نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
IERPS
ISSN: 2345-2269
نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
سال پنجم، شماره یازدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، صفحه ۲۲۹-۲۴۹
www.ier.basu.ac.ir
DOI: 10.22084/ier.2018.12668.1577

زنجیره تأمین دوسطحی سبز با در نظر گرفتن سطح کیفیت و سیاست بازگشت محصول: رویکرد تئوری بازی‌ها

نیما علیزاده باسبان[۱]، عطاالله طالعی‌زاده[۲،*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
۲. دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع ، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۱۸
پذیرش ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

کلمات کلیدی:
زنجیره تأمین
تئوری بازی‌ها
کاهش نشر کربن
کیفیت محصول
سیاست بازگشت محصول

خلاصه

در محیط رقابتی امروز، با توجه به اهمیت مسائل زیست محیطی، مشتریان بازار ترجیح می‌دهند محصول با نشر کربن کم خریداری کنند. علاوه بر آن سطح کیفیت محصول و سیاست بازگشت محصول به‌عنوان یک خدمت پس از فروش محصول در تقاضای بازار نقش دارد. در این مقاله یک زنجیره تأمین دوسطحی با یک تولیدکننده و یک خرده فروش را با در نظر گرفتن تأثیر متغیرهای تصمیم نرخ کاهش نشر کربن، سطح موجودی باقی‌مانده خرده فروش بعد از درک تقاضا، میزان قیمت استرداد محصول بازگشتی از مشتری و سطح کیفیت محصول بر تقاضای بازار و تابع سود زنجیره تأمین، خرده فروش و تولیدکننده در دو حالت سیستم یکپارچه و غیر یکپارچه با بکار گیری روش‌های بازی نش و استکلبرگ در نظر گرفته شده است. در این مقاله نشان داده شد که متغیرهای تصمیم و سود زنجیره در حالت یکپارچه بیشتر از حالت غیر یکپارچه است و سود زنجیره در سیستم غیر یکپارچه در بازی نش بیشتر از سودِ آن در بازی استکلبرگ زمانی که خرده فروش رهبر است، می‌باشد. بهبود کیفیت محصول در حالتی که خرده فروش رهبر است، منجر به بهبود سود زنجیره و اعضای آن نمی‌شود و در حالت نش بهبود سود تولیدکننده را به همراه ندارد، درحالی‌که منجر به بهبود سود زنجیره و خرده فروش می‌شود.

۱- مقدمه

در فضای رقابتی حاکم بر تجارت روز دنیا، سازمان‌ها و شرکت‌ها به دنبال عرضه محصولات مطابق با خواست و نظر مشتری هستند تا بتوانند سهم بیشتری از بازار را از آن خود کنند و سود بیشتری کسب کنند. بحث حفاظت از محیط زیست اولین فاکتوری است که برای جلب نظر مشتری در این پژوهش مد نظر قرار گرفته است. امروزه گرم شدن کره زمین و نشر بیش از حد گازهای گلخانه‌ای از طریق حمل‌ونقل، ساختمان‌سازی، تولید و مصرف کالاها و محصولات بشر را متوجه آثار مخرب آن بر سبک زندگی بشر و سلامت کرده است ([۱]، [۲]). مردم، به‌ویژه آن‌هایی که مسئولیت‌پذیر در قبال جامعه خود هستند و از آگاهی نسبت به محیط زیست برخوردارند به دنبال راهکاری برای کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه کربن هستند و به‌طور مثال ترجیح می‌دهند محصولات با نشر کربن کمتر خریداری کنند [۳]. دو راهکار برای کاهش نشر کربن در این پژوهش در نظر گرفته شده است. اولین راهکار تغییر فرآیند تولید محصولات در کارخانجات برای تولید محصول با نشر کربن کم است. کارخانجات با صرف هزینه سعی در تغییر فرآیند تولید خود می‌کنند تا محصول با نشر کربن کمتری تولید کنند و نظر مشتریان را جلب کرده و سود خود را افزایش دهند [۴]. دومین راهکار، به‌کارگیری قوانین دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه برای کمک به تولیدکنندگان برای کاهش نشر کربن می‌باشد که در آن دولت یک مقدار مجاز نشر کربن را به هر تولیدکننده تخصیص می‌دهد که مجاز به نشر آن

* نویسنده مسئول: عطاالله طالعی‌زاده
تلفن: ۸۲۰۸۴۴۸۶-۰۲۱؛ پست الکترونیکی: taleizadeh@ut.ac.ir

می‌باشند. درصورتی‌که تولیدکننده مقداری بیش از حد مجاز نشر دهد، به ازای هر واحد نشر کربن اضافی هزینه‌ای را پرداخت می‌کند و اگر کمتر از حد مجاز نشر دهد قادر به فروش مقدار اضافی آن به کارخانجات دیگر می‌باشد [۵]. علاوه بر نشر کربن، سیاست بازگشت محصول به‌عنوان یکی از خدمات پس از فروش محصول نقش مهمی در تقاضای مشتری دارد. درصورتی‌که پس از خرید محصول، مشتری بداند که اگر محصول خراب شد یا مورد رضایتش نبود امکان پس دادن محصول به تولیدکننده وجود دارد، با تمایل و اعتماد بیشتری اقدام به خرید آن محصول می‌کند در مقایسه باحالتی که شرکت هیچ تضمینی به بازپس‌گیری نمی‌دهد و در این فرآیند بازگشت محصول، تولیدکننده با پرداخت مبلغی به مشتری محصول را پس می‌گیرد ([۶]، [۷]). فاکتور دیگری که در این تحقیق مد نظر است کیفیت محصول به‌عنوان یک فاکتور اساسی در جلب نظر مشتری است و کیفیت محصول بر تقاضای مشتری و میزان محصول بازگشتی اثر گذار است[۸]. بنابراین شرکت‌هایی که فاکتورهای کیفیت محصول، کاهش نشر کربن و سیاست بازگشت محصول را در نظر می‌گیرند از شهرت و تقاضای بازار بیشتری برخوردار می‌شوند. از این رو زنجیرهای تأمین که به دنبال افزایش سود شرکت خود و ایجاد همکاری و یکپارچه‌سازی بین اعضای خود برای رسیدن به سود بیشتری هستند بایستی این عوامل را در فرایندهای تولید خود در نظر بگیرند [۹]. همان طوری که اوبرهور و همکارانش [۱۰] بر روی انتقال زنجیره تأمین از حالت سنتی تولید محصول به سمت تولید محصول سازگار با محیط زیست با کاهش مصرف گازهای گلخانه‌ای رفتند.

در این تحقیق برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در جهت بیشینه کردن سود زنجیره از رویکرد تئوری بازی‌ها در دو حالت بازی همکارانه و غیر همکارانه استفاده می‌شود که از روش بازی استکلبرگ و نش در حالت غیر همکارانه استفاده شده است. در حالت بازی همکارانه اعضای زنجیره با یکدیگر ائتلاف کرده و برای یک هدف مشخص که بیشینه کردن سود زنجیره است تلاش می‌کنند و اعضای زنجیره با یکدیگر متحد شده و به دنبال بیشینه کردن سود خود به‌صورت مجزا نمی‌باشند. ولی در حالت غیر همکارانه هر یک از اعضا زنجیره دنبال بیشینه کردن سود خود به‌صورت مجزا هستند و اعضای زنجیره دنبال آن هستند تا در فرآیند فروش محصول با تعیین مقدار بهینه متغیرهای تصمیم خود به سود بیشتری نسبت به دیگر اعضا برسند. در این حالت برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم از دو روش بازی نش و استکلبرگ استفاده می‌شود. حالت نش یک روش بازی است که هر یک از بازیکنان برای بهینه کردن سود خود استفاده می‌کنند. در حالت نش قدرت بازیکنان در تصمیم‌گیری یکسان است و هر یک از بازیکنان از استراتژی دیگر بازیکنان آگاهی دارد و به‌طور هم‌زمان تصمیمات بهینه برای بیشینه کردن سود خود را می‌گیرند. در تعادل نش هر بازیکن با تغییر در استراتژی خود درصورتی‌که دیگر بازیکنان استراتژی خود را تغییر ندهند نمی‌تواند به نتیجه‌ای بهتر از نقطه تعادل نش دست یابد. هم‌چنین بازی استگلبرگ یک مدل اقتصادی برای تحلیل رفتار دو بازیکن با قدرت‌های بازار متفاوت است. در این مدل که به مدل رهبر- پیرو معروف است، بازیکنان به‌صورت متوالی تصمیم‌گیری می‌کنند. در حقیقت دو بازیکن استراتژی‌های بهینه خود را به‌طور متوالی و نه به‌صورت هم‌زمان تعیین می‌کنند. در مدل استکلبرگ بازیکن پیرو استراتژی‌های بهینه تصمیم خود را بر اساس استراتژی بازیکن رهبر مشخص می‌کند. در این مقاله:

- یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش در نظر گرفته شده است که یک نوع کالا تولید می‌کند.
- تقاضای بازار احتمالی و تابعی از نرخ کاهش نشر کربن، سطح کیفیت محصول و قیمت بازپس‌گیری محصول از مشتری توسط تولیدکننده است.
- فروش محصول به‌صورت تک دوره‌ای است و امکان تهیه محصول تنها یک بار و در ابتدای دوره است.
- زنجیره در دو حالت همکارانه و غیر همکارانه در نظر گرفته شده است.
- از دو روش بازی نش و استکلبرگ برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در حالت غیر همکاری استفاده شده است.
- تولیدکننده و خرده فروش محدودیتی در تعداد تولید محصول و یا تعداد سفارش ندارند.
- تولیدکننده به‌محض دریافت سفارش اقدام به تولید محصول می‌کند.

در بخش ۱، همان طوری که گفته شد به بیان مقدمه و اهمیت فاکتورهای بکار گرفته شده در آن پرداخته شد. در ادامه و در بخش ۲، مقالات مرتبط با مباحث مطرح شده در تحقیق مرور می‌شود. در بخش ۳، به بیان مسئله پرداخته شده و تابع سود زنجیره فرمول سازی می‌شود. در بخش ۴، روش حل مسئله در زنجیره تأمین با رویکرد بازی همکارانه، نش و استکلبرگ ارائه می‌شود. در بخش ۵، یک مثال عددی ارائه شده و سیستم تحلیل می‌شود و نهایتاً در بخش ۶، درباره تحقیق نتیجه‌گیری می‌شود.

۲- مرور ادبیات

بخش عمده‌ای از این تحقیق به کاهش نشر کربن مربوط است. کندی و همکارانش نشان دادند که آثار مخرب گاز کربن بر سلامت و سبک زندگی بشر، دنیای تجارت را وادار به تغییر فرایند تولید خود برای تولید محصولات با نشر کربن کم و سازگار با محیط زیست کرده است تا بتوانند سود بیشتری کسب کنند [۱۱]. در آلمان تأثیر میزان نشر کربن اتومبیل‌ها به ازای هر کیلومتر رانندگی بر نوع ماشین انتخابی مشتریان بررسی شد و نشان داده شد که مشتریان مشتاق به خرید اتومبیلی هستند که کربن کمتری در محیط نشر دهند و اتومبیل با نشر کربن کمتر فروش بیشتری دارد

[۱۲]. موتوشیتا و همکارانش در یک فرایند خرید روزانه در ژاپن از طریق اینترنت تأثیر داشتن اطلاعات نسبت به میزان نشر کربن بر خرید مشتریان را بررسی کردند و نشان دادند مشتریان در کشور ژاپن متمایل به خرید محصولات با نشر کربن کم هستند که نشان از آگاهی و مسئولیت‌پذیری آن‌ها نسبت به محیط زیست است [۱۳]. ناگورنی و یو نشان دادند در جامعه‌ای که مردم آگاه نسبت به مسائل زیست محیطی هستند و در انتخاب محصول آن را در نظر می‌گیرند به‌کارگیری استراتژی کاهش نشر کربن سود تولیدکنندگان را افزایش می‌دهد [۱۴]. قوانین دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه راهکاری مناسب برای کنترل نشر کربن است. دانگ و همکارانش یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش را در نظر گرفتند جایی که تقاضا احتمالی بود و در چهارچوب مسئله روزنامه فروش و فروش تک دوره‌ای مسئله مدل‌سازی شد. آن‌ها با به‌کارگیری قانون دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه تأثیر تولید محصول با نشر کربن کم و سازگار با محیط زیست را بر سود زنجیره و اعضای آن در هر دو حالت بازی همکارانه و غیر همکارانه مورد بررسی قرار دادند [۱۵]. دو و همکارانش قانون دولتی را در یک زنجیره تأمین در نظر گرفتند جایی که تأمین کننده و تولیدکننده مجاز به نشر کربن در محدوده تخصیص داده شده توسط دولت بودند و مجبور به پرداخت جریمه برای نشر بیش از حد مجاز بودند و تأثیر این قانون بر روی میزان نشر کربن و مقدار بهینه تولید و یا سفارش کالا بررسی شد [۵]. بوهرینگر و لانگ قانون دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه را بررسی کردند در شرایطی که میزان نشر تخصیص داده شده به هر کارخانه در طول زمان بسته به شرایط تغییر می‌کند و مقدار ثابتی نیست و نشان دادند در این حالت عملکرد کارخانه در موازنه و تجارت بهبود می‌یابد [۱۶]. سون داراکانی و همکارانش تأثیر نشر کربن را در زنجیره تأمین بررسی کرد و نشان داد که طراحی فرآیند تولید می‌تواند میزان نشر کربن را تحت تأثیر قرار دهد [۱۷]. چن و چن یک زنجیره تأمین را در نظر گرفتند و از دو قانون دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه برای تخصیص کربن به کارخانجات استفاده کردند. در یک قانون به همه کارخانجات مقدار مشخصی از کربن تخصیص داده شد و در قانون دیگر به برخی از کارخانجات تحت شرایط خاص امکان نشر بیش از حد مجاز را دادند و مقایسه بین این دو قانون نشان داد که ارائه یک سطح استاندارد از نشر انگیزه تولیدکنندگان را برای شرکت در این قانون و کاهش بیشتر کربن افزایش می‌دهد [۱۸]. سانگ و لنگ یک مسئله فروش تک دوره‌ای محصول را در نظر گرفتند و مقدار بهینه موجودی را تحت قانون دولتی ظرفیت و موازنه آنالیز کردند و نشان دادند که عملکرد تجاری و اقتصادی شرکت تحت شرایطی از ظرفیت و موازنه بهبود می‌یابد [۱۹]. ژانگ و ژوو بحث نشر کربن بر پایه ظرفیت و موازنه را در نظر گرفتند، جایی که شرکت چند نوع محصول را تولید می‌کند و تأثیر ظرفیت نشر کربن و قیمت کربن بر روی سود شرکت و میزان کاهش نشر کربن بررسی شد [۲۰]. دوبوس تأثیر نشر کربن بر پایه ظرفیت و موازنه را بر عملکرد شرکت بررسی کرد. هدف شرکت کمینه کردن هزینه‌های تولید و نگهداری بود که با اضافه شدن هزینه‌های مربوط به پیاده‌سازی فرآیند تولید محصولات با نشر کربن کم، بین سود و عملکرد شرکت در دو حالت هزینه با در نظر گرفتن نشر کربن و بدون آن صورت گرفت [۲۱].

سیاست بازگشت محصول و کیفیت محصول فاکتور مهمی دیگری در جلب تقاضای مشتری است و در این مقاله در نظر گرفته شده است. هوی و همکارانش مطالعه کردند بر روی یک زنجیره تأمین با یک خرده فروش و دو تولیدکننده که دو نوع محصول را در بازار رقابتی به فروش می‌رسانند و استفاده از سیاست بازگشت محصول را بر عملکرد و سود زنجیره تأمین و تقاضای بازار آنالیز کردند [۲۲]. کندل برای اولین بار شش فایده به‌کارگیری سیاست بازگشت محصول را به‌عنوان یک خدمت پس از فروش برای شرکت‌ها نشان داد [۲۳]. لیو و همکارانش یک زنجیره تأمین را در نظر گرفتند و با دو استراتژی بازگشت محصول که در استراتژی اول خرده فروش محصولات مورد عدم رضایت مشتریان را جمع‌آوری می‌کرد و به تولیدکننده باز پس می‌فرستاد و در روش دوم محصولات بازگشتی مستقیماً از مشتری به تولیدکننده بازپس‌گیری فرستاده می‌شد عملکرد زنجیره را تحت این دو سناریو با یکدیگر مقایسه کردند [۲۴]. لی و همکارانش تأثیر سیاست بازگشت محصول را در یک زنجیره تأمین متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش در عملکرد زنجیره تأمین بررسی کرد جایی که تولیدکننده قادر به فروش محصولات به‌طور مستقیم به مشتری و هم از طریق خرده فروش بود و با استفاده از چهار سناریو اثر آن را بر قیمت تمام شده محصول و سود زنجیره بررسی کرد که در سناریو اول سیاست بازگشت محصول کامل و عدم بازگشت کامل محصول در فروش مستقیم، در سناریو سوم و چهارم عدم بازگشت کامل و بازگشت کامل در فروش از طریق خرده فروش در نظر گرفته شد [۲۵]. باتارفی و همکارانش یک زنجیره تأمین با دو کانال فروش متفاوت را در نظر گرفتند که در یک کانال محصولات به‌صورت اینترنتی در کانال دیگر توسط خرده فروش به دست مشتریان می‌رسید و نشان دادند هرچه قیمت بازپس‌گیری محصول ارائه شده به مشتری بیشتر باشد تقاضای بازار، قیمت محصول و سود زنجیره افزایش می‌یابد. [۲۶]. چن و بل سیاست‌های بازگشت محصول متفاوت شامل بازگشت کامل محصول، بازگشت جزئی و عدم استفاده از این سیاست را در نظر گرفتند و نشان دادند که چگونه استفاده از این سیاست منجر به بهبود سود زنجیره می‌شود و تأثیر آن را بر قیمت محصول و میزان سفارش محصول آنالیز کردند [۲۷]. ژینگ ژانگ و همکارانش آزمایش کردند تصمیمات بهینه خرده فروشان و تولیدکنندگان را در دو زنجیره تأمین که کالای قابل جایگزین با یکدیگر را تولید می‌کردند و تأثیر بکار گیری سیاست بازگشت کامل محصول و عدم به‌کارگیری آن را بر سود دو

زنجیره در فضای رقابتی بررسی کردند و نشان دادند بازگشت کامل محصول تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد زنجیره دارد [۲۸]. ژانگ یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش را در نظر گرفت و تأثیر کیفیت محصول را بر سود زنجیره و تقاضای بازار بررسی کرد و تولیدکننده با صرف هزینه کیفیت محصولات تولیدی را برای جلب نظر مشتری بهبود دادند [۲۹]. جینگ ژیان و همکارانش یک زنجیره تأمین دوسطحی را در نظر گرفتند و با استفاده از رویکرد بازی استکلبرگ تأثیر مقدار بهینه کیفیت محصول را بر روی تقاضا و سود زنجیره بررسی کرد [۳۰]. گیری و همکارانش یک زنجیره تأمین سه سطحی با یک تأمین کننده، یک تولیدکننده و یک خرده فروش را در نظر گرفتند جایی که تقاضا وابسته به سطح کیفیت محصول و قیمت نهایی محصول بود و سطح کیفیت محصول بر اساس مواد اولیه که تأمین کننده استفاده می‌کرد تعیین می‌شد و تأثیر کیفیت بر روی قیمت و سود زنجیره در دو حالت تقاضای احتمالی و قطعی مقایسه شد [۳۱]. لین و همکارانش تأثیر کیفیت محصول را در زنجیره تأمین بررسی کردند جایی که با استفاده از اطاعات به دست آمده از دو کشور تایوان و هنگ کنگ کیفیت محصول بر روی رضایت مشتری و نوع استراتژی که تأمین‌کنندگان برای بهبود کیفیت انتخاب می‌کنند تأثیرگذار است [۳۲]. لی و همکارانش یک سیستم خرید اینترنتی را در نظر گرفتند و تأثیر کیفیت محصولات و سیاست بازگشت محصولات را بر تقاضای بازار و سود شرکت را تحت چهار سناریو بررسی کردند جایی که در سناریو اول و دوم تأثیر قیمت بر روی تقاضا و سیاست بازگشت محصول در نظر گرفته شده است. در سناریو سوم تعداد محصولات بازگشتی به کیفیت محصول و قیمت استرداد محصول بستگی داشت و نهایتاً در یک مورد خاص سیاست بازگشت کامل محصول در نظر گرفته شده است و تأثیر این متغیرهای تصمیم بر سود شرکت بررسی شد [۷]. هوانگ و همکارانش سعی کردند تا عملکرد زنجیره تأمین را از طریق ارائه راهکاری برای بهبود کیفیت محصولات تولیدی و کاهش تعداد محصولات بازگشتی از مشتری بهبود دهند و به این شکل هزینه‌های تولید محصولات بازگشتی را کاهش دهند [۳۳].

رویکرد تئوری بازی‌ها در تعیین تصمیمات بهینه فاکتور مهم دیگری در این تحقیق است. یو و راقوناتان تأثیر سیاست بازگشت محصول کامل را بر روی سود زنجیره بررسی کردند و از روش بازی استکلبرگ وقتی تولیدکننده رهبر است برای تعیین متغیرهای تصمیم قیمت عمده فروشی محصول و قیمت تمام شده محصول و مقدار تولید استفاده کردند. تقاضای بازار رابطه‌ای خطی از قیمت محصول بود و پتانسیل بازار از توزیع گسسته با دو مقدار پیروی می‌کرد و نتایج را با بکار گیری سیاست بازگشت کامل محصول و بدون آن مقایسه کردند و فهمیدند که خرده فروش با بکار گیری سیاست بازگشت در هر شرایطی سود می‌برد درحالی‌که تولیدکننده و کل زنجیره تحت شرایطی خاص و در بازه‌ای معین از قیمت بازگشتی سود می‌برند و راضی به بکار گیری آن می‌شوند [۳۴]. هو و همکارانش یک زنجیره تأمین دوسطحی را در نظر گرفتند و با استفاده از رویکرد بازی استکلبرگ که تولیدکننده قدرت غالب بود تأثیر به‌کارگیری سیاست بازگشت محصول را بررسی کردند جایی که تولیدکننده بر اساس تعداد محصولات فروخته نشده و قیمت بازپس‌گیری محصول قیمت فروش خود را تعیین می‌کند و سپس بر اساس آن خرده فروش قیمت خود را تعیین می‌کند [۳۵]. ماشلی و محمدی تبار یک زنجیره تأمین متشکل از یک خریدار و چند تأمین کننده را در نظر گرفتند و از رویکرد بازی همکارانه برای تعیین تصمیمات بهینه انتخاب تأمین کننده و موجودی استفاده کردند [۳۶]. کچون یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تأمین کننده و یک خرده فروش را در نظر گرفت که تقاضای بازار احتمال بود و فروش محصول توسط خرده فروش به‌صورت تک دوره‌ای و در غالب مسئله روزنامه فروش بود. در این تحقیق از رویکرد تئوری بازی‌ها شامل بازی نش برای تعیین مقدار بهینه سفارش محصول و هزینه‌های کمبود و نگهداری خرده فروش استفاده شد و در انتها با استفاده از قراردادهای همکاری بین اعضا هماهنگی ایجاد شد [۳۷]. یان هانگ و همکاران یک زنجیره تأمین با یک تولیدکننده و چند خرده فروش را در نظر گرفتند و با استفاده از تئوری بازی‌ها تأثیر نحوه انتخاب خرده فروش، قیمت محصول و تولید محصول را بر روی سود زنجیره و میزان نشر گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قراردادند [۳۸]. فرخی و برزکی یک زنجیره تأمین متشکل از دو تولیدکننده و دو خرده فروش را در نظر گرفتند و با استفاده از رویکرد بازی استکلبرگ که تولیدکننده قدرت غالب بود مقادیر بهینه قیمت‌های خرده فروشی و زمان تدارک را به دست آوردند [۳۹]. ژانگ تأثیر کیفیت محصول را در یک زنجیره تأمین دوسطحی با یک خرده فروش و یک تولیدکننده بر اساس روش بازی استکلبرگ جایی که خرده فروش رهبر است در نظر گرفت و تأثیر کیفیت محصول را بر روی تقاضای بازار و سود زنجیره مورد بررسی قرارداد [۸]. کینگ پنگ و همکارانش یک زنجیره تأمین متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش را در نظر گرفتند و محصول را به‌صورت تک دوره‌ای به فروش می‌رسانند و از سیاست سرمایه‌گذاری برای کاهش نشر کربن و قوانین دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه استفاده کردند تا تقاضای بازار را به خود جلب کرده و در حفظ محیط زیست کوشا باشند. سیستم در دو حالت بازی همکارانه و غیر همکارانه بررسی شد و از روش بازی نش و استکلبرگ برای تعیین مقدار بهینه کاهش نشر کربن و مقدار سفارش بهینه استفاده شد [۴۰]. گوش و شاه صنعت پوشاک را در یک زنجیره تأمین در دو حالت بازی همکارانه و غیر همکارانه در نظر گرفتند و با استفاده از رویکرد بازی نش تأثیر حساسیت مشتریان، قیمت محصول و هزینه‌های تولید را بر میزان سبزی و سازگاری محصول با محیط زیست بررسی کردند [۴۱]. در ادامه به‌طور خلاصه ادبیات پژوهش مربوط به این تحقیق در جدول زیر گردآوری‌شده است.

جدول (۱): مرور ادبیات پژوهش

مراجع	تئوری بازی‌ها			زنجیره تأمین		کیفیت محصول	سیاست بازگشت محصول	کاهش نشر کربن	
	همکارانه	استکلبرگ	نش	غیر سبز	سبز			قوانین دولتی	تولید محصول با نشر کربن کم
فن خوسر [۱]									✓
بوهرینگر و لانگ [۱۵]								✓	
اوبهر و همکارانش [۹]					✓				✓
اختنیش و همکاراش [۱۱]									✓
دو و همکارانش [۱۴]		✓			✓			✓	✓
یو و ناگورنی [۱۳]			✓		✓				✓
ژانگ و ژو [۱۹]								✓	✓
کندل [۲۲]							✓		
هوی و همکارانش [۲۱]		✓		✓			✓		
دوبووس [۲۰]								✓	
هوی و همکارانش [۲۱]		✓		✓			✓		
هوانگ و همکارانش [۳۳]				✓		✓	✓		
لیو و همکارانش [۲۳]			✓	✓			✓		
لی و همکارانش [۳۲]						✓	✓		
ژیانگ [۳۹]	✓	✓				✓			
کینگ پنگ و همکارانش [۴۰]	✓	✓	✓		✓			✓	✓
این تحقیق	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

۳- بیان مسئله

در این مسئله یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تولیدکننده (T) و یک خرده فروش (R) در نظر گرفته شده است که یک نوع محصول وارد بازار می‌کنند. مسئله در چهارچوب مسئله فروش تک دوره‌ای و یا روزنامه فروش مدل‌سازی می‌شود که در آن تنها یک دوره زمانی در نظر گرفته شده است. تقاضا احتمالی است و محصول تنها یک بار و در ابتدای دوره سفارش و تولید می‌شود. خرده فروش باید مقداری سفارش می‌دهد که هم تقاضا مشتریان را پاسخگو باشد و هم هزینه‌های مربوط به موجودی و کمبود کالای ناشی از سفارش کمتر یا بیشتر از تقاضا را حداقل کند. هم‌چنین مشتریان در این مسئله دارای آگاهی زیست محیطی می‌باشند و مشتاق به خرید محصول با نشر کربن کم هستند. از آنجایی که مشتریان دارای آگاهی زیست محیطی هستند بنابراین تقاضای بازار مطابق با منبع ([۴۰]، [۱۲]) به نرخ کاهش نشر کربن (o) بستگی دارد. مقدار متغیر o در بازه $0 \le o < 1$ تعریف شده است؛ زیرا برای واقعی بودن مسئله فرض شده است که کارخانه قادر به از بین بردن تمام مقدار نشر کربن در حین فرآیند تولید نمی‌باشد ($o \neq 1$) و هم‌چنین در صورتی که کارخانه هیچ مقداری از کربن را نتواند کاهش دهد، نرخ نشر کربن صفر خواهد بود ($o = 0$). شرکت‌ها با صرف هزینه در فرآیند تولید میزان نشر کربن را کاهش می‌دهند و هم‌چنین یک قانون دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه برای کاهش نشر کربن در نظر گرفته شده است که دولت به هر کارخانه سطح معین نشر (F_g) را اختصاص می‌دهد و در صورتی که کارخانجات بیشتر از حد تخصیص داده شده کربن نشر دهند ملزم به پرداخت جریمه (g_C) به ازای هر گرم نشر کربن اضافی می‌باشند و در صورت نشر کربن کمتر از حد مجاز می‌توانند اضافه ظرفیت خود را به دیگر کارخانه‌ها با همان قیمت g_C بفروشند و کسب درآمد کنند. در فرآیند بازگشت محصول تولیدکننده این امکان را در اختیار مشتری گذاشته است که در صورت عدم رضایت از محصول خریداری شده به هر دلیلی (مثل خرابی و ...) آن را به شرکت پس بفرستد و شرکت در ازای دریافت آن مبلغی را به‌عنوان خسارت به مشتری تحت عنوان قیمت بازپس‌گیری محصول از مشتری (m) پرداخت می‌کند. در این تحقیق، تقاضای بازار احتمالی و رابطه خطی از نرخ کاهش نشر کربن (o)، قیمت بازپس‌گیری محصول از مشتری توسط تولیدکننده (m) و سطح کیفیت محصول (b) است. همچنین تلاش‌های ناشی از تولید محصول مطابق با خواست مشتری منجر به افزایش تقاضا سوای پتانسیل پایه بازار می‌شود (مطابق با منبع [۴۲]) که این افزایش در پتانسیل تقاضا (خطای پتانسیل تقاضا) با متغیر تصادفی (η) نشان داده می‌شود و از توزیع یکنواخت در بازه [0, A] پیروی می‌کند. در این مدل، محصولاتی که مورد رضایت مشتری نیستند توسط تولیدکننده با

پرداخت قیمت (m) به مشتری به ازای هر واحد محصول بازگشتی پس گرفته می‌شوند و سرمایه‌گذاری برای بهبود کیفیت محصول و کاهش نشر کربن بر عهده تولیدکننده است. متغیرهای تصمیم مسئله نرخ کاهش نشر کربن (o)، قیمت بازپس‌گیری محصول (m)، کیفیت محصول (b) و مقدار سفارش کالا توسط خرده فروش (V) است و در حالت غیر همکارانه مقدار بهینه متغیرهای تصمیم m ،b و o توسط تولیدکننده تعیین می‌شود و مقدار بهینه V توسط خرده فروش تعیین می‌شود و از روش بازی نش و بازی استکلبرگ- خرده فروش رهبر برای به دست آوردن مقدار بهینه متغیرهای تصمیم استفاده می‌شود. در این مسئله قیمت عمده فروشی (w) و خرده فروشی (g) محصول ثابت در نظر گرفته شده است (مشابه با منابع [۴۰]، [۴۳]، [۴۴] و [۴۵]). ز؛ ا هزینه‌های ناشی از سرمایه‌گذاری برای تولید محصول با نشر کم، کیفیت بالا منجر به افزایش قیمت محصول می‌شود و این افزایش قیمت ممکن است در تضاد با توان مالی مشتریان شود و تمایل مشتریان برای خرید محصول را کاهش دهد. از این رو برای خنثی کردن این اثر و جلب نظر مشتری و حفظ سهم بازار و تمرکز بر روی آنالیز تأثیر کیفیت، سیاست بازگشت محصول و کاهش نشر کربن بر سود زنجیره قیمت‌های g و w ثابت فرض شده‌اند.

۳-۱- پارامترها و متغیرهای تصمیم

پارامترها و متغیرهای بکار گرفته شده در مدل‌سازی مسئله به‌قرار زیر می‌باشد:

g	قیمت ثابت خرده فروشی هر واحد محصول در بازار
w	قیمت ثابت عمده فروشی هر واحد محصول در بازار
n	هزینه تولید هر واحد محصول توسط تولیدکننده
β	پتانسیل پایه بالقوه بازار برای خرید محصول
β_0	ضریب تأثیر قیمت بر روی تقاضای بازار
λ_1	ضریب تأثیر نرخ کاهش نشر کربن بر روی تقاضا
λ_2	ضریب تأثیر قیمت استرداد محصول بر روی تقاضای بازار
λ_3	ضریب تأثیر کیفیت هر واحد محصول بر روی تقاضا
m	قیمت پرداختی به مشتری توسط تولیدکننده به ازا هر واحد محصول بازگشتی
o	نرخ کاهش نشر کربن به ازای هر واحد تولید محصول متغیر تصمیم
δ	نرخ میزان کربن منتشر شده در محیط به ازای هر واحد محصول تولید شده
θ_1	هزینه ثابت سرمایه‌گذاری برای کاهش نشر کربن در فرآیند تولید هر واحد محصول
θ_2	هزینه ثابت سرمایه‌گذاری برای بهبود کیفیت در فرآیند تولید هر واحد محصول
b	سطح کیفیت هر واحد محصول تولیدی
g_C	قیمت هر واحد نشر کربن مجاز تحت قانون دولتی
V	مقدار سفارش کالا توسط خرده فروش به تولیدکننده
D	مقدار تقاضای بازار
I	سطح موجودی قابل پیش‌بینی خرده فروش
F_g	ظرفیت مجاز نشر کربن تخصیص داده شده به هر تولیدکننده توسط دولت
η	متغیر تصادفی خطای پتانسیل تقاضای بازار با توزیع یکنواخت در بازه [0,A]
A	حد بالای متغیر تصادفی η
R,T,Z	نمادهای نشان‌دهنده به ترتیب از چپ به راست خرده فروش، تولیدکننده، زنجیره تأمین
C,SR,N	نمادهای نشان‌دهنده به ترتیب از چپ به راست بازی همکارانه، بازی استکلبرگ -خرده فروش رهبر و بازی نش

۳-۲- مدل‌سازی مسئله

در این مسئله زنجیره تأمین دوسطحی شامل تولیدکننده و خرده فروش در نظر گرفته شد و مباحث کاهش نشر کربن، کیفیت محصول و سیاست بازگشت محصول به‌عنوان فاکتورهای انگیزشی در جلب تقاضا در نظر گرفته شد. از این رو، تابع تقاضا از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$D(g,o,m.b) = \beta - \beta_0 g + \lambda_1 o + \lambda_2 m + \lambda_3 b + \eta \quad (۱)$$

که در این رابطه، βپتانسیل پایه بالقوه تقاضای بازار است. β_0 ضریب تأثیر قیمت بر روی تقاضا، λ_1ضریب تأثیر نرخ کاهش نشر کربن (o) بر روی تقاضا، λ_2 ضریب تأثیر قیمت بازپس‌گیری محصول از مشتری توسط تولیدکننده (m) بر روی تقاضا و λ_3 ضریب تأثیر کیفیت بر روی تقاضای محصول است. از سوی دیگر، تلاش‌ها برای بهبود کیفیت محصول، کاهش نشر کربن و بازپس‌گیری محصول ممکن است موجب افزایش میل به خرید محصول سوای افراد موجود در پتانسیل پایه بازار شود (مطابق با منبع [۴۲]) که این افزایش تقاضا را با η نشان داده و درواقع خطای پتانسیل بازار است و از تابع توزیع یکنواخت در بازه پیوسته [0, A] پیروی می‌کند و میانگین آن $\mu = A/2$ می‌باشد.

از آنجایی که قیمت نهایی محصول g مطابق با مطالب گفته شده در بخش بیان مسئله (بخش ۳) ثابت در نظر گرفته شده است، برای ساده‌سازی و تمرکز بر بررسی تأثیرات نرخ کاهش نشر کربن، کیفیت و قیمت بازپس‌گیری محصول بر روی تقاضا بدون از دست دادن کلیت رابطه (۱) از تغییر متغیر زیر استفاده می‌کنیم:

$$\beta_1 = \beta - \beta_0 g \quad (۲)$$

هم‌چنین توابع هزینه برای سرمایه‌گذاری در کاهش نشر کربن C(*o*) مشابه با منابع [۴۰] و [۴۶] و بهبود کیفیت محصول C(b) *مشابه* با منابع [۴۷] و [۷] به ترتیب از روابط زیر پیروی می‌کنند:

$$C(o) = \theta_1 \frac{o^2}{2} \quad (۴)$$

$$C(b) = \theta_2 b^2 \quad (۵)$$

علاوه بر این، تعداد محصولات بازگشتی از مشتری به

تولیدکننده تحت سیاست بازگشت محصول مطابق با منبع [۷] از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$M(m,b) = \gamma_0 + \gamma_1 m - \sigma b \quad (۶)$$

که این رابطه γ_0 تعداد ثابت محصولات بازگشتی مستقل از کیفیت و قیمت بازپس‌گیری محصولات است، γ_1 ضریب تأثیر قیمت بازپس‌گیری محصول بر روی تعداد محصولات بازگشتی و σ نشان‌دهنده ضریب تأثیر کیفیت بر روی تعداد محصول بازگشتی می‌باشد.

با توجه به مباحث گفته شده، تابع سود تولیدکننده در این مسئله از رابطه زیر پیروی می‌کند که بخش اول آن درآمد ناشی از فروش محصول به خرده فروش توسط تولیدکننده را نشان می‌دهد. بخش دوم آن سود/ هزینه مربوط به به‌کارگیری قانون دولتی را نشان می‌دهد. بخش سوم آن هزینه مربوط به سرمایه‌گذاری برای کاهش نشر کربن و کنترل کیفیت محصول است و در انتها هزینه متقبل شده توسط تولیدکننده برای بازپس‌گیری محصولات نشان داده شده است.

$$\max \Pi_T = (w-n)V - mM(m,b) - g_c\left[\delta(1-o)V - F_g\right] - \theta_1\frac{o^2}{2} - \theta_2 b^2 \quad (۷)$$

در تابع سود تولیدکننده جهت ساده‌سازی در مدل‌سازی، هزینه نگهداری موجودی (h)، هزینه کمبود (s) صفر در نظر گرفته شده است. ازآنجایی‌که تولیدکننده هیچ محدودیتی در تعداد تولید ندارد، قادر خواهد بود به هر میزانی که سفارش داشته باشد پاسخ دهد و با کمبود مواجه نمی‌شود و هزینه کمبود صفر است. هم‌چنین فرض شده است که تولیدکننده به‌محض دریافت سفارش اقدام به تولید محصول می‌کند و موجودی نگه نمی‌دارد. از این رو هزینه نگهداری نیز ندارد و صفر می‌باشد. هم‌چنین تابع سود خرده فروش مطابق زیر فرموله شده است:

$$E(\Pi_R) = gE(V) - wV - hL(V) - sG(V) \quad (۸)$$

در این رابطه، h هزینه نگهداری هر واحد کالا برای خرده فروش و S هزینه کمبود هر واحد کالا برای خرده فروش است. مقدار متوسط فروش$E(V)$، متوسط موجودی باقی‌مانده خرده فروش $L(V)$ و متوسط فروش ازدست‌رفته خرده فروش$G(V)$ مشابه با منبع [۴۶] به ترتیب برابرند با:

$$E(V) = V[1-Y(V)] + \int_0^V y(D)Dd(D) = V - \int_0^V Y(D)d(D) \quad (۹)$$

$$L(V) = (V-D)^+ = V - E(V) \quad (۱۰)$$

$$G(V) = (D-V)^+ = E(D) - E(V) \quad (۱۱)$$

جایی که $Y()$ و $y()$ به ترتیب تابع توزیع تجمعی و تابع چگالی احتمال تقاضای بازار را نشان می‌دهند. به دلیل ساده‌سازی در فرموله کردن تابع سود خرده فروش و پیچیدگی استفاده از متغیر مقدار سفارش (V)، متغیر کمکی I به‌عنوان مقدار موجودی قابل پیش‌بینی خرده فروش تعریف شده است. درواقع از آنجایی که تقاضای بازار از توزیع مشخصی پیروی نمی‌کند، برای مدل‌سازی راحت‌تر مسئله و استفاده از متغیر η که از توزیع یکنواخت پیروی می‌کند از این تغییر متغیر استفاده می‌شود. تابع تقاضای این مدل [نشان داده شده در رابطه شماره (۱)] دوبخشی است که بخشی از این تقاضا قطعی است $(\beta_1 + \lambda_1 o + \lambda_2 m + \lambda_3 b)$ و بخش دیگری از تقاضا (η) به‌صورت احتمالی به مقدار تقاضای قطعی افزوده می‌شود. از این رو تقاضا به‌طور دقیق مشخص نمی‌باشد و خرده فروش برای پاسخ‌گویی به این تقاضا مقدار V را سفارش می‌دهد که این مقدار ممکن است بیشتر یا کمتر از مقدار D باشد. واضح است که خرده فروش حداقل به‌اندازه مقدار قطعی تقاضا سفارش خواهد داد و آن مقدار اضافی سفارش خرده فروش که برای پاسخ‌گویی به تقاضای η است را با متغیر کمکی I تعریف می‌کنیم. بنابراین مقدار سفارش محصول (مشابه منبع [۴۰]) از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$V = \beta_1 + \lambda_1 o + \lambda_2 m + \lambda_3 b + I \quad (۱۲)$$

در صورتی که مقدار η بیشتر از مقدار موجودی قابل پیش‌بینی (I) باشد خرده فروش به‌اندازه η-I با کمبود مواجه شده و در صورتی که η کمتر از I باشد به‌اندازه I-η موجودی در دست خرده فروش باقی می‌ماند. درواقع برای مدل‌سازی مسئله تحلیل از ارتباط بین V و D به ارتباط بین I و η شیفت پیدا کرده است و با متغیر تصمیم در نظر گرفتن I و تعیین مقدار دقیق آن می‌توان مقدار دقیق مقدار سفارش (V) را نیز به دست آورد. از این رو، با جایگزینی رابطه (۱۲) به‌جای مقدار سفارش (V)، متغیر تصمیم مسئله از V به I انتقال می‌یابد و رابطه زیر با این تغییر متغیر برقرار می‌شود:

$$\int_0^V y(D)d(D) = \int_0^I f(\eta)d(\eta) \quad (۱۳)$$

با توجه به روابط ارائه شده، تابع سود خرده فروش به‌صورت زیر فرموله شده است:

$$E\left(\Pi_R(I)\right) = (g-w)(I + \beta_1 + \lambda_1 o + \lambda_2 m + \lambda_3 b) + s(I-\mu) - (s+h+g)\int_0^I F(\eta)d(\eta) \quad (۱۴)$$

۴- روش حل مسئله

در این بخش، مقدار بهینه متغیرهای تصمیم برای بیشینه کردن سود زنجیره تأمین، تولیدکننده و خرده فروش با استفاده از رویکرد تئوری بازی‌ها شامل بازی همکارانه، نش و استکلبرگ- خرده فروش رهبر به دست می‌آید.

۴-۱- مدل زنجیره تأمین با رویکرد بازی همکارانه

در این مدل، تولیدکننده و خرده فروش با یکدیگر یکپارچه شده و برای یک هدف مشخص که بیشینه کردن سود زنجیره است همکاری می‌کنند. متغیرهای تصمیم مسئله در این حالت e, r, q, I می‌باشد. تابع سود زنجیره تأمین در حالت همکارانه که از جمع توابع سود تولیدکننده (۷) و خرده فروش (۱۴) به دست می‌آید برابر است با:

$$\prod_C(o,m,b,I) = (g-n-g_c(\delta(1o))\\ (I+\beta_1+\lambda_1 o+\lambda_2 m+\lambda_3 b)+g_c F_g\\ +s(I-\mu)-\theta_2 b^2-\theta_1\frac{o^2}{2}-\\ (g+s+h)\int_0^I F(\eta)d(\eta)-mM(b,m) \quad (۱۵)$$

برای بیشینه کردن تابع سود زنجیره تأمین در حالت همکارانه (۱۵)، ابتدا بایستی تقعر تابع سود زنجیره با استفاده از ماتریس هشین بررسی شود. از این رو ماتریس هشین تابع هدف برابر است با:

$$H(m,b,o,I)=\begin{bmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial m} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial m} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial m}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial o}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I^2}\end{bmatrix}= \quad (۱۶)$$
$$\begin{bmatrix}-2\gamma_1 & \sigma & g_C\delta\lambda_2 & 0\\ \sigma & -2\theta_2 & g_C\delta\lambda_3 & 0\\ g_C\delta\lambda_2 & g_C\delta\lambda_3 & 2g_C\delta\lambda_1-\theta_1 & g_C\delta\\ 0 & 0 & g_C\delta & -\frac{g+s+h}{A}\end{bmatrix}$$

شرط‌های این ماتریس هشین برای مقعر بودن تابع سود زنجیره تأمین از روابط زیر پیروی می‌کند:

$$\alpha_1^C=\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m^2}=-2\gamma_1<0 \quad (۱۷)$$

$$\alpha_2^C=\left(\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m^2}\right)\left(\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2}\right)-\left(\frac{\partial\Pi_C}{\partial m\partial b}\right)^2= 4\theta_2\lambda_1-\sigma^2<0 \quad (۱۸)$$

$$\alpha_3^C=\frac{\partial\Pi_C}{\partial m^2}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o^2}\end{vmatrix}-\\ \frac{\partial\Pi_C}{\partial b\,\partial m}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o^2}\end{vmatrix}+\\ \frac{\partial\Pi_C}{\partial o\,\partial m}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial o}\end{vmatrix}<0 \quad (۱۹)$$

که شرط α_3^C به‌صورت زیر ساده‌شده است:

$$\alpha_3^C=2\lambda_2\lambda_3\sigma+2\theta_2\lambda_2^2+2\gamma_1\lambda_3^2-\\ \frac{(2g_C\delta\lambda_1-\theta_1)(\sigma^2-4\gamma_1\theta_2)}{g_C^2\delta^2} \quad (۲۰)$$

$$\alpha_4^C=\frac{\partial\Pi_C}{\partial m^2}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial o}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I^2}\end{vmatrix}- \quad (۲۱)$$

$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial I\partial m}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial o}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I^2}\end{vmatrix}+$$
$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial o\partial m}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I\partial o}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial I^2}\end{vmatrix}-$$
$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial I\partial m}\begin{vmatrix}\frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial b}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o^2}\\ \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial m\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial b\partial I} & \frac{\partial^2\Pi_C}{\partial o\partial I}\end{vmatrix}>0$$

که شرط α_4^C به‌صورت زیر بازنویسی شده است:

$$\alpha_4^C=\\ -2\gamma_1\left[-2\theta_2\left(-\left(\frac{(2g_C\delta\lambda_1-\theta_1)(g+s+h)}{A}\right)-\right.\right.\\ \left.g_C^2\delta^2\right)-(g_C\delta\lambda_3)\left(\frac{(g_C\delta\lambda_3)(g+s+h)}{A}\right)\Big]-\\ \sigma\left[\sigma\left(-\left(\frac{(2g_C\delta\lambda_2-\theta_1)(g+s+h)}{A}\right)-\right.\right. \quad (۲۲)\\ \left.g_C^2\delta^2\right)-g_C\delta\lambda_2\left(-\frac{g_C\delta\lambda_2(g+s+h)}{A}\right)\Big]+\\ g_C\delta\lambda_2\left[\sigma\left(\frac{-g_C\delta\lambda_3(g+s+h)}{A}\right)+\right.\\ \left.2\theta_2\left(\frac{-g_C\delta\lambda_2(g+s+h)}{A}\right)\right]>0$$

که ساده شده رابطه α_4^C برابر خواهد بود با:

$$\alpha_4^C=4\theta_2\lambda_1 g_C^2\delta^2<(g+s+\\ h)\left(\frac{\begin{matrix}-2\theta_2 g_C^2\delta^2\lambda_2^2-2g_C^2\delta^2\lambda_2\lambda_3\sigma+\\ (\sigma^2-4\theta_2\gamma_1)(2g_C\delta\lambda_1-\theta_1)-2\gamma_1 g_C^2\delta^2\lambda_3^2\end{matrix}}{A}\right) \quad (۲۳)$$

از این رو با مقعر بودن تابع سود زنجیره تأمین با توجه به شروط ماتریس هشین ، جهت به‌دست آوردن مقدار بهینه متغیرهای تصمیم با مشتق گیری از تابع هدف نسبت به $o,\ m,\ b,\ I$ چهار معادله چهار مجهول زیر بدست آمده است:

$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial I}=g-n-g_c\delta+g_c\delta o^C+\\ s\left(\frac{g+s+h}{A}\right)I^C=0 \quad (۲۴)$$

$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial b}=(g-n-g_c\delta+g_c\delta o^C)\lambda_3 2\theta_2 b^C+\\ m^C\sigma=0 \quad (۲۵)$$

$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial o}=(g-n-g_c\delta)\lambda_1+g_c\delta(I^C+\beta_1+\\ \lambda_2 m+\lambda_3 b)+(2g_C\delta\lambda_1-\theta_1)o^C=0 \quad (۲۶)$$

$$\frac{\partial\Pi_C}{\partial m}=(g-n-g_c\delta+g_c\delta o^C)\lambda_2 2\gamma_1 m-\\ \gamma_0+\sigma b^C=0 \quad (۲۷)$$

با حل معادلات ارائه شده (۲۴) تا (۲۷)، مقدار بهینه متغیرهای تصمیم مسئله در بازی همکارانه برابرند با:

$$o^C=\frac{P_{12}+P_{13}m^C+P_{14}b^C}{P_{15}} \quad (۲۸)$$

$$I^C = \frac{P_9 + P_{10}m^C + P_{11}b^C}{P_8} \quad (۲۹)$$

$$b^C = \frac{L_1L_6 - L_3L_4}{L_1L_5 - L_2L_4} \quad (۳۰)$$

$$m^C = \frac{L_3}{L_1} - \frac{L_7 - L_8}{L_9 - L_{10}} \quad (۳۱)$$

که پارامترهای ثابت P_1 تا P_{15} و L_1 تا L_{10} برای نمایش ساده‌تر مقادیر بهینه متغیرهای I^C، o^C، m^C، b^C در پیوست الف تعریف شده‌اند.

۴-۲- مدل زنجیره تأمین تحت بازی استکلبرگ-خرده فروش رهبر

در این حالت، خرده فروش قدرت غالب را دارد و رهبر است و تولیدکننده بر اساس تصمیمات خرده فروش مقدار بهینه متغیرهای تصمیم خود را تعیین می‌کند و پیرو خرده فروش است. از این رو، بر اساس روش حل در بازی استکلبرگ ابتدا مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تابع سود تولیدکننده (۷) شامل e, r, q بدست می‌آید. سپس با جایگزینی این مقادیر بهینه در تابع سود خرده فروش (۱۴) مقدار بهینه متغیر تصمیم خرده فروش (I) بدست می‌آید. برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولیدکننده ابتدا بایستی تقعر تابع سود تولیدکننده بررسی شود. از این رو ماتریس هشین تابع سود تولیدکننده برابر خواهد بود با:

$$H(m,b,o) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m^2} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b\partial m} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o\partial m} \\ \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o\partial b} \\ \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\gamma_1 & \sigma & g_C\delta\lambda_2 \\ \sigma & -2\theta_2 & g_C\delta\lambda_3 \\ g_C\delta\lambda_2 & g_C\delta\lambda_3 & 2g_C\delta\lambda_1 - \theta_1 \end{bmatrix} \quad (۳۲)$$

شرط‌های ماتریس هشین برای اثبات مقعر بودن تابع سود تولیدکننده ارائه شده است مطابق با:

$$\alpha_1^{SR} = \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m^2} = -2\gamma_1 < 0 \quad (۳۳)$$

$$\alpha_2^{SR} = \left(\frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m^2}\right)\left(\frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b^2}\right) - \left(\frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial b}\right)^2 = 4\theta_2\gamma_1 - \sigma^2 > 0 \quad (۳۴)$$

$$\alpha_3^{SR} = \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m^2}\begin{vmatrix} \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b^2} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o\partial b} \\ \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o^2} \end{vmatrix} - \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b\partial m}\begin{vmatrix} \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o\partial b} \\ \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o^2} \end{vmatrix} + \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial o\partial m}\begin{vmatrix} \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial b} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b^2} \\ \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial m\partial o} & \frac{\partial^2\Pi_T}{\partial b\partial o} \end{vmatrix} < 0 \quad (۳۵)$$

که شرط α_3^{SR} به‌صورت زیر بازنویسی شده است:

$$\alpha_3^{SR} = (4\gamma_1\theta_2 - \sigma^2)(2g_C\delta\lambda_1 - \theta_1) + g_C^2\delta^2(2\lambda_2\sigma\lambda_3 + 2\theta_2\lambda_2^2 + 2\gamma_1\lambda_3^2) < 0 \quad (۳۶)$$

با مشتق گیری از تابع سود تولیدکننده نسبت به متغیرهای تصمیم تولیدکننده شامل m، b و o سه معادله سه مجهول زیر بدست آمده است:

$$\frac{\partial\Pi_T^{SR}}{\partial b} = (w - n - g_C\delta + g_C\delta o^{SR})\lambda_3 - 2\theta_2 b^{SR} + m^{SR}\sigma = 0 \quad (۳۷)$$

$$\frac{\partial\Pi_T^{SR}}{\partial m} = (w - n - g_C\delta + g_C\delta o^{SR})\lambda_2 - \gamma_0 - 2\gamma_1 m^{SR} + \sigma b^{SR} = 0 \quad (۳۸)$$

$$\frac{\partial\Pi_T^{SR}}{\partial o} = (w - n - g_C\delta)\lambda_1 + g_C\delta(\beta_1 + \lambda_2 m^{SR} + \lambda_3 b^{SR} + I^{SR} + (2g_C\delta\lambda_1 - \theta_1)o^{SR} = 0 \quad (۳۹)$$

از حل معادلات (۳۷) تا (۳۹) مقدار بهینه متغیرهای تصمیم تولیدکننده بدست آمده است به پیروی از:

$$b^{SR} = \frac{F_5 o^{SR} + \sigma m^{SR} + F_2}{2\theta_2} \quad (۴۰)$$

$$o^{SR} = \frac{F_6F_7F_{11} - F_7F_8F_9 + F_6F_7g_C\delta I^{SR}}{F_6^2F_{10} - F_6F_7F_9} - \frac{F_8}{F_6} \quad (۴۱)$$

$$m^{SR} = \frac{F_8F_9 - F_6F_{11} - F_6g_C\delta I^{SR}}{F_6F_{10} - F_7F_9} \quad (۴۲)$$

که پارامترهای ثابت F_1 تا F_{12} برای نمایش ساده‌تر مقادیر بهینه m، b و o در پیوست ب تعریف شده است.

در ادامه با جایگذاری مقادیر بهینه (۴۰) تا (۴۲) در تابع سود خرده فروش (۱۴) و مشتق گیری از آن نسبت به متغیر تصمیم سطح موجودی خرده فروش (I) معادله زیر بدست آمده است:

$$\frac{\partial\Pi_R}{\partial I} = (g - w)F_{12} + s - \left(\frac{g+s+h}{A}\right)I = 0 \quad (۴۳)$$

با حل این معادله (نشان داده شده در رابطه ۴۳) مقدار بهینه I در بازی استکلبرگ- خرده فروش رهبر برابر است با:

$$I^{SR} = \frac{[(g - w)F_{12} + s]A}{g + s + h} \quad (۴۴)$$

۴-۳- مدل زنجیره تأمین تحت بازی نش

در این حالت هر یک از اعضای زنجیره به دنبال بیشینه کردن سود خود به‌صورت مجزا هستند و قدرت آن‌ها با هم برابر است و از این رو تولیدکننده مقدار بهینه متغیرهای تصمیم نرخ کاهش نشر کربن (o)، کیفیت محصول (b) و قیمت بازپس گیری محصول از مشتری (m) و خرده فروش مقدار بهینه سطح موجودی‌اش (I) را به‌طور هم‌زمان تعیین می‌کنند. در این حالت برای بیشینه کردن تابع سود تولیدکننده (۷)، ابتدا تقعر تابع سود تولیدکننده تحت بازی نش به‌طور مشابه به پیروی از روابط نشان داده شده در (۳۲) تا (۳۶) برقرار می‌باشد؛ بنابراین با مقعر بودن تابع سود تولیدکننده، برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولیدکننده با مشتق گیری و قرار دادن $\partial\Pi_T/\partial m$، $\partial\Pi_T/\partial o$ و $\partial\Pi_T/\partial b$ برابر با صفر سه معادله زیر بدست آمده است:

$$\frac{\partial\Pi_T^N}{\partial m} = (w - n - g_C\delta + g_C\delta o^N)\lambda_2 - \gamma_0 - 2\gamma_1 m^N + \sigma b^N = 0 \quad (۴۵)$$

$$\frac{\partial \Pi_T^N}{\partial b} = (w - n - g_C\delta + g_C\delta o^N)\lambda_3 - 2\theta_2 b^N + m^N\sigma = 0 \quad (۴۶)$$

$$\frac{\partial \Pi_T^N}{\partial o} = (w - n - g_C\delta)\lambda_1 + (2g_C\delta\lambda_1 - \theta_1)o^N + g_C\delta(\beta_1 + \lambda_2 m^N + \lambda_3 b^N + I^N = 0 \quad (۴۷)$$

با حل این سه معادله سه مجهول نشان داده شده در روابط (۴۵) تا (۴۷)، مقدار بهینه متغیرهای تصمیم تولیدکننده تحت بازی نش برابر است با:

$$b^N = \frac{F_5 o^N + \sigma m^N + F_2}{2\theta_2} \quad (۴۸)$$

$$o^N = \frac{F_6F_7F_{11} - F_7F_8F_9 + F_6F_7g_C\delta I^N}{F_6^2F_{10} - F_6F_7F_9} - \frac{F_8}{F_6} \quad (۴۹)$$

$$m^N = \frac{F_8F_9 - F_6F_{11} - F_6g_C\delta I^N}{F_6F_{10} - F_7F_9} \quad (۵۰)$$

پارامترهای ثابت F_1 تا F_{11} مشابه باحالت استکلبرگ در ضمیمه ب تعریف شد. در ادامه، برای بیشینه کردن تابع سود خرده فروش (۱۴)، مقعر بودن تابع هدف سود خرده فروش با در نظر گرفتن شرط $\frac{\partial^2 \Pi_R}{\partial I^2} = -(g + s + h)/A < 0$ برقرار است. سپس برای تعیین مقدار بهینه متغیر تصمیم خرده فروش با مشتق گیری از تابع سود خرده فروش نسبت به متغیر I رابطه زر بدست آمده است.

$$\frac{\partial \Pi_R}{\partial I} = s + g - w - (s + h + g)\frac{I}{A} = 0 \quad (۵۱)$$

با حل این معادله، مقدار بهینه سطح موجودی خرده فروش برابر است با:

$$I^N = \frac{(s + g - w)A}{h + s + g} \quad (۵۲)$$

در جدول (۲) به‌طور خلاصه مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم مسئله در مدل‌های همکارانه، نش و استکلبرگ آورده شده است.

۵- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در این بخش با ارائه مثال عددی مقادیر متغیرهای تصمیم زنجیره تأمین، تولیدکننده و خرده فروش و هم‌چنین مقادیر سود آن‌ها بدست می‌آید و تأثیر پارامترها بر عملکرد زنجیره و متغیرهای تصمیمش با ارائه نمودار آنالیز خواهد شد. مقادیر عددی پارامترها در این مثال برابرند با:

$\beta = 276$، $\beta_0 = 2$، $\lambda_1 = 2$، $\sigma = 4$، $\lambda_3 = 1.4$، $\lambda_2 = 3.2$، $\delta = 1.8$، $g = 18$، $w = 8$، $n = 4$، $s = 0.7$، $\gamma_0 = 9$، $\gamma_1 = 2.2$، $h = 16$، $g_C = 2.6$، $\theta_1 = 2500$، $\theta_2 = 350$، $A = 140$، $F_g = 150$.

مطابق با پارامترهای تعریف شده مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم و توابع سود زنجیره و اعضای آن در سه مدل نش، استکلبرگ-خرده فروش رهبر و زنجیره یکپارچه مطابق جدول (۳) بدست آمده است.

مطابق با نتایج بدست آمده از جدول (۳) تابع سود زنجیره تأمین در حالت همکارانه بیشتر از تابع سود بدست آمده از زنجیره در حالت غیر همکارانه در هر دو بازی نش و استکلبرگ است. این نشان

جدول (۲): مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در مدل‌های یکپارچه، نش و استکلبرگ

مدل / متغیر تصمیم	استکلبرگ- خرده فروش رهبر (SR)	بازی نش (N)	بازی همکارانه
I	$\frac{[(g-w)F_{12}+s]A}{g+s+h}$	$\frac{(s+g-w)A}{h+s+g}$	$\frac{P_9 + P_{10}m^C + P_{11}b^C}{P_8}$
o	$\frac{F_6F_7F_{11} - F_7F_8F_9 + F_6F_7g_C\delta I^{SR}}{F_6^2F_{10} - F_6F_7F_9} - \frac{F_8}{F_6}$	$\frac{F_6F_7F_{11} - F_7F_8F_9 + F_6F_7g_C\delta I^N}{F_6^2F_{10} - F_6F_7F_9} - \frac{F_8}{F_6}$	$\frac{P_{12} + P_{13}m^C + P_{14}b^C}{P_{15}}$
m	$\frac{F_8F_9 - F_6F_{11} - F_6g_C\delta I^{SR}}{F_6F_{10} - F_7F_9}$	$\frac{F_8F_9 - F_6F_{11} - F_6g_C\delta I^N}{F_6F_{10} - F_7F_9}$	$\frac{L_3}{L_1} - \frac{L_7 - L_8}{L_9 - L_{10}}$
b	$\frac{F_5o^{SR} + \sigma m^{SR} + F_2}{2\theta_2}$	$\frac{F_5o^N + \sigma m^N + F_2}{2\theta_2}$	$\frac{L_1L_6 - L_3L_4}{L_1L_5 - L_2L_4}$

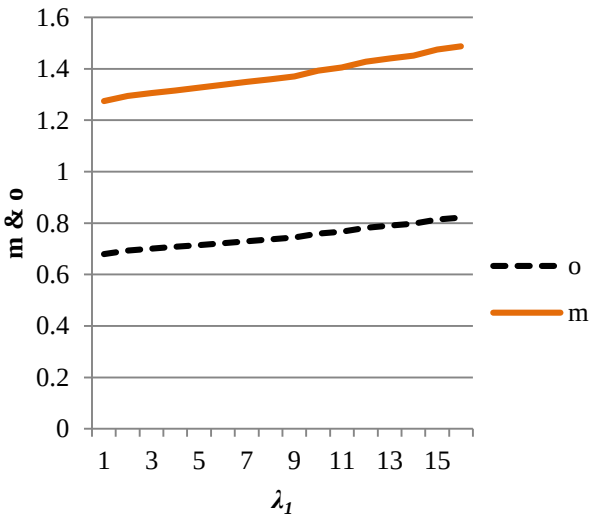
جدول (۳): مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم و توابع سود در مثال عددی

مدل / متغیر تصمیم/ تابع سود	نش (N)	استکلبرگ- خرده فروش رهبر (SR)	بازی همکارانه (C)
o	۰/۴۰۱	۰/۴۰۴	۰/۷۰
m	۱/۳۷	۱/۳۸	۱/۳۱
b	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳
I	۴۳/۱	۴۴/۴	۱۱۶/۴۴
Π_Z	۳۱۶۵/۶۵	۳۱۶۸/۱۵	۳۶۰۶/۸۸
Π_T	۵۱۹/۳۳	۵۲۱/۶۳	-
Π_R	۲۶۴۶/۳۲	۲۶۴۶/۵۱	-

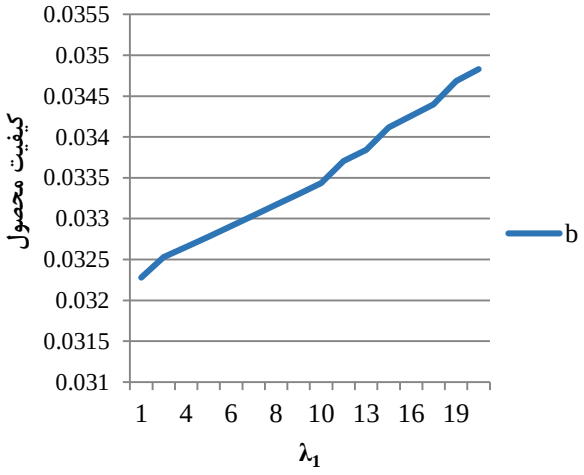
می‌دهد که ایجاد همکاری بین اعضای زنجیره و یکپارچه شدن زنجیره باعث بهبود عملکرد زنجیره تأمین‌شده و سود آن را افزایش می‌دهد. مقدار بیشتر متغیرهای تصمیم b , o در حالت همکارانه گواه تأثیر همکاری میان اعضا است که این نرخ‌های بالاتر تمایل مشتریان برای خرید محصول را افزایش داده و در نتیجه سود افزایش می‌یابد. در واقع، نرخ بالای o به معنای تولید محصول با نشر کربن کمتر و سازگارتر با محیط زیست است. نرخ بالای b به معنای تولید محصول باکیفیت بالاتر است که منجر به جلب تقاضای مشتریان می‌شود. هم‌چنین در حالت غیر همکاری نرخ کاهش نشر کربن (o) و قیمت باز پس گیری محصول (m) در بازی استکلبرگ- خرده فروش رهبر به مقدار جزئی بیشتر از حالت بازی نش به خاطر تفاوت در توالی تصمیم گیری می‌باشد. قیمت بالاتر m در مشتری اطمینان خاطر بیشتری برای خرید محصول ایجاد کرده و جلب تقاضا می‌کند. این نرخ‌های بالاتر در حالت استکلبرگ منجر به انگیزه بیشتر مشتریان در خرید محصول در مقایسه باحالت نش می‌شود و در نتیجه سود زنجیره در حالت استکلبرگ بیشتر از حالت نش شده است.

۵-۱- تأثیر پارامترها در حالت بازی همکارانه

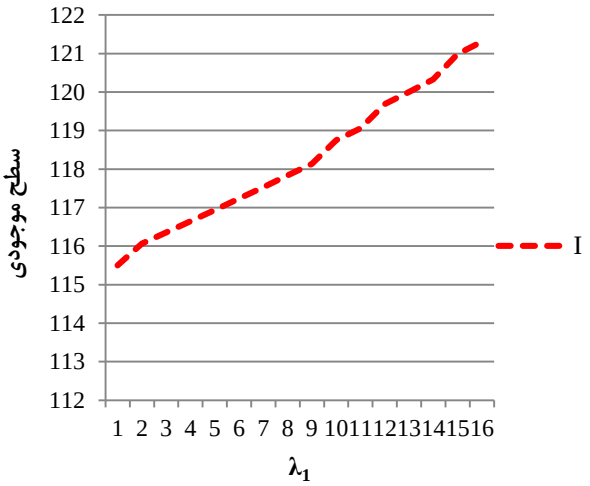
شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) تأثیر پارامتر λ_1 را در بازه [۲۰، ۱] بر روی متغیرهای تصمیم مسئله نشان می‌دهد. نرخ کاهش نشر کربن (o) با افزایش مقدار λ_1 افزایش می‌یابد. هم‌چنین متغیرهای تصمیم m، b و I نیز افزایش می‌یابند. نرخ‌های بالاتر o، b و m منجر تولید محصول باکیفیت‌تر، با نشر کربن کمتر و سازگار با محیط زیست و مطابق با خواست و رضایت مشتری می‌شود و مشتریان را برای خرید محصول ترغیب می‌کند. از این رو، مطابق با شکل (۴) سود زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. این نتایج اهمیت نقش نرخ کاهش نشر کربن را بر روی عملکرد زنجیره نشان می‌دهد که هر چه این نرخ بالاتر باشد سود بیشتری سهم زنجیره می‌شود.



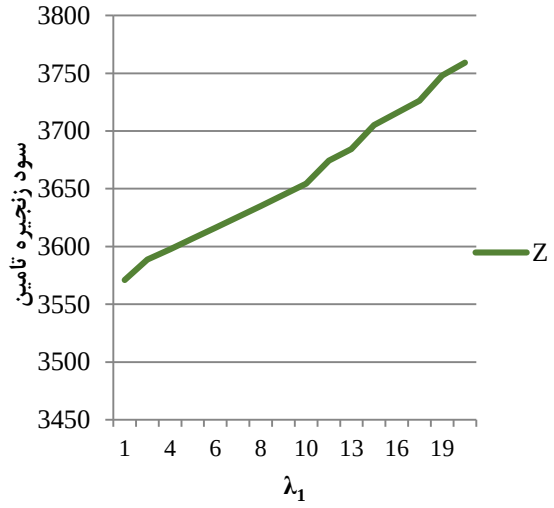
شکل (۱): نرخ کاهش نشر کربن و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_1



شکل (۲): کیفیت محصول به ازای مقادیر مختلف λ_1



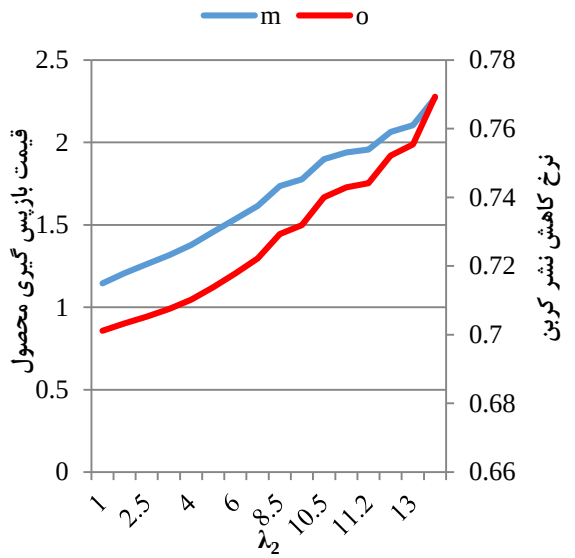
شکل (۳): سطح موجودی خرده فروش به ازای مقادیر مختلف λ_1



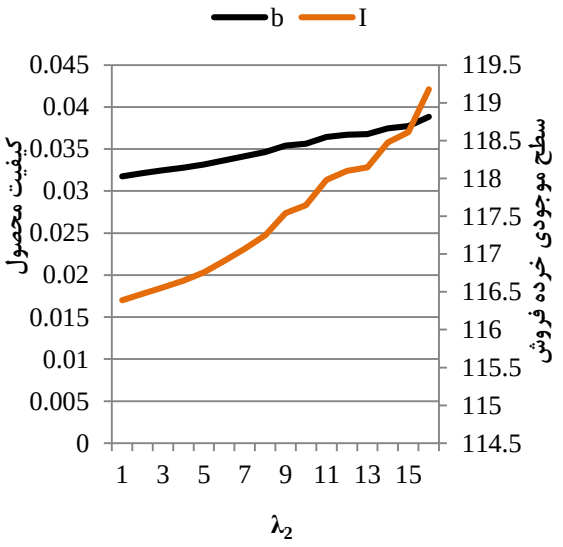
شکل (۴): سود زنجیره تأمین به ازای مقادیر مختلف λ_1

هم‌چنین تأثیر افزایش پارامتر λ_2 در بازه [۱۵، ۱] بر روی متغیرهای تصمیم و سود زنجیره در شکل‌های (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده است. با افزایش λ_2 مقدار قیمت باز پس گیری محصول

(m) افزایش می‌یابد. تولیدکننده محصولاتی که مورد عدم رضایت مشتریان است را با پرداخت قیمت بالاتری به ازا دریافت محصول از آن‌ها پس می‌گیرد که اطمینان خاطر بیشتری در مشتری ایجاد کرده و جلب تقاضا می‌کند. هم‌چنین متغیرهای o، b و I افزایش می‌یابند؛ بنابراین، اشتیاق مشتریان برای خرید محصول به خاطر افزایش نرخ‌های کاهش نشر کربن، قیمت باز پس گیری محصول و کیفیت محصول افزایش می‌یابد. از این رو، عملکرد زنجیره تأمین با افزایش λ_2 بهبود می‌یابد و مطابق با شکل (۷) تابع سود زنجیره افزایش می‌یابد.

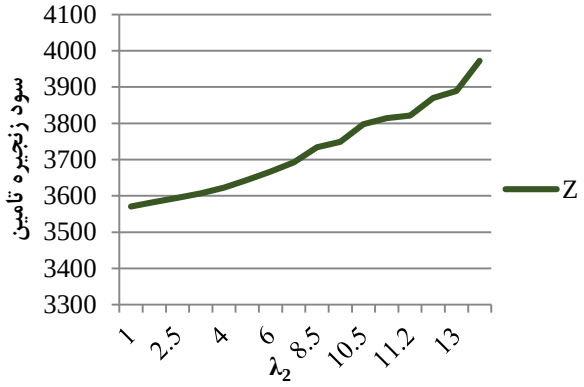


شکل (۵): نرخ کاهش نشر کربن و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_2

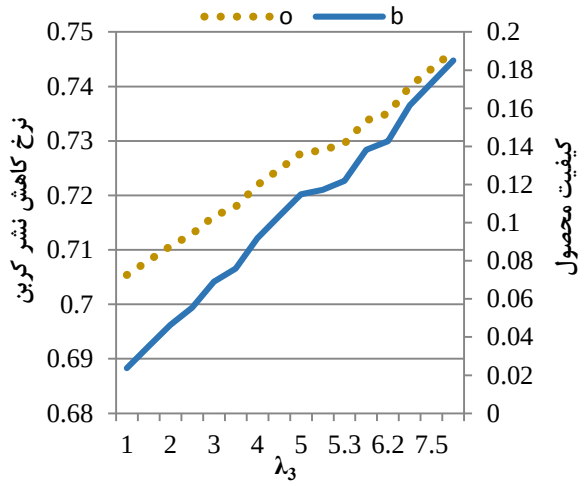


شکل (۶): کیفیت محصول و سطح موجودی خرده فروش به ازای مقادیر مختلف λ_2

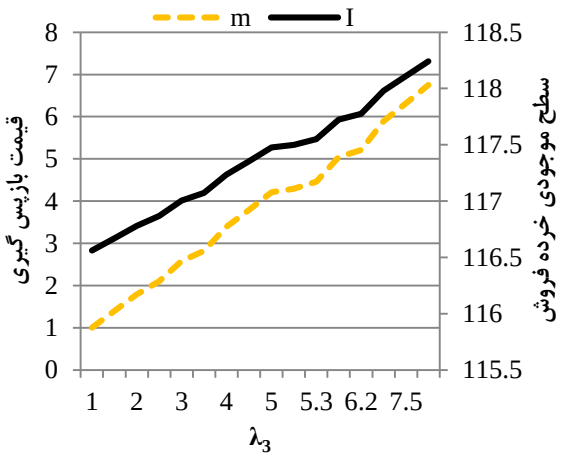
هم‌چنین شکل‌های (۸) و (۹) تأثیر پارامتر λ_3 را در بازه [۸، ۱] بر روی متغیرهای تصمیم نشان می‌دهد. با افزایش نرخ λ_3 سطح کیفیت محصول افزایش می‌یابد. هم‌چنین، افزایش λ_3 منجر به افزایش مقادیر m, o و I می‌شود. افزایش نرخ متغیرهای تصمیم منجر به افزایش تمایل مشتری برای خرید محصول و افزایش تقاضا می‌شود؛ بنابراین در نتیجه آن سود زنجیره تأمین مشابه با شکل (۱۰) افزایش می‌یابد که نشان از اهمیت کیفیت محصول بر عملکرد زنجیره تأمین است و وقتی حساسیت مشتریان بر روی کیفیت بالا باشد سود زنجیره تأمین بیشتر می‌شود.



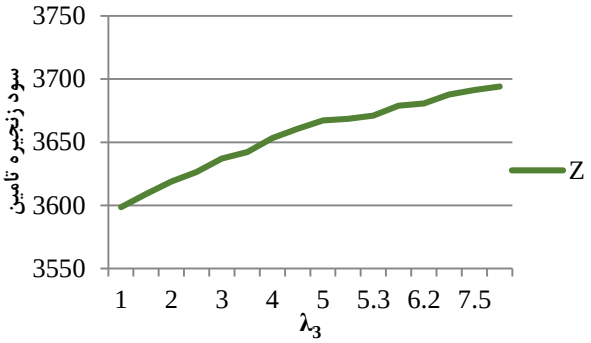
شکل (۷): سود زنجیره تأمین به ازای مقادیر مختلف λ_2



شکل (۸): نرخ کاهش نشر کربن و سطح کیفیت محصول به ازای مقادیر مختلف λ_3



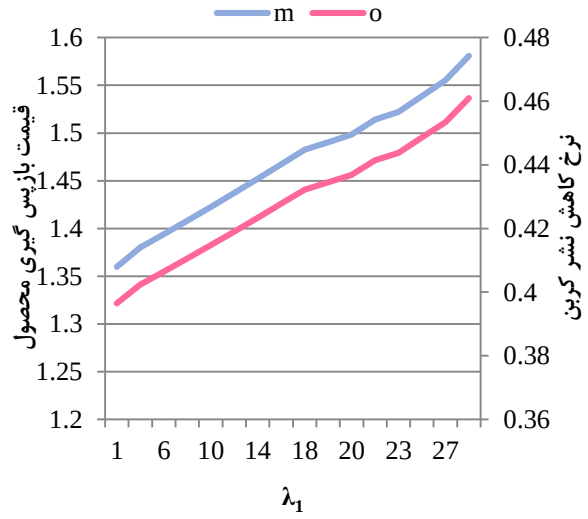
شکل (۹): سطح موجودی خرده فروش و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_3



شکل (۱۰): سود زنجیره تأمین به ازای مقادیر مختلف λ_3

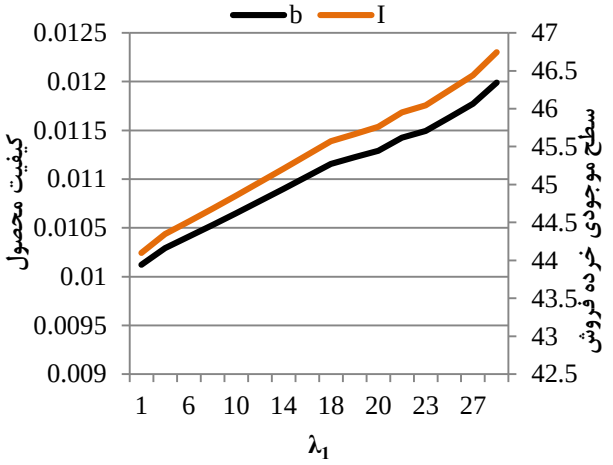
۵-۲- آنالیز تأثیر پارامترها تحت بازی استکلبرگ- خرده فروش رهبر

شکل‌های (۱۱) و (۱۲) نشان می‌دهد که با افزایش نرخ λ_1 در بازه [۳۰، ۱] متغیرهای تصمیم o، m و I افزایش می‌یابند. هم‌چنین سطح کیفیت محصول نیز با افزایش λ_1 مطابق شکل (۱۲) بهبود می‌یابد اما میزان این افزایش ناچیز است و حساسیت کیفیت محصول نسبت به افزایش λ_1 کم است. بالا رفتن مقادیر متغیرهای تصمیم منجر به تولید محصول سازگار با نظر مشتری شده و علاقه مشتریان برای خرید را افزایش می‌دهد و از این رو توابع سود کننده، خرده فروش و زنجیره تأمین مطابق با شکل‌های (۱۳) و (۱۴) افزایش می‌یابد که اهمیت ضریب λ_1 و نقش کاهش نشر کربن در افزایش سود زنجیره را نشان می‌دهد.

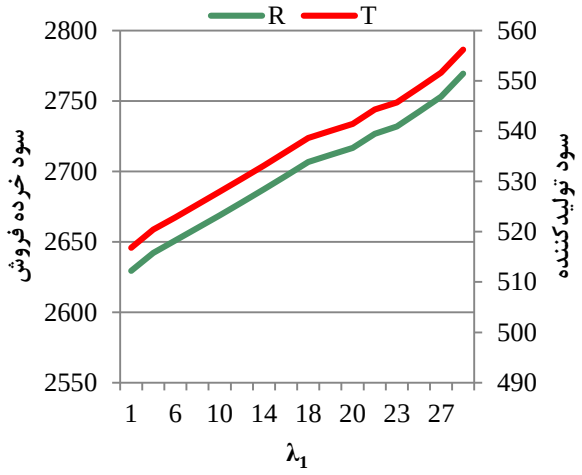


شکل (۱۱): نرخ کاهش نشر کربن و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_1

با افزایش نرخ λ_2 در بازه [۱۲، ۱] مطابق شکل‌های (۱۵) و (۱۶) متغیرهای تصمیم m، b، I و o افزایش می‌یابند که نرخ‌های بالاتر o و b منجر به تولید محصول با نشر کربن کمتر و باکیفیت بالاتر می‌شود. هم‌چنین بالا رفتن قیمت m مشتریان را برای خرید محصول بیشتر ترغیب می‌کند. از این رو با افزایش تقاضا ناشی از تولید محصول مطابق با رضایت مشتری سود زنجیره تأمین و اعضای آن شامل تولیدکننده و خرده فروش مطابق شکل‌های (۱۷) و (۱۸) افزایش می‌یابد و عملکرد زنجیره بهبود می‌یابد که نشان از اهمیت پارامتر λ_2 و نقش سیاست بازگشت محصول به‌عنوان یک فاکتور انگیزشی در جلب تقاضای مشتری دارد.

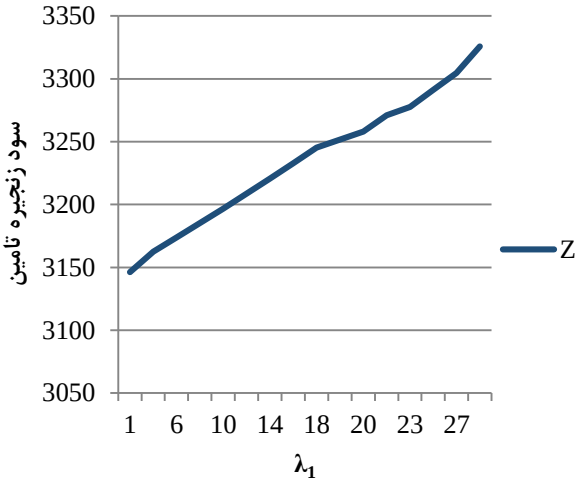


شکل (۱۲): سطح موجودی خرده فروش و کیفیت محصول به ازای مقادیر مختلف λ_1

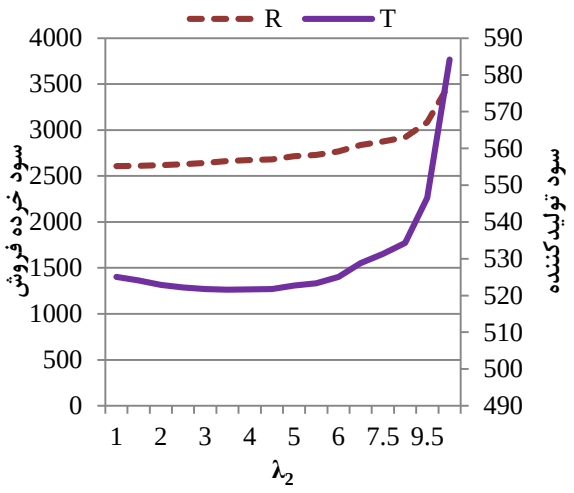


شکل (۱۳): سود تولیدکننده و خرده فروش تحت بازی استکلبرگ به ازای مقادیر مختلف λ_1

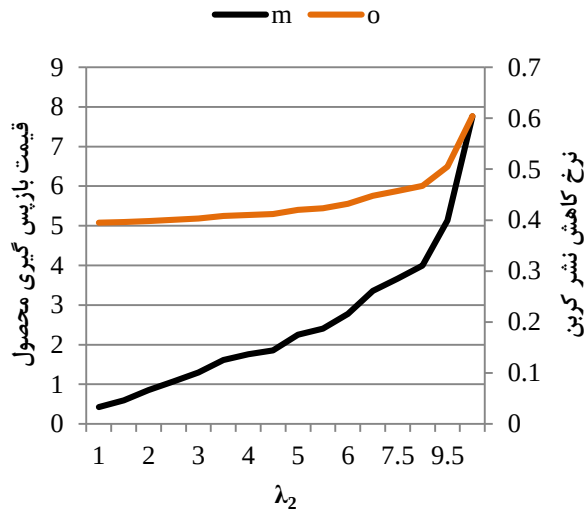
در شکل (۱۹) نشان داده شده است که با افزایش پارامتر λ_3 در بازه [۱۸، ۱] متغیرهای تصمیم b و o زیاد می‌شوند که منجر به تولید محصول با نشر کربن کمتر و باکیفیت بالاتر می‌شود و تقاضای بازار را جلب می‌کند. هم‌چنین مطابق شکل (۲۰) متغیرهای m و I نیز افزایش می‌یابند اما مقدار این افزایش بسیار ناچیز است و تقریباً ثابت می‌مانند و از این رو نسبت به پارامتر λ_3 حساس نمی‌باشند. تولید محصول با کربن کم و کیفیت بالا منجر به جلب تقاضای مشتری شده و در نتیجه تابع سود تولیدکننده، خرده فروش و به‌تبع آن زنجیره تأمین مطابق شکل‌های (۲۱) و (۲۲) افزایش می‌یابد. این بهبود در عملکرد زنجیره اهمیت تأثیر کیفیت محصول و پارامتر λ_3 را در افزایش تقاضای بازار و جلب نظر مشتری نشان می‌دهد.



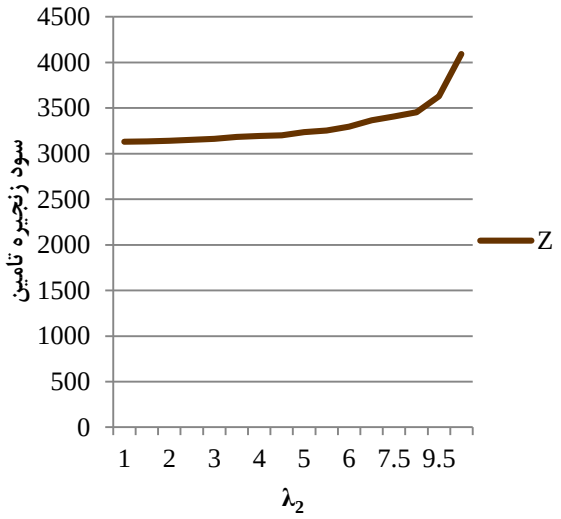
شکل (۱۴): سود زنجیره تأمین تحت بازی استکلبرگ به ازای مقادیر مختلف λ_1



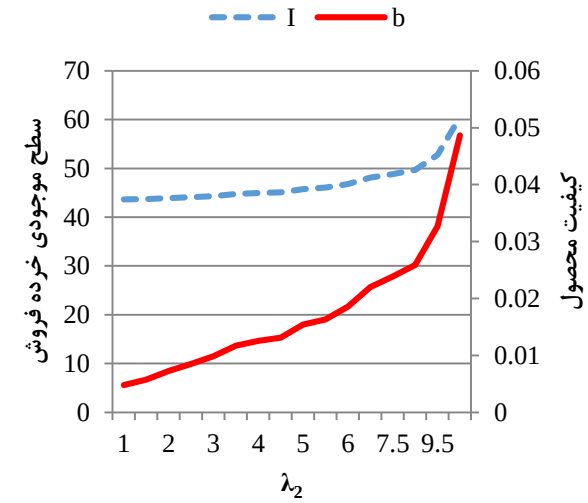
شکل (۱۷): سود تولیدکننده و خرده فروش تحت بازی استکلبرگ به ازای مقادیر مختلف λ_2



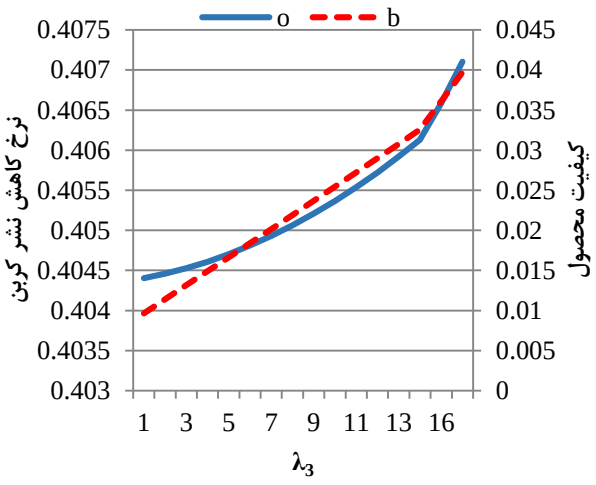
شکل (۱۵): نرخ کاهش نشر کربن و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_2



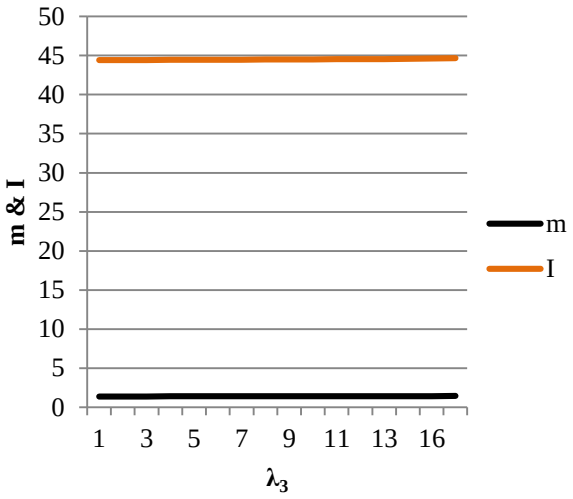
شکل (۱۸): سود زنجیره تأمین تحت بازی استکلبرگ به ازای مقادیر مختلف λ_2



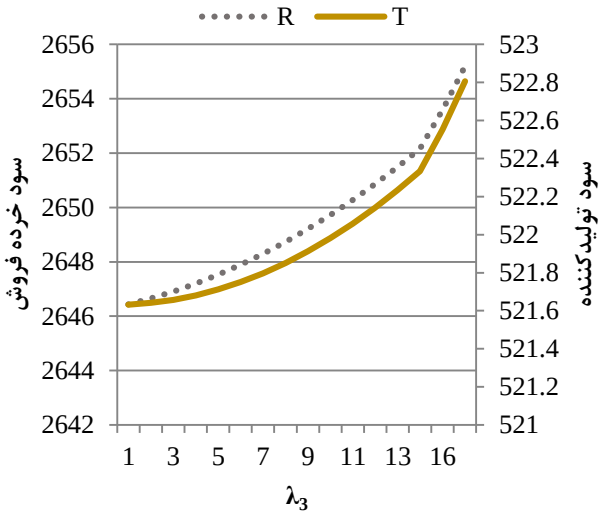
شکل (۱۶): سطح موجودی خرده فروش و کیفیت محصول به ازای مقادیر مختلف λ_2



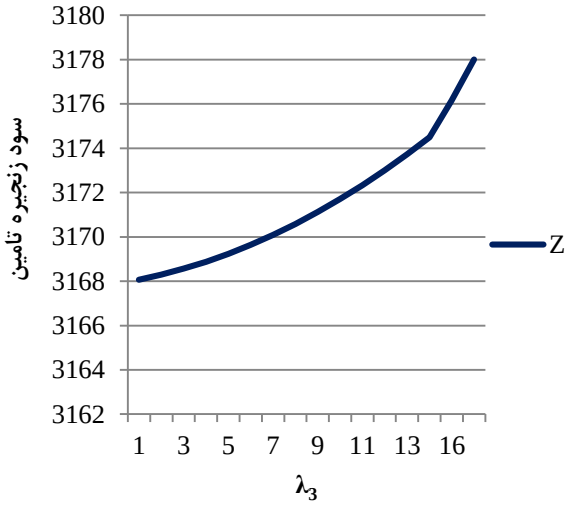
شکل (۱۹): نرخ کاهش نشر کربن و کیفیت محصول به ازای مقادیر مختلف λ_3



شکل (۲۰): سطح موجودی خرده فروش و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_3



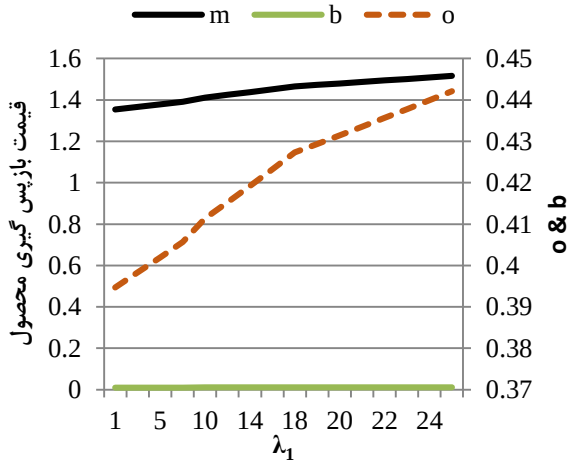
شکل (۲۱): سود تولیدکننده و خرده فروش تحت بازی استکلبرگ به ازای مقادیر مختلف λ_3



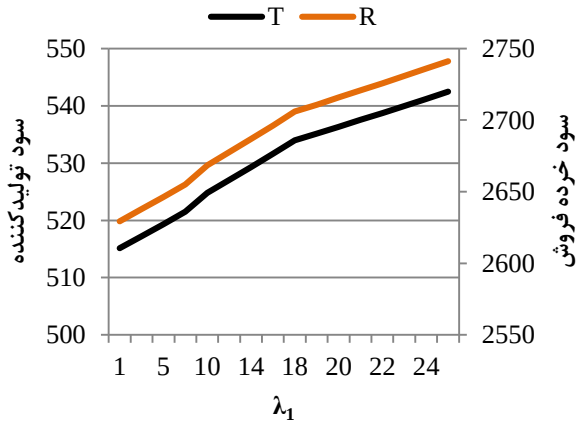
شکل (۲۲): سود زنجیره تأمین تحت بازی استکلبرگ به ازای مقادیر مختلف λ_3

۵-۳- آنالیز تأثیر پارامترها تحت بازی نش

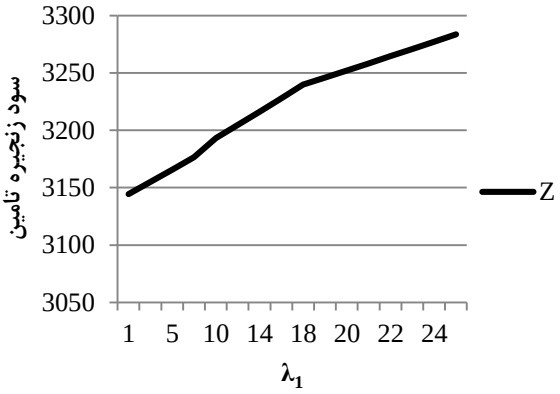
تأثیر پارامتر λ_1 در بازه [۲۵، ۱] بر روی متغیرهای تصمیم در شکل (۲۳) نشان داده شده است. با افزایش λ_1 نرخ کاهش نشر کربن (o) و قیمت باز پس گیری محصول (m) افزایش می‌یابد که نرخ بالای o منجر به تولید محصول با نشر کربن کمتر و سازگار با محیط زیست و قیمت بیشتر m در مشتریان اعتماد بیشتری ایجاد کرده و جلب تقاضا می‌کند؛ اما سطح کیفیت محصول نسبت به افزایش λ_1 حساس نمی‌باشد و تقریباً مقداری ثابت ($b = 0.01$) می‌باشد. از این رو با افزایش مقادیر o و m که منجر به افزایش تقاضا شده است تابع سود تولیدکننده، خرده فروش و سود زنجیره تأمین تحت بازی نش مطابق شکل‌های (۲۴) و (۲۵) افزایش‌یافته است و نشان می‌دهد هرچند تولید محصول با نشر کربن کمتر و مطابق با خواست مشتری هزینه بیشتر تولید را به همراه دارد اما سود ناشی از افزایش تقاضا برای تولید این نوع محصول توانسته است هزینه‌ها را خنثی کرده و منجر به افزایش سود زنجیره تأمین شود.



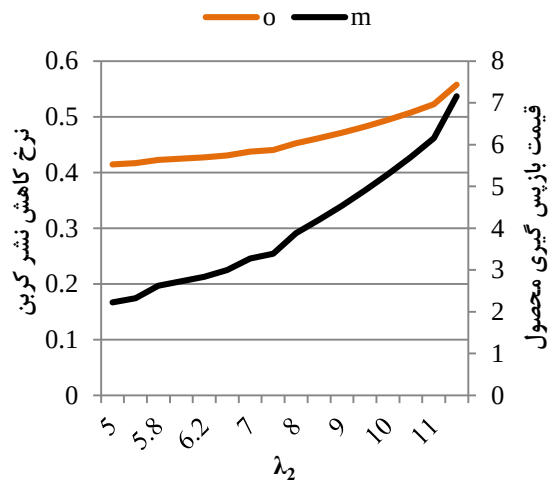
شکل (۲۳): نرخ کاهش نشر کربن، کیفیت محصول و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_1



شکل (۲۴): سود تولیدکننده و خرده فروش تحت بازی نش به ازای مقادیر مختلف λ_1

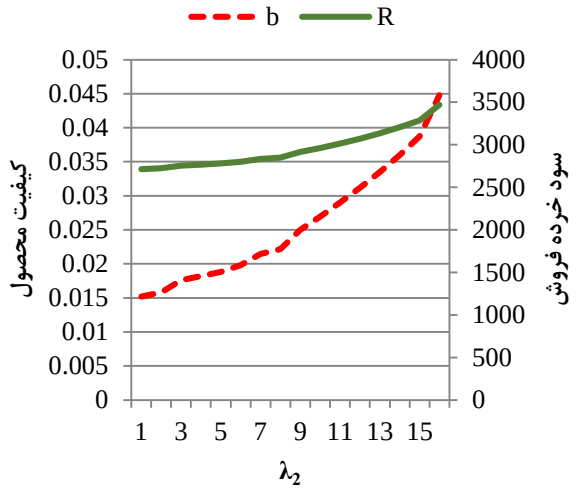


شکل (۲۵): سود زنجیره تأمین تحت بازی نش به ازای مقادیر مختلف λ_1



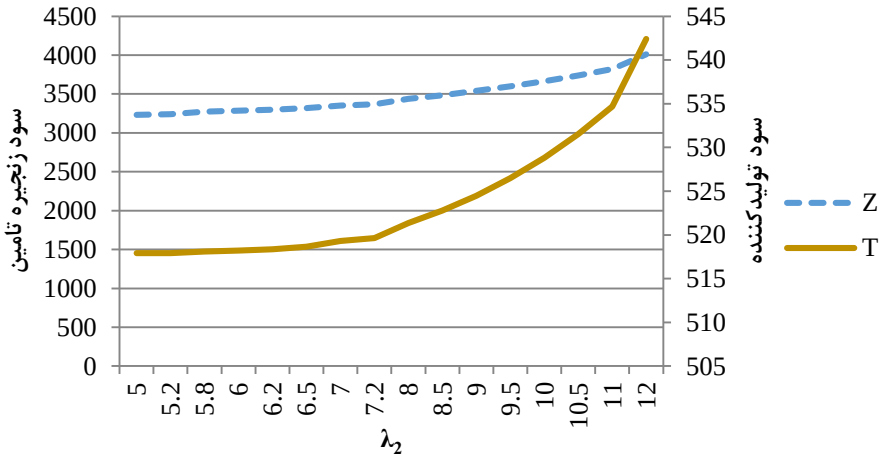
شکل (۲۶): نرخ کاهش نشر کربن و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_2

تأثیر افزایش پارامتر λ_2 در بازه [۵، ۱۲] بر روی متغیرهای تصمیم مسئله تحت بازی نش در شکل‌های (۲۶) و (۲۷) نشان داده شده است. متغیرهای قیمت باز پس گیری محصول (m)، نرخ کاهش نشر کربن (o) و کیفیت محصول (b) افزایش می‌یابند که این افزایش منجر به تولید محصول با نشر کربن کمتر و باکیفیت‌تر می‌شود و هم‌چنین قیمت بالاتر m نیز تمایل مشتریان برای خرید محصول را افزایش می‌دهد. از این رو تقاضای بازار با تولید محصول مطابق با خواست و رضایت مشتری افزایش می‌یابد و سود زنجیره تأمین، تولیدکننده و خرده فروش مطابق شکل‌های (۲۷) و (۲۸) افزایش می‌یابند. این افزایش سود ناشی از آن است که درآمد ناشی از افزایش تقاضا توانسته است بر هزینه‌های ناشی از تولید محصول مطابق با خواست مشتری غلبه کرده و سود را بهبود داده است.

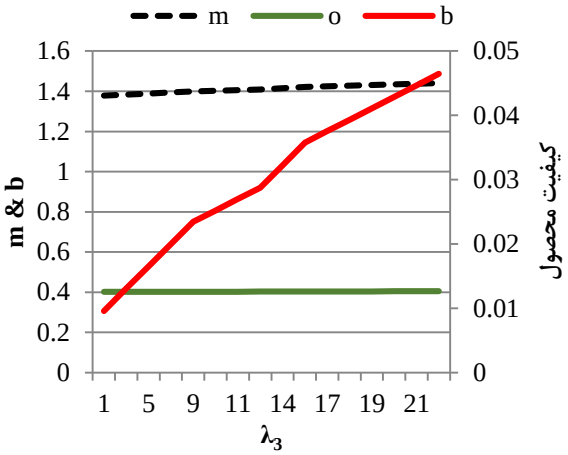


شکل (۲۷): کیفیت محصول و سود خرده فروش به ازای مقادیر مختلف λ_2

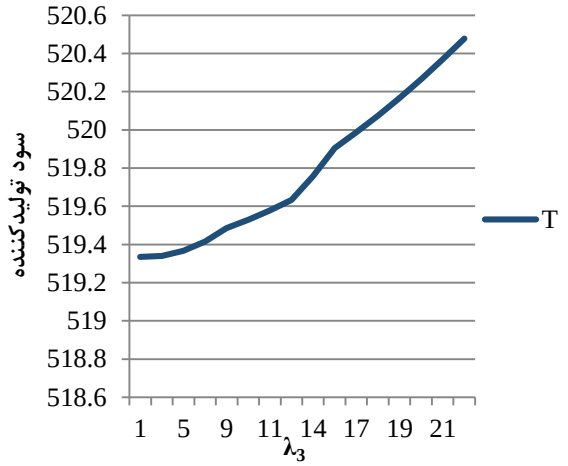
شکل (۲۹) تأثیر پارامتر λ_3 را در بازه [۱، ۲۲] بر روی متغیرهای تصمیم تحت بازی نش نشان می‌دهد. متغیر سطح کیفیت محصول (b) با افزایش ضریب λ_3 بالا می‌رود ولی متغیرهای m و o به مقدار جزئی زیاد می‌شوند و نسبت به افزایش λ_3 حساسیت کمی دارند و تقریباً ثابت باقی می‌مانند. از این رو با افزایش سطح کیفیت محصول در اثر افزایش ضریب λ_3، تقاضا مشتریان برای محصول افزایش‌یافته و در نتیجه آن سود زنجیره تأمین و اعضای آن شامل تولیدکننده و خرده فروش مطابق شکل‌های (۳۰) و (۳۱) افزایش می‌یابد که این اهمیت نقش کیفیت محصول را در جلب تقاضا نشان می‌دهد.



شکل (۲۸): سود تولیدکننده و زنجیره تأمین تحت بازی نش به ازای مقادیر مختلف λ_2



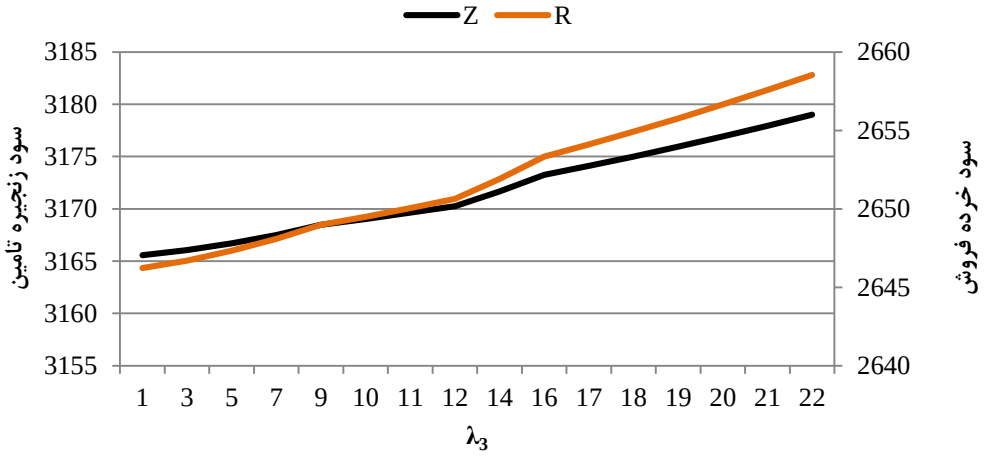
شکل (۲۹): نرخ کاهش نشر کربن، کیفیت و قیمت باز پس گیری محصول به ازای مقادیر مختلف λ_3



شکل (۳۰): سود تولیدکننده تحت بازی نش به ازای مقادیر مختلف λ_3

۶- نتیجه گیری

در این مقاله یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش در نظر گرفته شد که یک نوع محصول در بازار عرضه می‌کنند. افزایش رقابت در بازار شرکت‌ها را مجاب کرد که برای جلب تقاضا و کسب سهم بیشتری از بازار محصولات متنوع و مطابق با خواست و رضایت مشتری تولید کنند. دو فاکتور انگیزشی سیاست بازگشت محصول به‌عنوان یک خدمت پس از فروش محصول و کیفیت محصول برای جلب رضایت مشتری در توسعه این تحقیق در نظر گرفته شد. هم‌چنین با توجه به اهمیت کاهش نشر کربن برای حفاظت از محیط زیست دو راهکار تولید محصولات با نشر کربن کم و استفاده از قانون دولتی بر پایه ظرفیت و موازنه برای توسعه این تحقیق مورد توجه قرار گرفت. از این رو تقاضای بازار احتمالی و تابعی از نرخ کاهش نشر کربن، قیمت باز پس گیری محصول و کیفیت محصول بود. برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم مسئله و بیشینه کردن سود زنجیره تأمین، دو رویکرد بازی همکارانه و غیر همکارانه در نظر گرفته شد. هم‌چنین در حالت غیر همکارانه از روش بازی نش که قدرت اعضا برابر است و بازی استکلبرگ-خرده فروش رهبر برای تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم استفاده شد. نتایج نشان داد که سود زنجیره تأمین در حالت بازی همکارانه به علت ایجاد ائتلاف و یکپارچگی بین اعضا بیشتر از حالت بازی نش و استکلبرگ شد و عملکرد زنجیره را بهبود داد. در حالت غیر همکارانه سود زنجیره در حالت بازی استکلبرگ وقتی خرده فروش قدرت غالب بود بیشتر از حالت نش شد که ناشی از تفاوت در توالی تصمیم گیری بود. باوجود در نظر گرفتن فاکتورهای کاهش نشر کربن، کیفیت محصول و سیاست بازگشت محصول در جلب تقاضا در این مقاله و استفاده از رویکرد تئوری بازی‌ها فاکتورهای دیگری مثل تبلیغات، بازاریابی و قیمت‌گذاری محصول وجود دارد که برای توسعه مقاله در آینده می‌توان در نظر گرفت. راهکارهای دیگری نیز برای کاهش نشر کربن وجود دارد که استفاده از مالیات و یا متغیر در نظر گرفتن میزان تخصیص کربن در قانون دولتی از آن جمله است. هم‌چنین بازتولید و استفاده مجدد محصولات بازگشتی که منجر به‌صرفه جویی در هزینه‌های تولید و حفاظت بیشتر از محیط زیست می‌شود فاکتور دیگری است که می‌توان در غالب فروش چند دوره‌ای و در



شکل (۳۱): سود خرده فروش و زنجیره تأمین تحت بازی نش به ازای مقادیر مختلف λ_3

نظر گرفتن فاکتور زمان در مدل‌سازی در تحقیقات آتی به آن پرداخت. به‌کارگیری کانال‌های مختلف در بازتولید محصول، بازتولید ترکیبی توسط اعضای زنجیره و یا دادن نمایندگی به یک شرکت برای بازتولید از دیگر موارد توسعه در آینده است. هم‌چنین استفاده از قراردادهای متفاوت برای ایجاد هماهنگی بین اعضای زنجیره مثل تسهیم درآمد، دو تعرفه‌ای، تخفیف تعداد فروش برای بدست آوردن سود بیشتر را می‌توان راهکار دیگری جهت توسعه این تحقیق دانست.

تشکر و قدردانی

از حمایت مالی دانشگاه تهران در این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۰۴-۱-۳۰۰۱۵ قدردانی می‌شود.

پیوست الف. برخی پارامترهای ثابت تعریف شده در بازی همکارانه

پارامترهای ثابت P_1 تا P_{15} و L_1 تا L_{10} که برای نمایش ساده‌تر مقادیر بهینه متغیرهای I^C، o^C، m^C، b^C در بازی همکارانه استفاده شده‌اند مطابق زیر تعریف شده‌اند.

$$P_1 = -(g - n - g_C\delta)\lambda_1 \quad \text{(الف-۱)}$$
$$P_2 = g_C\delta\beta_1 \quad \text{(الف-۲)}$$
$$P_3 = g_C\delta\lambda_2 \quad \text{(الف-۳)}$$
$$P_4 = g_C\delta\lambda_3 \quad \text{(الف-۴)}$$
$$P_5 = g_C\delta - g + n - s \quad \text{(الف-۵)}$$
$$P_6 = 2g_c\delta\lambda_1 - \theta_1 \quad \text{(الف-۶)}$$
$$P_7 = \frac{g + s + h}{A} \quad \text{(الف-۷)}$$
$$P_8 = -g_C^2\delta^2 - P_6P_7 \quad \text{(الف-۸)}$$
$$P_9 = P_5P_6 + g_C\delta(P_2 - P_1) \quad \text{(الف-۹)}$$
$$P_{10} = g_C\delta P_3 \quad \text{(الف-۱۰)}$$
$$P_{11} = g_C\delta P_4 \quad \text{(الف-۱۱)}$$
$$P_{12} = P_5P_6 + \frac{P_6P_7P_9}{P_8} \quad \text{(الف-۱۲)}$$
$$P_{13} = \frac{P_6P_7P_{10}}{P_8} \quad \text{(الف-۱۳)}$$
$$P_{14} = \frac{P_6P_7P_{11}}{P_8} \quad \text{(الف-۱۴)}$$
$$P_{15} = g_C\delta P_6 \quad \text{(الف-۱۵)}$$
$$L_1 = \sigma + \frac{g_C\delta\lambda_3P_{13}}{P_{15}} \quad \text{(الف-۱۶)}$$
$$L_2 = \frac{g_c\delta\lambda_3P_{14}}{P_{15}} - 2\theta_2 \quad \text{(الف-۱۷)}$$
$$L_3 = (g_C\delta - g + n)\lambda_3 - \frac{g_C\delta\lambda_3P_{12}}{P_{15}} \quad \text{(الف-۱۸)}$$
$$L_4 = \frac{g_C\delta\lambda_2P_{13}}{P_{15}} - 2\gamma_1 \quad \text{(الف-۱۹)}$$
$$L_5 = \sigma + \frac{g_C\delta\lambda_2P_{14}}{P_{15}} \quad \text{(الف-۲۰)}$$
$$L_6 = (\gamma_0 - g + n + g_C\delta)\lambda_2 + \frac{g_C\delta\lambda_2P_{12}}{P_{15}} \quad \text{(الف-۲۱)}$$
$$L_7 = L_1L_2L_6 \quad \text{(الف-۲۲)}$$
$$L_8 = L_2L_3L_4 \quad \text{(الف-۲۳)}$$
$$L_9 = L_5L_1^2 \quad \text{(الف-۲۴)}$$
$$L_{10} = L_1L_2L_4 \quad \text{(الف-۲۵)}$$

پیوست ب. برخی پارامترهای ثابت تعریف شده در بازی غیر همکارانه

پارامترهای ثابت F_1تا F_{12} که برای نمایش ساده‌تر مقادیر بهینه متغیرهای I، o، m، b در بازی استکلبرگ و نش استفاده شده‌اند مطابق زیر تعریف شده‌اند.

$$F_1 = (w - n - g_C\delta)\lambda_2 - \gamma_0 \quad \text{(ب-۱)}$$
$$F_2 = (w - n - g_C\delta)\lambda_3 \quad \text{(ب-۲)}$$
$$F_3 = (w - n - g_C\delta)\lambda_1 + g_C\delta\beta_1 \quad \text{(ب-۳)}$$
$$F_4 = g_C\delta\lambda_2 \quad \text{(ب-۴)}$$
$$F_5 = g_C\delta\lambda_3 \quad \text{(ب-۵)}$$
$$F_6 = F_4 + \frac{\sigma F_5}{2\theta_2} \quad \text{(ب-۶)}$$
$$F_7 = \frac{\sigma^2}{2\theta_2} - 2\gamma_1 \quad \text{(ب-۷)}$$
$$F_8 = \frac{F_2\sigma}{2\theta_2} + F_1 \quad \text{(ب-۸)}$$
$$F_9 = P_6 + \frac{F_5^2}{2\theta_2} \quad \text{(ب-۹)}$$
$$F_{10} = F_4 + \frac{F_5\sigma}{2\theta_2} \quad \text{(ب-۱۰)}$$
$$F_{11} = F_3 + \frac{F_2F_5}{2\theta_2} \quad \text{(ب-۱۱)}$$
$$F_{12} = \frac{F_6F_7g_C\delta\lambda_1}{F_6^2F_{10} - F_6F_7F_9} - \frac{F_6g_C\delta\lambda_2}{F_6F_{10} - F_7F_9} + \frac{F_5F_6F_7g_C\delta\lambda_3}{2\theta_2(F_6^2F_{10} - F_6F_7F_9)} - \frac{F_6g_C\delta\lambda_3\sigma}{2\theta_2(F_6F_{10} - F_7F_9)} + 1 \quad \text{(ب-۱۲)}$$

مراجع

[1] Fankhauser, S., Tol, R.S.J., Pearce, D.W., (1997). "The aggregation of climate change damages: a welfare theoretic approach", Environmental and Resource Economics, 10 (3): 249-266.

[2] Radford, T., (2015). "Alaska's Glaciers Melt Faster as Climate Change Speeds up (accessed on July 2015)". http://www.climatenewsnetwork.net/alaskasglaciersmelt-faster-as-climate-change speeds-up/

[3] Adaman, F., Karali, N., Kumbaroglu, G., Or, I., Ozkaynak, B., Zenginobuz, Ü., (2011). "What determines urban households' willingness to pay for CO2 emission reductions in Turkey: a contingent valuation survey", Energy Policy, 39(2): 689-698.

[4] Drake, D., Spinler, S., (2013). "Sustainable operations management: an enduring stream or a passing fancy", Manufacturing and Service Operations Management, 15(4): 689-700.

[5] Du, S., Ma, F., Fu, Z., Zhu, L., Zhang, J., (2011). "Game-theoretic analysis for an emission-dependent supply chain in a 'cap-and-trade' system", Annals of Operations Research, 228(1): 135-149.

[6] Kahn, J.A., (1992). "Why is production more volatile than sales? Theory and evidence on the stock out avoidance motive for inventory-holding Quarterly", Journal of Business and Economics, 107(3): 481-510.

[7] Yongjian, L., Lei, X., Dahui, L., (2013). "Examining relationships between the return policy, product quality and pricing strategy in online direct selling", International Journal of Production Economics, 144: 451-460.

[8] Xiong, W., (2014), "Coordination and incentive in a supply chain with manufacturer quality effort", 26th Chinese control and decision conference, Zhejiang University.

[9] Zhao, D., Fang, M., (2002). "The key of network manufacturing: Integrating material, information, capital and knowledge flows", The Proceedings of the 7th Annual International Manufacturing Symposium, Cambridge, UK.

[10] Uebelhoer, K., Guder, J., Holst, J., (2013). "Greenhouse gas management along the supply chain at Siemens", The 6th International Conference on Life Cycle Management in Gothenburg 2013, Gothenburg, Sweden.

[11] Kennedy, M., Dinh, V.N., Basu, B., (2016). "Analysis of consumer choice for low-carbon technologies by using neural network", Journal of Cleaner Production, 112: 3402-3412.

[12] Achtnicht, M., (2012). "German car buyers' willingness to pay to reduce CO2 emissions", Journal of Climate Change, 113(4): 679-697.

[13] Motoshita, M., Sakagami, M., Kudoh, Y., Tahara, K., Inaba, A., (2015). "Potential impacts of information disclosure designed to motivate Japanese consumers to reduce carbon dioxide emissions on choice of shopping method for daily foods and drinks", Journal of Cleaner Production, 101: 205-214.

[14] Dong, C., Shen, B., Chow, P.S., Yang, L., Ng, C.T., (2014). "Sustainability investment under cap and-trade regulation", Annals of Operations Research, 240(2): 509-531.

[15] Nagurney, A., Yu, M. (2012). "Sustainable fashion supply chain management under oligopolistic competition and brand differentiation", International Journal of Production Economics, 135 (2): 532-540.

[16] Bohringer, C., Lange, A., (2005). "On the design of optimal grandfathering schemes for emission allowances", European Economic Review, 49(8): 2041-2055.

[17] Sundarakani, B., Souza, R.D., Goh, M., Wagner, S.M., Manikandan, S., (2010). "Modeling carbon footprints across the supply chain", International Journal of Production Economics, 128(128): 43-50.

[18] Chen, J, X., Chen, J., (2017). "Supply chain carbon footprint and responsibility allocation under emission regulations", Journal of Environmental Management, 188: 255-267.

[19] Song, J., Leng, M., (2012). "Analysis of the Single-Period Problem under Carbon Emissions Policies. Handbook of Newsvendor Problems", Part of the International Series in Operations Research & Management Science book series, 176: 297-313.

[20] Zhang, B., & Xu, L., (2013). "Multi-item production planning with carbon cap and trade mechanism", International Journal of Production Economics, 144(1): 118-127.

[21] Dobos, I., (2005). "The effects of emission trading on production and inventories in the Arrow–Karlin model", International Journal of Production Economics, 301(8): 93-94.

[22] Hui, Y., Jing, C., Xu, C., Bintong, C., (2017). "The impact of customer returns in a supply chain with a common the retailer", European Journal of Operational Research, 256(1): 139-150.

[23] Kandel, E., (1996). "The right to return", Journal of Law and Economics, 12(4): 361-382.

[24] Liu, J., Mantin, B., Wang, H., (2014). "Supply chain coordination with customer returns and refund-dependent demand", International Journal of Production Economics, 148: 81-89.

[25] Li, G., Li, L., Sethi, S, P., Guan, X., (2017). "Return strategy and pricing in a dual-channel supply chain", International Journal of Production Economics, 52: 302-349.

[26] Batarfi, R., Jaber, M, Y., Aljazzear, S, M., (2017). "A profit maximization for a reverse logistics dual-channel supply chain with a return policy", Computers & Industrial Engineering, 106: 58-82.

[27] Chen, J., Bell, P.C., (2012). "Implementing market segmentation using full-refund and norefund customer returns policies in a dual-channel supply chain structure", International Journal of Production Economics, 136(1): 56-66.

[28] Xingzheng, A., Chen, J., Zhao, H.X., Tang, X. W., (2012). "Competition among supply chains: implications of full return policy", International Journal of Production Economics, 139(1): 257-265.

[29] Xiong, W., Feng, X., (2012). "An Empirical Investigation into the Relationship between QMP and Performance with Firm Characteristics as a Variant", Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences), 42(1): 115-126.

[30] Jingxian, C., Liang, L., Dong-Qing, Y., Shengnan, S., (2017). "Price and quality decisions in dual channel supply chains", European Journal of Operational Research, 259 (3): 935-948.

[31] Giri, B, C., Roy, B., Maiti, T., (2017). "Coordinating a three-echelon supply chain under price and quality dependent demand with sub-supply chain and RFM strategies", Applied Mathematical Modelling, 39: 336-369.

[32] Lin, C., Chow, W, S., Madu, C., Kuei, N., Yu, P. (2005). "A structural equation model of supply chain quality management and organizational performance", International Journal of Production Economic, 96: 355-365.

[33] Huang, X., Choi, S, M., Ching, W., Siu, T., Huang, M., (2011). "On supply chain coordination for false failure returns: A quantity discount contract approach", International Journal of Production Economics, 133(2): 634-644.

[34] Yue, X., Raghunathan, S., (2007). "The impacts of the full returns policies on supply chain with information asymmetry", European Journal of Operational Research, 180 (2): 630–647.

[35] Hu, W., Li, Y. Govindan, K. (2014). "The impact of consumer returns policies on consignment contracts with inventory control", European Journal of Operational Research, 233: 398–407.

[۳۶] ماشلی، عطیه، محمدی تبار، داوود، (۱۳۹۶). «انتخاب تأمین کنندگان با رویکرد تئوری بازی همکارانه با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت و ارسال همزمان اقلام»، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۱۰: ۸۳-۹۷.

[37] Cachon, G.P., (2003). "Supply chain coordination with contracts", Handbook in Operations Research and Management Science. Elsevier BV. Amsterdam.

[38] Hung, Y., Wang, K., Zhang, T., Chuan pang. (2015). "Green supply chain coordination with greenhouse gases emissions management: a game-theoretic approach", Journal of Cleaner Production, 112: 2004-2014.

[۳۹] فرخی، محمد امین، راستی بزرگی، مرتضی، (۱۳۹۴). «قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دوسطحی با در نظر گرفتن رقابت تولیدکنندگان در تصاحب بازار در سیستم تولید بر اساس سفارش با استفاده از نظریه بازی»، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۶: ۲۰۷-۲۱۹.

[40] Qinpeng, W., Daozhi, Z., Longfei, H., (2016). "Contracting emission reduction for supply chains considering market low-carbon preference", Journal of Cleaner Production, 120: 72-84.

[41] Gosh, D., Shah, J., (2012). "A comparative analysis of greening policies across supply chain structures", International Journal of Production Economic, 135(2): 568-583.

[42] Swami, S., Shah, J., (2013). "Channel coordination in green supply chain management", Journal of the Operational Research Society, 64: 336-351.

[43] He, L., Zhao, D., Xia, L., (2015). "Game theoretic analysis of carbon emission abatement in fashion supply chains considering vertical incentives and channel structures", Sustainability, 7(4): 4280-4309.

[44] Yue, J., Austin, J., Wang, M.C., Huang, Z., (2006). "Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount", European Journal of Operational Research, 168(1): 65-85.

[45] Huang, Z., Li, S.X., (2001). "Co-op advertising models in manufacturer-retailer supply chains: a game theory approach", European Journal of Operational Research, 135(3): 527-544.

[46] Liu, Z., Anderson, T.D., Cruz, J.M., (2012). "Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains", European Journal of Operational Research, 218(3): 602-613.

[47] Chao, G.H., Iravani, S.M.R., Savaskan, R.C., (2009). "Quality improvement incentives and product recall cost sharing contracts", Management Science, 55(7): 1122-1138.

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Autumn and Winter 2017, Volume 5, No. 11, pp. 229-249
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2018.12668.1577

A two-echelon green supply chain by considering quality level and return policy of product: game theory approach

N. Alizadeh Basban[1], A.A. Taleizadeh[2,*]

[1] Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran.
[1] Department of Industrial Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 7 January 2017
Accepted 7 January 2018

***Keywords*:**

Supply chain
Game theory
Carbon emission reducing
Quality level
Return policy

ABSTRACT

In today's competitive market, according to the importance of environmental issues, customers prefer to buy products with low carbon emission. Furthermore the quality level of products and return policy as an after-sales services has an effect on market'demand. In this article, a two echelon supply chain with one manufacture and one retailer by considering the effect of decision variables, including carbon emission reducing rate, residual inventory level of retailer, refund price and quality level on market'demand and profit of supply chain and its members in two centralized systems and decentralized form by using Nash equilibrium and Stackelberg game is studied. We find out in a centralized form, the profit of the supply chain and decision variables are more than decentralized form. And in decentralized form in Nash equilibrium supply chain profit is more than retailer dominant case in Stackelberg game. Note importance of quality level in the retailer dominant cause is not cause of supply chain profit improvement and its members. And in Nash equilibrium, it does not show manufacture profit improvement as a result. But it leads to retailer and supply chain profits improvement.

[*] Corresponding author. Ata Allah Taleizadeh
Tel.: 021-82084486; *E-mail address: taleizadeh@ut.ac.ir*