پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۳۷-۱

مالیات سبز دربخش های انرژی و کالای نهایی در ایران: رویکرد نظریه بازی‌ها

دکتر کریم اسلاملوئیان[۱]
علی حسین استادزاد[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶

چکیده

استفاده از مالیات‌های زیست محیطی ابزاری برای تخصیص بهینه منابع در راستای افزایش رفاه اجتماعی است. هدف این مطالعه طراحی الگوی مناسب و محاسبه مقدار بهینه مالیات‌های سبز غیر مستقیم برای اقتصاد ایران با استفاده از نظریه بازی‌ها می‌باشد. در این راستا، بعد از ساخت الگو، ابتدا توابع تولید انرژی‌های فسیلی، انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان کالای واسطه‌ای و تابع تولید کالای نهایی برآورد شده است. سپس یک بازی پویا برای سه بازیگر شامل دولت، بنگاه‌های واسطه‌ای تولید انرژی و بنگاه تولید کالای نهایی طراحی گردیده است. در مرحله اول دولت با هدف حداکثرسازی رفاه به تعیین نرخ مالیات می‌پردازد و در مرحله دوم، بنگاه‌ها با اخذ این نرخ، با انتخاب عوامل تولید، سود خود را حداکثر می‌نمایند. پس از حل این بازی دینامیکی با روش استقراء بازگشتی، الگو برای اقتصاد ایران کالیبره شده است. بر اساس نتایج بدست آمده نرخ بهینه مالیات سبز در سال ۱۳۹۴حدود ۹ درصد تولید کالاهای نهایی برآورد می‌گردد. به عبارت دیگر برای جبران خسارت‌های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی لازم است که به این میزان از تولید ناخالص ملی (GNP) ایران مالیات اخذ گردد. همچنین نرخ مالیات سبز بر تولید انرژی فسیلی ۱۸ درصد قیمت سوخت محاسبه شده است. این امر نشان دهنده لزوم توجه ویژه سیاستگذار و برنامه-ریزان به اخذ مالیات سبز برای دستیابی به توسعه پایدار می باشد.

واژه‌گان کلیدی: مالیات های سبز، بخش تولید انرژی، مالیات بر کالای نهایی، انرژی های تجدیدپذیر، نظریه بازی‌ها، ایران.

طبقه بندی JEL: Q28 ,D22, C70

---

۱. استاد اقتصاد دانشگاه شیراز- نویسنده مسئول
Email: keslamlo@rose.shirazu.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه شیراز
Email: aostadzad@yahoo.com

۱- مقدمه

کارشناسان اقتصادی بر این باورند که دریافت مالیات‌های سبز علاوه بر اینکه می‌تواند به حفظ محیط زیست کمک کند، بلکه با تعامل میان اقتصاد و محیط زیست، به توسعه پایدار نیز خواهد انجامید. نمی‌توان کتمان کرد که یکی از پیامدهای بزرگ رشد اقتصادی افزایش آلودگی‌های زیست محیطی است، که این آلودگی‌ها امروزه به عنوان یکی از دغدغه‌های مشترک اغلب فعالان محیط زیست در دنیا تبدیل شده است. دولت ها در کشورهای توسعه یافته از دریافت مالیات‌های سبز حمایت زیادی می‌کنند، چرا که معتقدند با انتقال بخشی از بار مالیات‌ها بر دوش آلوده‌کنندگان محیط زیست، می‌توانند در رشد و توسعه تکنولوژی‌های پاک‌تر تلاش کرده و بهره‌گیری از صنعت سبز را تشویق وترویج نمایند. در کشورهایی چون هلند و دانمارک، مالیات‌های زیست محیطی بیش از ۴ درصد از تولید ناخالص ملی را شامل می‌شود و برای کشور کانادا این رقم بیش از یک درصد از تولید ناخالص ملی است. در ایران نیز مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد، وضع یک درصد مالیات زیست محیطی، باعث کاهش چشمگیری در آلودگی می‌شود و همچنین اخذ چنین مالیات‌هایی باعث کاهش تقاضای سوخت نیز خواهد شد و مانند سدی برای مصرف بیش از حد انرژی عمل می‌کند.

مالیات سبز یا مالیات‌های زیست محیطی بر انواع آلودگی‌های محیط زیستی اعمال می‌شود. این مالیات‌ها نه تنها کارایی را خدشه‌دار نمی‌کند، بلکه به دلیل کاهش هزینه‌های ناشی از آلودگی، نفع اجتماعی را نیز افزایش می‌دهد. مالیات سبز بر تولیدکننده‌های آلودگی وضع می‌شود[۱]. دریافت این نوع مالیات از کارخانجات و کسانی که باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند، علاوه بر اینکه باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود، می‌تواند به عنوان یک منبع درآمدی برای دولت در این زمینه به حساب آید، از طرفی، جمع‌آوری این نوع

۱. در این مطالعه تولید کننده به دو گروه، بنگاه‌های تولید کالاهای غیر انرژی و بنگاه‌های تولید انرژی تقسیم شده اند.

مالیات باعث کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و ثبات اقتصادی نیز می‌گردد (پژویان و امین رشتی، ۱۳۸۶).

وضع مالیات‌های زیست محیطی بر آلاینده‌ها می‌تواند به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم صورت گیرد. در مالیات‌های مستقیم، مالیات بر خود آلاینده‌هایی مانند میزان استخراج دی اکسید کربن از دودکش یک کارخانه یا پسماندهای آلوده اخذ می‌شود. اگرچه اخذ مالیات مستقیم به لحاظ تئوریک برای درونی‌سازی خسارت‌های زیست‌محیطی و اخذ مالیات پیگویی مناسب‌تر است، امّا در عمل با مشکلات زیادی روبرو است. بنابراین بسیاری از کشورها با توجه به مشکلات فنی و مسائل قانونی بجای اخذ مالیات زیست محیطی مستقیم، مبادرت به اخذ مالیات‌های زیست محیطی غیرمستقیم که به لحاظ اجرایی آسان‌تر است می‌نمایند. در این صورت از نهاده‌های تولید و یا کالاها و محصول نهایی تولید شده مالیات اخذ می‌شود. این مالیات‌ها می‌توانند از فرآیند تولید و یا مصرف اخذ شوند و جنبه تشویقی برای بنگاه‌ها و مصرف کنندگان برای کاهش آلودگی دارند. مالیات بر انواع استفاده از گاز کلروفلور کربن در سردکننده‌ها مانند یخچال‌ها، مالیات بر بنزین و سایر سوخت‌های فسیلی، کیسه‌های پلاستیک، باطری‌ها، و غیره از این نوع مالیات‌ها شمرده می‌شوند. اخذ این مالیات‌ها می‌تواند باعث حذف و یا استفاده کم‌تر از نهاده‌های تولید خطرناک و کالاهای مضر برای محیط زیست شود. تحت شرایطی اعمال این مالیات‌ها می‌تواند منجر به انتشار آلودگی در سطح بهینه اجتماعی شود. (هانلی و دیگران ۱۹۹۷)[1]

مفهوم GDP سبز براساس محاسبات تولید ناخالص داخلی متعارف با رویکرد زیست‌محیطی ارائه شده است بدین معنی که هزینه‌هائی که صرف حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی باید شود، از کل تولید ناخالص داخلی کسر نموده و GDP سبز به‌دست می‌آید. در این مقاله نیز میزان دریافت مالیاتی که باید از تولید کالای نهایی به دلیل خسارت به محیط زیست وارد نموده است، محاسبه شده است. پس از آن GDP سبز بر اساس درصدی از GDP گزارش شده بدون ملاحظات زیست محیطی محاسبه شده است.

1. Hanley et al. (1997)

این مقاله در پنج قسمت تنظیم شده است. در قسمت دوم پیشینه پژوهش در زمینه مالیات‌های سبز مورد بررسی قرار گرفته است. در قسمت سوم مبانی نظری و فروض الگو و همچنین چگونگی حل الگو با استفاده از یک بازی دو مرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در قسمت چهارم ابتدا به برآورد پارامترهای الگو (با برآورد تابع تولید انرژی‌های فسیلی، انرژی‌های تجدیدپذیر و کالاهای غیر انرژی) و پس از آن کالیبره کردن الگو برای اقتصاد ایران و محاسبه نرخ‌های مالیات سبز بهینه پرداخته شده است. در قسمت نهایی نیز یک جمع بندی اجمالی از مطالب آورده شده و پیشنهادهایی برای مطالعات آتی ارائه شده است.

۲- پیشینه پژوهش

مالیات‌های زیست‌محیطی یا مالیات‌های سبز یکی از ابزارهای اقتصادی در حفظ محیط زیست است، که سالیان طولانی در کشورهای مختلف مورد استفاده بوده است. استفاده از این ابزار می‌تواند مانع انتشار آلاینده‌های بیش از حد بهینه اجتماعی شود. در ایران سیستم جریمه وجود دارد که با مالیات بسیار متفاوت است، اما می‌توان با فراهم نمودن بستر حقوقی و انجام تحقیقات اقتصادی به‌شکلی علمی مقدار مالیات‌های سبز را تعیین کرد. اما در استفاده از هر ابزار اقتصادی در کشور باید به ملاحظات اجتماعی نیز توجه کرد و ظرافت‌های خاص آن را در نظر گرفت. در مطالعات بسیاری مالیات سبز زیست محیطی با استفاده از روش‌های مختلف برآورد شده است. در ادامه به بررسی و تحلیل مطالعاتی خواهیم پرداخت که در این مطالعات به اهمیت مالیات سبز پرداخته شده است.

هاونبی و شورتل[1] (۲۰۰۵)، به منظور بررسی پیامدهای رفاهی اصلاح مالیات سبز در اقتصادهای باز کوچک با استفاده از مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر، پیامدهای احتمالی جانشینی مالیات‌های کربن را با مالیات‌های متداول شبیه‌سازی کرده‌اند (با مطالعه موردی پنسیلوانیا). در مطالعه فوق نتایج حل عددی بر پیامدهای رفاهی مصرف کننده، عرضه و تقاضای عوامل و کالاها، تقاضای صادرات و واردات را با سه سناریو شامل عدم تحرک

1. Hwan Bae and shortle. (2005)

عوامل، تحرک عوامل بدون تابع خسارت زیست محیطی و تحرک عوامل با تابع خسارت زیست محیطی برای مالیات محلی و مالیات کربن مورد بررسی قرار گرفته است. طبق نتایج بدست آمده از این مطالعه، مالیات‌های زیست محیطی باعث افزایش رفاه می‌گردند.

در مطالعات ژوآنگ[۱] (۲۰۰۵)، فو و همکاران[۲] (۲۰۰۸)، لیو و فنگ[۳] (۲۰۰۹) مشکل اصلی اقتصاد در کاهش کربن کارایی انرژی و ساختار انرژی‌های پاک می‌باشد. بنابراین با توجه به این پژوهشات هسته اصلی برای توسعه پایدار و کاهش کربن در هر کشوری، پیشرفت در تکنولوژی تولید انرژی می‌باشد. نتایج مشترک مطالعات فوق نشان می‌دهد که تنها با پیشرفت تکنولوژی تولید انرژی می‌توان نرخ تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد. بر اساس این مطالعات پیشرفت تکنولوژی در تولید انرژی تنها با پیشرفت اقتصادی محقق می گردد.

در مطالعه آنونی موس[۴] (۲۰۰۴)، نشان داده شده است که، مالیات سبز باعث ایجاد سود مضاعف به سه شکل ضعیف، متوسط و قوی می‌شود. نتایج حل عددی مدل تعادل عمومی که برای سنجش تأثیر مالیات سبز بسط داده شده است، نشان می‌دهد که مالیات سبز باعث سود مضاعف قوی نمی‌شود، در واقع، مالیات سبز باعث هیچ نوع کاهشی در مشکلات زیست محیطی و بیکاری نمی‌شود.

در مطالعه هیل[۵] (۱۹۹۳)، به بررسی هزینه دست یافتن به کاهش آلودگی در نتیجه استفاده از مالیات‌های سبز و همچنین هزینه بخشودگی مالیات با محدودیت اشتغال و بدون آن پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، کاهش انتشار CO_2 بین ۵ تا ۲۵ درصد می‌تواند هزینه را تا بیش از ۹ درصد در هنگامی که از مالیات زیست محیطی به جای دیگر مالیات‌ها استفاده می‌شود کاهش دهد. همچنین انتقال بخشودگی مالیاتی از صنایع مشخصی نیز، می‌تواند هزینه را کاهش دهد.

1. Zhuang (2005)
2. Fu, Liu and Niu (2008)
3. Liu and Feng (2009)
4. Anonymous (2004)
5. Hill (1993)

در تعدادی از مطالعات که بر اساس الگوهای رشد بسط داده شده است، اثر مالیات‌های سبز بر رشد اقتصادی و رفاه بررسی شده است. تعدادی از این مطالعات در زیر بر اساس مطالعه و کشور مورد بررسی آمده است.

دساس و باسولو[1]	۱۹۹۸	کاستاریکا	دریافت مالیات از هر آلاینده تنها موجب کاهش همان آلاینده می‌شود، که نشان می‌دهد اجرای سیاست مالیات بر آلودگی باعث کاهش آلودگی در کل نخواهد شد.
ویسما و دلینک[2]	۲۰۰۷	ایرلند	با نرخ مالیات ۱۰-۱۵ یورو بر تن دی اکسید کربن آلودگی به اندازه ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. کاهش رفاه حاصل از این مالیات ۱ درصد برآورد گردیده است.
لیانگ و همکاران[3]	۲۰۰۷	چین	برای کاهش ۵-۱۰ درصد در اکسید کربن، بدون پرداخت یارانه به تولید یا معافیت‌های مالیاتی، موجب کاهش تولید ناخالص داخلی خواهد شد. اما در این مطالعه مشخص شد که با معاف نمودن بخش‌های مصرف کننده انرژی بر و تجاری تر، حتی امکان افزایش تولید ناخالص داخلی وجود خواهد داشت.
بیرتنس و فائن[4]	۲۰۰۸	نروژ	اخذ مالیات آلودگی ناشی از انرژی موجب کاهش تولید، اشتغال و مصرف می‌شود. در حالی که جبران معادل آن با درآمدهای مالیاتی به صورت یارانه به واحدهای تولیدی می‌توان منجربه افزایش رفاه در جامعه شود.
برائو[5]	۲۰۱۱	فرانسه	به منظور کاهش ١٤ درصدی انتشار دی اکسید کربن، سناریو مالیات بر کربن ۳۱ یورو به ازای هر تن دی اکسید کربن را ارزیابی نموده است. نتایج نشان می‌دهد که رفاه هر خانوار کاهش می یابد و سهم خانوارهای ثروتمندتر از این کاهش مطلوبیت بیشتر است. در این مطالعه نشان داده شد، توزیع یکنواخت درآمدهای مالیاتی میان خانوارها موجب افزایش درآمد خانوارهای فقیر خواهد شد.
دیسو و ایلند[6]	۲۰۱۱	کانادا	با سناریوی دریافت مالیات بر دی اکسید کربن ٤٠ دلار به ازای هر تن، در صورت عودت مالیات ضمن تعدیل کاهش پتانسیل رقابت، موجب کاهش بیشتری در تولید ناخالص داخلی خواهد شد. بدون عودت مالیات بر آلودگی تولید ناخالص ۰/۱۳ درصد کاهش می‌یابد و با عودت آن تولید ناخالص ۰/۱۷ درصد کاهش می یابد. این شرایط برای رفاه نیز برقرار است.

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Dessus and Bussolo (1998)
2. Wissema and Dellink (2007)
3. Liang etal. (2007)
4. Bertnæs, and Faehn (2008)
5. Bureau (2011)
6. Dessus and Bussolo (2011)

به منظور بررسی مطالعات بیشتر در زمینه اثرات زیست محیطی مالیات های سبز به مقاله زینگ و ژانگ[1] (۲۰۱۱) مراجعه گردد.

از مطالعات داخلی که به برآورد نرخ بهینه مالیات بر آلودگی برای اقتصاد ایران پرداخته شده است می توان به هادیان و استادزاد (۱۳۹۲) اشاره نمود. در مطالعه فوق به برآورد سطح بهینه مالیات بر آلودگی در اقتصاد ایران با استفاده از یک الگوی رشد تعمیم یافته پرداخته شده است. پس از کالیبره کردن الگوی حل شده، نرخ بهینه مالیات بر آلودگی در مطالعه فوق ۷/۸ هزار ریال به ازای هر تن تولید CO_2 بدست آمده است. در مطالعه فوق به صورت مستقیم مالیات بر آلودگی برآورد شده است. از دیگر مطالعات موجود برای اقتصاد ایران می توان به هراتی و همکاران (۱۳۹۱) اشاره کرد. محاسبات این مطالعه بیانگر آن است که نرخ بهینه مالیات زیست محیطی در حدود ۱۵ درصد از تولید می‌باشد.

تفاوت مطالعه حاضر با مطالعات بررسی شده در زیر آمده است. در این مطالعه:

۱- مالیات سبز بهینه به صورت غیر مستقیم با توجه به تولید انرژی و همچنین کالای نهایی برآورد شده است.

۲- در الگو، قیمت‌های بهینه سوخت‌های مختلف نیز برآورد شده است.

۳- روش مورد استفاده در این مطالعه استقراء بازگشتی[2] برای حل یک بازی پویای دو مرحله‌ای می‌باشد. با توجه به بررسی صورت گرفته توسط نویسندگان در هیچ مطالعه‌ای با استفاده از این روش به برآورد نرخ بهینه مالیات پرداخته نشده است.

۴- در نظر گرفتن همزمان انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر در الگو

۵- با توجه به الگوی بسط داده شده میزان بهینه یارانه جهت ترویج تولید انرژی‌های تجدیدپذیر نیز مورد محاسبه قرار گرفته است،[3]

1. Zeng and Zhang (2011)
2. Backward induction
۳. بر اساس اطلاعات نویسندگان تا کنون هیچ مطالعه ای به بررسی این موضوع نپرداخته است.

۳- مبانی نظری و ساختار الگو

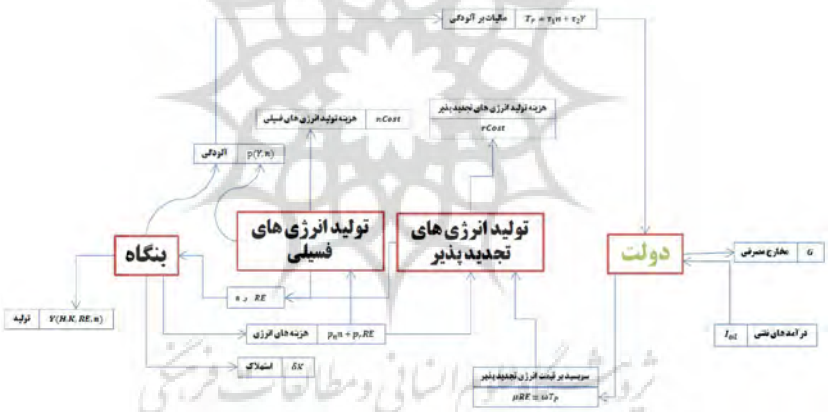
تخصیص بهینه منابع، تحقق وضعیت بهینه پارتو و دستیابی به حداکثر رفاه اجتماعی، زمانی حاصل می‌شود که هزینه نهایی اجتماعی ناشی از فعالیت اقتصادی یک فرد یا یک واحد اقتصادی با منافع نهایی اجتماعی حاصل از آن برابر گردد. هزینه نهایی اجتماعی شامل هزینه‌های خصوصی و هزینه‌های جانبی است. هزینه‌های جانبی منفی زمانی ظاهر می‌شود که فعالیت اقتصادی فرد یا واحد اقتصادی برای سایر افراد و یا واحدهای اقتصادی و به طور کلی برای جامعه، ایجاد ضرر می‌کند (مانند آلودگی محیط زیست که در چارچوب مکانیزم بازار توجهی به هزینه‌های خارجی نشده و تخصیص منـــابع براساس هزینه‌های خصوصی صورت می‌گیرد). چنین شرایطی منجر به عدم تحقق وضعیت بهینه پارتو و شکست بازار در تخصیص بهینه منابع می‌گردد. براین اساس بخش عمومی بایستی در راستای هدف حداکثرسازی رفاه اجتماعی، در مکانیزم بازار دخالت نموده و از طریق بکارگیری ابزارهایی، تخصیص منابع را براساس برابری منافع و هزینه‌های نهایی اجتماعی هدایت نماید. مالیات‌های زیست محیطی یکی از ابزارهای اقتصادی در اختیار دولت برای رسیدن به تخصیص بهینه منابع است. این نوع مالیات منجر به "داخلی کردن" هزینه‌های خارجی شده و زمینه تحقق وضعیت بهینه پارتو را مهیا می‌سازد.

در مطالعه حاضر مشابه مطالعات بورینگر و رادرفورد[1] (۱۹۹۷ و ۲۰۰۲)، هیل (۱۹۹۸) و بورینگر و همکاران[2] (۲۰۰۲)، کالاها و خدمات به دو گروه کلی، سوخت (انرژی های فسیلی و تجدیدپذیر) و سایرکالاها (یا غیرسوخت) تقسیم شده است. هر دو گروه با استفاده از تکنولوژی تولید خاص آن گروه، تولید شده و دارای تابع تولیدی هستند که تولید را به عوامل تولید وابسته می‌کند. عوامل تولید توسط خانوارها عرضه شده و در فرآیند تولید، درآمد حاصل به صاحبان عوامل تولید برمی‌گردد. هر تولیدکننده به بیشینه کردن سود می‌پردازد که خود حاصل تفاوت درآمد ناشی از فروش محصول و هزینه ناشی از خرید عوامل تولید و کالاهای واسطه‌ای است. کالاهای غیرسوخت با استفاده از عوامل

1. Boehringer and Rutherford (1997, 202)
2. Bohringer and Partners (2002)

اولیه، سوخت و نهاده‌های واسطه‌ای تولید می‌شود. محصول در بازارهای رقابت کامل فروخته می‌شود و تولیدکننده سودش را با قیمت‌های داده شده بازار، حداکثر می‌کند. برای تولید سوخت، فرض شده تنها عامل تولید سرمایه برای تولید انرژی های تجدیدپذیر و منابع فسیلی و سرمایه برای تولید انرژی‌های فسیلی استفاده می‌شوند.

در این مطالعه به بررسی درونی کردن هزینه های خارجی خواهیم پرداخت. برای این منظور سه بخش در نظر گرفته شده است. دولت با توجه به حداکثر سازی رفاه اجتماعی اقدام به دریافت مالیات پیگویی از هر واحد تولیدی می‌کند. بنگاه‌های تولید کننده انرژی که می‌توانند انرژی را از منابع فسیلی و تجدیدپذیر تولید کنند و هدف‌شان حداکثرسازی سود می‌باشد. بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای نهایی که انرژی را به عنوان نهاده تولید بکار می‌برند و هدف آن‌ها حداکثر سازی سود می‌باشد.



شکل ۱: نمودار چرخشی اقتصاد مورد بررسی این مطالعه (ماخذ: یافته‌های پژوهش)

با توجه به مطالعه اسلاملوئیان و استادزاد (۱۳۹۲) میزان خسارت اجتماعی با استفاده از رابطه (۱) قابل اندازه‌گیری است.

$$D(P_t) = \kappa \frac{P_t^{\gamma}}{\gamma} \qquad (۱)$$

که در این رابطه γ بیانگر وزن آلودگی زیست محیطی و همچنین معرف شعور یا حساسیت زیست محیطی مصرف کنندگان است. در یک مقدار معین آلودگی (P_t) پارامتر γ بالاتر به معنی این است که جامعه محیط زیست را آلوده‌تر خواهد دید. بنابراین پارامتر γ، حساسیت جامعه نسبت به آلودگی را نشان می‌دهد. در این رابطه κ یک متغیر انتقال است که نشان دهنده عوامل برون زای موثر بر خسارت می باشد.

در ادامه به بررسی تابع آلودگی (P_t) خواهیم پرداخت. آلودگی تابعی از تولید کالای نهایی و همچنین تولید انرژی‌های فسیلی می‌باشد. از طرفی فرض می‌شود که ضریب جذب آلودگی برابر یک است. یعنی آلودگی در هر دوره تنها به همان دوره خسارت وارد می-کند. بنابراین برای تابع آلودگی رابطه (۲) فرض شده است.[۱]

$$P_t = \hbar + \varsigma Y_t + \varpi n_t \qquad (۲)$$

که در این رابطه پارامترها و متغیرها به صورت زیر تعریف شده است.

Y_t: تولید ناشی از فعالیت بنگاه تولید کننده کالای نهایی

n_t: تولید انرژی های فسیلی توسط بنگاه تولید کننده انرژی

$\hbar$: میانگین سایر عوامل تاثیرگذار بر آلودگی (به غیر از تولید کالای نهایی و انرژی‌های فسیلی).

ς: تغییرات آلودگی نسبت به تغییر تولید کالای نهایی ($\frac{\partial P_t}{\partial Y_t}$).

ϖ: تغییرات آلودگی نسبت به تغییر تولید انرژی‌های فسیلی ($\frac{\partial P_t}{\partial n_t}$).

۱. برای جزییات بیش تر در خصوص رابطه زیر به اسلاملوئیان و استادزاد (۱۳۹۲) مراجعه گردد.

از طرفی فرض می کنیم که تابع تولید کالاهای نهایی به صورت تابع کاب داگلاس می-باشد که در رابطه (۳) نشان داده شده است. با توجه به این رابطه تولید کالای نهایی شامل نهاده‌های حجم سرمایه در تولید کالاهای نهایی (K_t)، نیروی کار (H_t) و انرژی ($E_t = n_t + RE_t$) می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود انرژی از دو منبع انرژی‌های فسیلی (n_t) و تجدیدپذیر (RE_t) تولید شده است.

$$Y_t = AK_t^{\alpha_1} H_t^{\alpha_2} \left(n_t + RE_t\right)^{\alpha_3} \qquad (۳)$$

به منظور برآورد تابع عکس العمل بنگاه‌های تولیدکننده انرژی و کالاهای نهایی نسبت به نرخ های مالیات، فرض می‌کنیم دولت یک نرخ مالیات زیست محیطی بر تولید کالاهای نهایی (τ_2) و تولید انرژی‌های فسیلی بر حسب ریال به ازای هر بشکه معادل نفت خام (τ_1) و از طرفی یک نرخ سوبسید بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (μ) و ضع نماید.

۳-۱. بنگاه‌های تولیدکننده انرژی

همان‌گونه که در پیشینه پژوهش بررسی شد، مشاهده می‌شود که در هیچ مطالعه‌ای به برآورد مالیات زیست محیطی بر انرژی با در نظر گرفتن همزمان انرژهای فسیلی و تجدیدپذیر پرداخته نشده است. یکی از اهداف این مطالعه پرداختن به این موضوع برای اقتصاد ایران می‌باشد. در این راستا در این پژوهش فرض می‌نمائیم که انرژی توسط دو منبع انرژی‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شود و در بخش تولید کالای نهایی، انرژی یک نهاده تولید می‌باشد. بنابراین بر اساس رابطه زیر داریم:

$$E = n(R, K_n) + RE(K_{RE}) \qquad (۴)$$

با توجه به رابطه (۴) فرض شده است که:

الف: انرژی (E) را می‌توان با استفاده از انرژی‌های فسیلی ($n(R,K_n)$) و یا انرژی‌های تجدیدپذیر ($RE(K_{RE})$) تولید نمود.

ب: نهاده‌های تولید انرژی‌های تجدیدناپذیر منابع فسیلی (R) شامل نفت، گاز و زغال سنگ و K_n سرمایه در بخش انرژی‌های فسیلی می‌باشد.

پ: تنها نهاده تولید انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه در این بخش (K_{RE}) می‌باشد.

همچنین فرض می‌کنیم که دولت از بخش انرژی‌های فسیلی به اندازه τ_1 مالیات بر تولید (بر حسب ریال به ازای هر بشکه معادل نفت خام) دریافت می‌کند. بنابراین دولت به اندازه $\tau_1 n$ مالیات از بخش انرژی دریافت می‌نماید. با توجه به اینکه یکی از اهداف دولت در این مطالعه تولید بیشتر انرژی از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، بنابراین مقداری از درآمدهای مالیات بر آلودگی را به صورت سوبسید به صورت درصدی از تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (μRE) به بنگاه‌های انرژی باز می‌گرداند.

بنابراین با توجه به شکل (۱) سود بنگاه‌های تولید انرژی به صورت درآمد این بنگاه‌ها منهای هزینه‌ها به صورت زیر خواهد بود.

$$\pi_E = P_E \times E - Cost = P_E E + \mu RE - \left[r\left(K_n + K_{RE}\right) + P_{oil} R + \tau_1 n \right] \quad (۵)$$

در این رابطه P_{oil} و r به ترتیب قیمت منابع انرژی فسیلی و نرخ سود سرمایه می‌باشد. با ساده سازی رابطه (۵)، رابطه (۶) را برای سود خواهیم داشت.

$$\pi_E = \left(P_E - \tau_1\right) n + \left(P_E + \mu\right) RE - \left[r\left(K_n + K_{RE}\right) + P_{oil} R \right] \quad (۶)$$

به منظور حداکثر سازی سود بنگاه‌های انرژی تابع تولیدی برای انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر با توجه به روابط (۷) و (۸) تعریف می‌کنیم.

$$n(R, K_n) = \varphi_n R^{\delta_1} K_n^{\delta_2} \quad (۷)$$

$$RE(K_{RE}) = \varphi_{RE} K_{RE}^{\delta_3} \quad (۸)$$

همان‌گونه که در این روابط مشاهده می‌شود توابع تولید انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر به صورت کاب داگلاس فرض شده است. با توجه به بررسی صورت گرفته در مقدمه، به منظور برآورد نرخ‌های بهینه مالیات سبز یک بازی دو مرحله‌ای طراحی شده است.

در این مطالعه بازیگرها شامل دولت، بنگاه تولید انرژی و بنگاه تولید کالاهای نهایی می‌باشند. در این بازی هدف دولت حداکثرسازی رفاه اجتماعی و هدف بنگاه‌ها حداکثرسازی سود می‌باشد. استراتژی بنگاه‌ها انتخاب عوامل تولید و استراتژی دولت تعیین یارانه برای تولید انرژی تجدیدپذیر و تعیین نرخ‌های مالیات سبز بر تولید کالای نهایی و تولید انرژی می‌باشد. به طور خاص، تابع هدف بنگاه‌های تولیدکننده انرژی، مجموع سود بنگاه‌های تولیدی انرژی‌های فسیلی و بنگاه‌های انرژی تجدیدپذیر می‌باشد. تابع هدف بنگاه‌های تولید کالای نهایی سود این بنگاه ها می‌باشد. تابع هدف دولت تابع رفاه اجتماعی (جمع مازاد تولیدکننده منهای خسارت‌های اجتماعی) است. در این قسمت یک بازی پویا طراحی شده که در مرحله اوّل دولت با هدف حداکثرسازی رفاه به تعیین نرخ‌های مالیات و یارانه سبز می‌پردازد و در مرحله بعد بنگاه‌ها با اخذ این نرخ‌ها، با انتخاب عوامل تولید، سود خود را حداکثر می‌نمایند. بعد از حل این بازی با روش استقراء بازگشتی الگو برای اقتصاد ایران کالیبره خواهد شد. حل این بازی پویا، شامل مجموعه استراتژی‌های بهینه است که توسط دولت و بنگاه‌ها انتخاب می‌گردد. اکنون به حل بازی طراحی شده می‌پردازیم. با توجه به اینکه این بازی باید به صورت استقراء بازگشتی حل گردد، از روش برنامه‌ریزی پویا برای حل الگو استفاده خواهد شد.

در مرحله اول بازی دولت به منظور یافتن توابع عکس‌العمل بنگاه‌های تولید انرژی مقادیر (τ_1, μ) را به این بنگاه‌ها اعلام می‌نماید. بنگاه‌ها به این مقادیر واکنش نشان می‌دهند و مقادیر بهینه تولید انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر را انتخاب می‌کنند.

در ادامه فرض می‌کنیم که بنگاه‌های تولید انرژی دریافت کننده قیمت نهایی کالا و همچنین قیمت نهاده‌های تولید می‌باشند و سود خود را با انتخاب مقادیر نهاده‌های تولید (رابطه (۹)) حداکثر می‌کنند.

$$\underset{R,\,K_n,\,K_{RE}}{Max} \quad \pi_E = (P_E - \tau_1)\,n(R, K_n) + (P_E + \mu)\,RE(K_{RE}) - \left[r\left(K_n + K_{RE}\right) + P_{oil} R\right] \tag{۹}$$

با نوشتن شرط مرتبه اول حداکثرسازی سود بنگاه‌های انرژی $(\frac{\partial \pi_E}{\partial R}=0, \frac{\partial \pi_E}{\partial K_n}=0, \frac{\partial \pi_E}{\partial K_{RE}}=0)$ مقادیر بهینه سرمایه در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر (K_{RE}^{*}) و فسیلی (K_n^{*}) و منابع اولیه مصرفی انرژی‌های فسیلی (R^{*}) در روابط (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) بدست می‌آید[۱].

$$K_{RE}^{*}(\mu) = \left[\frac{r}{(P_E + \mu)\varphi_{RE}\,\delta_3}\right]^{\frac{1}{\delta_3 - 1}} \tag{۱۰}$$

$$R^{*}(\tau_1) = \left[\frac{\delta_1 (P_E - \tau_1)\varphi_n \left(\delta_2 P_{oil}\right)^{\delta_2}}{(\delta_1 + \delta_2) P_{oil} \left(\delta_1 r\right)^{\delta_2}}\right]^{\frac{1}{1-\delta_1-\delta_2}} \tag{۱۱}$$

$$K_n^{*}(\tau_1) = \frac{\delta_2}{\delta_1}\left(\frac{P_{oil} R^{*}(\tau_1)}{r}\right) \tag{۱۲}$$

۱. اثبات روابط نزد نویسندگان موجود است که در صورت درخواست ارائه خواهد شد.

با جایگذاری روابط بالا در روابط (۷) و (۸) مقدار بهینه تولید انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر بر حسب پارامترهای الگو بدست می‌آید (رابطه های (۱۳) و (۱۴)). از طرفی این روابط نشان دهنده توابع عکس العمل بنگاه‌های تولید انرژی نسبت به نرخ‌های مالیات بر آلودگی و نرخ سوبسید بر انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، که دولت به منظور حداکثرسازی رفاه اجتماعی از این توابع‌عکس‌العمل استفاده خواهد کرد.

$$n^{*}\left(\tau_1\right)=\varphi_n\left(\frac{\delta_2}{\delta_1}\right)^{\delta_2}\left(\frac{P_{oil}}{r}\right)^{\delta_2}\left[\frac{\delta_1\left(P_E-\tau_1\right)\varphi_n\left(\delta_2 P_{oil}\right)^{\delta_2}}{\left(\delta_1+\delta_2\right)P_{oil}\left(\delta_1 r\right)^{\delta_2}}\right]^{\frac{\delta_1+\delta_2}{1-(\delta_1+\delta_2)}} \quad (۱۳)$$

$$RE^{*}\left(\mu\right)=\varphi_{RE}\left[\frac{\left(P_E+\mu\right)\varphi_{RE}\delta_3}{r}\right]^{\frac{\delta_3}{1-\delta_3}} \quad (۱۴)$$

با توجه به رابطه (۱۳) با افزایش نرخ مالیات بر انرژی‌های فسیلی تولید انرژی‌های فسیلی کاهش خواهد یافت. از طرفی با توجه به رابطه (۱۴) با افزایش سوبسید به انرژی‌های تجدیدپذیر میزان تولید انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش می‌یابد.

از روابط (۱۳) و (۱۴) در قسمت‌های بعد به عنوان تابع عکس‌العمل بنگاه‌های تولید انرژی در حداکثرسازی رفاه اجتماعی استفاده خواهد شد. در ادامه به بررسی مسئله حداکثرسازی بنگاه‌های تولید کالای نهایی خواهیم پرداخت.

۳-۲. بنگاه‌های تولید کننده کالاهای نهایی غیر انرژی

در این قسمت به برآورد تابع عکس‌العمل بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای نهایی با توجه به نرخ مالیات سبزی که بر تولید وضع می‌شود خواهیم پرداخت. تابع سود بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای نهایی به صورت رابطه (۱۵) نوشته شده است.

$$\pi_Y = P_Y Y - \left[P_E E + wH + rK + \tau_2 Y\right] \quad (۱۵)$$

که در این رابطه w, r به ترتیب نرخ سود سرمایه و نرخ دستمزد نیروی کار می‌باشد. همچنین $\tau_2 Y$ مالیات سبز بر تولید می‌باشد. با ساده‌سازی رابطه (۱۵)، رابطه زیر را برای سود بنگاه‌های کالای نهایی خواهیم داشت. با فرض اینکه بنگاه‌های کالای نهایی به دنبال حداکثرسازی سود به منظور انتخاب نهاده‌های تولید می‌باشند.

$$\underset{K,H,E}{Max} \quad \pi_Y = (P_Y - \tau_2)Y - [P_E E + wH + rK] \qquad (۱۶)$$

با توجه به شرایط مرتبه اول حداکثرسازی سود ($\frac{\partial \pi_Y}{\partial K}=0, \frac{\partial \pi_Y}{\partial E}=0, \frac{\partial \pi_Y}{\partial H}=0$)، توابع عکس‌العمل تولید و تقاضا برای نیروی کار، سرمایه و انرژی به ترتیب در روابط (۱۷) تا (۲۰) بدست می‌آید[۱].

$$Y^*(\tau_2) = \left\{ A\left[P_Y - \tau_2\right]^{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3} \left(\frac{\alpha_1}{r}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{\alpha_2}{w}\right)^{\alpha_2} \left(\frac{\alpha_3}{P_E}\right)^{\alpha_3} \right\}^{\frac{1}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}} \qquad (۱۷)$$

$$H^*(\tau_2) = \frac{(P_Y - \tau_2)\alpha_2}{w} Y^*(\tau_2) \qquad (۱۸)$$

$$K^*(\tau_2) = \frac{(P_Y - \tau_2)\alpha_1}{r} Y^*(\tau_2) \qquad (۱۹)$$

$$E^*(\tau_2) = \frac{(P_Y - \tau_2)\alpha_3}{P_E} Y^*(\tau_2) \qquad (۲۰)$$

با توجه به این روابط با افزایش نرخ مالیات سبز بر درآمد، تولید بهینه کاهش خواهد یافت. در ادامه با توجه به اینکه اقتصاد بسته داریم به بررسی تعادل در بازار کالا خواهیم پرداخت.

۱. جزئیات اثبات روابط نزد نویسندگان موجود است که در صورت درخواست ارائه خواهد شد.

۳-۳. تعادل بازار کالا

درآمد خانوار شامل دستمزد نیروی کار و همچنین نرخ اجاره سرمایه می‌باشد. از طرفی دولت به دلیل خسارتی که آلودگی به خانوار وارد می‌سازد در حالت بهینه به اندازه $(1-\omega)\left(T_p^*\right)$ به خانوار پرداخت می‌کند که در آن $T_P = \tau_1 n + \tau_2 Y$، کل مالیات سبز می‌باشد که دولت از بنگاه‌های تولید کالای نهایی و بنگاه‌های انرژی‌های فسیلی دریافت می‌کند. علامت ستاره بالای متغیر نشان دهنده مقدار بهینه‌ای است که پس از حل الگو بدست می‌آید. ω درصدی از این درآمد است که جهت تشویق تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به بنگاه‌های انرژی داده می‌شود. بنابراین با توجه به توضیحات قسمت ۳-۱ رابطه تساوی $\mu RE = \omega T_p$ برقرار است. از طرفی $(1-\omega)$ درصدی از این مالیات است که به خانوار به دلیل تحمل آلودگی داده خواهد شد. بنابراین درآمد خانوار $I = r\left[K^* + K_n{}^* + K_{RE}{}^*\right] + wH^* + (1-\omega)\left(T_p^*\right)$ خواهد بود. اگرفرض کنیم که خانوار بخشی از درآمد خود را پس انداز کند و نرخ پس انداز را با s نشان دهیم، در این صورت $(1-s)I^*$ بیانگر درصدی از درآمد است که مصرف شده است. با توجه به اینکه اقتصاد بسته و یک دوره‌ای می‌باشد ، در پایان دوره، کل ارزش مصرف داخلی C^* برابر با ارزش تولید ($P_Y Y^*$) می‌باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$(1-s)\left\{r\left[K^* + K_n{}^* + K_{RE}{}^*\right] + wH^* + (1-\omega)\left(T_p^*\right)\right\} = P_Y Y^* \qquad (۲۱)$$

با جایگذاری درآمد خانوار و همچنین تولید بهینه می‌توان از رابطه (۲۱)، سهم بنگاه‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از درآمدهای مالیات سبز را با استفاده از رابطه (۲۲) محاسبه نمود.[۱]

---

۱. جزئیات اثبات روابط نزد نویسندگان موجود است که در صورت درخواست ارائه خواهد شد.

$$\omega^* = \frac{(1-s)\left[\tau_1 n^* + \tau_2 Y^* + r\left(K^* + K_n{}^* + K_{RE}{}^*\right) + wH^*\right] - P_Y Y^*}{(1-s)\left(\tau_1 n^* + \tau_2 Y^*\right)} \qquad (۲۲)$$

که در رابطه (۲۲) مقادیر بهینه $n^*, Y^*, K^*, K_n{}^*, K_{RE}{}^*, H^*$ در قسمت‌های قبل بر حسب پارامترهای الگو محاسبه شده است. با توجه به رابطه اتحادی $\mu RE = \omega T_p$ مقدار μ با استفاده از رابطه شماره (۲۳) قابل محاسبه است.

$$\mu^* = \frac{\omega^* T_p^*}{RE^*}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{(1-s)\left[T_p^* + r\left(K^* + K_n{}^* + K_{RE}(\mu)\right) + wH^*\right] - P_Y Y^*}{(1-s)RE^*(\mu)} \qquad (۲۳)$$

۳-٤. تعادل جزئی در بخش انرژی

با جمع تولید انرژی‌های فسیلی (رابطه (۱۳)) و تجدیدپذیر (رابطه (۱۴)) عرضه کل انرژی توسط بنگاه‌های تولید انرژی به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$E^S(\tau_1, \mu) = \varphi_n \left(\frac{\delta_2}{\delta_1}\right)^{\delta_2} \left(\frac{P_{oil}}{r}\right)^{\delta_2} \left[\frac{\delta_1 (P_E - \tau_1) \varphi_n (\delta_2 P_{oil})^{\delta_2}}{(\delta_1 + \delta_2) P_{oil} (\delta_1 r)^{\delta_2}}\right]^{\frac{\delta_1+\delta_2}{1-(\delta_1+\delta_2)}}$$
$$+ \varphi_{RE} \left[\frac{(P_E + \mu)\varphi_{RE}\delta_3}{r}\right]^{\frac{\delta_3}{1-\delta_3}}$$

با برابر قرار دادن عرضه و تقاضای انرژی ($E^S(\tau_1, \mu) = E^D(\tau_2)$) تعادل جزئی در بازار انرژی را خواهیم داشت و مقدار بهینه قیمت انرژی با حل رابطه زیر محاسبه خواهد شد.

$$\frac{(P_Y-\tau_2)\alpha_3}{P_E}\left\{A\left[P_Y-\tau_2\right]^{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3}\left(\frac{\alpha_1}{r}\right)^{\alpha_1}\left(\frac{\alpha_2}{w}\right)^{\alpha_2}\left(\frac{\alpha_3}{P_E}\right)^{\alpha_3}\right\}^{\frac{1}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}}=$$

$$=\varphi_n\left(\frac{\delta_2}{\delta_1}\right)^{\delta_2}\left(\frac{P_{oil}}{r}\right)^{\delta_2}\left[\frac{\delta_1(P_E-\tau_1)\varphi_n\left(\delta_2 P_{oil}\right)^{\delta_2}}{(\delta_1+\delta_2)P_{oil}\left(\delta_1 r\right)^{\delta_2}}\right]^{\frac{\delta_1+\delta_2}{1-(\delta_1+\delta_2)}}$$

$$+\varphi_{RE}\left[\frac{(P_E+\mu)\varphi_{RE}\delta_3}{r}\right]^{\frac{\delta_3}{1-\delta_3}}$$

همانگونه که مشاهده می‌شود، این رابطه تعادلی، یک رابطه غیر خطی است و به صورت پارامتری قابل حل نمی‌باشد. با داشتن مقادیر پارامترهای مختلف و حل عددی این رابطه قیمت انرژی قابل برآورد می باشد.

۳-۵. دولت

تابع رفاه اجتماعی ضابطه یا روشی است که به‌وسیله آن می‌توان ترجیحات تمام افراد را در قالب یک ترجیح اجتماعی جمع و یا به عبارت بهتر ترکیب کرد. در این مطالعه در مرحله دوم بازی طراحی شده، دولت توابع عکس‌العمل بنگاه‌های تولید کالای نهایی و بنگاه‌های انرژی را در نظر می‌گیرد و با انتخاب مالیات‌ها به دنبال حداکثرسازی تابع رفاه اجتماعی W شامل مجموع مازاد تولیدکننده منهای خسارت‌های اجتماعی می‌باشد. بنابراین:

$$W=\int_0^{Y^*(\tau_2)}P(z)dz-\sum_{i=1}^{n}C_i(\tau_1,\tau_2)-D\left(p(\tau_1,\tau_2)\right) \qquad (۲۴)$$

در این رابطه $\sum_{i=1}^{n}C_i(\tau_1,\tau_2)$ هزینه تولید، $\int_0^{Y^*(\tau_2)}P(z)dz$ نفع مصرف‌کننده و $D\left(p(\tau_1,\tau_2)\right)$ خسارت ناشی از آلودگی می‌باشد. از طرفی z سطح تولید کالای نهایی

می باشد. با جایگذاری هزینه بنگاه‌های تولیدکننده انرژی و کالای نهایی در رابطه (۲۴) داریم:

$$W = \int_0^{Y^*(\tau_2)} P(z)dz - 2P_E E - wH - rK - D\left(p(\tau_1,\tau_2)\right) \qquad (۲۵)$$

دولت به دنبال حداکثرسازی تابع رفاه ($\underset{\tau_1,\tau_2}{Max}\ W$) با توجه به نرخ‌های مالیات بر تولید کالای نهایی و مالیات بر انرژی‌های فسیلی می‌باشد. با توجه به شرایط اولیه حداکثر سازی ($\frac{\partial W}{\partial \tau_1}=0, \frac{\partial W}{\partial \tau_2}=0$) داریم:

$$\frac{\partial Y}{\partial \tau_2} P\left(Y^*\right) = 2P_E \frac{\partial E}{\partial \tau_2} + w\frac{\partial H}{\partial \tau_2} + r\frac{\partial K}{\partial \tau_2} + \frac{\partial D}{\partial P}\frac{\partial P}{\partial Y}\frac{\partial Y}{\partial \tau_2} \qquad (۲۶)$$

$$2P_E\left(\frac{\partial n}{\partial \tau_1} + \frac{\partial RE}{\partial \mu}\frac{\partial \mu}{\partial \tau_1}\right) = -\frac{\partial D}{\partial P}\frac{\partial P}{\partial n}\frac{\partial n}{\partial \tau_1} \qquad (۲۷)$$

با ساده‌سازی روابط (۲۶) و (۲۷) به روابط زیر خواهیم رسید[۱].

$$\frac{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}\left[P_Y - (P_Y - \tau_2)(2\alpha_3+\alpha_2+\alpha_1) - \kappa P^{\gamma-1}\varsigma\right] = (P_Y - \tau_2)(2\alpha_3+\alpha_2+\alpha_1)Y \qquad (۲۸)$$

$$2P_E \frac{\partial RE}{\partial \mu}\frac{\left[n + \tau_1\frac{\partial n}{\partial \tau_1} + r\frac{\partial K_n}{\partial \tau_1}\right]}{\left[RE + \mu\frac{\partial RE}{\partial \mu} - r\frac{\partial K_{RE}}{\partial \mu}\right]} = -\left[\kappa\varpi P^{\gamma-1} + 2P_E\right]\frac{\partial n}{\partial \tau_1} \qquad (۲۹)$$

که در این روابط مقادیر مشتق های جزئی و همچنین مقادیر بهینه متغیرهای الگو که در این روابط مورد استفاده است، بر حسب پارامترهای الگو در رابطه (۳۰) تا (۳۳) آمده است.

---

۱. جزئیات اثبات روابط نزد نویسندگان موجود است که در صورت درخواست ارائه خواهد شد.

$$Y^* = \left\{ A\left[P_Y - \tau_2\right]^{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3} \left(\frac{\alpha_1}{r}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{\alpha_2}{w}\right)^{\alpha_2} \left(\frac{\alpha_3}{P_E}\right)^{\alpha_3} \right\}^{\frac{1}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}}$$

$$H^* = \frac{(P_Y - \tau_2)\alpha_2}{w} Y^*,\ K^* = \frac{(P_Y - \tau_2)\alpha_1}{r} Y^*,\ E^* = \frac{(P_Y - \tau_2)\alpha_3}{P_E} Y^* \quad (۳۰)$$

$$\mu^* = \frac{(1-s)\left[\tau_1 n^* + \tau_2 Y^* + r\left(K^* + K^*_n + K^*_{RE}\right) + wH^*\right] - P_Y Y^*}{(1-s)RE^*}$$

$$P^* = \hbar + \varsigma Y^* + \varpi n^* \quad (۳۱)$$

$$R^* = \left[\frac{\delta_1(P_E - \tau_1)\varphi_n(\delta_2 P_{oil})^{\delta_2}}{(\delta_1+\delta_2)P_{oil}(\delta_1 r)^{\delta_2}}\right]^{\frac{1}{1-\delta_1-\delta_2}},\ n^* = \varphi_n\left(\frac{\delta_2}{\delta_1}\frac{P_{oil}}{r}\right)^{\delta_2} R^{*\delta_1+\delta_2},$$

$$K^*_n = \frac{\delta_2}{\delta_1}\left(\frac{P_{oil}}{r}\right)R^*, K^*_{RE} = \left[\frac{(P_E+\mu)\varphi_{RE}\delta_3}{r}\right]^{\frac{1}{1-\delta_3}},\ RE^* = \varphi_{RE}K^{*\delta_3}_{RE} \quad (۳۲)$$

$$\frac{\partial RE}{\partial \mu} = \frac{\delta_3}{1-\delta_3}\frac{RE^*}{P_E+\mu},\ \frac{\partial K^*_{RE}}{\partial \mu} = \frac{1}{1-\delta_3}\frac{K^*_{RE}}{P_E+\mu},$$
$$\frac{\partial n}{\partial \tau_1} = -\frac{\delta_1+\delta_2}{1-\delta_1-\delta_2}\frac{n^*}{P_E-\tau_1}, \frac{\partial K_n}{\partial \tau_1} = -\frac{\delta_2}{1-\delta_1-\delta_2}\frac{P_{oil}}{\delta_1 r}\frac{R^*}{P_E-\tau_1} \quad (۳۳)$$

روابط (۲۸) و (۲۹) یک دستگاه معادله غیر خطی می‌باشد که در این دو معادله به دنبال مقادیر بهینه نرخ‌های مالیات سبز τ_2 و τ_1 می‌باشیم. این دستگاه معادله با روش‌های معمول حل دستگاه معادلات قابل حل نمی‌باشد. به منظور حل این معادلات باید در ابتدا مقادیر

پارامترهای الگو را برآورد نمود و سپس با روش‌های حل عددی دستگاه معادلات را حل نموده و نرخ‌های مالیات (τ_1 و τ_2) را محاسبه نمود. در قسمت بعد به کالیبره کردن الگو برای اقتصاد ایران خواهیم پرداخت.

٤- کالیبره کردن الگو برای اقتصاد ایران

به منظور کالیبره کردن الگو برای اقتصاد ایران در ابتدا به برآورد توابع تولید کالای نهایی، تابع تولید انرژی‌های فسیلی و تابع تولید انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته شده است. پس از آن تابع خطی آلودگی برآورد شده است. به منظور برآورد نرخ‌های مالیات سبز از دستگاه معادلات غیرخطی استفاده شده است و با توجه به پارامترهای الگو به صورت عددی این دستگاه حل شده و نرخ‌های بهینه مالیات برای اقتصاد ایران برآورد شده است. داده‌های موجود برای اقتصاد ایران که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است شامل سری‌های زمانی می‌باشد که در جدول شماره (۱) ارائه شده است. بنابراین با توجه به این سری‌های زمانی به برآورد پارامترهای الگو خواهیم پرداخت. همچنین دوره در نظر گرفته شده برای سری‌های زمانی (۱۳۵۷-۱۳۹۰) می‌باشد که سال‌های ۱۳۵۷ – ۱۳۸۷ برای برآورد الگو استفاده شده و از داده‌های سال‌های ۱۳۸۸- ۱۳۹۰ به منظور بررسی قدرت پیشبینی الگو اختصاص یافته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۱): سری‌های زمانی مورد استفاده در این مطالعه

ردیف	سری زمانی	واحد		مأخذ
۱	تولید ناخالص داخلی به قیمت پایه بدون نفت	میلیارد ریال	Y	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، داده‌های سری زمانی، نماگرهای اقتصادی
۳	موجودی سرمایه خالص کل به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷٦	میلیارد ریال	K	
٤	موجودی سرمایه خالص به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷٦ (نفت و گاز)	میلیارد ریال	$K_{o\&g}$	
٥	موجودی سرمایه خالص به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷٦ (آب، برق و گاز)	میلیارد ریال	$K_{e\&w\&g}$	
۲	جمعیت شاغل	هزار نفر	H	مرکز آمار ایران
٦	کل تولید انرژی	میلیون بشکه معادل نفت خام	E	ترازنامه انرژی (سال‌های مختلف)
۷	کل تولید انرژی‌های فسیلی	میلیون بشکه معادل نفت خام	n	
۸	کل تولید انرژی‌های تجدید پذیر	میلیون بشکه معادل نفت خام	RE	
۹	منبع اولیه کل انرژی مصرفی	میلیون بشکه معادل نفت خام	R	
۱۰	آلودگی	کیلو تن	P	تارنمای بانک جهانی و ترازنامه انرژی (سال‌های مختلف)

٤-١. برآورد توابع تولید

در این قسمت توابع تولید انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر و همچنین تابع تولید کالای نهایی به صورت همزمان برآورد شده است. به این منظور با توجه به سری‌های زمانی موجود برای اقتصاد ایران به بسط روابط (۳)، (۷) و (۸) پرداخته شده است.

به منظور برآورد تابع تولید کالای نهایی از رابطه (۳) استفاده شده است. در رابطه شماره (۳) مقدار سرمایه در بخش کالا و خدمات نهایی $K - K_{o\&g} - K_{e\&w\&g}$ با توجه به داده‌های جدول (۱) در نظر گرفته شده است. بنابراین رابطه (۳) جهت برآورد به صورت رابطه (۳۴) نوشته شده است.[۱]

$$Y = A\left(K - K_{o\&g} - K_{e\&w\&g}\right)^{\alpha_1} H^{\alpha_2} E^{\alpha_3} \qquad (۳۴)$$

سری زمانی حجم سرمایه در بخش تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (K_{RE}) در دسترس نمی باشد. به این منظور فرض شده است که سری زمانی حجم سرمایه در تولید انرژی‌های

---

۱. بر اساس آمارهای اداره حساب های اقتصادی بانک مرکزی ج.ا. ایران "موجودی سرمایه خالص در بخش انرژی به قیمت‌های ثابت" به دو زیر مجموعه شامل موجودی سرمایه خالص به قیمت‌های ثابت نفت و گاز $K_{o\&g}$ و آب، برق و گاز $K_{e\&w\&g}$ تقسیم و گزارش شده است. بر اساس تعریف بانک مرکزی موجودی سرمایه بخش نفت و گاز به قیمت‌های ثابت شامل آن بخش از موجودی "ساختمان و تاسیسات" و "ماشین‌آلات و تجهیزات" می‌شود که در فرآیند استخراج، بهره‌برداری و تصفیه نفت خام، استحصال گاز طبیعی وتولید فرآورده‌های نفتی قابل استفاده بوده و برحسب قیمت‌های ثابت تقویم شده‌اند. در مجموعه حساب‌های ملی ایران، فعالیت‌های مربوط به گروه نفت در دو بخش جداگانه "استخراج و صادرات نفت خام وگاز" و "پالایش مواد نفتی" مورد بررسی قرار می‌گیرد. امّا موجودی سرمایه بخش آب، برق و گاز به قیمت‌های ثابت شامل آن بخش از موجودی "ساختمان و تاسیسات" و "ماشین‌آلات و تجهیزات" می‌شود که در فرایند تولید در فعالیت‌های "تولید، انتقال و توزیع نیروی برق"، "توزیع گاز طبیعی و مایع" و نیز "جمع آوری، تصفیه و توزیع آب" قابل استفاده بوده و بر حسب قیمت‌های ثابت تقویم می‌شوند.

تجدیدپذیر درصدی (ς) از موجودی سرمایه خالص به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۶ در بخش‌های آب، برق و گاز می‌باشد.

$$K_{RE} = \varsigma K_{e\&w\&g} \qquad (۳۵)$$

بنابراین یکی از پارامترهایی که علاوه بر پارامترهای توابع تولید باید برآورد گردد، پارامتر ς می‌باشد. با توجه به رابطه (۸) و (۳۵) تابع تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت رابطه (۳۶) می‌باشد.

$$RE = \varphi_{RE}\left[\varsigma K_{e\&w\&g}\right]^{\delta_3} \qquad (۳۶)$$

از طرفی فرض شده است که به اندازه $(1-\varsigma)$ درصد از کل سرمایه در بخش آب، برق و گاز به اضافه سرمایه در بخش نفت و گاز در تولید انرژی‌های فسیلی به کار گرفته شده است. یعنی سری زمانی کل حجم سرمایه در بخش تولید انرژی‌های فسیلی با توجه به جدول شماره (۱) برابر با $K_n = K_{o\&g} + (1-\varsigma)K_{e\&w\&g}$ فرض شده است. بنابراین با توجه به رابطه (۷) معادله‌ای که باید در بخش تولید انرژی‌های فسیلی برآورد گردد عبارت است از:

$$n = \varphi_n R^{\delta_1}\left[K_{o\&g} + (1-\varsigma)K_{e\&w\&g}\right]^{\delta_2} \qquad (۳۷)$$

در ادامه به برآورد دستگاه معادلات غیر خطی زیر با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است.

$$\begin{cases} Y = A\left(K - K_{o\&g} - K_{e\&w\&g}\right)^{\alpha_1} H^{\alpha_2} E^{\alpha_3} \\ RE = \varphi_{RE}\left[\varsigma K_{e\&w\&g}\right]^{\delta_3} \\ n = \varphi_n R^{\delta_1}\left[K_{o\&g} + (1-\varsigma)K_{e\&w\&g}\right]^{\delta_2} \end{cases} \qquad (۳۸)$$

به منظور بررسی روش کارکرد الگوریتم ژنتیک به مطالعه استادزاد (۱۳۹۱) مراجعه شود. پارامترهای الگو با دو روش LAD و LS برآورد شده است و نتایج برآورد در جدول های (۲) و (۳) گزارش شده است. با توجه به مقادیر گزارش شده در خوبی برازش (جدول ۳) روش LAD برای برآورد تابع تولید کالای نهایی و روش LS برای برآورد توابع تولید انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر انتخاب شده است.

جدول (۲): پارامترهای برآورد شده با روش‌های LAD و LS

تابع تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (رابطه ٣٦)			تابع تولید انرژی فسیلی (رابطه ٣٧)			تابع تولید کالاها و خدمات نهایی (رابطه ٣٤)		
LS								
پارامتر	مقدار	آماره t	پارامتر	مقدار	آماره t	پارامتر	مقدار	آماره t
φ_{RE}	۰.۸٤۳	۳.۹٦۷۲	φ_n	۰.۳۸۰	۳.۱۷٦۷	A	۱.۱٦۹	۷.۵٦٦٤
ς	۰.۱۹۹	۲.۱۰۷۱	δ_1	۰.۲۰۸	۳.۹٦٦٤	α_1	۰.٤۹۳	۳.۳۰۸۱
δ_3	۰.۳۵۰	٤.۵٤۷٤	ς	۰.۱۹۹	۲.۵۱۳٦	α_2	۰.۳۱۱	۵.٤۲۸٤
-	-	-	δ_2	۰.۵۵۱	٤.۱۱۸۱	α_3	۰.۳٤۸	۵.۱۱۹۱
LAD								
پارامتر	مقدار	آماره t	پارامتر	مقدار	آماره t	پارامتر	مقدار	آماره t
φ_{RE}	۱.۰۱۳	٤.۲۵۳۸	φ_n	۰.۰۹۲	۲.۵۸۹۸	A	۱.۹٦	٦.۵۲٤۲
ς	۰.۲۰٤۰	۲.۷٦۵۳	δ_1	۰.۵۳۱	۲.۷۵۳۳	α_1	۰.٤۹۹	٦.۹٦۵٦
δ_3	۰.۳۲۷	۳.۵۱۷۹	ς	۰.۲۰٤۰	۳.۸٤۸۱	α_2	۰.۳۹۲	۷.۲۸۲۸
-	-	-	δ_2	۰.٤۷۵	۳.٤۱۹۹	α_3	۰.۱۹۲	۳.۹۳۲۲

منبع: یافته های پژوهش

جدول (۳): مقادیر خطای پیش‌بینی و ضریب تشخیص

ردیف	شرح	مجموع مربعات خطا (RSS)		ضریب تشخیص (R^2)		خطای پیش بینی $(LAD)_{PR}$	
		LAD	LS	LAD	LS	LAD	LS
۱	تابع تولید انرژی‌های تجدید پذیر	۱۱.۰۳۸	۷.٤۷۷	۰.۸٦۳	۰.۸۷٦	۳.۱٤٥	۲۷.۷۹٦
۲	تابع تولید انرژی	۱۸۹٦.۳٦۷	۲۱۱٤۲٦.۷٥٤	۰.۹۲٥	۰.۹۳٥	۱۷۱۷.۰۸۷	۳٥۹٦.٤۹٦
۳	تابع تولید کالاها و خدمات نهایی	۲۰۹۲۹۷	۳۸٥٦۱۳۳٦۸٥	۰.۹۷٦	۰.۹٤٥	٤۱۰۲۲.٤٥۱	۸۳۹٥۸٤.۱۲۹

منبع: یافته های پژوهش

با توجه به آماره t گزارش شده در جدول شماره (۲)، تمام پارامترهای برآورد شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشد.

٤-۲. برآورد تابع آلودگی

جدول شماره (۴) نتایج برآورد تابع آلودگی $P_t = \hbar + \varsigma Y_t + \varpi n_t$ (رابطه (۲)) را نشان می‌دهد. به منظور برآورد این تابع آلودگی از نرم افزار EViews و داده‌های جدول (۱) استفاده شده است. با توجه به آماره t گزارش شده در این جدول تمام پارامترهای این الگو از سطح معناداری بالایی برخوردارند. از طرفی مقادیر ضریب تشخیص (R^2) و ضریب تشخیص تعدیل شده ($\bar{R}^2$) نزدیک به هم می‌باشد، که نشان دهنده این است که متغیر اضافی در الگو وجود ندارد. همچنین آماره F ارائه شده نشان دهنده این موضوع است، که کل الگو به درستی برآورد شده است. آماره دوربین واتسون ارائه شده نشان می‌دهد که مشکل هم خطی در ضرایب خطا وجود ندارد. با توجه به نتایج برآورد، (۰/۸۷ = ς و ۱۰۶ = ϖ) در صورتی که همه عوامل ثابت باشند، با افزایش یک واحد تولید کالای نهایی

(یک میلیارد ریال) آلودگی به اندازه ۰/۸۷ واحد (۸۷۰ تن) افزایش یافته و با افزایش یک واحد (یک بشکه نفت خام) تولید انرژی، آلودگی به اندازه ۱۰۶ واحد (۱۰۶ گرم) افزایش می‌یابد.

جدول (٤): نتایج برآورد تابع آلودگی

پارامتر	مقدار برآورد شده	خطای استاندارد	آماره t	معناداری
$\hbar$	-۸۷۸۶۹/۴	۱۰۳۱۵/۷	-۸/۵۲	۰/۰۰
ς	۰/۸۷	۰/۰۷۷	۱۱/۳۳	۰/۰۰
ϖ	۱۰۶/۳	۱۶/۰۹	۶/۶۱	۰/۰۰
R^2	۰/۹۸۴	میانگین واریانس وابسته		۲۸۶۴۶۲/۵
$\bar{R}^2$	۰/۹۸۳	واریانس وابسته استاندارد		۱۳۲۶۵۹/۳
خطای استاندارد	۱۷۲۲۳/۵۹	معیار اطلاعات آکائیک		۲۲/۴۴
Log likelihood	-۳۴۴/۷۸	معیار شوارتز		۲۲/۵۸
		معیار حنان کوئین		۲۲/۴۸
آماره F	۸۷۵/۸۵	آماره دوربین واتسون		۱/۷۶
معناداری (آماره F)	۰/۰۰			

منبع: یافته های پژوهش

در ادامه با حل دستگاه معادلات غیرخطی (روابط بدست آمده از حل الگو) و با توجه به داده‌ها و پارامترهای مربوط به اقتصاد ایران، نرخ‌های بهینه مالیات سبز را بدست خواهیم آورد[1].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

۱. الف: در این مطالعه قیمت منابع برابر با قیمت هر بشکه نفت خام یعنی تقریباً۵۰ دلار در نظر گرفته شده است. واحدهای پولی در این مطالعه بر حسب میلیارد ریال و واحدهای انرژی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام می‌باشد. بنابراین قیمت منابع برابر با ۳۰۰۰ میلیارد ریال به ازای یک میلیون بشکه نفت خام در نظر گرفته شده است (P_{oil}).

ب: به طور متوسط دستمزد یک فرد در یک ماه برابر با ۸۰۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. با توجه به واحدهای فرض شده در این مطالعه، این دستمزد معادل با ۹۶ میلیارد ریال به ازای هزار نفر می‌باشد.

٤-۳ برآورد متغیرهای بهینه برای اقتصاد ایران

با توجه به معادلات بهینه محاسبه شده، معادلات تعادلی در نظر گرفته شده در الگو و پارامترهای برآورد شده برای اقتصاد ایران به برآورد نرخ های بهینه مالیات سبز بر تولید کالای نهایی و تولید انرژی‌های فسیلی (τ_1, τ_2)، قیمت بهینه انرژی (P_E) و میزان سوبسید به بخش انرژی‌های تجدیدپذیر (μ^*) می‌پردازیم. به این منظور باید دستگاه معادلات (۳۹) که یک دستگاه معادلات غیرخطی است را با توجه به ($\tau_1^*, \tau_2^*, P_E^*, \mu^*$) حل کنیم. در روابط این دستگاه معادلات متغیرهای فرض شده بر اساس پارامترهای الگو توسط روابط (۳۰) تا (۳۳) مشخص شده است.

$$
\begin{cases}
E^S(\tau_1,\mu)=\varphi_n\left(\dfrac{\delta_2}{\delta_1}\right)^{\delta_2}\left(\dfrac{P_{oil}}{r}\right)^{\delta_2}\left[\dfrac{\delta_1(P_E-\tau_1)\varphi_n(\delta_2 P_{oil})^{\delta_2}}{(\delta_1+\delta_2)P_{oil}(\delta_1 r)^{\delta_2}}\right]^{\frac{\delta_1+\delta_2}{1-(\delta_1+\delta_2)}} \\
\qquad\qquad +\varphi_{RE}\left[\dfrac{(P_E+\mu)\varphi_{RE}\delta_3}{r}\right]^{\frac{\delta_3}{1-\delta_3}} \\
E^D(\tau_2)=\dfrac{(P_Y-\tau_2)\alpha_3}{P_E}\left\{A\left[P_Y-\tau_2\right]^{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3}\left(\dfrac{\alpha_1}{r}\right)^{\alpha_1}\left(\dfrac{\alpha_2}{w}\right)^{\alpha_2}\left(\dfrac{\alpha_3}{P_E}\right)^{\alpha_3}\right\}^{\frac{1}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}} \\
E^S(\tau_1,\mu)=E^D(\tau_2) \\
\dfrac{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}\left[P_Y-(P_Y-\tau_2)(2\alpha_3+\alpha_2+\alpha_1)-\kappa P^{\gamma-1}\varsigma\right]=(P_Y-\tau_2)(2\alpha_3+\alpha_2+\alpha_1)Y \\
2P_E\dfrac{\partial RE}{\partial\mu}\dfrac{\left[n+\tau_1\dfrac{\partial n}{\partial\tau_1}+r\dfrac{\partial K_n}{\partial\tau_1}\right]}{\left[RE+\mu\dfrac{\partial RE}{\partial\mu}-r\dfrac{\partial K_{RE}}{\partial\mu}\right]}=-\left[\kappa\varpi P^{\gamma-1}+2P_E\right]\dfrac{\partial n}{\partial\tau_1} \\
\mu^*=\dfrac{(1-s)\left[T_p^*+r\left(K^*+K_n^*+K_{RE}(\mu)\right)+wH^*\right]-P_Y Y^*}{(1-s)RE^*(\mu)}
\end{cases}
\tag{۳۹}
$$

برای حل این دستگاه معادلات غیر خطی از حل عددی و از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

$$LAD_1(\tau_1,\tau_2,\mu,P_E)=\left|E^S(\tau_1,\mu)-E^D(\tau_2)\right|$$

$$LAD_2(\tau_2)=\left|\frac{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3}{1-(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)}\left[P_Y-(P_Y-\tau_2)(2\alpha_3+\alpha_2+\alpha_1)-\kappa P^{\gamma-1}\varsigma\right]-(P_Y-\tau_2)(2\alpha_3+\alpha_2+\alpha_1)Y\right|$$

$$LAD_3(\mu,\tau_1,P_E)=\left|2P_E\frac{\partial RE}{\partial\mu}\frac{\left[n+\tau_1\frac{\partial n}{\partial\tau_1}+r\frac{\partial K_n}{\partial\tau_1}\right]}{\left[RE+\mu\frac{\partial RE}{\partial\mu}-r\frac{\partial K_{RE}}{\partial\mu}\right]}+\left[\kappa\varpi P^{\gamma-1}+2P_E\right]\frac{\partial n}{\partial\tau_1}\right| \qquad (۴۰)$$

به منظور برآورد پارامترهای الگو در حل مسئله بهینه‌سازی، هدف ما حداقل‌سازی مجموع انحرافات مطلق (LAD) آورده شده در رابطه (۴۰) می‌باشد.

$$LAD=LAD_1(\tau_1,\tau_2,\mu,P_E)+LAD_2(\tau_2)+LAD_3(\mu,\tau_1,P_E) \qquad (۴۱)$$

در الگوریتم ژنتیک تابع هدف به ازای مقادیر مختلف پارامترها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. به صورت چرخه‌ای الگوریتم ادامه پیدا می‌کند تا مقدار حداقل تابع هدف محاسبه گردد. به منظور آغاز فرآیند تنظیم متغیرها توسط الگوریتم ژنتیک، یک کروموزوم را به صورت آرایه‌ای از مقادیر متغیرها (در اینجا پارامترهای رابطه (۴۱) می‌باشد) که تابع هدف بهینه بر اساس این متغیرها باید بهینه شود، تعریف می‌کنیم. بنابراین کروموزوم‌های مسئله مورد بررسی این مطالعه به صورت زیر می‌باشد.

$$Chromosome=[\tau_1,\tau_2,\mu,P_E] \qquad (۴۲)$$

از آنجا که الگوریتم ژنتیک یک روش جستجو است باید آن را به کاوش در ناحیه مشخصی از فضا محدود کرد. هر چه فضای بررسی متغیرها محدودتر باشد جواب دقیق تری را خواهیم داشت. در این مطالعه جمعیت اولیه را با ۵۰۰۰ کروموزوم (که جمعیت بسیار بزرگی است.) آغاز می‌کنیم. در ابتدا همه متغیرها نرمال سازی می‌شوند تا مقداری

بین صفر و یک داشته باشند و یک ماتریس تصادفی از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس یک بوجود می‌آوریم. کروموزوم‌های جمعیت اولیه که به اندازه کافی برای زنده ماندن مناسب هستند در مرحله انتخاب طبیعی[1] انتخاب می‌شوند. این کروموزوم‌ها فرزندان نسل‌های آینده را بوجود می‌آورند. در این مطالعه نرخ تغییر نسل برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده است. یعنی در هر مرحله ۵۰ درصد از جمعیت پایینی کروموزوم‌ها حذف و ۵۰ درصد بالایی انتخاب می‌شوند. نرخ جهش برابر ۰/۲ در نظر گرفته می‌شود تا به قسمت دیگر رویه حرکت کنیم. (یعنی از ۵۰۰۰ کروموزوم موجود ۱۰۰۰ کروموزوم را جهش می‌دهیم.) به همین ترتیب الگوریتم ژنتیک تکرار می‌شود تا در هر مرحله پارامترهای LAD مینیمم را به ما می‌دهند، پیدا کنند. با توجه به نتایج بدست آمده قیمت انرژی برای تولید در داخل برابر با ۱۲۸۹ هزار ریال به ازای هر بشکه معادل نفت خام بدست آمده است، این در حالی است که قیمت هر بشکه نفت خام برابر با ۱۵۶۴ هزار ریال (بر اساس قیمت های سال ۹۴) در نظر گرفته شده است. نتایج نشان دهنده این موضوع می‌باشد که قیمت بهینه نفت خام در داخل باید برابر با ۸۲ درصد قیمت جهانی نفت خام باشد. از طرفی با توجه به نتایج میزان مالیات سبز بر تولید ۹ درصد برآورد شده است. یعنی به ازای ۱۰۰ واحد تولید ملی باید به اندازه ۹ واحد آن به عنوان مالیات سبز کسر گردد و در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گرفته شود. مالیات سبز بر تولید انرژی‌های فسیلی ۲۳۰ هزار ریال به ازای تولید هر بشکه معادل تولید نفت خام برآورد شده است. با توجه به نتایج بدست آمده باید ۵۳ درصد از کل درآمدهای مالیات سبز بدست آمده به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تخصیص داده و ۴۷ درصد از مالیات سبز باقیمانده به خانوار به دلیل تحمل آلودگی داده شود. در ادامه با یک تقریب، قیمت‌های انواع سوخت‌های فسیلی با توجه به قیمت‌های جهانی در جدول ۵ گزارش شده است.

1 Natural Selection

جدول (۵): قیمت‌های بهینه متوسط (ریال) انواع سوخت‌های فسیلی با احتساب مالیات سبز و بدون در نظر گرفتن مالیات سبز (بر پایه قیمت‌های سال ۱۳۹٤)

ردیف	سوخت	واحد	متوسط قیمت جهانی (بر حسب دلار) [۱]	قیمت بهینه (ریال) (بدون مالیات سبز) [۲]	مالیات سبز (ریال) [۳]	قیمت بهینه (ریال) (با احتساب مالیات سبز) [٤]	قیمت تحقق یافته (ریال) [۵]
۱	نفت گاز (گازوئیل)	لیتر	۰/۹	۱۱٦۰۱	۲۰۸۸	۱۳٦۸۹	۵۲۵۰
۲	بنزین	لیتر	۱/۲	۱۵٤٦۸	۳۰۹٤	۱۸۵٦۲	۱۰۰۰۰
۳	گاز طبیعی	متر مکعب	۰/۲	۲۵۷۸	٤٦٤	۳۰٤۲	۱۵۰۰
٤	برق	کیلووات ساعت	۰/۰۸	۳۰۳	۵۵	۳۵۸	۲۵۳

منبع: یافته های پژوهش

مالیات سبز بر تولید انرژی‌های فسیلی بر اساس قیمت های سال ۱۳۹۴، ۲۳۰ هزار ریال به ازای تولید هر بشکه معادل نفت خام برآورد شده است. یعنی در صورتی که این قیمت را بر حسب درصد قیمت انرژی محاسبه کنیم، به اندازه ۱۸ درصد از قیمت کل محاسبه شده باید مالیات بر آلودگی این سوخت‌ها داده شود. با توجه به یافته‌های این پژوهش و نتایج آورده شده در جدول (۵) قیمت انواع سوخت در کشور با قیمت‌های جهانی تفاوت معناداری دارد که باید این تفاوت اصلاح گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

۱. داده‌های مربوط به قیمت‌های جهانی در نظر گرفته شده از میان منابع رسمی دولت‌ها، شرکت‌های نفتی، منابع آنلاین تخصصی منتشر کننده قیمت سوخت در اکثر کشورها (آمارهای ژوئن ۲۰۱۳) و برخی مطالعات انجام شده از سوی مرکز مطالعات انرژی آمریکا تهیه شده‌اند.

۲. محاسبات بر اساس دلار ۳۴۰۰۰ ریال (۱۳۹۴) می‌باشد (ترازنامه انرژی).

۳. مالیات سبز بهینه بر انرژی ۲۱ درصد از قیمت انرژی باید باشد.

۴. مجموع قیمت انرژی و مالیات بر انرژی می‌باشد.

۵. قیمت واقعی سوخت‌های مختلف در سال ۱۳۹۴ می‌باشد. که این ارقام از سایت وزارت نفت و نیرو استخراج شده است.

۵- نتایج و سیاست‌گذاری

مالیات‌های زیست محیطی به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر آلاینده‌های زیست محیطی وضع می‌شود. در مالیات‌های غیرمستقیم زیست‌محیطی به جای اخذ مالیات مستقیم بر حسب هر واحد آلودگی، مالیات بر نهاده‌های تولید و یا کالاهای مصرفی که استفاده از آنها به نوعی با آسیب زیست محیطی در ارتباط است، وضع می‌گردد. این مالیات‌ها با کاربرد مکانیزم قیمت‌گذاری تشویقی، موجب می‌شوند که رفتار تولید کنندگان در انتشار آلودگی تغییر یابد.

در این مطالعه یک الگوی مناسب برای محاسبه مقدار بهینه مالیات‌های سبز غیرمستقیم برای اقتصاد ایران با استفاده از نظریه بازی‌ها طراحی شده است. در این راستا، بعد از ساخت الگو، ابتدا توابع تولید انرژی‌های فسیلی، انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان کالای واسطه ای و تابع تولید کالای نهایی برآورد گردیده است. سپس یک بازی پویا برای سه بازیگر شامل دولت، بنگاه‌های واسطه‌ای تولید انرژی و بنگاه تولید کالای نهایی ساخته شده است. در مرحله اوّل دولت با هدف حداکثرسازی رفاه به تعیین نرخ مالیات می‌پردازد و در مرحله دوم، بنگاه‌ها با اخذ این نرخ، با انتخاب عوامل تولید، سود خود را حداکثر می‌نمایند. حل این بازی پویا، در واقع انتخاب استراتژی‌های بهینه توسط دولت و بنگاه‌ها می‌باشد. پس از حل این بازی دینامیکی با استفاده روش استقراء بازگشتی و بدست آوردن این استراتژی‌ها، الگو برای اقتصاد ایران کالیبره شده است.

کالاها و خدمات به دو گروه کلی، سوخت (انرژی های فسیلی و تجدیدپذیر) و سایرکالاها (یا غیرسوخت) تقسیم شده است. عوامل تولید توسط خانوارها عرضه شده و در فرآیند تولید، درآمد حاصل به صاحبان عوامل تولید برمی‌گردد. هر تولیدکننده به بیشینه کردن سود خود که عبارت از تفاوت درآمد ناشی از فروش محصول و هزینه ناشی از خرید عوامل تولید و کالاهای واسطه‌ای است، می‌پردازد. کالاهای نهایی با استفاده از نهاده‌های، سوخت و نهاده‌های واسطه‌ای (انرژی) تولید می‌شود. فرض می‌شود که دولت از بخش انرژی‌های فسیلی مالیات بر تولید (بر حسب ریال به ازای هر بشکه معادل نفت خام)

دریافت کند. با توجه به اینکه یکی از اهداف دولت در این مطالعه ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، بنابراین مقداری از درآمدهای ناشی از مالیات بر آلودگی را به صورت سوبسید به صورت درصدی از تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به بنگاه‌های انرژی باز می‌گرداند.

بر اساس نتایج الگوی کالیبره شده برای اقتصاد ایران، نرخ بهینه مالیات سبز بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۴، حدود ۹ درصد تولید کالاهای نهایی برآورد می‌گردد. به عبارت دیگر برای جبران خسارت‌های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی لازم است که به این میزان از تولید ناخالص ملی (GNP) ایران مالیات اخذ گردد. همچنین نرخ مالیات سبز بر تولید انرژی فسیلی ۱۸ درصد قیمت سوخت محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد، لازم است ۵۳ درصد از کل درآمدهای مالیات سبز بدست آمده به توسعه انرژی-های تجدیدپذیر تخصیص داده و ۴۷ درصد از مالیات سبز باقیمانده به خانوار به دلیل تحمل آلودگی پرداخت شود. نتایج بدست آمده در این پژوهش می‌تواند برای سیاستگذارها و برنامه‌ریزان اقتصادی-اجتماعی که هدف خود را دستیابی به توسعه پایدار قرار داده‌اند از اهمیت برخوردار باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

٦- منابع:

الف) فارسی

اسلاملوئیان، کریم، استادزاد، علی حسین (۱۳۹۱)، تعیین سهم بهینه انرژی های تجدید پذیر در یک الگوی رشد پایدار: مورد ایران،*پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران (اقتصاد محیط زیست و انرژی سابق)*، شماره ۵، صفحات ۱-۴۹.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (سال های مختلف). نماگرها، گزارش اقتصادی و ترازنامه.

پژویان، جمشید و امین رشتی، نارسیس، (۱۳۸۶) ، مالیاتهای سبز با تأکید بر مصرف بنزین، *ویژه‌نامه اقتصادی*، شماره ۷، صفحات ۱۵ -۴۴

دفتر برنامه ریزی کلان و برق کشور، ترازنامه انرژی سال‌های مختلف، وزارت نیرو.

هادیان، ابراهیم، استادزاد، علی حسین (۱۳۹۲)، برآورد سطح بهینه مالیات بر آلودگی در اقتصاد ایران، *پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی*، شماره ۱۲، صفحات ۵۷ - ۷۴

هراتی، جواد، اسلاملوئیان، کریم و قطمیری، محمد علی (۱۳۹۱). تعیین مالیات زیست‌محیطی بهینه در الگوی رشد تعمیم‌یافته با وجود انتقال تکنولوژی پاک و کیفیت محیط‌زیست: نمونهٔ اقتصاد ایران، *فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، شماره ۷، صفحات ۹۷-۱۲۶.

ب) انگلیسی

Anonymous, B. (2004), *Developing Green Taxation, Summary of a Government Assignment Report 5390*.
www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-8297-3.pdf?pid=3987

Boehringer, C., and Rutherford, T. (1997), Carbon Taxes with Exemptions in an Open Economy: A General Equilibrium Analysis of the German tax initiative, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 32, PP. 189-203.

Boehringer, C., and Rutherford, T. (2002), Carbon Abatement and International Spillovers, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 1, PP. 1- 27.

Bohringer, C., Wolfgang Wiegard, H. and Starkweather, C. (2002), Green Tax Reform Computational Economics, *Computational Economics*, Vol. 22, PP. 75-109.

Bosquet, B. (2000), Environmental Tax Reform: Does it Work? A Survey of the Empirical Evidence. *Ecological Economics*, Vol. 34, PP. 19-32.

Bjertnæs, G.H. and Fæhn, T. (2008), Energy Taxation in a Small, Open Economy: Social Efficiency Gains Versus Industrial Concerns, *Energy Economics*, Vol. 30, PP. 2050–2071.

Bureau, B. (2011), Distributional Effects of a Carbon Tax on Car Fuels in France, *Energy Economics*, Vol. 33, PP. 121–130.

Dessus, S. and Bussolo, M. (1998), Is There a Trade-off between Trade Liberalization and Pollution Abatement? *Journal of Policy Modeling*, Vol. 20, Issue.1 , PP. 11-31.

De Melo, J. and Tarr, D. (1992), A General Equilibrium Analysis of Foreign Exchange Shortage in a Developing Country, *Economic Journal*, Vol. 91, PP. 891- 906.

Fu, Y., Ma, Y. H., Liu, Y. C. and W. Y. Niu (2008), Low-Carbon Economic Development Mode, *Chinese Population Resources and Environment*, Vol. 3, PP. 14-19.

Hanley, N., J. F., Shogren and White, B. (1997), *Environmental Economics in Theory and Practice*, MacMillan, London.

Hill, M. (1998), *Green Tax Reform in Sweden: The Second Dividend and the Cost of Tax Exemptions*, Economics Department, Stockholm School of Economics and the Beijer Institute, Stockholm, Sweden.

Hwan Bae, J. and Shortle, J. (1995), *The Welfare Consequences of Green Tax Reform in Small Open Economies*, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology the Pennsylvania State University.

Kemfert, C. and Welsh, H. (2000), Energy – Capital –Labor Substitution and the economic Effects of CO_2 Abatement: Evidence for Germany, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 22, PP. 641-660.

Liang, C. Lovejoy, S.and Lee, J. (1998), *Green Taxes: Impacts on National Income, Social Welfare, and Environmental Quality*, Department of Community Development and Applied Economics, The University of Vermont, Burlington, Vermont.

Liang, Q.M., Fan, Y. and Wei, Y.M. (2007), Carbon Taxation Policy in China: How to Protect Energy- and Trade-Intensive Sectors?, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 29, PP. 311–333.

Liu C. J. and B. M. Feng (2009), The Revelation of Low-Carbon Economy on the Construction of Wuhan City Circle 'Two Type Society' in China, *Chinese Population Resources and Environment*, Vol. 5, PP. 16-21.

Shihong Z., Shuai Z., (2011), Literature Review of Carbon Finance and Low Carbon Economy for Constructing Low Carbon Society in China, *Low Carbon Economy*, Vol. 2, PP. 15-19

Xiag and N. and F. Xia (2009), Low-Carbon Economy and Green Development Strategy–The Thought for the First in Hainan to Establish the First National Environmental Protection, *China Soft Science*, Vol.10, PP. 13-22.

Zhuang, G. Y. (2005), The Way of China's Low-Carbon Economy Development and Analysis of its Potential, *International Technical and Economic Research*, Vol. 3, PP. 79-87.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی