نشان 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:

$$\psi_M(s, q) = Z \lambda(s, K) - A_M \left( \frac{\lambda(s, K)}{q} \right) \quad (۳)$$

$$- C_K K - C_p \lambda(s, K) - h_M \frac{q}{2}$$

که در آن،  $Z \lambda(s, K)$  مقدار درآمد (فروش) سالیانه

غیرمتمركز به صورت متمركز تصمیم گیری نماید. قرارداد تخفیف مقداری، قراردادی است که در یک زنجیره تامین دوسطحی بین خرده فروش و تولیدکننده برقرار می شود که در آن، میزان خرید خرده فروش حائز اهمیت است. زیرا هر چه میزان خرید بیشتر باشد، تولیدکننده تخفیف بیشتری را برای خرده فروش در نظر می گیرد و هزینه خرید خرده-فروش کاهش می یابد. همچنین این قرارداد هزینه های راه اندازی و انبارداری را کاهش می دهد. همان طور که در سناریوی قبل گفته شد، تابع سود خرده فروش و تولیدکننده به ترتیب به صورت زیر است:

$$\psi_r(s, q) = \quad (14)$$

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

$$\psi_M(s, q) = Z\lambda(s, K) - A_M \left( \frac{\lambda(s, K)}{q} \right) - C_K K \quad (15)$$

$$- C_p \lambda(s, K) - h_M \frac{q}{2}$$

در حد بالای این قرارداد، شرط لازم و کافی از دیدگاه خرده فروش برای پذیرش این قرارداد به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$\psi_r(q^c, s^c, d) \geq \psi_r(q^{DC}, s^{DC}) \quad (16)$$

شرط فوق بیانگر آن است که مقدار سود خرده فروش با در نظر گرفتن این قرارداد بیشتر از سود آن در حالتی است که قرارداد را در نظر نمی گیریم. بنابراین تابع سود خرده فروش با در نظر گرفتن ضریب تخفیف  $(d)$  برابر می شود با:

$$\psi_r(q^c, s^c, d) = s^c \lambda(s^c, K) - dZ\lambda(s^c, K) \quad (17)$$

$$- A_r \frac{\lambda(s^c, K)}{q^c} - h_r \frac{q^c}{2}$$

که همان طور که توضیح داده شد، معادله (۱۷) باید بزرگتر از تابع سود خرده فروش در حالتی که قرارداد را در نظر نمی گیریم، باشد. یعنی داریم:

$$(s^c - dZ)\lambda(s^c, K) - \quad (18)$$

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

$$- A_r \frac{\lambda(s^{DC}, K)}{q^{DC}} - h_r \frac{q^{DC}}{2}$$

که با حل نامعادله ی بالا برای یافتن مقدار  $d$ ، به نامعادلات زیر دست یافتیم:

$$dZ\lambda(s^c, K) \leq s^c \lambda(s^c, K) \quad (19)$$

$$- A_r \frac{\lambda(s^c, K)}{q^c} - h_r \frac{q^c}{2} - s^{DC} \lambda(s^{DC}, K)$$

$$+ Z\lambda(s^{DC}, K) + A_r \frac{\lambda(s^{DC}, K)}{q^{DC}} + h_r \frac{q^{DC}}{2}$$

تابع سود در حالت غیرمتمركز، از جمع دو تابع سود تولیدکننده و خرده فروش محاسبه می شود (با در نظر گرفتن قیمت و سفارش در حالت غیرمتمركز).

$$\psi^{DC}_{SC} = \psi^{DC}_r + \psi^{DC}_M \quad (9)$$

$$= s^{DC} \lambda(s^{DC}, K) - (A_r + A_M) \frac{\lambda(s^{DC}, K)}{q^{DC}}$$

$$- (h_r + h_M) \frac{q^{DC}}{2} - C_K K - C_p \lambda(s^{DC}, K)$$

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

$$\frac{\partial \psi_{SC}}{\partial s} = \quad (10)$$

$$\gamma K + a - 2bs - \left(\frac{b}{q}\right)(A_r + A_M) + C_p b = 0$$

$$\frac{\partial \pi \psi_{SC}}{\partial q} = \quad (11)$$

$$\frac{(A_r + A_M)(a - bs + \gamma K)}{q^2} - \frac{h_r + h_M}{2} = 0$$

ریشه مشتق اول تابع سود زنجیره تامین نسبت به قیمت و مقدار سفارش، مقادیر بهینه قیمت و مقدار سفارش است، که مقادیر بهینه ی این دو در حالت متمركز برابر است با:

$$q^c = \sqrt{\frac{A_r + A_M}{h_r + h_M}} \sqrt{\frac{a + \gamma K - bc_p}{h_r + h_M}} \quad (12)$$

$$s^c = \frac{a + (\gamma K) + (bc_p)}{(2b)} + \frac{\sqrt{h_r + h_M} \sqrt{(A_r + A_M)(a + (\gamma K) - (bc_p))}}{2(a + (\gamma K) - (bc_p))} \quad (13)$$

که نحوه ی محاسبه ی مقدار سفارش و قیمت در حالت غیرمتمركز و متمركز، در پیوست (ج) آمده است.

## ۲-۳- سناریوی دوم: با در نظر گرفتن قرارداد تخفیف مقداری

در این سناریو، به طراحی قرارداد تخفیف مقداری پرداخته-ایم. در این قرارداد، تولیدکننده در تلاش برای ترغیب خرده فروش به خرید بیشتر است. به طوری که وی با پیشنهاد این قرارداد، انتظار دارد خرده فروش در حالت

$$dZ\lambda(s^c, K) \geq A_M \frac{\lambda(s^c, K)}{q^c} \quad (25)$$

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

و در ادامه داریم:

$$d \geq \frac{A_M}{Zq^c} + \frac{C_P}{Z} + \frac{h_M q^c}{2Z\lambda(s^c, K)} + \quad (26)$$

$$\frac{\lambda(s^{DC}, K)}{\lambda(s^c, K)} \frac{A_M \lambda(s^{DC}, K)}{q^{DC} Z \lambda(s^c, K)} - \\ \frac{C_P \lambda(s^{DC}, K)}{W \lambda(s^c, K)} - \frac{h_M q^{DC}}{2Z\lambda(s^c, K)}$$

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:

$$d \geq \frac{2C_P \lambda(s^c, K) + h_M q^c}{2Z\lambda(s^c, K)} \quad (27)$$

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

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

$$\psi_{SC}^{quantity}(q^c, s^c, d) = \psi_r^{quantity} + \psi_M^{quantity} = \quad (28)$$

$$s^c \lambda(s^c, K) - (A_r + A_M) \frac{\lambda(s^c, K)}{q^c} - \\ (h_r + h_M) \frac{q^c}{2} - C_P \lambda(s^c, K) - C_K K$$

#### 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 و ۱ در نظر می‌گیریم. مقدار ۵۰ را برای کشش

و در ادامه داریم:

$$d \leq \frac{s^c}{Z} - \frac{A_r}{Zq^c} - \frac{h_r q^c}{2Z\lambda(s^c, K)} \quad (20)$$

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

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:

$$d \leq \frac{2s^c \lambda(s^c, K) - h_r q^c - 2s^{DC} \lambda(s^{DC}, K)}{2Z\lambda(s^c, K)} \quad (21)$$

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

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

$$\psi_M(q^c, s^c, d) \geq \psi_M(q^{DC}, s^{DC}) \quad (22)$$

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:

$$\psi_M(q^c, s^c, d) = \quad (23)$$

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

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

$$\left[ dZ - \frac{A_M}{q^c} - C_P \right] \lambda(s^c, K) - C_K K \quad (24) \\ - h_M \frac{q^c}{2} \geq Z\lambda(s^{DC}, K) - A_M \frac{\lambda(s^{DC}, K)}{q^{DC}} \\ - C_K K - C_P \lambda(s^{DC}, K) - h_M \frac{q^{DC}}{2}$$

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



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 اول ۲۸۵۰۰۰ 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 برابر ۱۴۶۰۰۰ واحد پولی است، کمتر از سود خرده‌فروش که ۱۵۳۰۰۰ واحد پولی است، به دست می‌آید. اما تولیدکننده ترجیح می‌دهد تا با ارائه 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.

کیفیتی کالا ( $\gamma$ ) 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،

جدول ۲- نتایج مثال عددی

سناریو	$q^C$	$q^{DC}$	$s^C$	$s^{DC}$	$\psi_{sc}^{quantity}$	$\psi_{sc}^{Dc}$	$\psi_M$	$\psi_r$
سناریو ۱	-	۲۳۷	-	۱۳۱,۱۸	-	۲۸۵,۰۰۰	۱۴۱,۰۰۰	۱۴۴,۰۰۰
سناریو ۲	۲۸۹	-	۱۰۶,۱۸	-	۲۹۹,۰۰۰	-	۱۴۶,۰۰۰	۱۵۳,۰۰۰

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

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



سمت خود جذب کرده و موجب می‌شود تا محصولات بیشتری را خریداری کنند. افزایش فروش محصولات، سود بیشتری را خواهد داد که خود موجب افزایش توابع

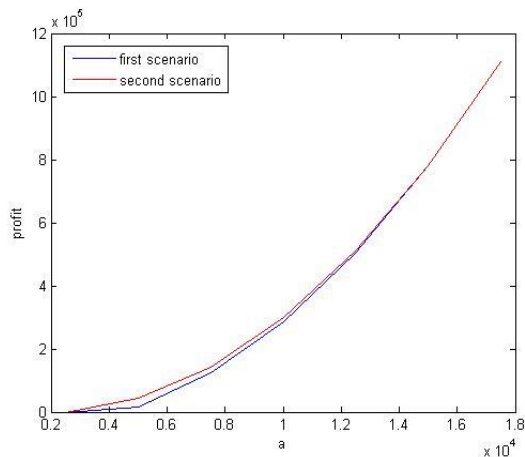
سود می‌شود.

جدول ۳- تحلیل حساسیت

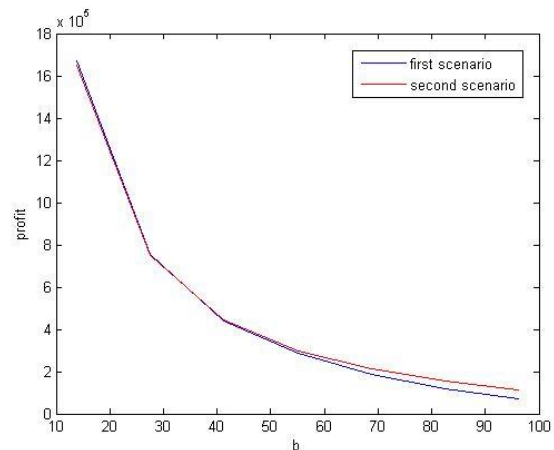
پارامتر	مقدار تغییرات	سناریو اول			سناریو دوم		
		$S^{DC}$	$q^{DC}$	$\psi_{SC}^{DC}$	$d_1$	$d_2$	$\psi_{SC}^{quantity}$
a	۰,۷۵	۱۹۹,۳۶	۳۶۲	۱,۱۱E+۰۶	۰,۹۴	۰,۸۹	۱,۱۱E+۰۶
	۰,۵	۱۷۶,۶۳	۳۲۶	۷,۷۹E+۰۵	۰,۹۴	۰,۸۷	۷,۸۱E+۰۵
	۰,۲۵	۱۵۳,۹۱	۲۸۵	۵,۰۳E+۰۵	۰,۹۲	۰,۸۴	۵,۱۱E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۴۷E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	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 <sub>r</sub>	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	۲,۸۴۷E+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
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

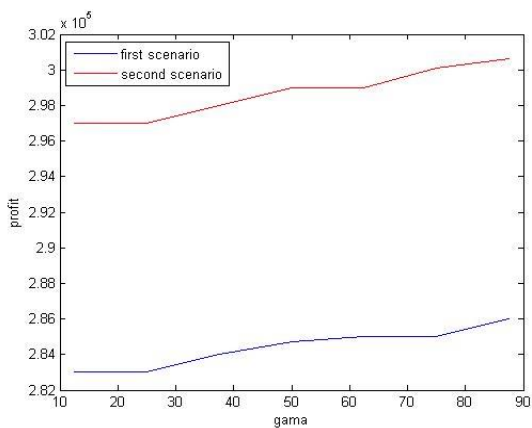
پارامتر	مقدار تغییرات	سناریو اول			سناریو دوم		
		$S^{DC}$	$q^{DC}$	$\psi_{SC}^{DC}$	$d_1$	$d_2$	$\psi_{SC}^{quantity}$
$h_r$	۰,۷۵	۱۳۱,۱۸	۱۷۹	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۵	۱۳۱,۱۸	۱۹۳	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰,۲۵	۱۳۱,۱۸	۲۱۲	۲,۸۴E+۰۵	۰,۹	۰,۸	۲,۹۸E+۰۵
	۰	۱۳۱,۱۹	۲۳۷	۲,۸۵E+۰۵	۰,۹	۰,۷۹	۲,۹۹E+۰۵
	-۰,۲۵	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	۲,۶۶E+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	۳,۲۰E+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



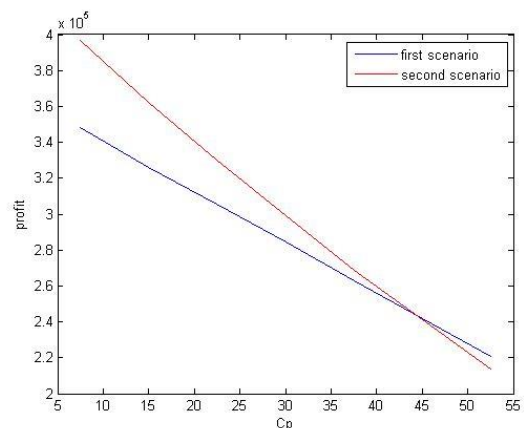
شکل ۲- رابطه‌ی پتانسیل بازار و توابع سود



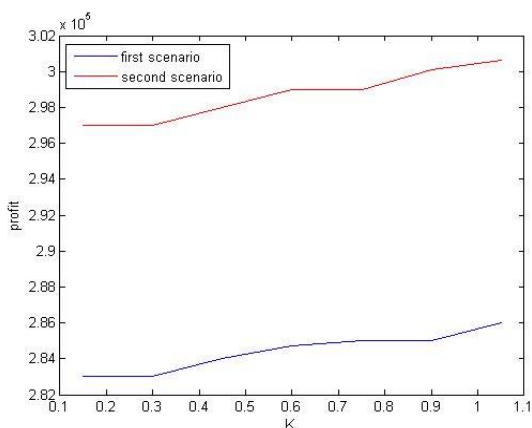
شکل ۱- تأثیر کاهش قیمتی بر روی توابع سود



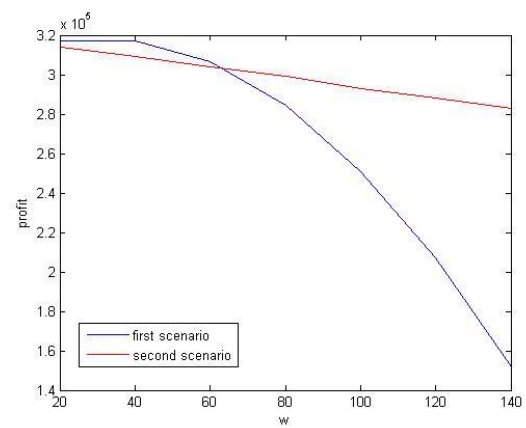
شکل ۴- رابطه‌ی کاهش کیفیتی و توابع سود



شکل ۳- هزینه‌ی تولید و توابع سود



شکل ۶- رابطه‌ی درجه‌ی کیفیت و توابع سود



شکل ۵- رابطه‌ی قیمت عمده فروش و توابع سود

زنجیره تأمین و تولیدکننده و خرده‌فروش به بررسی دو سناریو پرداختیم که در سناریوی اول مدل را بدون 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

## 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

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

کهدهای مربوط به تابع سود خرده فروش به صورت زیر است:

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

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

**پیوست ب: اثبات تقعر تابع سود زنجیره تامین**

هشین مرزی برای تابع سود زنجیره تامین به صورت زیر است:

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

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

کهدهای مربوط به تابع سود زنجیره تامین به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

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

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

**پیوست ج: نحوه محاسبه مقادیر بهینه سفارش و قیمت در**

**دو حالت غیرمتمرکز و متمرکز**

در این قسمت به نحوه محاسبه مقادیر بهینه سفارش و قیمت در حالت غیرمتمرکز و متمرکز می پردازیم.

تابع سود خرده فروش 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 رابطه ی بالا قرار می دهیم:

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

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

- در نظر گرفتن سایر قراردادها و تغییر تابع تقاضا
- می توانیم زمان سفارش<sup>۱</sup> را برای مدل در نظر بگیریم.
- همچنین می توان رویکرد استکلبرگ<sup>۲</sup> را به کار برد.
- می توان این مسئله را برای یک زنجیره تامین سه سطحی را گسترش داد.

۶) بینش مدیریتی

مدیران با به کارگیری انواع قراردادها، همواره می توانند به افزایش سود و کاهش هزینه های خود دست یابند. همچنین استفاده از قراردادها در کسب و کارهای تجاری می تواند به مدیران در افزایش هماهنگی زنجیره تامین کمک کرده و عملکرد آن را بهبود دهد. قرارداد تخفیف مقداری یکی از موثرترین قراردادها است که در انواع تجارتها به کار می رود و تأثیر بسزایی در افزایش سود و کاهش هزینه ها دارد. بنابراین مدیران با به کارگیری این قرارداد انگیزشی می توانند زنجیره تأمین هماهنگ تر و با عملکردی بهتر را ایجاد کنند.

**پیوستها**

**پیوست الف: اثبات تقعر تابع سود خرده فروش**

برای بررسی مقعر بودن تابع سود زنجیره تامین و تابع سود خرده فروش از هشین استفاده کرده و به صورت زیر عمل می کنیم. به طوری که هشین مرزی برای تابع سود خرده فروش به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

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

<sup>2</sup>Stackelberg

<sup>1</sup>Lead time

$$s^c = \frac{\gamma K q + a q - b(A_r + A_m) + C_p b q}{2 q b} \quad (10-ج)$$

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

$$\frac{\partial \psi_s}{\partial q} = 0 \rightarrow \frac{(A_r + A_m)(a - b s + \gamma K)}{q^2} - \frac{h_r + h_m}{2} = 0 \quad (11-ج)$$

و مقدار سفارش بهینه در حالت متمرکز به صورت زیر است:

$$q^c = \sqrt{\frac{2(A_r + A_m)(a - b s + \gamma K)}{(h_r + h_m)}} \quad (12-ج)$$

با جایگذاری (ج-۴) در (ج-۵) داریم:

$$A_r \left[ a - b \left( \frac{a + \gamma K + b Z + \frac{A_r b}{q}}{2 b} \right) + \gamma K \right] - \frac{h_r}{2} = 0 \quad (13-ج)$$

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

$$(A_r + A_m) \left[ a - b \left( \frac{\gamma K q + a Q + b(A_r + A_m) + C_p b q}{2 q b} \right) + \gamma K \right] - \frac{(h_r + h_m)}{2} = 0 \quad (14-ج)$$

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.

$$q^{DC} = \sqrt{\frac{A_r(a + \gamma K - bZ)}{h_r}} \quad (15-ج)$$

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

$$q^c = \sqrt{\frac{(A_r + A_m)(a + \gamma K - bC_p)}{h_r + h_m}} \quad (16-ج)$$

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

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

$$\frac{\partial \psi_r(s, q)}{\partial s} = a - 2bs + \gamma K + bZ + A_r b = 0 \quad (3-ج)$$

که مقدار قیمت در حالت غیرمتمرکز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s^{DC} = \frac{a + \gamma K + bZ + \frac{A_r b}{q}}{2b} \quad (4-ج)$$

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

$$\frac{\partial \psi_r(s, q)}{\partial q} = \frac{A_r [a - b s + \gamma K]}{q^2} - \frac{h_r}{2} = 0 \quad (5-ج)$$

سپس به محاسبه مقدار سفارش در حالت غیرمتمرکز می‌پردازیم:

$$q^{DC} = \sqrt{\frac{2A_r [a - b s + \gamma K]}{h_r}} \quad (6-ج)$$

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

$$\psi_{sc} = \psi_r + \psi_m = s \lambda(s, K) - (A_r + A_m) \frac{\lambda(s, K)}{q} - (h_r + h_m) \frac{q}{2} - C_k K - C_p \lambda(s, K) \quad (7-ج)$$

تابع تقاضا را در رابطه‌ی بالا قرار می‌دهیم:

$$s[a - b s + \gamma K] - (A_r + A_m) \frac{a - b s + \gamma K}{q} - (h_r + h_m) \frac{q}{2} - C_k K - C_p [a - b s + \gamma K] \quad (8-ج)$$

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

$$\frac{\partial \psi_s}{\partial s} = 0 \rightarrow \gamma K + a - 2bs - \frac{b}{q}(A_r + A_m) + C_p b = 0 \quad (9-ج)$$

$$\rightarrow a + \gamma K - \frac{b}{q}(A_r + A_m) + C_p b = 2bs$$

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

## 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. Norouzinassab, "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. Norouzinassab, "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 در نظر گرفتن رقابت تولیدکنندگان"، نشریه‌ی پژوهش‌های 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 قیمت‌گذاری تولیدکننده برای کالاهای مکمل در فروش آنلاین با در نظر 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.