فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت

تابستان ۱۴۰۳، دوره ۱۵، شماره ۲، صفحه۹۵-۵۸

ارائه یک مدل ریاضی مبتنی بر تئوری بازی به‌منظور حداکثرسازی سود در زنجیره تأمین حلقه بسته

فریدون لطف‌الهی[۱] *یعقوب علوی متین* [*،۲] *سحر خوش‌فطرت*[۳] *محمد پاسبانی*[۴] *و علیرضا بافنده زنده*[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۸

چکیده

در عصر فعلی رقابت بین سازمان‌ها به زنجیره تأمین نیز منتقل شده است. پایداری زنجیره تأمین شرط لازم و کافی برای پایداری شرکت‌ها است. اساسی‌ترین شرط پایداری یک سازمان، سودآوری آن است. لذا هدف این تحقیق ارائه یک مدل ریاضی مبتنی بر تئوری بازی همکارانه با استفاده از مفهوم تعادل نش به‌منظور حداکثرسازی سود در زنجیره تأمین حلقه بسته است.

هدف اصلی در زنجیره تأمین حلقه بسته، حذف اتلاف و بهینه‌سازی مصرف محصولات بوده به‌گونه‌ای که محصولات به دو گروه، دست‌اول و دست‌دوم تفکیک شده و امکان بازگشت محصولات دست‌دوم و بازتولید شده در چرخه مصرف وجود دارد. بااین‌وجود به‌تمامی اعضای زنجیره، منافعی عاید می‌شود. اما واقعیت این است که مشخص نیست کدام عوامل می‌تواند باعث حداکثرسازی منافع اعضای زنجیره تأمین حلقه بسته شود. برای این منظور در تحقیق فعلی یک مدل ریاضی مبتنی بر تئوری بازی با استفاده از مفهوم تعادل نش طراحی می‌شود که در آن همکاری بین اعضای بالادستی و پائین دستی رخ می‌دهد. در نهایت مشخص می‌شود که عواملی نظیر تقاضا، محصولات بازگشتی، محصولات بازیافتی و محصولات بازتولیدی چه اثری بر سود اعضای زنجیره دارند. به‌عبارت‌دیگر چگونه سود کل اعضای زنجیره و سهم تک‌تک اعضا قابل‌افزایش بوده و تحت چه شرایطی این افزایش حاصل می‌شود. نتایج کلی حاصل از تجزیه‌وتحلیل این تحقیق نشان می‌دهد که تقاضا عاملی است که می‌تواند سود تمامی اعضای زنجیره را افزایش دهد و محصولات بازگشتی اثر مثبتی بر سود کل اعضا بر جا می‌گذارد درحالی‌که محصولات بازیافتی و محصولات بازتولیدی، در صورت افزایش، صرفاً سود بازتولیدکننده و بازیافت‌کننده را افزایش می‌دهد و سود سایر اعضا را به شکل قابل‌توجهی در سطوح مختلف کاهش می‌دهد.

در این تحقیق سودآوری زنجیره تأمین حلقه بسته با استفاده از تئوری بازی به صورت همکارانه مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهای تقاضا، محصولات بازگشتی، محصولات بازیافتی و محصولات بازتولیدی اثرگذار بر سودآوری زنجیره تأمین حلقه بسته، به طور هم

---

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲. استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول)؛ alavimatin@iaut.ac.ir

۳. استادیار، گروه ریاضی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۴. استایار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۵. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

زمان مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین نوآوری این تحقیق شامل بررسی هم‌زمان تقاضا، محصولات بازگشتی، محصولات بازیافتی و محصولات بازتولیدی اثرگذار بر سودآوری زنجیره تأمین حلقه بسته با استفاده از تئوری بازی همکارانه و مفهوم تعادل نش است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، حلقه بسته، تئوری بازی، حداکثرسازی سود، عدم قطعیت.

مقدمه

با افزایش تعداد تولیدکنندگان مشاهده می‌شود که زنجیره‌های تأمین با چالش‌های جدی مواجه می‌شوند (سیناوی و راستی، ۲۰۱۸). تعداد بالای تولیدکنندگان منجر به حد بالایی از محصولات تلف شده یا استفاده شده یا دست‌دوم منجر می‌شود و در نتیجه تقاضا برای راه‌حل‌های مقرون به صرفه و پایدار برای پیشگیری از زیان‌های اقتصادی افزایش می‌یابد (موندال و گری، ۲۰۲۰). در نتیجه با محاسبه اهمیت لجستیک در رشد اقتصادی کشورها شرکت‌های مختلف یک زنجیره تأمین حلقه بسته را به‌منظور جمع‌آوری محصولات تلف شده و دست‌دوم به‌منظور کاهش اثرات مخرب آن و کاهش هزینه‌های تولید با بازیافت و باز استفاده از آن پیاده‌سازی کرده‌اند که تا حد زیادی جوابگو بوده و توانسته نیازهای موجود را مرتفع نماید (تاوو و جیام، ۲۰۲۱). اما واقعیتی که وجود دارد این است که محصولات تلف شده که در ادامه بازیافت می‌شود، محصولاتی که قابل بازتولید است و به بازتولیدکننده سپرده می‌شود، می‌توانند دارای منافع اقتصادی برای یک زنجیره تأمین باشد (یو و همکاران، ۲۰۲۱). این زنجیره تأمین به‌عنوان یک زنجیره تأمین حلقه بسته در نظر گرفته می‌شود که در آن تمامی محصولات در داخل زنجیره مصرف می‌شود (صاحبی و همکاران، ۲۰۲۱). امکان فروش محصولات بازیافتی و بازتولیدی وجود دارد و لذا از اتلاف محصولات پیشگیری می‌شود (امیریان و همکاران،۲۰۲۲). تمامی اعضای زنجیره از فروش محصولات خود منتفع می‌شوند؛ اما اولویت اغلب مدیران زنجیره تأمین حداقل‌سازی محصولات بازگشتی است چرا که از نظر آن‌ها محصولات بازگشتی علی‌رغم منافعی که برای کل زنجیره دارند می‌توانند باعث افزایش هزینه‌هایی نظیر هزینه‌های حمل‌ونقل و همچنین هزینه‌های بازتولید و بازیافت شوند. ضمن اینکه بازیافت و بازتولید و به‌ویژه بازیافت، می‌تواند آثار زیست‌محیطی نیز به دلیل ماهیت بازیافت داشته باشد (امین‌پور و همکاران،۲۰۲۲).

مسئله اصلی این است که اشتراک‌گذاری سود یا حداکثرسازی سود در زنجیره‌های تامین حلقه بسته هنوز در ادبیات تحقیق به شکل مشخصی تبیین نشده است. یعنی مشخص نیست که چه عواملی می‌تواند به حداکثرسازی سود تمامی اعضا اثر بگذارد و این موضوع می‌تواند به عنوان یک شکاف تحقیقاتی در نظر گرفته شود. در زنجیره‌های تامین حلقه بسته امکان همکاری بین اعضا برای حداکثر سازی سود وجود دارد چرا که زنجیره‌های تامین حلقه بسته به دو بخش اصلی قابل تفکیک هستند(فو و همکاران، ۲۰۲۱). بخش اول حلقه شامل بخش بالا دستی بوده که شامل تأمین‌کننده، تولید کننده، توزیع کننده و خرده فروش می‌شود و بخش دوم حلقه شامل پائین دستی که شامل جمع‌آوری کننده، بازیافت کننده و بازتولید کننده می‌باشد(گرجی و همکاران، ۲۰۲۱). بخش پائین زنجیره تامین عموما با محصولات بازگشتی سروکار دارند. از این جهت مشخص نیست در صورتی که منافع اعضای پائین دستی زنجیره تامین، محقق شود تا چه حد می‌توان انتظار داشت که منافع اعضای بالا دستی نیز تامین شود. آیا ماهیت رابطه بین دو عضو پائین دستی و بالادستی همکارانه می‌باشد یا رقابتی است.

مشکل عدم پایداری زنجیره تامین در شرکت تولیدی صنعتی امیرنیا موجب گردید که محقق به دنبال مدلی جهت حل این مشکل برآید. هدف تحقیق حاضر بررسی رابطه بین اعضای زنجیره تامین حلقه بسته با استفاده از یک رویکرد مدل‌سازی ریاضی

مبتنی بر تئوری بازی‌ها می‌باشد که در نهایت به دنبال حداکثر ساختن سود اعضای زنجیره تامین حلقه بسته در شرایط مختلف نظیر افزایش تقاضا، افزایش محصولات بازگشتی، افزایش محصولات بازیافتی و افزایش محصولات بازتولیدی است. در واقع محقق به دنبال اگاهی از این نکته است که در کدامیک از حالات فوق سود تمامی اعضا به شکل متناسب افزایش یافته و سود کل زنجیره تامین افزایش می‌یابد. در ادامه ابتدا مرور ادبیات تشریح شده و سپس مدل ریاضی تشریح می‌شود. در نهایت تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش مرور ادبیات در خصوص تحقیقات مختلف در حوزه حداکثرسازی درآمد در زنجیره‌های تأمین ارائه می‌شود که اغلب از رویکرد تئوری بازی‌ها استفاده نموده‌اند. سوکی (۲۰۰۶) رقابت در یک زنجیره تأمین با دو تولیدکننده و یک‌خرده فروش تحت فاکتورهای رقابتی، قیمت محصول و سطح خدمات را بررسی نموده است که در این تحقیق تولیدکنندگان مستقیماً به مشتری ارائه خدمات می‌دهند .نتایج نشان می‌دهد که ارائه خدمات در همه سناریوها باعث افزایش تقاضا می‌گردد چه خدمات توسط توزیع‌کننده ارائه شود و چه توسط تولیدکننده .همچنین ارائه خدمات، میزان سود تولیدکننده و توزیع‌کننده را نیز در همه سناریوها افزایش می‌دهند. رماساب رمانیان (۲۰۰۶)مقاله‌ای با عنوان شبکه بیمه، حالت تعادلی نش ارائه کرد . در این مقاله، تعدادی شرکت بیمه که قرارداد ریسک‌های متنوعی دارند، انتخاب شده‌اند، به‌طوری‌که اگر یکی از شرکت‌ها به مقدار معینی برای جلوگیری از ورشکستگی نیاز داشته باشد، بقیه شرکت‌ها با جدیت بیشتری کارکرده و روی بخشی از این مقدار توافق می‌کنند و هر کمبودی به طور کوتاه‌مدت از منابع خارجی تأمین می‌شود، که این مدل تحت شبکه بیمه بررسی شده است و به‌عنوان یک بازی پویای چندنفره با محدودیت و با روش تعادلی نش حل شده است و تحت شرایط معینی به یک تعادل نش منحصربه‌فرد تبدیل می‌شود.

برانزی ودیمیتروف(۲۰۰۸) یک بازار با دو زنجیره تامین رقابتی را در نظر گرفتند که هریک متشکل از یک عمده فروش و یک خرده فروش است .خدمات مشتری عامل رقابتی مدنظر بوده است.اسماعیلی و همکاران(۲۰۰۹)طی تحقیقی با عنوان استفاده از الگوریتم بازی در زنجیره تامین خریدار، فروشنده، ازمدل‌های مختلف تحت رویکردهای مشارکتی و غیر مشارکتی و با درنظر گرفتن فاکتور رقابتی هزینه‌ها، استفاده نموده و بازی غیرمشارکتی را تحت استراتژی استکلبرگ و بازی های مشارکتی را تحت روش‌های کارای پارتو برآورد نموده اند محاسبات فوق در دو حالت : فروشنده رهبر -خریدار پیرو و بالعکس یعنی خریدار رهبر-فروشنده پیرو انجام شده است. ژانگ و هانگ(۲۰۱۰)از تئوری بازی‌ها جهت شبیه‌سازی و رقابت‌پذیری واحدهای تولیدی و زنجیره تامین در شرایط وجود یک تولیدکننده و چند توزیع‌کننده، استفاده نموده‌اند. آن‌ها از روش بازی داینامیک و نقطه تعادلش جهت بهینه‌سازی استفادکرده‌اند. اسماعیلی و زیفون ژیکول(۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان مدل‌های مختلف خریدار -فروشنده در مدیریت زنجیره تامین و ساختار اطلاعات، ارتباط بین خریدارو فروشنده در زنجیره تامین را با

روش غیرمشارکتی بازی استکلبرگ، در حالتی که خریدار رهبر و فروشنده پیرو می‌باشد، تبیین نموده نتیجه می‌گیرند که فاکتورهایی نظیر : ساختار سازمانی فروشندگان، هزینه‌های خرید، عوامل ناشناخته و غیرمترقبه مربوط به خریداران و اطلاعات نامشخص، با تقاضای بازار ارتباط معناداری دارند.

هانگ و همکاران (۲۰۱۱)طی مقاله‌ای از مدل تئوری بازی غیرمشارکتی داینامیک سه سطحی و الگوریتمش در زنجیره تأمین چندسطحی استفاده نموده و مدل برآوردی را در صنعت کامپیوتر به‌عنوان زنجیره تأمین مطالعاتی تحقیق، برازش داده‌اند و تابع بهینه سودآوری بنگاه‌ها را تخمین زده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی تصمیمات و میزان سود بنگاه‌ها با استفاده از تئوری بازی ارائه نموده‌اند.

عموزاد مهدیرچی و همکاران (۲۰۱۴)با استفاده از رویکرد تئوری بازی‌ها و با درنظرگرفتن تعریف و مفهوم تعادلش یک مدل همکاری برای زنجیره‌های تأمین سه سطحی نامحدود را ارائه کرده‌اند. فتحی، علی (۲۰۱۷)یک زنجیره تأمین دوسطحی متشکل از یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش رقیب با هزینه مدیریت و فروش متفاوت را در نظر گرفته‌اند. زی کائو و همکاران (۲۰۱۸) یک چارچوب تئوری بازی را برای بررسی اشتراک درآمد در یک سیستم رایانش ابری لبه‌ای ارائه می‌کنند که در آن ارائه گران خدمت در لبه اینترنت و ارائه گران خدمات رایانشی در ابر با هم هم‌زیستی داشته و ارائه‌گر منابع رایانشی برای مشتریان در لبه هستند.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) بر اساس تئوری بازی استاکلبرگ ابتدا به بررسی تصمیم‌گیری زنجیره تامین خدمات لجستیک دو مرحله‌ای متشکل از فروشگاه تجارت الکترونیک و ارائه گر خدمات لجستیک بدون توزیع همکارانه می پردازد که در آن تمرکز و تمرکز زدایی تحلیل می‌شود. ژنگ و همکاران(۲۰۱۹) از رویکردهای بازی همکارانه برای هماهنگ سازی زنجیره تامین حلقه بسته با در نظر گرفتن دغدغه‌های عدالت، بهره می‌گیرند. شفیعی و همکارن(۲۰۱۶)به دنبال کاربرد تئوری بازی در تحلیل زنجیره تامین با رویکرد بازار مشتری می‌باشند.

عزیزیان و همکاران (۲۰۲۲) به دنبال حداکثرسازی سودآوری در یک زنجیره تامین بوده که در نتیجه از رویکرد تنظیم درجه دو خطی برای تعیین وضعیت سود بهینه در یک زنجیره تامین استفاده می‌نمایند. ونگ و همکاران(۲۰۲۲) بر اساس استفاده از روش ارزش شاپلی از یک مدل اولیه از تخصیص سود برای چهار سناریوی همکارانه در زنجیره تامین استفاده کرده‌اند. لی و لی (۲۰۲۲) بررسی کرده‌اند که چگونه پلتفرم ویدئویی می‌تواند باعث بهبود و بهینه‌سازی ساختار درآمد شود. یک مدل رقابت نامتقارن بین پلتفرمهای پرداختی و آزاد بر اساس تئوری بازی ارائه شده و اثر عوامل بیرونی بر رقابت پلتفرم و درآمد تحلیل می‌شود. رجب زاده و همکاران(۲۰۲۳) یک رویکرد تئوری بازی برای قیمت‌گذاری در یک زنجیره تامین حلقه بسته با در نظر گرفتن برنامه تبادل محصول و یک سیاست بازگشت کامل محصول ارائه می‌کنند.

جدول ۱- مرور ادبیات پژوهش

محققین	سال	هدف	حداکثرسازی سود	زنجیره تأمین حلقه بسته	تئوری بازی	تقاضا	محصولات بازگشتی	محصولات بازیافتی	محصولات بازتولیدی
سوکی	۲۰۰۶	رقابت در یک زنجیره تأمین با دو تولیدکننده و یک‌خرده فروش تحت فاکتورهای رقابتی	✓			✓			
رماساب رمانیان	۲۰۰۶	شبکه بیمه و حالت تعادلی نش	✓		✓				
برانزی و دیمیتروف	۲۰۰۸	بررسی یک بازار با دوزنجیره تأمین رقابتی که هریک متشکل از یک عمده‌فروش و یک‌خرده فروش است	✓			✓			
اسماعیلی و همکاران	۲۰۰۹	استفاده از الگوریتم بازی در زنجیره تأمین خریدار، فروشنده، از مدل‌های مختلف تحت رویکردهای مشارکتی و غیرمشارکتی	✓			✓			
ژانگ و هانگ	۲۰۱۰	استفاده از تئوری بازی‌ها جهت شبیه‌سازی و رقابت‌پذیری واحدهای تولیدی و زنجیره امین در شرایط وجود یک تولیدکننده و چند توزیع‌کننده	✓		✓				
اسماعیلی و زیگول	۲۰۱۰	بررسی ارتباط بین خریدار و فروشنده در زنجیره تأمین با روش غیرمشارکتی بازی استکلبرگ، در حالتی که خریدار رهبر و فروشنده پیرو است	✓		✓				
هانگ و همکاران	۲۰۱۱	مدل تئوری بازی غیرمشارکتی داینامیک سه سطحی و الگوریتم نش در زنجیره تأمین چندسطحی	✓		✓				
عزیزیان و همکاران	۲۰۲۲	حداکثرسازی سودآوری در زنجیره تأمین	✓		✓				

محققین	سال	هدف	حداکثرسازی سود	زنجیره تأمین حلقه بسته	تئوری بازی	تقاضا	محصولات بازگشتی	محصولات بازیافتی	محصولات بازتولیدی
ونگ و همکاران	۲۰۲۲	استفاده از ارزش شاپلی برای تخصیص سود در چهار سناریوی همکارانه در زنجیره تأمین	✓		✓				
شفیعی و همکاران	۲۰۱۶	کاربرد تئوری بازی در تحلیل زنجیره تأمین با رویکرد بازار مشتری	✓		✓				
لی و لی	۲۰۲۲	بررسی اثر پلتفرم ویدئویی در بهبود درآمد و بهینه‌سازی ساختار درآمد	✓						
زی کائو و همکاران	۲۰۱۸	بررسی اشتراک درآمد در یک سیستم رایانش ابری لبه‌ای	✓						
ژانگ و همکاران	۲۰۱۹	بررسی تصمیم‌گیری زنجیره تأمین خدمت لجستیک دومرحله‌ای	✓	✓	✓				
علی فتحی	۲۰۱۷	درنظرگرفتن یک مدل فروش در زنجیره تأمین با استفاده از نظریه بازی	✓		✓				
عموزاد مهدیرچی و همکاران	۲۰۱۴	ارائه یک مدل همکاری برای زنجیره تأمین سه سطحی نامحدودی	✓		✓				
رجب‌زاده و همکاران	۲۰۲۳	یک رویکرد تئوری بازی برای قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین حلقه بسته	✓		✓				
تحقیق حاضر	۲۰۲۳	ارائه یک مدل ریاضی مبتنی بر تئوری بازی به‌منظور حداکثرسازی سود در زنجیره تأمین حلقه بسته	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ماخذ: یافته‌های تحقیق

با استفاده از جدول شماره ۱ شکاف تحقیقاتی حاصل از مطالعات پیشین، در زمینه سودآوری کلی زنجیره تامین مشهود است. لذا این تحقیق بحث سودآوری زنجیره تامین را با استفاده از تئوری بازی و بحث تقاضا، محصولات بازگشتی، محصولات مرجوعی، محصولات بازتولیدی در زنجیره تامین حلقه بسته را به ادبیات پژوهش اضافه نموده است.

روش شناسی پژوهش

این تحقیق از نظر هدف، کاربردی – توسعه‌ای است. زیرا به دنبال یافتن روش علمی مناسب برای حل یک مسئله هستیم. روش تحقیق نیز در این پژوهش بر اساس ماهیت و نحوه گردآوری داده‌ها توصیفی است. مدل حداکثرسازی سود کلی در زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت در شرکت تولیدی صنعتی امیرنیا، پیاده شده است. اطلاعات لازم با استفاده از داده‌های واقعی ارائه شده از نخبگان و مدیران ارشد زنجیره تأمین حلقه بسته شرکت امیرنیا گردآوری شده است.

مسئله حداکثر سازی سود در زنجیره‌های تامین همواره از چالش‌های جدی بوده که اعضای زنجیره تامین را به خود مشغول ساخته است. به طور طبیعی یکی از اهداف مهم زنجیره‌های تامین سودآوری است. اما نحوه تسهیم این سود و اینکه هر یک از اعضا می بایست به چه درصد یا سهمی از سود دست یابند مقوله مهم دیگری است که در تحقیقات مختلف در حوزه حداکثرسازی سود با استفاده از رویکرد تئوری بازی مطرح شده است. با استفاده از رویکرد تئوری بازی می‌توان سهم هر یک از اعضای زنجیره تامین را محاسبه نمود. اما در زنجیره‌های تامین حلقه بسته که دارای ویژگی و ماهیت خاص خود می باشند به ندرت به مقوله تسهیم یا اشتراک سود به شکلی که منجر به حداکثر منافع برای اعضا شود توجه گردیده است. در واقع در زنجیره‌های تامین حلقه بسته تعداد اجزا بیشتر بوده و به دلیل وجود کالای بازگشتی گره هایی نظیر بازیافت کننده، جمع‌آوری کننده و بازتولید کننده نیز در این زنجیره وجود دارند که آن‌ها نیز به سهم خود می‌توانند در منافع اقتصادی شریک باشند چرا که آن‌ها قادر به بازتولید و بازیافت محصولات و فروش آن‌ها به تامین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان می باشند.

در تحقیق حاضر یک مدل اشتراک و حداکثرسازی سود در زنجیره تأمین حلقه بسته ارائه می‌شود که تلاش دارد سود هر یک از اجزا را حداکثر نماید. در این تحقیق حداکثر سازی سود کلی در زنجیره تامین با استفاده از تئوری بازی به صورت همکارانه و با استفاده از مفهوم تعادل نش ، مدل‌سازی شده است. جهت ارزیابی صحت و اعتبار مدل جدید با به‌کارگیری مثال‌های عددی و تحلیل حساسیت از نرم افزار ***Matlab*** استفاده شده است.

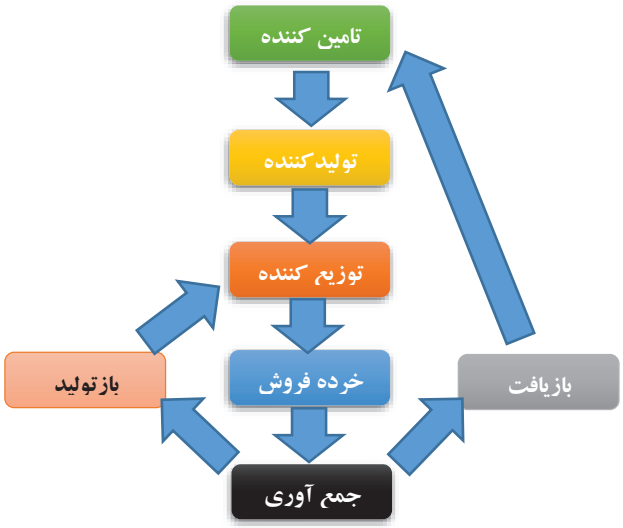
اعتبار سنجی درونی مدل به کمک حل مثال‌های عددی و انجام تحلیل حساسیت پارامترهای مختلف به صورت تکی و همزمان انجام شده است. جهت اعتبار سنجی بیرونی، تائید نتایج اعتبار سنجی درونی توسط مدیران ارشد و خبره شرکت تولیدی صنعتی امیرنیا صورت گرفته است.

این تحقیق از نظر قلمرو زمانی در تابستان و پائیز سال ۱۴۰۲ انجام شده و قلمرو مکانی آن مربوط به استان آذربایجان شرقی ،شهر تبریز و حومه آن بوده است. شرکت امیرنیا یکی از شرکت‌های معتبر در زمینه تولید قطعات سیستم تعلیق خودروهای

سواری،کامیونت و تراکتور می‌باشد. شرکت تولیدی صنعتی امیرنیا در سال ۱۳۷۴ تأسیس شده و در شهرک صنعتی شهید رجایی واقع در غرب تبریز فعالیت خود را آغاز نموده است .این شرکت طی سالیان متمادی با بهره‌گیری از سرمایه انسانی و مهارت و دانش آن‌ها و همچنین توفیقات الهی گام‌های تأثیرگذاری در رشد و توسعه صنعت قطعه‌سازی استان برداشته است. تولیدات این شرکت شامل انواع سیبک خودروهای مختلف می‌باشد که در طی سال‌ها فعالیت خود، به‌عنوان تأمین‌کننده شرکت‌های بزرگی ازجمله ایران خودرو، سایپا، مگاموتور، ساپکو، سازه گستر، تراکتورسازی و....بوده است.

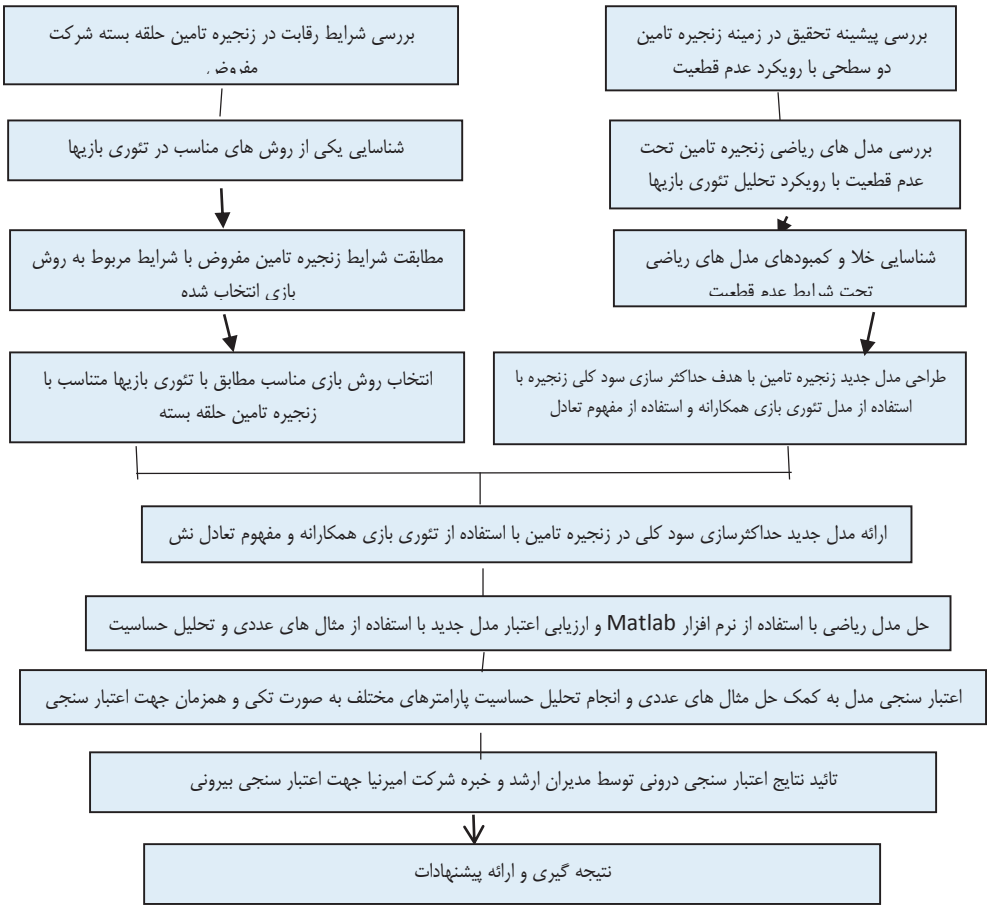
فعالیت‌های شرکت در زمینه طراحی و توسعه نیز چشم گیر بوده و دریافت جایزه ***R&D*** برای طراحی سیبک‌های ساختمانی گواهی بر این مدعا می‌باشد. کسب انواع استانداردها از جمله استانداردهای سیستم‌های کیفیت سری ***ISO9001*** و ***ISOTS16949*** و ***IATF16949*** و ***ISO 17025*** ، گرید ***A*** ساپکو،گرید ***B*** ایساکو، تأییدیه پژو فرانسه و... باعث شده است، شرکت امیرنیا به‌عنوان اولین شرکت تولید کننده سیبک استاندارد در کشور وبه‌عنوان تأمین‌کننده تک سورس برخی محصولات عنوان شود. هم اکنون این شرکت در دو سایت مجزا از هم و با امکانات تولیدی، مونتاژ و آزمایشگاهی پیشرفته، ضمن تأمین قطعات جلوبندی انواع خودرو برای شرکت‌های خودروساز، قسمت عمده‌ای از نیاز بازار مصرفی را نیز تأمین می‌نماید. زنجیره تامین شرکت امیر نیا نزدیک به ۲۰۰ عضو داشته و عمده تأمین‌کنندگان مواد اولیه شامل کارخانجات تولید فولاد و قطعات لاستیکی می باشند. جهت اعتبارسنجی بیرونی مدل ریاضی طراحی شده از ۱۵ نفر از مدیران ارشد و با تجربه این شرکت و تأمین‌کنندگان معتبر آن استفاده شده است.

شکل زنجیره تأمین موردمطالعه در این تحقیق به شرح شکل شماره ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- ساختار زنجیره تامین مورد مطالعه در تحقیق فعلی

همان‌گونه که دیده می‌شود در مدل تحقیق حاضر زنجیره تأمین تا سمت خرده‌فروش مستقیم و از خرده‌فروش به جمع‌آوری‌کننده به شکل معکوس است. جمع‌آوری‌کننده محصولات را یا به بازیافت‌کننده ارسال می‌کند یا به باز تولیدکننده در واقع می‌توان گفت محصولات بازگشتی به دو بخش تفکیک می‌شوند یا برای بازیافت‌کننده ارسال می‌شوند یا برای بازتولیدکننده و بازیافت‌کننده محصول بازیافتی را به تأمین‌کننده و بازتولیدکننده محصول بازتولید شده را به توزیع‌کننده ارسال می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت یک زنجیره تأمین حلقه بسته شکل می‌گیرد که هیچ محصولی دور ریخته نمی‌شود. فرایند اجرایی تحقیق مطابق شکل ۲ انجام شده است.



شکل ۲- فرآیند اجرایی تحقیق

تعریف مسئله و مدل‌سازی

مفروضات مدل به شرح ذیل است.

- برای محصولات بازگشتی ضریب در نظر گرفته می‌شود.
- برای محصولات بازتولیدی و بازیافتی نیز ضریب تعیین می‌شود.
- هزینه انتقال بر عهده ارسال‌کننده است.
- مواد خام شامل درصدی از تقاضا است.
- هزینه نگهداری برای توزیع‌کننده در نظر گرفته شده است.
- هزینه سفارش برای گره‌های تولیدکننده، توزیع‌کننده و خرده‌فروش وجود دارد.
- هزینه بازگشت محصول بر عهده خرده‌فروش است.
- هزینه تولید و بازتولید برای هر دو بخش در نظر گرفته شده است.

در ادامه به معرفی اندیس‌ها مطابق جدول ۲ و پارامترها مطابق جدول شماره ۳ متغیرهای تصمیم پرداخته می‌شود.

جدول ۲- تعریف اندیسها

اندیس	تعریف
M	**تولیدکننده**
N	**جمع‌آوری‌کننده**
D	**توزیع‌کننده**
R	**خرده‌فروش**
C	**بازیافت‌کننده**
S	**تأمین‌کننده**
K	**بازتولیدکننده**

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- معرفی پارامترهای مدل

پارامتر	تعریف پارامتر
MC_m	هزینه تولید تحمیل شده به تولیدکننده
OC_m	هزینه سفارش تحمیل شده به تولیدکننده
TC_m	هزینه انتقال محصول تحمیل شده به تولیدکننده
HC_d	هزینه نگهداری محصول تحمیل شده به توزیع‌کننده

پارامتر	تعریف پارامتر
OC_d	هزینه سفارش تحمیل شده به توزیع‌کننده
TC_d	هزینه انتقال تحمیل شده به توزیع‌کننده
OC_r	هزینه سفارش تحمیل شده به خرده‌فروش
TC_r	هزینه انتقال تحمیل شده به خرده‌فروش
θ	نرخ محصولات بازگشتی از مشتری
CC_n	هزینه جمع‌آوری محصول توسط جمع‌آوری‌کننده
REC_c	هزینه بازیافت محصول تحمیل شده به بازیافت‌کننده
σ	**ضریب محصولات بازیافتی**
K	**بازتولیدکننده**
ω	**ضریب محصولات بازتولیدی**
a	**سهم مواد اولیه از تقاضا**
ω	ضریب محصولات بازتولیدی
TC_k	هزینه انتقال تحمیل شده به بازتولیدکننده
DEM	تقاضای محصول در زنجیره تأمین
a	سهم مواد اولیه از تقاضا
$RAW = a.DEM$	میزان مواد اولیه موردنیاز
SC_s	هزینه تأمین مواد خام توسط تأمین‌کننده
TC_s	هزینه انتقال مواد خام به تأمین‌کننده

ماخذ: یافته‌های تحقیق

متغیرهای تصمیم به شرح جدول شماره ۴ می باشند:

جدول ۴- معرفی متغیرها تصمیم

متغیر	تعریف متغیر
λ_s	سهم تأمین‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
λ_m	سهم تولیدکننده از سود کلی زنجیره تأمین
λ_d	سهم توزیع‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
λ_r	سهم خرده‌فروش از سود کلی زنجیره تأمین
λ_c	سهم بازیافت‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین

متغیر	تعریف متغیر
λ_k	سهم بازتولیدکننده از سود کلی زنجیره تأمین
λ_n	سهم جمع‌آوری‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_s	پیامد تأمین‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_m	پیامد تولیدکننده از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_d	پیامد توزیع‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_r	پیامد خرده‌فروش از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_c	پیامد بازیافت‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_k	پیامد بازتولیدکننده از سود کلی زنجیره تأمین
TZ_n	پیامد جمع‌آوری‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین
P_s	قیمت فروش واحد مواد خام توسط تأمین‌کننده
P_m	قیمت فروش واحد محصول توسط تولیدکننده
P_d	قیمت فروش واحد محصول توسط توزیع‌کننده
P_r	قیمت فروش واحد محصول توسط خرده‌فروش
P_n	قیمت فروش محصول جمع‌آوری‌شده توسط جمع‌آوری‌کننده
P_c	قیمت فروش محصول بازیافتی توسط بازیافت‌کننده
P_k	قیمت فروش محصول بازتولیدی توسط بازتولیدکننده

ماخذ: یافته‌های تحقیق

به‌منظور محاسبه پیامدها از روابط ذیل استفاده می‌شود.

$$TZ_s = \left(\sum_s RAW \,.\, P_s\right) - \left[\left(\sum_s P_c\, RAW\right) + \left(\sum_s TC_s\, RAW\right)\right] \qquad \text{رابطه ۱)}$$

رابطه ۱، پیامد تأمین‌کننده از سود کلی زنجیره تامین را نشان می‌دهد.

$$TZ_m = \left(\sum_m DEM \,.\, P_m\right) - \left[\left(\sum_s RAW \,.\, P_s\right) + \left(\sum_m MC_m\, DEM\right) + \left(\sum_m OC_m\, DEM\right) + \left(\sum_m TC_m\, DEM\right)\right] \qquad \text{رابطه ۲)}$$

رابطه ۲، پیامد تولید کننده از سود کلی زنجیره تامین

$$TZ_d = \left(\sum_d DEM \,.\, P_d\right) - \left[\left(\sum_m DEM \,.\, P_m\right) + \left(\sum_d DEM \,.\, HC_d\right) + \left(\sum_d DEM \,.\, OC_d\right) + \left(\sum_d DEM \,.\, TC_d\right)\right] \quad \text{(رابطه ۳)}$$

رابطه ۳، پیامد توزیع کننده از سود کلی زنجیره تامین

$$TZ_r = \left[\left(\sum_r DEM \,.\, P_r\right) - \left(\sum_r \theta . DEM \,.\, P_r\right)\right] - \left[\left(\sum_r DEM \,.\, TC_r\right) + \left(\sum_r DEM \,.\, OC_r\right)\right] \quad \text{(رابطه ۴)}$$

رابطه ۴، پیامد خرده فروش از سود کلی زنجیره تامین

$$TZ_n = \left(\sum_n \theta .\ DEM \,.\, P_n\right) - \left[\left(\sum_r \theta . DEM \,.\, CC_n\right) + \left(\sum_r \theta . DEM \,.\, P_r\right) + \left(\sum_r \theta . DEM \,.\, TC_n\right)\right] \quad \text{(رابطه ۵)}$$

رابطه ۵، پیامد جمع‌آوری کننده از سود کلی زنجیره تامین

$$TZ_c = \left(\sum_c \delta(\theta . DEM \,.\, P_c)\right) - \left[\left(\sum_c \delta(\theta . DEM \,.\, REC_c)\right) + \left(\sum_c \delta(\theta . DEM \,.\, TC_c)\right)\right] \quad \text{(رابطه ۶)}$$

رابطه ۶، پیامد بازیافت کننده از سود کلی زنجیره تامین

$$TZ_k = \left(\sum_k \omega(\theta.DEM.P_k)\right) - [\left(\sum_k \omega(\theta.DEM.RMC_k)\right) + \left(\sum_k \omega(\theta.DEM.TC_k)\right)] \quad \text{رابطه ۷)}$$

رابطه ۷، پیامد بازتولید کننده از سود کلی زنجیره تامین با محاسبه پیامدهای مختلف اکنون می‌توان پیامد کلی زنجیره تأمین و در واقع تابع هدف کلی زنجیره را به شرح رابطه ۸ نوشت:

$$TZ_{sc} = \lambda_s TZ_s + \lambda_m TZ_m + \lambda_d TZ_d + \lambda_r TZ_r + \lambda_n TZ_n + \lambda_c TZ_c + \lambda_k TZ_k \quad \text{رابطه ۸)}$$

همان‌گونه که دیده می‌شود در تابع هدف فوق سهم هر یک از اعضای زنجیره بر پیامدهای هر یک از اعضا در رابطه فوق ضرب شده است که منجر به شکل‌گیری تابع هدف کلی زنجیره می‌شود. اگر چه بخواهیم تابع سود زنجیره تأمین را به طور کامل بنویسیم به رابطه ذیل شماره ۹ دست می‌یابیم:

رابطه ۹)

$$+\lambda_n\left(\sum_n \theta.DEM.P_n\right)$$
$$-\left[\left(\sum_r \theta.DEM.CC_n\right)+\left(\sum_r \theta.DEM.P_r\right)\right.$$
$$\left.+\left(\sum_r \theta.DEM.TC_n\right)\right]+\lambda_c\left(\sum_c \delta(\theta.DEM.P_c)\right)$$
$$-\left[\left(\sum_c \delta(\theta.DEM.REC_c)\right)\right.$$
$$\left.+\left(\sum_c \delta(\theta.DEM.TC_c)\right)\right]$$
$$+\lambda_k\left(\sum_k \omega(\theta.DEM.P_k)\right)$$
$$-[\left(\sum_k \omega(\theta.DEM.RMC_k)\right)$$
$$+\left(\sum_k \omega(\theta.DEM.TC_k)\right)]$$

رابطه فوق شکل کامل تابع سود زنجیره تأمین ارائه شده است. اما برای اینکه بخواهیم مقدار سهم هر یک از اعضا در زنجیره را محاسبه کنیم باید نسبت به قیمت آن‌ها از تابع کل زنجیره تأمین مشتق‌گیری کنیم. نتیجه مشتق‌گیری در روابط ذیل ارائه شده است.

$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_s} = \lambda_s \sum_s RAW - \lambda_m \sum_s RAW \rightarrow \lambda_s \sum_s RAW = \lambda_m \sum_s RAW \rightarrow \lambda_s = \frac{\lambda_m \sum_s RAW}{\sum_s RAW} \rightarrow \lambda_s = \lambda_m$$

رابطه (۱۰)

رابطه فوق با مشتق‌گیری از قیمت تأمین‌کننده منجر به محاسبه سهم تأمین‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین می‌شود.

$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_m} = \lambda_m \sum_m DEM - \lambda_d \sum_m DEM \rightarrow \lambda_m \sum_m DEM = \lambda_d \sum_m DEM \rightarrow \lambda_m = \frac{\lambda_d \sum_m DEM}{\sum_m DEM} \rightarrow \lambda_m = \lambda_d$$

رابطه (۱۱)

در رابطه فوق مشتق‌گیری نسبت به قیمت تولیدکننده حاصل گردیده است.

$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_d} = \lambda_d \sum_d DEM - \lambda_d \sum_m DEM \rightarrow \lambda_m \sum_m DEM = \lambda_d \sum_m DEM \rightarrow \lambda_m = \frac{\lambda_d \sum_m DEM}{\sum_m DEM} \rightarrow \lambda_m = \lambda_d$$

رابطه (۱۲)

رابطه فوق به محاسبه مشتق بر اساس قیمت توزیع‌کننده می‌پردازد که سهم توزیع‌کننده را ارائه می‌نماید.

$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_r} = \lambda_r \sum_r DEM - \lambda_r \sum_r \theta.DEM - \lambda_n \sum_r \theta.DEM$$

$$\rightarrow \lambda_r \sum_r DEM = \lambda_r \sum_r \theta.DEM + \lambda_n \sum_r \theta.DEM \rightarrow \lambda_r = \frac{\lambda_r \sum_r \theta.DEM + \lambda_n \sum_r \theta.DEM}{\sum_r DEM}$$

رابطه (۱۳)

رابطه فوق به محاسبه سهم خرده‌فروش بر اساس مشتق‌گیری از قیمت خرده‌فروش می‌پردازد.

$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_n} = \lambda_n \sum_n \theta.DEM \rightarrow \lambda_n = \frac{\sum_n DEM}{\theta}$$

رابطه (۱۴)

در رابطه فوق مشتق‌گیری بر اساس قیمت جمع‌آوری‌کننده حاصل گردیده است.

رابطه (۱۵)
$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_c} = \lambda_c \sum_c \delta\,(\theta.D\,(M) - \lambda_s \sum_s RAW \rightarrow \lambda_c = \frac{\lambda_s \sum_s RAW}{\sum_c \delta(\theta.DEM)}$$

رابطه فوق به محاسبه سهم بازیافت‌کننده از سود کلی زنجیره تأمین می‌پردازد.

رابطه (۱۶)
$$\frac{\delta TZ_{sc}}{P_k} = \lambda_c \sum_k \omega(\theta.DEM) = 0 \rightarrow \lambda_k = \frac{\sum_k \theta.DEM}{\omega}$$

رابطه فوق نیز بر اساس قیمت بازتولیدکننده به محاسبه سهم بازتولیدکننده می‌پردازد.

در ادامه با به‌دست‌آوردن سهم هر یک از اعضا می‌توان تابع هدف همراه با محدودیت‌های آن‌ها را به شرح ذیل نوشت.

رابطه

۱۷)

$$
\begin{aligned}
&- \left[\left(\sum_r DEM.TC_r\right) + \left(\sum_r DEM.OC_r\right)\right] \\
&+ \lambda_n \left(\sum_n \theta.DEM.P_n\right) \\
&- \left[\left(\sum_r \theta.DEM.CC_n\right) + \left(\sum_r \theta.DEM.P_r\right)\right. \\
&\left. + \left(\sum_r \theta.DEM.TC_n\right)\right] + \lambda_c \left(\sum_c \delta(\theta.DEM.P_c)\right) \\
&- \left[\left(\sum_c \delta(\theta.DEM.REC_c)\right) + \left(\sum_c \delta(\theta.DEM.TC_c)\right)\right] \\
&+ \lambda_k \left(\sum_k \omega(\theta.DEM.P_k)\right) \\
&- [\left(\sum_k \omega(\theta.DEM.RMC_k)\right) \\
&+ \left(\sum_k \omega(\theta.DEM.TC_k)\right)]
\end{aligned}
$$

رابطه ۱۷ تابع هدف مدل به دنبال حداکثرساختن سود کلی زنجیره تامین و سود اعضای زنجیره تامین می‌باشد.

$$\lambda_s = \lambda_m \quad \text{رابطه ۱۸)}$$

رابطه ۱۸ نشانگر محدودیت سهم تأمین‌کننده می‌باشد.

$$\lambda_m = \lambda_d \quad \text{رابطه ۱۹)}$$

رابطه ۱۹ نشانگر محدودیت سهم تولیدکننده می‌باشد.

$$\lambda_d = \lambda_s$$ رابطه ۲۰)

رابطه ۲۰ نشانگر محدودیت سهم توزیع کننده می‌باشد.

$$\lambda_r = \frac{\lambda_r \sum_r \theta.DEM + \lambda_n \sum_r \theta.DEM}{\sum_r DEM}$$ رابطه ۲۱)

رابطه ۲۱ نشانگر محدودیت سهم خرده فروش می‌باشد.

$$\lambda_n = \frac{\sum_n DEM}{\theta}$$ رابطه ۲۲)

رابطه ۲۲ نشانگر محدودیت سهم جمع‌آوری کننده می‌باشد.

$$\lambda_c = \frac{\lambda_s \sum_s RAW}{\sum_c \delta(\theta.DEM)}$$ رابطه ۲۳)

رابطه ۲۳ نشانگر محدودیت سهم بازیافت کننده می‌باشد.

$$\lambda_k = \frac{\sum_k \theta.DEM}{\omega}$$ رابطه ۲۴)

رابطه ۲۴ نشانگر محدودیت سهم بازتولید کننده می‌باشد.

$$P_s \geq 0$$ رابطه ۲۵)

$$P_m \geq 0$$ رابطه ۲۶)

$$P_d \geq 0$$ رابطه ۲۷)

$$P_r \geq 0$$ رابطه ۲۸)

$$P_n \geq 0$$ رابطه ۲۹)

$$P_c \geq 0$$ رابطه ۳۰)

$$P_k \geq 0$$ رابطه ۳۱)

روابط ۲۵ تا۳۱ نشانگر بازه متغیرهای عدد صحیح مسئله است.

یافته‌های پژوهش

در این قسمت از پژوهش به‌منظور نشان‌دادن ارزیابی مدل طراحی شده ، آزمایش‌های عددی مختلفی انجام شده است. بدین منظور ابتدا اعتبارسنجی مدل انجام شده و سپس تحلیل حساسیت، در شرایط مختلف بررسی می‌شود. مدل ارائه شده در نرم‌افزار ***Matlab ver.18*** روی رایانه‌های شخصی به مشخصات ***Intel Core i5*** و ۳GHz CPU و ٤GB RAM کدنویسی و اجرا شده است.

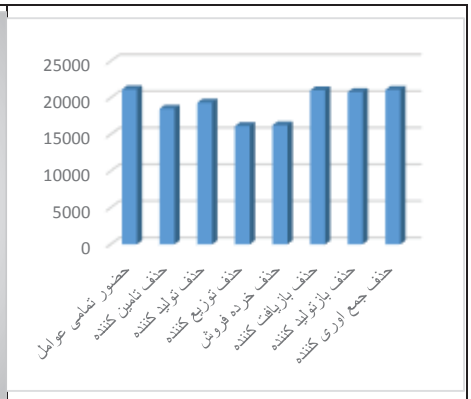
در این بخش به حل مدل و ارائه مثال عددی و همچنین اعتبارسنجی و بررسی کارائی مدل با استفاده از داده‌های مستخرج از شرکت تولیدی صنعتی امیرنیا به‌عنوان مطالعه موردی استفاده شده و نتایج حاصل از مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است. شرکت تولیدی صنعتی امیرنیا یکی از شرکت‌های مطرح در زمینه تولید قطعات سیستم تعلیق و جلوبندی خودرو و یکی از تأمین‌کنندگان اصلی شرکت‌های خودروساز داخلی است. اعتبارسنجی بخش مهمی از مسائل بهینه‌سازی را تشکیل می‌دهد. در این بخش حالات مختلف حذف یکی از عوامل و اثر آن بر سود کل و سود اجزا بررسی شده و با مقایسه آن‌ها می‌توان دریافت که حذف اعضا چه اثری بر سود کل بر جا می‌گذارد. از نظر منطقی حذف هر یک از اجزا می‌تواند منجر به کاهش سود کل و تغییر در سهم سود اجزا شود که نتایج آن در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- مقایسه حالات مختلف و اثر آن بر سود اجزا و سود کل(میلیارد ریال)

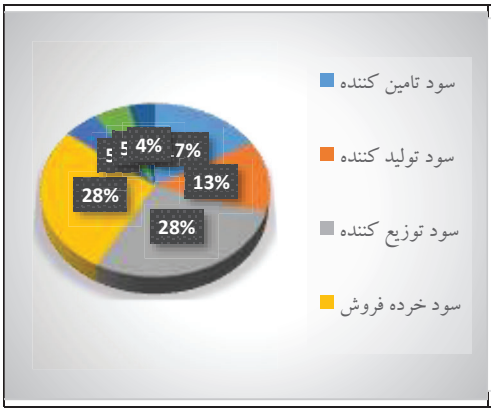
حالات مختلف	سود تأمین کننده	سود تولیدکننده	سود توزیع کننده	سود خرده‌فروش	سود بازیافت کننده	سود بازتولید کننده	سود جمع‌آوری کننده	سود کل
حضور تمامی عوامل	۳۵۲۱	۲۷۸۷	۵۹۵۹	۵۸۱۷	۱۱۰۵	۱۱۳۴	۸۲۳	۲۱۱۴۶
حذف تأمین‌کننده	۰	۲۹۱۵	۶۱۵۷	۵۹۴۶	۱۲۴۶	۱۲۴۱	۱۰۰۹	۱۸۵۱۴
حذف تولیدکننده	۳۶۴۷	۰	۶۱۳۹	۵۹۴۳	۱۲۶۹	۱۳۱۱	۱۰۲۳	۱۹۳۳۲
حذف توزیع‌کننده	۳۷۰۷	۲۹۵۵	۰	۶۰۱۶	۱۲۳۰	۱۳۰۸	۹۳۲	۱۶۱۴۸
حذف خرده‌فروش	۳۷۰۴	۲۹۰۸	۶۱۵۱	۰	۱۲۲۳	۱۳۱۸	۹۳۶	۱۶۲۴۰
حذف بازیافت‌کننده	۳۶۹۵	۲۹۶۷	۶۱۴۰	۵۹۵۱	۰	۱۲۴۹	۱۰۱۷	۲۱۰۱۹
حذف بازتولیدکننده	۳۶۲۷	۲۸۹۰	۶۰۹۴	۵۹۵۴	۱۲۸۹	۰	۹۳۶	۲۰۷۹۰
حذف جمع‌آوری‌کننده	۳۷۱۱	۲۸۲۶	۶۱۵۵	۵۹۷۷	۱۲۴۳	۱۱۹۰	۰	۲۱۱۰۲

ماخذ: یافته‌های تحقیق

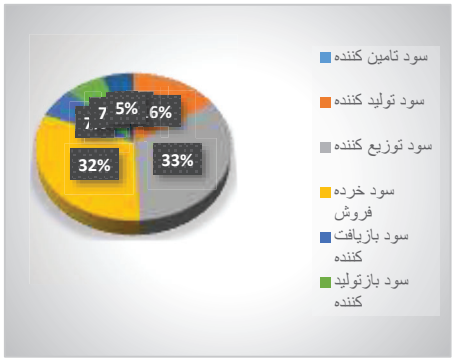
همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود با حذف هر یک از گره ها میزان سود کل دچار کاهش شده و سهم اجزا تغییر یافته که این نتیجه منطقی حل مدل می‌باشد. برای وضوح بیشتر نتایج در نمودار ۳ و ۴ ذیل نشان داده شده است.



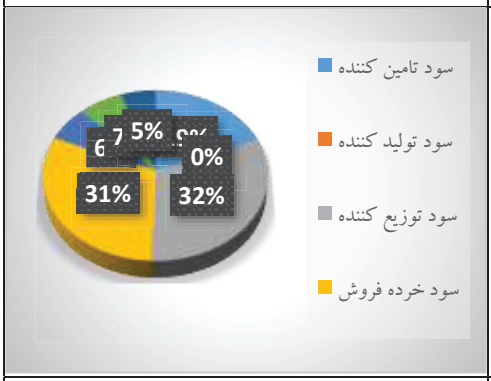
نمودار ۳- مقایسه حذف هر یک از اجزا و اثر آن بر سود کل زنجیره تامین



نمودار ۴- مقایسه سود هر یک از اجزا در حالت حضور تمامی اعضا



نمودار ۵- مقایسه سود هر یک از اجزا در وضعیت حذف تأمین‌کننده



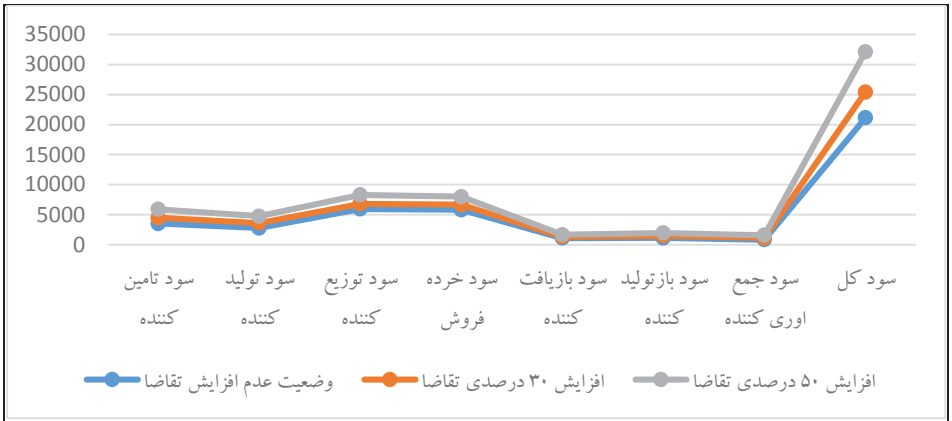
نمودار ۶- مقایسه سود هر یک از اجزا در وضعیت حذف تولید کننده

همان‌گونه که مشاهده می‌شود با حذف اعضا سهم هر یک از اعضای باقی‌مانده در زنجیره تغییر کرده و در نمودار شماره ۳ نشان داده می‌شودکه حذف هر یک از اعضا می‌تواند سود کل را نیز کاهش دهدکه این نتیجه طبیعی و منطقی تغییر در تعداد اعضا می‌باشد. در ادامه به بررسی اثر تقاضا بر سود هر یک از اعضا پرداخته می‌شود که نتایج در جدول شماره ۶ ذیل نشان داده می‌شود.

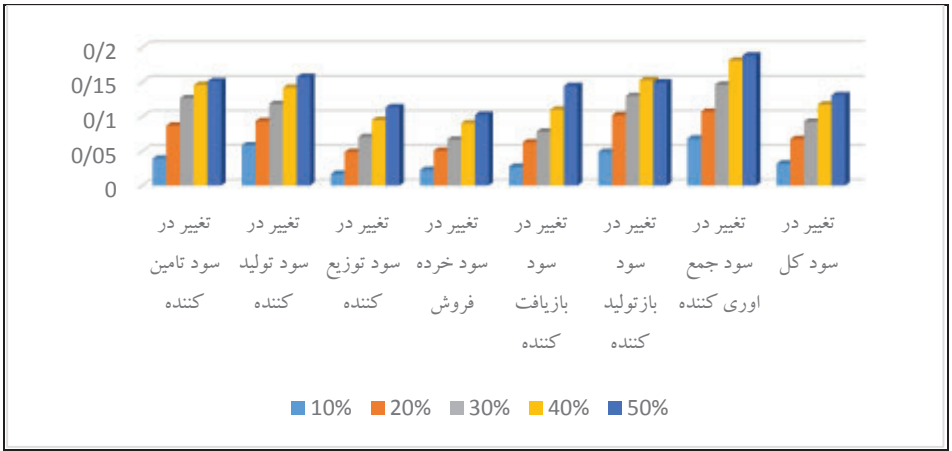
جدول ۶- تحلیل حساسیت تقاضا

تقاضا	۰٪	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	۵۰٪
سود تأمین‌کننده	۳۵۲۰.۷۳۶	۳۶۵۷.۷۳۶	۳۹۷۵.۷۳۶	۴۴۷۸.۷۳۶	۵۱۳۰.۷۳۶	۵۹۰۵.۷۳۶
سود تولیدکننده	۲۷۸۶.۵۷۲	۲۹۴۸.۵۷۲	۳۲۲۳.۵۷۲	۳۶۰۴.۵۷۲	۴۱۱۵.۵۷۲	۴۷۶۲.۵۷۲
سود توزیع‌کننده	۵۹۵۸.۵۷۳	۶۰۵۸.۵۷۳	۶۳۵۲.۵۷۳	۶۷۹۹.۵۷۳	۷۴۴۳.۵۷۳	۸۲۸۶.۵۷۳
سود خرده‌فروش	۵۸۱۷.۳۲۴	۵۹۴۸.۳۲۴	۶۲۴۸.۳۲۴	۶۶۶۳.۳۲۴	۷۲۶۴.۳۲۴	۸۰۰۶.۳۲۴
سود بازیافت‌کننده	۱۱۰۵.۴۰۴	۱۱۳۵.۴۰۴	۱۲۰۶.۴۰۴	۱۳۰۰.۴۰۴	۱۴۴۳.۴۰۴	۱۶۵۱.۴۰۴
سود بازتولیدکننده	۱۱۳۴.۱۰۲	۱۱۸۹.۱۰۲	۱۳۱۰.۱۰۲	۱۴۸۰.۱۰۲	۱۷۰۶.۱۰۲	۱۹۶۱.۱۰۲
سود جمع‌آوری‌کننده	۸۲۳.۲۸۹۶	۸۷۹.۲۸۹۶	۹۷۳.۲۸۹۶	۱۱۱۵.۲۹	۱۳۱۷.۲۹	۱۵۶۵.۲۹
سود کل	۲۱۱۴۶	۲۱۸۱۷	۲۳۲۹۰	۲۵۴۴۲	۲۸۴۲۱	۳۲۱۳۹
تغییر در سود تأمین‌کننده		۰.۰۳۸۹۱۲	۰.۰۸۶۹۳۹	۰.۱۲۶۵۱۷	۰.۱۴۵۵۷۷	۰.۱۵۱۰۵
تغییر در سود تولیدکننده		۰.۰۵۸۱۳۶	۰.۰۹۳۲۶۵	۰.۱۱۸۱۹۲	۰.۱۴۱۷۶۴	۰.۱۵۷۲۰۸
تغییر در سود توزیع‌کننده		۰.۰۱۶۷۸۳	۰.۰۴۸۵۲۶	۰.۰۷۰۳۶۵	۰.۰۹۴۷۱۲	۰.۱۱۳۲۵۲
تغییر در سود خرده‌فروش		۰.۰۲۲۵۱۹	۰.۰۵۰۴۳۴	۰.۰۶۶۴۱۸	۰.۰۹۰۱۹۵	۰.۱۰۲۱۴۳
تغییر در سود بازیافت‌کننده		۰.۰۲۷۱۳۹	۰.۰۶۲۵۳۳	۰.۰۷۷۹۱۸	۰.۱۰۹۹۶۶	۰.۱۴۴۱۰۴
تغییر در سود بازتولیدکننده		۰.۰۴۸۴۹۷	۰.۱۰۱۷۵۷	۰.۱۲۹۷۶۱	۰.۱۵۲۶۹۲	۰.۱۴۹۴۶۴
تغییر در سود جمع‌آوری‌کننده		۰.۰۶۸۰۲	۰.۱۰۶۹۰۴	۰.۱۴۵۸۹۷	۰.۱۸۱۱۱۹	۰.۱۸۸۲۶۵
تغییر در سود کل		۰.۰۳۱۷۳۲	۰.۰۶۷۵۱۶	۰.۰۹۲۴	۰.۱۱۷۰۹	۰.۱۳۰۸۱۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۷- بررسی اثر افزایش تقاضا بر سود کل و سود اعضای زنجیره تامین



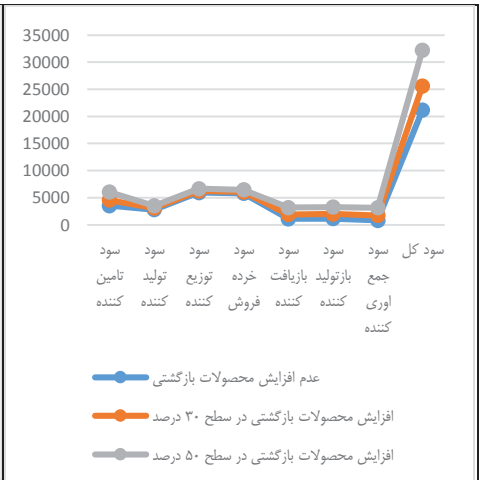
نمودار ۸- بررسی اثر افزایش تقاضا بر سود هر یک از اعضا

همان‌طور که در نمودارهای شماره ۷ و ۸ مشاهده می‌شود، در حالات مختلف افزایش ۱۰ تا ۵۰ درصدی افزایش تقاضا، بیشترین اثر بر سود جمع‌آوری کننده داشته و سپس بر تولید کننده و تأمین‌کننده اثر خود را نشان می‌دهد. کمترین اثرگذاری، بر سود خرده فروش می‌باشدکه افزایش تقاضا، اثر حداکثر ۱۰ درصدی بر سود خرده فروش برجا می گذارد. دامنه افزایش سود تأمین‌کننده در حالات مختلف از ۴ تا ۱۵ درصد و تولید کننده از ۶ تا ۱۶ درصد می‌باشد. تقریبا افزایش سود هر یک از اعضا در بازه ۱۰ درصدی تبیین می‌شود.

جدول ۷- تحلیل حساسیت محصولات بازگشتی

محصولات بازگشتی	۰	۰.۱	۰.۲	۰.۳	۰.۴	۰.۵
سود تأمین کننده	۳۵۲۰.۷۳۶	۳۶۹۸.۷۳۶	۴۰۵۳.۷۳۶	۴۵۷۰.۷۳۶	۵۲۳۹	۶۰۲۸.۷۳۶
سود تولید کننده	۲۷۸۶.۵۷۲	۲۸۴۲.۵۷۲	۲۹۲۸.۵۷۲	۳۰۷۴.۵۷۲	۳۲۶۵	۳۴۹۲.۵۷۲
سود توزیع کننده	۵۹۵۸.۵۷۳	۶۰۰۱.۵۷۳	۶۱۰۳.۵۷۳	۶۲۴۸.۵۷۳	۶۴۳۸	۶۶۶۰.۵۷۳
سود خرده‌فروش	۵۸۱۷.۳۲۴	۵۸۵۸.۳۲۴	۵۹۳۰.۳۲۴	۶۰۵۷.۳۲۴	۶۲۲۰	۶۴۴۱.۳۲۴
سود بازیافت کننده	۱۱۰۵.۴۰۴	۱۲۱۶.۴۰۴	۱۴۹۰.۴۰۴	۱۹۱۴.۴۰۴	۲۴۷۴	۳۱۷۹.۴۰۴
سود بازتولید کننده	۱۱۳۴.۱۰۲	۱۲۵۱.۱۰۲	۱۵۴۹.۱۰۲	۲۰۰۰.۱۰۲	۲۵۶۵	۳۲۶۹.۱۰۲
سود جمع آوری کننده	۸۲۳.۲۸۹۶	۹۶۱.۲۸۹۶	۱۲۶۲.۲۹	۱۷۳۲.۲۹	۲۳۶۷	۳۱۵۳.۲۹
سود کل	۲۱۱۴۶	۲۱۸۳۰	۲۳۳۱۸	۲۵۵۹۸	۲۸۵۶۸	۳۲۲۲۵
تغییر در سود تأمین کننده		۰.۰۵۰۵۵۸	۰.۰۹۵۹۷۹	۰.۱۲۷۵۳۷	۰.۱۴۶	۰.۱۵۰۸
تغییر در سود تولید کننده		۰.۰۲۰۰۹۶	۰.۰۳۰۲۵۴	۰.۰۴۹۸۵۴	۰.۰۶۲	۰.۰۶۹۸۴۱
تغییر در سود توزیع کننده		۰.۰۰۷۲۱۶	۰.۰۱۶۹۹۶	۰.۰۲۳۷۵۷	۰.۰۳	۰.۰۳۴۶۴
تغییر در سود خرده‌فروش		۰.۰۰۷۰۴۸	۰.۰۱۲۲۹	۰.۰۲۱۴۱۵	۰.۰۲۷	۰.۰۳۵۵۲۹
تغییر در سود بازیافت کننده		۰.۱۰۰۴۱۶	۰.۲۲۵۲۵۴	۰.۲۸۴۴۸۷	۰.۲۹۳	۰.۲۸۴۹۱۷
تغییر در سود بازتولید کننده		۰.۱۰۳۱۶۵	۰.۲۳۸۱۹	۰.۲۹۱۱۳۶	۰.۲۸۲	۰.۲۷۴۴۵۳
تغییر در سود جمع آوری کننده		۰.۱۶۷۶۲	۰.۳۱۳۱۲۱	۰.۳۷۲۳۳۹	۰.۳۶۷	۰.۳۳۲۰۲۵
تغییر در سود کل		۰.۰۳۲۳۴۷	۰.۰۶۸۱۶۳	۰.۰۹۷۷۷۹	۰.۱۱۶	۰.۱۲۸۰۱

ماخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۹- تحلیل حساسیت محصولات بازگشتی

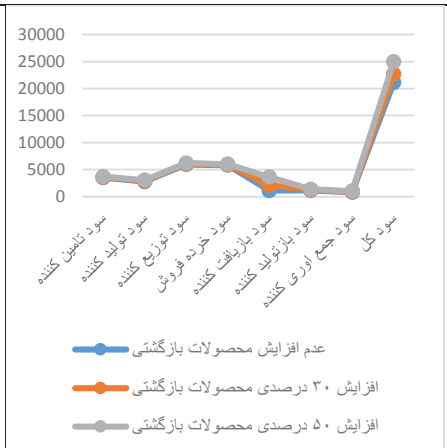
نمودار ۱۰- بررسی اثر افزایش محصولات بازگشتی بر سود هر یک از اعضا

نمودارهای ۹ و ۱۰ نشانگر اثر افزایش محصولات بازگشتی می‌باشد. نمودارهای فوق نشان می‌دهد افزایش محصولات بازگشتی به طور طبیعی نمی‌تواند به سود تمامی اعضا باشد. چرا که صرفا برخی از گره‌ها نظیر بازیافت کننده، جمع‌آوری کننده و بازتولیدکننده از افزایش حجم محصولات بازگشتی منتفع می‌شوند. سود جمع‌آوری کننده به واسطه افزایش در میزان محصولات بازگشتی به شکل قابل توجهی افزایش می‌یابد و البته سود بازتولید کننده و بازیافت کننده نیز افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد. اما سود خرده فروش، توزیع کننده و تولید کننده در حد پائینی می‌باشد و سود تأمین‌کننده نیز کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد.

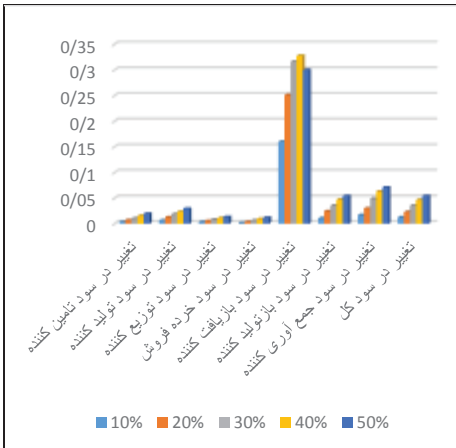
جدول ۸- تحلیل حساسیت محصولات بازیافتی

محصولات بازیافتی	۰٪	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	۵۰٪
سود تأمین‌کننده	۳۵۲۰.۷۳۶	۳۵۳۳.۷۳۶	۳۵۵۷.۷۳۶	۳۵۹۴.۷۳۶	۳۶۴۸.۷۳۶	۳۷۲۰.۷۳۶
سود تولیدکننده	۲۷۸۶.۵۷۲	۲۸۰۴.۵۷۲	۲۸۴۰.۵۷۲	۲۸۹۳.۵۷۲	۲۹۶۰.۵۷۲	۳۰۴۷.۵۷۲
سود توزیع‌کننده	۵۹۵۸.۵۷۳	۵۹۷۸.۵۷۳	۶۰۱۰.۵۷۳	۶۰۶۱.۵۷۳	۶۱۲۶.۵۷۳	۶۲۰۶.۵۷۳
سود خرده‌فروش	۵۸۱۷.۳۲۴	۵۸۲۷.۳۲۴	۵۸۴۸.۳۲۴	۵۸۸۶.۳۲۴	۵۹۴۲.۳۲۴	۶۰۱۲.۳۲۴
سود بازیافت‌کننده	۱۱۰۵.۴۰۴	۱۲۸۲.۴۰۴	۱۶۰۴.۴۰۴	۲۱۱۱.۴۰۴	۲۸۰۲.۴۰۴	۳۶۴۲.۴۰۴
سود بازتولیدکننده	۱۱۳۴.۱۰۲	۱۱۴۶.۱۰۲	۱۱۷۴.۱۰۲	۱۲۱۵.۱۰۲	۱۲۷۲.۱۰۲	۱۳۴۱.۱۰۲
سود جمع‌آوری‌کننده	۸۲۳.۲۸۹۶	۸۳۷.۲۸۹۶	۸۶۲.۲۸۹۶	۹۰۴.۲۸۹۶	۹۶۱.۲۸۹۶	۱۰۲۹.۲۹
سود کل	۲۱۱۴۶	۲۱۴۱۰	۲۱۸۹۸	۲۲۶۶۷	۲۳۷۱۴	۲۵۰۰۰
تغییر در سود تأمین‌کننده		۰.۰۰۳۶۹۲	۰.۰۰۶۷۹۲	۰.۰۱۰۴	۰.۰۱۵۰۲۲	۰.۰۱۹۷۳۳
تغییر در سود تولیدکننده		۰.۰۰۶۴۶	۰.۰۱۲۸۳۶	۰.۰۱۸۶۵۸	۰.۰۲۳۱۵۵	۰.۰۲۹۳۸۶
تغییر در سود توزیع‌کننده		۰.۰۰۳۳۵۷	۰.۰۰۵۳۵۲	۰.۰۰۸۴۸۵	۰.۰۱۰۷۲۳	۰.۰۱۳۰۵۸
تغییر در سود خرده‌فروش		۰.۰۰۱۷۱۹	۰.۰۰۳۶۰۴	۰.۰۰۶۴۹۸	۰.۰۰۹۵۱۴	۰.۰۱۱۷۸
تغییر در سود بازیافت‌کننده		۰.۱۶۰۱۲۲	۰.۲۵۱۰۹۱	۰.۳۱۶۰۰۵	۰.۳۲۷۲۷	۰.۲۹۹۷۴۳
تغییر در سود بازتولیدکننده		۰.۰۱۰۵۸۱	۰.۰۲۴۴۳۱	۰.۰۳۴۹۲	۰.۰۴۶۹۱	۰.۰۵۴۲۴۱
تغییر در سود جمع‌آوری‌کننده		۰.۰۱۷۰۰۵	۰.۰۲۹۸۵۸	۰.۰۴۸۷۰۸	۰.۰۶۳۰۳۳	۰.۰۷۰۷۳۸
تغییر در سود کل		۰.۰۱۲۴۸۵	۰.۰۲۲۷۹۳	۰.۰۳۵۱۱۷	۰.۰۴۶۱۹	۰.۰۵۴۲۳

ماخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۱۱. تحلیل حساسیت محصولات بازیافتی



نمودار ۱۲. بررسی اثر افزایش محصولات بازیافتی بر سود هر یک از اعضا

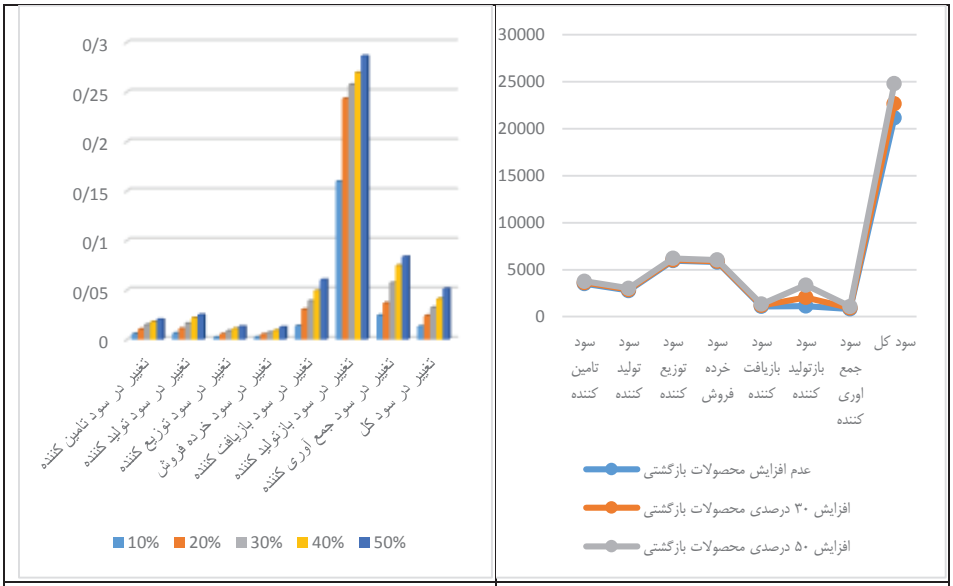
محصولات بازیافتی بخشی از محصولات بازگشتی هستند به این صورت که محصولات بازگشتی به دودسته محصولات بازیافتی و بازتولیدی تفکیک می‌شوند. در این بخش بررسی می‌شود که در صورت افزایش حجم محصولات بازیافتی و نه محصولات بازگشتی یا بازتولید چه اتفاقی رخ می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که سهم سود بازیافت‌کننده به شکل قابل‌توجهی افزایش می‌یابد البته این افزایش به‌صورت خطی نیست؛ یعنی ممکن است پس از اندکی افزایش با کاهش مواجه باشد. سهم سایر اعضا به‌واسطه افزایش در محصولات بازیافتی به شکل قابل‌توجهی کاهش می‌یابد.

جدول ۹- تحلیل حساسیت محصولات بازتولیدی

محصولات بازتولیدی	۰٪	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	۵۰٪
سود تأمین‌کننده	۳۵۲۰.۷۳۶	۳۵۴۰.۷۳۶	۳۵۷۷.۷۳۶	۳۶۳۱.۷۳۶	۳۶۹۶.۷۳۶	۳۷۷۱.۷۳۶
سود تولیدکننده	۲۷۸۶.۵۷۲	۲۸۰۴.۵۷۲	۲۸۳۵.۵۷۲	۲۸۸۱.۵۷۲	۲۹۴۴.۵۷۲	۳۰۱۷.۵۷۲
سود توزیع‌کننده	۵۹۵۸.۵۷۳	۵۹۷۱.۵۷۳	۶۰۰۴.۵۷۳	۶۰۵۶.۵۷۳	۶۱۲۳.۵۷۳	۶۲۰۳.۵۷۳
سود خرده‌فروش	۵۸۱۷.۳۲۴	۵۸۳۱.۳۲۴	۵۸۶۲.۳۲۴	۵۹۰۴.۳۲۴	۵۹۵۸.۳۲۴	۶۰۳۲.۳۲۴
سود بازیافت‌کننده	۱۱۰۵.۴۰۴	۱۱۲۰.۴۰۴	۱۱۵۴.۴۰۴	۱۱۹۹.۴۰۴	۱۲۵۸.۴۰۴	۱۳۳۴.۴۰۴
سود بازتولیدکننده	۱۱۳۴.۱۰۲	۱۳۱۵.۱۰۲	۱۶۳۵.۱۰۲	۲۰۵۶.۱۰۲	۲۶۱۰.۱۰۲	۳۳۵۷.۱۰۲
سود جمع‌آوری‌کننده	۸۲۳.۲۸۹۶	۸۴۳.۲۸۹۶	۸۷۴.۲۸۹۶	۹۲۴.۲۸۹۶	۹۹۳.۲۸۹۶	۱۰۷۶.۲۹

محصولات بازتولیدی	۰٪	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	۵۰٪
سود کل	۲۱۱۴۶	۲۱۴۲۷	۲۱۹۴۴	۲۲۶۵۴	۲۳۵۸۵	۲۴۷۹۳
تغییر در سود تأمین‌کننده		۰.۰۰۵۶۸۱	۰.۰۱۰۴۵	۰.۰۱۵۰۹۳	۰.۰۱۷۸۹۸	۰.۰۲۰۲۸۸
تغییر در سود تولیدکننده		۰.۰۰۶۴۶	۰.۰۱۱۰۵۳	۰.۰۱۶۲۲۲	۰.۰۲۱۸۶۳	۰.۰۲۴۷۹۱
تغییر در سود توزیع‌کننده		۰.۰۰۲۱۸۲	۰.۰۰۵۵۲۶	۰.۰۰۸۶۶	۰.۰۱۱۰۶۲	۰.۰۱۳۰۶۴
تغییر در سود خرده‌فروش		۰.۰۰۲۴۰۷	۰.۰۰۵۳۱۶	۰.۰۰۷۱۶۴	۰.۰۰۹۱۴۶	۰.۰۱۲۴۲
تغییر در سود بازیافت‌کننده		۰.۰۱۳۵۷	۰.۰۳۰۳۴۶	۰.۰۳۸۹۸۱	۰.۰۴۹۱۹۱	۰.۰۶۰۳۹۴
تغییر در سود بازتولیدکننده		۰.۱۵۹۵۹۸	۰.۲۴۳۳۲۷	۰.۲۵۷۴۷۶	۰.۲۶۹۴۴۲	۰.۲۸۶۱۹۶
تغییر در سود جمع‌آوری‌کننده		۰.۰۲۴۲۹۳	۰.۰۳۶۷۶۱	۰.۰۵۷۱۸۹	۰.۰۷۴۶۵۲	۰.۰۸۳۵۶۱
تغییر در سود کل		۰.۰۱۳۲۸۹	۰.۰۲۴۱۲۸	۰.۰۳۲۳۵۵	۰.۰۴۱۰۹۶	۰.۰۵۱۲۱۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

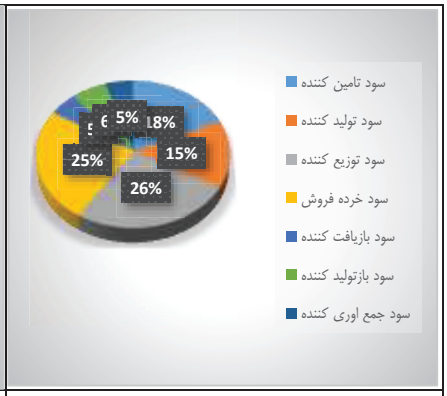


نمودار ۱۳- تحلیل حساسیت محصولات بازتولیدی

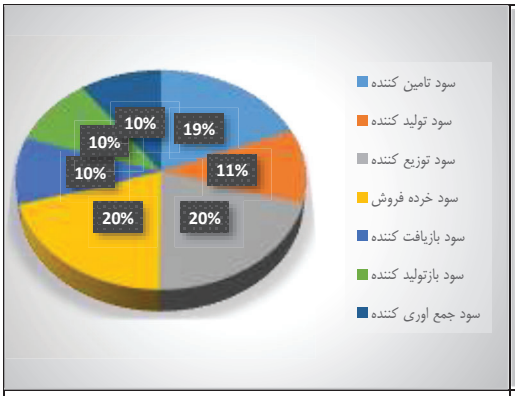
نمودار ۱۴- بررسی اثر افزایش محصولات بازتولیدی بر سود هر یک از اعضا

در نمودار ۱۳ و ۱۴ مشابه اثر افزایش محصولات بازیافتی در مورد محصولات بازتولیدی مشاهده می‌شود. در واقع در این بخش فرض می‌شود به جای محصولات بازیافتی محصولات بازتولیدی افزایش یافته و همین امر به طور طبیعی می‌تواند منجر به افزایش سود بازتولیدکنندگان بشود. در ادامه مقایسه سود بخش‌های مختلف در حالات مختلف ارائه می‌شود.

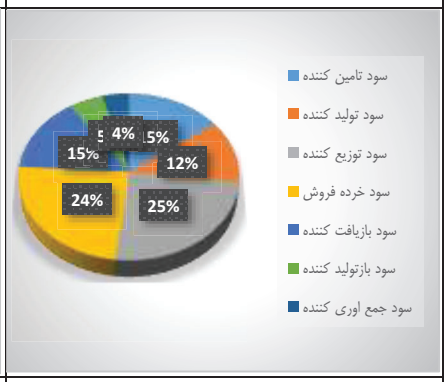
جدول ۱۰- مقایسه سود با افزایش ۵۰ درصدی متغیرها



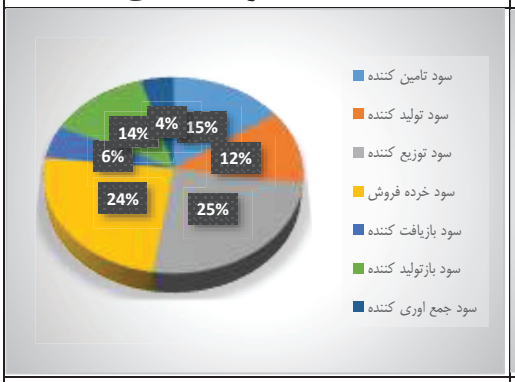
نمودار ۱۵- سهم بخش‌های مختلف با افزایش ۵۰ درصدی تقاضا



نمودار ۱۶- سهم بخش‌های مختلف با افزایش ۵۰ درصدی محصولات بازگشتی



نمودار ۱۷- سهم بخش‌های مختلف با افزایش ۵۰ درصدی محصولات بازیافتی



نمودار ۱۸- سهم بخش‌های مختلف با افزایش ۵۰ درصدی محصولات بازتولیدی

سودبخش‌های مختلف	تقاضا	محصولات بازگشتی	محصولات بازیافتی	محصولات بازتولیدی
سود تأمین‌کننده	۵۹۰۵.۷۳۶	۶۰۲۸.۷۳۶	۳۷۲۰.۷۳۶	۳۷۷۱.۷۳۶
سود تولیدکننده	۴۷۶۲.۵۷۲	۳۴۹۲.۵۷۲	۳۰۴۷.۵۷۲	۳۰۱۷.۵۷۲
سود توزیع‌کننده	۸۲۸۶.۵۷۳	۶۶۶۰.۵۷۳	۶۲۰۶.۵۷۳	۶۲۰۳.۵۷۳
سود خرده‌فروش	۸۰۰۶.۳۲۴	۶۴۴۱.۳۲۴	۶۰۱۲.۳۲۴	۶۰۳۲.۳۲۴
سود بازیافت‌کننده	۱۶۵۱.۴۰۴	۳۱۷۹.۴۰۴	۳۶۴۲.۴۰۴	۱۳۳۴.۴۰۴
سود بازتولیدکننده	۱۹۶۱.۱۰۲	۳۲۶۹.۱۰۲	۱۳۴۱.۱۰۲	۳۳۵۷.۱۰۲
سود جمع‌آوری‌کننده	۱۵۶۵.۲۹	۳۱۵۳.۲۹	۱۰۲۹.۲۹	۱۰۷۶.۲۹

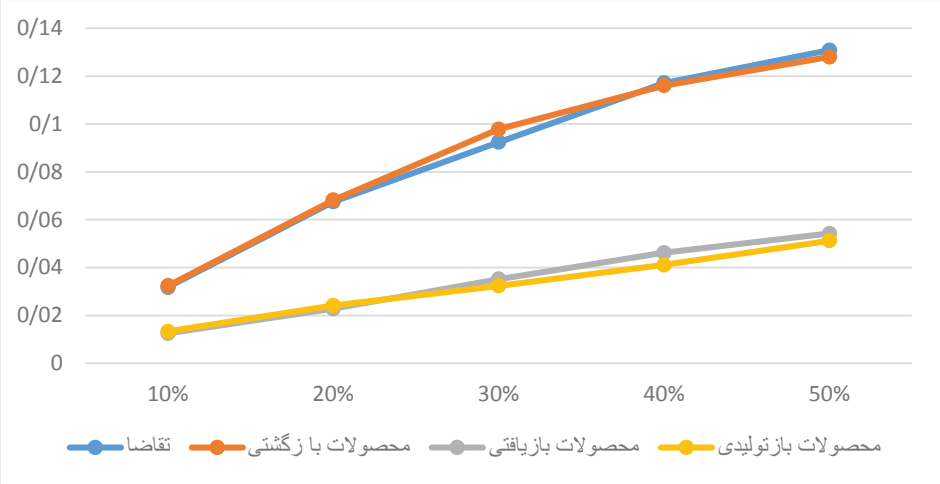
در نمودار شماره ۱۵ می‌توان دریافت که سهم توزیع‌کننده با افزایش ۵۰ درصدی تقاضا بیش از سایر موارد می‌باشد چرا که ۲۶ درصد سود به واسطه افزایش ۵۰ درصدی تقاضا نصیب توزیع کننده می‌شود در حالیکه سهم خرده فروش نیز در این حالت بیشتر از سایر حالات می‌باشد. سهم تأمین‌کننده نیز با افزایش ۵۰ درصدی تقاضا نسبت به دو حالت محصولات بازیافتی و محصولات بازتولیدی در حد بالاتری قرار دارد. اما در قیاس با محصولات بازگشتی سهم تأمین‌کننده ۱ درصد کمتر می‌باشد. مقایسه نمودارهای فوق به طور کلی نشان می‌دهد سهم بازتولید کننده در حالت افزایش محصولات بازتولیدی تا ۱۴ درصد افزایش می‌یابد که این بیشترین سهم را برای این گره نشان می‌دهد. بازیافت‌کننده نیز می‌تواند تا ۱۵ درصد در حالت افزایش محصولات بازیافتی منتفع شود درحالیکه در سایر حالات سهم این بخش به ترتیب ۵ ۱۰ و ۶ درصد می‌باشد. بنابراین به طور کلی سهم اعضای پائین زنجیره تامین در حالت افزایش محصولات بازیافتی و بازتولیدی نسبت به حالات پیشین کاملا متفاوت است. سهم جمع‌آوری کننده در حالت افزایش محصولات بازیافتی و محصولات بازگشتی به ترتیب ۱۵ و ۱۰ درصد می‌باشد در حالیکه در زمان افزایش تقاضا و افزایش محصولات بازتولیدی صرفا ۵ و ۶ درصد می‌باشد که تفاوت قابل توجهی را نشان می‌دهد.

در جدول ۱۱ مقایسه حالات مختلف اثر تقاضا، محصولات بازگشتی و محصولات بازیافتی و بازتولیدی بر سود کل زنجیره تامین نشان داده شده است.

جدول ۱۱- مقایسه حالات مختلف بر سود کل زنجیره تامین

درصد افزایش	تقاضا	محصولات بازگشتی	محصولات بازیافتی	محصولات بازتولیدی
۱۰٪	۰.۰۳۱۷۳۲	۰.۰۳۲۳۴۷	۰.۰۱۲۴۸۵	۰.۰۱۳۲۸۹
۲۰٪	۰.۰۶۷۵۱۶	۰.۰۶۸۱۶۳	۰.۰۲۲۷۹۳	۰.۰۲۴۱۲۸
۳۰٪	۰.۰۹۲۴	۰.۰۹۷۷۷۹	۰.۰۳۵۱۱۷	۰.۰۳۲۳۵۵
۴۰٪	۰.۱۱۷۰۹	۰.۱۱۶۰۲۵	۰.۰۴۶۱۹	۰.۰۴۱۰۹۶
۵۰٪	۰.۱۳۰۸۱۹	۰.۱۲۸۰۱	۰.۰۵۴۲۳	۰.۰۵۱۲۱۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۱۹- مقایسه حالات مختلف اثر تقاضا، محصولات بازگشتی و محصولات بازیافتی و بازتولیدی بر سود کل زنجیره تامین

همان‌گونه که دیده می‌شود با افزایش تقاضا و محصولات بازگشتی سود کل اعضای زنجیره تأمین به شکل پهلوبه‌پهلو و نزدیک به هم‌افزایش می‌یابد به‌گونه‌ای که دامنه این افزایش از ۳ تا ۱۳ درصد می‌باشد. نکته جالب توجه این است که این اثرگذاری تقریبا یکسان می‌باشد به عبارت دیگر با افزایش تقاضا و محصولات بازگشتی سود کل، تقریبا به یک میزان افزایش می‌یابد اما در زمان افزایش محصولات بازیافتی و بازتولیدی مشاهده می‌شود دامنه افزایش از ۱ تا ۵ درصد می‌باشد و اثری نسبتا خطی را نشان می‌دهد به عبارت دیگر اثر گذاری محصولات بازیافتی و بازتولیدی بر سود کل زنجیره تامین دارای شیبی ملایمتر و بیشتر خطی می‌باشد اما این اثرگذاری از سودی تقاضا و محصولات بازگشتی بیشتر ماهیت غیر خطی دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این مقاله یک مدل حداکثرسازی درآمد در زنجیره تامین حلقه بسته ارائه شد. مدل یک مدل مبتنی بر تئوری بازی بود که هدف حداکثر سازی سود کل زنجیره و سهم هر یک از اعضا بود که در حالات مختلف این حداکثر سازی سود در نظر گرفته شد. در حالت افزایش تقاضا مشاهده می‌شود که کل اعضای زنجیره می‌توانند از این افزایش منتفع شوند اما بیشتر این سودآوری در اعضای بالای زنجیره حلقه بسته یعنی تأمین‌کننده، تولید کننده، توزیع کننده و خرده فروش مشاهده می‌شود و جمع‌آوری کننده نیز به عنوان تنها عضو پائین دستی می‌باشد که از این افزایش تقاضا منتفع می‌شود. اما سهم بازیافت کننده و بازتولید کننده در حالت افزایش تقاضا دچار افزایش چندانی نمی‌شود. از سوی دیگر با افزایش حجم محصولات بازتولیدی و همچنین محصولات بازیافتی، مشاهده می‌شود که بازتولیدکنندگان و بازیافت کنندگان از این افزایش منتفع می‌شوند که این نتیجه یک

نتیجه منطقی به شمار می رود. اما سود سایر اعضا با افزایش حجم محصولات بازگشتی و بازیافتی تقریبا دچار کاهش اندکی می‌شود. با افزایش محصولات بازگشتی سهم اعضای پائین دستی زنجیره به طور قابل توجهی افزایش و سهم اعضای بالادستی غیر از تأمین‌کننده به شکل استثنائی ۱ درصد افزایش می‌یابد دچار کاهش می‌شود.

در نهایت می‌توان گفت در زنجیره تأمین حلقه بسته سود هر یک از اعضا بستگی به شرایطی نظیر افزایش کلی تقاضا، محصولات بازگشتی، محصولات بازیافتی و محصولات بازتولیدی دارد. به‌گونه‌ای که افزایش تقاضا و محصولات بازگشتی می‌تواند سود کل زنجیره را بیش از حالت افزایش محصولات بازیافتی و بازتولیدی به‌تنهایی افزایش دهد و افزایش آن دو نوع محصول می‌تواند باعث کاهش سود کل و سهم اعضا به‌طورکلی شود. هر چه میزان محصولات بازیافتی و بازتولیدی کاهش یابد سود کل اعضا بیشتر شده و سهم تمامی اعضا متناسب با هم‌افزایش می‌یابد؛ اما در غیر این صورت صرفاً این سود بازیافت‌کننده و بازتولیدکننده است که افزایش می‌یابد و سود سایر اعضا کاهش قابل‌توجهی را تجربه می‌کنند.

در تحقیقات آتی می‌توان بخش‌های دیگری نظیر انهدام کننده یا امحا کننده را نیز اضافه نمود و سود هر یک از آن‌ها را به عنوان اعضای پائین زنجیره تامین حلقه بسته در نظر گرفت. ضمن اینکه درتحقیقات آتی می‌تواند بحث سبز بودن زنجیره تامین را به مدل فعلی اضافه نمود.

منابع و مآخذ

-Amirian, J. AmoozadKhalili, H. Mehrabian, A. (2022). Designing an optimization model for green closed-loop supply chain network of heavy tire by considering economic pricing under uncertainty. Environ Sci Pollut, 29: 53107–53120

-Aminipour, A. Bahroun, Z. Hariga, M. (2021). Cyclic manufacturing and remanufacturing in a closed-loop supply chain. Sustainable Production and Consumption, 25: 43–59

-Amoouzad Mahdiraji, Hanan, Jafaranjad, Ahmad (2014). Cooperation Modeling for Unlimited Three Echelon Supply Chain: Game Theory Approach, Management Research in Iran, Volume 18, Number 1, 171-191(Persian)

-Azizian, M., Sepehri, M., Rastegar, M.A. (2022). A Convex Dynamic Approach for Globally Optimal Profit in Supply Chains. Mathematics, ۱۰, ٤٩٨-٥٢٥. https://doi.org/10.3390/ math10030498

-Branzei, R. Dimitrov, D. Tijs, S. (2008). Models in Cooperative Game Theory. 2nd edition, Berlin: Springer Pres; 26-30.

-Esmaeili, M. Zeephongsekul,P. (2010), Seller buyer models of supply chain management with an asymmetric information structure, International Journal of Production Economics, 123:146–154

-Esmaeili, M. Mir-Bahador Aryanezhad, P. Zeephongsekul. (2009). A game theory approach in seller–-buyer supply chain, European Journal of Operational Research ,195 , 442–448

-Fathi, Ali. (2017). Presenting a sales model in the supply chain using game theory. Journal of Management and Accounting Studies. 4(4): 215-224.

-Fu, R. Qiang, Q. Ke, K. Huang, Z. (2021). Closed-loop supply chain network with interaction of forward and reverse logistics. Sustainable Production and Consumption, 27:737–752

-Gorji, M. Jamali, M. Iranpoor, M. (2021). A game-theoretic approach for decision analysis in end-of-life vehicle reverse supply chain regarding government subsidy. Waste Manage, 120:734–74

-Huang, Z. LI, S. (2011). Co-op advertising models in manufacturer retailersupply chains: a game theory approach, European Journal of operation Research. 135: 527-544

- Li Beibei and Li Huayi (2022). Research on the Revenue Management of Network Video Platform Based on Game Theory. Hindawi Mathematical Problems in Engineering Volume 2022, Article ID 8516961, 16 pages https://doi.org/10.1155/2022/8516961

-Mondal, C. Giri, BC. (2020). Pricing and used product collection strategies in a two-period closed-loop supply chain under greening level and efort dependent demand. Journal of Cleaner Production, ٢٦٥: 1213-1235.

-Ramasub Ramanian, s. (2006). An insurance network: Nash equilibrium., Insurance Mathematics and Economics, 38(2):374-390. DOI:10.1016/j.insmatheco.2005.10.005

- Rajabzadeh Hamed, Jörn Altmann, Morteza Rasti-Barzoki, (2022), A game-theoretic approach for pricing in a closed-loop supply chain considering product exchange program and a full-refund return policy: a case study of Iran, Environmental Science and Pollution Research,30,10390–10413

-Sahebi, H. Ranjbar, S. Teymouri, A. (2021). Investigating diferent reverse channels in a closed-loop supply chain: a power perspective. Operational Research, 22(2):1939–1985

-Sinayi, M. Rasti-Barzoki, M. (2018). A game theoretic approach for pricing, greening, and social welfare policies in a supply chain with government intervention. Journal of Cleaner Production, 196: 1443–1458

-Shafiei, Morteza, Farahgol, Pouria (2016). Application of game theory in supply chain analysis with customer market approach. Industrial Management Studies Quarterly. Year 17, No. 53, 185-217(Persian)

-Sucky, E. (2006). A bargaining model with asymmetric information for a single supplier-single buyer problem inventory management in supply chains: a bargaining problem. European Journal of Operational research. 171: 516-535

-Tao, F. Fan, T. Jiam X. Lai, KK. (2021). Optimal production strategy for a manufacturing and remanufacturing system with return policy. Oper Res Int Journal, 21: 251–271.

-Wang, G., Guo, Q., Jiang, Q., Li, B. A Study on the Relationship between Corporate Social Responsibility and Supply Chain Profit Distribution in the Context of Common Prosperity. Sustainability2022, 14, 12410. https://doi.org/ ۱۰,۳۳۹۰/su۱٤۱۹۱۲٤۱۰

-Yu, Z. Razzaq, A. Rehman, A. Shah, A. Jameel, K. Mor, RS. (2021). Disruption in global supply chain and socio-economic shocks: a lesson from COVID-19 for sustainable production and consumption. Operations Management Research.173: 235-256.

-Zhang, X. GeorgeQ,Huang. (2010).Game theoretic approach to simultaneous configuration of platform products and supply chains with one manufacturing firm and multiple cooperative suppliers, Manufacturing & Service Operations Management, 2(4): 372- 391.

- Zheng ,Xiao-Xue, Zhi Liu, Kevin W. Li, Jun Huang, Ji Chen. (2019).Cooperative Game Approaches to Coordinating a Three-echelon Closed-loop Supply Chain with Fairness Concerns, International Journal of Production Economics, doi: 10.1016/j.ijpe.2019.01.011

-Zhi Cao. Honggang Zhang, Benyuan Liu†, Bo Sheng (2018). A Game-theoretic Framework for Revenue Sharing in Edge-Cloud Computing System, operation Research,15(4),225-242.

Presenting a mathematical model based on game theory to maximize profit in closed loop supply chain

Feraidoun Lotfollahi[۱], Yagoub Alavimatin*[۲], Sahar Khoshfetrat[۳], Mohammad Pasebani[۴] and Alireza Bafandeh zendeh[۵]

Abstract

In the current era, the competition between organizations has also been transferred to the supply chain. The stability of the supply chain is a necessary and sufficient condition for the stability of companies. The most basic condition for the sustainability of an organization is its profitability. Therefore, the aim of this research is to present a mathematical model based on game theory in order to maximize profit in the closed loop supply chain. The main goal in the closed loop supply chain is to eliminate waste and optimize the consumption of products in such a way that the products are separated into two groups, new product and used product, and there is the possibility of returning used product and reproduced products in the consumption cycle. has it. However, all members of the chain benefit. But the fact is that it is not clear which factors can maximize the benefits of the closed loop supply chain members. For this purpose, in the current research, a mathematical model based on game theory is designed in which cooperation between upstream and downstream members occurs. Finally, it is clear what effective factors such as demand, returned products, recycled products and remanufactured products have on the profit of the chain members. In other words, how can the total profit of chain members and the share of individual members be increased and under what conditions this increase is achieved.

The general results from the analysis of this research show that demand is a factor that can increase the profit of all members of the chain, and returned products have a positive effect on the profit of all members, while recycled products and remanufactured products, in If it increases, it only increases the profit of the reproducer and recycler and reduces the profit of other members significantly at different levels.

---

[۱] Ph.D. Candidate in management, Department of Industrial management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

[۲] Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Industrial management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. Email Address: alavimatin@iaut.ac.ir.

[۳] Assistant Professor, Department of Mathematics, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

[۴] Assistant Professor, Department of Industrial anagement, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

[۵] Associate Professor, Department of Industrial Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

In this research, the profitability of the closed loop supply chain has been investigated using game theory and the parameters of demand, returned products, recycled products and remanufactured products affecting the profitability of the closed loop supply chain have been simultaneously investigated. Therefore, the innovation of this research includes the simultaneous examination of demand, returned products, recycled products and remanufactured products affecting the profitability of the closed loop supply chain.

***Keywords**:* supply chain, closed loop, game theory, profit maximization, uncertainty.