

## Designing a Model for Examining The Impact of Government Intervention on the Competition between Green and Non-green Agency Supply Chains

**Mohammadtaghi**

**Moharrami** 

M.Sc. in Industrial Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran □

**Mohammad Kazem**

**Sayadi**  \*

Assistant Professor, ICT Research Institute, Tehran, Iran

**Meysam Rafei** 

Assistant Professor, Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran

### Abstract


Nowadays, due to the pollution that businesses and various industries impose to the environment, the adoption of strategies and policies by governments to improve the environmental performance of the supply chain has received more attention. The green supply chain will have many benefits, such as saving energy resources, reducing pollutants, and so on. Government intervention to develop these chains takes various forms, such as subsidies, taxes, licensing, and advertising. In this study, two manufacturers with green and non-green supply chains compete in a competitive market and sell their products through a joint retailer, and the government intervenes as a leader in the Stackelberg game. These chains are designed based on the selection of agent-based pricing and wholesale pricing methods in four different models. In these models, the government advertises for green products in the first and second models and imposes taxes on the producer of non-green products in the third and fourth models, seeking to maximize social welfare and improving the environment. In order to analyze and compare the models, the game theory approach was used. The results show that in general, government intervention improves the environmental situation and social welfare, and in the case of advertising has a better effect on the overall market trend and also on social welfare than the tax imposing strategy.


**Keywords:** Green Supply Chain, Non-Green Supply Chain, Government Intervention, Social Welfare, Agent-Based Model.


\* Corresponding Author: mk.sayadi@itrc.ac.ir

**How to Cite:** Moharrami, M., Sayadi, M. K., Rafei, M. (2022). Designing a Model for Examining Impact of Government Intervention on the Competition between Green and Non-green Agency Supply Chains, *Journal of Industrial Management Studies*, 20(66), 35-71.

## طراحی مدلی برای بررسی تأثیر مداخله دولت در رقابت بین زنجیره تأمین سبز و غیرسبز عامل محور

محمد تقی محرمی  کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

محمد کاظم صیادی  \* استادیار، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

میثم رافعی  استادیار اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

### چکیده

امروزه با توجه به آلودگی‌های زیست‌محیطی که محصولات مختلف ایجاد می‌کنند، اتخاذ سیاست‌هایی از سوی دولت‌ها در زمینه بهبود عملکرد زیست‌محیطی زنجیره تأمین بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. زنجیره تأمین سبز منافع زیادی را مانند صرفه‌جویی در منابع انرژی، کاهش آلاینده‌ها و... در پی خواهد داشت. مداخله دولت برای توسعه این زنجیره‌ها به صورت‌های مختلفی مانند پرداخت یارانه، اخذ مالیات، فروش مجوز و انجام تبلیغات است. در این پژوهش، دو تولیدکننده با زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز در بازار رقابتی با یکدیگر رقابت کرده و محصولات خود را از طریق یک خرده‌فروش مشترک به فروش می‌رسانند و دولت نیز به‌عنوان رهبر در بازی استاکلبرگ مداخله می‌کند. این زنجیره‌ها بر اساس انتخاب روش‌های قیمت‌گذاری عامل محور و عمده‌فروشی به چهار مدل مختلف طراحی شده است و در این مدل‌ها دولت با انجام تبلیغات برای محصولات سبز در دو مدل اول و دوم و با اخذ مالیات از تولیدکننده محصول غیرسبز در مدل‌های سوم و چهارم درصدد حداکثر کردن رفاه اجتماعی و بهبود محیط‌زیست است. به‌منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه مدل‌ها از روش نظریه بازیها استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که به‌طور کلی دخالت دولت باعث بهبود وضعیت زیست‌محیطی و رفاه اجتماعی می‌شود و در حالت انجام تبلیغات، تأثیر بهتری بر روند کلی بازار و همچنین بر رفاه اجتماعی نسبت به استراتژی اخذ مالیات دارد.

**کلیدواژه‌ها:** زنجیره تأمین سبز، زنجیره تأمین غیرسبز، مداخله دولت، رفاه اجتماعی، مدل عامل محور.

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشگاه خوارزمی است.

\* نویسنده مسئول: mk.sayadi@itrc.ac.ir

## ۱- مقدمه

امروزه همراه با رشد سریع صنعت در جهان، موضوع محیط‌زیست و آثار اکولوژیکی محصولات به مسئله‌ای مهم تبدیل شده است. نگرانی جدی در مورد آثار زیست‌محیطی و افزایش خطرهای ناشی از فعالیت‌های صنعتی برای سلامتی انسان‌ها، به افزایش پژوهش‌های مربوط به مدیریت زنجیره تأمین سبز منجر شده است (منجذب و همکاران، ۱۴۰۰). در اکثر کشورها به این نتیجه رسیده‌اند که توسعه، زمانی پایدار و مقاوم می‌گردد که هنگام استفاده از منابع محدود و تجدیدناپذیر، نهایت تلاش برای حفاظت از این منابع انجام گیرد (Hadi et al., 2020). دولت‌ها نیز سعی دارند بیشتر از گذشته با وضع قوانین زیست‌محیطی (سبز) در این راستا فعالیت نمایند (Giri et al., 2019). به‌عنوان مثال دولت چین با ارائه برنامه‌ای یک سری اقدامات مداخله‌ای را برای ترویج جمع‌آوری و بازیافت زباله‌های تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی<sup>۱</sup> معرفی می‌کند. مکانیزم مداخله دولت چین در مقاله‌ای بررسی شده و نتایج نشان می‌دهد که ارائه اقدامات تشویقی ممکن است لزوماً دینفعان را مشتاق به مشارکت در جمع‌آوری و بازیافت WEEE نکند. علاوه بر این، اگر اقدامات تشویقی صورت نگیرد، تا زمانی که دولت نظارت سخت‌گیرانه‌ای انجام ندهد و مجازات شدیدی را اتخاذ نکند، این امر نمی‌تواند مصرف‌کنندگان، جمع‌آورنده و بازیافت‌کننده را مجبور به مشارکت در جمع‌آوری و بازیافت WEEE کند (Wang et al., 2022). بنابراین تولید محصولات سبز به سبب سازگاری بیشتر با محیط‌زیست و انتشار کمتر آلودگی‌ها بیش‌ازپیش مورد توجه دولت‌ها و سازمان‌های جهانی قرار گرفته است. دولت‌ها از طریق روش‌های مختلفی مانند پرداخت یارانه، اخذ مالیات، اخذ هزینه برای مجوز، انجام تبلیغات و فرهنگ‌سازی و... بر روی تولید محصولات مداخله می‌کنند (Hafezalkotob, 2018). با افزایش آگاهی‌های عمومی درباره مسائل زیست‌محیطی و نیز نگرانی‌های موجود برای شرایط زندگی در سال‌های آینده بر روی کره زمین، مشتریان در هنگام خرید محصولات، به محصولات سازگار با محیط‌زیست گرایش بیشتری پیدا کرده‌اند. تولیدکنندگان و

---

۱. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)

کسب و کارهای موجود نیز با توجه به تغییر نگرش و تغییر رفتار مشتریان و همچنین با توجه به سیاست‌های جدید دولتی، در پی تغییر فرآیند تولید محصولات خود هستند. تحقیقات و پژوهش‌های زیادی در گذشته در مورد زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز، درآمد دولت و رفاه اجتماعی منتشر شده‌اند که در بخش بعد مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند.

هدف اصلی این تحقیق، بررسی نقش مداخله دولت در میزان تقاضای محصولات سبز و غیرسبز از طریق زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز عامل محور و شناسایی سیاست مطلوب دولت در زمینه توسعه یا عدم توسعه محصولات سبز و غیرسبز است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند توسط دولت‌ها در زمینه افزایش استفاده از کالاهای سبز و محافظت بهتر از محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله ابتدا در بخش دوم که مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق است تحقیقات قبلی و پژوهش‌های صورت گرفته در موضوع مربوطه ارائه می‌گردد. در بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش پرداخته و مدل‌های مسئله و روش‌های حل معادلات را مشخص می‌کنیم. در بخش چهارم مدل‌های مختلف را تجزیه و تحلیل کرده و روش‌های حل آن‌ها را ارائه می‌دهیم و به مقایسه آن‌ها می‌پردازیم. در بخش آخر نیز نتایج تحقیق و پیشنهادها را برای تحقیقات و توسعه بیشتر در این حوزه را عنوان می‌کنیم.

## ۲- مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق

امروزه با توجه به اثراتی که یک زنجیره تأمین بر محیط‌زیست می‌گذارد به زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز دسته‌بندی می‌کنند. زنجیره‌های تأمین که سازگاری بالاتری با محیط‌زیست داشته باشند زنجیره تأمین سبز نامیده می‌شوند و کالاهای تولیدی این زنجیره‌ها یا مصرف انرژی کمتری دارند یا تولیدات دی اکسید کربن پایین‌تری دارند و آلودگی کمتری ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه هزینه‌های تولید سبز بالاتر از تولید غیرسبز است، دولت‌ها به روش‌های مختلف اعم از اخذ مالیات از زنجیره‌های غیرسبز، پرداخت یارانه به زنجیره‌های سبز یا انجام تبلیغات در رسانه‌ها برای افزایش تمایل خرید کالاهای سبز از تولید سبز حمایت می‌کنند. در خلل انجام این امر مفهومی به نام رفاه اجتماعی نیز

اهمیت فراوانی دارد که دولت‌ها باید آن را در نظر داشته باشند و در راستای توسعه آن قدم بردارند (Achillas et al., 2018).

زنجیره تأمین عامل محور زنجیره‌ای از تأمین کالا است که در آن عمده‌فروش قیمت کالای تولیدی را تعیین نموده و خرده‌فروش به‌عنوان یک عامل درصد ثابتی از درآمد هر واحد کالا برای خود نگه می‌دارد (Tan et al., 2016). مدل عامل محور برای کالاهای دیجیتال نیز شباهت‌هایی با قراردادهای سنتی توزیع درآمد و حق امتیاز<sup>۱</sup> دارد. تحقیقات قبلی در مورد قراردادهای توزیع درآمد غالباً فرض می‌کند که تابع درآمد از تقاضای تصادفی با قیمت خرده‌فروشی ثابت، یعنی یک مدل روزنامه‌فروش به دست می‌آید. زنجیره تأمین کالاهای دیجیتال غیرمتمرکز هنگامی که ناشر تصمیم می‌گیرد، با مدل عامل محور «ادغام واقعی» حاصل شود. در اصل، ناشر تمام تصمیمات زنجیره تأمین را در مدل عامل محور انجام می‌دهد و درآمد را با خرده‌فروشان به اشتراک می‌گذارد درحالی که در مدل عمده‌فروشی، ناشر و خرده‌فروشان تصمیمات قیمت‌گذاری را به اشتراک می‌گذارند که این امر باعث دو برابر شدن حاشیه سود می‌شود (Tan & Carrillo, 2014; Barari et al., 2012). یک مدل بازی تکامل‌یافته برای حالتی که تولیدکننده به تولید محصولات سبز می‌پردازد و خرده‌فروش مسئولیت جذب مشتریان برای خرید کالاهای سبز را برعهده دارد، ارائه کردند. آن‌ها به یافتن تعادل بین مزیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی با ایجاد هماهنگی بین تولیدکننده و خرده‌فروش پرداختند، به‌نحوی که تولیدکننده و خرده‌فروش با هم‌راستا کردن استراتژی‌هایشان بتوانند از طریق سبز کردن محصول به بیشینه سود اقتصادی دست یابند. (Ghosh & Shah, 2012) یک زنجیره تأمین دوسطحی - شامل یک تولیدکننده، یک خرده‌فروش و مشتریان نهایی محصول - را در نظر گرفته‌اند. تولیدکننده یک محصول سبز تولید می‌کند و از طریق کانال خرده‌فروشی به مشتریان عرضه می‌کند. آن‌ها در کار خود برای محصول مورد نظر سطح سبز بودن را در نظر گرفته‌اند و به بررسی اثر ساختارهای کانال بر میزان سبز بودن محصول و حساسیت مشتریان بر تولید محصول

سبز را بررسی کردند و در نهایت برای حل مسئله از رویکرد نظریه بازی استفاده کرده‌اند. (Sheu & Chen, 2012) به بررسی اثر مداخله مالی دولت بر رقابت زنجیره تأمین سبز با استفاده از یک مدل نظریه بازی سه مرحله‌ای و استفاده از راه‌حل تعادل تنش برای تصمیمات دولت و اعضای زنجیره پرداختند. نتایج تحلیلی نشان داد که در شرایط تعادل سود زنجیره تأمین و رفاه اجتماعی در مقایسه با عدم مداخله دولت بهبود می‌یابد. (Dantas et al., 2014) تصمیمات قیمت‌گذاری یک تولیدکننده نسخه‌های دیجیتالی و چاپی کتاب را تحت مدل‌های عمده‌فروشی و عامل محور تحت انحصار یک خرده‌فروش بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در مدل عامل محور، قیمت پایین‌تری از محصولات چاپی برای خرده‌فروش از سوی تولیدکننده حاصل می‌شود و همچنین قیمت هر دو محصول پایین‌تر از قیمت آن‌ها در مدل عمده‌فروشی به دست می‌آید. (Tan et al., 2016) در پژوهش خود با در نظر گرفتن یک زنجیره تأمین شامل یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش که باهم رقابت می‌کنند، تأثیر استراتژیک مدل عامل محور را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که در مقایسه با مدل عمده‌فروشی، مدل عامل محور می‌تواند خرده‌فروشان رقیب را به تقسیم یک سود به صورت نسبتی از توزیع درآمد با یکدیگر هماهنگ کند. علاوه بر این آن‌ها همچنین منطقه بهبودی پارتو را شناسایی کردند که به موجب آن‌هم تولیدکننده و هم خرده‌فروشان، مدل عامل محور را به مدل عمده‌فروشی ترجیح می‌دهند. در نهایت آن‌ها به این نتیجه رسیدند که برخلاف پیش‌بینی‌های قبلی مبنی بر تأثیر منفی مدل عامل محور بر صنعت کتاب الکترونیکی، مدل عامل محور برتر از مدل عمده‌فروشی سنتی برای ناشران، خرده‌فروشان و مصرف‌کنندگان در این صنعت از کالاهای دیجیتالی است. (Luo et al., 2018) قیمت‌گذاری عمده‌فروشی و عامل محور در بازارهای انحصار و انحصار دوجانبه در حضور کتاب‌های چاپی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها متوجه شدند که اگر نسبت توزیع درآمد به اندازه کافی بالا و نرخ مالیات کتب دیجیتال پایین باشد، قیمت خرده‌فروشی تحت مدل عامل محور پایین‌تر از مدل عمده‌فروشی است. همچنین قیمت خرده‌فروشی نسخه

دیجیتال تحت مدل عامل محور در بازار انحصار دوجانبه نسبت به بازار انحصار بالاتر از قیمت آن تحت مدل عمده فروشی است. (Li et al., 2016) یک زنجیره تأمین با توزیع دوگانه را بررسی کردند که در آن تولیدکننده یک محصول سبز را تولید و از طریق کانال‌های فروش مستقیم و خرده‌فروشی به دست مشتری نهایی می‌رساند. آن‌ها نیز در مدل خود استراتژی و هزینه سبز بودن را در نظر گرفته و مسئله را در دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز با استفاده از رویکرد نظریه بازی و مدل بازی استاکبرگ تحت یک استراتژی قیمت‌گذاری ثابت حل کردند. آن‌ها دریافتند که قیمت خرده‌فروشی در زنجیره تأمین سبز متمرکز بالاتر از زنجیره تأمین غیرمتمرکز است که با نتیجه «حاشیه سود دوبرابر» در تضاد است (Huang et al., 2016)

یک زنجیره تأمین سبز شامل دو تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش را در نظر گرفتند. آن‌ها از رویکرد نظریه بازی برای بررسی اثرات طراحی خط محصول، انتخاب تأمین‌کننده و سیاست‌های قیمت‌گذاری بر سود و انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده‌اند و از الگوریتم ژنتیک برای یافتن جواب مدل خود بهره بردند. (Hafezalkotob, 2017) در تحقیقی با عنوان «رقابت، همکاری و هم‌رقابتی زنجیره‌های تأمین سبز تحت مقررات ذخیره انرژی» سود حاصل از صرفه‌جویی در انرژی در یک بازار رقابتی بین دو زنجیره تأمین سبز تحت مداخله دولت را بررسی کرد. هر زنجیره تأمین شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است. وی ۱۶ مدل ریاضی ایجاد شده را با مداخله دولت در نظر گرفت. در واقع چهار حالت اصلی را با چهار معیار در نظر گرفته و میزان صرفه‌جویی، درآمد دولت و میزان رفاه اجتماعی را در این حالت‌ها به دست آورد، در میان مدل‌های مختلفی که به کار برد حالت غیرمتمرکز کمترین بازدهی برای اهداف دولت و کمترین تأثیر را از مداخله دولت دارد. سینایی و راستی برزکی (۱۳۹۷) زنجیره تأمین با یک تولیدکننده محصول سبز و غیرسبز جایگزین، تولید کردند و به تجزیه و تحلیل دو خرده‌فروش سبز و غیرسبز همراه با اعمال مالیات توسط دولت روی محصولات غیرسبز در دو حالت متمرکز و نامتمرکز پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد دولت با اعمال مالیات بر

محصول غیرسبز و در نتیجه تغییر هزینه و قیمت محصولات، می‌تواند موجب افزایش سطح سبزی‌نگی محصول سبز و در نتیجه بهبود شرایط زیست‌محیطی شود. (Madani & Rasti- Barzoki, 2017) یک مدل رقابتی ریاضی ارائه دادند و در آن برای دولت نقش رهبر را لحاظ کردند و دو زنجیره تأمین سبز و غیرسبز که هر یک در بردارنده یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش بود را پیرو در نظر گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده، تأثیر افزایش نرخ سوبسید بیشتر از نرخ مالیات بود که این مسئله موجب سود دولت و زنجیره‌های تأمین افزایش یابد.

اسمعیلی و زندی (۱۳۹۷) در پژوهشی باهدف مسائل زیست‌محیطی به بررسی نقش دولت به‌منزله رهبر، برای دستیابی به کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی و افزایش شاخص رفاه اجتماعی با تعیین تعرفه‌هایی برای هر دو زنجیره بر اساس بازی استاکلبرگ، به شکل مدل برنامه‌ریزی غیرخطی با محدودیت‌های چهارسطحی پرداختند. به طوری که ابتدا تعرفه‌ها (برای زنجیره‌های تأمین محصول سبز به صورت پرداخت یارانه و برای محصول غیرسبز به صورت دریافت جریمه) از سوی دولت تعیین شده؛ سپس بر اساس تعرفه‌ها، مقدار و قیمت محصولات توسط خرده‌فروش، تأمین‌کننده و تولیدکننده مشخص شد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که سود اعضای زنجیره تأمین به‌طور چشمگیری وابسته به تعرفه اعمال شده توسط دولت است. (Jamali & Rasti, 2018) در پژوهشی با در نظر گرفتن جنبه زیست‌محیطی و اقتصادی زنجیره تأمین پایدار قیمت‌گذاری و تعیین درجه سبزی‌نگی محصول سبز را در رقابت با محصول غیرسبز بررسی کردند. آن‌ها زنجیره تأمین با دو تولیدکننده محصول سبز و غیرسبز قابل جایگزین در نظر گرفتند و محصولات خود را از طریق کانال توزیع دوگانه خرده‌فروش و اینترنتی در دو حالت متمرکز و نامتمرکز بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد در حالت متمرکز، علاوه بر سودآوری بیشتر، محصولات سبز با درجه بالاتری از سبز بودن نسبت به حالت نامتمرکز تولید می‌شوند. (Hafezalkotob, 2018) در مقاله‌ای تحت عنوان «طرح‌های مداخله مستقیم و غیرمستقیم دولت در رقابت بین زنجیره تأمین سبز و غیرسبز» عملکرد دو زنجیره تأمین سبز



و غیرسبز را تحت تأثیر مداخله دولت بررسی کرد. (Hafezalkotob, 2018) در تحقیقی با عنوان «مدل‌سازی سیاست‌های مداخله دولت در رقابت بین زنجیره‌های تأمین سبز باهدف ذخیره قیمت و انرژی» ارتباط بین دو زنجیره سبز را در حالت متمرکز و غیرمتمرکز تحت تأثیر مداخله‌های دولت بررسی کرد. او نتیجه گرفت اعمال سیاست‌ها باعث افزایش رفاه اجتماعی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. تلاش‌های مربوط به ذخیره انرژی باعث بهبود عملکرد حفاظت از محیط‌زیست، امنیت ملی و سود مالی می‌شود. همچنین نتیجه گرفت درجه مداخله و رفاه اجتماعی دو معیار مهم در سیاست‌گذاری دولت هستند و سیاست‌های دولت با توجه به قابلیت مداخله دولت و تأثیر آن روی مطلوبیت اجتماعی تعیین می‌شود. منجذب و همکاران (۱۴۰۰) مداخله دولت بر روی رقابت بین زنجیره تأمین سبز و غیرسبز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد در حالت اخذ مالیات برای رفاه، رفاه اجتماعی افزایش می‌یابد. در حالت اخذ مالیات سود زنجیره تأمین غیرسبز کاهش می‌یابد. (Majumder et al., 2022)

در مقاله‌ای به این مسئله پرداختند که چگونه ساختارهای توزیع و اقدامات رفاه اجتماعی بر تصمیم دولت برای یارانه تأثیر می‌گذارد. آن‌ها چهار ساختار توزیع مختلف را در نظر گرفتند و دریافته‌اند که ساختار توزیع به‌طور قابل توجهی بر کیفیت محصول، قیمت‌ها و میزان هزینه‌های دولت تأثیر می‌گذارد و رفاه اجتماعی را تغییر می‌دهد. (Ma et al., 2021) یک سیستم زنجیره تأمین متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش را در نظر می‌گیرند که در آن تولیدکننده برای کاهش انتشار کربن روی فناوری کاهش انتشار سبز<sup>۱</sup> سرمایه‌گذاری می‌کند و خرده‌فروش در فناوری افشای اطلاعات سرمایه‌گذاری می‌کند تا کیفیت سبزی بالاتر محصولات را به مصرف‌کنندگان منتقل کند. آن‌ها تأثیرات مقررات دولتی بر تصمیمات اعضای زنجیره تأمین را تحلیل می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که یارانه کاهش انتشار بالاتر، سرمایه‌گذاری GERT را تشویق می‌کند و سود اعضای زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد. (Wu, 2021) در پژوهشی زنجیره تأمین حلقه بسته<sup>۲</sup> پویا متشکل از یک

۱. Green Emission Reduction Technology (GERT)

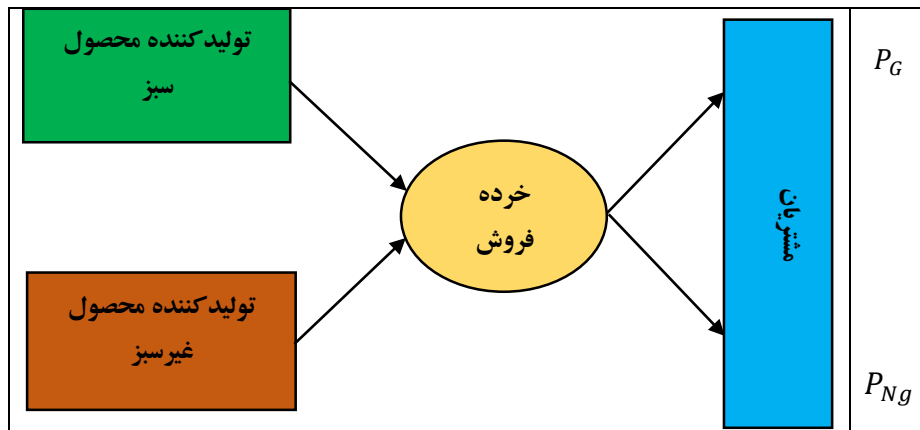
۲. Closed Loop Supply Chain (CLSC)

سازنده تجهیزات اصلی که محصولات جدید را می‌فروشد و یک تولیدکننده مجدد مستقل که محصولات بازیابی شده را می‌فروشد، مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. در مدل مذکور دولت با اعمال مالیات یا یارانه برای کاهش بار زیست‌محیطی در CLSC مداخله می‌کند. آن‌ها سیاست‌های مختلفی پیشنهاد کردند و به این نتیجه رسیدند که بسیاری از سیاست‌های پیشنهادی می‌توانند به‌طور مؤثر بار زیست‌محیطی و شدت رقابت قیمتی را کاهش دهد.

با بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته مشاهده می‌گردد که برخی از مقالات تأثیر مداخله‌های دولت بر روی زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز بر اساس مدل عمده‌فروشی را مورد بررسی قرار داده‌اند. ولیکن پژوهشی مبنی بر بررسی هم‌زمان زنجیره تأمین سبز و غیرسبز بر پایه مدل عامل محور که به‌موجب آن تغییر رفاه اجتماعی و همچنین تغییرات سود و بهره‌وری زنجیره‌های تولید و توزیع کالا (هم‌زمان با این نکته که آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد شود و یا بهبود آن را در پی داشته باشد) را بررسی کرده باشند، انجام نگرفته است. درواقع یکی از نوآوری‌ها در این پژوهش بررسی تأثیرپذیری رفاه اجتماعی از تبلیغات و یا مالیات در مدل عامل محور است. نوآوری دیگر بهره بردن یکی از تولیدکنندگان (یا هر دو) محصولات سبز و غیرسبز از مدل عامل محور هم‌زمان با مداخله دولت است. توزیع کالای تولیدی هر دو زنجیره از طریق یک خرده‌فروش مشترک جنبه دیگر نوآوری مطالعه حاضر می‌باشد.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به روش مدل‌سازی و تحلیلی است. در تمامی مدل‌های این پژوهش دو زنجیره تأمین شامل دو تولیدکننده و یک خرده‌فروش مشترک در نظر گرفته می‌شود. یکی از تولیدکنندگان محصول سبز (سازگار با محیط‌زیست) و دیگری محصول غیرسبز (ناسازگار با محیط‌زیست) تولید می‌کنند. شکل ۱ ساختار زنجیره‌های تأمین مورد بررسی در پژوهش را نشان می‌دهد:



شکل ۱. ساختار زنجیره‌های تأمین مورد بررسی در پژوهش

در این تحقیق تمامی مدل‌های مقایسه‌ای از ساختار بالا پیروی می‌کنند و زنجیره تأمین اول درصدد تولید محصول سبز است و زنجیره تأمین دوم محصول غیرسبز را به دست مشتریان می‌رساند. بسته به نوع مدل و قرارداد قیمت‌گذاری توافقی بین تولیدکنندگان و خرده‌فروش که شامل روش عامل‌محور و روش عمده‌فروشی است، چهار مدل تعیین و بررسی می‌شود. در روش عامل‌محور تولیدکننده قیمت نهایی محصول (قیمت مصرف‌کننده) را خود تعیین کرده و خرده‌فروش با توافق با تولیدکننده درصدی از مبلغ فروش هر محصول را به خود اختصاص می‌دهد. اگر زنجیره تأمین از روش عمده‌فروشی پیروی کند، در آن صورت تولیدکننده محصول را با یک قیمت عمده‌فروشی ( $W_{NG}$ ) به خرده‌فروش می‌فروشد و خرده‌فروش نیز با اضافه کردن مبلغی به آن قیمت نهایی محصول را تعیین کرده و به مشتریان ارائه می‌دهد. در این میان دولت در راستای سیاست‌های خود در جهت نیل به اهداف و حفظ محیط‌زیست در زنجیره‌های تأمین مداخله می‌کند. با توجه به نقش کلیدی سیاست‌های دولت در تصمیم‌گیری و رقابت میان زنجیره‌های تأمین، برای مدل کردن آن‌ها از بازی استاکلبرگ استفاده شده است که دولت در نقش رهبر برای رسیدن به اهداف خود تصمیم‌گیری می‌کند.

در مدل اول زنجیره اول که محصول سبز تولید می‌کند با روش عامل‌محور فعالیت می‌کند و زنجیره دوم از روش عمده‌فروشی تبعیت می‌کند. تولیدکننده سبز قیمت  $P_G$  را

برای محصول تعیین کرده و تولیدکننده غیرسبز نیز قیمت عمده  $W_{NG}$  را به خرده‌فروش پیشنهاد می‌دهد. تولیدکنندگان تلاش می‌کنند با انتخاب قیمت بهینه سود خود را حداکثر کنند اما دولت به‌عنوان رهبر وارد بازی شده و زنجیره‌ها به‌عنوان دنباله‌رو عمل می‌کنند. سه معادله اصلی در این مدل سود خرده‌فروش، سود تولیدکنندگان و رفاه اجتماعی است. اما شیوه قیمت‌گذاری در مدل دوم در هر دو زنجیره سبز و غیرسبز به‌صورت عامل‌محور است. هر دو تولیدکننده قیمت نهایی محصول را تعیین کرده و تلاش می‌کنند قیمت بهینه برای سودآوری حداکثر را به دست آورند. خرده‌فروش نیز برای کسب سود درصدی از مبلغ محصولات هر دو تولیدکننده را برای خود تعیین می‌کند. در اینجا نیز همانند مدل اول دولت برای اهداف خود و حداکثر کردن رفاه اجتماعی در زنجیره‌ها مداخله می‌کند. سه معادله اصلی در این مدل نیز سود خرده‌فروش، سود تولیدکنندگان و رفاه اجتماعی است. مدل سوم همانند مدل اول دارای زنجیره سبز عامل‌محور و زنجیره غیرسبز عمده‌فروشی است. تفاوت این مدل با مدل اول در نوع مداخله دولت است خرده‌فروش و تولیدکنندگان برای کسب سود بیشتر به‌صورتی رقابتی با یکدیگر و استاکلبرگ با دولت رقابت می‌کنند. سه معادله اصلی این مدل سود خرده‌فروش، سود تولیدکنندگان و رفاه اجتماعی است. مدل چهارم نیز دقیقاً مشابه مدل دوم دارای دو زنجیره با روش قیمت‌گذاری عامل‌محور است. مداخله دولت در این مدل همانند مدل سوم است و سه معادله اصلی این مدل سود خرده‌فروش، سود تولیدکنندگان و رفاه اجتماعی است.

با توجه به نقش کلیدی دولت در مسائل زیست‌محیطی، تعامل میان زنجیره تأمین و دولت به شکل بازی استاکلبرگ مدل شده است که در آن دولت نقش رهبر را برعهده دارد و به‌دنبال کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی و افزایش شاخص رفاه اجتماعی است. هدف انجام تبلیغات یا فرهنگ‌سازی برای محصول سبز و یا اخذ مالیات از زنجیره تأمین غیرسبز از سوی دولت و مقدار تولید و قیمت محصولات از سوی زنجیره تأمین است. تابع هدف دولت در مدل اول و همچنین مدل دوم رفاه اجتماعی است و درصدد آن است تا با انجام تبلیغات برای زنجیره تأمین سبز و به‌تبع آن توسعه محصولات سبز و بهبود

محیطزیست، شاخص رفاه اجتماعی را افزایش دهد. در مدل سوم و چهارم دولت اقدام به اخذ مالیات برای محصولات غیرسبز می‌کند تا بدین طریق بتواند سطح تولید محصولات ناسازگار با محیطزیست را کاهش دهد. در این مدل نیز دولت به دنبال حداکثر کردن سطح مطلوبیت افراد و تابع هدف آن رفاه اجتماعی است.

### اندیس‌ها

- (۱) = مدل اول: مداخله دولت به صورت تبلیغات در زنجیره سبز عمده‌فروشی و زنجیره غیرسبز عامل محور
- (۲) = مدل دوم: مداخله دولت به صورت تبلیغات در زنجیره سبز و غیرسبز هر دو عامل محور
- (۳) = مدل سوم: مداخله دولت به صورت اخذ مالیات در زنجیره سبز عمده‌فروشی و زنجیره غیرسبز عامل محور
- (۴) = مدل چهارم: مداخله دولت به صورت اخذ مالیات در زنجیره سبز و غیرسبز هر دو عامل محور

### پارامترها

- $a_1$  = تقاضای محصول زنجیره تأمین سبز،  $a_2$  = تقاضای محصول زنجیره تأمین غیرسبز
- $C_g$  = هزینه هر واحد محصول سبز،  $C_{ng}$  = هزینه هر واحد محصول غیرسبز
- $v_1$  = هزینه متغیر هر واحد محصول سبز،  $v_2$  = هزینه متغیر هر واحد محصول غیرسبز
- $f_1$  = هزینه ثابت هر واحد محصول سبز،  $f_2$  = هزینه ثابت هر واحد محصول غیرسبز
- $c_1$  = ضریب هزینه افزایش هر واحد درجه سبز محصول سبز
- $b_1$  = ضریب حساسیت تقاضای زنجیره تأمین سبز نسبت به قیمت محصول غیرسبز
- $b_2$  = ضریب حساسیت تقاضای زنجیره تأمین غیرسبز نسبت به قیمت محصول سبز
- $t$  = ضریب حساسیت تقاضای زنجیره تأمین سبز نسبت به میزان تبلیغات دولت

$r$  = ضریب اثربخشی تقاضای زنجیره تأمین سبز نسبت به افزایش هر واحد درجه سبز آن محصول

$\alpha$  = ضریب حساسیت تقاضای زنجیره تأمین سبز و غیرسبز نسبت به میزان تبلیغات دولت  
متغیرها:

$D_g^{(i)}$  = تقاضای زنجیره تأمین سبز در مدل  $i$ ،  $D_{ng}^{(i)}$  = تقاضای زنجیره تأمین غیرسبز در مدل  $i$   
 $p_g^{(i)}$  = قیمت محصول سبز در مدل  $i$ ،  $p_{ng}^{(i)}$  = قیمت محصول غیرسبز در مدل  $i$   
 $\pi_{Ma}^{(i)}$  = سود تولیدکننده محصول سبز در مدل  $i$ ،  $\pi_{Mw}^{(i)}$  = سود تولیدکننده محصول غیرسبز در مدل  $i$

در مدل  $i$   
 $\pi_R^{(i)}$  = سود خرده‌فروش در مدل  $i$ ،  $SW^{(i)}$  = رفاه اجتماعی در مدل اول  
 $m^{(i)}$  = سود حاشیه‌ای ۱ خرده‌فروش به ازای هر واحد محصول غیرسبز در مدل اول و سوم  
 $A^{(i)}$  = میزان تبلیغات دولت در مدل اول و دوم،  
 $k^{(i)}$  = میزان مالیات دولت بر محصول غیرسبز در مدل سوم و چهارم  
 $x^{(i)}$  = درجه سبز بودن محصول برای مدل  $i$  ام،  
 $w^{(i)}$  = قیمت عمده‌فروشی محصول غیرسبز در مدل اول و سوم

در مقاله (Tan & Carrillo (2014)، Li et al. (2016)، Ghosh & Shah, (2012) و بسیاری از مقالات دیگر تابع تقاضا برای تولیدکننده و خرده‌فروش به صورت خطی در نظر گرفته شده است. در این رابطه، تقاضا به صورت مستقیم از قیمت زنجیره مقابل و به صورت منفی با قیمت خود زنجیره تأثیر می‌پذیرد. در این تحقیق نیز تقاضای زنجیره تأمین سبز با تقاضای پایه محصول خود و قیمت محصول زنجیره تأمین غیرسبز رابطه مستقیم داشته و با قیمت محصول زنجیره خود رابطه منفی دارد. همچنین تقاضای زنجیره تأمین غیرسبز و با تقاضای اولیه خود و قیمت زنجیره تأمین سبز رابطه مستقیم و با قیمت زنجیره خود رابطه منفی دارد. همچنین مشابه با مقاله (Hafezalkotob (2017)، رابطه تابع تقاضا با درجه سبز

بودن محصول به صورت خطی در نظر گرفته شده است. با توجه به موارد گفته شده توابع تقاضای زنجیره‌ها به صورت (۱) است:

$$\begin{aligned} D_g &= a_1 - p_g^a + b_1 p_{ng}^a + rx \\ D_{ng} &= a_2 - p_{ng}^a + b_2 p_g^a - rx \end{aligned} \quad (1)$$

درباره تابع هزینه تولیدکننده محصول سبز و غیرسبز نیز در اینجا فرض شده است برای تولید محصول سبز، تولیدکننده باید مقداری پول اضافی سرمایه گذاری کنند تا به نوآوری سبز بر اساس فرایند تولید اصلی خودش دست یابد. در مقالات Swami & Shah, (2013)، (2016)، Li et al. (2016)، Ghosh & Shah, (2012) و Hafezalkotob (2017) هزینه این کار یک تابع درجه دو از درجه سبزی‌نگی محصول سبز فرض شده است. در نتیجه، هزینه اضافی که تولیدکننده برای تولید محصول سبز متحمل می‌شود  $c_1 x^2$  خواهد بود که در آن ضریب هزینه افزایش هر واحد درجه سبز محصول سبز است. در این پژوهش از تابع تقاضای به کار گرفته شده در مقاله Hafezalkotob (2017) بهره برده‌ایم که به شرح (۲) است:

$$\begin{aligned} C_g &= v_1 D_g + f_1 + c_1 x^2 \\ C_{ng} &= v_2 D_{ng} + f_2 \end{aligned} \quad (21)$$

تمامی تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش به صورت ریاضی مورد بررسی قرار می‌گیرد و با استفاده از نظریه بازی‌ها به اثبات نتایج مدل‌ها و تحلیل آن‌ها پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه نتایج مدل‌ها به صورت ریاضی اثبات می‌گردد ضرورتی بر گردآوری داده واقعی وجود ندارد و از داده‌های فرضی در مثال‌ها استفاده می‌گردد تا ابعاد مختلف مسئله تشریح گردد.

در این پژوهش تمامی مدل‌های طراحی شده تحت بازی استاکلبرگ اجرا می‌شوند و ابتدا دولت برای رسیدن به اهداف خود تصمیم‌گیری می‌کند. این تصمیم به صورت انجام تبلیغات برای محصول سبز و اخذ مالیات برای محصول غیرسبز خواهد بود. سپس خرده‌فروش مقدار سفارش و همچنین قیمت بهینه خود را که تابعی از قیمت تولیدکنندگان و میزان تبلیغات یا مالیات است، تعیین می‌کند و به دنبال آن تولیدکنندگان نیز قیمت‌های

خود را مشخص می‌کنند. در نهایت دولت مطابق با بهترین پاسخ اعضای زنجیره تأمین، پارامترهای خود را بهینه خواهد کرد.

#### ۴- مدل‌سازی و تحلیل مسئله

در این بخش دو روش مداخله برای دولت در نظر گرفته می‌شود: مداخله دولت به منظور افزایش سطح رفاه اجتماعی با رویکرد تبلیغات و مداخله دولت به منظور افزایش سطح رفاه اجتماعی با رویکرد اخذ مالیات. در هر دو روش ذکر شده نیز دو مدل (۱) رقابت زنجیره سبز عامل محور و زنجیره غیرسبز عمده‌فروشی و (۲) زنجیره سبز و زنجیره غیرسبز هر دو عامل محور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

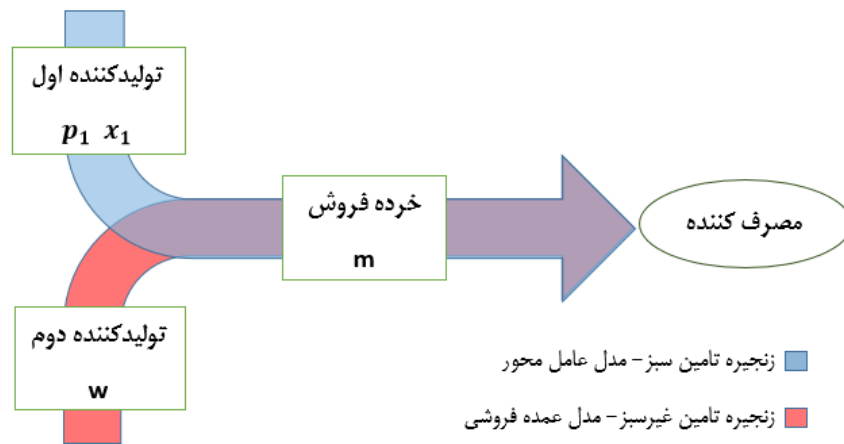
روش اول: مداخله دولت به منظور افزایش سطح رفاه اجتماعی با رویکرد

#### تبلیغات

مدل اول: زنجیره سبز عامل محور و زنجیره غیرسبز عمده‌فروشی

مدل مورد بررسی در این پژوهش شامل دو زنجیره تأمین با مدل‌های متفاوت عامل محور و عمده‌فروشی می‌باشد. محصول تولیدی تولیدکننده‌ها در هر دو زنجیره از طریق یک خرده‌فروش مشترک به دست مصرف‌کننده می‌رسد. شکل ۲ شمای کلی از زنجیره‌ها را نشان می‌دهد:





شکل ۲. شمای کلی مدل اول

زنجیره‌های تأمین برای حداکثر کردن سود خود تلاش کرده و دولت نیز به‌عنوان رهبر وارد بازی استاکلبرگ شده و تصمیمات و اهداف دولت بر تولیدکنندگان و تولیدکنندگان بر خرده‌فروش ارجحیت دارد. بنابراین با روش معکوس محاسبات را از روابط خرده‌فروش آغاز کرده و در نهایت به روابط دولت و به دست آوردن مقادیر متغیرهای دولت و در نهایت متغیرهای سایر اعضا می‌انجامد. در این مدل دولت به‌منظور توسعه کمی و کیفی محصولات سبز، با استفاده از فرهنگ‌سازی و تبلیغات برای این محصولات، مصرف‌کنندگان را به استفاده از محصولات زنجیره تأمین سبز تشویق می‌کند. در واقع تأثیرگذاری دولت بر مصرف‌کنندگان تأثیر بر روی میزان تقاضای خرید آنهاست. در مطالعات پیشین همچون Szmerekovsky & Zhang (2009) برای بررسی تأثیر تبلیغات، تقاضا متناسب با جذر تبلیغات در نظر گرفته شد. در این پژوهش نیز ریشه دوم تبلیغات به‌صورت جمع در تقاضای زنجیره تأمین سبز وارد می‌شود و از تقاضای زنجیره تأمین غیرسبز کسر می‌شود. در واقع دولت باعث افزایش تقاضای زنجیره تأمین سبز و کاهش تقاضای زنجیره تأمین غیرسبز می‌شود. بنابراین تقاضای مربوط به هر دو زنجیره به‌صورت معادلات (۳) در نظر گرفته می‌شود:

$$\begin{aligned} D_g^{(1)} &= a_1 - p_g^{(1)} + b_1 p_{ng}^{(1)} + t_1 \sqrt{A^{(1)}} + rx_{(1)} \\ D_{ng}^{(1)} &= a_2 - p_{ng}^{(1)} + b_2 p_g^{(1)} - t_1 \sqrt{A^{(1)}} - rx_{(1)} \end{aligned} \quad (۳)$$

$$0 < b_{1/2} < 1, a_{1/2} > 0, 0 < t_1 < 1$$

در این مدل متغیر تصمیم خرده‌فروش مقدار مبلغی است که با اضافه کردن آن به قیمت اولیه تولیدکننده زنجیره عمده‌فروشی، قیمت نهایی محصول برای مصرف‌کننده به دست می‌آید. خرده‌فروش به ازای فروش محصولات هر دو تولیدکننده سود به دست می‌آورد بنابراین معادله سود خرده‌فروش به صورت (۴) است:

$$\pi_R^{(1)} = \alpha p_g^{(1)} D_g^{(1)} + m^{(1)} D_{ng}^{(1)} \quad (۴)$$

$\alpha$  میزان سودی است که خرده‌فروش از زنجیره عامل محور به ازای هر واحد کالا به دست می‌آورد که مقدار آن ثابت و با توافق با تولیدکننده تعیین شده است و  $0 < \alpha < 1$ . برای اینکه سود خرده‌فروش حداکثر شود از معادله (۳) نسبت به  $m^{(1)}$  مشتق گرفته برابر صفر قرار می‌دهیم که مقدار  $m^{(1)}$  از رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$m^{(1)} = \frac{1}{2} ((\alpha b_1 + b_2) p_g^{(1)} - t_1 \sqrt{A^{(1)}} - rx_{(1)} + a_2 - w) \quad (۵)$$

تولیدکنندگان نیز درصدد حداکثر کردن سود خود هستند. بنابراین از معادله سود آنها نیز نسبت به متغیرهای تصمیم مشتق گرفته و برابر صفر قرار می‌دهیم. معادله سود تولیدکننده در زنجیره عامل محور و معادله سود تولیدکننده زنجیره عمده‌فروشی به ترتیب به صورت معادلات (۴) و (۵) است:

$$\pi_{Ma}^{(1)} = ((1 - \alpha) p_g^{(1)} - v_1) D_g^{(1)} - f_1 - c_1 x_{(1)}^2 \quad (۶)$$

$$\pi_{Mw}^{(1)} = (w^{(1)} - v_2) D_{ng}^{(1)} - f_2 \quad (۷)$$

متغیرهای تصمیم تولیدکننده زنجیره سبز عامل محور مقدار سطوح صرفه‌جویی در مصرف انرژی  $(x_{(1)})$  و قیمت محصول تولیدی  $(p_g^{(1)})$  می‌باشند. لذا نسبت به این دو متغیر از رابطه (۶) مشتق می‌گیریم:

$$\frac{\partial \pi_{Ma}^{(1)}}{\partial p_g^{(1)}} = (1 - \alpha) (a_1 - p_g^{(1)} + b_1 p_{ng}^{(1)} + t_1 \sqrt{A^{(1)}} + r x_{(1)}) + ((1 - \alpha) p_g^{(1)} - v_1) N \quad (۸)$$

$$\frac{\partial \pi_{Ma}^{(1)}}{\partial x_{(1)}} = ((1 - \alpha) p_g^{(1)} - v_1) \left(-\frac{b_1 r}{2} + r\right) - 2c_1 x_{(1)} \quad (۹)$$

که در آن  $N = -1 + b_1 \left(\frac{\alpha b_1 + b_2}{2}\right)$  است و با توجه به این که  $0 < \alpha < 1$  و  $b_{1r/2} < 1$  بنابراین  $N < 0$ . همچنین با مشتق‌گیری از معادله (۷) نسبت به متغیر تصمیم تولیدکننده مدل عمده‌فروشی یعنی  $w$  داریم:

$$\frac{\partial \pi_{Mw}^{(1)}}{\partial w^{(1)}} = \frac{b_2 p_g^{(1)}}{2} + \frac{a_2}{2} - \frac{\alpha b_1 p_g^{(1)}}{2} - \frac{t_1 \sqrt{A^{(1)}}}{2} - \frac{r x_{(1)}}{2} - W^{(1)} + \frac{v_2}{2} \quad (۱۰)$$

معادلات (۸)، (۹) و (۱۰) را برابر صفر قرار می‌دهیم و از حل هم‌زمان معادلات مقادیر متغیرها برحسب تبلیغات به دست می‌آید. سپس با قراردادن این مقادیر در تابع رفاه اجتماعی، از تابع رفاه اجتماعی نسبت به تبلیغات مشتق گرفته و برابر صفر قرار می‌دهیم تا مقدار تبلیغات به دست آید. سپس با جایگذاری این مقدار در روابط سایر متغیرها، مقدار بهینه آن‌ها نیز به دست می‌آید. تابع رفاه اجتماعی در این مدل به صورت (۱۱) در نظر گرفته می‌شود:

$$SW^{(1)} = D_g^{(1)} \cdot D_{ng}^{(1)} \quad (۱۱)$$

برای اطلاعات بیشتر راجع به رفاه اجتماعی می‌توان (Midgley 1997) را مطالعه کرد. برای اینکه مدل‌سازی همواره صحیح و قرار باشد باید شروط مدل برقرار باشند. اولین شرط این است که تمامی متغیرهای تصمیم اعم از قیمت زنجیره‌های سبز و غیرسبز ( $p_g^{(1)}$  و  $p_{ng}^{(1)}$ )، درجه سبز ( $x_{(1)}$ )، سود حاشیه‌ای خرده‌فروش ( $m^{(1)}$ )، و قیمت عمده‌فروشی ( $w^{(1)}$ ) مثبت باشند. شرط دیگر این است که برای اینکه هر یک از توابع سود دارای مقدار حداکثر باشند باید تقعر تابع به سمت پایین باشد؛ یعنی مشتق دوم تابع مقدار منفی داشته باشد. مشتق دوم تابع سود تولیدکننده غیرسبز نسبت به  $w^{(1)}$  برابر ۱- می‌باشد بنابراین تقعر به سمت

پایین و دارای مقدار حداکثر است. با توجه به اینکه تولیدکننده سبز دو متغیره می باشد برای تعیین تقعر آن ماتریس هشین تشکیل می دهیم که به صورت (۱۲) حاصل می شود:

$$H(\pi_{Ma}^{(1)}) = \begin{bmatrix} 2(1-\alpha)N & (1-\alpha)(r - \frac{rb_1}{2}) \\ (1-\alpha)(r - \frac{rb_1}{2}) & -2c_1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

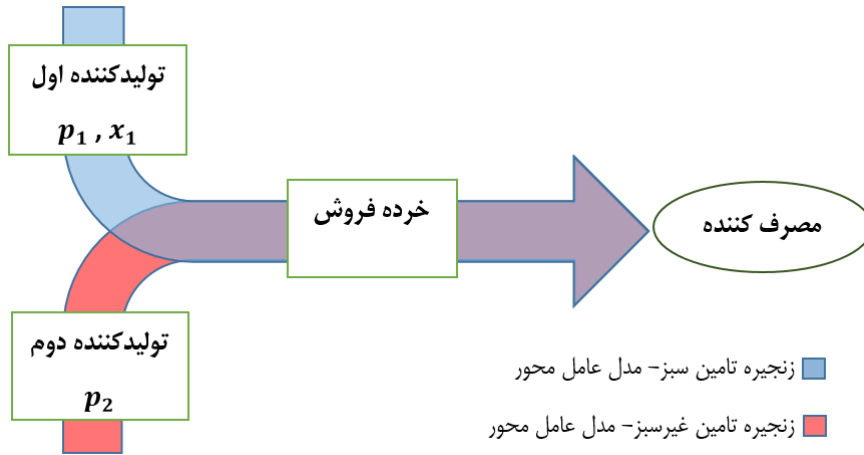
تابع دارای مقدار حداکثر است اگر و تنها اگر ماتریس بالا معین منفی باشد بنابراین شروط (۱۳) باید برقرار باشد:

$$2(1-\alpha)N < 0, -4c_1(1-\alpha)N - (1-\alpha)^2 \left(r - \frac{rb_1}{2}\right)^2 > 0 \quad (13)$$

با توجه به اینکه تمامی پارامترهای  $\alpha$ ،  $r$  و  $b_1$  مثبت هستند و مقداری بین صفر و یک دارند و همچنین  $N$  مقداری منفی است بنابراین شروط برقرار هستند و مقادیر به دست آمده بهینه است.

#### مدل دوم: زنجیره سبز و زنجیره غیرسبز هر دو عامل محور

در این مدل به منظور بررسی بیشتر تأثیر شیوه قیمت گذاری عامل محور، در مدل جدید فرض می کنیم که زنجیره تولیدکننده دوم نیز بر پایه مدل عامل محور باشد و سپس محاسبات را بر پایه معادلات این مدل انجام می دهیم. شکل ۳ شمای کلی زنجیره های تأمین را نشان می دهد:



شکل ۳. شمای کلی مدل دوم

با توجه به اینکه در این مدل، زنجیره عمده‌فروشی نداریم بنابراین خرده‌فروش متغیر تصمیمی ندارد. بنابراین محاسبات با روش معکوس در مدل استاکلبرگ را با روابط تولیدکنندگان آغاز نموده و در نهایت با روابط دولت مقادیر متغیرها حاصل می‌شود. با توجه به اینکه دولت از تبلیغات به منظور فرهنگ‌سازی برای مصرف بیشتر محصولات سبز استفاده می‌کند، لذا توابع تقاضای تولیدکنندگان به صورت (۱۴) تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} D_g^{(2)} &= a_1 - p_g^{(2)} + b_1 p_{ng}^{(2)} + t_1 \sqrt{A^{(2)}} + r x_{(1)} \\ D_{ng}^{(2)} &= a_2 - p_{ng}^{(2)} + b_2 p_g^{(2)} - t_1 \sqrt{A^{(2)}} - r x_{(1)} \\ 0 < b_{1,2} < 1, a_{1,2} > 0, 0 < t_1 < 1 \end{aligned} \quad (14)$$

توابع هزینه به ازای هر واحد کالا نیز برای زنجیره‌های سبز و غیرسبز به ترتیب به صورت (۱۵) و (۱۶) تعریف می‌شود:

$$C_g^{(2)} = v_1 D_g^{(2)} + f_1 + c_1 x_1^2 \quad (15)$$

$$C_{ng}^{(2)} = v_2 D_{ng}^{(2)} + f_2 \quad (16)$$

خرده‌فروش سود خود را از فروش محصولات هر دو زنجیره به دست می‌آورد بنابراین معادله سود آن برابر مجموع سودهای به‌دست آمده از زنجیره‌ها مطابق رابطه (۱۷) است:

$$\pi_R^{(2)} = \alpha p_g^{(2)} D_g^{(2)} + \beta p_{ng}^{(2)} D_{ng}^{(2)} \quad (17)$$

معادله سود تولیدکننده زنجیره تأمین سبز به صورت (۱۸) تعیین می شود:

$$\pi_{Ma}^{(2)} = ((1 - \alpha) p_g^{(2)} - v_1) D_g^{(2)} - f_1 - c_1 x_{(2)}^2 \quad (18)$$

همچنین سود تولیدکننده‌ای که محصولات غیرسبز تولید می کند با استفاده از معادله (۱۹) به دست می آید:

$$\pi_{Mb}^{(2)} = ((1 - \beta) p_{ng}^{(2)} - v_2) D_{ng}^{(2)} - f_2 \quad (19)$$

از معادلات سود زنجیره‌ها نسبت به سطوح صرفه‌جویی در مصرف انرژی  $(x_{(2)})$  و قیمت محصول  $(p_g^{(2)})$  و نیز قیمت محصول تولیدی خود  $(p_{ng}^{(2)})$  مشتق گرفته و برابر صفر قرار می دهیم و روابط (۲۰) تا (۲۲) را داریم:

$$\frac{\partial \pi_{Ma}^{(2)}}{\partial p_g^{(2)}} = (1 - \alpha) (a_1 - p_g^{(2)} + b_1 p_{ng}^{(2)} + t_1 \sqrt{A^{(2)}} + r x_{(2)}) - (1 - \alpha) p_g^{(2)} + \quad (20)$$

$$v_1 = 0$$

$$\frac{\partial \pi_{Ma}^{(2)}}{\partial x_{(2)}} = ((1 - \alpha) p_g^{(2)} - v_1) r - 2c_1 x_{(2)} = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial \pi_{Mb}^{(2)}}{\partial p_{ng}^{(2)}} = (1 - \beta) (a_2 - p_{ng}^{(2)} + b_2 p_g^{(2)} - t_1 \sqrt{A^{(2)}} - r x_{(2)}) - (1 - \beta) p_{ng}^{(2)} + v_2 \quad (22)$$

$$= 0$$

با حل معادلات مقادیر متغیرها برحسب متغیر تبلیغات به دست می آید. این مقادیر را در تابع رفاه اجتماعی جایگذاری می کنیم و سپس نسبت به تبلیغات مشتق گرفته و برابر صفر قرار می دهیم که با حل آن مقدار تبلیغات بهینه برای دولت به دست می آید. با جایگذاری این مقدار در سایر متغیرها، تمامی مقادیر بهینه برای بازیگران زنجیره‌ها به دست می آید. در این مدل نیز همانند مدل اول تابع رفاه اجتماعی برابر حاصل ضرب تقاضا در نظر گرفته می شود. همانند مدل اول برای این که این مدل برقرار باشد، مقادیر متغیرهای قیمت زنجیره‌ها، درجه سبز بودن  $(x_{(2)})$  و میزان تبلیغات باید مثبت باشند. همچنین توابع سود تولیدکننده‌ها باید تعقر رو به پایین داشته باشند. بنابراین از تولیدکننده غیرسبز نسبت به قیمت محصول

غیرسبز ( $p_{ng}^{(2)}$ ) مشتق دوم گرفته و برای تولیدکننده سبز (با توجه به این که دارای دو متغیر تصمیم می‌باشد) ماتریس هسین تشکیل می‌دهیم و شرط معین منفی بودن آن را برقرار می‌کنیم. ماتریس به صورت (۲۳) به دست می‌آید:

$$H(\pi_{Ma}^{(2)}) = \begin{bmatrix} -(1-\alpha) & -r(1-\alpha) \\ r(1-\alpha) & -2c_1 \end{bmatrix} \quad (23)$$

بنابراین شروط (۲۴) باید برقرار باشند:

$$\begin{aligned} -2(1-\beta) < 0, \quad -(1-\alpha) < 0, \\ 2c_1(1-\alpha) + r^2(1-\alpha)^2 > 0 \end{aligned} \quad (24)$$

شروط بالا با توجه به این که پارامترهای  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $r$  مقدار بین صفر و یک را دارا می‌باشند، برقرار بوده و توابع سود تولیدکنندگان به ازای نقاط به دست آمده دارای مقدار حداکثر می‌باشند.

**روش دوم: مداخله دولت به منظور افزایش سطح رفاه اجتماعی با رویکرد اخذ مالیات**

مدل سوم: زنجیره سبز عامل محور و زنجیره غیرسبز عمده‌فروشی  
این مدل دارای ساختار یکسان زنجیره‌های تأمین با مدل اول است، با این تفاوت که برخلاف مدل اول که دولت به طور مستقیم بر روی مصرف‌کننده اثر می‌گذاشت، در این مدل مداخله دولت مستقیماً بر روی تولیدکننده می‌باشد. در مقاله سینایی و راستی برزکی (۱۳۹۷) و Hafezalkotob & Mahmoudi (2017) دولت از زنجیره تأمین غیرسبز مالیات گرفته و مالیات بر روی تقاضای زنجیره‌ها اثر می‌گذارد. این مالیات بر روی تقاضای محصول غیرسبز بوده و به صورت ضریبی ( $k^{(3)}$ ) از این تقاضا است. در این مدل نیز دولت با در نظر گرفتن اهداف اجتماعی و ترغیب شرکت‌ها به تولید محصول سبز از طریق اخذ مالیات از زنجیره تأمین غیرسبز، به دنبال افزایش رفاه شهروندان می‌باشد. بنابراین دولت در نظر دارد رفاه اجتماعی را حداکثر کند و بدین منظور نرخ مالیات بهینه را تعیین می‌کند.

نرخ مالیات وارد معادله سود زنجیره تأمین غیرسبز می‌شود. معادلات توابع سود تولیدکنندگان و خرده‌فروش و رفاه این مدل همانند مدل اول است، با این تفاوت که میزان تبلیغات از توابع تقاضا حذف می‌شود. بنابراین توابع تقاضا به صورت (۲۵) حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned} D_g^{(3)} &= a_1 - p_g^{(3)} + b_1 p_{ng}^{(3)} + r x_{(3)} \\ D_{ng}^{(3)} &= a_2 - p_{ng}^{(3)} + b_2 p_g^{(3)} - r x_{(3)} \\ 0 < b_{1/2} < 1, a_{1/2} > 0, 0 < t_1 < 1 \end{aligned} \quad (25)$$

همچنین توابع سود خرده‌فروش و تولیدکنندگان نیز به صورت (۲۴) تا (۲۶) است:

$$\pi_R^{(3)} = \alpha p_g^{(3)} D_g^{(3)} + m^{(3)} D_{ng}^{(3)} \quad (26)$$

$$\pi_{Ma}^{(3)} = ((1 - \alpha) p_g^{(3)} - v_1) D_g^{(3)} - f_1 - c_1 x_{(3)}^2 \quad (27)$$

$$\pi_{Mw}^{(3)} = (w^{(3)} - v_2 - k^{(3)}) D_{ng}^{(3)} - f_2 \quad (28)$$

سود حاشیه‌ای خرده‌فروش ( $m^{(3)}$ )، قیمت زنجیره تأمین سبز ( $p_g^{(3)}$ )، درجه سبز بودن ( $x_{(3)}$ )، قیمت عمده‌فروشی محصول غیرسبز ( $w^{(3)}$ ) و میزان مالیات ( $k^{(3)}$ ) متغیرهای تصمیم مسئله هستند. برای این مدل نیز از بازی استاکلبرگ استفاده می‌شود و دولت به‌عنوان رهبر وارد عمل شده و سپس تولیدکنندگان و خرده‌فروش به‌عنوان دنبال‌کننده عمل می‌کنند. با مشتق‌گیری از تابع سود خرده‌فروش (۲۶) مقدار  $m^{(3)}$  به صورت (۲۹) به دست می‌آید:

$$m^{(3)} = \frac{1}{2} ((\alpha b_1 + b_2) p_g^{(3)} - r x_{(3)} + a_2 - w) \quad (29)$$

پس از مشتق‌گیری از روابط (۲۶) تا (۲۸) نسبت به  $p_g^{(3)}$ ،  $x_{(3)}$  و  $w^{(3)}$  و برابر صفر قراردادن آن‌ها و حل سه معادله سه مجهول مقادیر این متغیرها برحسب مالیات به دست می‌آید. به‌منظور رسیدن به جواب‌های ساده‌تر در این روابط  $M, N = -1 + b_1 \left( \frac{\alpha b_1 + b_2}{2} \right)$

$$N < 0, B > 0 \text{ در نظر گرفته‌ایم و } B = r - \frac{r b_1}{2} \text{ و } = \frac{b_2 - \alpha b_1}{2}$$

تابع رفاه اجتماعی در این مدل به صورت حاصل جمع مجذور تقاضاها در نظر

گرفته‌ایم. رابطه (۳۰) آن را نشان می‌دهد:



$$SW^{(4)} = D_g^{(4)2} + D_{ng}^{(4)2} = (a_1 - p_g^{(3)} + b_1 p_{ng}^{(3)} + rx_{(3)})^2 + (a_2 - p_{ng}^{(3)} + b_2 p_g^{(3)} - rx_{(3)})^2 \quad (30)$$

مقادیر متغیرهای به دست آمده را در تابع رفاه اجتماعی جایگذاری کرده و از آن نسبت به  $k^{(3)}$  مشتق می‌گیریم و برابر صفر قرار می‌دهیم که نتیجه آن مقدار بهینه مالیات  $(k^{(3)})^*$  که دولت می‌تواند تعیین کند را به ما می‌دهد. اکنون با قرار دادن مقدار  $k^{(3)*}$  در رابطه تابع رفاه اجتماعی و متغیرها می‌توان مقادیر بهینه  $SW^{(3)*}$ ،  $p_g^{(3)*}$ ،  $p_{ng}^{(3)*}$ ،  $k^{(3)*}$ ،  $m^{(3)*}$  و  $x_{(4)}^*$  را به دست آورد.

بررسی شروط این مدل نیز بدین صورت است که در ابتدا باید تمامی متغیرهای تصمیم مسئله و همچنین قیمت‌های تولیدکنندگان باید مقداری مثبت داشته باشند. همچنین برای اینکه تابع رفاه اجتماعی دارای مقدار حداکثر باشد، باید تقعر رو به پایین داشته باشد بنابراین مشتق دوم آن باید مقداری منفی داشته باشد.

برای تولیدکننده زنجیره سبز ماتریس هسین به صورت رابطه (۳۱) به دست می‌آید:

$$H(\pi_{Ma}^{(3)}) = \begin{bmatrix} 2N(1-\alpha) & (1-\alpha)B \\ (1-\alpha)B & -2c_1 \end{bmatrix} \quad (31)$$

تابع تولیدکننده سبز برای اینکه مقدار حداکثر داشته باشد باید تقعر رو به پایین داشته بنابراین با برقراری شرط معین منفی بودن ماتریس بالا شروط زیر را داریم:

$$\begin{aligned} 2N(1-\alpha) &< 0, \\ -4c_1N(1-\alpha) - (1-\alpha)^2B^2 &> 0 \end{aligned} \quad (32)$$

با توجه به این که  $N$  مقداری منفی دارد و پارامترهای  $\alpha$ ،  $B$  و  $c_1$  مقدار بین صفر و یک را دارا می‌باشند، هر دو شرط بالا برقرار بوده و توابع سود تولیدکنندگان به ازای نقاط به دست آمده دارای مقدار حداکثر می‌باشند. مشتق دوم تابع سود تولیدکننده زنجیره غیرسبز نیز برابر ۱- است و این تابع نیز تقعر رو به پایین دارد و در نقطه به دست آمده برای متغیر تصمیم خود دارای مقدار است. بنابراین این مدل نیز تمامی شروط را داراست و همواره برقرار است.

### مدل چهارم: زنجیره سبز و زنجیره غیرسبز هر دو عامل محور

همانند مدل دوم زنجیره‌های این مدل نیز هر دو از مدل قیمت گذاری عامل محور استفاده می‌کنند. بنابراین دولت به دنبال افزایش رفاه اجتماعی است و خرده‌فروش و تولیدکنندگان به روش استاکلبرگ در رقابت با یکدیگر پس از تصمیم دولت تصمیم خود را می‌گیرند. تفاوت این مدل با مدل دوم در نحوه مداخله دولت است. بدین صورت که دولت به جای انجام تبلیغات بر روی کالای سبز و تأثیر مستقیم بر تقاضای مصرف‌کننده، اقدام به اخذ مالیات از تولیدکننده کالای غیرسبز می‌کند که به صورت نرخ مالیات به صورت ضربی از تقاضا در تابع سود خود را نشان می‌دهد. توابع تقاضای این مدل به صورت روابط (۳۳) است:

$$\begin{aligned} D_g^{(4)} &= a_1 - p_g^{(4)} + b_1 p_{ng}^{(4)} + r x_{(4)} \\ D_{ng}^{(4)} &= a_2 - p_{ng}^{(4)} + b_2 p_g^{(4)} - r x_{(4)} \\ 0 < b_{1,2} < 1, a_{1,2} > 0, 0 < t_1 < 1 \end{aligned} \quad (33)$$

در این مدل‌سازی نیز از روش عقب‌گرد برای انجام محاسبات بهره می‌بریم. با توجه به اینکه خرده‌فروش فاقد اختیار در تعیین قیمت محصول است و بخشی از مبلغ قیمت‌های تعیین شده از هر دو تولیدکننده را سود دریافت می‌کند بنابراین خرده‌فروش متغیر تصمیم ندارد و محاسبات از توابع سود تولیدکنندگان شروع می‌شود. توابع سود خرده‌فروش و تولیدکنندگان نیز به صورت (۳۴) تا (۳۶) است:

$$\pi_R^{(4)} = \alpha p_g^{(4)} D_g^{(4)} + \beta p_{ng}^{(4)} D_{ng}^{(4)} \quad (34)$$

$$\pi_{Ma}^{(4)} = ((1 - \alpha) p_g^{(4)} - v_1) D_g^{(4)} - f_1 - c_1 x_{(4)}^2 \quad (35)$$

$$\pi_{Mb}^{(4)} = ((1 - \beta) p_{ng}^{(4)} - v_2 - k^{(4)}) D_{ng}^{(4)} - f_2 \quad (36)$$

در این مدل، قیمت زنجیره تأمین سبز ( $p_g^{(4)}$ )، قیمت زنجیره تأمین غیرسبز ( $p_{ng}^{(4)}$ )، درجه سبز بودن محصول ( $x_{(4)}$ ) و میزان مالیات دولت ( $k^{(4)}$ ) متغیرهای تصمیم مسئله هستند. برای حل این مدل ابتدا از توابع سود تولیدکننده زنجیره سبز نسبت به  $p_g^{(4)}$  و  $x_{(4)}$  و تولیدکننده زنجیره غیرسبز نسبت به  $p_{ng}^{(4)}$  مشتق می‌گیریم و برابر صفر قرار می‌دهیم و

مقادیر این متغیرها برحسب مالیات به دست می‌آید. سپس مقادیر این متغیرها در تابع اجتماعی جایگذاری می‌کنیم. اما تفاوت عمده این مدل با مدل‌های قبل در تابع رفاه اجتماعی است. تابع رفاه اجتماعی در این مدل برابر مجموع مجذور تفاضها در نظر می‌گیریم. رابطه (۳۷) آن را نشان می‌دهد.

$$SW^{(4)} = D_g^{(4)2} + D_{ng}^{(4)2} = (a_1 - p_g^{(4)} + b_1 p_{ng}^{(4)} + r x_{(4)})^2 + (a_2 - p_{ng}^{(4)} + b_2 p_g^{(4)} - r x_{(4)})^2 \quad (37)$$

از تابع رفاه اجتماعی نسبت به نرخ مالیات مشتق گرفته و برابر صفر قرار می‌دهیم. بنابراین مقدار بهینه مالیات  $(k^{(4)*})$  به دست می‌آید. با قرار دادن مقدار مالیات در سایر متغیرها مقادیر بهینه قیمت زنجیره سبز  $(p_g^{(4)*})$ ، قیمت زنجیره غیرسبز  $(p_{ng}^{(4)*})$ ، رفاه اجتماعی  $(SW^{(4)*})$ ، میزان مالیات  $(k^{(3)*})$ ، درجه سبز بودن  $x_{(4)*}$  به دست می‌آید.

برای این که این مدل برقرار باشد، مقادیر متغیرهای قیمت زنجیره‌ها، درجه سبز بودن  $(x_{(2)})$  و میزان مالیات باید مثبت باشند. سپس به بررسی تعقر تابع رفاه اجتماعی می‌پردازیم. بدین منظور از تابع رفاه اجتماعی نسبت به مالیات مشتق دوم می‌گیریم که پس از اعمال دستور ساده‌سازی توسط نرم‌افزار میپل به صورت (۳۸) به دست می‌آید:

$$\frac{\partial^2 SW^{(4)}}{\partial k^{(4)2}} = \frac{2(b_1-2)^2(\alpha-1)^2 + 8c_1(b_1-1)(b_1b_2-2)(\alpha-1)^2 r^2 + 8(4+(b_2^2+1)b_1^2-4b_1b_2)c_1^2}{((b_1-2)(\alpha-1)r^2 + 2(b_1b_2c_1-8c_1)^2(\beta-1)^2)} \quad (38)$$

همان‌طور که مشخص است مخرج کسر همواره مثبت بنابراین برای اینکه تابع رفاه اجتماعی دارای مقدار حداکثر باشد باید شرط (۳۹) برقرار باشد:

$$8c_1(b_1-1)(b_1b_2-2)(\alpha-1)^2 r^2 + 8(4+(b_2^2+1)b_1^2-4b_1b_2)c_1^2 - 4b_1b_2c_1^2 < 0 \quad (39)$$

همچنین توابع سود تولیدکننده‌ها باید تعقر رو به پایین داشته باشند. بنابراین از تولیدکننده غیرسبز نسبت به قیمت محصول غیرسبز  $(p_{ng}^{(2)})$  مشتق دوم گرفته و برای تولیدکننده سبز (با

توجه به این که دارای دو متغیر تصمیم می‌باشد) ماتریس هسین تشکیل می‌دهیم و شرط معین منفی بودن آن را برقرار می‌کنیم. ماتریس هسین به صورت (۴۰) به دست می‌آید:

$$H(\pi_{Ma}^{(4)}) = \begin{bmatrix} -2(1-\alpha) & r(1-\alpha) \\ r(1-\alpha) & -2c_1 \end{bmatrix} \quad (40)$$

بنابراین سایر شروط برقراری مدل به شرح (۴۱) است و با توجه به این که پارامترهای  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $r$  و  $c_1$  مقداری بین صفر و یک دارند بنابراین تمامی شروط مدل برقرار بودن مدل را صحت گذاری می‌کنند:

$$\begin{aligned} -2(1-\beta) &< 0, \\ -2(1-\alpha) &< 0, \\ 4c_1(1-\alpha) - r^2(1-\alpha)^2 &> 0 \end{aligned} \quad (41)$$

### مثال عددی:

فرض کنید توابع تقاضا و معادلات سود خرده‌فروش صورت زیر هستند:

$$\begin{aligned} D_g^{(1)} &= 2000 - p_g^{(1)} + 0.1p_{ng}^{(1)} + 0.2\sqrt{A} + 0.1x_{(1)} \\ D_{ng}^{(1)} &= 5000 - p_{ng}^{(1)} + 0.2p_g^{(1)} - 0.2\sqrt{A} - 0.1x_{(1)} \\ \pi_R^{(1)} &= 0.3p_g^{(1)}(2000 - p_g^{(1)} + 0.1m + 0.1w + 0.2\sqrt{A} + 0.1x_{(1)}) + m(0.2p_g^{(1)} + \\ &5000 - m - w^{(1)} - 0.2\sqrt{A} - 0.1x_{(1)}) \end{aligned}$$

پس مقدار سود خرده‌فروش از هر کالا (m) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$m^{(1)} = 0.115 p_g^{(1)} + 2500 - 0.5 w^{(1)} - 0.1\sqrt{A} - 0.05x_{(1)}$$

همچنین مقادیر ضرایب تابع هزینه ازای هر کالای زنجیره‌ها به صورت زیر فرض می‌شود:

$$v_1 = 120, v_2 = 80, f_1 = 800, f_2 = 400$$

معادلات تولیدکننده‌ها در دو زنجیره تأمین عامل محور و عمده‌فروشی بدین صورت

حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned} \pi_{Ma}^{(1)} &= (0.7p_g^{(1)} - 120)(2250 - 0.9885p_g^{(1)} + 0.05w^{(1)} + 0.19\sqrt{A} + 0.095x_{(1)}) - \\ &800 - x_{(1)}^2 \\ \pi_{Mw}^{(1)} &= (w - 80)(0.085p_g^{(1)} + 2500 - 0.5w^{(1)} - 0.1\sqrt{A} - 0.05x_{(1)}) - 400 \end{aligned}$$

به منظور مقایسه مدل‌ها، ابتدا با در نظر گرفتن یک استراتژی ثابت (انجام تبلیغ یا اخذ مالیات) برای دولت، برای بررسی تأثیر نوع قیمت‌گذاری بر روی سود و تقاضا و رفاه اجتماعی مدل اول را با مدل دوم و مدل‌های سوم و چهارم را نیز باهم مقایسه می‌کنیم. سپس مدل‌های استراتژی تبلیغات را دوبه‌دو با استراتژی اخذ مالیات مقایسه می‌کنیم تا هر کدام از این دو استراتژی را در زنجیره‌ها بررسی نماییم.

جدول ۱. مقایسه نتایج مدل‌ها

پارامتر/متغیر	مدل اول	مدل دوم	مدل سوم	مدل چهارم
A	۶۳۳۹۵۱۷۲/۰۹	۷۵۲۹۶۶۵۵/۴۶	*	*
k	*	*	۴۹۱۱/۰۵	۳۷۷۹/۸۴
$p_g$	۲۰۴۰/۳۹	۲۰۵۱/۱۱	۱۳۵۴/۸۹	۱۳۴۸/۰۷
$p_{ng}$	۲۸۸۸/۱۷	۱۸۸۷/۴۱	۵۲۰۸/۲۰	۵۲۰۵/۹۷
x	۶۲/۱۴	۶۵/۷۸	۳۹/۳۵	۴۱/۱۸
$D_g$	۱۸۴۷	۱۸۷۹	۱۱۶۹	۱۱۷۶
$D_{ng}$	۹۱۷	۱۷۸۰	۵۸	۵۹
$\pi_R$	۲۰۲۸۰۰۶/۳۷	۱۹۹۶۸۸۷/۳۵	۴۸۱۳۶۴/۵۲	۵۵۳۳۲۶/۵۳
$\pi_{Ma}$	۲۴۱۲۳۵۲/۳۱	۲۴۶۸۱۱۶/۳۳	۹۶۶۷۹۵/۳۶	۹۶۶۶۴۷/۱۰
$\pi_{Mb}/\pi_{Mw}$	۱۶۸۱۵۹۰/۴۳	۲۳۷۷۹۰۷/۹۴	۶۵۲۳/۱۰	۲۲۵۷/۰۷
SW	۱۶۹۴۲۴۲/۸۸	۳۳۴۷۲۴۸/۲۱	۱۳۷۲۰۳۱/۰۶	۱۳۸۸۰۳۲/۹۱

همان‌طور که قابل مشاهده است مدل دوم بیشترین میزان مطلوبیت و رفاه اجتماعی را برای افراد جامعه به ارمغان می‌آورد و همچنین بیشترین سود را برای تولیدکنندگان و خرده‌فروش در پی دارد. پس از آن مدل اول رفاه اجتماعی بیشتری نسبت به مدل‌های سوم و چهارم دارد. همچنین سود تولیدکننده در این مدل بسیار بیشتر از سود تولیدکننده غیرسبز خواهد بود که همین امر موجب تشویق و ترویج تولیدکنندگان می‌شود که به تولید محصول سبز روی بیاورند. هرچند این اختلاف سود بین تولیدکنندگان در مدل‌های سوم و

چهارم بسیار بیشتر است و قدرت ترویج بیشتر برای تولید محصول سبز دارد اما میزان رضایت و رفاه کمتری را در پی دارد.

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج حاصله نشان می‌دهد میزان سود تولیدکنندگان و خرده‌فروش حساسیت زیادی به قیمت محصولاتشان دارد. قیمت نیز به عامل محور بودن یا عمده‌فروشی بودن زنجیره تأمین و نوع مداخله دولت وابسته است. افراد نیز برای انتخاب محصول علاوه بر قیمت به پارامتری نظیر سبز بودن محصول توجه می‌کنند. به بیان بهتر انتخاب محصول از سوی افراد با بررسی مجموعه‌ای از شرایط انجام می‌پذیرد و صرفاً تابع تغییر قیمت آن محصول نیست. روش قیمت‌گذاری عامل محور یا عمده‌فروشی نیز در سودآوری اعضای زنجیره‌های تأمین و تغییر رفاه اجتماعی و بهبود شرایط زیست‌محیطی مؤثر است. علاوه بر این نوع مداخله دولت نیز که مبتنی بر فرهنگ‌سازی باشد یا مبتنی بر اخذ مالیات، می‌تواند به تغییرات در نتایج منجر گردد. این تغییرات به صورت دسته‌بندی‌شده در ذیل تشریح می‌گردد.

### روش قیمت‌گذاری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد تغییر روش قیمت‌گذاری تولیدکننده غیرسبز از مدل عمده‌فروشی به مدل عامل محور در صورت ثابت بودن نوع مداخله دولت و انتخاب روش عمده‌فروشی برای تولیدکننده سبز می‌تواند باعث افزایش سطح سبزی‌نگی محصول سبز و همچنین افزایش تقاضای این محصولات و در نتیجه بهبود شرایط زیست‌محیطی شود.

به کارگیری مدل عامل محور برای قیمت‌گذاری محصول هر دو تولیدکننده هم‌زمان با انجام فرهنگ‌سازی از سوی دولت بیشترین مقدار رفاه اجتماعی و سطح مطلوبیت مشتریان را در پی دارد. اگر دولت سیاست اخذ مالیات را در پیش گیرد، قیمت محصول غیرسبز افزایش می‌یابد و زمینه برای ترویج افراد به استفاده از محصولات سبز فراهم می‌شود اما چون اقبال عمومی و مطلوبیت جامعه برای خرید کاهش می‌یابد، تولیدکننده سبز برای اینکه سودش کاهش نیابد اقدام به کاهش قیمت محصول خود می‌کند.

## نوع مداخله

در مداخله دولت به صورت اخذ مالیات از محصول غیرسبز، سود بازیگران در مقایسه با انجام تبلیغ برای محصول سبز کاهش می‌یابد (که متأثر از کاهش تقاضای خرید محصولات از سوی مصرف‌کنندگان است)؛ ولی این کاهش برای تولیدکننده غیرسبز به صورت چشمگیر است که همین امر باعث ترویج و تشویق و یا در مواقعی اجبار تولیدکنندگان به تولید محصول سبز می‌شود.

مداخله دولت به صورت فرهنگ‌سازی و ترویج افراد به استفاده از محصولات سبز، سطح رضایت‌مندی و رفاه اجتماعی بیشتری در مقایسه با سناریوی اخذ مالیات از محصول غیرسبز به وجود می‌آورد؛ لذا تقاضای کل خرید افراد افزایش می‌یابد و رونق بیشتری در بازار به وجود می‌آید. بدین صورت رضایت تولیدکنندگان و خرده‌فروش نیز حاصل می‌شود.

با انجام هم‌زمان تغییر سیاست مداخله دولت از تبلیغات به اخذ مالیات و تغییر روش قیمت‌گذاری تولیدکننده محصول غیرسبز، قیمت محصول سبز و سطح سبز بودن آن و مقادیر تمامی توابع هدف بازیگران زنجیره‌ها کاهش می‌یابد. با این تفاوت که میزان کاهش رفاه اجتماعی در حالتی که روش عمده‌فروشی جایگزین روش عامل محور می‌شود (تغییر از مدل دوم به مدل سوم) بیشتر از حالتی است که روش عامل محور جایگزین عمده‌فروشی (تغییر از مدل اول به مدل چهارم) می‌شود.

مداخله دولت چه به صورت فرهنگ‌سازی و چه به صورت اخذ مالیات باعث تغییر در تقاضای زنجیره‌های تأمین می‌شود. انجام تبلیغات توسط دولت، تأثیر بر روی مصرف‌کنندگان است و اخذ مالیات از کالای غیرسبز مستقیماً بر روی تولیدکنندگان اثر می‌گذارد. مطابق انتظار و پیش‌بینی‌ها تقاضای زنجیره‌تأمین سبز افزایش و تقاضای زنجیره‌تأمین غیرسبز کاهش می‌یابد.

با بررسی تمامی نتایج مدل‌های به‌کاررفته در این پژوهش، می‌توان به این نتیجه رسید بهترین استراتژی برای دولت انجام تبلیغات در حالتی که هر دو زنجیره از مدل عامل‌محور


برای قیمت گذاری محصول خود استفاده می کنند، می باشد. در واقع در مدل دوم تمامی بازیگران به ماکزیمم مقدار تابع هدف خود دست می یابند. اما اگر دولت بخواهد صرفاً قیمت محصول سبز کاهش یابد اخذ مالیات از تولیدکننده غیرسبز تصمیم بهتری است ولی در این صورت سطح سبزیگی محصول سبز و رفاه اجتماعی کاهش می یابد. باحال این به نظر می رسد پس از اتخاذ تصمیم دولت به عنوان رهبر، در زنجیره هایی که از تولیدکننده غیرسبز از روش عمده فروشی بهره می برند اگر دولت این تولیدکننده را مجبور به تغییر روش به مدل عامل محور بنماید نتیجه مثبتی بر روی محیط زیست خواهد گذاشت و در نهایت منجر به افزایش سطح رضایت مندی و رفاه اجتماعی جامعه خواهد شد.

### محدودیت ها و تحقیقات آتی

هدف دولت در این مدل سازی و تحقیق حداکثر کردن رفاه اجتماعی است که می توان مدل های این پژوهش را با در نظر گرفتن سایر توابع هدف دولت مانند افزایش درآمد با یکدیگر مقایسه کرد. همچنین در پژوهش های آتی می توان این مقایسه را برای ساختاری که شامل یک تولیدکننده که هم محصول سبز و هم محصول غیرسبز تولید می کند و دو خرده فروش با در نظر گرفتن مدل عامل محور بررسی کرد و نتایج آن را تحلیل نمود. مطمئناً پیاده سازی مدل ها در دنیای واقعی می تواند با چالش هایی همراه باشد و تجارب و دانش تکمیلی را ارائه نماید. با توجه به اینکه در این پژوهش، رویکرد تحقیق مبتنی بر مدل سازی ریاضی بود و دسترسی به داده های واقعی میسر نشد می توان در صورت دسترسی به داده های واقعی مدل را برای شرکت های داخلی پیاده سازی کرده و از نتایج آن بهره مند گردید.


### ORCID

Mohammadtaghi

 <https://orcid.org/>


Moharrami

Mohammad Kazem

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

Sayadi

Meysam Rafei

 <https://orcid.org/0000-0002-9295-0307>



## منابع

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

doi: 10.22059/imj.2018.262181.1007464

درون متن: اسمعیلی و زندی (۱۳۹۷)

(اسمعیلی و زندی، ۱۳۹۷)

سینائی، محمدرضا و راستی برزکی، مرتضی. (۱۳۹۷). سیاست‌های قیمت‌گذاری و سبز بودن در زنجیره تأمین محصولات سبز و غیرسبز، با مداخله دولت: رویکرد نظریه بازی. مهندسی صنایع و مدیریت ۱، ۳۴(۲)، ۶۱-۵۳.

<https://dx.doi.org/10.24200/j65.2018.20083>

درون متن: سینائی و راستی برزکی (۱۳۹۷)

(سینائی و راستی برزکی، ۱۳۹۷)

منجذب، محمدرضا، صیادی، محمدکاظم، و فرصیاد، محمدجواد (۱۴۰۰). تأثیر مداخله دولت بر رقابت بین زنجیره‌های تأمین سبز و غیرسبز با هدف مدیریت رفاه اجتماعی. نشریه علمی مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۹(۶۳)، ۸۳-۵۱.

<https://dx.doi.org/10.22054/jims.2021.54873.2535>

درون متن: منجذب و همکاران (۱۴۰۰)

(منجذب و همکاران، ۱۴۰۰)

## References

Achillas, C., Bochtis, D. D., Aidonis, D., & Folinis, D. (2018). *Green supply chain management*. Routledge.

*Parenthetical citations:* (Achillas et al., 2018)

*Narrative citations:* Achillas et al. (2018)

Barari, S., Agarwal, G., Zhang, W. C., Mahanty, B., & Tiwari, M. K. (2012). A decision framework for the analysis of green supply chain contracts: An evolutionary game approach. *Expert systems with applications*, 39(3), 2965-2976.

*Parenthetical citations:* (Barari et al., 2012)

*Narrative citations:* Barari et al. (2012)

Dantas, D. C., Taboubi, S., & Zaccour, G. (2014). Which business model for e-book pricing?. *Economics Letters*, 125(1), 126-129.

*Parenthetical citations:* (Dantas et al., 2014)

- Narrative citations:* Dantas et al. (2014)
- Ghosh, D., & Shah, J. (2012). A comparative analysis of greening policies across supply chain structures. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 568-583.
- Paranthesis citations:* (Ghosh & Shah, 2012)
- Narrative citations:* Ghosh & Shah (2012)
- 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.
- Paranthesis citations:* (Giri et al., 2019)
- Narrative citations:* Giri et al. (2019)
- Hadi, T., Chaharsooghi, S. K., Sheikhmohammady, M., & Hafezalkotob, A. (2020). Pricing strategy for a green supply chain with hybrid production modes under government intervention. *Journal of Cleaner Production*, 268, 121945.
- Paranthesis citations:* (Hadi et al., 2020)
- Narrative citations:* Hadi et al. (2020)
- Hafezalkotob, A. (2017). Competition, cooperation, and coopetition of green supply chains under regulations on energy saving levels. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 97, 228-250.
- Paranthesis citations:* (Hafezalkotob, 2017)
- Narrative citations:* Hafezalkotob (2017)
- Hafezalkotob, A. (2018). Direct and indirect intervention schemas of government in the competition between green and non-green supply chains. *Journal of cleaner production*, 170, 753-772.
- Paranthesis citations:* (Hafezalkotob, 2018)
- Narrative citations:* Hafezalkotob (2018)
- Hafezalkotob, A. (2018). Modelling intervention policies of government in price-energy saving competition of green supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 119, 247-261.
- Paranthesis citations:* (Hafezalkotob, 2018)
- Narrative citations:* Hafezalkotob (2018)
- 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.
- Paranthesis citations:* (Hafezalkotob & Mahmoudi, 2017)
- Narrative citations:* Hafezalkotob & Mahmoudi (2017)
- Huang, Y., Wang, K., Zhang, T., & Pang, C. (2016). Green supply chain coordination with greenhouse gases emissions management: a game-theoretic approach. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2004-2014.

*Parenthetical citations:* (Huang et al., 2016)

*Narrative citations:* Huang et al. (2016)

Jamali, M., & Rasti, 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. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1029-1043.

*Parenthetical citations:* (Jamali & Rasti, 2018)

*Narrative citations:* Jamali & Rasti (2018)

Li, B., Zhu, M., Jiang, Y., & Li, Z. (2016). Pricing policies of a competitive dual-channel green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2029-2042.

*Parenthetical citations:* (Li et al., 2016)

*Narrative citations:* Li et al. (2016)

Luo, C., Leng, M., Tian, X., & Song, J. (2018). Pricing the digital version of a book: wholesale vs. agency models. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 56(2), 163-191.

*Parenthetical citations:* (Luo et al., 2018)

*Narrative citations:* Luo et al. (2018)

Ma, S., He, Y., Gu, R., & Li, S. (2021). Sustainable supply chain management considering technology investments and government intervention. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149, 102290.

*Parenthetical citations:* (Ma et al., 2021)

*Narrative citations:* Ma et al. (2021)

Madani, S. R., & Rasti-Barzoki, M. (2017). Sustainable supply chain management with pricing, greening and governmental tariffs determining strategies: A game-theoretic approach. *Computers & Industrial Engineering*, 105, 287-298.

*Parenthetical citations:* (Madani & Rasti-Barzoki, 2017)

*Narrative citations:* Madani & Rasti-Barzoki (2017)

Majumder, S., Nielsen, I., Maity, S., & Saha, S. (2022). Effect of Product Distribution Structures and Government Subsidy Measures on Product Quality and Consumption under Competition. *Sustainability*, 14(6), 3624.

*Parenthetical citations:* (Majumder et al., 2022)

*Narrative citations:* Majumder et al. (2022)

Midgley, J. (1997). *Social welfare in global context*. Sage.

*Parenthetical citations:* (Midgley, 1997)

*Narrative citations:* Midgley (1997)

Swami, S., & Shah, J. (2013). Channel coordination in green supply chain management. *Journal of the operational research society*, 64(3), 336-351.

*Parenthetical citations:* (Swami & Shah, 2013)

*Narrative citations:* Swami & Shah (2013)

Sheu, J. B., & Chen, Y. J. (2012). Impact of government financial intervention on competition among green supply chains. *International Journal of Production Economics*, 138(1), 201-213.

*Parenthetical citations:* (Sheu & Chen, 2012)

*Narrative citations:* Sheu & Chen (2012)

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.

*Parenthetical citations:* (Szmerekovsky & Zhang, 2009)

*Narrative citations:* Szmerekovsky & Zhang (2009)

Tan, Y. R., & Carrillo, J. (2014). The agency model for digital goods: Strategic analysis of dual channels in electronic publishing industry. In *Proceedings of PICMET'14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration* (pp. 646-657). IEEE.

*Parenthetical citations:* (Tan & Carrillo, 2014)

*Narrative citations:* Tan & Carrillo (2014)

Tan, Y., Carrillo, J. E., & Cheng, H. K. (2016). The agency model for digital goods. *Decision Sciences*, 47(4), 628-660.

*Parenthetical citations:* (Tan et al., 2016)

*Narrative citations:* Tan et al. (2016)

Wang, Z., Duan, Y., & Huo, J. (2022). The impact of government intervention measures on recycling of waste electrical and electronic equipment in China considering consumer decision. *Energy Policy*, 160, 112697.

*Parenthetical citations:* (Wang et al., 2022)

*Narrative citations:* Wang et al. (2022)

Wu, C. H. (2021). A dynamic perspective of government intervention in a competitive closed-loop supply chain. *European Journal of Operational Research*, 294(1), 122-137.

*Parenthetical citations:* (Wu, 2021)

*Narrative citations:* Wu (2021)

#### **References [In Persian]**

Esmaeili, M., zandi, S. (2018). Intervention of Government in the Competition between Green and Non-Green Supply Chains. *Industrial Management Journal*, 10(2), 297-314. doi: 10.22059/imj.2018.262181.1007464.

Monjazebe, M., Sayadi, M. K., & Farsayad, M. J. (2021). The Impact of Government Intervention on Competition Between Green and Non-

Green Supply Chains for Managing Social Welfare. *Journal of Industrial Management Studies*, 19(63), 51-83.  
<https://dx.doi.org/10.22054/jims.2021.54873.2535>

Sinai, M., & Rasti, M. (2018). Pricing and greening policies in the supply chain of green and non-green products with government intervention: The game theory approach. *Journal of Industrial Engineering and Management*, DOI: 10.24200/J65.2018.20083.

**استناد به این مقاله:** محرمی، محمدتقی، صیادی، محمد کاظم، رافعی، میثم. (۱۴۰۱). طراحی مدلی برای بررسی تأثیر مداخله دولت در رقابت بین زنجیره تأمین سبز و غیرسبز عامل محور، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۰(۶۶)، ۳۵-۷۱.

DOI: 10.22054/jims.2022.64406.2718



Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

