Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 13, Issue 3, No. 30, Autumn 2022
http://dx.doi.org/10.22108/pom.2022.129831.1391

(Research Paper)

Competition in collecting return products between manufacturer and retailer under quality improvement and greening of products in the closed-loop supply chain

Mohsen Shahriari *
Department of Industrial and Systems Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, shahriari@iut.ac.ir
Maryam Gholami
Department of Industrial and Systems Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, gholami.m@in.iut.ac.ir

Purpose: In this paper, the competition for the collection of electronic and electrical waste between the manufacturer and the retailer has been discussed to recover them, taking into account the improvement of the quality and greening of the collected products to increase the level of customer satisfaction and increase profits, and reducing dangerous effects on the environment. For this purpose, a closed two-loop supply chain has been designed with three models. A centralized model has been considered for cooperation in the collection channel of the entire chain with the integration of the manufacturer and retailer and two decentralized models for competition in the collection of returned products between the manufacturer and retailer with two scenarios. In the first scenario, the impact of improving the quality and greening of manufactured products of a decentralized two-person model has been analyzed, consisting of a manufacturer and a retailer, and its performance compared to a centralized model. In the second scenario, the profits-sharing agreement between a retailer and a manufacturer has been used in the decentralized model.

Design/methodology/approach: The decisions of product quality improvement have been investigated in a simple dynamic environment and consumer preferences have been considered for new and remanufactured products as a performance of new product quality. In the developed model, the topic of quality and greening has been given, and the demand functions and profit functions have been written accordingly considering two demand functions for the manufacturer and retailer, and also two profit functions for the manufacturer and retailer. Mathematica software has been used for

* Corresponding author
2423-6950 / © 2022
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

solving problems and also graphs related to sensitivity analysis. The discussion has been drawn and the analysis related to the profit functions of the manufacturer and the retailer has been done regarding the parameters.

Findings: The results indicated that the manufacturer preferred to work with the retailer in a non-competitive manner. The retailer used the first scenario because due to its profit. Theiretailer's profit was more concentrated in the second scenario. The proposed approach was suggested to be applied to multiple manufacturers and retailers in future studies. It was also recommended to consider the storage and inventory costs for the collection products and to estimate the duration in which, they can stay in the manufacturer's warehouse with no costs increase. Another suggestion was to consider the demand with different functions or with a stochastic variable.

Research limitations/implications: The limitations of this research are: i) determining the quality level of collected products; ii) the location for remanufacturing by the manufacturer and recycling by the retailer; iii) sales estimate; iv) forecasting the number of products and types of products that have been collected; v) estimating consumer demand for remanufactured products; and vi) grading the greening of the collected products.

Practical implications: In general, economic profitability is considered the main driving factor for the entry of original equipment manufacturers and independent remanufacturers of the remanufacturing industry. According to the results, manufacturing companies can remanufacture the valuable wastes after retailers collected them and then determine their quality level. By increasing the quality and production of greening products, they have entered the competitive market and have offered products at a lower cost and more profit, when a centralized model was used.

Social implications: In today's society, one of the important issues is environmental sustainability. In this regard, the remanufacturing of returned products and the greening of products by the manufacturer have reduced the use of raw materials, saved energy, and reduced air pollution. In this paper, the subjects of competition for the collection and recycling of electronic and electrical waste (i.e, medical equipment, lighting devices and lamps, all kinds of audio and video equipment, IT equipment and household electrical appliances) between the manufacturer and the retailer, the improvement of the quality and greening of the collected products to increase the level of customer satisfaction/profits, and reducing dangerous effects on the environment were discussed.

Originality/value: This study contributed to the quality improvement of returned products and greening products. Based on this research, product quality decisions are investigated in a simple dynamic environment, and consumer preferences for new and remanufactured products are considered as a function of new product quality. In summary, this research has examined the interactions between improving the quality of remanufactured products and greening.

Keywords: Green products, Improving the quality of return products, Closed-loop supply chain, Game theory

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۳، شماره ۳، پیاپی ۳۰، پاییز ۱۴۰۱
دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱ ص ۱۳۷-۱۵۸
http://dx.doi.org/10.22108/pom.2022.129831.1391

(مقالهٔ پژوهشی)

رقابت در جمع‌آوری محصولات بازگشتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش تحت سبزسازی و بهبود کیفیت محصولات در زنجیرهٔ تأمین حلقه بسته

محسن شهریاری*[۱]، مریم غلامی[۲]

۱- استادیار مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، shahriari@iut.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، gholami.m@in.iut.ac.ir

چکیده: در جامعهٔ امروزی یکی از مسائل مهم، پایداری محیط زیست است. در این راستا، بازتولید محصولات بازگشتی و سبزسازی محصولات توسط تولیدکننده، باعث کاهش استفاده از مواد خام مصرفی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی هوا شده است. در این مقاله، دربارهٔ رقابت برای جمع‌آوری ضایعات الکترونیکی و الکتریکی بین تولیدکننده و خرده‌فروش برای بازیابی آنها، با در نظر گرفتن بهبود کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده، با هدف بالابردن سطح رضایت مشتری، افزایش سود و کاهش آثار خطرناک بر محیط زیست بحث شده است؛ علاوه بر این، تأثیر بهبود کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده را بر سود مشارکتی خرده‌فروش و تولیدکننده بررسی می‌کند. به این منظور، یک زنجیرهٔ تأمین دو حلقه بسته با سه مدل طراحی شده است. یک مدل متمرکز برای همکاری در کانال جمع آوری کل زنجیره با ادغام تولیدکننده و خرده فروش و دو مدل غیرمتمرکز برای رقابت در جمع آوری محصولات بازگشتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش با لحاظ کردن دو سناریو در نظر گرفته شده است. به این ترتیب، تصمیمات بهبود کیفیت محصولات در یک محیط پویای ساده بررسی شده و ترجیحات مصرف‌کنندگان برای محصولات جدید و بازتولیدشده به‌عنوان عملکردی از کیفیت محصول جدید در نظر گرفته شده است.

واژه‌های کلیدی: محصولات سبز، بهبود کیفیت محصولات بازگشتی، زنجیرهٔ تأمین حلقه بسته، نظریه‌بازی

* نویسنده مسئول

2423-6950 / © 2022
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

ضایعات تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی شامل تجهیزات پزشکی، وسایل روشنایی و لامپ‌ها، انواع تجهیزات وسایل صوتی و تصویری، تجهیزات IT و وسایل برقی خانگی است که یکی از بزرگ‌ترین زباله‌های رو به رشد است که این زباله‌ها آثار مضری بر سلامت انسان و محیط زیست می‌گذارد؛ بنابراین، برای حفاظت از محیط زیست باید این نوع از زباله‌ها به طرز درستی بازیابی و دفع شوند (شکوهیار و اکبری[۱]، ۱۳۹۵).

یکی از ابزارهایی که به حفظ محیط زیست کمک می‌کند، زنجیرهٔ تأمین سبز است. بعضی از شرکت‌ها نیز تمرکز خود را به‌سمت سبزسازی فرآیندها سوق دادند که از یک‌سو استانداردهای زیست‌محیطی را اخذ کنند و از سوی دیگر محصولات سبز به مشتریان عرضه کنند؛ زیرا باقی‌ماندن در عرصهٔ رقابت را ملزم به اجرای فعالیت‌های سبز می‌دانند (حسینی[۲] و همکاران، ۱۳۹۳). بازتولید به‌عنوان یک استراتژی مؤثر برای حفظ و تجدید ارزش افزودهٔ محصولات بازگشتی از جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی درخور توجه است (گویدان[۳] و همکاران، ۲۰۱۵).

به‌طور کلی سودآوری اقتصادی عامل محرک اصلی برای ورود تولیدکنندگان تجهیزات اصلی و بازتولیدکنندگان مستقل از صنعت بازتولید محسوب می‌شود. بازتولید محصولات جمع‌آوری و در نظر گرفتن سبزسازی محصولات توسط تولیدکننده باعث کاهش استفاده از مواد خام مصرفی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی هوا شده است. در جامعهٔ امروزی یکی از مسائل مهم، پایداری محیط زیست است که در مطالعات اخیر مبحثی به‌عنوان سبزسازی محصولات مطالعه شده است. طراحی محصولات بر مبنای طرح‌های سبز، ایجاد فضاهای تولیدی سازگار با محیط زیست برای کاهش آلودگی هوا و صرفه‌جویی در مصرف انرژی حوزه‌های مهمی برای تصمیم‌گیری مرتبط با پایداری محیط زیست‌اند (سوزکان[۴] و همکاران، ۲۰۱۶). در این مطالعه، دربارهٔ رقابت برای جمع‌آوری ضایعات الکترونیکی و الکتریکی بین تولیدکننده و خرده فروش برای بازیابی ضایعات با هدف، بالابردن سطح رضایت مشتری، افزایش سود و کاهش آثار خطرناک بر محیط زیست بحث شده است. بازیابی شامل بازتولید، استفادهٔ مجدد و بازیافت است. بازتولید، فرایند جداسازی محصول جمع‌آوری‌شده است و تولیدکننده می‌تواند انتخاب کند که تعمیر کند یا مجدد تولید کند. استفادهٔ مجدد فرایندی است که قطعات معیوب را تعمیر می‌کند و یا از محصولی که از کار افتاده است، قطعاتی را که سالم‌اند بر محصولی پایه‌گذاری می‌کنند که قطعات معیوب دارد. بازیافت به‌طور مستقیم مواد خام را از محصولات جمع‌آوری از طریق فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی استخراج می‌کند (هی[۵] و همکاران، ۲۰۱۹).

با در نظر گرفتن کیفیت در محصول جمع‌آوری‌شده، سود تولیدکننده و خرده‌فروش افزایش می‌یابد. کیفیت در بازتولید شامل طول عمر، عملکرد، کارایی، طراحی و ویژگی‌های محصول مطابق با استانداردهای کیفیت، قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان است. کیفیت باعث افزایش تقاضا، فروش و درنهایت سود می‌شود. کیفیت تولیدکننده شامل کیفیت در بازتولید محصولات، جمع‌آوری ضایعات، جلب رضایت مشتری و تولید محصولات با کیفیت بالا، برای افزایش سطح انتظار مشتری است. کیفیت خرده‌فروش در کیفیت بازیافت و دیگر عوامل مانند گارانتی، بسته‌بندی، تبلیغات و تحویل به‌موقع به مشتری است. در بازار اول محصولات جدید با همان کیفیت اولیه به فروش می‌رسند، ولی در بازار ثانویه محصولات بازتولیدشده به فروش رسانده می‌شوند (بازار اول، یک منطقهٔ توسعه‌یافته

است که مصرف‌کنندگان محصولاتی را با نام تجاری جدید خریداری می‌کنند و در بازار ثانویه، محصولات بازتولیدشده و دست دوم به فروش می‌رسند). از سوی دیگر، با در نظر گرفتن کیفیت و سبزسازی در فرآیند و محصولات بازتولیدشده می توان رضایت مشتری را جلب کرد تا مشتریان تمایل به خرید این نوع محصولات را نیز داشته باشند. تعیین سطح کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده به عوامل زیر بستگی دارد: تخمین فروش، پیش‌بینی مقدار محصولات و انواع محصولاتی که جمع‌آوری شده‌اند، تخمین تقاضای مصرف‌کنندگان از محصولات بازتولیدشده، درجه‌بندی کیفیت محصولات بازگشتی که اگر کیفیت محصولی از حد مشخصی پایین‌تر باشد، بازیافت شود، ولی اگر کیفیت متوسط و بالایی داشتند، تعمیر یا بازتولید شوند. درنهایت فرمول‌بندی مدل بهینه و حل آن صورت می‌گیرد که نتیجهٔ آن سطح کیفیت محصول بازتولیدشده و همچنین تعداد بهینهٔ محصولات بازتولیدشده در موجودی را نشان می‌دهد (آیدین[۶] و همکاران، ۲۰۱۸).

هدف اصلی این مقاله ارزیابی رقابت در جمع‌آوری محصولات بازگشتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش است؛ علاوه بر این، تأثیر بهبود کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده را بر سود مشارکتی خرده‌فروش و تولیدکننده بررسی می‌کند. بنابراین، ابتدا یک زنجیرهٔ تأمین دو حلقه بسته با ۳ مدل پیشنهاد می‌شود که یک مدل متمرکز برای همکاری در کانال جمع‌آوری کل زنجیره است که در آن تولیدکننده و خرده فروش با هم ادغام می‌شوند و دو مدل غیرمتمرکز برای رقابت در جمع‌آوری محصولات بازگشتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش است که دو سناریو دارد.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت این تحقیق، آثار متقابل بین بهبود کیفیت محصولات بازتولیدشده و سبزسازی را بررسی می‌کند. در این راستا، این مقاله برای اولین‌بار رقابت در جمع‌آوری محصولات بازگشتی را با در نظر گرفتن بهبود کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده را بررسی کرده است. به این ترتیب، تصمیمات بهبود کیفیت محصولات در یک محیط پویای ساده بررسی شده و ترجیحات مصرف کنندگان برای محصولات جدید و بازتولیدشده، عملکردی از کیفیت محصول جدید در نظر گرفته شده است.

سؤالات پژوهشی که در این مقاله دربارهٔ آنها مطالعه و بحث شده است:

۱. آیا بازتولید باعث افزایش یا کاهش تمایل تولیدکننده به بهبود کیفیت محصول می‌شود؟
۲. افزایش کیفیت و سطح سبز محصولات جمع‌آوری چه تأثیری بر سود تولیدکننده و خرده‌فروش می‌گذارد؟
۳. در نظر گرفتن قرارداد سود مشارکتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش چه تأثیری بر رقابت در جمع‌آوری محصولات می‌گذارد؟

محدودیت‌هایی این پژوهش عبارت است از: تعداد محصولات بازتولیدشده، مکان برای بازتولید توسط تولیدکننده و بازیافت توسط خرده‌فروش، تعداد بازتولیدکنندگان و تعداد خرده‌فروشان.

ادامهٔ مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است: بخش ۲ یک مرور کلی از مطالعاتی را ارائه می‌دهد که الهام‌بخش این تحقیق است. فرضیه‌ها و مدل‌های ریاضی در بخش ۳ شرح داده شده‌اند. در بخش ۴ تحلیل حساسیت و مطالعهٔ عددی انجام می‌شود. درنهایت، نتیجه‌گیری این مقاله در بخش ۵ آمده است.

۲- مرور پیشینه

بازتولید باعث کاهش آلودگی هوا و منابع مصرفی مانند مواد خام می‌شود. بازتولید عملیاتی است که تولیدکننده با در دست داشتن ضایعات الکترونیکی و الکتریکی، این قطعات را به محصولات مورد استفاده تبدیل می کند که این کار باعث افزایش فروش محصولات و درنتیجه سود تولیدکننده می‌شود (هوانگ[۷] و همکاران، ۲۰۱۸). کاهش هزینه‌های بازتولید باعث کاهش کیفیت محصول بازتولیدشده می‌شود؛ بنابراین تولیدکننده برای بهبود کیفیت محصولات باید هزینهٔ بیشتری برای بازتولید بپردازد. بهبود کیفیت محصولات بازتولیدشده باعث می شود که مصرف‌کنندگان تمایل به خرید این نوع از محصولات را داشته باشند (لی[۸] و همکاران، ۲۰۱۸).

یکی از مزایای بازتولید در بهره‌وری و پایداری، زنجیرهٔ تأمین است. کیفیت محصولات بازتولیدشده شامل طول عمر، ویژگی ها، عملکرد و کارایی است. در تعریف و اندازه‌گیری کیفیت محصولات بازتولیدشده، به آن اشاره شده است که می‌تواند در تحقیقات آینده دربارهٔ این موضوع مطالعات بیشتری صورت گیرد. محدودیت‌های این مطالعه شامل تعداد محصولات بازتولیدشده و مکان‌هایی برای جمع‌آوری ضایعات است (هازن[۹] و همکاران، ۲۰۱۷). دولت مقرراتی را برای تولیدکننده تعیین کرده است که تا پایان عمر محصولات، آسیب کمتری به محیط زیست وارد شود. با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت‌به محیط زیست باعث شده است که تولیدکننده محصولات سازگار با محیط زیست را تولید کند که رقابت نیز بیشتر می‌شود. مکانیزم جریمهٔ پاداش از سوی دولت در مدل غیرمتمرکز در نظر گرفته شده است. تولیدکننده می‌تواند قیمت حمل‌ونقل را بالا ببرد، پس تولیدکننده باید اقلام استفاده‌شده را جمع‌آوری کند. عدم قطعیت در کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده می‌تواند در مطالعات آینده در نظر گرفته شود (چن[۱۰] و اولیا، ۲۰۱۹). عدم قطعیت کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده می‌تواند سود تولیدکنندهٔ ناشی از تولید محصولات جمع‌آوری را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر آثار عدم قطعیت در کمیت و کیفیت محصولات بازگشتی بر میزان فروش محصول جدید و تقاضا برای اصول بازتولیدشده بررسی شده است (آیدین[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۸).

توجه به مسائل مربوط به حفاظت از محیط زیست، سیاست‌های مربوط به توسعهٔ سبز است که برای کاهش مصرف منابع و آلودگی محیط زیست نقش دارد. نتایج نشان می‌دهد سیاست دولت می‌تواند تکنولوژی بازتولید توسط تولیدکننده و کیفیت بازیافت محصول توسط خرده‌فروش را تحت تأثیر قرار دهد و بهبود ببخشد (تان و گیو[۱۲]، ۲۰۱۹). دولت از محیط زیست آگاهی لازم دارد و تلاش می‌کند که آثار تخریب‌کنندهٔ محیط زیست را با سطوح مختلفی از سبزسازی محصول کاهش دهد. سطح سبز محصولات را می‌توان با میزان انتشار کربن تعیین کرد. دولت از تولیدکنندگان می‌خواهد که محصولات را براساس سبزسازی تولید کنند. دولت برای تولیدکنندگان محصولات سبز برخی از یارانه‌ها را به‌عنوان پاداش در نظر گرفته است (گیری[۱۳] و همکاران، ۲۰۱۹).

در این مطالعه دو دوره را در نظر گرفتند که در دورهٔ اول تولیدکننده با مواد خام جدید محصولات را تولید می‌کند و در دورهٔ دوم با استفاده از محصولات جمع‌آوری‌شده محصولات مورد استفاده را تولید می‌کند که قیمت گذاری و سبزسازی محصول و استراتژی‌های بازتولید در نظر گرفته شده است. نتایجی که از این مطالعه گرفته شده است، الگوی جمع‌آوری دوگانه است که باعث افزایش سود تولیدکننده و خرده‌فروش می‌شود. همچنین درجهٔ سبزبودن محصول در دورهٔ اول افزایش می‌یابد و مقدار جمع‌آوری‌شده نیز افزایش می‌یابد (وی[۱۴] و همکاران،

۲۰۱۸). همان‌طور که در بسیاری از مقالات ذکر شده است، حفاظت از محیط زیست در جامعهٔ امروزی حائز اهمیت است. شرکت‌های در حال رشد باید مراقب محیط زیست باشند. در اینجا چهار عامل، مفهوم درستی از سبزسازی بیان می‌کنند که عبارت است از: کاستن، استفادهٔ مجدد، بازیافت و بازیابی (چن[۱۵] و همکاران، ۲۰۱۹).

بازیابی شامل استفادهٔ مجدد، بازیافت و بازتولید است. استفادهٔ مجدد با تعمیر یا بازسازی محدود محصولات جمع‌آوری‌شده صورت می‌گیرد و فروش مجدد انجام می‌شود. بازتولید توسط تولیدکننده صورت می‌گیرد که به جداسازی محصول جمع‌آوری‌شده نیاز دارد و تولیدکننده نسبت‌به چیزی که در اختیار دارد، تصمیم می‌گیرد که قطعات را جداسازی یا تعمیر کند. بازیافت به‌طور مستقیم مواد خام را از محصولات جمع‌آوری با فرایندهای شیمیایی فیزیکی استخراج می‌کند که در این مقاله بازیافت توسط خرده‌فروش انجام می‌گیرد (هی و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از استراتژی‌های مهم تولید پایدار، بهبود کیفیت است؛ چون با افزایش کیفیت، تعداد محصولات اوراق کاهش و میزان در دسترس بودن محصولات افزایش می‌یابد. همچنین فاصلهٔ زمانی طولانی‌تر می‌شود که باید نگهداری تعمیرات انجام شود. با افزایش عمر مفید محصولات، زمان بازیابی به تعویق می‌افتد. در زنجیره‌های تخصصی تولیدکنندگان باید بتوانند کیفیت هر جزء و کیفیت محصول نهایی را تضمین کنند (وانگ[۱۶] و همکاران، ۲۰۱۹). یک مسئلهٔ اصلی توسعهٔ زنجیره‌های حلقه بسته، فروش محصولات جدید بازتولیدشده است. در اینجا یک سیستم متمرکز شامل یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده است که محصولات بازگشتی تعمیرشده عنوان اقلام سبز بازتولید در دورهٔ دوم به فروش می‌رسد و یک مدل برای سود مصرف‌کنندگان در نظر گرفته شده است که مصرف‌کنندگان تصمیم می‌گیرند با محصولات جدید و سبز چگونه مواجه شوند. در این مطالعه، تصمیم‌گیری‌های قیمت‌گذاری و تولید بهینه با فعالیت‌های بازتولید و همچنین بدون فعالیت‌های بازتولید بررسی می‌شود (ژانگ[۱۷] و همکاران، ۲۰۱۹).

یکی از عوامل تعیین‌کنندهٔ پایداری محیط زیست بررسی شده است که آن اثربخشی بازیافت ضایعات است و همانند فعالیت‌های دیگر محیط زیستی تنها با تلاش یکپارچهٔ جامعه می‌توان بازیافت ضایعات را به انجام رسانید (یو[۱۸]، ۲۰۱۰). بعضی از صنایع نشان دادند صدور مجوز فناوری تأثیر زیادی در بازتولید محصولات می‌گذارد. روش‌های صدور مجوز مختلف بر تصمیم‌های تولید و اعضای زنجیرهٔ تأمین و بر عملکرد کانال معکوس تأثیرگذار است (هونگ[۱۹] و همکاران، ۲۰۱۷). یک سیستم ترکیبی وجود دارد که در آن قطعات استفاده می شوند و قطعات جدید می توانند به‌عنوان ورودی در فرایند تولید برای پاسخگویی به تقاضای بازار، که تقاضای بازار عدم قطعیت دارد، درخور توجه قرار گیرند (موخپادیای[۲۰] و همکاران، ۲۰۰۹). زنجیرهٔ تأمین رقابتی را نیز در نظر گرفتند که در آن ارائهٔ محصولاتی که تقاضای مشتری و همچنین سود شرکت‌ها را افزایش دهد، یک مسئله مهم است.

در زنجیرهٔ تأمین سه عامل مهم شامل کاهش انتشار کربن، بهبود کیفیت و سیاست بازگشت درخور توجه قرار گرفته است. در زنجیرهٔ تأمین جریان رو به جلو برای سرمایه‌گذاری‌های فناوری و تجارت و جریان معکوس برای فرآیندهای جمع‌آوری و بازتولید محصولات با کیفیت پایین است (طالعی‌زاده[۲۱] و همکاران، ۲۰۱۹). در این مطالعه بررسی کردند که ذینفعان ترجیح می‌دهند یک رویکرد تکراری و سبک در ایجاد و تدوین الزامات کیفیت باشد. مدل طبقه‌بندی و فهرست الزامات به‌عنوان دستورالعمل در کارگاه‌های مورد نیاز استفاده می‌شود (محققی[۲۲] و همکاران، ۲۰۱۷). در این مطالعه بررسی کردند که در شرکت‌های تولیدی بهبود فعالیت‌های سبز باعث کاهش آثار خطرناک

بر محیط زیست می‌شود و رفاه اجتماعی را افزایش می‌دهد. زنجیرهٔ تأمین حلقه بسته شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش، برای فروش محصول سبز در نظر گرفته شده است (زند[۲۳] و همکاران، ۲۰۱۹)؛ یک مدل که در آن رابطهٔ بین مدیریت کیفیت و مدیریت محیط زیست بررسی شده است. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد بهبود عملکرد سبز نیازمند توجه به مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی زنجیرهٔ تأمین سبز است (جابور[۲۴] و همکاران، ۲۰۱۵).

در این مطالعه مسئولیت‌های زیست‌محیطی را ازطریق بهبود محصول و مسئولیت اجتماعی را ازطریق اهدای محصول معرفی کردند. نتایج نشان می‌دهد اهدای محصول تحت یارانه‌ها، تقاضا برای محصول و میزان جمع‌آوری را افزایش می‌دهند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۹). هدف از این تحقیق بررسی استراتژی تصمیم‌گیری و توزیع سود زنجیرهٔ تأمین حلقه بسته با تقاضای وابسته به قیمت خرده‌فروش بود. در اولین دوره، تولیدکننده محصولات جدید را به خرده‌فروشان عرضه می‌کند و خرده‌فروشان محصولات را به مصرف‌کنندگان می‌فروشند. در اینجا یک مدل متمرکز و غیرمتمرکز شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش برای بررسی قیمت بهینهٔ خرده‌فروش پیشنهاد شده است (شیو[۲۵] و همکاران، ۲۰۱۸). در این مطالعه قیمت، سطح سبز، سود مورد انتظار تحت تأثیر رهبر کانال و مداخلهٔ دولت بررسی شده و حساسیت سطح سبز در نظر گرفته شده است. در سناریوی استکلبرگ، تولیدکننده پایین‌تر از دیگر سناریوهاست و در سناریوی استکلبرگ خرده‌فروش نسبت‌به دیگر سناریوها برای همهٔ بازیکنان تحت مدافعهٔ دولت قوی است (یانگ[۲۶] و همکاران، ۲۰۱۷). با ترکیب نوع بازگشت و سیاست قیمت‌گذاری، یک مدل دو دوره‌ای تشکیل شده است که تولیدکننده کیفیت محصولات را بهبود می‌بخشد و قیمت محصولات را تنظیم می‌کند. نتایج نشان می‌دهد وقتی مصرف‌کنندگان محصولات قدیمی را خریداری می‌کنند، تولیدکننده با قیمت‌گذاری، کیفیت محصولات را به‌روز کند (دگیوانی[۲۷] و همکاران، ۲۰۱۸). در این مطالعه ۴ مدل شامل مدل‌های متمرکز، غیرمتمرکز و قرارداد اشتراک‌گذاری درآمد بین خرده‌فروش و تولیدکننده را براساس چانه‌زنی و براساس تقسیم درآمد خرده‌فروش بررسی کردند (سونگ[۲۸] و همکاران، ۲۰۱۸).

مدلی شامل یک تولیدکننده که در تحقیق و توسعهٔ سبز سرمایه‌گذاری می‌کند و دو خرده‌فروش که در تلاش برای مسئولیت اجتماعی شرکت برای افزایش مقدار جمع‌آوری و تقاضای بازار رقابت می‌کنند (حسینی مطلق[۲۹] و همکاران، ۲۰۲۰). برای بررسی تأثیر نوآوری سبز، تلاش بازاریابی و میزان جمع‌آوری محصولات استفاده‌شده بر تصمیمات زنجیرهٔ تأمین، یک مدل زنجیرهٔ تأمین سبز حلقه بستهٔ دو دوره را با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش ارائه می‌دهند. زنجیرهٔ تأمین هنگامی پاسخ بهتری می‌دهد که هم تولیدکننده و هم خرده‌فروش محصولات استفاده‌شده را به‌طور هم‌زمان جمع کنند و می‌توان با دامن‌زدن به نوآوری سبز یا تلاش بازاریابی یا هر دو، عملکرد زنجیرهٔ تأمین را بهبود بخشید (مندال و همکاران[۳۰]، ۲۰۲۰).

در جدول ۱، مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ جمع‌آوری ضایعات و بازتولید محصولات، با در نظر گرفتن معیارهایی مانند بهبود کیفیت، سبزسازی محصولات یا فرآیند، مدل متمرکز یا مدل غیرمتمرکز بین سال‌های اخیر ارائه و مقایسه می‌شود و در انتها نیز شکاف مطالعاتی مشخص شده و پژوهش حاضر نیز بر همین اساس آورده شده است.

جدول۱- مقایسهٔ پژوهش حاضر با پژوهش‌های اخیر

Table 1- comparison of the current research with recent researches

نویسنده (سال انتشار)	کانال جمع‌آوری ضایعات	رقابت بین تولیدکننده و خرده‌فروش	مدل متمرکز/ غیرمتمرکز	بازتولید محصولات	سبزسازی محصول یا فرآیند	بهبود کیفیت محصول	نتیجه/هدف
سوزکان (۲۰۱۶)	✓			✓	✓		هدف: افزایش سود، کاهش آثار خطرناک بر محیط زیست
هوانگ (۲۰۱۸)	✓			✓			هدف: افزایش فروش محصول و سود تولیدکننده
لی (۲۰۱۸)	✓			✓		✓	هدف: کاهش هزینه‌های بازتولید، افزایش تمایل خرید مصرف‌کنندگان
وی (۲۰۱۸)	✓	✓		✓	✓		هدف: افزایش سود تولیدکننده و خرده‌فروش
چن (۲۰۱۹)	✓	✓	✓				نتیجه: بالابردن هزینهٔ حمل توسط تولیدکننده، جمع‌آوری اقلام توسط تولیدکننده
تان و گیو (۲۰۱۹)		✓		✓		✓	هدف: سیاست تولید می‌تواند تکنولوژی بازتولید و کیفیت بازیافت را تحت تأثیر قرار دهد و باعث کاهش آلودگی هوا شود.
گیری و همکاران (۲۰۱۹)				✓	✓		هدف: تعیین سطح سبزسازی با انتشار کربن
وانگ (۲۰۱۹)	✓			✓		✓	هدف: افزایش کیفیت محصول، کاهش تعداد محصول اوراق
ژانگ (۲۰۱۹)			✓	✓	✓		هدف: افزایش فروش محصولات جدید بازتولیدشده
حسینی مطلق (۲۰۲۰)	✓	✓	✓		✓		نتیجه: تلاش خرده‌فروش برای افزایش مقدار جمع‌آوری و تقاضای بازار
مندال (۲۰۲۰)	✓		✓		✓		نتیجه: بررسی تأثیر نوآوری سبز، تلاش بازاریابی و میزان جمع‌آوری محصولات بر زنجیرهٔ تأمین
پژوهش حاضر	✓	✓	✓	✓	✓	✓	هدف: بهبود کیفیت و سبزسازی محصول بازتولیدشده، افزایش سود تولیدکننده و خرده‌فروش

۳- روش‌شناسی پژوهش

در این بخش سه مدل برای بررسی رقابت جمع‌آوری محصولات پیشنهاد شده است که ازطریق بهینه جمع آوری شده‌اند و توسط زنجیرهٔ تأمین به دست آمده‌اند. یک مدل زنجیرهٔ تأمین دو نفره که متشکل از یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده است، تحت تجزیه‌وتحلیل رفتار مشتری از فعالیت‌های جمع‌آوری ارائه شده است (هی و همکاران، ۲۰۱۹). پس از تحقیق بر کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده و هزینه‌های جمع‌آوری، می‌توان بر عوامل رقابت،

کیفیت و سبزسازی تمرکز کرد. در این مطالعه برای جمع‌آوری رقابتی، ابتدا یک مدل متمرکز ارائه شده است که خرده‌فروش و تولیدکننده در یک اتحادیه ادغام می‌شوند و تصمیم می‌گیرند. دوم، یک مدل غیرمتمرکز ارائه شده است که در آن تولیدکننده و خرده‌فروش در جمع‌آوری محصولات بازگشتی ازطریق جمع‌آوری، که مشتریان تصور می‌کنند، رقابت می‌کنند. درنهایت در موردِ قرارداد، سود مشارکتی بین خرده‌فروش و تولیدکننده در فعالیت‌های جمع آوری، برای بررسی میزان کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده توسط مدل متمرکز، مطالعه می شود. تابع تقاضای محصولات به‌صورت خطی فرض شده است. همهٔ اطلاعات دربارهٔ پارامترها و رفتار توابع تقاضا برای همهٔ تولیدکنندگان شناخته شده است.

۳-۱ علائم ریاضی

در این بخش مجموعه‌ها، پارامترها، متغیرهای تصمیم قابل مشاهده‌اند.

علائم استفاده‌شده در این مقاله عبارتند از:

مجموعه‌ها

R: اندیس خرده‌فروش

M: اندیس تولیدکننده

C: اندیس اتحادیهٔ متمرکز

پارامترها

τ : مقدار مشارکت تولیدکننده از سود خرده‌فروش

A : شاخص هزینهٔ سرمایه‌گذاری کانال

f: ضریب هزینهٔ کیفیت

t: ضریب کیفیت در تابع تقاضای متمرکز

l : سطح بهبود کیفیت محصول جمع‌آوری‌شده

i: بهبود سطح سبز محصول تولیدکننده

h: هزینهٔ کیفیت تولیدکننده در سناریوی اول مدل غیرمتمرکز

j: هزینهٔ کیفیت خرده‌فروش در سناریوی اول مدل غیرمتمرکز

x : درجهٔ سبزسازی محصول تولیدکننده در سناریوی دوم

k : میزان درآمد حاصل از فروش محصولات جمع‌آوری

c_m : هزینهٔ تولید از مواد خام جدید

c_r : هزینهٔ تولید از محصولات جمع‌آوری‌شده

S_C : سرمایه‌گذاری کانال معکوس برای اتحادیهٔ متمرکز

S_R : سرمایه‌گذاری کانال معکوس برای خرده‌فروش

S_M : سرمایه‌گذاری کانال معکوس برای تولیدکننده

Y : هزینهٔ سبزسازی محصول تولیدکنندهٔ سناریوی دوم

J: هزینهٔ کیفیت خرده‌فروش در سناریوی دوم مدل غیرمتمرکز

H: هزینهٔ کیفیت تولیدکننده در سناریوی اول مدل غیرمتمرکز

متغیرها

P: قیمت محصول

W: قیمت عمده‌فروش

Q: کیفیت محصولات جمع‌آوری

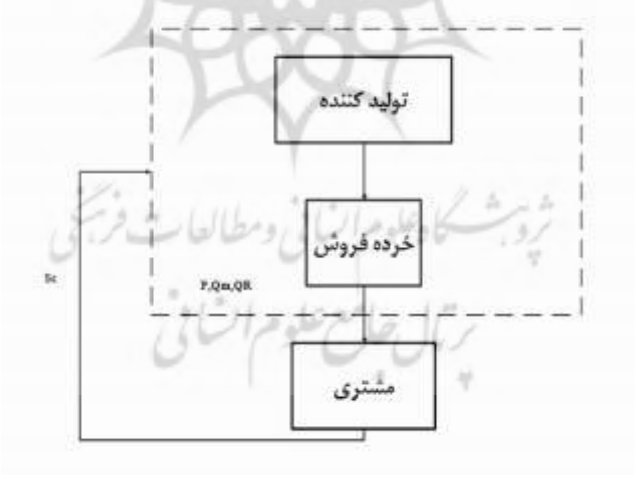
Q_M: عامل کیفیت محصول تولیدکننده

Q_R: عامل کیفیت محصول خرده‌فروش

g: عامل سبزسازی محصول

یک زنجیرهٔ تأمین استاندارد عمودی را در نظر بگیرید که یک تولیدکننده محصول را برای فروش نهایی ازطریق یک خرده‌فروش مستقل به فروش می‌رساند. در مدل متمرکز هر دو شرکت بی‌خطرند و حداکثر سود زنجیره را دنبال می‌کنند. تولیدکننده قیمت عمده‌فروشی W را برای فروش یک واحد محصول به خرده‌فروش تعیین و خرده‌فروش نیز محصول را با قیمتP به مصرف‌کنندگان می‌فروشد (هی و همکاران ، ۲۰۱۹).

چارچوب مدل متمرکز در شکل ۱ ارائه شده است. در مدل متمرکز، تولیدکننده خود را با خرده‌فروش ادغام می‌کند و تصمیم‌گیری در استراتژی‌های فروش و جمع‌آوری توسط اتحادیهٔ متمرکز صورت می‌گیرد. در عمل، مدل متمرکز همیشه برای شرکت‌هایی پیاده‌سازی می‌شود که زنجیرهٔ تأمین یکپارچهٔ عمودی شامل طراحی، تولید و توزیع دارند. البته در مدل متمرکز به‌علت همکاری و نبودن رقابت بین تولیدکننده و خرده‌فروش، می‌توان به‌راحتی متوجه شد که کارایی بهینه‌سازی جمع‌آوری می‌تواند در این مدل به دست آید.

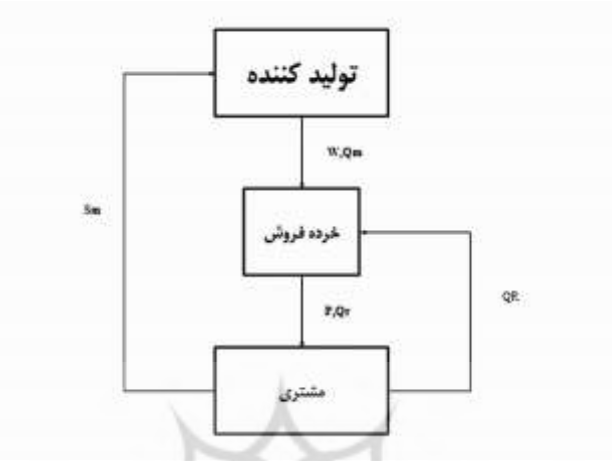


شکل ۱- زنجیرهٔ تأمین در حالت متمرکز

Fig. 1- Supply chain in centralized mode

شکل ۲ یک مدل غیرمتمرکز است که تولیدکننده و خرده‌فروش با یکدیگر در فعالیت‌های جمع‌آوری، به‌ویژه در صنعت ضایعات الکترونیکی و الکتریکی رقابت می‌کنند. در سناریوی اول که رقابت بین کانال جمع‌آوری تولیدکننده و خرده‌فروش وجود دارد، مشتریان یکی از آنها را با توجه به سازگاری کانال (تخفیف کانال یا سرمایه‌گذاری کانال) انتخاب خواهند کرد. یک مدل زنجیرهٔ تأمین دو حلقه بسته پیشنهاد شده است که شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است. در مدل غیرمتمرکز، تولیدکننده محصول را، که از مواد خام جدید و یا از محصولات

جمع‌آوری‌شده، تولید می‌کند و محصول را با قیمت عمده‌فروشی به خرده‌فروش می‌فروشد و خرده‌فروش محصول را با قیمتP به مصرف‌کنندگان به فروش می‌رساند و محصولات جمع‌آوری‌شده را تعمیر می‌کند. در مدل غیرمتمرکز هرکدام از تولیدکننده و خرده‌فروش کیفیت خودشان را در نظر می‌گیرند که رقابت بین آنها و هزینه‌هایشان بیشتر می‌شود. Q_M کیفیت تولیدکننده است که شامل کیفیت محصول تولیدشده، کیفیت در خرید مواد خام جدید، کیفیت در بازتولید محصولات جمع‌آوری‌شده است. Q_R کیفیت خرده‌فروش است که شامل بازیافت، خدمات پس از فروش، بسته‌بندی محصولات، زمان تحویل به مشتری، گارانتی، کسب رضایت مشتری و... است.



شکل ۲- زنجیرهٔ تأمین حالت غیرمتمرکز

Fig. 2- Decentralized mode supply chain

۳-۲ فرضیات

فرضیات در نظر گرفته شده در این مقاله عبارتند از:

۱) همهٔ قیمت‌ها مثبت‌اند؛

۲) تقاضا برای یک محصول جدید رابطهٔ منفی با قیمت فروش P تعیین‌شده توسط خرده‌فروش دارد؛

۳) مشتریان کیفیت متفاوتی را از محصول درک می‌کنند و برحسب کیفیت درک‌شده دربارهٔ بازگرداندن یا بازنگرداندن محصول تصمیم‌گیری می‌کنند؛

۴) بازی استکلبرگ به رهبری تولیدکننده و پیروِ خرده‌فروش است. قدرت خرید خرده‌فروش همیشه در مقایسه با تولیدکننده محدود است؛

۵) محصولات استفاده‌شده برای راه‌اندازی بازتولید جمع‌آوری می‌شوند.

۳-۳ مدل‌سازی

در این بخش سه مدل، مدل متمرکز و مدل غیرمتمرکز در دو سناریو وجود دارد که توابع سود و تقاضای هر مدل بررسی می‌شود. این سه مدل شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است که در مدل متمرکز به‌صورت همکاری و در مدل غیرمتمرکز با هم در رقابت‌اند.

۳-۳-۱ مدل متمرکز

با توجه به تعریف مسئله و فرضیات ارائه‌شده، توابع تقاضا و سود به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

رابطهٔ ۱ تابع تقاضای مدل متمرکز را نشان می‌دهد که همکاری بین تولیدکننده و خرده‌فروش است و شامل قیمت محصولات و کیفیتی است که هم تولیدکننده و هم خرده‌فروش در نظر گرفتند.

$$D_C = (\alpha - \beta * P) + t * Q \quad (۱)$$

رابطهٔ ۲ نشان‌دهندهٔ تابع سود مدل متمرکز، شامل سود به‌دست‌آمده از اختلاف قیمت محصول و هزینهٔ تولید، به‌علاوهٔ سود حاصل از کانال جمع‌آوری است که از اختلاف درآمد و هزینهٔ کانال جمع‌آوری به دست می‌آید.

$$\pi_C = (P - c_m + e * S_C)D_C + k * S_C - (A * S_C) - (f * Q^2/2) \quad (۲)$$

برای مدل متمرکز، سود همکاری خرده‌فروش و تولیدکننده طبق رابطهٔ ۲ به دست آورده شده و سپس از این رابطه مشتق دوم گرفته شده است تا تعقر تابع بررسی شود. بنابراین ماتریس هسین به‌صورت رابطهٔ ۳ است.

$$H_{2*2} = \begin{pmatrix} -2\beta & t \\ t & -f \end{pmatrix} \quad (۳)$$

برای به دست آوردن متغیرهای تصمیم، این تابع از رابطهٔ ۲ مشتق اول گرفته و مساوی صفر قرار داده است ۰= $\frac{\partial \pi_C}{\partial P}$ و ۰= $\frac{\partial \pi_C}{\partial Q}$ که متغیرهای P و Q به دست می‌آیند.

قیمت محصول نهایی از رابطهٔ ۴ به‌دست‌آمده است.

$$P = \frac{-f * \alpha + (c_m - e * S_C)(t^2 - f * \beta)}{t^2 - 2f * \beta} \quad (۴)$$

کیفیت محصول نهایی از رابطهٔ ۵ به‌دست‌آمده است.

$$Q = \frac{t(\alpha - c_m * \beta + e * S_C * \beta)}{-t^2 + 2f * \beta} \quad (۵)$$

۳-۳-۲ مدل غیرمتمرکز

با توجه به تعریف مسئله و فرضیات ارائه‌شده، توابع تقاضا و هزینه‌های کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده در دو سناریو به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

رابطهٔ ۶ نشان‌دهندهٔ تابع تقاضای تولیدکنندهٔ مدل غیرمتمرکز است که شامل قیمت محصول و کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شدهٔ تولیدکننده و سبزسازی محصولات است.

$$D_M = (\alpha - \beta * P) + l * Q_M + i * g \quad (۶)$$

رابطهٔ ۷ نشان‌دهندهٔ تابع تقاضای خرده‌فروش در مدل غیرمتمرکز است که قیمت محصول و کیفیتی را در نظر گرفته است که خرده‌فروش برای محصولات جمع‌آوری‌شده دارد.

$$D_R = (\alpha - \beta * P) + l * Q_R \quad (۷)$$

رابطهٔ ۸ نشان‌دهندهٔ تابع هزینه برای بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری توسط تولیدکننده است.

$$I(Q_M) = h * Q_M^2/2 \quad (۸)$$

رابطهٔ ۹ نشان‌دهندهٔ تابع هزینه برای بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری توسط خرده‌فروش است.

$$I(Q_R) = h * Q_R^2/2 \quad (۹)$$

رابطهٔ ۱۰ نشان‌دهندهٔ تابع هزینه برای سرمایه‌گذاری سبزسازی محصولات جمع‌آوری توسط تولیدکننده است.

$$G(g) = \lambda * g^2/2 \quad (۱۰)$$

سناریوی اول

در این سناریو تولیدکننده به‌علت سرمایه‌گذاری پایین در کانال جمع‌آوری تولیدکننده، تمایل به ترک رقابت دارد و تمام اقلام جمع‌آوری به عهدهٔ خرده‌فروش است. در اینجا سود تولیدکننده پایین است. بنابراین یک قرارداد مشارکت سود بین تولیدکننده و خرده‌فروش انجام می‌گیرد که این قرارداد به این صورت است که خرده‌فروش مقداری از سود به‌دست‌آمدهٔ خودش را به تولیدکننده می‌دهد تا تولیدکننده وارد رقابت نشود. خرده‌فروش نیز محصولات جمع‌آوری را به تولیدکننده برای بازتولید می‌دهد.

رابطهٔ ۱۱ نشان‌دهندهٔ تابع سود تولیدکننده در مدل غیرمتمرکز است که شامل اختلاف بین قیمت عمده‌فروشی و هزینهٔ تولید است که توسط تولیدکننده اعلام می‌شود و هزینه برای بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری و هزینهٔ سبزسازی محصولات و درآمد حاصل از سود مشارکتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش است.

$$\pi_M = (W - c_m)D_M - I(Q_M) - G(g) + E_1 \quad (۱۱)$$

رابطهٔ ۱۲ نشان‌دهندهٔ تابع سود خرده‌فروش در مدل غیرمتمرکز است و شامل اختلاف بین قیمت محصول است که خرده‌فروش تعیین می‌کند و قیمت عمده‌فروشی است که تولیدکننده تعیین می‌کند و درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری کانال جمع‌آوری و هزینهٔ بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده و هزینه‌ای است که بابت سود مشارکتی بین خرده‌فروش و تولیدکننده به دست می‌آید.

$$\pi_R = (P - W)D_R + k * S_R - A * S_R - I(Q_R) - E_1 \quad (۱۲)$$

برای این سناریو تابع سود خرده‌فروش طبق رابطهٔ ۱۲ به دست آورده و سپس از این رابطه مشتق دوم گرفته می‌شود تا تعقر تابع بررسی شود. بنابراین ماتریس هسین به‌صورت رابطهٔ ۱۳ است.

$$H_{2*2} = \begin{pmatrix} 2\beta(-1+\tau) & l - l\tau \\ l - l\tau & j(-1+\tau) \end{pmatrix} \quad (۱۳)$$

از رابطهٔ ۱۱ مشتق گرفته و مساوی صفر قرار داده شده است $\frac{\partial \pi_M}{\partial W} = ۰$ و $\frac{\partial \pi_M}{\partial Q_M} = ۰$ تا متغیرهای تصمیم تولیدکننده به دست آیند:

قیمت عمده‌فروشی که توسط تولیدکننده تعیین می‌شود، از رابطهٔ ۱۴ به دست می‌آید.

$$W = \frac{h\alpha\lambda(l^2 + j\beta(-1+\tau)) + (hi^2(l^2 - 2j\beta) + (l^4 - (h+2j)l^2\beta + hj\beta^2)\lambda)c_m}{hi^2(l^2 - 2j\beta) + l^2(l^2 - 2j\beta)\lambda - h\beta\lambda(2l^2 + j\beta(-2+\tau))} \quad (۱۴)$$

کیفیت محصولات تولیدکننده از رابطهٔ ۱۵ به دست می‌آید.

$$Q_M = \frac{l\lambda\left(l^2 + j\beta(-1+\tau)\right) * (-\alpha + \beta * c_m)}{hi^2(l^2 - 2j\beta) + l^2(l^2 - 2j\beta)\lambda - h\beta\lambda(2l^2 + j\beta(-2+\tau))} \quad (۱۵)$$

از رابطهٔ ۱۲ مشتق گرفته و مساوی صفر قرار داده شده است $\frac{\partial \pi_R}{\partial Q_R}=$ ۰ و $\frac{\partial \pi_R}{\partial P}=$ ۰ تا متغیرهای تصمیم خرده‌فروش به دست آیند:

قیمت خرده‌فروشی از رابطهٔ ۱۶ به دست می‌آید.

$$P=\frac{l^2*W-j*\alpha-j*W*\beta}{l^2-2j*\beta} \quad (۱۶)$$

کیفیت محصولات خرده‌فروش از رابطهٔ ۱۷ به دست می‌آید.

$$Q_R=\frac{l(-\alpha+W*\beta)}{l^2-2j*\beta} \quad (۱۷)$$

سناریوی دوم

در این سناریو مقداری از اقلام جمع‌آوری‌شده توسط تولیدکننده بازتولید می‌شود. خرده‌فروش علاوه بر فروش محصولات، اقلام جمع‌آوری را نیز بازیافت می‌کند. تولیدکننده با در نظر گرفتن کیفیت بازتولید و محصول سبز با خرده‌فروش رقابت می‌کند. خرده‌فروش نیز با بهبود کیفیت فرآیندها و محصولات جمع‌آوری در این رقابت شرکت می‌کند.

رابطهٔ ۱۸ نشان‌دهندهٔ تابع سود تولیدکننده در مدل غیرمتمرکز است که شامل اختلاف بین قیمت عمده‌فروشی و هزینهٔ تولید است که توسط تولیدکننده اعلام می‌شود؛ به‌علاوه صرفه‌ای است که کانال جمع‌آوری داشته است و درآمد حاصل از کانال، هزینهٔ تأسیس کانال، هزینه برای بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری، هزینهٔ سبزسازی محصولات و درآمد حاصل از سود مشارکتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش است.

$$\pi_M=(W-c_m+e)D_M-A*S_M-I(Q_M)+k*S_M-G(g)+E_2 \quad (۱۸)$$

رابطهٔ ۱۹ نشان‌دهندهٔ تابع سود خرده‌فروش در مدل غیرمتمرکز است که شامل اختلاف بین قیمت محصول نهایی است که خرده‌فروش تعیین می‌کند و قیمت عمده‌فروشی است که تولیدکننده تعیین می‌کند و درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری کانال جمع‌آوری، هزینهٔ تأسیس کانال، هزینهٔ بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده و هزینه‌ای است که بابت قرارداد سود مشارکتی بین خرده‌فروش و تولیدکننده، باید به تولیدکننده بپردازد.

$$\pi_R=(P-W)D_R+k*S_R-A*S_R-J*Q_R^2-E_2 \quad (۱۹)$$

از تابع سود تولیدکننده نسبت‌به متغیرهای تصمیم g و w و Q_M مشتق دوم گرفته شد تا تعقر تابع به دست آید. بنابراین تابع هسین آن به‌صورت رابطهٔ ۲۰ است.

$$H_{3*3}=\begin{pmatrix}\frac{\beta(2l^2+J\beta(-2+\tau))}{-l^2+2J\beta} & l & x\\ l & -H & 0\\ x & 0 & -Y\end{pmatrix} \quad (۲۰)$$

از رابطهٔ (۱۶) مشتق گرفته و مساوی صفر قرار داده شده است $\frac{\partial \pi_M}{\partial g}=$ ۰ و $\frac{\partial \pi_M}{\partial Q_M}=$ ۰ و $\frac{\partial \pi_M}{\partial W}=$ ۰ تا متغیرهای تصمیم تولیدکننده به دست آیند:

درجهٔ سبزسازی محصولات جمع‌آوری که توسط تولیدکننده انجام می‌شود، از رابطهٔ ۲۱ به دست می‌آید.

$$g=\frac{hx\left(l^2+J\beta(-1+\tau)\right)*(\alpha+e\beta-\beta c_m)}{-l^2Y(l^2-2J\beta)-hl^2(x^2-2Y\beta)+hJ\beta(2x^2+Y\beta(-2+\tau))} \quad (۲۱)$$

کیفیت محصولات جمع‌آوری که توسط تولیدکننده انجام می‌شود، از رابطهٔ ۲۲ به دست می‌آید.

$$Q_M = \frac{lY\left(l^2 + J\beta(-1+\tau)\right) * (\alpha + e\beta - \beta * CC_m)}{-l^2Y(l^2 - 2J\beta) - Hl^2(x^2 - 2Y\beta) + HJ\beta(2x^2 + Y\beta(-2+\tau))} \quad (۲۲)$$

قیمت عمده‌فروشی که توسط تولیدکننده تعیین می‌شود، از رابطهٔ ۲۳ به دست می‌آید. در پیوست به فرمول این متغیر شده است.

$$w = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (۲۳)$$

از رابطهٔ ۱۹ مشتق گرفته و مساوی صفر قرار داده شد $\frac{\partial \pi_R}{\partial P} = ۰$ و $\frac{\partial \pi_R}{\partial Q_R} = ۰$ تا متغیرهای تصمیم خرده‌فروش به دست آیند:

قیمت محصول نهایی که توسط خرده‌فروش تعیین می‌شود، از رابطهٔ ۲۴ به دست می‌آید. در پیوست به فرمول این متغیر اشاره شده است.

$$P = \frac{Z_3}{Z_4} \quad (۲۴)$$

کیفیت به‌دست‌آمده از محصولات جمع‌آوری خرده‌فروش از رابطهٔ ۲۵ به دست می‌آید. در پیوست به فرمول این متغیر اشاره شده است.

$$Q_R = \frac{Z_5}{Z_4} \quad (۲۵)$$

۴- نتایج عددی و تحلیل حساسیت

در این بخش روابط مربوط به مقادیر پارامترها و متغیرهای تصمیم و تجزیه‌وتحلیل توابع سود بررسی می‌شود. مقادیر پارامترها در جدول۲ آمده است:

جدول۲- مقادیر پارامترها

Table 2- Parameter values

پارامتر	مقدار پارامتر	پارامتر	مقدار پارامتر
c_m	۲۰	l	۰/۷
β	۰/۵۲	S_R	۰/۷
α	۱۰۰	i	۰/۵
K	۳۰	λ	۰/۰۹
A	۱۰	τ	۰/۱
e	۵۰	H	۰/۰۰۲
h	۰/۰۶۵	t	۰/۳
y	۰/۰۰۲	x	۰/۹
S_M	۰/۰۱	S_C	۱
J	۰/۸		

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در مدل توسعه داده شده مبحث کیفیت و سبزسازی آورده شده و توابع تقاضا و توابع سود براساس آن نوشته شده است، به این صورت که دو تابع تقاضا برای تولیدکننده و خرده‌فروش است و همچنین دو تابع سود برای تولیدکننده و خرده‌فروش است که در اینجا متغیرهای تصمیم تولیدکننده g و w و QM است و متغیرهای تصمیم خرده‌فروش P و QR است. مقادیر متغیرهای تصمیم و توابع سود در جدول ۳ آمده است:

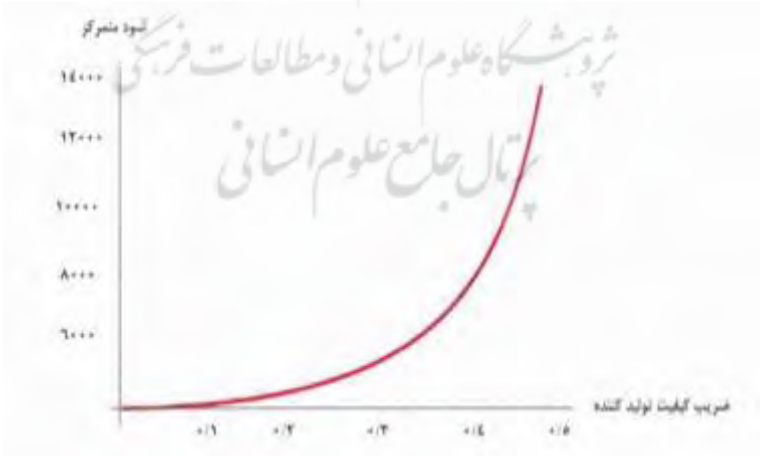
جدول۳- مقادیر متغیرها و توابع سود

Table 3- Table of values of varibles and profil functions

متغیرها	بازی استکلبرگ		
	سناریوی دوم	سناریوی اول	مدل متمرکز
P	۱۵۹/۳۶	۲۲۸/۹۷	۱۴۰
W	۳۰/۰۱	۲۲/۸۵	
g	۷/۸۶	۱۵/۸۷	
Q			۱۲۱
Q_M	۶/۵۵	۳۰/۷۵	
Q_R	۱۱۶/۸۷	۱۸۰/۳۵	
π_C			۵۵۰۷
π_M	۵۲۱/۹۶	۸۹۶/۱۲	
π_R	۴۶۹۷/۳۸	۸۱۷۶/۴۸	

۵- بحث

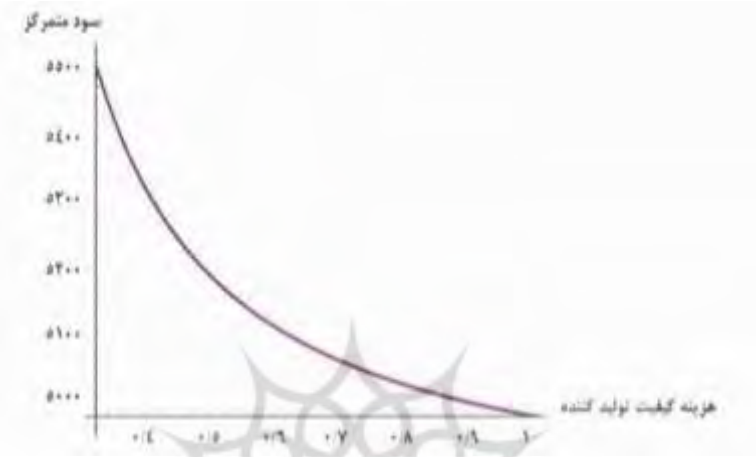
با استفاده از نرم‌افزار *Mathematica* نمودارهای مربوط به این پژوهش ترسیم شده و تجزیه‌وتحلیل مربوط به توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش نسبت‌به پارامترها صورت گرفته است.



شکل ۳- نمودار تابع سود متمرکز نسبت‌به ضریب کیفیت تولیدکننده و خرده‌فروش

Fig. 3- The graph of the concentrated profil function in relation to the quality factor of the manufacturer and retailer

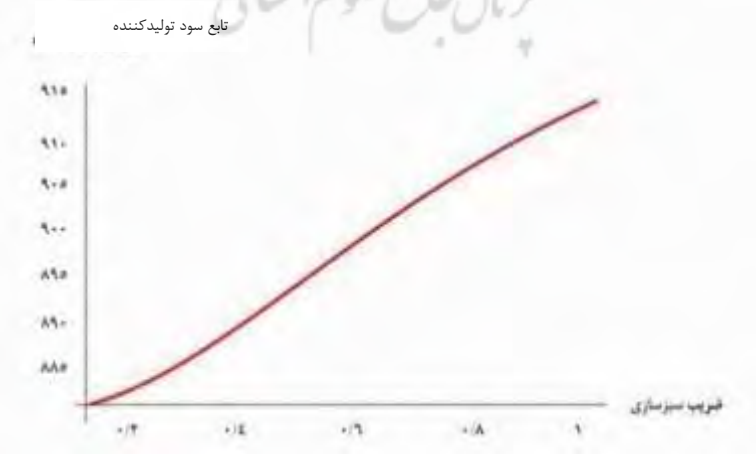
شکل ۳ نسبت تابع سود مدل متمرکز به ضریب کیفیت تولیدکننده و خرده‌فروش را نشان می‌دهد. با افزایش ضریب کیفیت تولیدکننده (شامل کیفیت محصولات بازتولیدشده) و خرده فروش (شامل بازیافت محصولات جمع‌آوری‌شده)، تعداد محصولات اوراق کاهش می‌یابد، عمر مفید محصولات بالاتر می‌رود، میزان در دسترس بودن محصولات افزایش می‌یابد، رضایت مشتریان و تمایل به خرید محصولات بازتولید نیز افزایش می‌یابد که درنهایت امر، به افزایش سود حاصل از مدل متمرکز منجر می‌شود که در آن تولیدکننده و خرده‌فروش با یکدیگر ادغام می‌شوند و همکاری می‌کنند. منحنی نمودار فوق به شکل نمایی است؛ به این معنا که از ضریب کیفیت ۰/۳ به بالا، افزایش بیشتری در تابع سود در مدل متمرکز وجود دارد.



شکل ۴- نمودار تابع سود متمرکز نسبت‌به ضریب هزینهٔ کیفیت

Fig. 4- The graph of the concentrated profil function relative to the quality cost factor

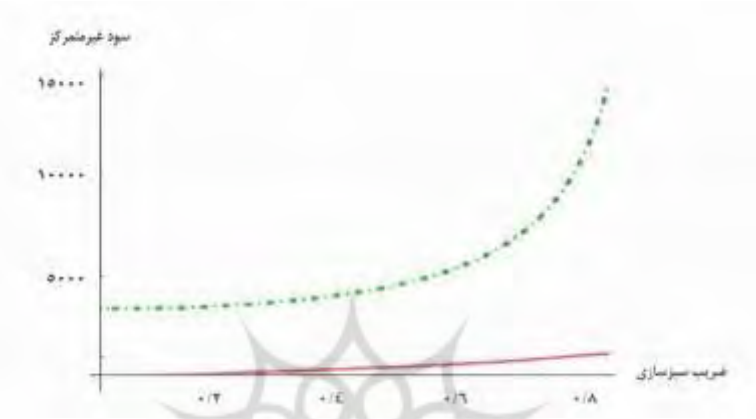
شکل ۴ نسبت تابع سود متمرکز به پارامتر ضریب هزینهٔ کیفیت تولیدکننده و خرده‌فروش را نشان می‌دهد. با کاهش هزینه‌های بازتولید توسط تولیدکننده، کیفیت محصولات بازتولید نیز کاهش می‌یابد. بنابراین، تولیدکننده برای بهبود کیفیت محصولات باید هزینهٔ بیشتری بپردازد؛ زیرا با پرداخت هزینهٔ بیشتر و افزایش کیفیت، مصرف‌کنندگان تمایل بیشتری نسبت‌به خرید این نوع محصولات پیدا می‌کنند. بنابراین با افزایش هزینه‌های کیفیت، سود مدل متمرکز کاهش یافته است. البته این مقدار کاهش، زمانی به میزان کمی است که ضریب هزینهٔ کیفیت حدود ۰/۳ تا ۰/۴ باشد که این درصد نیز برای کیفیت پذیرفتنی است.



شکل۵- نمودار تابع سود تولیدکننده نسبت‌به ضریب سبزسازی محصول

Fig. 5- Graph of the producers profil function relative to thr greening factor of the product

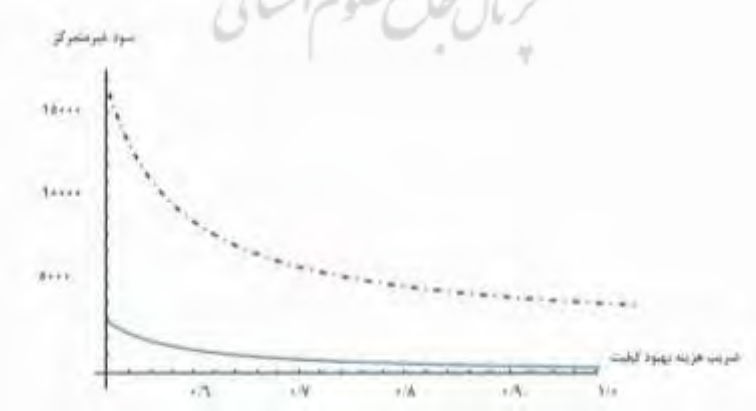
شکل ۵ نمودار تابع سود تولیدکننده را نسبت‌به ضریب سبزسازی محصول نشان می‌دهد. تولید محصول سبز و فرآیند سبز، باعث کاهش آثار خطرناک بر محیط زیست و آلودگی هوا و کاهش استفاده از مواد خام جدید می‌شود که این عامل باعث افزایش رفاه اجتماعی و افزایش تمایل مشتری به خرید این نوع محصولات می شود. با تولید محصول سبز، دولت نیز پاداشی برای تولیدکنندگانی در نظر گرفته است که محصول سبز تولید می‌کنند، پس سود حاصل از فروش محصولات سبز و پاداش دولت باعث می‌شود که تولیدکنندگان میزان سبزسازی محصولات را بالا ببرند و سود بیشتری کسب کنند. بنابراین، با بالارفتن میزان سبزسازی محصولات تولیدکننده، تابع سود تولیدکننده افزایش می‌یابد و این دو رابطهٔ مستقیمی با هم دارند.



شکل۶- نمودار تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش نسبت‌به میزان کیفیت

Fig. 6- Graph of the profil function the manufacturer and the retailer in relation ti the quality level

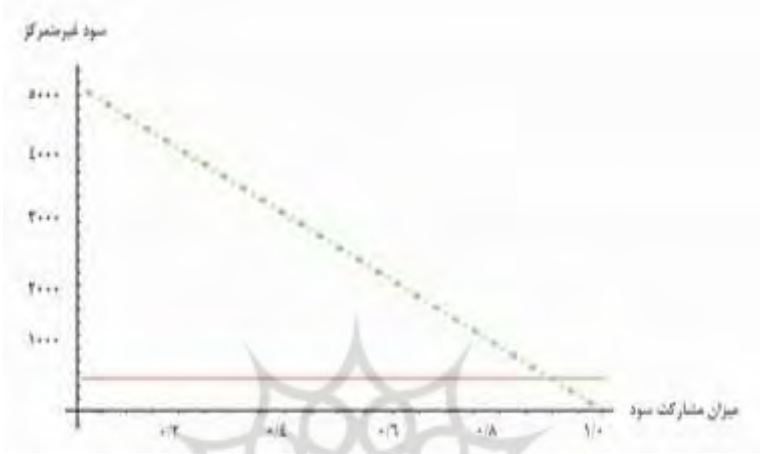
در شکل ۶ نمودار توابع سود مدل غیرمتمرکز نسبت‌به ضریب کیفیت تولیدکننده و خرده‌فروش نشان داده شده است. تابع سود تولیدکننده با رنگ قرمز و تابع سود خرده‌فروش با رنگ سبز نشان داده شده است. در سناریوی اول با افزایش کیفیت از ۰/۴ تا ۰/۸ سود خرده‌فروش به مقدار زیادی به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد و روند صعودی دارد. تابع سود تولیدکننده از بازهٔ میزان کیفیت صفر تا ۰/۲ برابر صفر است و از بازهٔ ۰/۴ تا ۰/۸ افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین تولیدکننده با افزایش کیفیت می‌تواند سودی حاصل کند. برای افزایش تابع سود خرده فروش، باید خرده‌فروش کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده را به میزان بالا افزایش دهد.



شکل۷- نمودار تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش نسبت‌به ضریب هزینهٔ بهبود کیفیت در سناریوی دوم

Fig. 7- Graph of the producers and retailers profil function relative to the quality improvement cost factor in the second scenario

شکل ۷ نمودار توابع سود مدل غیرمتمرکز نسبت‌به ضریب هزینهٔ کیفیت تولیدکننده و خرده‌فروش نشان داده شده است. تابع سود تولیدکننده به رنگ آبی و تابع سود خرده‌فروش به رنگ بنفش نشان داده شده است. در سناریوی اول با افزایش هزینهٔ بهبود کیفیت محصولات جمع‌آوری‌شده، تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش کاهش می‌یابد، اما کاهش سود برای خرده‌فروش بیشتر است؛ در حالی که ضریب هزینهٔ کیفیت از ۰/۸ به بعد برای تولیدکننده روند ثابتی دارد و تقریباً نزدیک به صفر می‌شود؛ به این دلیل که همان‌طور که در نمودار شکل ۶ نیز مشاهده می‌شود، ضریب کیفیت محصولات خرده‌فروش بیش از تولیدکننده است؛ بنابراین ضریب هزینهٔ کیفیت خرده‌فروش نیز باید بیشتر از تولیدکننده باشد.



شکل۸- نمودار تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش نسبت‌به میزان مشارکت سود در سناریوی دوم

Fig. 8- Graph of the producers and retailers profil function relative to the amount of profil participation in the second scenario

شکل ۸ نمودار توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش را نسبت‌به میزان مشارکت سود بین تولیدکننده و خرده‌فروش نشان می‌دهد. تابع سود تولیدکننده به رنگ نارنجی و تابع سود خرده‌فروش به رنگ سبز است. در سناریوی دوم با افزایش میزان مشارکت سود، مقدار سود تولیدکننده تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند؛ چون در سود خرده‌فروش مشارکت دارد. سود خرده‌فروش کاهش می‌یابد، چون سهم زیادی را به تولیدکننده می‌دهد و با تولیدکننده مشارکت دارد و میزان کمی از درآمد تولیدکننده را دریافت می‌کند.

۶- نتیجه‌گیری

در این مطالعه دو زنجیرهٔ تأمین حلقه بسته شامل یک مدل متمرکز و مدل غیرمتمرکز است که مدل غیرمتمرکز دو سناریو دارد. در مدل متمرکز که تولیدکننده و خرده‌فروش با هم ادغام شدند، سود به‌دست‌آمده برابر ۵۵۰۷ و سود خالص برای هرکدام از تولیدکننده و خرده‌فروش برابر ۲۷۵۳ است. در مدل غیرمتمرکز در سناریوی اول، تولیدکننده ترجیح می‌دهد وارد رقابت با خرده‌فروش در جمع‌آوری ضایعات باارزش مانند ضایعات الکترونیکی و الکتریکی نشود و در ازای آن در مقداری از سود خرده‌فروش مشارکت داشته باشد. در سناریوی اول سود تولیدکننده برابر ۸۹۶/۱۲ و سود خرده‌فروش برابر ۸۱۷۶/۴۸ است. در سناریوی دوم سود تولیدکننده برابر ۵۲۱/۹۶ و سود خرده‌فروش برابر ۴۶۹۷/۳۸ است. با نتایج به‌دست‌آمده تولیدکننده ترجیح می‌دهد در رقابت نباشد و با خرده‌فروش همکاری کند، در حالی که خرده‌فروش ترجیح می‌دهد از سناریوی اول استفاده کند؛ چون بیشترین

حالت سود را دارد. در سناریوی دوم نیز سود خرده‌فروش بیشتر از حالت متمرکز است. با مشاهدهٔ نمودارهای مربوط به تحلیل حساسیت می‌توان به سؤالات پژوهشی این مقاله پاسخ داد. بازتولید باعث افزایش تمایل تولیدکننده به بهبود کیفیت محصول می شود، افزایش کیفیت و سطح سبز محصولات جمع آوری باعث افزایش سود تولیدکننده می‌شود و سپس ثابت می‌ماند، همچنین سود خرده‌فروش را افزایش می‌دهد؛ درنهایت در موردِ قرارداد، سود مشارکتی بین خرده‌فروش و تولیدکننده در فعالیت‌های جمع‌آوری، برای بررسی میزان کیفیت و سبزسازی محصولات جمع‌آوری‌شده توسط مدل متمرکز، مطالعه می‌شود. با در نظر گرفتن سود مشارکتی بین تولیدکننده و خرده‌فروش، در این سناریو تولیدکننده رقابت جمع‌آوری را ترک می‌کند. در این مقاله، مدل‌های متمرکز و غیرمتمرکز توسط نرم‌افزار *Mathematica* حل و نتایج آن با نمودارهای رسم‌شده ارائه شده است.

پیشنهادهایی که ارائه می‌شود این است که می‌توان در مطالعات آینده از چندین تولیدکننده و خرده‌فروش استفاده کرد. همچنین می‌توان هزینه‌های نگهداری و موجودی را برای محصولات جمع‌آوری در نظر گرفت که تا چه زمانی در انبار تولیدکننده بمانند تا هزینه‌های آن افزایش نیابد.

References

Aydin, R., Kwong, C. K., Geda, M. W., & Okudan Kremer, G. E. (2018). Determining the optimal quantity and quality levels of used product returns for remanufacturing under multi-period and uncertain quality of returns. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9-12), 4401-4414. doi:10.1007/s00170-017-1141-0

Chen, C.-K., & Ulya, M. A. (2019). Analyses of the reward-penalty mechanism in green closed-loop supply chains with product remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, 210, 211-223. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.006

Chen, K. S., Wang, C. H., & Tan, K. H. (2019). Developing a fuzzy green supplier selection model using six sigma quality indices. *International Journal of Production Economics*, 212, 1-7. doi:10.1016/j.ijpe.2019.02.005

Coskun, S., Ozgur, L., Polat, O., & Gungor, A. (2016). A model proposal for green supply chain network design based on consumer segmentation. *Journal of Cleaner Production*, 110, 149-157. doi:10.1016/j.jclepro.2015.02.063

De Giovanni, P., & Zaccour, G. (2018). Optimal quality improvements and pricing strategies with active and passive product returns. *Omega (United Kingdom)*. doi:10.1016/j.omega.2018.09.007

Giri, R. N., Mondal, S. K., & Maiti, M. (2019). Government intervention on a competing supply chain with two green manufacturers and a retailer. *Computers and Industrial Engineering*, 128, 104-121. doi:10.1016/j.cie.2018.12.030

Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European journal of operational research*, 240(3), 603-626.

Hazen, B. T., Boone, C. A., Wang, Y., & Khor, K. S. (2017). Perceived quality of remanufactured products: construct and measure development. *Journal of Cleaner Production*, 142, 716-726. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.099

He, Q., Wang, N., Yang, Z., He, Z., & Jiang, B. (2019). Competitive collection under channel inconvenience in closed-loop supply chain. *European Journal of Operational Research*, 275(1), 155-166. doi:10.1016/j.ejor.2018.11.034

Hong, X., Govindan, K., Xu, L., & Du, P. (2017). Quantity and collection decisions in a closed-loop supply chain with technology licensing. *European Journal of Operational Research*, 256(3), 820-829. doi:10.1016/j.ejor.2016.06.051

Hosseini, S., iranban, S., mirjahanmard, S. (2014). Identifying & Prioritizing the Effective Factors on Green Supply Chain Management by Using Path Analysis Approach. *Journal of Production and Operations Management*, 5(2), 178-161. (In persian).

Hosseini-Motlagh, S.-M., Nami, N., & Farshadfar, Z. (2020). Collection disruption management and channel coordination in a socially concerned closed-loop supply chain: A game theory approach. *Journal of cleaner production*, 276, 124173.

Huang, M., Yi, P., Shi, T., & Guo, L. (2018). A modal interval based method for dynamic decision model considering uncertain quality of used products in remanufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(4), 925-935. doi:10.1007/s10845-015-1151-4

Jabbour, A. B. L. d. S., Jabbour, C. J. C., Latan, H., Teixeira, A. A., & de Oliveira, J. H. C. (2015). Reprint of Quality management, environmental management maturity, green supply chain practices and green performance of Brazilian companies with ISO 14001 certification: Direct and indirect effects. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 74, 139-151. doi:https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.12.011

Li, G., Reimann, M., & Zhang, W. (2018). When remanufacturing meets product quality improvement: The impact of production cost. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 913-925. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.060

Mohagheghi, P., & Aparicio, M. E. (2017). An industry experience report on managing product quality requirements in a large organization. *Information and Software Technology*, 88, 96-109. doi:10.1016/j.infsof.2017.04.002

Mondal, C., & Giri, B. C. (2020). Pricing and used product collection strategies in a two-period closed-loop supply chain under greening level and effort dependent demand. *Journal of cleaner production*, 265, 121335.

Mukhopadhyay, S. K., & Ma, H. (2009). Joint procurement and production decisions in remanufacturing under quality and demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 120(1), 5-17. doi:10.1016/j.ijpe.2008.07.032

Shokohyar, S., Akbari, E. (2016). Design of A Sustainable Development Model for E-waste Recycling. *Journal of Production and Operations Management*, 7(2), 137-152. doi: 10.22108/jpom.2016.21097. (In persian)

Song, H., & Gao, X. (2018). Green supply chain game model and analysis under revenue-sharing contract. *Journal of Cleaner Production*, 170, 183-192. doi:10.1016/j.jclepro.2017.09.138

Taleizadeh, A. A., Alizadeh-Basban, N., & Niaki, S. T. A. (2019). A closed-loop supply chain considering carbon reduction, quality improvement effort, and return policy under two remanufacturing scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1230-1250. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.372

Tan, Y., & Guo, C. (2019). Research on two-way logistics operation with uncertain recycling quality in government multi-policy environment. *Sustainability (Switzerland)*, 11(3). doi:10.3390/su11030882

Wang, Y., Wang, Z., Li, B., Liu, Z., Zhu, X., & Wang, Q. (2019). Closed-loop supply chain models with product recovery and donation. *Journal of Cleaner Production*, 227, 861-876. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.236

Wei, J., Wang, Y., & Zhao, J. (2018). Interaction between greening and remanufacturing strategies in a manufacturer-retailer supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 189, 585-601. doi:10.1016/j.jclepro.2018.04.080

Xu, L., & Wang, C. (2018). Sustainable manufacturing in a closed-loop supply chain considering emission reduction and remanufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 297-304. doi:10.1016/j.resconrec.2017.10.012

Yang, D., & Xiao, T. (2017). Pricing and green level decisions of a green supply chain with governmental interventions under fuzzy uncertainties. *Journal of Cleaner Production*, 149, 1174-

1187. doi:10.1016/j.jclepro.2017.02.138

Yau, Y. (2010). Domestic waste recycling, collective action and economic incentive: The case in Hong Kong. *Waste Management*, 30(12), 2440-2447. doi:10.1016/j.wasman.2010.06.009

Zand, F., Yaghoubi, S., & Sadjadi, S. J. (2019). Impacts of government direct limitation on pricing, greening activities and recycling management in an online to offline closed loop supply chain. *Journal of Cleaner Production*, *215*, 1327-1340. doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.067

Zhang, W., & He, Y. (2019). Optimal policies for new and green remanufactured short-life-cycle products considering consumer behavior. *Journal of Cleaner Production*, 214, 483-505. doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.213

پیوست

$$E_1 = \tau(P-W) * D_R + k * S_R - (A * S_R) - J * {Q_R}^2/2$$

$$E_2 = \tau(P-W) * D_R + k * S_R/2 - (A * S_R/2) - J * {Q_R}^2/2$$

$$Z_1 = e\big(l^2Y(l^2-2J\beta) + Hl^2(x^2-Y\beta) + HJ\beta(-2x^2+Y\beta)\big) + HY\alpha\big(l^2+J\beta(-1+\tau)\big) - (l^2Y(l^2-2J\beta) + Hl^2(x^2-Y\beta) + HJ\beta(-2x^2+Y\beta))c_m$$

$$Z_2 = -l^2Y(l^2-2J\beta) - Hl^2(x^2-2Y\beta) + HJ\beta\big(2x^2+Y\beta(-2+\tau)\big)$$

$$Z_3 = (-e(l^2-J\beta)\big(l^2Y(l^2-2J\beta) + Hl^2(x^2-Y\beta) + HJ\beta(-2x^2+Y\beta)\big) + H\begin{pmatrix}-l^4Y - Jl^2\big(x^2+Y\beta(-4+\tau)\big) + \\ J^2\beta\big(2x^2+Y\beta(-3+2\tau)\big)\end{pmatrix}) + (l^2-J\beta)\big(l^2Y(l^2-2J\beta) + Hl^2(x^2-Y\beta) + HJ\beta(-2x^2+Y\beta)\big)c_m) + \alpha(Jl^2Y(-l^2+2J\beta)$$

$$Z_4 = (l^2-2J\beta)\Big(l^2Y(l^2-2J\beta) + Hl^2(x^2-2Y\beta) - HJ\beta\big(2x^2+Y\beta(-2+\tau)\big)\Big)$$

$$Z_5 = l\big(l^2Y(l^2-2J\beta) + Hl^2(x^2-Y\beta) + HJ\beta(-2x^2+Y\beta)\big)(\alpha + e\beta - \beta c_m)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Shokohyar & Akbari
[2] Hosseini
[3] Govindan
[4] Coskun
[5] He
[6] Aydin
[7] Huang
[8] Li
[9] Hazen
[10] Chen & Ulya
[11] Aydin
[12] Tan & Guo
[13] Giri
[14] Wei
[15] Chen
[16] Wang
[17] Zhang
[18] Yau
[19] Hong
[20] Mukhopadhyay
[21] Taleizadeh

[22] Mohagheghi
[23] Zand
[24] Jabbour
[25] Xu
[26] Yang
[27] De Giovanni
[28] Song
[29] Hosseini-Motlagh
[30] Mondal

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی