





A Game-Theoretic Approach to Government Customs Tariff Policy in the Green and Non-Green Vehicle Import Supply Chain

Masoud Nematpour Sojasi* 

Morteza Rasti-Barzoki** 

Mohammad-Ali Eghbali*** 

Extended Abstract

Introduction and Objectives: Given the increasing development of international trade and the necessity of considering environmental concerns, optimal tariff policy for green and non-green vehicles has become a significant challenge for governments. This paper aims to analyze the strategic interaction among the government, manufacturers, and dealerships in the import supply chain, and examines the impact of customs tariffs on pricing, service levels, and the degree of greenness of vehicles. In other words, it addresses the following questions: What is the effect of the green-to-non-green vehicle tariff ratio on equilibrium prices? How does a green vehicle manufacturer behave in response to changes in customs tariffs? And how can the government adjust tariffs in a way that both fiscal interests and environmental objectives are met?

Methods: This research employs a three-level model comprising the government as the policymaker, foreign manufacturers of green and non-green vehicles, and domestic dealerships, taking into consideration demand functions that depend on price, service level, and degree of greenness. Stackelberg game theory is used to model the hierarchical interaction between the government (as the leader) and the other members (as followers). Accordingly, equilibrium values of key variables including prices, service levels, product greenness, demand functions, and profitability have been calculated parametrically. To validate the model, a case study has been conducted, and sensitivity analyses on important parameters have been performed. In this model, analytical methods are employed to examine the balance among the different interests of the stakeholders.

Received : Jun. 05, 2024; Revised : Apr. 09, 2025; Accepted : Aug. 06, 2025; Published Online : Sep. 17, 2025.

* Ph.D. candidate, Department of Industrial Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

** Professor, Department of Industrial and Systems Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*** Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Birjand University of Technology, Birjand, Iran.

Corresponding Author : eghbali@birjandut.ac.ir



Findings: The findings from the data analysis show that applying different tariff policies on green and non-green vehicles has significant effects on supply chain performance. When the tariff on non-green vehicles is higher than that on green vehicles, the final price of these vehicles is higher, even if their base price is lower. It was also found that the way in which income is divided between the manufacturer and the dealership has a direct impact on their profitability; so that as the manufacturer's share of the dealership's income increases, the manufacturer's profit increases, while the dealership's profit initially increases and then decreases after reaching the optimum point. The analyses showed that increasing the ratio of green to non-green vehicle tariffs has a negative impact on the government's environmental benefits. However, this change has a nonlinear effect on the government's overall profit, first increasing and then decreasing it. The findings suggest that tariff policies can serve as an effective tool to steer the market towards greener products, but they must be designed carefully and with all aspects in mind.

Conclusion: The results show that game theory-based tariff policymaking can simultaneously achieve economic and environmental goals. The findings indicate that setting the optimal ratio of green to non-green vehicle tariffs not only creates a proper balance between the interests of the government, manufacturers, and dealers, but also can act as an effective tool to guide the market towards more sustainable products. For the development of future research, it is suggested that studies be conducted on the generalization of the supply chain structure with the presence of green vehicle dealers, examining the impact of domestic manufacturers on market competition, evaluating types of cooperation agreements between manufacturers and dealers, analyzing factors affecting consumer demand, and comparing tariff policy with other support tools. Such research can lead to a deeper understanding of the dynamics of this market and to designing more effective policies.

Keywords: Pricing, services, government customs tariff, supply chain, green and non-green vehicles, game theory.

How to Cite: Nematpour Sojasi, Masoud; Rasti-Barzoki, Morteza; Eghbali, Mohammad-Ali (2025). A game theoretic approach for Customs tariff policy of the government in the import supply chain of green and non-green car. *Ind. Manag. Persp.*, 15(3), 214-237 (*In Persian*).



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication

license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

رویکرد نظریه‌بازی برای سیاست‌گذاری تعرفه گمرکی دولت در زنجیره تأمین واردات خودروی سبز و غیرسبز

- مسعود نعمت‌پور سجاسی*^{ID}
- مرتضی راستی برزکی**^{ID}
- محمدعلی اقبالی***^{ID}

چکیده گسترده

مقدمه و اهداف: با توجه به توسعه روزافزون تجارت بین‌الملل و ضرورت توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، سیاست‌گذاری تعرفه‌ای بهینه برای خودروهای سبز و غیرسبز به چالشی مهم برای دولت‌ها تبدیل شده است. این مقاله با هدف تحلیل تعامل استراتژیک بین دولت، تولیدکنندگان و نمایندگی‌های خودرو در زنجیره تأمین واردات، به بررسی تأثیر تعرفه‌های گمرکی بر قیمت‌گذاری، سطح خدمات و درجه سبز بودن خودروهای وارداتی می‌پردازد. به این مسئله می‌پردازد که نسبت تعرفه خودروی سبز به غیرسبز چه اثری بر قیمت‌های تعادلی دارد؟ یا رفتار تولیدکننده خودروی سبز در پاسخ به تغییرات تعرفه گمرکی چگونه است؟ و اینکه دولت چگونه می‌تواند تعرفه‌ها را به گونه‌ای تنظیم کند که هم منافع مالی و هم اهداف زیست‌محیطی تأمین شوند؟

روش‌ها: این پژوهش از یک مدل سه‌سطحی شامل دولت به عنوان سیاستگذار، تولیدکنندگان خارجی خودروهای سبز و غیرسبز، و نمایندگی‌های فروش داخلی با در نظر گرفتن توابع تقاضای وابسته به قیمت، سطح خدمات و درجه سبز بودن استفاده می‌کند. از بازی استاکلبرگ برای مدلسازی تعامل سلسله‌مراتبی دولت (به عنوان رهبر) و سایر اعضا (به عنوان پیرو) استفاده شده به طوری که، مقادیر تعادلی متغیرهای کلیدی شامل قیمت‌ها، سطح خدمات، درجه سبز بودن محصولات، توابع تقاضا و سودآوری به صورت پارامتریک محاسبه شده است. برای تأیید اعتبار مدل، یک مطالعه موردی انجام گرفته و تحلیل‌های حساسیت بر روی پارامترهای مهم صورت پذیرفته است. در این مدل، از روش‌های تحلیلی برای بررسی تعادل بین منافع مختلف بازیگران استفاده شده است

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۲۶.

- * دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.
- ** استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
- *** استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی کامپیوتر و صنایع، دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند، ایران.

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که اعمال سیاست‌های تعرفه‌ای متفاوت بر خودروه‌های سبز و غیرسبز تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد زنجیره تأمین دارد. هنگامی که تعرفه خودروه‌های غیرسبز بیشتر از خودروه‌های سبز در نظر گرفته می‌شود، قیمت نهایی این خودرها در سطح بالاتری قرار می‌گیرد، حتی اگر قیمت پایه آنها پایین‌تر باشد. همچنین، مشخص شد که نحوه تقسیم درآمد بین تولیدکننده و نمایندگی تأثیر مستقیمی بر سودآوری آنها دارد؛ به طوری که با افزایش سهم تولیدکننده از درآمد نمایندگی، سود تولیدکننده افزایش می‌یابد، در حالی که سود نمایندگی ابتدا روند صعودی داشته و پس از رسیدن به نقطه بهینه، کاهش پیدا می‌کند. تحلیل‌ها نشان داد که افزایش نسبت تعرفه خودروه‌های سبز به غیرسبز تأثیر منفی بر منافع زیست‌محیطی دولت دارد. با این حال، این تغییر بر سود کلی دولت اثر غیرخطی گذاشته و ابتدا باعث افزایش و سپس کاهش آن می‌شود. یافته‌ها حاکی از آن است که سیاست‌های تعرفه‌ای می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای هدایت بازار به سمت محصولات سبزتر عمل کند، اما باید با دقت و در نظر گرفتن تمام جوانب طراحی شوند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری تعرفه‌ای مبتنی بر نظریه بازی می‌تواند به طور همزمان اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی را محقق سازد. یافته‌ها حاکی از آن است که تنظیم نسبت بهینه تعرفه خودروه‌های سبز به غیرسبز نه تنها تعادل مناسبی بین منافع دولت، تولیدکنندگان و نمایندگی‌ها ایجاد می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای هدایت بازار به سمت محصولات پایدارتر عمل نماید. برای توسعه تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌شود مطالعاتی در زمینه تعمیم ساختار زنجیره تأمین با حضور نمایندگی‌های خودروه‌های سبز، بررسی تأثیر تولیدکنندگان داخلی بر رقابت بازار، ارزیابی انواع قراردادهای همکاری بین تولیدکنندگان و نمایندگی‌ها، تحلیل عوامل مؤثر بر تقاضای مصرف‌کنندگان و مقایسه سیاست تعرفه‌ای با دیگر ابزارهای حمایتی انجام پذیرد. چنین پژوهش‌هایی می‌تواند به درک عمیق‌تری از پویایی‌های این بازار و طراحی سیاست‌های مؤثرتر بینجامد.

کلمات کلیدی: قیمت‌گذاری، خدمات، تعرفه گمرکی دولت، زنجیره تأمین، خودروی سبز و غیرسبز، نظریه بازی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناددهی: نعمت‌پور سجاسی، مسعود؛ راستی برزکی، مرتضی؛ اقبالی، محمدعلی (۱۴۰۴). رویکرد نظریه‌بازی برای سیاست‌گذاری تعرفه گمرکی دولت در زنجیره تأمین واردات خودروی سبز و غیرسبز. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۵(۳)، ۸۵-۲۶۴.



۱ مقدمه

با وجود توسعه روزافزون جهان امروز، می‌توان ادعا کرد هنوز هیچ کشوری وجود ندارد که به تنهایی بتواند به تمام نیازهای جامعه خود پاسخ دهد. اگر این امر مقدور هم باشد بی شک مقرون به صرفه نخواهد بود [۲۸]. در نتیجه فرآیند ورود کالا و یا خدمات از یک کشور به قلمرو گمرکی کشور دیگری به ازای مبادله ارز میان فروشنده و خریدار می‌تواند صورت پذیرد که به آن لودات می‌گویند [۲۷]. اتخاذ سیاست‌های مناسب برای واردات می‌تواند منافی برای دولت در پی داشته باشد به شرط آنکه عوامل موثر بر آن شناخته شود. یکی از این سیاست‌ها، اعمال تعرفه گمرکی مناسب می‌باشد به گونه‌ای که به تولیدات کشور لطمه نزند. حس رقابت شرکت‌ها را در کشور پدید آورد و از محصولات سبز یا دوستدار محیط زیست حمایت نماید.

سالیانه تعداد قابل توجهی از انواع مختلف خودرو وارد بازار کشور می‌شود. هر یک برای بدست آوردن سهم بیشتری از بازار، مزیت‌های رقابتی متفاوتی مانند قیمت مناسب تر، خدمات بهتر، سطح سبز بودن بالاتر را برای خودروی خود در نظر می‌گیرند. سطح سبز بودن بالاتر یک خودرو، به معنای آسیب کمتر این وسیله نقلیه جاده‌ای نسبت به وسایل‌های نقلیه متداول بنزینی و دیزلی است. مزیت سبز بودن خودروها با خطر افتادن محیط‌زیست و منابع طبیعی، بیش از پیش مورد توجه دولت قرار گرفته است؛ به گونه‌ای که این امر موجب شده است تا آن‌ها مشوق‌های لازم را جهت حمایت از خودروهای سبز مانند خودروهای هیبریدی در نظر بگیرند. یکی از این مشوق‌ها، اعمال تعرفه گمرکی کمتر نسبت به خودروی غیرسبز بابت واردات این خودروها می‌باشد. گرچه این سیاست با اقبال دوستداران محیط زیست مواجه شده است اما برخی از مشتریان خودرو، مزیت‌های رقابتی دیگر مانند سطح خدمات بهتر خودرو را به‌عنوان مشخصه اصلی در کنار قیمت در نظر می‌گیرند. به عبارتی برای آن‌ها داشتن خودروی غیرسبز با خدمات بهتر نسبت به خودروی سبز اولویت دارد.

اعمال تعرفه گمرکی مناسب توسط دولت، در کنار این که می‌تواند منافع مالی و زیست محیطی را برای کشور فراهم کند، تولید کنندگان خودروهای سبز و غیر سبز را بر آن می‌دارد تا متناسب با تعرفه‌های گمرکی، سطح تعادلی مزیت‌های رقابتی خود را تعیین کنند. با در نظر گرفتن رفتار مذکور، رویکرد نظریه بازی به عنوان یکی از بهترین ابزارهای کاربردی برای تحلیل رقابت و همکاری بین اعضای زنجیره تأمین، می‌تواند به بررسی تعامل‌های میان اعضای زنجیره تأمین واردات خودرو پرداخته و استراتژی بهینه آنها را جهت کسب حداکثر سود در تعامل با یکدیگر تعیین کند.

با مرور ادبیات موضوع می‌توان این ادعا را نمود که مساله سیاست‌گذاری تعرفه‌ای دولت در واردات خودروی سبز و غیرسبز با رویکرد نظریه بازی‌ها در ادبیات موضوع بیان نشده و در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله، یک زنجیره تأمین خودرو سبز و غیر سبز^۱ وارداتی در نظر گرفته شده که شامل دولت، دو تولیدکننده خارجی خودرو سبز و غیرسبز و یک نمایندگی رسمی داخلی^۲ برای خودرو غیرسبز است. در این زنجیره تأمین، از تعرفه گمرکی حمایتی برای خودروی غیرسبز و قراردادهایی مانند مشارکت در خدمات و حق امتیاز فروش میان تولیدکننده و نمایندگی خودروی غیرسبز بهره گرفته شده است که در قسمت تعریف مساله، به تفصیل به آن می‌پردازیم. هدفی که در ادامه مقاله دنبال خواهد شد پاسخ به سوالات زیر می‌باشد

(۱) چنانچه نسبت تعرفه خودروی سبز به خودرو غیرسبز افزایش یابد قیمت‌های خودرو چگونه تغییر می‌کند؟

(۲) رفتار تولیدکننده خودروی سبز به تغییرات تعرفه گمرکی در کشور مقصد چگونه می‌باشد؟

(۳) آیا دولت می‌تواند سطحی از نسبت تعرفه‌های گمرکی خودروها را تعیین کند که جمع منافع زیست محیطی و منافع مالی حاصل از واردات خودروها به کشور حداکثر شود؟

1. Green and non-green car
2. domestic official dealerships

ساختار پژوهش حاضر به این شرح است که در بخش دوم مطالعات انجام شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش سوم روش‌شناسی تحقیق ارائه می‌شود. در بخش چهارم به تعریف مساله، بیان فرضیات و فرموله سازی مدل پرداخته می‌شود. ساختار بازی در بخش پنجم تشریح می‌شود. سپس در بخش ششم، به حل و بررسی یک مثال عددی و تحلیل نتایج آن پرداخته می‌شود. در نهایت، در بخش هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات جهت توسعه مقاله آورده شده است

۲ مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در بررسی ادبیات موضوع، چند جریان پژوهشی مرتبط با موضوع وجود دارد. از جمله می‌توان به قیمت‌گذاری، محصولات سبز، سطح خدمات، تعرفه دولتی و نظریه بازی اشاره کرد. در ادامه به بررسی مهم‌ترین این مطالعات پرداخته می‌شود.

محصولات سبز از جمله مواردی است که در راستای مسائل پایداری و مخصوصاً محیط زیست مورد توجه بسیاری قرار گرفته است برای مثال، چن و همکاران^۱ (۲۰۱۷) زنجیره تأمین را در نظر گرفتند که به تولید کالای سبز مشغول است و اثر سرمایه گذاری، کارایی و رقابت را بر میزان خروج گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار دادند. تحقیقات آن‌ها نشان داد که استفاده از نوآوری‌هایی مانند محصولات سبز نه تنها باعث پیشرفت و بهبود مسائل زیست‌محیطی می‌گردد، بلکه باعث مزیت رقابتی برای تولیدکننده نیز خواهد شد [۲۸].

منگ و همکاران^۲ (۲۰۲۱) یک زنجیره تأمین سبز دو کاناله را مطالعه نمودند و قیمت گذاری و استراتژی سبز بودن را برای اعضای زنجیره در نظر گرفتند و در نهایت استنتاج کردند که قیمت خرده فروشی در حالت زنجیره سبز متمرکز بالاتر از حالت غیرمتمرکز می‌باشد [۱۹]. همچنین فام و پترسن^۳ (۲۰۲۱) در مقاله‌ای یک زنجیره تأمین سبز را در نظر گرفتند و به بررسی رقابت بین یک عرضه کننده و یک تولیدکننده با مداخله دولت پرداختند. آنان در این مقاله مسئله مذاکره بین تولیدکننده و عرضه کنندگان زنجیره تأمین معکوس برای توافق جهت همکاری را مورد بررسی قرار دادند [۲۰]. در پژوهشی دیگر، رشید و همکاران (۲۰۲۴) دریافتند، با افزایش آگاهی عمومی در مورد مسائل زیست‌محیطی، رفتار خرید در بازار تغییر کرده و مردم ترجیح می‌دهند به جای کالای معمولی کالای سبز بخرند اما نه به قیمت بالاتر [۲۱].

گوپتا و همکاران^۴ (۲۰۲۴) رقابت و همکاری در زنجیره تأمین سبز دوسطحی با استفاده از نظریه بازی استاکلبری و برتراند را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها سه سناریو شامل رقابت سبانه و همکاری عمودی را بررسی و نشان دادند که همکاری عمودی علاوه بر افزایش سطح سبز بودن محصولات، به نفع تمام اعضای همکاری است [۱۲]. مدنی و راستی برزکی (۲۰۱۷) سیاست‌های قیمت‌گذاری، استراتژی سبز بودن و تعرفه دولتی را در رقابت زنجیره تأمین تحت مداخله مالی دولت مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها نشان دادند برای افزایش سود دولت و میزان پایداری محصول، اثر سوبسید دولت برای محصول سبز موثرتر از از مالیات بر محصول غیرسبز خواهد بود [۸]. مطالعات اخیر نشان می‌دهند، دولت برای محصولات غیرسبز، تعرفه مالیاتی را تحمیل می‌کند و در برخی موارد از تولیدکننده سبز با پرداخت یارانه حمایت می‌کند که این افزایش (کاهش) قیمت کالای غیرسبز (سبز) مصرف‌کنندگان را به خرید محصول بی‌میل می‌کند (تشویق می‌کند) [۲۴]. دینگ و همکاران^۵ (۲۰۲۴) یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل تأمین کننده، تولیدکننده، خرده فروش با مقدار درجه ثابت سبز بودن را بررسی کردند که در آن تقاضای بازار به درجه سبز بودن بستگی دارد و دریافتند که هماهنگی به افزایش سود اعضاء می‌انجامد [۲۱]. کونگ و همکاران^۶ (۲۰۲۳) زنجیره‌های تأمین سبز چندگانه را در بازار در نظر گرفتند و تأثیر سیاست‌های دولتی بر رقابت میان زنجیره‌های تأمین سبز مورد بحث قرار دادند؛ مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که مشارکت دولت در بازی منجر به سود بیشتر برای زنجیره‌های تأمین یکپارچه شده است [۱]. چنگ و همکاران (۲۰۲۳) به تحلیل مدل‌های همکاری در زنجیره تأمین خودروبی با استفاده از نظریه بازی تفاضلی تحت سیاست‌های کاهش انتشار کربن پرداختند. آن‌ها دریافتند که همکاری

1. Chen et al.
2. Meng et al.
3. Pham, and Petersen
4. Gupta et al.
5. Ding et al.
6. Cong et al.

بین تولیدکنندگان و خرده‌فروشان می‌تواند منجر به کاهش انتشار کربن و افزایش سودآوری شود [۲۷]. راستی برزکی و مون (۲۰۲۱) استفاده از نظریه بازی، به تحلیل رقابت بین تولیدکنندگان خودرو در زمینه قیمت‌گذاری و تأثیر آن بر کارایی انرژی خودروها پرداختند. آن‌ها نشان دادند که سیاست‌های تعرفه‌ای می‌تواند بر استراتژی‌های قیمت‌گذاری و انتخاب فناوری‌های سبز تأثیرگذار باشند. نتایج نشان داد دولت می‌تواند با طراحی سیاست‌های تعرفه‌ای مناسب، تولید خودروهای با کارایی انرژی بالا را تشویق نماید [۲۳].

تمنایی و همکاران (۲۰۲۱) به تحلیل رقابت و همکاری میان شرکت‌های حمل‌ونقل در زمینه حمل‌ونقل پایدار پرداختند. آن‌ها با رویکرد نظریه بازی مدل‌هایی را برای ارزیابی استراتژی‌های مختلف در شرایط عدم قطعیت و محدودیت‌های زیست‌محیطی ارائه دادند. نتایج نشان داد که همکاری میان شرکت‌ها می‌تواند منجر به بهبود عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی شود [۲۹].

اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل قیمت‌گذاری جدیدی در یک زنجیره تأمین حلقه بسته‌ی دوسطحی با توجه به استراتژی‌های مختلف جمع‌آوری محصولات مصرف‌شده ارائه دادند. در این مدل نشان داده شد تقاضای سالیانه به تلاش‌های بازاریابی و قیمت فروش که تابعی از فعالیت‌های سبز است حساس می‌باشد و سیاست‌های دولت نیز محرک تولیدکننده برای کالای سبز هستند [۸]. شی و همکاران (۲۰۲۵) یک مدل بازی تکاملی بین تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان را توسعه دادند تا تأثیر اختلال در زنجیره تأمین را بر انتخاب استراتژی تولید سبز بررسی کنند. نتایج نشان داد که تحت شرایط مختلف، سیستم می‌تواند به استراتژی‌های پایداری تکاملی دست یابد و تمایل به همکاری، هزینه‌های تولید سبز و ضریب ریسک اختلال زنجیره تأمین بر مسیر تکاملی سیستم تأثیرگذار است. همچنین با تدوین سیاست‌های مناسب، شرکت‌ها می‌توانند تولید سبز همکاری‌شده را سریع‌تر تحقق بخشند [۱۲].

حافظ‌الکتب (۲۰۱۵) زنجیره تأمین شامل دو تولیدکننده رقیب در نظر گرفت. یکی از آن‌ها محصول سبز و دیگری محصول غیرسبز تولید و دولت نیز برای هر نوع کالا مقداری تعرفه تعیین می‌کند. وی در این تحقیق سناریوهای مختلفی برای دولت در نظر گرفت که اهداف مختلف دولت برای تعیین نوع تعرفه را تعیین می‌کند. در تحقیق مذکور برای هرکدام از این سناریوها مدل نظریه بازی ارائه و حل شده است [۱۳]. شانگ و همکاران^۱ (۲۰۲۵) به بررسی رقابت و همکاری میان زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز تحت تأثیر یارانه‌های دولتی و مالیات کربن پرداختند و نشان دادند که مداخله دولت می‌تواند به بهبود عملکرد زنجیره‌های تأمین منجر شود [۲۴]. گیری و همکاران^۲ (۲۰۱۹) به تحلیل تأثیر مداخله دولت در زنجیره‌های تأمین با ساختار دو سطحی تحت سیاست‌های مالیاتی و یارانه‌ای کربن پرداختند و نشان دادند که سیاست‌های دولتی می‌تواند بر رقابت و همکاری در زنجیره‌های تأمین تأثیرگذار باشند [۱۰]. گائو و همکاران^۳ (۲۰۲۳) به بررسی رقابت و هماهنگی در زنجیره‌های تأمین سبز دوکاناله تحت سیاست‌های برچسب زیست‌محیطی پرداخته و نشان دادند که سیاست‌های دولتی می‌تواند به بهبود عملکرد زنجیره‌های تأمین سبز کمک کنند [۹]. وانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۷) قیمت‌گذاری و تصمیمات خدماتی را در یک زنجیره تأمین شامل دو تولیدکننده محصول مکمل و یک خرده‌فروش با رویکرد نظریه بازی در نظر گرفتند که یکی از این دو تولیدکننده محصولش را علاوه بر کانال خرده‌فروشی سنتی در یک کانال خرده‌فروشی آنلاین نیز به فروش می‌رساند و دیگری فقط در همان کانال خرده‌فروشی سنتی محصولش را به فروش می‌رساند. کانال خرده‌فروش نیز خدماتی را برای هر دو کالا عرضه می‌کند. آن‌ها نشان دادند که برای کانال خرده‌فروشی افزایش بی‌رویه‌ی خدمات به‌صرفه نخواهد بود و موجب افزایش هزینه و درنهایت کاهش تقاضای مشتریان خواهد شد [۳۰].

مطالعات متعددی از قبیل دامرانگسیری و همکاران^۵ (۲۰۰۸)، لیو و همکاران^۶ (۲۰۱۶)، ژو و لی^۷ (۲۰۱۹) و یانگ و تانگ^۸ (۲۰۱۹) به بررسی موضوع مدل‌سازی زنجیره‌های تأمین با کانال‌های مستقیم و خرده‌فروشی پرداخته‌اند. برخی از آن‌ها تعاملات استراتژیک بین تولیدکننده

1. Shang et al.
2. Giri et al.
3. Gao et al.
4. Wang et al.
5. Dumrongsiri et al.
6. Lio et al.
7. Zhou et al.
8. Yang, and Tong

و خرده فروش را با تقاضای حساس به فاکتورهای مختلفی از جمله قیمت، کیفیت، سبز بودن محصول و سطح خدمات نیز مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۲، ۳۳].

از سوی دیگر با بررسی پیشینه تحقیق می‌توان دریافت که مطالعات مختلفی به بررسی مقوله رقابت در زنجیره تامین چندکاناله بر سر قیمت [۲۶]، تقاضای احتمالی [۲۵] و سطح خدمات در زنجیره تامین پرداخته‌اند. در یک نگاه کلی می‌توان گفت، تحقیقات گذشته در خصوص تصمیمات خدماتی، اساساً به دو نوع مسئله قیمت‌گذاری تقسیم می‌شوند. ۱) زنجیره تامین با خدمت ارائه‌شده توسط تولیدکننده مانند پژوهش‌های ژانگ و همکاران^۱ [۳۵]، گافین^۲ [۱۱]، ایشی و کیکوموری^۳ [۱۴]، ناپ و همکاران^۴ [۱۶]، عابدینی و همکاران [۲۶]، ژائو همکاران^۵ [۳۶]، قیومیان و همکاران [۳۴] و دایو همکاران^۶ [۱۹]، زنجیره تامین با خدمات خرده‌فروش مانند یان و همکاران^۷ [۳۱]، دان و همکاران^۸ [۲۰]. در پژوهش حاضر، سعی بر این است تا به مفاهیم و جنبه‌هایی پرداخته شود که در تحقیقات پیشین به‌طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته‌اند [۸، ۱۳]. یکی از شکاف‌های اصلی عدم توجه به مفهوم نمایندگی و ارائه خدمات توسط نمایندگی‌ها است. در بسیاری از مطالعات موجود، توجه محدودی به نحوه عملکرد نمایندگی‌ها و تاثیر آن‌ها بر استراتژی‌های قیمت‌گذاری و خدمات شده است. این در حالی است که بررسی قراردادهای مشارکت در ارائه خدمات توسط تولیدکننده و قراردادهای اخذ نمایندگی یا حق امتیاز در قالب پرداخت هزینه اولیه ثابت، می‌تواند بینش‌های جدیدی در ارتباط با تعاملات تجاری در زنجیره تامین به‌دست دهد. علاوه بر این، یکی دیگر از نوآوری‌های تحقیق حاضر، بررسی الگوهای تعرفه‌ای متفاوت است که کمتر در تحقیقات پیشین مورد توجه قرار گرفته است [۱۸، ۱۳، ۲۳، ۲۴]. در این تحقیق، سعی شده با در نظر گرفتن الگوی دریافت تعرفه از مشتریان نهایی و نمایندگی‌ها، الگوهای پیچیده‌تری از تعرفه‌ها و تاثیر آن‌ها بر رقابت و همکاری در زنجیره تامین تحلیل شود. در نهایت، این تحقیق با مدل‌سازی جدیدی از رقابت و همکاری میان تولیدکنندگان، نمایندگی‌ها و مشتریان نهایی در قالب نظریه بازی، جنبه‌هایی از تصمیم‌گیری استراتژیک را تجزیه و تحلیل می‌کند. این مدل‌سازی به‌ویژه در شرایط پیچیده و عدم قطعیت محیطی و رقابتی اهمیت زیادی پیدا می‌کند و می‌تواند به تحلیل دقیق‌تری از رفتار و تعاملات اعضای زنجیره تامین کمک کند.

۳ روش‌شناسی تحقیق

همان‌طور که قبلاً بیان شد، تحقیق حاضر به تحلیل تعامل استراتژیک بین دولت، تولیدکنندگان خودروهای سبز و غیرسبز، و نمایندگی‌های فروش داخلی در زنجیره تامین واردات خودرو با استفاده از مدل بازی استکلبرگ می‌پردازد. پس از تعریف مسئله، ساختار بازی در این مدل توسعه داده شده است. در ساختار سلسله‌مراتبی موجود دولت به‌عنوان رهبر، تصمیمات خود را در خصوص تعیین تعرفه‌های گمرکی خودروهای سبز و غیرسبز اتخاذ می‌کند. تولیدکنندگان خارجی خودروهای سبز و غیرسبز در سطح دوم به‌عنوان پیرو وارد بازی می‌شوند و تصمیماتی مانند قیمت‌گذاری و ویژگی‌های زیست‌محیطی (درجه سبز بودن خودروها) را بر اساس سیاست‌های دولت اتخاذ می‌کنند. لازم به ذکر است، هر یک از این تولیدکنندگان با یکدیگر دارای قدرتی یکسان می‌باشند و به رقابت نش بایکدیگر می‌پردازند. در نهایت، در سطح سوم، نمایندگی‌های فروش داخلی به‌عنوان پیرو دیگری به تصمیم‌گیری در خصوص قیمت خرده‌فروشی و سطح خدمات مربوط به خودروهای غیرسبز می‌پردازند. در این ساختار، هریک از بازیگران پیش‌بینی می‌کنند که دیگر بازیگران چگونه به تصمیمات آن‌ها واکنش خواهند داد و استراتژی‌های خود را براساس این پیش‌بینی‌ها تنظیم می‌کنند.

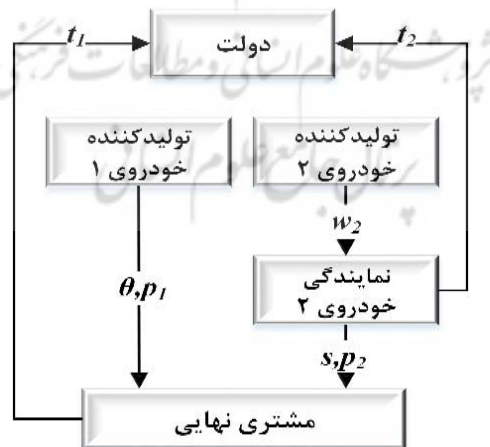
در مرحله سوم، پس از تعیین ساختار بازی به مدل‌سازی مسئله پرداخته می‌شود. به‌طوری‌که از یک مدل پارامتریک برای محاسبه مقادیر تعادلی متغیرهای کلیدی نظیر قیمت‌ها، سطح خدمات، درجه سبز بودن محصولات و سودآوری اعضای مختلف زنجیره تامین استفاده شده

1. Zhang et al.
2. Gaphin
3. Ishii, and Kikumori
4. Knop et al.
5. Zhao et al.
6. Dai et al.
7. Yan et al.
8. Dan et al.

است. این مدل به‌طور ویژه برای تحلیل تعاملات چندسطحی میان اعضای مختلف زنجیره تأمین طراحی شده است و به ما اجازه می‌دهد تا تأثیر تصمیمات دولت و دیگر بازیگران را بر متغیرهای مختلف مانند قیمت، تقاضا و سودآوری بررسی کنیم. در مرحله چهارم با استفاده از تحلیل حساسیت اثر تغییرات پارامترهای مختلف (مانند تعرفه‌های گمرکی، تقسیم درآمد بین تولیدکننده و نمایندگی، و حساسیت تقاضا به ویژگی‌های سبز بودن و سطح خدمات) بر متغیرهای مختلف مدل بررسی می‌شود. در نهایت، به‌منظور تأیید اعتبار مدل و اطمینان از کاربردی بودن آن، نتایج عددی در قالب یک مثال مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۴ تعریف مسئله

در این پژوهش با هدف ماکزیمم‌سازی مجموع منافع مالیاتی و زیست محیطی دولت از واردات خودرو، یک زنجیره تأمین واردات خودرو سبز و غیر سبز را در نظر می‌گیریم که شامل دولت، دو تولیدکننده خارجی خودرو سبز و غیرسبز و یک نمایندگی رسمی داخلی برای خودرو غیرسبز است (شکل ۱). تولیدکننده خارجی خودرو سبز، خودرو ۱ را با هزینه C_1 تولید و با درجه سبز بودن θ و قیمت هر واحد محصول p_1 در کانال مستقیم به مشتریان نهایی عرضه می‌نماید. در این زنجیره تأمین، مشتریان به‌صورت اینترنتی و یا با خروج از کشور اقدام به خرید خودرو ۱ با قیمت p_1 می‌کنند. سپس برای واردات هر واحد خودرو ۱ به کشور هزینه حمل‌ونقل C_{T1} و هزینه تعرفه گمرکی t_1 را متحمل می‌شوند (به منظور حمایت دولت از خودرو سبز بی شک تعرفه گمرکی متعلق به واردات خودرو ۱ کمتر از تعرفه خودرو ۲ خواهد بود). تولیدکننده خارجی خودرو غیرسبز نیز خودرو ۲ را با هزینه C_2 تولید و با قیمت عمده‌فروشی W_2 به نمایندگی رسمی خود در کشور موردنظر عرضه می‌نماید. این نمایندگی رسمی، بابت ورود هر واحد خودرو ۲ به کشور، هزینه حمل‌ونقل C_{T2} را متحمل شده و t_2 واحد به عنوان تعرفه گمرکی به دولت می‌پردازد. نمایندگی رسمی همه هزینه‌های پرداختی مذکور را روی قیمت عمده‌فروشی خودرو خود اعمال کرده و در نهایت، خودروی غیرسبز را با قیمت خرده‌فروشی p_2 و سطح خدمات S به مشتریان عرضه می‌کند. از آنجایی که سطح خدمات بهتر یک نمایندگی می‌تواند رشد تقاضای آن خودرو را در پی داشته باشد تولیدکننده خودرو ۲ ترجیح می‌دهد در قالب قرارداد مشارکت در خدمات ۲، در سطح ارائه خدمات نمایندگی خود به میزان γ درصد مشارکت می‌کند تا سودآوری بیشتر کسب نماید. قرارداد دیگری با عنوان قرارداد حق امتیاز ۳ میان تولیدکننده و نمایندگی رسمی خودرو ۲ برای فروش خودرو منعقد می‌شود. به موجب این قرارداد برای آغاز به فعالیت رسمی نمایندگی خودرو، باید هزینه ثابت F به تولیدکننده خارجی خودرو ۲ پرداخت شود.



شکل ۱. نمای کلی زنجیره تأمین واردات دو خودرو سبز و غیرسبز

1. Customs Tariff
2. Service sharing agreement
3. Royalty agreement

۱-۴ علائم

علائم مورد استفاده در این مقاله عبارت‌اند از

اندیس‌ها

 i اندیس خودرو ($i = 1, 2$)

پارامترها

α_i	تقاضای پایه برای خودرو i ($i = 1, 2$)
β	کشسانی تقاضا هر خودرو ناشی از تغییر قیمت خودرو خود
γ	کشسانی تقاضا هر خودرو ناشی از تغییر قیمت خودرو دیگری
τ_i	کشسانی تقاضای خودرو i نسبت به تغییر درجه سبز بودن خودرو i ($i = 1, 2$)
φ_1	کشسانی تقاضای خودرو ۲ نسبت به تغییر سطح خدمات ارائه شده برای آن خودرو
φ_2	کشسانی تقاضای خودرو ۱ نسبت به تغییر سطح خدمات ارائه شده برای خودرو دیگری
ρ	ضریب هزینه سبز بودن خودرو برای تولیدکننده خودرو ۱
μ	ضریب هزینه سطح خدمات برای تولیدکننده و نمایندگی خودرو ۲
ζ	میزان مشارکت تولیدکننده خودرو ۲ در سطح خدمات ارائه شده توسط نمایندگی
λ	ضریب منافع درجه سبز بودن کالا در تابع سود دولت
δ	نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به تعرفه گمرکی خودرو ۲
c_i	هزینه تولید هر واحد خودرو برای تولیدکننده خودرو i ($i = 1, 2$)
c_f	هزینه ثابت پرداخت شده توسط نمایندگی به تولیدکننده خودرو ۲ جهت دریافت حق امتیاز فروش
c_{tr_1}	هزینه حمل‌ونقل هر واحد خودرو ۱ برای مشتری
c_{tr_2}	هزینه حمل‌ونقل هر واحد خودرو ۲ برای نمایندگی رسمی

متغیرهای تصمیم

w_2	قیمت عمده‌فروشی خودرو ۲
s	سطح خدمات عرضه‌شده توسط نمایندگی برای خودرو ۲
θ	درجه سبز بودن خودرو ۱
p_1	قیمت خرده‌فروشی خودرو ۱
p_1^{end}	قیمت تمام شده خودرو ۱
p_2	قیمت خرده‌فروشی خودرو ۲ توسط نمایندگی رسمی
t_1	تعرفه گمرکی دریافتی دولت از مشتری بابت ورود خودرو ۱ به کشور
t_2	تعرفه گمرکی دریافتی دولت از دولت بابت ورود خودرو ۲ به کشور

توابع تقاضا و سود

D_i	تابع تقاضای خودرو i ($i = 1, 2$)
π_{DS}	تابع سود نمایندگی رسمی خودرو ۲
π_{M_i}	تابع سود تولیدکننده i ($i = 1, 2$)

π_G تابع سود دولت

علامت‌های اختصاری

G	دولت
DS	نمایندگی رسمی خودرو ۲
M_i	تولیدکننده خودرو i ($i = 1, 2$)

۲-۴ مفروضات

مفروضات در نظر گرفته شده در این پژوهش عبارت‌اند از:

- ۱) همه متغیرها، پارامترها و توابع تقاضا مشتریان در مساله مورد بررسی مثبت می‌باشند [۱۸].
- ۲) کمبود مجاز نیست به عبارتی تولیدکنندگان خودرو سبز و غیرسبز تمام تقاضای مشتریان را پاسخ می‌دهند.
- ۳) مشابه پژوهش‌های چن و همکاران^۱ [۳۲] و مدنی و راستی برزکی [۱۵]، کشسانی تقاضای خودرو سبز و غیرسبز نسبت به قیمت خودرو خود بیشتر از خودرو دیگر است ($\beta > \gamma > 0$).
- ۴) مشابه پژوهش جمالی و راستی برزکی [۱۵] مشتریان خودرو سبز به قیمت خودرو بیشتر از سطح سبز بودن حساس هستند ($\beta > \tau, > 0$).
- ۵) مشابه پژوهش وانگ و همکاران^۲ [۳۰] مشتریان خودرو غیرسبز به قیمت خودرو بیشتر از سطح خدمات حساس هستند ($\beta > \varphi_2 > 0$).
- ۶) هر دو تولیدکننده خودرو برای ورود به بازار کشور حداقل سطح استانداردی از سبز بودن و سطح خدمات را دارا هستند.
- ۷) خودرو سبز (غیرسبز) خودرویی است که علاوه بر داشتن حداقل استاندارد سبز بودن، برای افزایش سطح سبز بودن آن تلاش شود (نشود).
- ۸) تولیدکننده خودرو ۱ برای تولید محصول سبز و نمایندگی خودرو ۲ برای ارائه خدمات به خودرو غیرسبز باید هزینه‌های بیشتری را در نظر بگیرند. در این مقاله، تابع هزینه تولیدکننده خودرو ۱ برای سبز بودن و تابع هزینه نمایندگی خودرو ۲ برای ارائه خدمات، درجه دوم در نظر گرفته شده‌اند ($C(s) = \mu \frac{s^2}{2}, C(\theta) = \rho \frac{\theta^2}{2}$) این نوع توابع هزینه در مطالعات مختلف در نظر گرفته شده است [۳۰، ۳۲].

۳-۴ فرموله کردن مساله

با توجه به تعریف مساله و فرضیات ارائه شده، تابع تقاضای دو خودرو ۱ و ۲ مشابه پژوهش‌های موجود در ادبیات موضوع [۹، ۱۸] به صورت خطی در نظر گرفته شده‌اند که عبارتند از:

$$D_1 = \alpha_1 - \beta(p_1 + t_1 + c_{m1}) + \gamma p_2 + \tau_1 \theta - \varphi_2 s \quad (1)$$

$$D_2 = \alpha_2 - \beta p_2 + \gamma(p_1 + t_1 + c_{m1}) - \tau_2 \theta + \varphi_1 s \quad (2)$$

روابط فوق به طور کلی نشان‌دهنده تقاضا برای خودروهای سبز و غیرسبز هستند. در این مدل، تقاضا به عوامل مختلفی وابسته است که شامل قیمت خودروها، هزینه‌های اضافی (مثل تعرفه‌ها و هزینه حمل و نقل)، کشسانی تقاضا، درجه سبز بودن و سطح خدمات می‌شود. همچنین، این معادلات رابطه میان تقاضا برای دو نوع خودرو را در یک بازار رقابتی نشان می‌دهند که در آن تأثیرات متقابل و تعاملی بین خودروهای سبز و غیرسبز وجود دارد. عبارت $p_1 + t_1 + c_{m1}$ ، به قیمت تمام شده خودروی ۱ اشاره می‌کند که برابر با p_1^{end} می‌باشد توابع سود دو تولیدکننده خودرو ۱ و ۲ به ترتیب عبارت است از:

$$\pi_{M_1} = (p_1 - c_1)D_1 - \rho \frac{\theta^2}{2} \quad (۳)$$

$$\pi_{M_2} = (w_2 - c_2)D_2 - \zeta \mu \frac{s^2}{2} + c_f \quad (۴)$$

همانطور که در روابط (۳) و (۴) مشاهده می‌شود، این دو رابطه نشان‌دهنده توابع سود برای دو تولیدکننده خودرو هستند که در یک زنجیره تأمین واردات خودروهای سبز و غیرسبز فعالیت می‌کنند. این سودها به عوامل مختلفی از جمله قیمت فروش، هزینه‌های تولید، تقاضا، درجه سبز بودن و سطح خدمات وابسته‌اند. همچنین، تأثیرات مختلف قیمت‌گذاری، سطح خدمات و درجه سبز بودن را بر سود تولیدکنندگان نشان می‌دهند.

تابع سود نمایندگی خودرو ۲ نیز به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$\pi_{DS} = (p_2 - (w_2 + t_2 + c_{v_2}))D_2 - (1 - \zeta) \frac{s^2}{2} - c_f \quad (۵)$$

همان‌طور که در رابطه (۵) مشاهده می‌شود، سود نمایندگی خودرو ۲ از سه بخش تشکیل شده است. بخش اول نشان‌دهنده درآمد نمایندگی از فروش خودروهای غیرسبز است. درآمد حاصل از فروش خودرو با کسر هزینه‌های عمده‌فروشی، تعرفه گمرکی، و هزینه حمل‌ونقل از قیمت فروش خودرو به دست می‌آید. سپس این مقدار در تعداد خودروهای فروخته شده (D_2) ضرب می‌شود. بخش دوم به هزینه‌های مربوط به سطح خدمات می‌پردازد. سطح خدمات نمایندگی تأثیر مستقیم بر تقاضای خودرو دارد. این بخش از معادله نشان می‌دهد که هر چه سطح خدمات (S) بالاتر باشد، هزینه‌های مرتبط با آن افزایش می‌یابد و این هزینه‌ها سود نمایندگی را کاهش می‌دهند. بخش سوم نشان‌دهنده هزینه ثابت است که نمایندگی باید به تولیدکننده خودرو پرداخت کند تا حق امتیاز فروش خودرو را دریافت کند. همچنین تابع سود دولت نیز به صورت رابطه ۶ می‌باشد:

$$\pi_G = \lambda \theta D_1 + t_1 D_1 + t_2 D_2 \quad (۶)$$

بخش اول تابع سود مذکور ($\lambda \theta D_1$)، منافع زیست محیطی حاصل از واردات خودروی ۱ در نظر گرفته است و بخش دوم و سوم شامل منافع مالی بدست آمده از واردات خودرو ۱ و ۲ به کشور می‌باشد. همان‌طور که در تعریف مساله ذکر شد دولت برای حمایت از خودرو ۱ به دلیل سبز بودن، تعرفه گمرکی کمتری را نسبت به خودرو ۲ وضع خواهد کرد. این فرض را می‌توان با جایگذاری رابطه $t_1 = \delta t$, $t_2 = t$, $0 < \delta < 1$ در روابط (۱) - (۶) در نظر گرفت.

۴-۴ ساختار بازی

در مدل بازی مسئله مورد بررسی، همه بازیکنان دارای ساختار قدرت یکسانی نمی‌باشند. ابتدا در سطح اول دولت به عنوان رهبر بازار کشور خود، تعرفه گمرکی خودرو ۱ و ۲ را وضع می‌نماید (دولت در این ساختار دارای بالاترین قدرت تصمیم‌گیری می‌باشد). سپس در رقابت همزمان، تولیدکنندگان خودرو در سطح دوم به عنوان پیرو، متغیرهای تصمیم خود را با توجه به تعرفه‌های اتخاذ شده تعیین می‌نمایند. به عبارتی در این رقابت، تولیدکننده خارجی خودرو ۱ قیمت فروش و درجه سبز بودن خودرو خود را تعیین می‌کند، تولیدکننده خارجی خودرو ۲ نیز به تعیین قیمت عمده‌فروشی خودرو خود می‌پردازد (هر یک از این تولیدکنندگان با یکدیگر دارای قدرتی یکسان می‌باشند و به رقابت نش بایکدیگر می‌پردازند). در سطح سوم، نمایندگی دارای قدرت تصمیم و رقابت کمتری نسبت به سایر اعضای زنجیره تأمین بوده و به عنوان پیرو تصمیمات آن‌ها، در مورد قیمت خرده‌فروشی خودروی ۲ و میزان ارائه خدمات برای خودروی خود تصمیم‌گیری می‌نماید. در نهایت ساختار بازی به صورت رابطه (۷) مدل‌سازی شده است که برای بدست آوردن جواب‌های تعادلی هر یک از متغیرهای تصمیم، باید حل شود.

$$\begin{cases} \text{Max}_t \pi_G = \lambda \theta D_1 + t(\delta D_1 + D_2) \\ \text{Max}_{p_1, \theta} \pi_{M_1} = (p_1 - c_1) D_1 - \rho \frac{\theta^2}{2} \\ \text{Max}_{w_2} \pi_{M_2} = (w_2 - c_2) D_2 - \zeta \frac{s^2}{2} + c_f \quad \mu \\ \text{Max}_{p_2, s} \pi_{DS} = (p_2 - (w_2 + t + c_{ir_2})) D_2 - c_f - (1 - \zeta) \frac{s^2}{2} \\ \text{s.t. } p_1, p_2, \theta, w_2, t > 0 \end{cases} \quad (7)$$

گام اول در حل مساله مذکور، بدست آوردن مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم‌نمایندگی از حل زیرمساله رابطه (۸) می‌باشد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

$$\begin{cases} \text{Max}_{p_2, s} \pi_{DS} = (p_2 - (w_2 + t + c_{ir_2})) D_2 - c_f - (1 - \zeta) \frac{s^2}{2} \\ \text{s.t. } \pi_{DS} > 0, p_2 \geq w_2 + t + c_{ir_2} > 0 \end{cases} \quad (8)$$

لم ۱. بررسی تقعر تابع سود π_{DS}

π_{DS} نسبت به p_2 و s مقعر است

اثبات: چنانچه مشتق جزئی مرتبه دوم π_{DS} نسبت به p_2 منفی و دترمینان ماتریس هسین آن نسبت به p_2 و s مثبت باشد؛ در این صورت تابع π_{DS} نسبت به p_2 و s مقعر است. از تابع π_{DS} نسبت به p_2 و s مشتق جزئی مرتبه اول گرفته و روابط (۹) و (۱۰) را خواهیم داشت

$$\frac{d\pi_{DS}}{dp_2} = \gamma(t\delta + c_{ir_1} + p_1) - \beta p_2 - \beta(p_2 - w_2 - t - c_{ir_2}) + \alpha_2 - \theta\tau_2 - \phi_1 \quad (9)$$

$$\frac{d\pi_{DS}}{ds} = -s(1 - \zeta)\mu + (p_2 - w_2 - t - c_{ir_2})\phi_1 \quad (10)$$

با محاسبه مشتقات جزئی مرتبه دوم، ماتریس هسین برابر خواهد بود با:

$$\begin{pmatrix} \frac{d^2\pi_{DS}}{dp_2^2} & \frac{d^2\pi_{DS}}{dp_2 ds} \\ \frac{d^2\pi_{DS}}{dp_2 ds} & \frac{d^2\pi_{DS}}{ds^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2\beta & \phi_1 \\ \phi_1 & -s(1 - \zeta)\mu \end{pmatrix} \quad (11)$$

بنا به فرض ۱ مساله $\frac{d^2\pi_{DS}}{dp_2^2} = -2\beta < 0$ است.

با فرض برقراری رابطه (۱۲) دترمینان ماتریس هسین نیز برای π_{DS} مثبت خواهد بود:

$$\beta(-1 + \zeta)\mu + \frac{1}{s} \phi_1^2 > 0 \quad (12)$$

بنابراین تابع π_{DS} به ازای رابطه (۱۲) نسبت به متغیرهای p_2 و s مقعر می‌باشد

قضیه ۱. قیمت خرده‌فروشی خودرو ۲ و سطح ارائه خدمات تعادلی نمایندگی به ترتیب عبارتند از:

$$n_s = \frac{(-1+\zeta)\mu(t(\beta+\gamma\delta)+\gamma(c_{m_1}+p_1)+\beta(c_{m_2}+w_2)+\alpha_2-\theta\tau_2)+(t+c_{m_2}+w_2)\varphi_1^2}{(t(\beta-\gamma\delta)-\gamma(c_{m_1}+p_1)+\beta(c_{m_2}+w_2)-\alpha_2+\theta\tau_2)\varphi_1} \quad (13)$$

$$s = \frac{(t(\beta-\gamma\delta)-\gamma(c_{m_1}+p_1)+\beta(c_{m_2}+w_2)-\alpha_2+\theta\tau_2)\varphi_1}{2\beta(-1+\zeta)\mu+\varphi_1^2} \quad (14)$$

اثبات با توجه به لم ۱، چنانچه از تابع سود نمایندگی محصول ۲ در رابطه (۸) نسبت به قیمت خرده فروشی و سطح خدمات این محصول به صورت جداگانه مشتق اول بگیریم و برابر صفر قرار دهیم، مقدار تعادلی p_2 و s بر حسب متغیرهای اعضای دیگر زنجیره تأمین بدست می‌آید.

با توجه به اینکه رقابت میان تولیدکنندگان و نمایندگی خودرو در مساله مورد بررسی از نوع استکلبرگ است مقادیر تعادلی بدست آمده برای p_2 و s را در توابع سود تولیدکننده خودرو ۱ و ۲ جایگذاری شده و با در نظر گرفتن رقابت نش میان تولیدکنندگان. می‌توان مقادیر تعادلی متغیرهای تصادفی تولیدکننده خودروی ۱ و ۲ را از زیرمساله رابطه (۱۵) بدست آورد:

$$\begin{cases} \max_{p_1, \theta} \pi_{M_1} = (p_1 - c_1)D_1 - \rho \frac{\theta^2}{2} \\ \max_{w_2} \pi_{M_2} = (w_2 - c_2)D_2 - \zeta \frac{s^2}{2} + c_f \end{cases} \quad (15)$$

لم ۲. بررسی تفرع تابع سود π_{M_1}

نسبت به p_1 و θ مقعر است

اثبات چنانچه مشتق جزئی دوم π_{M_1} نسبت به p_1 منفی و دترمینان ماتریس هسین آن نسبت به p_1 و θ مثبت باشد. در این صورت تابع π_{M_1} مقعر است. مشتق جزئی اول π_{M_1} نسبت به p_1 و θ به ترتیب به صورت روابط (۱۶) و (۱۷) نمایش داده می‌شود:

$$\frac{d\pi_{M_1}}{dp_1} = -\beta(t\delta + c_{m_1} + p_1) + \alpha_1 + \theta\tau_1 + Z_1 + Z_2 + (-c_1 - p_1)Z_3 \quad (16)$$

$$\frac{d\pi_{M_1}}{d\theta} = -\theta\rho + (-c_1 + p_1) \left(\tau_1 - \frac{\gamma(-1+\zeta)\mu}{2\beta(-1+\zeta)\mu + \varphi_1^2} - \frac{\tau}{2\beta(-1+\zeta)\mu + \varphi_1^2} \right) \quad (17)$$

چنانچه از روابط بالا نسبت به p_1 و θ مشتق جزئی دوم بگیریم ماتریس هسین به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\begin{pmatrix} \frac{d^2\pi_{M_1}}{dp_1^2} & \frac{d^2\pi_{M_1}}{dp_1 d\theta} \\ \frac{d^2\pi_{M_1}}{d\theta dp_1} & \frac{d^2\pi_{M_1}}{d\theta^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2Z_3 & Z_4 \\ Z_4 & -\rho \end{pmatrix} \quad (18)$$

اگر $Z_3 < 0$ باشد آنگاه $\frac{d^2 \pi_{M_1}}{dp_1^2} = 2Z_3 < 0$ است. دترمینان ماتریس هسین نیز به ازای رابطه (۱۹)، مثبت خواهد بود.

$$-2\rho Z_3 > Z_4^2 \quad (19)$$

بنابراین تابع π_{M_1} به ازای شرایط مذکور نسبت به متغیرهای p_1 و θ مقعر می‌باشد. مقادیر Z_1 تا Z_4 در ضمیمه آورده شده است.

لم ۳. بررسی تقعر تابع سود π_{M_2}

نسبت به w_2 مقعر است

اثبات چنانچه مشتق جزئی دوم π_{M_2} در رابطه (۲۰) نسبت به w_2 منفی باشد، در این صورت تابع سود π_{M_2} نسبت به w_2 مقعر است

$$\frac{d^2 \pi_{M_2}}{dw_2^2} = - \frac{\beta^2 \zeta \mu \phi}{2\beta^2 (-1 + \zeta)} \quad (20)$$

تقعر تابع سود π_{M_2} به ازای رابطه (۲۱) برقرار می‌باشد

$$-\frac{\zeta \phi^2}{(2\beta(-1 + \zeta)\mu + \phi^2)^2} < \frac{2(-1 + \zeta)}{2\beta(-1 + \zeta)\mu + \phi^2} \quad (21)$$

قضیه ۲. متغیرهای تصمیم تعادلی تولید کننده ۱ و ۲ به صورت روابط (۲۲)، (۲۳) و (۲۴) می‌باشد

$$p_1 = \frac{J_2 + J_3 + tJ_4}{J_1} \quad (22)$$

$$w_2 = \frac{J_7 - J_8 + tJ_9}{J_1} \quad (23)$$

$$\theta = \frac{J_5 + tJ_6}{J_1} \quad (24)$$

اثبات: پس از جایگذاری متغیرهای تصمیم نمایندگی در رابطه (۱۵) باید به صورت همزمان از π_{M_1} نسبت به (p_1, θ) و از π_{M_2} نسبت به w_2 مشتق جزئی اول گرفته و مساوی صفر قرار داده شود. در نهایت، مقادیر تعادلی هریک از متغیرها به صورت روابط بالا بدست خواهد آمد. مقادیر J_1 تا J_9 در ضمیمه آورده شده است

تمامی مقادیر تعادلی متغیرها در سطوح دوم و سوم در تابع سود دولت در سطح اول جایگذاری شده و مقادیر تعادلی تعرفه‌های گمرکی دولت از حل زیرمساله رابطه (۲۵) بدست می‌آید.

$$\begin{cases} \text{Max}_t \pi_G = \lambda \theta D_1 + t(\delta D_1 + D_2) \\ \text{s.t. } \pi_G, t > 0 \end{cases} \quad (25)$$

لم ۴. بررسی تقعر تابع سود π_G

نسبت به t مقعر است

اثبات چنانچه مشتق جزئی دوم π_G پس از جایگذاری مقادیر تعادلی دیگر اعضای دیگر زنجیره تأمین، نسبت به t منفی باشد. در این

صورت تابع π_G نسبت به t مقعر است

تابع سود π_G نسبت به t مقعر است اگر رابطه (۲۶) برقرار باشد

$$\frac{d^2 \pi_G}{dt^2} = -\frac{L_1}{L_5} < 0 \quad (26)$$

به عبارتی چنانچه L_1 و L_5 هم علامت باشند تابع π_G نسبت به t مقعر است
قضیه ۳. تعرفه گمرکی تعادلی t به صورت زیر می‌باشد

$$t = \frac{L_2 + L_3 + L_4}{L_1} \quad (27)$$

اثبات: با در نظر گرفتن لم ۴، چنانچه از تابع دولت در رابطه (۲۵) نسبت به متغیر t مشتق جزئی اول گرفته و برابر صفر قرار داده شود مقدار تعادلی t بر حسب پارامترها بدست می‌آید.

با توجه به اینکه تعرفه گمرکی خودروی ۲ برابر t و تعرفه گمرکی خودروی ۱ برابر با δt فرض شده است این تعرفه‌های تعادلی به ترتیب با روابط (۲۸) و (۲۹) بدست خواهد آمد.

$$t_2 = \frac{L_2 + L_3 + L_4}{L_1} \quad (28)$$

$$t_1 = \delta \frac{L_2 + L_3 + L_4}{L_1} \quad (29)$$

مقادیر L_1 تا L_9 در ضمیمه آورده شده است

طبق ساختار مساله مورد بررسی با استفاده از روش استنتاج معکوس مقادیر تعادلی متغیرهای نمایندگی در سطح سوم به صورت تابعی از متغیرهای تولیدکنندگان و دولت از رابطه (۸) بدست آمد. این مقادیر در توابع سود تولیدکنندگان سطح دوم جایگذاری و مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم تولیدکنندگان از رابطه (۱۵) حاصل شد. تمامی مقادیر تعادلی برای متغیرها در سطوح دوم و سوم در تابع سود دولت در سطح اول جایگذاری شد و مقادیر تعادلی تعرفه‌های گمرکی دولت از رابطه (۲۵) بدست آورده شد. در ادامه با جایگزین کردن مقادیر تعادلی متغیرهای سطوح بالاتر در سطوح پایین تر مقادیر تعادلی به صورت تابعی از پارامترها بدست می‌آید.

با جایگزین کردن مقدار بدست آمده برای t در رابطه (۲۲) و (۲۳) و (۲۴) می‌توان متغیرهای تصمیم تولیدکننده ۱ و ۲ را بر اساس پارامترها به صورت روابط زیر بازنویسی نمود

$$p_1 = \frac{J_2 + J_3 + \frac{J_4(L_2 + L_3 + L_4)}{L_1}}{J_1} \quad (29)$$

$$w_2 = \frac{J_7 - J_8 + \frac{J_9(L_2 + L_3 + L_4)}{L_1}}{J_1} \quad (30)$$

$$\theta = \frac{J_5 + \frac{J_6(L_2 + L_3 + L_4)}{L_1}}{J_1} \quad (31)$$

چنانچه مقادیر بدست آمده برای p_1 ، θ و w_2 را در رابطه (۱۳) و (۱۴) جایگذاری کنیم، در نهایت مقادیر p_2 و s بر اساس پارامترها، به صورت روابط زیر خواهد بود:

$$p_2 = \frac{(-1 + \zeta) \mu W_1 + \frac{(c_{t_2} J_1 L_1 + (J_7 - J_8) L_1 + (J_1 + J_9)(L_2 + L_3 + L_4)) \varphi_1^2}{J_1 L_1}}{2\beta(-1 + \zeta) \mu + \frac{2}{1} \varphi} \quad (32)$$

$$s = \frac{V_2 \varphi_1}{2\beta(-1+\zeta)\mu + \frac{2}{1}} \quad (33)$$

مقدار V_1 تا V_2 در ضمیمه آورده شده است
با تعیین مقادیر تعادلی تمام متغیرهای تصادفی بر اساس پارامترها، در بخش بعدی به تحلیل نتایج این مقادیر پرداخته می‌شود.

۵ تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در این قسمت مثال عددی جهت بررسی شذنی بودن مدل مساله ارائه گردیده است. مقادیر پارامترها با توجه به فرضیات مساله در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مقادیر پارامترها در مساله مورد بررسی

پارامترها	مقادیر	پارامترها	مقادیر
(δ, λ)	(۰٫۱، ۰٫۴)	(β, γ)	(۰٫۹، ۰٫۳)
(ρ, μ)	(۰٫۴، ۰٫۶)	(φ_1, φ_2)	(۰٫۴، ۰٫۳)
(α_1, α_2)	(۱۳۰۰۰، ۱۵۰۰۰)	(c_{tr1}, c_{tr2})	(۷۰۰، ۶۵۰)
(c_1, c_2)	(۱۵۰۰۰، ۱۴۰۰۰)	(τ_1, τ_2)	(۰٫۴، ۰٫۳)
ζ	۰٫۳	c_f	۱۰۰۰۰۰

با قرار دادن مقادیر پارامترها در مدل و حل آن، مقادیر متغیرهای مساله و توابع سود هر یک از اعضای زنجیره تأمین به دست آمده است. این مقادیر در جدول ۲ آورده شده است.

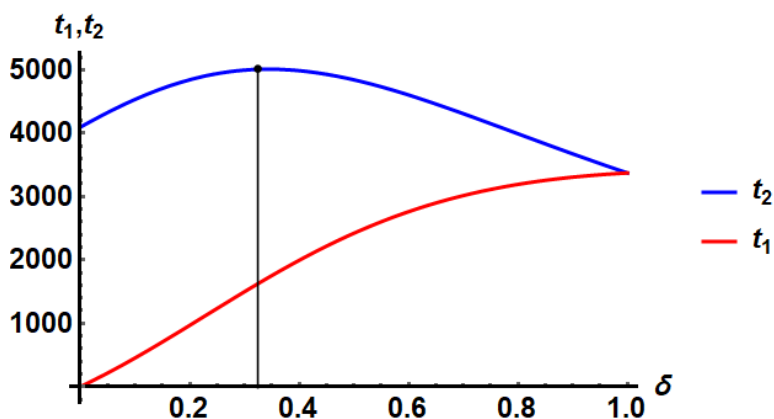
جدول ۲. نتیجه حل یک مثال عددی برای مقادیر تعادلی متغیرها و توابع سود

متغیرها	مقادیر	متغیرها و توابع سود	مقادیر
p_2	۲۱۵۶۱	π_{M_1}	۷۸۳۶۰۵۰
w_2	۵۵۱۷	π_{M_2}	۱۲۱۷۲۱۰
θ	۳۳۲۰	π_{DS}	۴۲۸۲۱۸
s	۸۲۱	π_G	۱۵۶۶۷۴۰
t_1	۴۵۳	p_1^{end}	۱۹۴۹۸
t_2	۴۵۳۲	p_1	۱۸۳۴۵

برای درک رفتار هر کدام از متغیرها و توابع سود، در بخش ۱ تا ۴ به بیان و تحلیل نتایج حاصل از این پژوهش پرداخته شده است

۱- اثر نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲ بر تعرفه‌های گمرکی دریافتی دولت

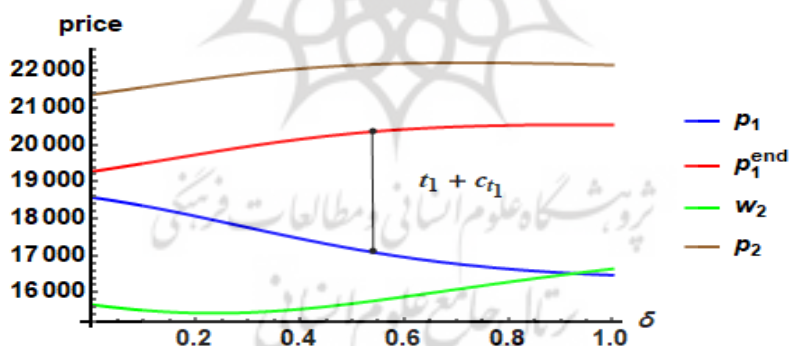
همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود چنانچه دولت نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲ را افزایش دهد، برای حداکثرسازی سود دولت، تعرفه گمرکی خودرو ۱ متناسب با نسبت تعرفه‌ها افزایش یافته در حالی که تعرفه خودرو ۲ تا آستانه $\delta = ۰.۳۲۵$ ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد؛ در نتیجه‌ی حمایت دولت از واردات خودرو ۱، تعرفه گمرکی خودرو ۱ در هر مقدار از δ در سطح پایین تری از تعرفه گمرکی خودرو ۲ وضع خواهد شد.



شکل ۲. اثر نسبت تعرفه‌ها بر تعرفه‌های گمرکی دریافتی دولت

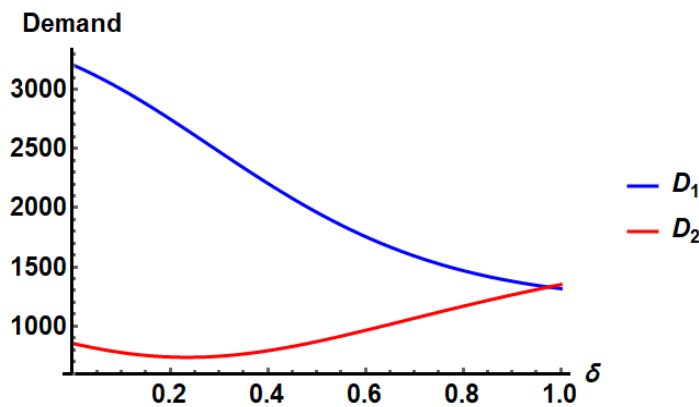
۲- اثر نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲ بر قیمت‌ها و توابع تقاضا

با افزایش نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲، تعرفه گمرکی خودرو ۱ افزایش یافته و در نهایت منجر به افزایش قیمت تمام شده خودرو ۱ خواهد شد (شکل ۳). چنانچه این رویه ادامه یابد منجر به کاهش تقاضای خودرو ۱ می‌شود (شکل ۴). در این شرایط، تولیدکننده خودرو ۱ برای حفظ سهم بازار خود، قیمت خرده فروشی خودروی خود (p_1) را تا حدی کاهش داده تا افزایش قیمت تمام شده (p_1^{end}) برای خودرو ۱ با شیب ملایم‌تری صورت گیرد (شکل ۳). با وجود اینکه تا آستانه $\delta = 0.95$ قیمت فروش خودرو ۱ در سطح بالاتری از قیمت عمده فروشی قرار دارد اما دریافت تعرفه گمرکی کمتر از خودرو ۱ توسط دولت از طرفی و ارائه خدمات برای خودرو ۲ از طرف دیگر منجر شده است که برخلاف تمامی پژوهش‌های صورت گرفته، قیمت تمام شده خودرو ۲ در سطح بالاتری از خودرو ۱ قرار گیرد.



شکل ۳. اثر نسبت تعرفه خودروی ۱ به خودروی ۲ بر قیمت‌ها

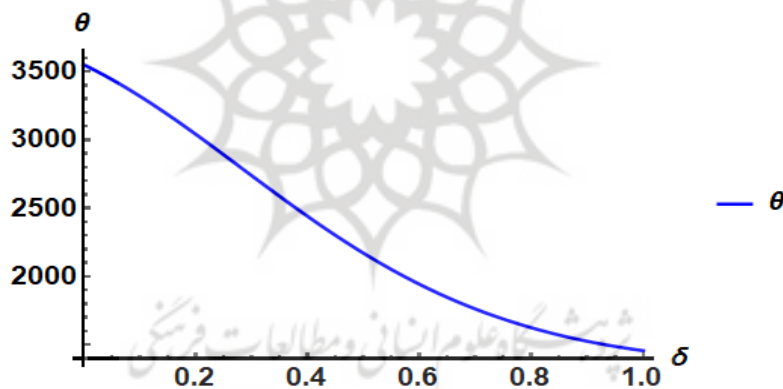
در شکل ۴ با افزایش نسبت تعرفه خودرو ۱ به خودرو ۲، تقاضای خودرو ۲ برخلاف روند تعرفه گمرکی متعلق به آن، ابتدا تا آستانه‌ای کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد؛ اما تقاضای خودرو ۱ با کاهش مواجه خواهد شد. این امر می‌تواند در نتیجه افزایش تعرفه گمرکی خودروی ۱ و پیآمدهای آن مانند کاهش درجه سبز بودن خودروی ۱ باشد که در شکل ۵ نمایش داده شده است



شکل ۴. اثر نسبت تعرفه خودرو ۱ به خودرو ۲ بر توابع تقاضا

۳- اثر نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲ بر درجه سبزی بودن

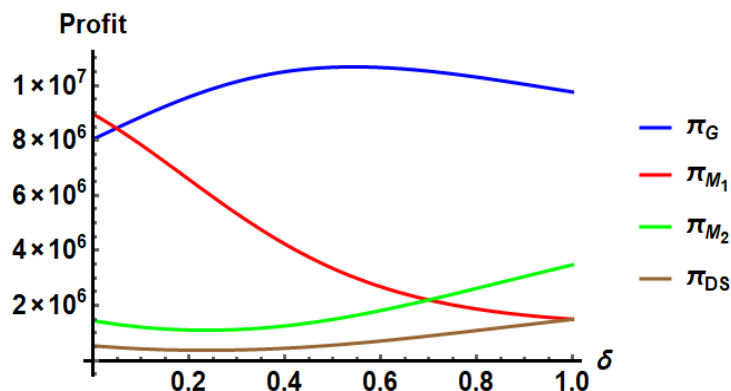
شکل ۵ اثر نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲ بر درجه سبزی بودن را نشان می‌دهد. همان گونه که در مفروضات بیان شد حساسیت مشتریان به قیمت خودرو بیشتر از حساسیت به درجه سبزی بودن است. چنانچه تعرفه گمرکی خودروی ۱ در نتیجه ی افزایش نسبت تعرفه‌ها افزایش یابد بی شک موجب افزایش قیمت تمام شده خودرو ۱ خواهد شد. بنابراین درجه سبزی بودن تا سطح ممکن کاهش یافته تا از کاهش تقاضا در نتیجه ی افزایش قیمت تمام شده جلوگیری نماید



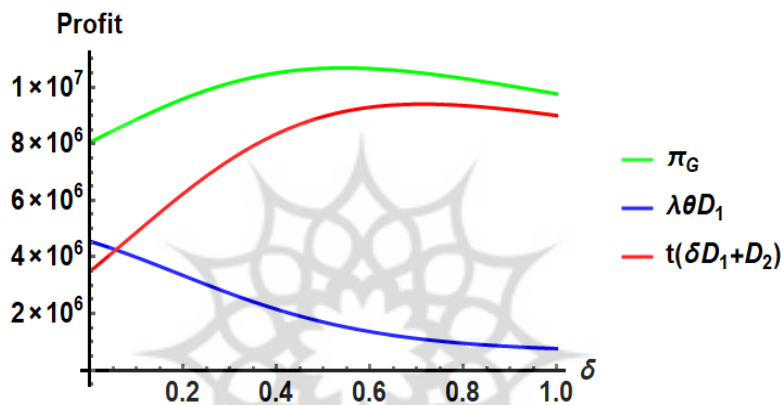
شکل ۵. اثر نسبت تعرفه‌ها بر درجه سبزی بودن خودروی ۱

۴- اثر نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲ بر توابع سود

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با افزایش نسبت تعرفه گمرکی خودرو ۱ به خودرو ۲، سود تولیدکننده خودرو ۱ کاهش یافته است. این اتفاق در نتیجه ی کاهش قیمت خرده فروشی و تقاضای خودرو ۱ رخ داده است. سود تولید کننده و نمایندگی خودروی ۲ نیز در نتیجه افزایش نسبت تعرفه‌ها، متناسب با قیمت و تقاضای خودروی ۲ ابتدا تا سطحی کاهش و سپس افزایش می‌یابد اما غلبه افزایش منافع مالی بر کاهش زیست محیطی منجر شده است تا سود دولت تا آستانه‌ای افزایش یابد و از آن به بعد تحت تاثیر کاهش منافع مالی و زیست محیطی قرار گرفته و متناسب با آن‌ها، سودش کاهش می‌یابد (شکل ۷).



شکل ۶. اثر نسبت تعرفه خودروی ۱ به خودروی ۲ بر توابع سود



شکل ۷. اثر نسبت تعرفه‌ها بر تابع سود دولت

۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله تاثیر نسبت تعرفه خودروی سبز به خودروی غیرسبز بر واردات خودرو سبز و غیرسبز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل دولت، تولیدکننده خارجی خودرو سبز و غیرسبز و نمایندگی خودرو غیرسبز در نظر گرفته شد. با استفاده از رویکرد نظریه بازی‌ها مقادیر تعادلی هر یک از قیمت‌ها، خدمات، درجه سبز بودن، توابع تقاضا و سود به صورت پارامتریک بدست آمد، سپس شدنی بودن آن‌ها با یک مسئله مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با تحلیل‌های عددی بر روی برخی از پارامترهای مهم، یافته‌های اصلی تحقیق به شرح زیر می‌باشد

- اعمال تعرفه گمرکی بالاتر بر خودروهای غیرسبز منجر به افزایش قیمت خرده‌فروشی این خودروها می‌شود، حتی اگر قیمت پایه آن‌ها کمتر از خودروهای سبز باشد.
- سهم بالاتر تولیدکننده از درآمد نمایندگی موجب افزایش سود تولیدکننده، درحالی‌که سود نمایندگی ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد
- هر چه تولیدکننده غیرسبز از درآمد نمایندگی بیشتر سهمیم باشد، سود تولیدکننده افزایش یافته اما سود نمایندگی ابتدا تا سطحی افزایش و سپس کاهش می‌یابد.
- با افزایش نسبت تعرفه گمرکی خودرو سبز به غیرسبز منافع زیست محیطی دولت کاهش یافته اما سود کلی دولت تا سطحی افزایش و سپس کاهش می‌یابد

- نتایج نشان داد که سیاست‌های تعرفه‌ای می‌توانند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای هدایت بازار به سمت خودروهای سبزتر و حمایت از اهداف زیست‌محیطی عمل کنند. با این حال، این سیاست‌ها باید با دقت و توجه به تمامی جوانب اقتصادی و زیست‌محیطی طراحی شوند تا به تعادل بهینه دست یابند
 - در تحقیق حاضر، به‌منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، مقایسه‌ای با مدل‌های مشابه موجود در ادبیات انجام شد. در مقایسه با تحقیق راستی‌بررسی و مون [۲۳]، که از مدل بازی استکلبرگ برای تحلیل قیمت‌گذاری و صرفه‌جویی انرژی در بچیره تأمین خودرو استفاده کردند، مدل پیشنهادی در تحقیق حاضر با توجه به تمرکز خاص بر تحلیل رقابت بین خودروهای سبز و غیرسبز و تأثیر سیاست‌های تعرفه‌ای بر انتخاب‌های زیست‌محیطی و اقتصادی دولت، گامی فراتر از مدل‌های مشابه برداشت. به‌ویژه، در مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی و سیاست‌های دولتی در انتخاب سطح سبز بودن خودروها، انعطاف بیشتری از مدل‌های موجود دارد. علاوه بر این، در مقایسه با تحقیق ژنگ و همکاران [۳۷] که به بررسی استراتژی‌های قیمت‌گذاری و رقابت در بازار خودروهای برقی پرداختند می‌توان گفت، درحالی که مطالعه مذکور بر رقابت بین تولیدکنندگان متمرکز است، مدل پیشنهادی تحقیق حاضر به‌طور ویژه به تأثیرات سیاست‌های تعرفه‌ای بر تصمیمات زیست‌محیطی و اقتصادی در بازار خودروهای سبز و غیرسبز پرداخته است. این تحلیل خاص در مورد خودروهای سبز و غیرسبز و تأثیرات متفاوت سیاست‌های تعرفه‌ای بر آن‌ها، مدل پیشنهادی ما را نسبت به دیگر تحقیقات موجود متمایز کرده و اعتبار آن را تقویت می‌کند. این مقایسه‌ها نشان می‌دهند که مدل پیشنهادی تحقیق حاضر با افزودن ابعاد جدیدی همچون تأثیرات زیست‌محیطی و تجزیه و تحلیل دقیق‌تر بازار خودروهای سبز و غیرسبز، به‌طور مؤثری می‌تواند به عنوان یک ابزار تحلیلی معتبر در سیاست‌گذاری تعرفه‌ای و قیمت‌گذاری خودروها عمل کند.
 - با توجه به مطالب مذکور، برخی از مهم‌ترین پیشنهادات کاربردی به صورت زیر است
 - بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته، تنظیم دقیق و بهینه نسبت تعرفه گمرکی برای خودروهای سبز و غیرسبز می‌تواند تأثیر زیادی بر هدایت بازار به سمت محصولات سبزتر داشته باشد. پیشنهاد می‌شود دولت نسبت تعرفه‌ها را طوری تنظیم کند که ضمن حمایت از خودروهای سبز، از افزایش قیمت‌های غیرمنطقی در خودروهای غیرسبز جلوگیری کنند. به‌ویژه، دولت باید مراقب باشد که تعرفه‌های گمرکی نسبت به درجه سبز بودن خودروها متناسب باشد تا فشار مالی بر مصرف‌کنندگان وارد نشود.
 - یافته‌های تحقیق نشان داد که مشارکت در ارائه خدمات و تنظیم قراردادهای امتیاز فروش میان تولیدکنندگان و نمایندگان می‌تواند بر سودآوری آن‌ها تأثیرگذار باشد. پیشنهاد می‌شود که تولیدکنندگان خودرو با نمایندگان فروش خود همکاری نزدیک‌تری داشته باشند تا با افزایش کیفیت خدمات پس از فروش، رضایت مشتریان و تقاضا برای خودروها افزایش یابد. این قراردادها می‌تواند به تولیدکنندگان کمک کند تا با کاهش هزینه‌های عملیاتی خود، سود بیشتری کسب کنند.
 - پیشنهاد می‌شود که دولت با همکاری تولیدکنندگان خودرو، زیرساخت‌های لازم برای استفاده از خودروهای سبز مانند ایستگاه‌های شارژ برای خودروهای الکتریکی را گسترش دهد. این امر می‌تواند به‌ویژه در بازارهایی که خودروهای الکتریکی در حال توسعه هستند، تقاضا را افزایش داده و بازار خودروهای سبز را به‌طور کلی تقویت کند.
 - یافته‌های تحقیق نشان داد که سیاست‌های تعرفه‌ای می‌تواند تأثیر زیادی بر ساختار قیمت‌ها و رقابت در بازارهای خودرو داشته باشد. پیشنهاد می‌شود که دولت با استفاده از تحلیل‌های اقتصادی دقیق، سیاست‌های تعرفه‌ای را در بازارهای مختلف به‌ویژه برای خودروهای سبز و غیرسبز به‌طور مداوم ارزیابی و بهینه‌سازی کند.
- به منظور بهبود این مسئله می‌توان در آینده توسعه‌های متفاوتی برای آن در نظر گرفت. ابتدا، با تعمیم ساختار زنجیره تأمین نظیر در نظر گرفتن نمایندگی فروش برای خودرو سبز، رقابت میان اعضا در نظر گرفته شود. دوم، رقابت میان تولیدکننده داخلی با یکی از این تولیدکننده‌ها در نظر گرفته شود و تأثیر حمایت دولت از خودروی داخلی بر چشم‌انداز بازار مورد بررسی قرار گیرد. سوم، می‌توان از قراردادهای مختلفی برای همکاری میان تولیدکننده و نمایندگی بهره برد و برای هر یک اعضای تأمین بهترین قرارداد را معرفی نمود.

تعارض منافع برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به‌عنوان شاهدهی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

منابع

1. Chen, X., Luo, Z., Wang, X. (2017). Impact of efficiency, investment, and competition on low carbon manufacturing, *J. Clean. Prod.* 143, 388-400. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.095>.
2. Cheng, Y., Yao, Z., Wang, X. (2023). Differential Game Analysis for Cooperation Models in Automotive Supply Chain Under Low-Carbon Emission Reduction Policies, pp. 147-159. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39344-0_11.
3. Cong, J., Pang, T., Peng, H. (2024). Optimal strategies for green supply chains with competition between green and traditional suppliers, *RAIRO – Oper. Res.* 58, 511-534. <https://doi.org/10.1051/ro/2023141>.
4. Dai, B., Du, Y., Yang, Q., Xie, X. (2024). Implications of unobservable promotion on distribution channel strategies in a retail platform, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 185, 103502. <https://doi.org/10.1016/j.tre>.
5. Dan, B., Xu, G., Liu, C. (2012). Pricing policies in a dual-channel supply chain with retail services, *Int. J. Prod. Econ.* 139, 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.014>.
6. Ding, Y., Zheng, D., Niu, X. (2024). Collaborative Green Innovation of Livestock Product Three-Level Supply Chain Traceability System: A Value Co-Creation Perspective, *Sustainability* 16. <https://doi.org/10.3390/su16010297>.
7. Dumrongsiri, A., Fan, M., Jain, A., Moinszadeh, K. (2008). A supply chain model with direct and retail channels, *Eur. J. Oper. Res.* 187, 691-718. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.05.044>.
8. Esmaili, M., Allameh, G., Tajvidi, T. (2016). Using game theory for analysing pricing models in closed-loop supply chain from short- and long-term perspectives, *Int. J. Prod. Res.* 54, 2152-2169. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1115907>.
9. Gao, J., Xiao, Z., Wei, H. (2021). Competition and coordination in a dual-channel green supply chain with an eco-label policy, *Comput. Ind. Eng.* 153, 107057. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107057>.
10. Giri, R.N., Mondal, S.K., Maiti, M. (2019). Government intervention on a competing supply chain with two green manufacturers and a retailer, *Comput. Ind. Eng.* 128, 104-121. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.030>.
11. Goffin, K. (1999). Customer support: a cross-industry study of distribution channels and strategies, *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 29, 374-398. <https://doi.org/10.1108/09600039910283604>.
12. Gupta, S.K., Mishra, V.K., (2024). Pricing and green quality decisions in two-stage green supply chain for substitutable green products: A game-theoretic approach, *RAIRO – Oper. Res.* 58, 4069-4092. <https://doi.org/10.1051/ro/2024143>.
13. Hafezalkotob, A. (2015). Competition of two green and regular supply chains under environmental protection and revenue seeking policies of government, *Comput. Ind. Eng.* 82, 103-114. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.01.016>.

14. Ishii, R., Kikumori, M. (2024). Influence strategies in dual distribution channels: Examining their effects on distributor opportunism, *Ind. Mark. Manag.* 123, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2024.09.001>.
15. Jamali, M.B., Rasti-Barzoki, M. (2018). A game theoretic approach for green and non-green product pricing in chain-to-chain competitive sustainable and regular dual-channel supply chains, *J. Clean. Prod.* 170, 1029-1043. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.181>.
16. Knapp, J., Gebauer, H., Wortmann, F. (2025). Unlocking the benefits of direct-to-consumer (DTC) strategies without alienating dealers, *Bus. Horiz.* <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2025.04.011>.
17. Liu, H., Sun, S., Lei, M., Leong, G.K., Deng, H. (2016). Research on Cost Information Sharing and Channel Choice in a Dual-Channel Supply Chain, *Math. Probl. Eng.* 1-12. <https://doi.org/10.1155/2016/4368326>.
18. Madani, S.R., Rasti-Barzoki, M. (2017). Sustainable supply chain management with pricing, greening and governmental tariffs determining strategies: A game-theoretic approach, *Comput. Ind. Eng.* 105, 287-298. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.01.017>.
19. Meng, Q., Li, M., Liu, W., Li, Z., Zhang, J. (2021). Pricing policies of dual-channel green supply chain: Considering government subsidies and consumers' dual preferences, *Sustain. Prod. Consum.* 26 1021-1030. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.012>.
20. Pham, H.S.T., Petersen, B. (2021). The bargaining power, value capture, and export performance of Vietnamese manufacturers in global value chains, *Int. Bus. Rev.* 30 101829. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2021.101829>.
21. Rasheed, N., Sabir, R.I., Mahmood, H. Rauf, A., Ibrahim, A.M., Naseem, W. (2024). Impact of pro-environmental values on sustainable green apparel buying behavior in Pakistan, *Clean. Responsible Consum.* 12 100180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100180>.
22. Rasti-barzoki, M. (1397). Pricing for two substitute products with specified price of one main complementary product: A game-theoretic approach, *Ind. Eng. Manag.* 34-1, 13-20, (In Persian).
23. Rasti-Barzoki, M., Moon, I. (2020). A game theoretic approach for car pricing and its energy efficiency level versus governmental sustainability goals by considering rebound effect: A case study of South Korea, *Appl. Energy* 271, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115196>.
24. Shang, W., Han, Z., Wei, W., Li, T. (2025). Competition and cooperation between green and non-green supply chains under Government's subsidy and carbon tax to consumers, *Comput. Ind. Eng.* 203, 110957. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.110957>.
25. Shateri, H.R., Mahdiraji, H.A., Mokhtarzade, N. (2019). A Comparison of the Buyback, Rebate and Quantity Flexible Contracts in Multi Echelons Supply Chains with Probabilistic Demand and Game Theory Approach, *J. Ind. Manag. Perspect.* 9, 131-151. <https://doi.org/10.52547/jimp.9.2.131>, (In Persian).
26. Shayesteh, M.A.N., Eghbali M.A, Rasti-Barzoki, M. (2024). A Game-Theoretic Approach for Pricing in Dual-Channel Supply Chains Considering Logistics Services, *J. Ind. Eng. Res. Prod. Syst.* 12, 115-131, (In Persian).
27. Solbach, M.C. (2023). *International Business Transactions and Taxation*, Springer International Publishing., <https://doi.org/10.1007/978-3-031-39240-5>.

28. Taleizadeh, A.A., Mohammadi, R. (2015). Optimizing the Selling Price and Advertising Cost in a Two Layers Supply Chain Including a Manufacturer and Two Retailers, *Ind. Manag. Perspect.* 5, 107-127, (In Persian).
29. Tamannaee, M., Zarei, H., Rasti-Barzoki, M. (2021). A game theoretic approach to sustainable freight transportation: Competition between road and intermodal road-rail systems with government intervention, *Transp. Res. Part B Methodol.* 153, 272-295. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2021.09.002>.
30. Wang, L., Song, H., Wang, Y. (2017). Pricing and service decisions of complementary products in a dual-channel supply chain, *Comput. Ind. Eng.* 105, 223-233. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.12.034>.
31. Yan, R., Pei, Z. (2009). Retail services and firm profit in a dual-channel market, *J. Retail. Consum. Serv.* 16, 306-314. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2009.02.006>.
32. Chen, J., Zhang, H., Sun, Y. (2012). Implementing coordination contracts in a manufacturer Stackelberg dual-channel supply chain, *Omega* 40, 571-583. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.11.005>.
33. Yang, D., Tong, Y. (2019). The Optimal Dual Channel Strategy Based on Consumer Returns, in: 2019 Int. Conf. Ind. Eng. Syst. Manag., IEEE, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/IESM45758.2019.8948093>.
34. Ghayoumian, Zahra., Rasti Barzoki, M., Eghbali, M.A. (2024). game-theoretic approach for analyzing the effects of revenue sharing contracts and consumer surplus on supply chain sustainability under government interventions, *J. Decis. Oper. Res.* 9, 616-630, (In Persian).
35. Zhang, S., Lim, W.S., Ye, Z. (2025). The Impact of channel role on the outsourcing of after-sales service with asymmetric retailer competition, *Eur. J. Oper. Res.* 322, 812-826. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.11.020>.
36. Zhao, J., Liu, W., Wei, J. (2013). Competition under manufacturer service and price in fuzzy environments, *Knowledge-Based Syst.* 50, 121-133. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.06.003>.
37. Zheng, Z., Zheng, C., Wei, Z., Xu, L. (2024). Analysis of charging tariffs for residential electric vehicle users based on Stackelberg game, *Energy Reports* 12, 1765-1776. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.07.054>.
38. Zhou, X., Li, X. (2019). Optimal Decisions for a Dual Channel Supply Chain, in: Proc. 2019 Int. Conf. Model. Simul. Big Data Anal. Atlantis Press, <https://doi.org/10.2991/msbda-19.2019.40>.