

**قیمت گذاری کالا مکمل و جایگزین به صورت همزمان در حالت فروش بسته ای و
فروش جداگانه با در نظر گرفتن ریسک انقطاع**
اشکان محسن زاده لداری^۱

چکیده

قیمت گذاری یکی از موضوعات بسیار مهم در میزان سودآوری زنجیره تامین می باشد. در کنار قیمت کالا، نحوه فروش نیز در میزان فروش بسیار تاثیر دارد و می تواند باعث افزایش میزان سودآوری زنجیره تامین شود. در این مقاله به ارائه مدلی برای قیمت گذاری کالا جایگزین و مکمل (چهار کالا) به صورت همزمان پرداختیم که فروشنده کالاها را به دو صورت جداگانه و به صورت بسته ای به مشتری نهایی عرضه می کند و به مقایسه سود حاصل از فروش هر یک از سناریوها پرداخته و با یکدیگر مقایسه انجام داده ایم. در فروش بسته ای دو کالا مکمل با هم در یک بسته عرضه می گردند که هر کدام از این بسته ها جایگزین یکدیگر می باشند ولی در فروش جداگانه هر کالا به صورت جداگانه به فروش می رسد. تابع تقاضا برای هر یک از کالاها تابعی خطی از قیمت خود کالا و کالاهای دیگر می باشد. برای تقاضا امکان بروز ریسک انقطاع نیز وجود دارد به این صورت که در صورت بروز ریسک انقطاع تنها درصدی از میزان سفارش قابل برآورده سازی می باشد. برای نشان دادن اعتبار مدل از مثال عددی استفاده شده و تحلیل حساسیت روی پارامترهای مهم مساله انجام شده است. بعد از حل مدل این نتیجه حاصل شده است که در فروش بسته ای به دلیل کاهش قیمت و افزایش میزان تقاضا میزان سود زنجیره تامین افزایش پیدا می کند.

واژگان کلیدی: زنجیره تامین، قیمت گذاری، کالا مکمل، کالا جایگزین، فروش بسته ای، فروش جداگانه، ریسک انقطاع.

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران

تنوع کالا و خدمات و همچنین عدم قطعیت موجود در تقاضای مشتریان برای کالا، شرکت‌ها را بر آن داشته است که در قالب یک زنجیره‌تامین جهت برآورده نمودن رضایت مشتری با یکدیگر همکاری نمایند. روش‌های قیمت‌گذاری کالا و خدمات همیشه یکی از مهمترین مباحث در دنیای فروش و بازاریابی بوده و هست زیرا هر بنگاه اقتصادی به دنبال افزایش میزان سود خود می‌باشد و در ضمن سناریوهای فروش برای هر بنگاه اقتصادی در بازار رقابتی بسیار حائز اهمیت است. نحوه یا روش قیمت‌گذاری کالا و خدمت، از عواملی است که حتی می‌تواند میزان موفقیت یک کسب و کار را تحت تاثیر قراردهد. یکی از پارامترهای اساسی در تعیین میزان تقاضای هر شرکت از کالا و میزان سودآوری آن قیمت کالای (خدمت) است که توسط وی ارائه می‌شود زیرا رقاباتی که کالا مشابه ارائه می‌دهند از سناریوهای مختلف برای جذب مشتری استفاده می‌کنند و از آنجایی که قیمت هر کالا در جذب مشتری بسیار حائز اهمیت می‌باشد موضوع قیمت‌گذاری بسیار مهم می‌باشد. از همین روی، یکی از مسائل مهم هر شرکت تعیین قیمت کالا به منظور بیشینه کردن سود وی می‌باشد با توجه به محدود بودن جامعه مشتریان و همچنین تاثیر قیمت در جابه‌جایی تقاضا بین شرکت‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. کالاها معمولاً جایگزین یا مکمل یکدیگر می‌باشند که کالا مکمل معمولاً با یکدیگر استفاده می‌شوند و قیمت هر یک از آنها بر تقاضا دیگر کالا اثر مستقیم دارد و کالاها جایگزین معمولاً به جای یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند و قیمت هر کالا بر تقاضا آنها بر اثر منفی دارند.

هر کسب‌وکاری ممکن است بنا بر دلایل مختلفی در هر زمان از استراتژی خاص یا ترکیبی از استراتژی‌های بازاریابی و فروش استفاده کند. استراتژی فروش بسته‌ای در فروش می‌تواند به طور قابل توجهی ارزش میانگین سبد خرید مشتریان را افزایش دهد و به سودآوری بیشتر بنگاه‌های اقتصادی کمک زیادی کند. این روش ارائه چند کالا به صورت یک بسته با قیمت تخفیف‌دار است. این استراتژی می‌تواند به فروش کالا

کم‌فروش، افزایش نرخ تبدیل و جلب رضایت مشتریان کمک کند. در زنجیره‌تامین ممکن است عوامل مختلفی رخ دهد که باعث برهم زدن میزان سود زنجیره‌تامین شود به این صورت که سوراوری زنجیره‌تامین را دچار اختلال کنند. مانند خرابی ماشین آلات، اعتصاب کارگران، تحریم‌ها و ... در صورت بروز ریسک انقطاع تنها درصدی از میزان سفارش قابل برآورده‌سازی است که این امر باعث می‌شود سودآوری در زنجیره‌تامین دچار اختلال شود بنابراین ریسک انقطاع در میزان سودآوری زنجیره‌تامین و حتی قیمت‌گذاری کالا تاثیر مهمی دارد. بنابراین موضوع مهم در این پژوهش سناریوهای فروش، قیمت کالای فروخته‌شده و میزان تقاضا کالاها پرداخته می‌شود. ترتیب سایر بخش‌های مقاله به این ترتیب می‌باشد که: بخش دوم به مرور مقالات مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته شد، بخش سوم به روش تحقیق، به تعریف نمادهای مدل و مدل فروش جداگانه، فروش بسته‌ای و تعیین قیمت‌ها می‌پردازد. مثال عددی در بخش چهارم آورده شده، در بخش پنجم نتایج حاصل و در بخش ششم پیشنهادات آتی ارائه می‌شود.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در دنیای رقابتی در زمینه فعالیت‌های اقتصادی یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار در آینده هر یک از بنگاه‌های اقتصادی تعیین قیمت کالایی می‌باشد که توسط آنها ارائه می‌گردد. هر یک از بنگاه‌های اقتصادی به دنبال سهم بیشتری از بازار می‌باشند که قیمت کالایی که ارائه می‌دهند در تعیین این سهم اهمیت زیادی دارد. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مورد قیمت‌گذاری انجام شده است که در این قسمت به بررسی برخی از آنها می‌پردازیم:

قیمت‌گذاری یکی از موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته و مطالعات زیاد و گسترده‌ای در زمینه قیمت‌گذاری انجام داده‌اند.

[\(Kuo and Huang \(2012\), Cao et al \(2012\), Choi \(2007\), Seyed Esfahani et al \(2011\), Tang and Yin \(2007\), Wu and et al \(2012\).](#)

از آنجایی که قیمت گذاری در تعیین میزان سود هر بنگاه تاثیر بسزایی دارد و همچنین برای تنظیم میزان تقاضا، تولید و توزیع کالا مورد استفاده قرار می گیرد از اهمیت بالایی برخوردار است ([Soon \(2011\)](#)). اکثر تحقیقاتی که در زمینه قیمت گذاری انجام شده اند مربوط به کالا مکمل و جایگزین می باشند کالا مکمل کالای هستند که با هم مورد استفاده قرار می گیرند و تقاضای آنها بر یکدیگر تاثیر مثبت دارند. کالا جایگزین کالای هستند که به جای یکدیگر مورد استفاده قرار می گیرند و تقاضا آنها بر یکدیگر تاثیر منفی دارد. مطالعات گسترده ای برای کالا جایگزین انجام شده است که عبارتند از: ([Karakul and Chan \(2008\)](#)) مساله توام تصمیمات قیمت گذاری و خرید را در یک زنجیره تک پرودی و با دو کالا جایگزین مطالعه نموده اند. ([Karakul and Chan \(2010\)](#)) مساله توام قیمت گذاری و خرید را برای زنجیره تک پرودی و با دو کالا جایگزین با تعریف تقاضا احتمالی و وابسته به قیمت بررسی نموده اند. ([Zhao and Wei \(2012\)](#)) بازی قیمت گذاری را در بازاری شامل دو زنجیره در رقابت و با دو کالای جایگزین در فضای فازی مطالعه نموده است. ([Chen and et al \(2013\)](#)) سیاست های قیمت گذاری را برای زنجیره ی کالاهای جایگزین شامل یک تولید کننده و یک خرده فروش است بررسی می نماید که در این زنجیره تولید کننده دو کانال برای ارائه کالا خود دارد و خرده فروش علاوه بر کالای تولید شده توسط این تولید کننده کالایی جایگزین از یک تولید کننده دیگر ارائه می کند. بر خلاف مطالعات گسترده در مورد کالاهای جایگزین تحقیقات کمی در مورد کالاهای مکمل انجام شده اند که عبارت است از: ([Yue et al \(2006\)](#)) به بررسی استراتژی های بهینه برای دو بنگاه که دو کالای مکمل را در یک بسته واحد به فروش پرداخته اند. ([Mukhopadhyay \(2011\)](#)) بازاری انحصاری را که شامل دو بنگاه مجزا است در نظر گرفته اند که این دو بنگاه دو کالای مکمل را تولید می کنند و در این زنجیره مساله قیمت گذاری با تعریف ساختار رهبر پیرو بررسی می شود و هر بنگاه اطلاعات اختصاصی از پیش بینی تقاضای بازار دارد و درباره چگونگی آن با عضو دیگر تصمیم گیری می کند. ([Wei and et al \(2013\)](#)) مساله قیمت گذاری را برای دو کالای مکمل در زنجیره ای شامل دو تولید کننده و یک خرده فروش با تعریف ساختارهای مختلف قدرت و با

استفاده از نظریه بازی‌ها مطالعه می‌نمایند. براساس مطالعات صورت گرفته تعداد کمی از مقالات به بررسی ریسک انقطاع پرداختند که در ادامه بررسی تعدادی از این مقالات می‌پردازیم: [Mohsenzadeh Ledari and Arshadi Khamseh \(۲۰۲۴\)](#) به بررسی قیمت‌گذاری کالا جایگزین و مکمل به صورت همزمان با در نظر گرفتن ریسک انقطاع و سبز بودن کالا پرداختند. [Mohsenzadeh Ledari and et al \(2019\)](#) به بررسی قیمت‌گذاری کالا جایگزین و مکمل به صورت همزمان و با در نظر گرفتن فروش بسته‌ای و فروش تکی پرداختند. [Zhou and et al \(2023\)](#) آنها یک زنجیره‌تامین را در نظر گرفتند که در آن یک تولیدکننده معمولی که در معرض ریسک انقطاع قرار دارد، کالای را به یک خرده‌فروش ارائه می‌دهد. خرده‌فروش همچنین می‌تواند انتخاب کند که کالا را از یک تولیدکننده معتبر خارجی با قیمت عمده فروشی بالاتر خریداری کند.

[Jafari- Nodoushan and et al \(2023\)](#) آنها یک مدل سه هدفه را برای طراحی یک شبکه زنجیره‌تامین پیشرو با در نظر گرفتن ریسک‌های عملیاتی و مخرب مرتبط ارائه می‌کند. چندین استراتژی تاب‌آوری کاهش دهنده و پیشگیرانه برای مقابله با ریسک‌های ذکر شده اجرا می‌شود. همچنین، قیمت‌های بهینه برای کالا و قطعات از طریق یک استراتژی قیمت‌گذاری مشترک برای افزایش سودآوری زنجیره‌تامین در بروز ریسک انقطاع تعیین می‌شود. در بررسی کار این پژوهشگران شکاف‌های علمی، عدم بررسی قیمت‌گذاری کالا جایگزین و مکمل با در نظر گرفتن ریسک انقطاع با سناریو فروش بسته‌ای و جداگانه دیده می‌شود. باتوجه به مطالب گفته شده این پژوهش قصد دارد به ارائه سناریوهای فروش در زنجیره‌تامین پردازد بدین صورت که فروش به دو صورت فروش بصورت بسته‌ای و فروش به صورت جداگانه امکان پذیر باشد. امکان بروز ریسک انقطاع به صورت احتمالی بوده که در صورت بروز ریسک انقطاع تنها درصدی از میزان سفارش قابل برآورده سازی خواهد. تابع تقاضا در این مدل به صورت خطی می‌باشد که علاوه بر قیمت خود کالا قیمت کالا جایگزین و یا مکمل در میزان تقاضا تاثیر دارد. در فروش بسته‌ای میزان تقاضا بسته‌ای که کالا در آن فروخته می‌شود نیز به همین صورت است.

هدف و نوآوری پژوهش

براساس مطالعاتی انجام شده مشخص می‌شود در این مقاله به بررسی قیمت‌گذاری کالاهای جایگزین و مکمل به صورت همزمان به صورت فروش بسته‌ای و جداگانه با در نظر گرفتن ریسک انقطاع می‌پردازیم. لذا مدل ریاضی ارائه شده در این مقاله به بررسی کالاهای مکمل و جایگزین به صورت همزمان می‌پردازد به این ترتیب که فروشنده چهار کالا به صورت همزمان به مشتری عرضه می‌کند که این کالاها با یکدیگر جایگزین و مکمل می‌باشند. فروشنده کالاها را به دو صورت فروش جداگانه و فروش به صورت بسته‌ای می‌پردازد و امکان بروز ریسک انقطاع بین سطوح زنجیره تامین وجود دارد به این صورت که در صورت بروز ریسک انقطاع تنها درصدی از میزان سفارش قابل برآورده‌سازی است. در انتها به مقایسه میزان سودآوری هر دو سناریو فروش پرداخته شده و تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مهم مدل انجام شده تا به بررسی اثر هر یک از پارامترها پرداخته شود.

روش تحقیق

در این مقاله مدل فروش کالا مکمل و جایگزین به صورت همزمان و توسط یک فروشنده در حالت‌های مختلف ارائه شده است به این ترتیب که فروشنده چهار کالا به مشتری نهایی می‌فروشد که دو به دو این کالاها مکمل و جایگزین یکدیگر می‌باشند (به طور مثال چای، قهوه، قند و شکر که چای و قهوه جایگزین و قند و شکر هم جایگزین و از طرفی چای مکمل قند و شکر می‌باشد و برعکس و همچنین قهوه با قند و شکر مکمل یکدیگر می‌باشند و برعکس). فروشنده این کالا را تحت سناریوهای مختلف به فروش می‌رساند که این سناریوها عبارتند از فروش جداگانه هر کالا یا فروش به صورت بسته‌ای. در مدل ارائه شده امکان بروز ریسک انقطاع وجود دارد که حالتی احتمالی می‌باشد و در صورت بروز ریسک انقطاع تنها درصدی از میزان سفارش قابل برآورده سازی می‌باشد. در نتیجه میزان سفارش برآورده‌سازی شده امید ریاضی میزان سفارش در دو حالت بروز ریسک انقطاع و عدم بروز ریسک انقطاع می‌باشد.

پارامترها

توضیحات	پارامتر	توضیحات	پارامتر
با ضریب حساسیت قیمت کالا مکمل ام نسبت به تقاضا بسته کالا جایگزین دیگر	β_{ij}	تقاضا کالا i ام	d_i
درصد برآورده سازی سفارش در صورت بروز ریسک انقطاع در حالت فروش تکی	y_i	هزینه خرید کالا i ام	c_i
احتمال بروز ریسک انقطاع در حالت فروش تکی	q_i	تقاضا پایه برای کالا i ام در قیمت صفر	a_i
درصد برآورده سازی سفارش در صورت بروز ریسک انقطاع در حالت فروش بسته ای	y_{ij}	ضریب حساسیت قیمت کالا i ام نسبت به تقاضا خود کالا	α_i
احتمال بروز ریسک انقطاع در حالت فروش بسته ای	q_{ij}	ضریب حساسیت قیمت کالا i ام نسبت به تقاضا کالا دیگر	β_i
		ضریب حساسیت قیمت کالا مکمل با جایگزین j ام نسبت به تقاضا آن بسته	α_{ij}

متغیر تصمیم

توضیحات	متغیر تصمیم	توضیحات	متغیر تصمیم
میزان کل سود	π_T	قیمت فروش کالا i ام	p_i
		قیمت فروش کالا ij ام	p_{ij}

میزان تقاضا برای هر یک از کالا در حالت فروش جداگانه:

$$d_1 = a_1 - p_3 \cdot \beta_3 - p_4 \cdot \beta_4 - p_1 \cdot \alpha_1 + p_2 \cdot \beta_2 \quad (1)$$

$$d_2 = a_2 - p_2 \cdot \alpha_2 - p_3 \cdot \beta_3 - p_4 \cdot \beta_4 + p_1 \cdot \beta_1 \quad (2)$$

$$d_3 = a_3 - p_3 \cdot \alpha_3 - p_2 \cdot \beta_2 - p_1 \cdot \beta_1 + p_4 \cdot \beta_4 \quad (3)$$

$$d_4 = a_4 - p_4 \cdot \alpha_4 - p_2 \cdot \beta_2 - p_1 \cdot \beta_1 + p_3 \cdot \beta_3 \quad (4)$$

همانطور که از توابع تقاضا مشخص است تابع تقاضا نسبت به قیمت خود کالا و کالا جایگزین و مکمل حساس می‌باشد به این ترتیب که با افزایش قیمت خود کالا و کالا مکمل تقاضا کاهش و با افزایش قیمت کالا مکمل تقاضا افزایش می‌یابد.

تابع سود کل:

$$\pi_T = (q_1 y_1 + (1 - q_1))(p_1 - c_1)d_1 + (q_2 y_2 + (1 - q_2))(p_2 - c_2)d_2 + (q_3 y_3 + (1 - q_3))(p_3 - c_3)d_3 + (q_4 y_4 + (1 - q_4))(p_4 - c_4)d_4 \quad (5)$$

برای اثبات مقعر بودن تابع هدف از ماتریس هشین استفاده می‌کنیم:

$$H_{\pi_T} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_1 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_1 \partial p_3} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_1 \partial p_4} \\ \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_2 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_2^2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_2 \partial p_3} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_2 \partial p_4} \\ \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_3 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_3 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_3^2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_3 \partial p_4} \\ \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_4 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_4 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_4 \partial p_3} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_4^2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$H_{\pi_T} = \begin{bmatrix} -2(q_1 y_1 + 1 - q_1)\alpha_1 & (q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_2 & -(q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_3 & -(q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_4 \\ (q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_2 & + (q_2 y_2 + 1 - q_2)\beta_1 & -(q_3 y_3 + 1 - q_3)\beta_1 & -(q_4 y_4 + 1 - q_4)\beta_1 \\ (q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_2 & -2(q_2 y_2 + 1 - q_2)\alpha_2 & -(q_2 y_2 + 1 - q_2)\beta_3 & -(q_2 y_2 + 1 - q_2)\beta_4 \\ + (q_2 y_2 + 1 - q_2)\beta_1 & & -(q_3 y_3 + 1 - q_3)\beta_2 & -(q_4 y_4 + 1 - q_4)\beta_2 \\ -(q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_3 & -(q_2 y_2 + 1 - q_2)\beta_3 & & (q_3 y_3 + 1 - q_3)\beta_4 \\ -(q_3 y_3 + 1 - q_3)\beta_1 & -(q_3 y_3 + 1 - q_3)\beta_2 & -(q_3 y_3 + 1 - q_3)2\alpha_3 & + (q_4 y_4 + 1 - q_4)\beta_3 \\ -(q_1 y_1 + 1 - q_1)\beta_4 & -(q_2 y_2 + 1 - q_2)\beta_4 & (q_3 y_3 + 1 - q_3)\beta_4 & & \\ -(q_4 y_4 + 1 - q_4)\beta_1 & -(q_4 y_4 + 1 - q_4)\beta_2 & + (q_4 y_4 + 1 - q_4)\beta_3 & -2(q_4 y_4 + 1 - q_4)\alpha_4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

دترمینان مینور اول برابر است با: $-2(q_1y_1 + 1 - q_1)\alpha_1$

از آنجایی که مقدار α_1 مثبت می‌باشد پس مقدار دترمینان مینور اول منفی می‌باشد.
دترمینان مینور دوم است با:

$$4(q_1y_1 + 1 - q_1)\alpha_1 \cdot (q_2y_2 + 1 - q_2)\alpha_2 - ((q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 + (q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_1) \cdot ((q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 + (q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_1) \quad (8)$$

که بعد از ساده کردن داریم

$$4\alpha_1\alpha_2(q_1y_1 + 1 - q_1)(q_2y_2 + 1 - q_2) - (q_1y_1 + 1 - q_1)^2\beta_2^2 - 2(q_1y_1 + 1 - q_1)(q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_2\beta_1 - (q_2y_2 + 1 - q_2)^2\beta_1^2 \quad (9)$$

که باید مقداری مثبت داشته باشد پس داریم:

$$4\alpha_1\alpha_2(q_1y_1 + 1 - q_1)(q_2y_2 + 1 - q_2) - ((q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 + (q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_1)^2 \quad (10)$$

$$\alpha_1\alpha_2 \geq \frac{((q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 + (q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_1)^2}{4(q_1y_1 + 1 - q_1)(q_2y_2 + 1 - q_2)}$$

که این عبارت باید برقرار

باشد.

دترمینان مینور سوم برابر است با دترمینان ماتریس زیر:

$$H_{\pi_f} = \begin{bmatrix} -2(q_1y_1 + 1 - q_1)\alpha_1 & (q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 & -(q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_3 \\ (q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 & + (q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_1 & -(q_3y_3 + 1 - q_3)\beta_1 \\ (q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_2 & -2(q_2y_2 + 1 - q_2)\alpha_2 & -(q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_3 \\ + (q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_1 & & -(q_3y_3 + 1 - q_3)\beta_2 \\ -(q_1y_1 + 1 - q_1)\beta_3 & -(q_2y_2 + 1 - q_2)\beta_3 & \\ -(q_3y_3 + 1 - q_3)\beta_1 & -(q_3y_3 + 1 - q_3)\beta_2 & -(q_3y_3 + 1 - q_3)2\alpha_3 \end{bmatrix} \quad (11)$$

که بعد از ساده کردن و محاسبه دترمینان مشخص می‌شود که مقداری منفی دارد.
دترمینان مینور چهارم برابر است با دترمینان ماتریس زیر:

$$H_{\pi} = \begin{bmatrix} -2(q_1y_1+1-q_1)\alpha_1 & (q_1y_1+1-q_1)\beta_2 & -(q_1y_1+1-q_1)\beta_3 & -(q_1y_1+1-q_1)\beta_4 \\ & +(q_2y_2+1-q_2)\beta_1 & -(q_3y_3+1-q_3)\beta_1 & -(q_4y_4+1-q_4)\beta_1 \\ (q_1y_1+1-q_1)\beta_2 & -2(q_2y_2+1-q_2)\alpha_2 & -(q_2y_2+1-q_2)\beta_3 & -(q_2y_2+1-q_2)\beta_4 \\ +(q_2y_2+1-q_2)\beta_1 & & -(q_3y_3+1-q_3)\beta_2 & -(q_4y_4+1-q_4)\beta_2 \\ -(q_1y_1+1-q_1)\beta_3 & -(q_2y_2+1-q_2)\beta_3 & -(q_3y_3+1-q_3)2\alpha_3 & (q_3y_3+1-q_3)\beta_4 \\ -(q_3y_3+1-q_3)\beta_1 & -(q_3y_3+1-q_3)\beta_2 & & +(q_4y_4+1-q_4)\beta_3 \\ -(q_1y_1+1-q_1)\beta_4 & -(q_2y_2+1-q_2)\beta_4 & (q_3y_3+1-q_3)\beta_4 & -2(q_4y_4+1-q_4)\alpha_4 \\ -(q_4y_4+1-q_4)\beta_1 & -(q_4y_4+1-q_4)\beta_2 & +(q_4y_4+1-q_4)\beta_3 & \end{bmatrix} \quad (12)$$

که بعد از ساده کردن و محاسبه دترمینان مشخص می شود که مقداری مثبت دارد. در نتیجه ماتریس هشین تابع هدف با شرطی که در دترمینان مینور دوم برقرار است مقعر خواهد بود. برای بدست آوردن مقادیر بهینه هر یک از متغیرهای تصمیم از تابع هدف نسبت متغیرهای تصمیم مشتق گرفته و برابر صفر قرار می دهیم و با حل معادله ۴ مجهول زیر مقدار متغیر تصمیم را بدست می آوریم.

$$(q_1y_1+1-q_1).(a_1-p_3\beta_3-p_4\beta_4-p_1\alpha_1+p_2\beta_2)-(q_1y_1+1-q_1).(p_1-c_1).\alpha_1+ \\ (q_2y_2+1-q_2).(p_2-c_2).\beta_1-(q_3y_3+1-q_3).(p_3-c_3).\beta_1-(q_4y_4+1-q_4).(p_4-c_4).\beta_1 = 0 \quad (13)$$

$$(q_1y_1+1-q_1).(p_1-c_1).\beta_2+(q_2y_2+1-q_2).(a_2-p_2\alpha_2-p_3\beta_3-p_4\beta_4+p_1\beta_1)- \\ (q_2y_2+1-q_2).(p_2-c_2).\alpha_2-(q_3y_3+1-q_3).(p_3-c_3).\beta_2-(q_4y_4+1-q_4).(p_4-c_4).\beta_2 = 0 \quad (14)$$

$$-(q_1y_1+1-q_1).(p_1-c_1).\beta_3-(q_2y_2+1-q_2).(p_2-c_2).\beta_3+(q_3y_3+1-q_3).(a_3-p_3\alpha_3-p_2\beta_2-p_1\beta_1+p_4\beta_4) \\ -(q_3y_3+1-q_3).(p_3-c_3).\alpha_3+(q_4y_4+1-q_4).(p_4-c_4).\beta_3 = 0 \quad (15)$$

$$-(q_1y_1+1-q_1).(p_1-c_1).\beta_4-(q_2y_2+1-q_2).(p_2-c_2).\beta_4+(q_3y_3+1-q_3).(p_3-c_3).\beta_4 \\ +(q_4y_4+1-q_4).(a_4-p_4\alpha_4-p_2\beta_2-p_1\beta_1+p_3\beta_3)-(q_4y_4+1-q_4).(p_4-c_4).\alpha_4 = 0 \quad (16)$$

فروش به صورت بسته‌ای:

تقاضا کالا در حالت فروش بسته ای (کالا او ۳ در یک بسته و کالا ۲و ۴ در یک بسته)

$$d_{13} = a_{13} - p_{13} \cdot \alpha_{13} + p_{24} \cdot \beta_{24} \quad (17)$$

$$d_{24} = a_{24} - p_{24} \cdot \alpha_{24} + p_{13} \cdot \beta_{13} \quad (18)$$

$$\pi_T = (q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13})(p_{13} - c_1 - c_3) d_{13} + (q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24})(p_{24} - c_2 - c_4) d_{24} \quad (19)$$

برای اثبات مقعر بودن تابع هدف از ماتریس هشین استفاده می‌کنیم:

$$H_{\pi_T} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{13}^2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{13} \partial p_{24}} \\ \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{24} \partial p_{13}} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{24}^2} \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$H_{\pi_T} = \begin{bmatrix} -2\alpha_{13}(q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13}) & ((q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13})\beta_{24}) + (q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24})\beta_{13} \\ ((q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13})\beta_{24}) + ((q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24})\beta_{13}) & -2((q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24})\alpha_{24}) \end{bmatrix} \quad (21)$$

دترمینان مینور اول برابر است با: $-2\alpha_{13}(q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13})$ از آنجایی که مقدار α_{13} مثبت می‌باشد در نتیجه مقدار دترمینان مینور اول منفی می‌باشد.

دترمینان مینور دوم برابر است با:

$$\begin{aligned} & (4\alpha_{13}(q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot ((q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24}) \cdot \alpha_{24})) - \\ & (((q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot \beta_{24}) + (q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24}) \cdot \beta_{13}) \cdot ((q_{13} \cdot y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot \beta_{24}) \\ & + ((q_{24} \cdot y_{24} + 1 - q_{24}) \cdot \beta_{13}) \end{aligned} \quad (22)$$

که پس از ساده کردن داریم:

$$\begin{aligned} & (4\alpha_{13}(q_{13}y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot ((q_{24}y_{24} + 1 - q_{24}) \cdot \alpha_{24})) - \\ & (q_{13}y_{13} + 1 - q_{13})^2 \cdot \beta_{24}^2 + 2(q_{24}y_{24} + 1 - q_{24}) \cdot \beta_{13} \cdot ((q_{13}y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot \beta_{24}) \\ & + ((q_{24}y_{24} + 1 - q_{24})^2 \cdot \beta_{13}^2) \end{aligned} \quad (23)$$

و برای اینکه این عبارت مثبت باشد باید شرط زیر برقرار باشد:

$$4\alpha_{13} \cdot \alpha_{24} \geq \frac{((q_{13}y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot \beta_{24} + ((q_{24}y_{24} + 1 - q_{24}) \cdot \beta_{13}))^2}{(q_{13}y_{13} + 1 - q_{13}) \cdot ((q_{24}y_{24} + 1 - q_{24}))} \quad (24)$$

همانطور که از دترمینان مینورهای ماتریس هشین تابع هدف مشخص است تابع هدف با برقراری شرط فوق مقعر می‌باشد. برای بدست آوردن مقادیر بهینه هر یک از متغیرهای تصمیم از تابع هدف نسبت به هر یک از متغیرهای تصمیم مشتق گرفته و با حل دو معادله دو مجهول مقدار هر یک از متغیرهای تصمیم بدست می‌آید که برابر است با:

$$\begin{aligned} & (q_{13}y_{13} + 1 - q_{13})(a_{13} - p_{13}\alpha_{13} + p_{24}\beta_{24}) - (q_{13}y_{13} + 1 - q_{13})(p_{13} - c_1 - c_3)\alpha_{13} \\ & + (q_{24}y_{24} + 1 - q_{24})(p_{24} - c_2 - c_4)\beta_{13} = 0 \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} & ((q_{13}y_{13} + 1 - q_{13})(p_{13} - c_1 - c_3) \cdot \beta_{24}) - (q_{24}y_{24} + 1 - q_{24})(\alpha_{24} - p_{24}\alpha_{24} + p_{13}\beta_{13}) \\ & - (q_{24}y_{24} + 1 - q_{24})(p_{24} - c_2 - c_4)\alpha_{24} = 0 \end{aligned} \quad (26)$$

تقاضا کالا در حالت فروش بسته‌ای (کالا ۲ و ۳ در یک بسته و کالا ۱ و ۴ در یک بسته)

$$d_{14} = a_{14} - p_{14} \cdot \alpha_{14} + p_{23} \cdot \beta_{23} \quad (27)$$

$$d_{23} = a_{23} - p_{23} \cdot \alpha_{23} + p_{14} \cdot \beta_{14} \quad (28)$$

$$\pi_T = (q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})(p_{14} - c_1 - c_4)d_{14} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})(p_{23} - c_2 - c_3)d_{23} \quad (29)$$

برای اثبات مقعر بودن تابع هدف از ماتریس هشین استفاده می‌کنیم:

$$H_{\pi_T} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{14}^2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{14} \partial p_{23}} \\ \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{14} \partial p_{23}} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_{23}^2} \end{bmatrix} \quad (30)$$

$$H_{\pi_T} = \begin{bmatrix} -2(q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\alpha_{14} & (q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\beta_{23} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})\beta_{14} \\ (q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\beta_{23} & -2(q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})\alpha_{23} \\ +(q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})\beta_{14} & \end{bmatrix} \quad (31)$$

دترمینان مینور اول برابر است با: $-2(q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\alpha_{14}$ از آنجایی که مقدار α_{14} مثبت می‌باشد پس دترمینان مینور اول منفی می‌باشد. دترمینان مینور دوم برابر است با:

$$4\alpha_{14}\alpha_{23}(q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})^2 - ((q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\beta_{23} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})\beta_{14})((q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\beta_{23} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})\beta_{14}) \quad (32)$$

که پس از ساده کردن داریم: $4\alpha_{14}\alpha_{23} - (\beta_{23} + \beta_{14})^2$ و برای اینکه این عبارت مثبت باشد باید شرط زیر برقرار باشد:

$$4\alpha_{14}\alpha_{23} \geq \frac{((q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})\beta_{23} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})\beta_{14})^2}{(q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})(q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})} \quad (33)$$

همانطور که از دترمینان مینورهای ماتریس هشین تابع هدف مشخص است تابع هدف با برقراری شرط فوق مقعر می‌باشد. برای بدست آوردن مقادیر بهینه هر یک از متغیرهای تصمیم از تابع هدف نسبت به هر یک از متغیرهای تصمیم مشتق گرفته و با حل دو معادله دو مجهول مقدار هر یک از متغیرهای تصمیم بدست می‌آید که برابر است با:

$$(q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})(a_{14} - p_{14}\alpha_{14} + p_{23}\beta_{23}) - (q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})(p_{14} - c_1 - c_4)\alpha_{14} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})(p_{23} - c_2 - c_3)\beta_{14} = 0 \quad (34)$$

$$(q_{14}y_{14} + 1 - q_{14})(p_{14} - c_1 - c_4)\beta_{23} + (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})(a_{23} - p_{23}\alpha_{23} + p_{14}\beta_{14}) - (q_{23}y_{23} + 1 - q_{23})(p_{23} - c_2 - c_3)\alpha_{23} = 0 \quad (35)$$

مثال عددی

فرض کنید فروشنده چهار کالا به مشتری نهایی می فروشد که این کالا هم جایگزین و هم مکمل یکدیگر می باشند. بین ضرایب حساسیت تقاضا به قیمت باید شرایطی که گفته شده در نظر گرفته شود تا جواب بدست آمده جواب بهینه کلی باشد.

جدول ۱. داده برای حل مساله در حالت فروش جداگانه

پارامتر	حد پایین	حد وسط	حد بالا
a_1	-	1000	-
a_2	-	1000	-
a_3	-	1000	-
a_4	-	1000	-
α_1	4	4.5	5
α_2	3.8	4.3	4.8
α_3	3.6	4.1	4.6
α_4	3.3	3.8	4.3
β_1	1.6	1.9	2.2
β_2	1.5	1.8	2.1
β_3	1.4	1.7	2
β_4	1.3	1.6	1.9
c_1	-	35	-
c_2	-	37	-
c_3	-	39	-
c_4	-	41	-
q_1	-	0.2	-
q_2	-	0.3	-

q_3	-	0.25	-
q_4	-	0.35	-
y_1	-	0.8	-
y_2	-	0.7	-
y_3	-	0.75	-
y_4	-	0.85	-

$$d_1 = 1000 - 1.7p_3 - 1.6p_4 - 4.5p_1 + 1.8p_2$$

$$d_2 = 1000 - 4.3p_2 - 1.7p_3 - 1.6p_4 + 1.9p_1$$

$$d_3 = 1000 - 4.1p_3 - 1.8p_2 - 1.9p_1 + 1.6p_4$$

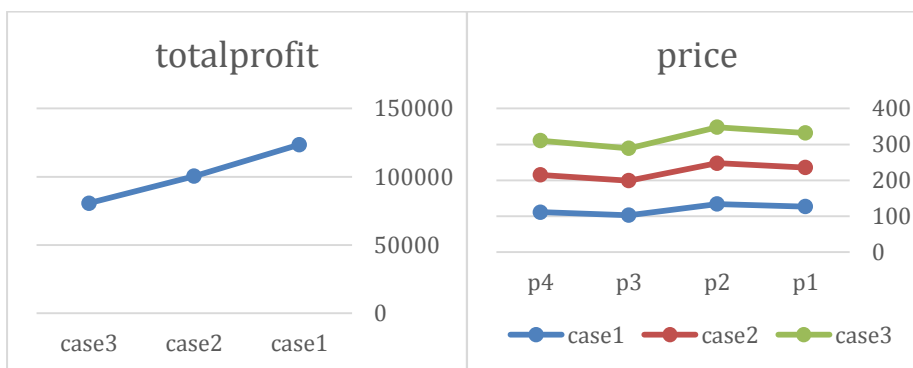
$$d_4 = 1000 - 3.8p_4 - 1.8p_2 - 1.9p_1 + 1.7p_3$$

مقدار هر یک از متغیرهای تصمیم و مقدار تابع هدف عبارت است از:

$$p_1 = 108.651, p_2 = 113.852, p_3 = 96.684, p_4 = 103.578,$$

$$d_1 = 410.54, d_2 = 420.456, d_3 = 392.648, d_4 = 393.758$$

$$Totalprofit = 100400$$



شکل ۱. اثر تغییر ضرایب حساسیت بر روی سود و قیمت فروش

همانطور که از فوق مشخص است با افزایش ضرایب حساسیت تقاضا بر اساس قیمت میزان قیمت فروش هر یک از کالاها افزایش ولی سود کل کاهش می‌یابد.

جدول ۲. داده برای حل مساله در حالت فروش بسته ای

پارامتر	حد پایین	حد متوسط	حد بالا
a_{13}	-	1000	-
a_{24}	-	1000	-
a_{23}	-	1000	-
a_{14}	-	1000	-
α_{13}	4	4.5	5
α_{24}	3.8	4.3	4.8
α_{23}	3.6	4.1	4.6
α_{14}	3.3	3.8	4.3
β_{13}	1.6	1.9	2.2
β_{24}	1.5	1.8	2.1
β_{23}	1.4	1.7	2
β_{14}	1.3	1.6	1.9
c_1	-	35	-
c_2	-	37	-
c_3	-	39	-
c_4	-	41	-
q_{13}	-	0.2	-
q_{24}	-	0.25	-
y_{13}	-	0.8	-
y_{24}	-	0.85	-
q_{14}		0.3	
q_{23}		0.35	
y_{14}		0.7	
y_{23}		0.75	

$$d_{13} = 100 - 4.5p_{13} + 1.8p_{24}$$

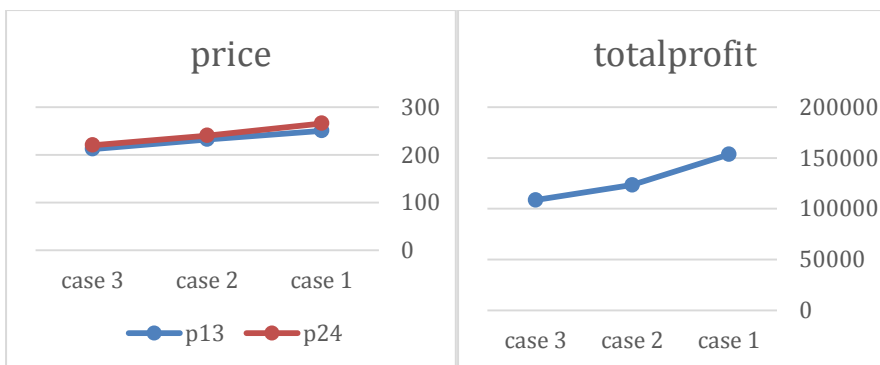
$$d_{24} = 100 - 4.3p_{24} + 1.9p_{13}$$

$$d_{14} = 100 - 3.8p_{14} + 1.7p_{23}$$

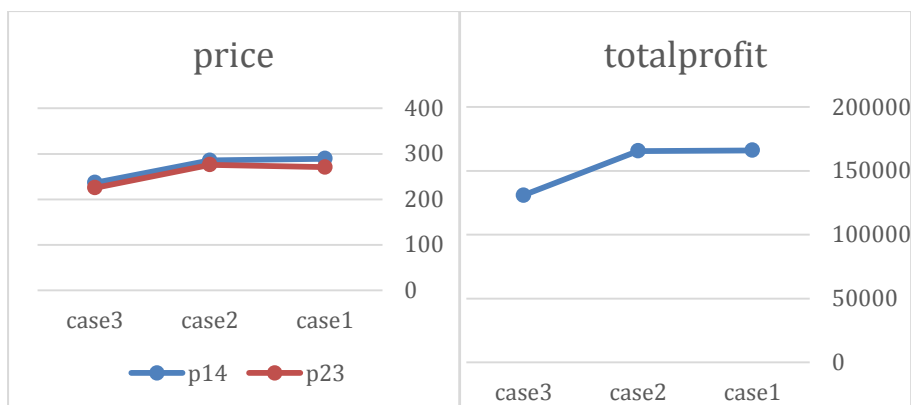
$$d_{23} = 100 - 4.1p_{23} + 1.6p_{14}$$

$$p_{13} = 232.85, p_{24} = 240.74, d_{13} = 398.765, d_{24} = 415.35786, totalprofit = 123440$$

$$p_{14} = 285.3345, p_{23} = 274.765, d_{14} = 419.7765, d_{23} = 431.985, totalprofit = 165560$$



شکل ۲. اثر تغییر ضرایب حساسیت بر روی سود و قیمت فروش



شکل ۳. اثر تغییر ضرایب حساسیت بر روی سود و قیمت فروش

همانطور که از دو شکل فوق مشخص است با افزایش ضرایب حساسیت تقاضا بر اساس قیمت میزان قیمت فروش هر یک از کالاها افزایش ولی سود کل کاهش می‌یابد زیرا ریسک انقطاع سود آوری زنجیره تامین را دچار اختلال می‌کند که حتی با افزایش میزان قیمت‌ها سود کل کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری

قیمت گذاری یکی از مهمترین عامل در میزان سودآوری هر یک از بنگاههای اقتصادی می باشد به این صورت که تعیین قیمت هر یک از کالا در تعیین میزان سهم از بازار بسیار حائز اهمیت می باشد و علاوه بر آن سناریوهایی که برای فروش کالا در نظر گرفته می شود نیز بسیار مهم است. در این مقاله فروش کالا ها مکمل و جایگزین به صورت همزمان توسط فروشنده بررسی شده است به این ترتیب که تقاضا برای هر یک از کالاها به قیمت خود کالا و قیمت کالا دیگر بستگی دارد. هر کسب و کاری ممکن است بنا بر دلایل مختلفی در هر زمان از استراتژی خاص یا ترکیبی از استراتژی های بازاریابی و فروش استفاده کند. فروشنده می تواند کالاها را به صورت جداگانه و به صورت بسته ای به فروش برساند که در فروش بسته ای دو کالا مکمل در یک بسته به مشتری عرضه می شوند. در این مقاله بررسی احتمال بروز ریسک انقطاع بررسی شده است به این صورت که با بروز ریسک انقطاع درصدی از میزان سفارش برآورده می شود و سودآوری زنجیره تامین دچار اختلال می شود. در انتها برای نشان دادن اعتبار مدل و مقایسه حالت های مختلف مثال عددی ارائه شده و تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مهم مدل انجام شده است. با حل مدل به این نتیجه رسیدیم که با فروش بسته ای به علت کاهش قیمت و افزایش تقاضا میزان سود فروشنده نسبت به حالت فروش جداگانه افزایش چشم گیری خواهد داشت و ترجیح فروشنده به فروش بسته ای می باشد. در نتیجه در عمل به این صورت است که فروشنده به جای اینکه هر یک از کالاها را به صورت جداگانه به فروش برساند بهتر است به صورت فروش بسته ای این کار را انجام دهد که باعث افزایش سودآوری خواهد شد حتی اگر ریسک انقطاع رخ دهد میزان سودآوری افزایش می یابد زیرا خریدار کالا مورد نیاز خود را با تخفیف های بیشتری خریداری می کند و باعث جذابیت برای مشتری خواهد شد. در عمل این روش می توان برای حالتی که دچار ریسک انقطاع می شویم و میزان فروش کاهش پیدا می کند از این روش برای افزایش میزان فروش و افزایش جلب مشتری استفاده کرد.

پیشنهادات آتی

در مدل ارائه شده میزان تقاضا خطی می‌باشد، برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد پژوهشگران میزان تقاضا را براساس روش‌هایی مانند وفاداری به برند، تولید کالای سبز، فروش از طریق کانال مستقیم و سنتی و... در نظر بگیرند. همچنین امکان بروز ریسک انقطاع به صورت احتمالی می‌باشد که پژوهشگران می‌توانند آن را به صورت فازی در نظر بگیرند.

منابع

- Cao, P., Li, J. & H. Yan. (2012). Optimal dynamic pricing of inventories with stochastic demand and discounted criterion. *European Journal of Operational Research*, 217 (3). 580-588. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.048>
- Choi, T. (2007). Pre-season stocking and pricing decisions for fashion retailers with multiple information updating. *International Journal of Production Economics*, 106 (1). 146-170. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.05.009>.
- Kuo, C., & Huang, K. (2012). Dynamic pricing of limited inventories for multi-generation products. *European Journal of Operational Research*, 217(2).394-403. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.020>
- Seyed Esfahani, M.M., Biazaran, M., & Gharakhani, M. (2011). A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer-retailer supply chains. *European Journal of Operational Research*, 211 (2).263-273. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.11.014>.
- Tang, C., & Yin, R. (2007). Joint ordering and pricing strategies for managing substitutable products. *Production and Operations Management*. 16 (1). 138-153. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00171.x>.
- Wu, C.H., Chen, C.W., & Hsieh C.C. (2012). Competitive pricing decisions in a two-echelon supply chain with horizontal and vertical competition. *International Journal of Production Economics*, 135 (1). 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.07.020>.
- Soon, W. (2011). A review of multi-product pricing models. *Applied Mathematics and Computation*, 217 (21). 8149-8165. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2011.03.042>.

- Karakul. M., & Chan. L.M.A. (2008). Analytical and managerial implications of integrating product substitutability in the joint pricing and procurement problem, *European Journal of Operational Research*, 190(1), 179-204. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.06.026>.
- Karakul. M., & Chan. L.M.A. (2010). Joint pricing and procurement of substitutable products with random demands – A technical note. *European Journal of Operational Research*, 201(1), 324-328. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.03.030>.
- Zhao. J., & Wei. J. (2012). Pricing game of two substitutable products supply chains under centralized and decentralized decisions. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*. 29(7). 435-443. <https://doi.org/10.1080/10170669.2012.721096>.
- Chen, Y., Fang, Sh., & Wen, Ch. (2013). Pricing policies for substitutable products in a supply chain with Internet and traditional channels. *European Journal of Operational Research*. 224 (3), 542-551. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.003>.
- Yue, X., Mukhopadhyay, S., & Zhu, X. (2006). A Bertrand model of pricing of complementary goods under information asymmetry, *Journal of Business Research*, 59(10-11), 1182-1192. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2005.06.005>.
- Mukhopadhyay, S., Yue, X., & Zhu, X. (2011). A Stackelberg model of pricing of complementary goods under information asymmetry. *International Journal of Production Economics*. 134 (2), 424-433. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.015>.
- Wei, J., Zhao, J., & Li, Y. (2013). Pricing decisions for complementary products with firms' different market powers. *European Journal of Operational Research* 224(3). 507-519. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.011>.
- Mohsenzadeh Ledari. A., & Arshadi Khamseh. A. (2024). Optimal pricing decisions in a two echelon green/non-green resilient supply chain for substitute and complementary products considering disruption risk. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*. 46(3). 355-389. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2024.137959>.
- Mohsenzadeh Ledari. A., Arshadi Khamseh. A., & Naderi, B. (2019). Pricing for Complementary and Substitute Products Simultaneously in the Package-Sale and Separate-Sale. *International Journal of Business Analytics*. 6(1). 77-93. [DOI: 10.4018/IJBAN.2019010105](https://doi.org/10.4018/IJBAN.2019010105).
- Zhou, W., Yang, H., Dang, Y., & Niu, B. (2023). A novel mechanism in a dual-sourcing supply chain with supply disruption risk: The fraction-

committed procurement contract. *Computers & Industrial Engineering*.186. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109712>.

Jafari-Nodoushan,A., Dehghani Sadrabadi, M.H., Nili,M., Ahmad Makui ,A. & Ghousi,R.(2024). Designing a sustainable disruption-oriented supply chain under joint pricing and resiliency considerations: A case study. *Computers & Chemical Engineering*.180(5). <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2023.108481>

COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Licensee Advances in Finance and Investment Journal. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

