

## The Impact of Government Intervention on Competition Between Green and Non-Green Supply Chains for Managing Social Welfare

**Mohammad Reza  
Monjazez\***

Associate Professor of Economics, Department of  
Economics of Public Affairs, Faculty of Economics,  
Kharazmi University, Tehran, Iran.

**Mohammad  
Kazem Sayadi**

Assistant Professor, ICT Research Institute, Tehran,  
Iran.

**Mohammad Javad  
Farsayyad**

Ph.D. Student in Industrial Engineering, Kharazmi  
University, Tehran, Iran.

### Abstract

Nowadays, with increasing environmental pollution, the government's attention to the concept of green supply chain has increased. The green supply chain produces a green product that is highly environmentally friendly. The purpose of this study is to examine the impact of government intervention on competition between supply chains in order to protect the environment and improve social welfare. This article presents three different models. In the first model, the two green and non-green supply chains are competing with each other, and the government is not present. In the second model, the government creates a culture to use the green supply chain and in the third model, is taxing the non-green supply chain. The objective of the government is to improve social welfare. In both models of government intervention, the game is government-leader Stackelberg. The backward analysis method is used to solve models. MATLAB and Maple software are used for mathematical calculations and obtaining decision variables. The results show that if the government intervenes in a cultural way, environmental damage will decrease. Another result is that the conditions for increasing social welfare in the state of culture are determined. It is also possible for the green supply chain to increase its price if certain relationships are established between the parameters. In the tax collection model, if the government aims to maximize social welfare, social welfare will increase under any circumstances compared to the absence of the government.

**Keywords:** Game theory, Advertising, Green supply chain, Non-green supply chain, Social welfare.


\* Corresponding Author: monjazez@khu.ac.ir

**How to Cite:** Vol.19 No 63, Winter 2021




## تاثیر مداخله دولت بر رقابت بین زنجیره‌های تامین سبز و غیرسبز با هدف مدیریت رفاه اجتماعی


دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

محمد رضا منجدب \* 

استادیار پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

محمد کاظم صیادی 

دانشجوی دکتری رشته مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

محمد جواد فرصیاد 

### چکیده

امروزه با توجه به افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی توجه دولت‌ها به مفهوم زنجیره تامین سبز افزایش یافته است. زنجیره تامین سبز محصول سبز را تولید کرده که سازگاری بالایی با محیط زیست دارد. هدف از این مقاله بررسی تاثیر مداخله دولت بر روی رقابت بین زنجیره‌ها، با هدف بهبود محیط زیست و رفاه اجتماعی است. در این مقاله سه مدل مختلف ارائه می‌شود. در مدل اول دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز با یکدیگر رقابت داشته و دولت حضور ندارد. در مدل دوم دولت برای استفاده از زنجیره تامین سبز فرهنگسازی انجام می‌دهد و در مدل سوم از زنجیره تامین غیرسبز مالیات اخذ می‌کند. تابع هدف دولت بهبود رفاه اجتماعی است. در هر دو مدل مداخله دولت، بازی به صورت استاکلبرگ<sup>۱</sup> است. برای حل مدل از روش تحلیل عقب‌گرد استفاده می‌شود. برای محاسبات ریاضی و بدست آوردن متغیرهای تصمیم، نرم افزار متلب<sup>۲</sup> و میپل<sup>۳</sup> به کار رفته است. نتایج نشان می‌دهد که در صورت دخالت دولت به صورت فرهنگ‌سازی، آسیب‌های زیست-محیطی کمتر می‌شود. نتیجه دیگر این است که شرایط افزایش رفاه اجتماعی در حالت فرهنگ‌سازی مشخص می‌شود. همچنین این امکان برای زنجیره تامین سبز فراهم می‌شود در صورت برقراری روابطی معین میان پارامترها قیمت خود را بالا ببرد. در مدل اخذ مالیات اگر دولت هدف خود را بیشینه کردن رفاه اجتماعی قرار دهد، تحت هر شرایطی رفاه اجتماعی نسبت به حالت عدم حضور دولت افزایش می‌یابد.

**کلیدواژه‌ها:** نظریه بازی، تبلیغات، زنجیره تامین سبز، زنجیره تامین غیرسبز، رفاه اجتماعی.

مقاله حاضر برگرفته از رساله پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشگاه خوارزمی است.

\* نویسنده مسئول: monjazeab@khu.ac.ir

1. Stackelberg
2. Matlab
3. Maple

## مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت در کشورهای توسعه یافته، آلودگی‌های زیست‌محیطی مانند تغییرات دمایی، بالا رفتن آب دریا و افزایش دما به شدت در حال افزایش است، بنابراین دولت‌ها تلاش می‌کنند اثرات زیست‌محیطی را حداقل کنند (جیری و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). زنجیره تامین سبز اثرات مخرب زیست‌محیطی محصولات و خدمات را حداقل می‌کند. لازم است دولت‌ها توسعه‌ی زنجیره تامین سبز را هدف خود قرار دهند (فراهانی و همکاران، ۲۰۰۹).

آگاهی و قوانین زیست‌محیطی تولیدکنندگان را به سمت معرفی محصولات جدید سبز سوق می‌دهد که در طول چرخه زندگی خود تأثیر کمی بر وضعیت منابع طبیعی دارند. هدف مدیریت زنجیره تامین سبز، یافتن تعادل بین سود و هزینه‌های زیست‌محیطی در روابط بین عناصر زنجیره است (آزنون و نوسی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶). زنجیره تامین سبز عبارت است از مجموعه اقدام‌های داخلی و خارجی بنگاه، که به بهبود محیط زیست و جلوگیری از آلودگی منجر شود. مسائل زیست‌محیطی در حال تبدیل شدن به عنصری مهم از وظایف مدیریت هستند و دلایلی موجه وجود دارد که این پیشرفت جدید فراتر از یک روند گذرا است (نیو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲).

دولت‌ها می‌توانند با روش‌های گوناگونی در تولید محصولات دخالت کنند تا باعث توسعه محصولات سبز شوند. چند نمونه از مداخله‌های دولت عبارت است از: پرداخت یارانه، اخذ مالیات، اخذ هزینه برای مجوز، انجام تبلیغات و فرهنگ‌سازی. به عنوان نمونه حافظ الکتب<sup>۴</sup> (b ۲۰۱۸) شش حالت مداخله دولت را در نظر گرفت که عبارتند از: تعرفه مستقیم، محدودیت مستقیم، گواهینامه دولت، مجوز دولت، سیاست‌های همکارانه بین دو زنجیره تامین سبز متمرکز و غیرمتمرکز. همچنین حافظ الکتب و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای تحت عنوان « طراحی توزیع دو رقیب زنجیره تامین غیرمتمرکز: رویکرد نظریه بازی مجموع غیرصفر دو نفره» دو زنجیره تامین غیرمتمرکز تحت عدم قطعیت را بررسی کردند.

- 
1. Giri et al
  2. Azznone & Noci
  3. New et al
  4. Hafezalkotob

از جمله شاخص‌های دیگر مورد نظر این تحقیق رفاه اجتماعی است. مایدگلی<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) بیان کرد رفاه اجتماعی از جمله مواردی است که دولت‌ها موظف به توسعه آن هستند. رفاه اجتماعی معمولاً بر اساس مطلوبیت افراد سنجیده می‌شود. پژوهشگران برای رفاه اجتماعی معیارهای مختلفی مانند میزان مصرف، تقاضا، فقر، جرم، بیکاری و... را در نظر گرفته‌اند. در این مقاله رفاه اجتماعی تابعی از تقاضای محصولات است.

روش حل معادلات استفاده از نظریه بازی‌ها و به ویژه رقابت نش<sup>۲</sup> و استاکلبرگ است. در بازی‌های استاکلبرگ، بازیگران به طور متوالی به اتخاذ استراتژی می‌پردازند. تعامل بین بازیگران پیشرو و دنباله‌رو در این نوع بازی معمولاً با رویکرد غیرهمکارانه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین محاسبه مجموعه پاسخ منطقی بازیگران و در پی آن محاسبه نقاط تعادل نش و تعادل استاکلبرگ، شرط لازم و کافی در حل بازی‌های با رویکرد غیرهمکارانه است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). به عنوان نمونه ناگورنی<sup>۳</sup> (۲۰۱۰) دو شبکه رقابتی را با استفاده از تعادل نش در نظر گرفته بود و ساختارهای چند درجه ای را برای افزایش سود محصول در نظر گرفت. همچنین مون و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) در تحقیقی با عنوان «استراتژی موجودی: تولیدکننده در مقابل سرمایه‌گذاری خرده‌فروش» زنجیره تامین تحت تاثیر قیمت و سرمایه‌گذاری را با در نظر گرفتن استراتژی موجودی بررسی کردند.

در گذشته مقالاتی در مورد زنجیره تامین سبز، زنجیره تامین غیرسبز، درآمد دولت و رفاه اجتماعی منتشر شده‌اند. برخی از آن‌ها عملکرد زنجیره تامین تحت تاثیر تبلیغات و مداخله‌های دولت مانند پرداخت یارانه، اخذ مالیات و خرید مجوز را بررسی کرده‌اند. برخی نیز رقابت دو زنجیره تامین تحت تاثیر تبلیغات را بررسی کرده‌اند، اما هیچکدام بطور همزمان بحثی از تاثیر تبلیغات دولت روی یک زنجیره تامین سبز و یک زنجیره تامین غیر-سبز انجام نداده‌اند. بنابراین اولین نوآوری مقاله این است که فرهنگ‌سازی (تبلیغات) به طور همزمان بر روی زنجیره تامین سبز و غیرسبز اثر می‌گذارد. دیگر نوآوری این مقاله بررسی تاثیر فرهنگ‌سازی (تبلیغات) و اخذ مالیات روی رفاه اجتماعی است.

هدف اصلی تحقیق، بررسی نقش مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی و اخذ مالیات در میزان قیمت کالاهای سبز و غیرسبز، سود زنجیره تامین سبز و غیرسبز و سطح رفاه اجتماعی

- 
1. Midgley
  2. Nash
  3. Nagurney
  4. Moon et al

است. نتایج حاصل از آن می‌تواند توسط دولت‌ها در زمینه افزایش استفاده از کالاهای سبز و محافظت بهتر از محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد.

### مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

رقابت شدید در بازارهای امروزی، سازمان‌ها را مجبور کرده است تا به عنوان اعضای زنجیره تامین عمل کنند. عضو زنجیره تامین بودن به شرکت‌ها کمک می‌کند تا بر روی حوزه‌های خاصی متمرکز شده و بتوانند به سرعت به تغییرات نیازهای مشتری پاسخ دهند و انعطاف‌پذیری و چابکی خود را بهبود دهند. مسئله طراحی شبکه زنجیره تامین شامل تصمیمات استراتژیکی می‌شود که به پیکره بندی زنجیره تامین اشاره دارد (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۶).

مدیریت زنجیره تامین سبز، سعی دارد با پیاده سازی الزامات زیست محیطی در انتخاب و تامین مواد اولیه، طراحی محصول، تولید و ساخت، فرآیندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره خدمات پس از فروش، میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع را به همراه عملکرد کل زنجیره تامین بیشینه نماید. رعایت الزامات زیست محیطی در ترکیب با مدیریت زنجیره تامین، یک موقعیت برنده-برنده را برای سازمان‌ها فراهم می‌سازد (همایونفر و همکاران، ۱۳۹۷).

در صحنه تحولات اقتصادی وجود تعداد زیادی از عرضه کنندگان، افزایش انتظار مصرف-کنندگان مبنی بر ارائه کیفیت بالاتر محصولات و توجه بیشتر به محیط زیست، سازمان‌ها و تولید کنندگان را بر آن داشته تا به مسئله محیط زیست و تولید محصولات سبز توجه بیشتری داشته باشند (مزروعی نصرآبادی و جعفری گهروئی، ۱۳۹۶).

هدف از اندازه گیری و کنترل در زنجیره تامین، ایجاد مدیریت با مجموعه ای از اقدامات است که می‌تواند باعث بهبود عملکرد شود. همچنین به تلاش برای افزایش رقابت منجر می‌شود (ون هوک<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸). یکی از مهمترین تغییرات در مدیریت تجارت مدرن این است که مشاغل جداگانه دیگر فقط به عنوان نهادهای مستقل با یکدیگر رقابت نمی‌کنند بلکه به عنوان زنجیره تامین رقابت می‌کنند (لامبرت و کوپر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰).

رفاه اجتماعی یک سیستم یکپارچه و جامع از خدمات و برنامه‌ها برای ارتقا توسعه اجتماعی، عدالت اجتماعی و عملکرد اجتماعی مردم است. رفاه اجتماعی تاکید بسیاری

---

1. Van Hoek  
2. Lambert & Cooper

برای برقراری عدالت و برابری دارد (باک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴). تابع رفاه اجتماعی به صورت تابعی از مطلوبیت افراد جامعه است و اجرای پروژه‌های اقتصادی که درآمد و مصرف سرانه را افزایش دهد، در کل باعث افزایش رفاه اجتماعی می‌شود (عبدلی و شیردل، ۱۳۸۹). رفاه اجتماعی شامل شاخص‌های اصلی آموزش و پرورش، بهداشت و درمان، تغذیه، مسکن، اشتغال، جمعیت، نیروی انسانی، درآمد و هزینه و تامین اجتماعی و شاخص‌های فرعی گذران اوقات فراغت، محیط زیست، امنیت جانی و مالی فرد می‌شود. رابطه‌ی دو متغیر رفاه اجتماعی و سرمایه‌ی اجتماعی رابطه‌ی مثبت است، چنان‌که با افزایش رفاه اجتماعی، سرمایه‌ی اجتماعی نیز افزایش می‌یابد (هزار جریبی و مردوخ روحانی، ۱۳۹۰).

### پیشینه پژوهش

حسینی، ایرانبان و میرجهان مرد (۱۳۹۳) عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز در شرکت‌های تولیدکننده مواد شیمیایی و مواد شوینده را شناسایی و اولویت‌بندی کردند. آن‌ها بیان داشتند تضمین توسعه پایدار هر کشور وابسته به حفظ و استفاده بهینه از منابع محدود و غیرقابل جایگزین در آن کشور است. امانی، اشرفی و دهقانان (۱۳۹۴) موانع پذیرش زنجیره تامین سبز را مورد بررسی قرار دادند. ایشان عنوان نمودند که سیاست‌های دولتی در طی سال‌های اخیر سازمان‌ها را به سمت پذیرش زنجیره تامین سبز ترغیب نموده است. وانگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) سه مدل مختلف تصمیم‌گیری را در نظر گرفتند. اولین مدل، تصمیم‌گیری غیرمتمرکز دولت و مداخله به صورت پرداخت یارانه، دومی تصمیم‌گیری غیرمتمرکز دولت به همراه مداخله با پرداخت یارانه و رفتارهای نوع دوستانه تولیدکنندگان جدید و برای سومین مدل، تصمیم‌گیری متمرکز را در نظر گرفتند. نتایج نشان می‌دهد پرداخت یارانه و رفتارهای نوع دوستانه تولیدکنندگان جدید، باعث حفظ انرژی بیشتری شده، هرچند که درآمد دولت کمتر می‌شود. همچنین حالت متمرکز بهترین نتیجه را برای زنجیره دارد.

برای بررسی تبلیغات، ژای و وی<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) قیمت تولیدکننده و خرده‌فروش تحت تاثیر تبلیغات را بررسی کردند. تبلیغات همکارانه عملی است که یک تولیدکننده بخشی از هزینه تبلیغات محلی را به منظور ایجاد انگیزه در خرده‌فروشان پرداخت می‌کند. آن‌ها برای ایجاد

- 
1. Bak
  2. Wang et al
  3. Xie & wei

مدل، میزان تقاضا را متناسب با مجموع جذر تبلیغات محلی و ملی در نظر گرفتند. زمركوفسکی و ژانگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) قیمت و تبلیغات را برای یک تولیدکننده و یک خرده-فروش بررسی کردند. به طوری که تقاضا، تحت تاثیر قیمت خرده‌فروش، تبلیغات تولیدکننده و خرده‌فروش است. آن‌ها از مدل استاکلبرگ استفاده کرده و تولیدکننده را به عنوان رهبر و خرده‌فروش را به عنوان دنبال‌کننده در نظر گرفتند. تابع تقاضا را به صورت غیرخطی در نظر گرفته و به این نتیجه رسیدند که تبلیغات محلی سود آنچنانی ندارد و بهتر است از تبلیغات ملی استفاده کنند. ژانگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) زنجیره تامین تولیدکننده و خرده‌فروش را تحت تاثیر تبلیغات بررسی کردند. تبلیغات به دو صورت ملی و محلی اجرا می‌شود. آن‌ها نتیجه گرفتند که تبلیغات اثر زیادی روی قیمت مرجع و نظر مثبت مصرف‌کننده دارد.

برای مدل‌سازی تابع تقاضا نویسندگان روش‌های گوناگونی را پیاده کردند. به عنوان نمونه سید اصفهانی و همکاران (۲۰۱۱) عملکرد زنجیره تامین شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش را مورد بررسی قرار دادند که تقاضا تابعی از قیمت و تبلیغات است. تبلیغات را به دو صورت محلی و ملی در نظر گرفته و رابطه تقاضا را طوری لحاظ کردند که با جذر تبلیغات رابطه مستقیم داشته باشد. رضاپور و همکاران (۲۰۱۴) رقابت بین دو زنجیره تامین را بررسی کردند که در آن تقاضا تحت تاثیر مسافت و قیمت است. برای فرموله کردن از الگوریتم‌های ریاضی استفاده کرده و رقابت را در مرحله اول به حالت استاکلبرگ و در مرحله دوم به حالت نش بررسی کردند. حافظ‌الکتب (۲۰۱۷) سود حاصل از صرفه‌جویی در انرژی در یک بازار رقابتی بین دو زنجیره تامین سبز تحت مداخله دولت را بررسی کرد. تابع تقاضای هر عضو رابطه مستقیمی با میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی خود و قیمت رقیب داشته و رابطه منفی با صرفه‌جویی در مصرف انرژی رقیب و قیمت همان عضو دارد.

برای بررسی سبز بودن وانگ و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) تلاش کردند تا اثرات زیست‌محیطی انتشار کربن یک زنجیره تامین را کاهش دهند. آن‌ها اثرات متنوع قراردادهای مختلف روی قیمت خرده‌فروش و تولیدکننده را بدست آورده و دو قرارداد قیمت عمده اولیه و تقسیم هزینه را در مدل پیاده کردند تا انتشار کربن را کاهش دهند. به طور کلی با ایجاد این دو

---

1. Szmerekovsky & Zhang

2. Zhang et al

3. Wang et al

قرارداد، آن‌ها تلاش کردند تا بار مسئولیت کاهش کربن را از روی تولیدکننده کمتر کرده و با سازوکارهایی به کل زنجیره تامین انتقال دهند. گوآ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) عملکرد زنجیره تامین سبز را تحت مداخله دولت بررسی کردند. سناریوی اول این است که دولت باید بخشی از هزینه تولیدکننده کالای سبز را به صورت یارانه به وی پرداخت کند و دیگری اینکه به ازای هر واحد تولید، دولت کمک مالی به تولیدکننده می‌کند. گائو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۸) عملکرد زنجیره تامین سبز را با در نظر گرفتن فرآیند حمل‌ونقل مصرف‌کننده مورد مطالعه قرار دادند. ایشان استراتژی‌های مختلفی را پیاده کردند که هم هزینه کارخانه‌ها و هم هزینه مصرف‌کننده را کاهش دهند. آن‌ها نتیجه گرفتند، با افزایش قوانین و مقررات مربوط به انتشار کربن، ضروری است کارخانه‌ها فعالیت‌های مربوط به کربن خود را کنترل کنند. یوئین و جین ژی<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) تاثیرات سیاست‌های مالیات کربن و یارانه ذخیره انرژی روی زنجیره تامین را بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند دولت باید بین پرداخت یارانه و اخذ مالیات هماهنگی ایجاد کند تا محصول تولید شده پاک‌ترین حالت خود را داشته باشد. مرادی‌نسب، ناصری، بهبهانی و جعفرزاده (۲۰۱۸) حالت رقابتی و همکاری بین دو زنجیره سبز را در مسئله فروش نفت بررسی کردند. زمانی که دولت و بخش خصوصی به طور همزمان با یکدیگر رقابت می‌کنند سود زنجیره تامین حداکثر می‌شود و همچنین در مورد نمونه مشخص گردید، سود زنجیره تامین در بازی نش ۹۰٫۸ درصد بیشتر از بازی استاکلبرگ است.

برای بررسی مداخله دولت، حافظ‌الکتب و محمودی (۲۰۱۷) مدل استاکلبرگ را پیاده کرده و بررسی کردند که تولید محصولات چه رابطه‌ای با تعرفه دولت دارد. دولت دو سناریو را در نظر می‌گیرد. سناریوی اول هدف دولت حداقل کردن آلودگی با در نظر گرفتن حداقل درآمد است و سناریوی دوم هدف دولت حداکثر کردن میزان درآمد با در نظر گرفتن حداکثر آلودگی است. نتایج نشان داد که دولت‌ها چگونه متغیرهای تصمیم را با توجه به محدودیت بودجه و استانداردهای زیست‌محیطی در نظر بگیرند. حافظ‌الکتب (۲۰۱۸a) عملکرد دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز را تحت تاثیر مداخله دولت بررسی کرد. هر زنجیره تامین شامل یک تامین‌کننده و یک خرده‌فروش است که سود خود را به صورت جداگانه حداکثر می‌کنند. مداخله دولت به دو صورت پرداخت یارانه و همچنین

- 
1. Gue et al
  2. Gao et al
  3. Yuyin & Jinxi



اخذ هزینه برای ارائه مجوز است. در حالت پرداخت یارانه دولت هزینه اضافی برای تولید کالای سبز را به تولیدکننده پرداخت می‌کند و همچنین می‌تواند هزینه‌ای به صورت مالیات برای تولیدکننده غیرسبز در نظربگیرد. در حالت مجوز معامله، دولت مجوز را به تولیدکننده سبز اهدا می‌کند، ولی تولیدکننده غیرسبز باید مجوز را خریداری نماید. او نتیجه‌گرفت که هزینه‌های زیست‌محیطی و هزینه‌های دولت به تمایل دولت در مداخله مالی، میزان بودجه در دسترس و گرایش دولت به محافظت از محیط‌زیست بستگی دارد. جیری و همکاران (۲۰۱۹) رقابت بین دو زنجیره سبز تحت مداخله دولت را بررسی کردند. در اینجا دخالت دولت به دو صورت است. یکی با پرداخت یارانه تا انتشار کربن را در زیر سطح مطمئن قرار دهد و دیگری اینکه جریمه‌ای برای تولیدکنندگانی که بیش از حد مجاز باعث انتشار کربن می‌شوند لحاظ کند. معیار سبز بودن در اینجا بر اساس میزان انتشار دی-اکسید کربن مشخص می‌گردد.

برای بررسی رقابت بین زنجیره‌ها ما و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) استراتژی قیمت دو زنجیره تامین شامل دو تولیدکننده و یک خرده‌فروش را مورد بررسی قرار دادند. هر دو فروشنده محصولی را به خرده‌فروش تحویل می‌دهند که قابل جایگزینی است. آن‌ها نتیجه گرفتند مدل متمرکز بهترین پاسخ را داشته و در بین حالت‌های غیرمتمرکز نیز بهترین پاسخ برای حالت اشتراک هزینه بود. در ضمن مدل استاکلبرگ برای عمده‌فروش و مدل برتراند برای خرده‌فروش بیشترین سود را داشتند.

اسمعیلی و زندی (۱۳۹۷) مداخله دولت در رقابت بین زنجیره تامین سبز و غیرسبز را بررسی کردند. ایشان بیان کردند، محیط زیست و مسائل مربوط به آن، از جمله مباحث به روز و دغدغه‌های امروز سیاست‌گذاران، سازمان‌ها، کسب و کارها و حتی مردم عادی است. مدیران اغلب کسب و کارها به دلایل گوناگونی از جمله فشارهای دولتی، خواسته‌های مردمی، افزایش سهم بازار خود و ... در زنجیره تامین خود مسائل زیست-محیطی را در نظر می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهد که سود اعضای زنجیره تامین به طور چشمگیری وابسته به تعرفه اعمال شده توسط دولت است. آن‌ها n زنجیره تامین را در نظر گرفتند که محصولات سبز و غیرسبزی را تولید می‌کنند، که جایگزین هم هستند. هر زنجیره تامین شامل یک تامین‌کننده، تولیدکننده و خرده‌فروش است. با توجه به نقش کلیدی دولت در تصمیم‌گیری و رقابت میان زنجیره‌های تامین، برای مدل کردن از بازی

استاکلبرگ استفاده کردند و دولت در نقش رهبر برای رسیدن به اهداف خود، تصمیم‌گیری می‌کند. تعرفه وارد شده از سوی دولت به زنجیره‌های تامین محصول سبز به صورت پرداخت یارانه و برای محصول غیرسبز به صورت اعمال جریمه است. خرده‌فروش مقدار سفارش خود را که تابعی از قیمت تولیدکننده و میزان تعرفه دولت است، تعیین می‌کند و به دنبال آن تولیدکننده و تامین‌کننده نیز قیمت‌های خود را مشخص می‌کنند. در نهایت دولت مطابق با بهترین پاسخ اعضای زنجیره تامین، تعرفه خود را بهینه خواهد کرد. آن‌ها سپس توابع سود هر یک از اعضای زنجیره تامین را بدست آورده و در نهایت تمام قیمت‌ها (تامین‌کننده، تولیدکننده و خرده‌فروش) و مقدار سفارش را بر اساس تعرفه وارد شده از سوی دولت بدست آوردند. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که دولت می‌تواند با توجه به اهمیت نسبی که برای هر یک از اهداف خود در نظر می‌گیرد، بهترین مقادیر تعرفه را برای زنجیره تامین سبز و غیر سبز بدست آورد. هزینه‌های خالص اقتصادی دولت، هزینه‌های محیطی و شاخص رفاه مشتریان، می‌توانند عملکرد دولت را تحت تاثیر قرار دهد، به این معنا که هر گاه دولت روی یکی از اهداف خود تمرکز کند، ممکن است برای سایر اهداف وضعیت بدتری ایجاد شود. به طور کلی دولت بر اساس بهترین پاسخ هر یک از اعضای زنجیره و در نظر گرفتن اهداف متضاد خود (کاهش هزینه‌های اقتصادی و محیطی، افزایش رفاه مشتریان) در قالب یک برنامه‌ریزی چندهدفه با محدودیت‌هایی چندسطحی که شامل بیشینه شدن سود خرده‌فروشان، تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان است، بهترین استراتژی خود را تعیین می‌کند.

### روش پژوهش

در این تحقیق با بررسی سایت‌های معتبر نظیر الزویر<sup>۱</sup> و مرور ادبیات این حوزه، به صورت ریاضی و با استفاده از رویکردهای تحقیق در عملیات و نظریه بازی‌ها مسئله مدل‌سازی خواهد شد. تحقیق در عملیات علم بهینه‌سازی، تصمیم‌گیری و انتخاب است (گس و اسد<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵). با توجه به اینکه مبنای معادلات این مقاله بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری زنجیره‌ها و دولت است، بنابراین از رویکردهای تحقیق در عملیات استفاده شده است. نظریه بازی نیز، عبارت است از مطالعه مدل‌های ریاضی همکارانه یا در تضاد، بین دو یا چند تصمیم‌گیرنده. نظریه بازی تکنیک‌های ریاضی برای آنالیز تصمیم‌گیری افراد و تاثیر

1. Elsevier  
2. Gass & Assad

روی رفاه یکدیگر را فراهم می‌کند و در زمینه علوم اجتماعی کاربرد فراوان دارد (میرسون<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). از آنجا که در این تحقیق رقابت بین دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز وجود داشته و هر دو تلاش می‌کنند سود خود را حداکثر نمایند، بنابراین مسئله با استفاده از روش‌های نظریه بازی تجزیه و تحلیل می‌شود.

برای مدل رقابتی از بازی مجموع غیرصفر استفاده کرده و تعادل نش بدست می‌آید. در دو مدل دیگر علاوه بر بازی مجموع غیرصفر بازی استاکلبرگ نیز به کار می‌رود، که برای زمانی است که قدرت اعضا یکسان نیست. برای حل این مدل‌ها از روش تحلیل عقب‌گرد استفاده می‌شود. این روش روند استنتاج رو به عقب در مسائل و موقعیت‌ها با مراحل محدود، با هدف بدست آوردن اقدام بهینه در هر مرحله است. ابتدا دو زنجیره تامین به عنوان دنباله‌رو حرکت خود را انجام می‌دهند و قیمت بهینه خود را برحسب متغیر تصمیم دولت تعیین می‌کنند. سپس دولت به عنوان رهبر با توجه به بهترین انتخاب دنباله‌روها، استراتژی را انتخاب می‌کند که بیشترین عایدی را داشته باشد، که در اینجا رفاه مدنظر دولت است.

برای حل مدل از نرم افزار متلب<sup>۲</sup> و میپل<sup>۳</sup> استفاده شده است. هر مرحله از طراحی مدل، معادلات بر روی یک فایل از متلب اجرا شده و نتایج آن مرحله به فایل بعدی انتقال داده می‌شود. از آنجا که نرم افزار میپل برای موارد ساده‌سازی، دستورات متنوعی دارد، به همین دلیل برای ساده‌سازی عبارات از این نرم افزار شده است.

### مدل‌سازی و حل مساله

در این بخش در ابتدا متغیرها، پارامترها و اندیس‌های مورد استفاده تعریف می‌شود. سپس مدل‌های رقابتی مربوطه توضیح داده شده و در نهایت روش حل هر یک از مدل‌ها تشریح می‌گردد.

اندیس‌ها

$c$  = رقابتی (competitive)

$a$  = مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی یا تبلیغات (advertising)

$t$  = مداخله دولت به صورت اخذ مالیات (tax)

3. Myerson

1. Matlab

2. Maple

## متغیرها

در مدل رقابتی قیمت زنجیره تامین سبز و غیرسبز متغیرهای تصمیم هستند. در مدل مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی (تبلیغات) قیمت زنجیره تامین سبز، قیمت زنجیره تامین غیرسبز و سطح فرهنگ‌سازی (تبلیغات) متغیرهای تصمیم هستند. در مدل مداخله دولت به صورت اخذ مالیات نیز قیمت زنجیره‌های تامین و نرخ مالیات دولت متغیرهای تصمیم هستند.

جدول ۱: معرفی متغیرها

متغیر	مدل رقابتی	مدل فرهنگ‌سازی	مدل اخذ مالیات
سود زنجیره تامین سبز	$B_g^c$	$B_g^a$	$B_g^t$
سود زنجیره تامین غیرسبز	$B_{ng}^c$	$B_{ng}^a$	$B_{ng}^t$
قیمت محصول زنجیره تامین سبز	$p_g^c$	$p_g^a$	$p_g^t$
قیمت محصول زنجیره تامین غیرسبز	$p_{ng}^c$	$p_{ng}^a$	$p_{ng}^t$
تقاضای زنجیره تامین سبز	$D_g^c$	$D_g^a$	$D_g^t$
تقاضای زنجیره تامین غیرسبز	$D_{ng}^c$	$D_{ng}^a$	$D_{ng}^t$
رفاه اجتماعی	$sw^c$	$sw^a$	$sw^t$
میزان فرهنگ‌سازی (تبلیغات) دولت	–	$A$	–
نرخ مالیات دولت از زنجیره تامین غیرسبز	–	–	$k_{ng}$

## پارامترها

$C_g$  = هزینه هر واحد محصول زنجیره تامین سبز  
 $C_{ng}$  = هزینه هر واحد محصول زنجیره تامین غیرسبز  
 $a_1$  = تقاضای اولیه محصول زنجیره تامین سبز  
 $a_2$  = تقاضای اولیه محصول زنجیره تامین غیرسبز  
 $b_1$  = ضریب وابستگی تقاضای زنجیره تامین سبز بر حسب قیمت محصول زنجیره تامین غیرسبز  
 $b_2$  = ضریب وابستگی تقاضای زنجیره تامین غیرسبز بر حسب قیمت محصول زنجیره تامین سبز

$t_1 =$  ضریب وابستگی تقاضای زنجیره تامین سبز بر حسب میزان فرهنگ‌سازی دولت  
 $t_2 =$  ضریب وابستگی تقاضای زنجیره تامین غیرسبز بر حسب میزان فرهنگ‌سازی دولت

### مدل رقابتی مجموع غیرصفر

در اولین مدل دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز با یکدیگر به صورت مجموع غیرصفر رقابت کرده و تلاش دارند با انتخاب قیمت بهینه، سود خود را حداکثر کنند. برای تابع تقاضای  $t_1$  و وی (۲۰۰۹) و همچنین سید اصفهانی و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله- های خود تابع تقاضا را به گونه‌ای تعریف کردند که با قیمت زنجیره رابطه منفی دارد. حافظ‌الکتب (b ۲۰۱۸) و جیری و همکاران (۲۰۱۹) تقاضا را به صورت مستقیم با قیمت زنجیره مقابل و به صورت منفی با قیمت خود زنجیره نسبت دادند. در این تحقیق نیز تقاضای زنجیره تامین سبز ( $D_g^c$ ) با تقاضای اولیه محصول خود ( $a_1$ ) و قیمت محصول زنجیره تامین غیرسبز ( $p_{ng}^c$ ) رابطه مستقیم داشته و با قیمت محصول زنجیره خود ( $p_g^c$ ) رابطه عکس دارد. همچنین تقاضای زنجیره تامین غیرسبز ( $D_{ng}^c$ ) با تقاضای اولیه خود ( $a_2$ ) و قیمت زنجیره تامین سبز ( $p_g^c$ ) رابطه مستقیم و با قیمت زنجیره خود ( $p_{ng}^c$ ) رابطه منفی دارد. با توجه به موارد گفته شده توابع تقاضای زنجیره‌ها به شرح زیر است.

$$D_g^c = a_1 - p_g^c + b_1 p_{ng}^c \quad \text{رابطه ۱}$$

$$D_{ng}^c = a_2 - p_{ng}^c + b_2 p_g^c \quad \text{رابطه ۲}$$

در اینجا دو زنجیره با قدرت یکسان با یکدیگر رقابت می‌کنند. سود زنجیره تامین سبز ( $B_g^c$ ) تابعی از قیمت ( $p_g^c$ )، هزینه ( $c_g$ ) و تقاضای ( $D_g^c$ ) زنجیره تامین خود است. سود زنجیره تامین غیرسبز ( $B_{ng}^c$ ) نیز تابعی از قیمت ( $p_{ng}^c$ )، هزینه ( $c_{ng}$ ) و تقاضای ( $D_{ng}^c$ ) زنجیره تامین خود است. بنابراین معادلات سود زنجیره‌ها و شرایط پارامترها به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$B_g^c = (p_g^c - c_g) \cdot D_g^c = (p_g^c - c_g)(a_1 - p_g^c + b_1 p_{ng}^c) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$B_{ng}^c = (p_{ng}^c - c_{ng}) \cdot D_{ng}^c = (p_{ng}^c - c_{ng})(a_2 - p_{ng}^c + b_2 p_g^c) \quad \text{رابطه ۴}$$

$$0 < b_{1,2} < 1; 0 < a_{1,2}; 0 < c_{g,ng} \quad \text{رابطه ۵}$$

تابع رفاه اجتماعی سومین تابعی است که در این مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد. همانگونه که بیان شد، طبق نظر مایدگلی (۱۹۹۷) پژوهشگران برای رفاه اجتماعی معیارهایی مانند میزان مصرف، تقاضا، فقر، جرم و بیکاری را در نظر گرفته‌اند. در این مقاله

تابع رفاه اجتماعی بر حسب تقاضا در نظر گرفته می‌شود. با توجه به توابع مختلفی که در اقتصاد وجود دارد می‌توان فرم‌های گوناگونی را بر حسب تقاضا در نظر گرفت، به عنوان نمونه میانگین مجذور تقاضاها، حاصلضرب تقاضاها و ...

به عنوان نمونه حافظ‌الکتاب (۲۰۱۷) رفاه اجتماعی را به صورت میانگین مجذور تقاضاها در نظر گرفت. اما چاساگون<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) تابع رفاه را به صورت حاصلضرب تقاضاها در نظر گرفت. در اینجا با توجه به شرایط معادلات و از آنجا که تعامل و تقابل تقاضاها برای این تحقیق حائز اهمیت است، تابع رفاه اجتماعی به صورت حاصل ضرب تقاضاها در نظر گرفته می‌شود.

$$sw^c = D_g^c \cdot D_{ng}^c = (a_1 - p_g^c + b_1 p_{ng}^c)(a_2 - p_{ng}^c + b_2 p_g^c) \quad \text{رابطه ۶}$$

برای حداکثر کردن سود زنجیره‌ها از معادله سود زنجیره تامین سبز بر حسب قیمت سبز و سود زنجیره تامین غیرسبز بر حسب قیمت غیرسبز مشتق گرفته شده و مقدار قیمت سبز و قیمت غیرسبز بهینه به صورت زیر بدست می‌آید.

$$p_g^{c*} = (2a_1 + a_2 b_1 + b_1 c_{ng} + 2c_g) / (4 - b_1 b_2) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$p_{ng}^{c*} = (2a_2 + a_1 b_2 + b_2 c_g + 2c_{ng}) / (4 - b_1 b_2) \quad \text{رابطه ۸}$$

با جایگذاری قیمت‌ها در معادلات، سود زنجیره تامین سبز، سود زنجیره تامین غیرسبز و رفاه اجتماعی به صورت زیر حاصل می‌شوند.

$$B_g^{c*}(p_g^{c*} \cdot p_{ng}^{c*}) = (2a_1 + a_2 b_1 + b_1 c_{ng} - 2c_g + b_1 b_2 c_g)^2 / (b_1 b_2 - 4)^2 \quad \text{رابطه ۹}$$

$$B_{ng}^{c*}(p_g^{c*} \cdot p_{ng}^{c*}) = (2a_2 + a_1 b_2 + b_2 c_g - 2c_{ng} + b_1 b_2 c_{ng})^2 / (b_1 b_2 - 4)^2 \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$sw^{c*}(p_g^{c*} \cdot p_{ng}^{c*}) = (2a_1 + a_2 b_1 + b_1 c_{ng} - 2c_g + b_1 b_2 c_g)(b_2(a_1 + c_g + b_1 c_{ng}) + 2a_2 - 2c_{ng}) / (b_1 b_2 - 4)^2 \quad \text{رابطه ۱۱}$$

### مدل مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی

در این مدل دولت در راستای تثبیت توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست سیاست‌گذاری می‌کند. برای این امر دولت با استفاده از فرهنگ‌سازی و تبلیغات، مصرف‌کنندگان

را به استفاده از محصولات زنجیره تامین سبز ترغیب می‌کند. تاثیر گذاری دولت روی مصرف کنندگان بوده و بر تقاضا تاثیر می‌گذارد.

برای تاثیر تبلیغات زمر کوفسکی و ژانگ (۲۰۰۹) و همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) تبلیغات را به صورت ملی و محلی در نظر گرفته و تقاضا را متناسب با جذر تبلیغات لحاظ کردند. در این تحقیق نیز فرهنگ سازی (تبلیغات) به صورت ریشه دوم وارد معادله تقاضا شده اما به صورت حاصل جمع باعث افزایش یا کاهش تقاضاها می‌شود. بنابراین توابع تقاضا و محدوده پارامترها به صورت زیر هستند.

$$D_g^a = a_1 - p_g^a + b_1 p_{ng}^a + t_1 \sqrt{A} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$D_{ng}^a = a_2 - p_{ng}^a + b_2 p_g^a - t_2 \sqrt{A} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

$$0 < b_{1,2} < 1; 0 < a_{1,2}; 0 < c_{g,ng}; 0 < t_{1,2} < 1 \quad \text{رابطه ۱۴}$$

در این مدل قیمت زنجیره تامین سبز ( $p_g^a$ )، قیمت زنجیره تامین غیرسبز ( $p_{ng}^a$ ) و فرهنگ سازی ( $A$ ) متغیرهای تصمیم هستند. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به اینکه ضرایب مثبت فرض شده‌اند، تقاضای زنجیره تامین سبز نسبت به حالت رقابتی افزایش یافته و تقاضای زنجیره تامین غیرسبز کاهش می‌یابد. در نتیجه معادلات سود زنجیره‌ها و رفاه اجتماعی به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$B_g^a = (p_g^a - c_g)(a_1 - p_g^a + b_1 p_{ng}^a + t_1 \sqrt{A}) \quad \text{رابطه ۱۵}$$

$$B_{ng}^a = (p_{ng}^a - c_{ng})(a_2 - p_{ng}^a + b_2 p_g^a - t_2 \sqrt{A}) \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$sw^a = D_g^a \cdot D_{ng}^a = (a_1 - p_g^a + b_1 p_{ng}^a + t_1 \sqrt{A})(a_2 - p_{ng}^a + b_2 p_g^a - t_2 \sqrt{A}) \quad \text{رابطه ۱۷}$$

در اینجا اعضا به صورت مجموع غیر صفر با یکدیگر و استاکلبرگ با دولت رقابت می‌کنند. دولت به عنوان رهبر و زنجیره‌های تامین به عنوان دنبال کننده اقدامات خود را انجام می‌دهند. در واقع دولت با توجه به عملکرد زنجیره‌ها میزان فرهنگ سازی (تبلیغات) را مشخص می‌کند و پس از آن قیمت بهینه زنجیره‌ها با توجه به میزان فرهنگ سازی مشخص می‌شود.

برای حل این بازی روش عقب‌گرد به کار برده می‌شود. در آغاز از معادلات زنجیره‌های تامین سبز و غیرسبز مشتق گرفته و مقادیر بهینه قیمت زنجیره‌های تامین برحسب میزان فرهنگ سازی بدست می‌آید. اکنون با استفاده از مقادیر بهینه قیمت سبز و غیرسبز بدست آمده، مقدار فرهنگ سازی بهینه که باعث رفاه حداکثر می‌شود، حاصل می‌شود.

$$A^* = (0.25)(4b_1t_2a_2 - 4a_1b_2t_1 + b_1b_2a_1t_2 + 3b_1b_2t_2c_g + b_1^2b_2t_2c_{ng} - 4t_2c_g - 4a_2t_1 - b_1b_2^2t_1c_g - b_1b_2a_2t_1 - 3b_1b_2t_1c_{ng} + 4t_1c_{ng} + 4a_1t_2)^2 / (4t_1t_2 - 2b_1t_2^2 - 2b_2t_1^2 + b_1b_2t_1t_2)^2 \quad \text{رابطه ۱۸}$$

اکنون مقدار فرهنگ‌سازی بهینه در معادلات جایگزین می‌شود و مقادیر قیمت بهینه بدست می‌آید.

$$p_g^{a*} = (0.5)(b_1^2b_2t_2c_{ng} + a_1b_1b_2t_2 + 4b_1t_2c_{ng} + 3b_1b_2t_2c_g + 8a_2b_1t_2 - 3a_2b_1b_2t_1 - 8a_1b_2t_1 - b_1b_2^2t_1c_g + 4t_2c_g + 12a_1t_2 - 4a_2t_1 + 4t_1c_{ng} - 5b_1b_2t_1c_{ng} - 4b_2t_1c_g) / ((b_1b_2 - 4)(b_2t_1 - 2t_2)) \quad \text{رابطه ۱۹}$$

$$p_{ng}^{a*} = -(0.5)(3a_1b_1b_2t_2 - b_1b_2^2t_1c_g - 12a_2t_1 - 3b_1b_2t_1c_{ng} - 4t_1c_{ng} - a_2b_1b_2t_1 - 8a_1b_2t_1 + b_1^2b_2t_2c_{ng} - 4b_2t_1c_g + 8a_2b_1t_2 - 4t_2c_g + 4a_1t_2 + 5b_1b_2t_2c_g + 4b_1t_2c_{ng}) / ((b_1b_2 - 4)(b_1t_2 - 2t_1)) \quad \text{رابطه ۲۰}$$

سپس متغیرهای تصمیم در معادلات سود و رفاه اجتماعی قراردادده می‌شوند و سود زنجیره تامین سبز، سود زنجیره تامین غیرسبز و رفاه اجتماعی به صورت زیر حاصل می‌شوند.

$$B_g^{a*}(p_g^{a*} \cdot p_{ng}^{a*} \cdot A^*) = (0.25)(a_1b_1b_2t_2 + 4t_1c_{ng} + b_1^2b_2t_2c_{ng} - 4t_1a_2 + 7b_1b_2t_2c_g + 4b_1t_2c_{ng} + 8a_2b_1t_2 - 5b_1b_2t_1c_{ng} - 3b_1b_2^2t_1c_g - 12t_2c_g - 3a_2b_1b_2t_1 + 12a_1t_2 - 8a_1b_2t_1 + 4b_2t_1c_g)^2 / ((b_1b_2 - 4)^2(b_2t_1 - 2t_2)^2) \quad \text{رابطه ۲۱}$$

$$8a_1b_2t_1 + 5b_1b_2t_2c_g + 12t_1c_{ng} - 12a_2t_1 + 3b_1b_2t_2c_{ng} - 4t_2c_g + 8a_2b_1t_2 - 4b_1t_2c_{ng})^2 / ((b_1b_2 - 4)^2(b_1t_2 - 2t_1)^2) \quad \text{رابطه ۲۲}$$

$$sw^{a*}(p_g^{a*} \cdot p_{ng}^{a*} \cdot A^*) = (0.25)(4a_1t_2 - 12a_2t_1 - b_1b_2^2t_1c_g - a_2b_1b_2t_1 - 7b_1b_2t_1c_{ng} - 4b_2t_1c_g - (b_1^2b_2t_2c_{ng} + 4b_1t_2c_{ng} + 12a_1t_2 - 12t_2c_g -$$



$$\begin{aligned} & 8a_1b_2t_1 + 8a_2b_1t_2 - 3b_1b_2^2t_1c_g + 4t_1c_{ng} - 4a_2t_1 - \\ & 3a_2b_1b_2t_1 - 5b_1b_2t_1c_{ng} + 7b_1b_2t_2c_g + 4b_2t_1c_g - \\ & a_1b_1b_2t_2) / ((b_1b_2 - 4)^2 * (b_1t_2 - 2t_1) * (b_2t_1 - 2t_2)) \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۳}$$

چهار شرط برای اینکه مدل‌سازی همواره برقرار باشد الزامی است. در ابتدا اینکه متغیرهای تصمیم باید مثبت باشند. عبارتی که برای تبلیغات بدست آمده، همواره مثبت است. بنابراین تنها مثبت بودن قیمت بهینه سبز و غیرسبز را لحاظ می‌کنیم که رابطه ۲۴ و ۲۵ را نتیجه می‌دهند. همچنین از آنجا که فرهنگ‌سازی به صورت جذر در معادلات قرار دارد، هنگام حل معادلات باید مقدار مثبت در مقابل آن قرار بگیرد، پس ضرورت رابطه ۲۶ این است که معادله فرهنگ‌سازی جواب داشته باشد. شرط چهارم (رابطه ۲۷) نیز برای منفی بودن مشتق دوم تابع رفاه اجتماعی است. در ضمن مقدار مشتق دوم توابع سود منفی دو بوده و همواره کوچکتر از صفر است.

$$\begin{aligned} p_g^a > 0 & \Rightarrow b_1t_2\sqrt{A} - 2t_1\sqrt{A} - 2a_1 - a_2b_1 - b_1c_{ng} \\ -2c_g & < 0 \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۴}$$

$$\begin{aligned} p_{ng}^a > 0 & \Rightarrow b_2t_1\sqrt{A} - 2t_2\sqrt{A} + 2a_2 + a_1b_2 + b_2c_g \\ +2c_{ng} & > 0 \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۵}$$

$$4t_1t_2 - 2b_1t_2^2 - 2b_2t_1^2 + b_1b_2t_1t_2 > 0 \quad \text{رابطه ۲۶}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 SW^a}{\partial A^2} < 0 & \Rightarrow b_1^2b_2t_2c_{ng} - 4a_1b_2t_1 + \\ t_1(4c_{ng} - 4a_2) & + 4t_2(a_1 - c_g) + (-b_2^2t_1c_g + \\ (t_1(-3c_{ng} - a_2) & + t_2(a_1 + 3c_g))b_2 + 4a_2t_2)b_1 < 0 \end{aligned} \quad \text{رابطه ۲۷}$$

### مداخله دولت به صورت اخذ مالیات

در این مدل دولت به طور مستقیم بر روی تولیدکننده اثر می‌گذارد. دولت برای اینکه شرکت‌ها را به حفاظت از محیط زیست و تولید محصول سبز ترغیب کند، از زنجیره تامین غیرسبز مالیات می‌گیرد. این مالیات بر حسب تقاضای محصول غیرسبز است. همچنین دولت در نظر دارد رفاه اجتماعی را حداکثر کرده و برای انجام این امر نرخ مالیات بهینه را تعیین می‌کند. معادلات سود زنجیره‌ها و رفاه اجتماعی به شرح زیر است.

$$B_g^t = (p_g^t - c_g)(a_1 - p_g^t + b_1p_{ng}^t) \quad \text{رابطه ۲۸}$$

$$B_{ng}^t = (p_{ng}^t - c_g - k_{ng})(a_2 - p_{ng}^t + b_2 p_g^t) \quad \text{رابطه ۲۹}$$

$$sw^t = D_g^t \cdot D_{ng}^t = (a_1 - p_g^t + b_1 p_{ng}^t)(a_2 - p_{ng}^t + b_2 p_g^t) \quad \text{رابطه ۳۰}$$

در اینجا قیمت زنجیره تامین سبز ( $p_g^t$ )، قیمت زنجیره تامین غیرسبز ( $p_{ng}^t$ ) و نرخ مالیات از زنجیره تامین غیرسبز ( $k_{ng}$ ) متغیرهای تصمیم هستند. برای مدل سازی این حالت نیز از بازی استاکلبرگ استفاده شده و برای بدست آوردن مقادیر بهینه نیز روش عقب گرد به کار می رود. ابتدا نرخ مالیات را بدست آورده و سپس با جایگزینی مقدار نرخ مالیات در معادلات، قیمت بهینه زنجیره تامین سبز و غیرسبز به صورت زیر حاصل می شوند.

$$k_{ng}^* = (0.5)(b_1^2 b_2^2 c_g - 4b_1 c_{ng} - 3b_1 b_2 c_g - 4a_1 + 3a_1 b_1 b_2 + a_2 b_1^2 b_2 + 4c_g + 2b_1^2 b_2 c_{ng}) / (b_1(2 - b_1 b_2)) \quad \text{رابطه ۳۱}$$

$$p_g^{t*} = (0.5)(3c_g + a_1 + a_2 b_1 - b_1 b_2 c_g) / (2 - b_1 b_2) \quad \text{رابطه ۳۲}$$

$$p_{ng}^{t*} = (c_g - a_1 + a_2 b_1 + a_1 b_1 b_2) / (b_1(2 - b_1 b_2)) \quad \text{رابطه ۳۳}$$

پس از جایگذاری متغیرهای تصمیم در معادلات، سود زنجیره تامین سبز و غیرسبز و رفاه اجتماعی به صورت زیر حاصل می شود.

$$B_g^{t*}(p_g^{t*} \cdot p_{ng}^{t*} \cdot k_{ng}^*) = (0.25)(a_1 - c_g + a_2 b_1 + b_1 b_2 c_g)^2 / (b_1 b_2 - 2)^2 \quad \text{رابطه ۳۴}$$

$$B_{ng}^{t*}(p_g^{t*} \cdot p_{ng}^{t*} \cdot k_{ng}^*) = (0.25)(a_1 - c_g + a_2 b_1 + b_1 b_2 c_g)^2 / b_1^2 \quad \text{رابطه ۳۵}$$

$$sw^{t*}(p_g^{t*} \cdot p_{ng}^{t*} \cdot k_{ng}^*) = (0.25)(a_1 - c_g + a_2 b_1 + b_1 b_2 c_g)^2 / (b_1(2 - b_1 b_2)) \quad \text{رابطه ۳۶}$$

در این مدل مشتق دوم توابع سود منفی دو بوده و همواره کوچکتر از صفر است. همچنین مشتق دوم تابع رفاه اجتماعی نیز منفی است.

$$\frac{\partial^2 sw}{k_{ng}^2} = 2b_1(b_1b_2 - 2)(b_1b_2 - 4)^2 < 0 \quad \text{رابطه ۳۷}$$

سه شرط اعتبار مدل (روابط ۳۸ الی ۴۰) مربوط به مثبت بودن قیمت زنجیره‌ها و نرخ مالیات هستند.

$$1) p_g^{t*} > 0 \Rightarrow 3c_g + a_1 + a_2b_1 - b_1b_2c_g > 0 \quad \text{رابطه ۳۸}$$

$$2) p_{ng}^{t*} > 0 \Rightarrow c_g - a_1 + a_2b_1 + a_1b_1b_2 > 0 \quad \text{رابطه ۳۹}$$

$$3) k_{ng}^* > 0 \Rightarrow b_1^2b_2^2c_g + 3a_1b_1b_2 + 2b_1^2b_2c_{ng} + a_2b_1^2b_2 + 4c_g > 4b_1c_{ng} + 3b_1b_2c_g + 4a_1 \quad \text{رابطه ۴۰}$$

### یافته‌های پژوهش

در این بخش در ابتدا نتایج مدل‌های ارائه شده به صورت ریاضی با یکدیگر مقایسه می‌شود. سپس در قالب مثال عددی نتایج مدل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### تحلیل و مقایسه نتایج مدل‌ها

#### مقایسه قیمت سبز در مدل فرهنگ‌سازی با مدل رقابتی

قضیه: با مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی تحت شرایط زیر قیمت زنجیره تامین سبز نسبت به مدل رقابتی افزایش می‌یابد.

$$b_1 < \frac{2t_1}{t_2} \Rightarrow p_g^a > p_g^c \quad \text{رابطه ۴۱}$$

اثبات: تفاوت قیمت سبز در مدل مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی با مدل رقابتی به صورت زیر است. از آنجا که عبارت  $(b_1b_2 - 4)$  در مخرج کسر همواره مقداری منفی بوده، بنابراین برای اینکه اختلاف مثبت شود صورت کسر باید کوچکتر از صفر باشد.

$$\Delta p_g = p_g^a - p_g^c = \sqrt{A}(b_1t_2 - 2t_1)/(b_1b_2 - 4) \quad \text{رابطه ۴۲}$$

## مقایسه قیمت غیرسبز در مدل فرهنگ‌سازی با مدل رقابتی

قضیه: با مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی تحت شرایط زیر قیمت زنجیره تامین غیر-سبز نسبت به حالت رقابتی کاهش می‌یابد.

$$b_2 < \frac{2t_2}{t_1} \Rightarrow p_{ng}^a < p_{ng}^c \quad \text{(رابطه ۴۳)}$$

اثبات: تفاوت قیمت غیرسبز در حالت مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی با مدل رقابتی به صورت زیر است. از آنجا که مقدار مخرج کسر همواره منفی است، برای اینکه اختلاف کوچکتر از صفر شود صورت کسر باید مثبت باشد.

$$\Delta p_{ng} = p_{ng}^a - p_{ng}^c = \frac{\sqrt{A}(2t_2 - b_2t_1)}{b_1b_2 - 4} \quad \text{(رابطه ۴۴)}$$

## مقایسه رفاه اجتماعی در مدل اخذ مالیات با مدل رقابتی

قضیه: با مداخله دولت به صورت اخذ مالیات از زنجیره تامین غیرسبز، مقدار رفاه اجتماعی نسبت به حالت رقابتی همواره افزایش می‌یابد.

$$sw^t > sw^c \quad \text{(رابطه ۴۵)}$$

اثبات: میزان تفاوت رفاه اجتماعی در این حالت نسبت به مدل رقابتی به صورت زیر است، از آنجا که عبارت حاصل یعنی  $b_1(b_1b_2 - 2)$  مقداری منفی است، به همین علت کل عبارت همواره بزرگتر از صفر است.

$$\Delta sw = sw^t - sw^c = (-0.25)(4c_g + 3a_1b_1b_2 - 4a_1 + b_1^2b_2^2c_g - 4b_1c_{ng} - 3b_1b_2c_g + a_2b_1^2b_2 + 2b_1^2b_2c_{ng})^2 / (b_1(2 - b_1b_2)(b_1b_2 - 4)^2) \quad \text{(رابطه ۴۶)}$$

## مقایسه قیمت سبز در مدل اخذ مالیات با مدل رقابتی

قضیه: با مداخله دولت به صورت اخذ مالیات از زنجیره تامین غیرسبز، تحت شرایط زیر قیمت زنجیره تامین سبز افزایش می‌یابد.

$$b_1^2b_2(a_2 + 2c_{ng} + b_2c_g) + b_1b_2(3a_1 - 3c_g) > 4a_1 - 4c_g + 4b_1c_{ng} \Rightarrow p_g^t > p_g^c \quad \text{(رابطه ۴۷)}$$

اثبات: تفاوت قیمت زنجیره تامین سبز در این مورد نسبت به مدل رقابتی به صورت زیر است. از آنجا که حاصل عبارت یعنی  $(b_1 b_2 - 4)(b_1 b_2 - 2)$  مقداری مثبت بوده، پس برای اینکه اختلاف بزرگتر از صفر شود، باید صورت کسر نیز مقداری مثبت باشد.

$$\Delta p_g = p_g^t - p_g^c = (0.5)(b_1^2 b_2 (a_2 + 2c_{ng} + b_2 c_g) - 4a_1 + 4c_g + b_1(b_2(3a_1 - 3c_g) - 4c_{ng})) / ((b_1 b_2 - 4)(b_1 b_2 - 2)) \quad \text{رابطه ۴۸}$$

### مقایسه قیمت غیرسبز در مدل اخذ مالیات با مدل رقابتی

قضیه: با مداخله دولت به صورت اخذ مالیات از زنجیره تامین غیرسبز، تحت شرایط زیر قیمت زنجیره تامین غیرسبز افزایش می‌یابد.

$$b_1^2 b_2 (a_2 + 2c_{ng} + b_2 c_g) + b_1 b_2 (3a_1 - 3c_g) > 4a_1 - 4c_g + 4b_1 c_{ng} \Rightarrow p_{ng}^t > p_{ng}^c \quad \text{رابطه ۴۹}$$

اثبات: تفاوت قیمت غیرسبز در این مدل با حالت رقابتی به صورت زیر است. از آنجا که مخرج کسر مقداری مثبت بوده، پس برای اینکه اختلاف بزرگتر از صفر شود، باید صورت کسر نیز مقداری مثبت باشد.

$$\Delta p_{ng} = p_{ng}^t - p_{ng}^c = (0.5)(b_1^2 b_2 (a_2 + 2c_{ng} + b_2 c_g) - 4a_1 + 4c_g + b_1(b_2(3a_1 - 3c_g) - 4c_{ng})) / ((b_1 b_2 - 4)(b_1 b_2 - 2)) \quad \text{رابطه ۵۰}$$

### مثال عددی

#### مدل رقابتی

به عنوان نمونه برای پارامترها یک مثال عددی در نظر گرفته می‌شود تا قضایا اثبات شده در بالا مورد آزمون قرار گیرند.  $b_2, b_1, a_2, a_1, c_{ng}, c_g$  مقدار دهی اولیه شده و در رابطه ۳، ۴ و ۶ جایگزین می‌شوند (مقدار اولیه پارامترها در جدول شماره ۲ قابل مشاهده است). در اینجا دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز تلاش می‌کنند سود خود را حداکثر کنند و

مداخله‌ای از سوی دولت صورت نمی‌پذیرد. قیمت بهینه زنجیره تامین سبز و غیرسبز و میزان رفاه اجتماعی به صورت زیر نتیجه می‌شوند.

$$p_g^{c*} = 232.558. p_{ng}^{c*} = 306.395. B_g^{c*} = 17571.66.$$

$$B_{ng}^{c*} = 65738.574. sw^{c*} = 33987.29 \quad (\text{رابطه ۵۱})$$

### مدل مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی

در اینجا پارامترهای اولیه مدل قبل به علاوه  $t_1$  و  $t_2$  در روابط ۱۵ تا ۱۷ جایگزین می‌شوند. در اینجا دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز تلاش می‌کنند سود خود را حداکثر کنند. اما دولت به عنوان رهبر وارد بازی شده و تلاش می‌کند رفاه اجتماعی را حداکثر کند. قیمت بهینه زنجیره تامین سبز، قیمت بهینه زنجیره تامین غیرسبز، میزان فرهنگ‌سازی و رفاه اجتماعی به شرح ذیل است.

$$p_g^{a*} = 328.387. p_{ng}^{a*} = 230.612. A^* = 113150.964 \quad (\text{رابطه ۵۲})$$

$$B_g^{a*} = 52160.666. B_{ng}^{a*} = 32620.783. sw^{a*} = 41249.506 \quad (\text{رابطه ۵۳})$$

چهار شرط برای برقراری مدل الزامی بود، همانگونه که مشاهده می‌شود با جایگذاری، هر چهار شرط برای این مثال برقرار است.

$$1) (-2) * 120 - 0.8 * 400 + 0.8 * 0.65 \sqrt{113150.964}$$

$$-0.8 * 50 - 2 * 0.75 * \sqrt{113150.964} - 2 * 100 = -1129.651 < 0$$

(رابطه ۵۴)

$$2) 2 * 400 - 2 * 0.65 * \sqrt{113150.964} + 2 * 50 +$$

$$0.7 * 120 + 0.7 * 0.75 * \sqrt{113150.964} + 0.7 * 100 = 793.306 > 0$$

(رابطه ۵۵)

$$3) (-2) * 0.8 * 0.75^2 + 0.65 * 4 * 0.75 + 0.8 -$$

$$2 * 0.7 * 0.75^2 - 0.75 * 0.65 * 0.7 = 0.721 > 0$$

(رابطه ۵۶)

$$4) 50 * 0.75 * 0.8^2 * 0.7 - 4 * 120 * 0.7 * 0.75 +$$

$$\begin{aligned}
 & 0.75 * (200 - 1600) + 4 * 0.65 * (120 - 100) + \\
 & 0.8(-100 * 0.7^2 * 0.75 + 120 * 4 * 0.65 + \\
 & 0.7(0.75(-150 - 400) + 0.65(120 + 300))) \\
 & = -1091.12 < 0
 \end{aligned}$$

رابطه ۵۷)

### مدل مداخله دولت به صورت اخذ مالیات

در این حالت برای نمونه  $c_g$ ،  $c_{ng}$ ،  $a_1$ ،  $a_2$ ،  $b_1$ ،  $b_2$  و  $k_{ng}$  مقدار دهی اولیه شده و در روابط ۲۸ تا ۳۰ جایگزین می‌شوند (مقدار اولیه پارامترها در جدول شماره ۴ قابل مشاهده است). در اینجا دو زنجیره تامین سبز و غیرسبز تلاش می‌کنند سود خود را حداکثر کنند. اما دولت به عنوان رهبر وارد بازی شده و از زنجیره تامین غیرسبز مالیات گرفته و تلاش می‌کند رفاه اجتماعی را بیشینه کند. قیمت و سود زنجیره‌های تامین، نرخ مالیات و میزان رفاه اجتماعی به شرح ذیل است.

$$p_g^{t*} = 237.50. p_{ng}^{t*} = 318.749. k_{ng}^* = 21.249 \quad \text{رابطه ۵۸)}$$

$$\begin{aligned}
 B_g^{t*} &= 18906.25. B_{ng}^{t*} = 61256.25. \\
 sw^{t*} &= 34031.25
 \end{aligned}$$

رابطه ۵۹)

سه شرط برای برقراری مدل الزامی بود، که همانگونه که در روابط ۶۰ تا ۶۲ مشاهده می‌شود هر سه شرط برای این مثال صادق هستند.

$$120 - 100 * 0.8 * 0.7 + 400 * 0.8 + 3 * 100 = 684 > 0 \quad \text{رابطه ۶۰)}$$

$$120 * 0.8 * 0.7 + 400 * 0.8 - 120 + 100 = 367.2 > 0 \quad \text{رابطه ۶۱)}$$

$$\begin{aligned}
 & 0.8 * 3 * 120 * 0.7 + 50 * 2 * 0.7 * 0.8^2 + \\
 & 0.7 * 0.8^2 * 400 + 4 * 100 + 100 * 0.8^2 * 0.7^2 \\
 & > 50 * 4 * 0.8 + 4 * 120 + 0.7 * 3 * 0.8 * 100 \\
 & \Rightarrow 856.96 > 808
 \end{aligned}$$

رابطه ۶۲)

## مقایسه مدل رقابتی با مدل مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی

دو نمونه عددی بیان شده از مدل رقابتی و فرهنگ‌سازی که دارای ضرایب مشابه هستند در جدول ۲ نمایش داده شده اند. نتایج این دو مدل مورد بررسی قرار گرفت و صحت قضایای بیان شده تایید شد. طبق جدول، شرط زیر که نشان‌دهنده افزایش قیمت زنجیره تامین سبز بوده در این مثال برقرار است، بنابراین قیمت زنجیره تامین سبز در حالت فرهنگ‌سازی نسبت به مدل رقابتی افزایش یافته و از ۲۳۲/۵۶ به ۳۲۸/۳۹ تغییر کرده است.

$$b_1 < \frac{2t_1}{t_2} \Rightarrow 0.8 < \frac{2 * 0.75}{0.65} = 2.3 \quad (\text{رابطه ۶۳})$$

همچنین به علت اینکه شرط زیر که مربوط به کاهش قیمت زنجیره تامین غیرسبز بوده، نیز برقرار است، قیمت زنجیره تامین غیرسبز از ۳۰۶/۳۹ به ۲۳۰/۶۱ کاهش یافته است.

$$b_2 < \frac{2t_2}{t_1} \Rightarrow 0.7 < \frac{2 * 0.65}{0.75} = 1.73 \quad (\text{رابطه ۶۴})$$

جدول ۲: مقایسه اول مدل رقابتی با مدل فرهنگ‌سازی دولت

مدل فرهنگ‌سازی	مدل رقابتی	پارامتر / متغیر
۱۰۰	۱۰۰	$c_g$
۱۲۰	۱۲۰	$a_1$
۰/۸	۰/۸	$b_1$
۵۰	۵۰	$c_{ng}$
۴۰۰	۴۰۰	$a_2$
۰/۷	۰/۷	$b_2$
۰/۷۵	.	$t_1$
۰/۶۵	.	$t_2$
۱۱۳۱۵۰/۹۶	.	$A$
۳۲۸/۳۹	۲۳۲/۵۶	$p_g$
۲۳۰/۶۱	۳۰۶/۳۹	$p_{ng}$
۵۲۱۶۰/۶۷	۱۷۵۷۱/۶۶	$B_g$
۳۲۶۲۰/۷۸	۶۵۷۳۸/۵۷	$B_{ng}$
۴۱۲۴۹/۵۱	۳۳۹۸۷/۲۹	$SW$



جهت اطمینان بیشتر مثال عددی دیگر مطابق جدول ۳ مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که در این مثال نیز شرط زیر که مربوط به افزایش قیمت زنجیره تامین سبز بوده، برقرار است، بنابراین قیمت زنجیره تامین سبز از ۲۵۲/۶۲ به ۳۶۰/۵۴ افزایش یافته است.

$$b_1 < \frac{2t_1}{t_2} \Rightarrow 0.9 < \frac{2 * 0.75}{0.65} = 2.3 \quad \text{رابطه (۶۵)}$$

همچنین به دلیل اینکه شرط زیر که مرتبط با کاهش قیمت زنجیره تامین غیرسبز بوده برقرار است، قیمت زنجیره تامین غیرسبز از ۳۲۸/۰۵ به ۲۴۹/۳۲ کاهش می‌یابد.

$$b_2 < \frac{2t_2}{t_1} \Rightarrow 0.8 < \frac{2 * 0.65}{0.75} = 1.73 \quad \text{رابطه (۶۶)}$$

جدول ۳: مقایسه دوم مدل رقابتی با مدل فرهنگ‌سازی دولت

مدل فرهنگ‌سازی	مدل رقابتی	پارامتر / متغیر
۱۰۰	۱۰۰	$c_g$
۱۲۰	۱۲۰	$a_1$
۰/۹	۰/۹	$b_1$
۵۰	۵۰	$c_{ng}$
۴۰۰	۴۰۰	$a_2$
۰/۸	۰/۸	$b_2$
۰/۷۵	.	$t_1$
۰/۶۵	.	$t_2$
۱۳۶۹۸/۲۱	.	$A$
۳۶۰/۵۴	۲۵۷/۶۲	$p_g$
۲۴۹/۳۲	۳۲۸/۰۵	$p_{ng}$
۶۷۸۷۸/۸۶	۲۴۸۴۴/۶۸	$B_g$
۳۹۷۲۷/۲۴	۷۷۳۱۱/۱۲	$B_{ng}$
۵۱۹۲۹/۱۸	۴۳۸۲۶/۵۹	$SW$

بنابراین با بررسی دو مثال مذکور می‌توان نتیجه گرفت، مداخله دولت این فرصت را در اختیار زنجیره تامین سبز قراردادده تا قیمت خود را افزایش دهد و زنجیره تامین غیرسبز را وادار می‌کند قیمت خود را کاهش دهد. در واقع یک نقش حمایتی مناسب برای افزایش اختیار زنجیره تامین سبز در قیمت‌گذاری را فراهم می‌کند. در ضمن در هر دو مثال سود

زنجیره تامین سبز و رفاه اجتماعی افزایش یافته و سود زنجیره تامین غیرسبز کاهش یافته است.

### مقایسه مدل رقابتی با مدل مداخله دولت به صورت اخذ مالیات

دو نمونه عددی بیان شده از مدل رقابتی و مدل اخذ مالیات که دارای ضرایب مشابه هستند در جدول ۴ نمایش داده شده اند. نتایج این دو مدل مورد بررسی قرار گرفت و صحت قضایای بیان شده تایید شد. همانگونه که در ذیل مشاهده می شود، شرط افزایش قیمت زنجیره ها در این مثال برقرار است. بنابراین قیمت زنجیره تامین سبز از  $۲۳۲/۵۶$  به  $۲۳۷/۵$  و قیمت زنجیره تامین غیرسبز از  $۳۰۶/۳۹$  به  $۳۱۸/۷۵$  افزایش می یابند.

$$b_1^2 b_2 (a_2 + 2c_{ng} + b_2 c_g) + b_1 b_2 (3a_1 - 3c_g) >$$

$$4a_1 - 4c_g + 4b_1 c_{ng} \Rightarrow$$

$$0.8^2 * 0.7 * (0.7 * 100 + 400 + 2 * 50) + 0.8 *$$

$$0.7 * (3 * 120 - 3 * 100) >$$

$$4 * 0.8 * 50 + 4 * 120 - 4 * 100 \Rightarrow 288.96 > 240 \quad (\text{رابطه ۶۷})$$

طبق قضیه ای که اثبات شد با مداخله دولت به صورت اخذ مالیات، رفاه اجتماعی همواره افزایش می یابد، که در این مثال نیز مقدار آن از  $۳۳۹۸۷/۲۹$  به  $۳۴۰۳۱/۲۵$  افزایش یافته است.

جدول ۴: مقایسه اول مدل رقابتی با مدل اخذ مالیات

مدل اخذ مالیات	مدل رقابتی	پارامتر / متغیر
۱۰۰	۱۰۰	$c_g$
۱۲۰	۱۲۰	$a_1$
۰/۸	۰/۸	$b_1$
۵۰	۵۰	$c_{ng}$
۴۰۰	۴۰۰	$a_2$
۰/۷	۰/۷	$b_2$
۶۹/۰۳	.	$K_{ng}$
۲۳۷/۵	۲۳۲/۵۶	$p_g$
۳۱۸/۷۵	۳۰۶/۳۹	$p_{ng}$
۱۸۹۰۶/۲۵	۱۷۵۷۱/۶۶	$B_g$
۶۱۲۵۶/۲۵	۶۵۷۳۸/۵۷	$B_{ng}$
۳۴۰۳۱/۲۵	۳۳۹۸۷/۲۹	$SW$

جهت حصول اطمینان از قضایای بیان شده نمونه ای دیگر مطابق جدول ۵ مورد بررسی قرار گرفت. شرط افزایش قیمت زنجیره سبز و غیرسبز در این مثال نیز برقرار است. بنابراین قیمت زنجیره تامین سبز از ۲۵۷/۶۲ به ۲۷۶/۵۶ و قیمت زنجیره تامین غیرسبز از ۳۲۸/۰۵ به ۳۷۰/۱۴ افزایش می یابد.

$$b_1^2 b_2 (a_2 + 2c_{ng} + b_2 c_g) + b_1 b_2 (3a_1 - 3c_g) > 4a_1 - 4c_g + 4b_1 c_{ng} \Rightarrow$$

$$0.9^2 * 0.8(0.8 * 100 + 400 + 2 * 50) + 0.9 * 0.8(3 * 120 - 3 * 100) > 4 * 0.9 * 50 +$$

$$4 * 120 - 4 * 100 \Rightarrow 419.04 > 260 \quad (\text{رابطه ۶۸})$$

طبق قضیه بیان شده با مداخله دولت به صورت اخذ مالیات، رفاه اجتماعی همواره افزایش می یابد، که در این مثال نیز مقدار آن از ۴۳۸۲۶/۵۹ به ۴۴۳۳۶/۸۱ افزایش یافته است.

جدول ۵: مقایسه دوم مدل رقابتی با مدل اخذ مالیات

مدل اخذ مالیات	مدل رقابتی	پارامتر / متغیر
۱۰۰	۱۰۰	$c_g$
۱۲۰	۱۲۰	$a_1$
۰/۹	۰/۹	$b_1$
۵۰	۵۰	$c_{ng}$
۴۰۰	۴۰۰	$a_2$
۰/۸	۰/۸	$b_2$
۲۱/۲۵	.	$K_{ng}$
۲۷۶/۵۶	۲۵۷/۶۲	$p_g$
۳۷۰/۱۴	۳۲۸/۰۵	$p_{ng}$
۳۱۱۷۴/۳۲	۲۴۸۴۴/۶۸	$B_g$
۶۳۰۵۶/۷۹	۷۷۳۱۱/۱۲	$B_{ng}$
۴۴۳۳۶/۸۱	۴۳۸۲۶/۵۹	$SW$

## بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله مدل‌سازی برای ۳ حالت مختلف صورت پذیرفت. در مدل رقابتی دولت حضور نداشت و زنجیره‌های تامین سبز و غیرسبز به صورت مجموع غیرصفر با یکدیگر رقابت کردند. در مدل فرهنگ‌سازی، دولت به عنوان رهبر وارد عمل شده و تبلیغاتی را برای زنجیره تامین سبز انجام می‌دهد. در این حالت زنجیره‌ها ابتدا قیمت خود را تعیین کرده و پس از آن دولت با آگاهی از قیمت زنجیره‌ها میزان فرهنگ‌سازی (تبلیغات) را معین می‌کند. در مدل اخذ مالیات دولت مالیاتی را بر حسب تقاضا از زنجیره تامین غیرسبز می‌گیرد. در این مسئله نیز ابتدا زنجیره‌ها قیمت خود را مشخص کرده و سپس دولت با آگاهی از قیمت‌ها، میزان مالیات را معین می‌کند. در هر دو مدل مداخله دولت، مسئله به صورت استاکلبرگ مدل می‌شود. در هر دو حالت زنجیره‌ها به صورت پیرو عمل کرده، دولت به عنوان رهبر و با اطلاع از تصمیمات زنجیره‌ها تصمیم نهایی را اعمال می‌کند. به طور کلی می‌توان نتایج زیر را از این تحقیق بدست آورد.

دولت می‌تواند با در نظر گرفتن پاسخ بهینه زنجیره‌ها و حالت‌های مختلف تعادلی که بدست می‌آید، استراتژی خود را انتخاب نماید. نتایج تحقیق می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های دولت موثر باشد. دولت با توجه به اینکه چه هدفی را در برنامه خود دارد می‌تواند هر یک از این سیاست‌ها را برگزیند.

همانگونه که حافظ‌الکتب (۲۰۱۷) نتیجه گرفت، دولت‌ها با مداخله خود می‌توانند زمینه را برای توسعه محصولات سبز فراهم کنند. در اینجا نیز دولت‌ها با مداخله خود می‌توانند زمینه را برای توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست فراهم کنند. مداخله دولت هم به صورت فرهنگ‌سازی (تاثیر مستقیم روی مصرف‌کننده) و هم به صورت اخذ مالیات (تاثیر مستقیم روی تولیدکننده) می‌تواند باشد.

با مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی، دولت تبلیغاتی را انجام می‌دهد تا استفاده از محصول سبز را افزایش داده و زمینه را برای حفظ محیط زیست فراهم کند. از آنجا که فرهنگ‌سازی دولت باعث افزایش تقاضای زنجیره تامین سبز و کاهش تقاضای زنجیره تامین غیرسبز می‌شود، این امکان برای زنجیره تامین سبز فراهم می‌شود تا تحت شرایطی قیمت خود را بالا ببرد. اگر شرط  $b_1 < 2t_1/t_2$  برقرار باشد، زنجیره تامین سبز می‌تواند قیمت خود را بالا برده و سود خود را افزایش دهد. به عبارت دیگر این مداخله حمایت

خوبی برای زنجیره تامین سبز بوده و باعث تشویق بیشتر تولیدکنندگان به تولید محصولات سبز می‌شود.

با مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی، با توجه به اینکه دولت تبلیغاتی را برای محصول سبز انجام می‌دهد، تقاضا برای محصول غیرسبز کاهش می‌یابد. از آنجا که با این اقدام دولت، استقبال از محصولات زنجیره تامین غیرسبز کمتر می‌شود، تحت شرایطی زنجیره تامین غیرسبز به اجبار قیمت خود را پایین می‌آورد. اگر ارتباط بین پارامترها به صورت  $b_2 < 2t_2/t_1$  باشد، زنجیره تامین غیرسبز مجبور می‌شود قیمت خود را پایین آورد.

با مداخله دولت به صورت اخذ مالیات، اگر دولت هدف خود را بیشینه کردن رفاه اجتماعی قرار دهد، تحت هر شرایطی رفاه اجتماعی نسبت به مدل رقابتی افزایش می‌یابد. پس اگر دولت هدف خود را افزایش رفاه اجتماعی قرار دهد، با بستن مالیات بر روی زنجیره تامین غیرسبز می‌تواند سطح رفاه اجتماعی را افزایش دهد.

اگر دولت برای افزایش سطح رفاه اجتماعی اقدام به اخذ مالیات از زنجیره تامین غیر-سبز کند و شرط زیر برقرار باشد، زنجیره تامین غیرسبز برای این که سود خود را از دست ندهد به اجبار قیمت خود را افزایش می‌دهد، همچنین زنجیره تامین سبز نیز به صورت همزمان قیمت خود را بالا می‌برد. پس اگر دولت تحت شرایط زیر اقدام به اخذ مالیات با هدف افزایش رفاه اجتماعی کند، باعث افزایش سطح عمومی قیمت‌ها می‌شود.

$$b_1^2 b_2 (a_2 + 2c_{ng} + b_2 c_g) + b_1 b_2 (3a_1 - 3c_g) > 4a_1 - 4c_g + 4b_1 c_{ng} \quad (\text{رابطه ۶۹})$$

با توجه به اینکه برخی دولت‌ها سطوح حداقلی را برای رفاه اجتماعی در نظر می‌گیرند، در تحقیقات آتی می‌توان برای تابع رفاه اجتماعی مقدار حداقلی را در نظر گرفت که دولت ملزم باشد این مقادیر حداقل را برآورده کرده و به عنوان محدودیت وارد معادلات خود کند. در مدل اخذ مالیات این تحقیق، تقاضای زنجیره تامین غیر سبز هر مقداری باشد مشمول مالیات می‌شود، اما در پژوهش‌های آتی می‌توان برای تقاضا حدی را تعیین کرد که اگر تولید زنجیره تامین غیرسبز از آن حد عبور کرد مشمول مالیات شود.

## تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

## ORCID

Mohammad Reza Monjazeb  <https://orcid.org/0000-0002-8696-610X>

Mohammad Kazem Sayadi  <https://orcid.org/0000-0002-1401-7319>

Mohammad Javad Farsayyad  <https://orcid.org/0000-0003-4652-0995>

## منابع

احمدی، بهمن؛ نریمان زاده، نادر و جمالی، علی (۱۳۹۵). طراحی استراتژیک سیستم‌های مکانیکی در فضای غیرهمکارانه با استفاده از نظریه بازی. مجله مهندسی مکانیک مدرس، مهر، دوره ۱۶، شماره ۷: ۳۲۶-۳۱۷.

اسمعیلی، مریم و زندی، شهلا (۱۳۹۷). مداخله دولت در رقابت بین زنجیره‌های تامین سبز و غیرسبز. فصلنامه مدیریت صنعتی، دوره ۱۰، شماره ۲: ۳۱۴-۲۹۷.

امانی، معصومه؛ اشرفی، امیر؛ دهقانان، حمید (۱۳۹۶). «موانع پذیرش زنجیره تامین سبز با استفاده از تکنیک دیمتل فازی»، فصلنامه مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات سال پنجم، شماره ۱۹، بهار: ۱۴۷-۱۷۹

حسینی، سیده اسماء؛ ایرانبان، سیدجواد؛ میرجهان مرد، سیدجواد (۱۳۹۳). «تعیین و اولویت بندی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز با استفاده از رویکرد تحلیل مسیر». مجله مدیریت تولید و عملیات، دوره پنجم، پیاپی ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان: ۱۷۸-۱۶۱.

سهرابی، طهمورث و اعتماد، فتحی (۲۰۱۸). مدل سازی ریاضی شبکه زنجیره تامین حلقه بسته سبز با در نظر گرفتن ریسک تامین: مطالعه موردی مجله مدل سازی پیشرفته ریاضی. دوره ۷، شماره ۲: ۱۰۳-۱۲۲.

عبدلی، قهرمان و شیردل، رامین (۱۳۸۹). کشش مطلوبیت نهایی تابع رفاه اجتماعی و وزن‌های رفاهی استان‌ها در ایران. فصلنامه علمی پژوهشی رفاه اجتماعی، سال دهم، شماره ۳۶: ۱۸۴-۱۴۹.

مزروعی نصرآبادی، اسماعیل؛ جعفری گهرویی، طیبه (۱۳۹۶). «ارائه مدل محرک‌های زنجیره تامین سبز مورد مطالعه: هنر صنعت فرش دستباف»، دو فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن علمی فرش ایران، شماره ۳۱، بهار و تابستان. ۷۰-۵۹.

هزارجریبی، جعفر و مردوخ روحانی، احسان (۱۳۹۱). «بررسی رابطه رفاه اجتماعی و سرمایه اجتماعی در سندج»، جامعه شناسی کاربردی، سال بیست و سوم، شماره پیاپی ۴۵، شماره اول، بهار. همایون فر، مهدی؛ گودرزوند چگینی، مهرداد و دانشور، امیر (۱۳۹۶). «الویت بندی تامین کنندگان زنجیره تامین سبز با استفاده از رویکرد MCDM فازی». مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن. سال پانزدهم، شماره ۲ (پیاپی ۵۷): ۶۱-۴۱.

## References

- Azzzone, G., & Noci, G. (1996). Measuring the environmental performance of new products: an integrated approach. *International Journal of Production Research*, 34(11), 3055-3078.
- Bak, M. (2004). Can Developmental Social Welfare Change an Unfair World?: The South African Experience, *International Social Work*, 47:81.
- Chassagnon, A. (2019). Welfare economy.
- Farahani, R. Z., Asgari, N., & Davarzani, H. (2009). Supply chain and logistics in national, international and governmental environment: concepts and models: Springer Science & Business Media.
- Gao, J., Xiao, Z., Cao, B., & Chai, Q. (2018). «Green supply chain planning considering consumer's transportation process». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 109, 311-330.
- Giri, R. N., Mondal, S. K., & Maiti, M. (2019). «Government intervention on a competing supply chain with two green manufacturers and a retailer». *Computers & Industrial Engineering*, 128, 104-121.
- Gass, Saul I, Assad, Arjang A, an Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2005
- Guo, D., He, Y., Wu, Y., & Xu, Q. (2016). «Analysis of supply chain under different subsidy policies of the government». *Sustainability*, 8(12), 1290.
- Hafezalkotob, A. (2017). «Competition, cooperation, and cooptation of green supply chains under regulations on energy saving levels». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 97, 228-250.
- Hafezalkotob, A. (2018a). «Direct and indirect intervention schemas of government in the competition between green and non-green supply chains». *Journal of cleaner production*, 170, 753-772.
- Hafezalkotob, A. (2018b). «Modelling intervention policies of government in price-energy saving competition of green supply chains». *Computers & Industrial Engineering*, 119, 247-261.
- Hafezalkotob, A., Babaei, M., Rasulibaghban, A., & Noori-Daryan, M. (2014). Distribution design of two rival decentralized supply chains: A two-person nonzero sum game theory approach. *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, 27(8), 1233-1242.
- Hafezalkotob, A., & Mahmoudi, R. (2017). «Selection of energy source and evolutionary stable strategies for power plants under financial intervention of government». *Journal of Industrial Engineering International*, 13(3), 357-367.
- Lambert, D.M. and Cooper, M.C. (2000), «Issues in supply chain management», *Industrial Marketing Management*, Vol. 29 No. 1, pp. 65-84.
- Ma, P., Zhang, C., Hong, X., & Xu, H. (2018). «Pricing decisions for substitutable products with green manufacturing in a competitive supply chain». *Journal of cleaner production*, 183, 618-640.
- Midgley, J. (1997). *Social welfare in global context*: Sage.

- Moon, I., Dey, K., & Saha, S. (2018). «Strategic inventory: manufacturer vs. retailer investment». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 109, 63-82.
- Moradinasab, N., Amin-Naseri, M., Behbahani, T. J., & Jafarzadeh, H. (2018). «Competition and cooperation between supply chains in multi-objective petroleum green supply chain: A game theoretic approach». *Journal of cleaner production*, 170, 818-841.
- Myerson, R. B. (2013). *Game theory*: Harvard university press.
- Nagurney, A. (2010). «Optimal supply chain network design and redesign at minimal total cost and with demand satisfaction». *International Journal of Production Economics*, 128(1), 200-208.
- New, S., Green, K., & Morton, B. (2002). An analysis of private versus public sector responses to the environmental challenges of the supply chain. *Journal of Public Procurement*, 2 (1), 93-99.
- Rezapour, S., Farahani, R. Z., Dullaert, W., & De Borger, B. (2014). «Designing a new supply chain for competition against an existing supply chain». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 67, 124-140.
- SeyedEsfahani, M. M., Biazaran, M., & Gharakhani, M. (2011). «A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer-retailer supply chains». *European Journal of Operational Research*, 211(2), 263-273.
- Szmerekovsky, J. G., & Zhang, J. (2009). «Pricing and two-tier advertising with one manufacturer and one retailer». *European Journal of Operational Research*, 192(3), 904-917.
- Van Hoek, R.I. (1998), «Measuring the unmeasurable – measuring and improving performance in the supply chain», *Supply Chain Management*, Vol. 3 No. 4, pp. 187-91.
- Wang, Q., Zhao, D., & He, L. (2016). «Contracting emission reduction for supply chains considering market low-carbon preference». *Journal of cleaner production*, 120, 72-84.
- Wang, Y., Fan, R., Shen, L., & Miller, W. (2020). «Recycling decisions of low-carbon e-commerce closed-loop supply chain under government subsidy mechanism and altruistic preference». *Journal of Cleaner Production*, 120883.
- Xie, J., & Wei, J. C. (2009). «Coordinating advertising and pricing in a manufacturer-retailer channel». *European Journal of Operational Research*, 197(2), 785-791.
- Yuyin, Y., & Jinxi, L. (2018). «The effect of governmental policies of carbon taxes and energy-saving subsidies on enterprise decisions in a two-echelon supply chain». *Journal of cleaner production*, 181, 675-691.
- Zhang, J., Gou, Q., Liang, L., & Huang, Z. (2013). «Supply chain coordination through cooperative advertising with reference price effect». *Omega*, 41(2), 345-353.



### In Persian

- Abdoli, G., Shirdel, R. (2010). The ultimate utility elasticity of the social welfare function and welfare weights of the provinces in Iran. *Social Welfare Quarterly*. 10 (36) :149-184.
- Ahmadi B, Nariman-zadeh N, Jamali A. (2016). Strategic design of mechanical systems in the non-cooperative environment using the game theory. *Modares Mechanical Engineering*. 16 (7) :317-326.
- Amani, M., Ashrafi, A., Dehghanan, H. (2017). Assessing the barriers to green supply chain adoption using fuzzy DEMATEL technique. *IT Management Studies*, 5(19), 147-179.
- Esmaceli, M., Zandi, S. (2018). «Intervention of Government in the Competition between Green and Non-Green Supply Chains». *Industrial Management Journal*, 2018, Vol. 10, No.2, pp. 297-314
- Hezar Jaribi, J., Mardookh Rohani, E. (2012). A Survey of Relationship between Social Welfare and Social Capital In the City of Sanandaj, Iran. *Journal of Applied Sociology*, 23(1), 35-50.
- Homayounfar M, Goudarzvand chegini M, Daneshvar A. Prioritization of Green Supply Chain Suppliers Using a hybrid Fuzzy Multi-Criteria Decision Making approach. *Journal of Operational Research and Its Applications*. 2018; 15 (2) :41-61.
- Hosseini, A.S., Iranban, J. S., & Mirjahanmard, J. S. (2015). «Identifying & Prioritizing the Effective Factors on Green Supply Chain Management by Using Path Analysis Approach». *Production and Operations Management*, 5 (2) , 161-177.
- Mazrouinasrabadi, E., & jafari, T. (2017) «Recognition and Classifying the Drivers of Green Supply Chain for Hand-woven Carpet». *Iranian journal of Hand Woven Carpet*. 13 (31), 59-70.
- Sohrabi, T., Etemad, M., Fathi, M. (2018). Mathematical modeling of Green closed loop supply chain network with consideration of supply risk: Case Study. *Journal of Advanced Mathematical Modeling*, 7(2), 103-122.