

بررسی آثار رفاهی و زیست‌محیطی سیاست قیمت‌گذاری غیر متوازن بر سوخت‌های فسیلی به تفکیک مناطق مختلف در ایران با استفاده از الگوی

تعادل عمومی پویای منطقه‌ای

مهدی اکابری تفتی^۱
فرهاد خداداد کاشی^۲
یگانه موسوی جهرمی^۳
علی اکبر خسروی نژاد^۴

چکیده

در این مطالعه اثرات سیاست قیمت‌گذاری غیر متوازن بر سوخت‌های فسیلی به تفکیک مناطق مختلف در ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این منظور ابتدا نرخ بهینه مالیات بر کربن بر اساس میزان تمایل به پرداخت خانوارها برای گریز از آثار زیان‌بار آلودگی با استفاده از الگوی قیمت‌هدانیک محاسبه می‌شود و بر اساس مقادیر آن استان‌های ایران در ۸ منطقه طبقه‌بندی می‌شوند. پس از آن با شبیه‌سازی اثر مالیات بر آلودگی به میزان کربن موجود در سوخت‌های فسیلی و اعمال سیاست قیمت‌گذاری غیر متوازن، با استفاده از الگوی تعادل عمومی پویای منطقه‌ای، آثار رفاهی و زیست‌محیطی این سیاست در ۳۱ دوره ۱۰ ساله (۱۷۰۰-۱۳۹۰) بررسی می‌گردد. بر اساس نتایج تحقیق با اعمال سیاست قیمت‌گذاری غیر متوازن بر سوخت‌های فسیلی، سطح خسارت‌های زیست‌محیطی به واسطه انتشار آلودگی بر این حامل‌های انرژی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ولی تغییرات سطح رفاه خانوارها به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین اعمال سیاست قیمت‌گذاری غیر متوازن بر سوخت‌های فسیلی جهت ارتقاء کیفیت محیط زیست توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: الگوی تعادل عمومی پویای منطقه‌ای، آثار رفاهی و زیست‌محیطی، قیمت‌گذاری غیر متوازن، هزینه‌های آلودگی محیط زیست.

Keywords: Regional Dynamic General Equilibrium Model, Welfare and Environmental Impacts, Unbalance Pricing, Environmental Costs.

JEL Classification: D58, D60, D62, H21, H23, Q52, Q53, Q54, Q58.

^۱ عضو علمی دانشگاه آیت‌الله‌حائری، میبد، ایران (نویسنده مسئول)

akaberi@haeri.ac.ir

^۲ استاد دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۳ دانشیار دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۴ استادیار دانشگاه آزاد، تهران، ایران

۱- مقدمه

سوخت‌های فسیلی که شامل نفت، گاز، ذغال سنگ و فرآورده‌های آنها می‌باشند چندین هزار سال قبل شروع به شکل‌گیری کرده‌اند و با توجه به زمان بسیار طولانی برای ایجاد آنها دارای هزینه‌های فرصت زیادی هستند. علاوه بر این هزینه‌ها، مصرف آنها نیز دارای آثار خارجی منفی به واسطه انتشار آلودگی بوده، بنابراین قیمت‌گذاری این حامل‌های انرژی دارای اهمیت زیادی است. همچنین از آنجا که سوخت‌های فسیلی دارای اهمیت بسیار زیادی به عنوان مصرف واسطه در چرخه تولید و مصرف نهایی به وسیله خانوارها می‌باشند، قیمت‌گذاری حداکثری به واسطه کاهش مصرف، آثار رفاهی منفی زیادی خواهد داشت. بنابراین می‌بایست قیمت بهینه به نحوی محاسبه گردد که حداکثر رفاه حال خالص را در جامعه ایجاد نماید. جهت محاسبه قیمت بهینه می‌بایست هزینه فرصت تولید و هزینه‌های خارجی مصرف سوخت‌های فسیلی محاسبه گردد. با توجه به اینکه هزینه فرصت تولید سوخت در مناطق مختلف ایران یکسان می‌باشد، در این تحقیق هزینه‌های خارجی مصرف سوخت‌های فسیلی به تفکیک مناطق مختلف محاسبه می‌شود و بعد از آن با در نظر گرفتن این هزینه‌ها، قیمت بهینه سوخت‌های فسیلی محاسبه شده و در نهایت آثار رفاهی و زیست‌محیطی اعمال این قیمت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بر این اساس جهت دستیابی به اهداف مورد نظر، این تحقیق از شش بخش تشکیل شده است. بعد از مقدمه، مبانی نظری و پیشینه پژوهش ارائه می‌شود. در بخش سوم ساختار مدل تحقیق و اجزای آن ارائه شده است و نحوه کالیبره کردن آن موضوع بخش چهارم می‌باشد. در نهایت با تعریف سناریوی‌های مختلف، نتایج سیاست‌گذاری بر اساس مدل تحقیق بررسی می‌شود و در بخش پایانی تحقیق به ارائه نتایج پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری

از آنجا که مصرف انرژی‌های فسیلی موجب انتشار آلودگی و تخریب محیط‌زیست می‌شود؛ استفاده از این انرژی‌ها، موجبات شکست بازار را به واسطه بروز آثار خارجی منفی فراهم می‌نماید. این پدیده سبب می‌شود مصرف‌کنندگان با شدت بیشتری از منابع انرژی استفاده نمایند و باعث تخریب محیط زیست می‌شود. بنابراین دخالت دولت به عنوان گزینه‌ای مناسب برای تلفیق منابع محیط زیستی و اهداف توسعه اقتصادی توجیه‌پذیر می‌گردد و ضرورت دارد تا به منظور منطقی کردن استفاده از منابع محیط زیستی، سیستم قیمت‌گذاری تعریف و به تناسب آن ابزارهای

اقتصادی مرتبط استفاده شود. بر این اساس انتخاب و گزینش ابزارهای اقتصادی و سیاست‌گذاری مختلف برای حفاظت از محیط زیست یک وظیفه چالش برانگیز برای دولت‌هاست. اقتصاددانان، به‌ویژه اقتصاددانان نئوکلاسیک، از ابزارهای مبتنی بر بازار حمایت می‌کنند که به معنای کنترل فعالان اقتصادی از طریق سازوکار قیمت است. این رویکرد جزء ابزارهای جدید سیاست‌گذاری محیط زیستی قلمداد می‌شود که بر اساس آن فعالان اقتصادی ترغیب می‌شوند تا کل هزینه‌ها را برای دستیابی به اهداف محیط زیستی کاهش دهند، یا با هزینه‌ای مشخص به اهداف بیشتری دست پیدا کنند. پشتوانه منطقی این استدلال آن است که برای فعالان اقتصادی بسیار ساده‌تر است تا به‌گونه‌ای تشویق شوند که هزینه پاکسازی آلاینده‌های منتشر شده خودشان را به تناسب مقدار انتشار پرداخت کنند. بر عکس، محیط زیست‌گرایان بر استفاده از ابزارهای کنترل و فرمان تأکید دارند، زیرا به باور این گروه، از این طریق اهداف حفاظت از محیط زیست تضمین می‌شود. شایان ذکر است، هیچ ابزار سیاست‌گذاری منحصر به فردی وجود ندارد که برای کلیه شرایط، بهترین قلمداد شود. استفاده و به‌کارگیری هر ابزاری بستگی به تعارضات و بده-بستان بین معیارهای مختلف، اولویت‌های کشورها و سیاست‌گذاران، ساختار اقتصادی و اجتماعی و سایر مولفه‌ها دارد (کامان^۱ و همکاران، ۲۰۰۵).

اقتصاددانان با مطالعات تئوریک و بررسی تجربی کشورهای مختلف راهکارهای متفاوتی را برای جلوگیری و یا کنترل این آثار زیانبار معرفی نموده‌اند. یکی از این ابزارهای کنترلی، وضع مالیات مستقیم بر انتشار آلودگی است. این ابزار با توجه به دشوار بودن اندازه‌گیری میزان انتشار آلاینده به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد و بجای آن وضع مالیات بر حامل‌های انرژی فسیلی که بعد از اشتغال تولید آلاینده می‌نماید، مورد اقبال عمومی کشورها قرار دارد. در ادامه به برخی از مطالعات داخلی و بین‌المللی مرتبط با تحقیق حاضر اشاره می‌گردد. کاسکلا و شاب^۲ (۱۹۹۸) به معرفی مالیات سبز پس از جنگ جهانی دوم در آلمان پرداختند و اصلاح نظام مالیاتی را در یک اقتصاد باز در حال عدم اشتغال مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند مالیات سبز آثار خارجی منفی را داخلی می‌کند و عاملان بازار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یوری و بوید^۳ (۱۹۹۷) به منظور ارزیابی اثرات اقتصادی افزایش قیمت حامل‌های انرژی در مکزیک، تأثیر افزایش قیمت بنزین و برق را در اقتصاد مکزیک با استفاده از یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه مورد بررسی قرار دادند. نتیجه

^۱. Common (2005)

^۲. Koskela and Schob (1998)

^۳. Uri and Boyd (1997)

مطالعه مذکور حاکی از آن است که افزایش قیمت، سبب کاهش مصرف انرژی، کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و در نهایت، افزایش دریافت‌های دولت می‌شود که می‌توان بخشی از آن را برای بازپرداخت بدهی‌های خارجی و تعدیل آن بکار گرفت. هیل^۱ (۱۹۹۸) هزینه کاهش آلودگی با استفاده از مالیات‌های زیست‌محیطی و همچنین هزینه بخشودگی مالیات با و بدون محدودیت اشتغال را بررسی نمود و نشان داد که کاهش انتشار CO_2 بین میزان ۵ تا ۲۵ درصد موجب کاهش هزینه بیش از ۹ درصد می‌گردد. همچنین انتقال بخشودگی مالیاتی از صنایع معینی نیز می‌تواند هزینه را کاهش دهد. هاون بی^۲ (۲۰۰۵) به بررسی پیامدهای رفاهی اصلاح مالیات سبز در اقتصادهای باز کوچک برای پنسیلوانیا پرداخت. وی در یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر پیامدهای احتمالی جانشینی مالیات‌های کربن را با مالیات‌های متداول شبیه‌سازی کرد. این محقق نتایج عددی بر پیامدهای رفاهی مصرف‌کننده، عرضه و تقاضای عوامل و کالاها، تقاضای صادرات و واردات را در قالب سه سناریوی عدم تحرک عوامل، تحرک عوامل بدون تابع خسارت زیست‌محیطی و تحرک عوامل با تابع خسارت زیست‌محیطی برای مالیات محلی و ملی کربن بررسی کرد. طبق نتایج این مطالعه، مجموع سودهای رفاهی از سه اثر پیگو، بازسازی درآمد مالیاتی و اثر متقابل مالیاتی از زیان‌های رفاهی آنها بالاتر است و در نتیجه مالیات‌های زیست‌محیطی باعث افزایش رفاه می‌گردد.

یکی از اولین مدل‌های پویای اقتصادی تغییرات اقلیمی، مدل پویای یکپارچه اقلیمی و اقتصادی (DICE)^۳ می‌باشد. در ابتدا این مدل برای تحلیل موضوعات مرتبط با انرژی طراحی شده بود و پس از آن موضوعات اقتصادی، چرخه کربن، تغییرات اقلیمی و هزینه - فایده تهدیدات گازهای گلخانه‌ای نیز به آن اضافه شد. مدل DICE بین اقتصاد، چرخه کربن، علم اقلیم‌شناسی و هزینه - فایده تهدیدات گازهای گلخانه‌ای ارتباط ایجاد می‌کند. اولین نسخه این مدل در سال ۱۹۹۰ تهیه گردید و نتایج کامل این مدل به وسیله نوردهااس^۴ (۱۹۹۴) بیان شد. نسخه منطقه‌ای این مدل که به عنوان مدل پویای منطقه‌ای یکپارچه اقلیمی و اقتصادی (RICE)^۵ شناخته می‌شود در سال ۱۹۹۶ به وسیله نوردهااس ایجاد و منتشر شد (نوردهااس، ۱۹۹۹).

^۱ Hill (1998)

^۲ Hwan Bae (2005)

^۳ Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy

^۴ William D. Nordhaus (1994)

^۵ Regional Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy

از دیگر مطالعات صورت گرفته با استفاده از مدل‌های تعادل عمومی منطقه‌ای می‌توان به مطالعه برت ساوین و دنیس وشن رگمورتر^۱ (۲۰۰۷) اشاره نمود که سیاست محیط زیستی در دولت فدرال بلژیک را با استفاده از مدل تعادل عمومی انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی^۲ به صورت منطقه‌ای بررسی نمودند. در این مدل نیز بر طبق قانون والراس فرض شده است که تمام بازارهای کالاها، خدمات، نیروی کار و سطح آلاینده در تعادل بوده و همه بازارها تسویه می‌شوند. به طوری که در بازارهای رقابتی بر طبق قانون والراس تقاضا و عرضه انرژی و هزینه انتشار و کاهش آلودگی برابر می‌باشد. عوامل اقتصادی با بهینه‌سازی اهداف خود، عرضه و تقاضای سرمایه، انرژی، محیط زیست، نیروی کار و سایر کالاها را تعیین می‌کنند. در این مدل، قیمت‌های درون‌زا به شرط تعادل تمام بازارها استخراج می‌شود. تابع تولید بنگاه‌ها با استفاده از تابع تولید لایه‌ای^۳ نئوکلاسیکی با استفاده از سرمایه، نیروی کار، انرژی و مصرف واسطه و کالاها از شاخه‌های مختلف بدست می‌آید. در این مدل بازارهای مختلف در تعادل بوده و فرض رقابت کامل نیز وجود دارد و همچنین امکان بررسی درجات مختلف تحرک سرمایه (در طول بخش‌ها و مرزهای ملی) را فراهم می‌آورد. مقدار سرمایه در هر دوره ثابت می‌باشد. تصمیم سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها در هر دوره بر روی سرمایه دوره بعد اثرگذار می‌باشد. تصمیمات مصرف‌کنندگان در مورد میزان تقاضا برای کالاها و خدمات با استفاده از تابع مطلوبیت استون‌گری^۴ صورت می‌گیرد. در مرحله اول مصرف‌کننده در هر منطقه درآمد انتظاری خود را به کالاها و خدمات مصرفی (شامل بادوام و بی‌دوام)، استراحت و پس‌انداز تخصیص می‌دهد. در مرحله دوم تابع مطلوبیت بین کالاهای بادوام و بی‌دوام تمایز ایجاد می‌کند با فرض اینکه خانوارها مطلوبیت را از طریق مصرف کالاها و خدمات بی‌دوام، کالاهای بادوام بدست می‌آورند. اگر شرایط اقتصادی مناسب باشد، خانوارها می‌توانند نیروی کار بیشتری جهت بدست آوردن زمان فراغت بیشتری عرضه نمایند. نیروی کار در بین مناطق غیر متحرک می‌باشد. تقاضا برای کالاها به وسیله مصرف‌کنندگان نهایی، بنگاه‌ها (برای مصرف واسطه و سرمایه‌گذاری) و بخش عمومی کل تقاضای محلی را تشکیل می‌دهد. این تقاضای کل بین کالاهای داخلی و خارجی با استفاده از مدل آرمینگتون^۵ صورت می‌گیرد. رفتار بقیه جهان برون‌زا در نظر گرفته می‌شود. رفتار دولتی نیز برون‌زا در نظر گرفته می‌شود. این مدل ۹

^۱. Bert Saveyn and Denise Van Regemorter (2007)

^۲. GEM-E3 (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions)

^۳. Nested

^۴. Stone-Gray

^۵. Armington

درآمد دریافتی به وسیله دولت را طبقه‌بندی می‌کند که شامل: مالیات‌های غیر مستقیم، مالیات‌های زیست‌محیطی، مالیات‌های مستقیم، مالیات بر ارزش افزوده، مالیات‌های تولیدی، پرداختی بابت تأمین اجتماعی، حقوق گمرکی، پرداخت‌های انتقالی خارجی و بنگاه‌های دولتی است. این مدل قادر است تا اثر رفاهی سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف مانند مالیات‌ها، انواع مجوزهای زیست‌محیطی و سیاست‌های کنترلی را مقایسه کند. همچنین امکان بررسی انواع سیستم‌های بازیافت درآمد وجود دارد. در مدل GEM-E3 منطقه‌ای قادر خواهیم بود تا درجه جابجایی سرمایه‌های فیزیکی را تعیین کنیم. این بسیار مهم است که سرمایه به صورت کامل قابل انتقال یا جایگزینی نیست، ترکیب این موضوع با نقل و انتقال آزاد باعث تعادل جواب حاشیه‌ای می‌گردد به نحوی که هر بخش در یک منطقه ارزان‌ترین کالا را تولید می‌کند. بر اساس دیدگاه نویسنده در این تحقیق، جابجایی و جایگزینی بین بخش‌ها و مناطق در میان مدت منطقی نیست. محدود نمودن جابجایی برخی از عوامل باعث واقع‌گرایی مدل GEM-E3 منطقه‌ای می‌گردد. بر طبق نتایج استفاده از الگوی تعادل عمومی منطقه‌ای برای کشور بلژیک در اجرای سیاست‌های منطقه‌ای منافع اقتصادی و زیست‌محیطی وجود دارد (ساوین، ۲۰۰۷).

خیابانی (۱۳۸۷)، یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران، طراحی کرد. این الگو بر مبنای الگوی مشهور تعادل عمومی استاندارد طراحی شده که در بیشتر کشورها مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه، کثرت‌های مورد نظر، کالیبره و نتایج سه سناریوی افزایش قیمت بررسی شده است. بررسی آثار توزیعی سیاست بین دهک‌های مختلف نیز از نقاط قوت این مطالعه است. مبنای داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۰ است که در آن حامل‌های انرژی به تفکیک وجود ندارد. شاهرادی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان بررسی اثرات افزایش قیمت حامل‌های انرژی و پرداخت یارانه نقدی در ایران به تحلیل آثار افزایش قیمت حامل‌های انرژی در کنار پرداخت یارانه نقدی به خانوارها و بخش‌های تولیدی با استفاده از الگوی تعادل‌های محاسبه‌پذیر پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی و پرداخت یارانه نقدی کاهش سهم دولت از ۲۰ درصد به ۱۰ درصد باعث می‌شود نیمی از کاهش در رفاه خانوارها جبران شده و کاهش در تولید نیز تا حدی جبران گردد. تحلیل حساسیت نتایج حاکی از این است که اثربخشی سیاست افزایش قیمت‌ها و پرداخت یارانه نقدی مستلزم تغییرات تکنولوژی تولید و نحوه مصرف خانوارهاست. به عبارت دیگر، در صورتی که خانوارها و

تولیدکنندگان در راستای بهبود مصرف انرژی اقدام نکنند نتایج مد نظر سیاست‌گذاران محقق نخواهد شد. منظور و حقیقی (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای آثار اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در ایران را با استفاده از مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر بررسی نمودند. در این مطالعه یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر طراحی شده که مشتمل بر ۷ حامل انرژی و ۷ آلاینده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، انتشار اغلب آلاینده‌ها کاهش یافته است.

۳- ساختار مدل تحقیق

در این تحقیق از مدل ارزیابی یکپارچه اقتصادی - اقلیمی^۱ استفاده شده است. این مدل قادر است مسایل اقتصادی و زیست‌محیطی را به صورت همزمان مورد بررسی قرار دهد. این مدل به عنوان مدل پویای منطقه‌ای اقتصادی - اقلیمی (RICE)^۲ شناخته می‌شود و برای ۳۱ دوره ۱۰ ساله اجرا شده است. تمام متغیرهای جریان در مدل تجربی به صورت سالانه لحاظ می‌گردد و متغیرهای انباشته بر اساس سال پایه در مدل قرار داده می‌شود. معادلات مدل در قالب دو گروه تابع هدف و محدودیت‌های اقتصادی می‌باشد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

۳-۱- تابع هدف

در این مدل اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی به منظور ارتقاء سطح زندگی یا افزایش ارزش حال مصرف طی زمان لحاظ شده است. تابع مصرف در مدل به صورت تعمیم یافته^۳ در نظر گرفته شده است به طوری که نه تنها خرید کالاها و خدمات در بازارهای سنتی بلکه کالاها و خدمات غیر بازاری نظیر استراحت، امکانات فرهنگی و میزان بهره‌مندی از محیط زیست را نیز شامل می‌گردد. بر این اساس هر منطقه با در نظر گرفتن محدودیت‌های اقتصادی و ژئوفیزیکی^۴ به دنبال حداکثر نمودن تابع هدف به صورت معادله زیر می‌باشد:

$$W_j = \sum_t U[c_j(t), L_j(t)]R(t) \quad (1)$$

^۱ Integrated-Assessment Models of The Economics of Climate Change

^۲ Regional Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy

^۳ Generalized Consumption

^۴ دانشی که به مطالعه نیروهای فیزیکی و جریانات داخلی زمین می‌پردازد.

در معادله فوق W_j تابع هدف در منطقه j ، $U[c_j(t), L_j(t)]$ مطلوبیت حاصل از مصرف در منطقه j ، $c_j(t)$ میزان مصرف سرانه در دوره t ، $L_j(t)$ جمعیت در زمان t و $R(t)$ فاکتور تنزیل ترجیحات زمانی است که مطلوبیت با استفاده از آن در طی زمان‌های مختلف تنزیل می‌گردد. نرخ ترجیحات زمانی $(\rho(t))$ که پایه فاکتور تنزیل ترجیحات زمانی $(R(t))$ است، یکی از مهم‌ترین پارامترها در این مدل می‌باشد. این پارامتر در طی زمان کاهش می‌یابد و با استفاده از آن فاکتور تنزیل ترجیحات زمانی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$R(t) = \prod_{V=0}^t [1 + \rho(V)]^{-10} \quad (2)$$

نرخ ترجیحات زمانی یک پارامتر انتخاب است که از بسیاری از تصمیمات اجتماعی نظیر سیاست‌های پولی یا مالی آشکار می‌گردد. در مدل RICE مطلوبیت به تفکیک مناطق مختلف محاسبه می‌گردد و فرم کلی تابع مطلوبیت به صورت زیر ارائه شده است:

$$U[c_j(t), L_j(t)] = L_j(t) \{c_j(t)^{1-\alpha} - 1\} / (1 - \alpha) \quad (3)$$

در معادله فوق پارامتر α اندازه ارزش اجتماعی سطوح مختلف مصرف را نشان می‌دهد. این پارامتر بیان‌کننده انحنای تابع مطلوبیت، کشش مطلوبیت نهایی مصرف یا نرخ گریز از نابرابری است. این نرخ با توجه به تمایل هر منطقه برای صرف نظر نمودن مصرف نسل کنونی برای افزایش مصرف نسل‌های آتی اندازه‌گیری می‌شود. در این مدل اندازه α برابر یک در نظر گرفته شده^۱ است و تابع مطلوبیت به صورت لگاریتمی تبدیل می‌شود.

$$U[c_j(t), L_j(t)] = L_j(t) \{ \log[c_j(t)] \} \quad (4)$$

رشد جمعیت دارای مسیر نمایی می‌باشد و به این صورت است که رشد جمعیت دوره اولیه بر اساس داده‌های موجود استخراج شده و فرض شده است که رشد جمعیت به صورت یک تصاعد هندسی در حال کاهش است. به طوری که اگر $g_j^{\text{pop}}(t)$ نرخ رشد جمعیت در منطقه j در دوره t باشد و δ_j^{pop} نرخ کاهش ثابت باشد، رشد جمعیت در طی زمان به صورت زیر خواهد بود:

^۱ در چنین حالتی مطلوبیت نهایی معکوس میزان مصرف خواهد بود و با افزایش مصرف، مطلوبیت نهایی کاهش می‌یابد.

$$g_J^{pop}(t) = g_J^{pop}(0) \exp(-\delta_J^{pop} t) \quad (5)$$

به راحتی می‌توان فرضی را پذیرفت که جمعیت پایدار^۱ است. مزیت آن این است که مسیر جمعیت با دو پارامتر نشان داده می‌شود و می‌تواند برای پروژه‌های مختلف مناسب باشد. پارامترهای انتخاب شده برای مدل رشد جمعیت معادل ۱/۵ درصد در دهه اول و در دهه‌های بعدی به ۲ درصد می‌رسد.

تولید بر اساس مدل استاندارد اصلاح شده نئوکلاسیک به وسیله یک تابع تولید با سه نهاد نیروی کار، سرمایه و انرژی‌های کربنی صورت می‌گیرد. تغییرات تکنولوژی در این تابع به دو صورت تغییرات تکنولوژی کلی اقتصادی^۲ و تغییرات تکنولوژی ذخیره کربن لحاظ می‌گردد. تغییرات تکنولوژی به صورت خنثای هیکس^۳ در نظر گرفته شده است به طوری که تغییرات تکنولوژی در زمینه انباشت کربن موجب کاهش نسبت انتشار کربن به ازای مصرف نهاد انرژی‌های کربنی می‌گردد. به منظور ساده‌سازی انرژی‌های کربنی و آلاینده‌های صنعتی بر حسب معادل کربن در نظر گرفته می‌شوند. در منطقه J تولید J، یا $Q_J(t)$ به صورت ثابت نسبت به مقیاس با سه نهاد سرمایه $K_J(t)$ ، نیروی کار $L_J(t)$ و انرژی‌های کربنی $ES_J(t)$ در نظر گرفته شده است که انرژی‌های کربنی نشان دهنده خدمات انرژی است. میزان کربن منتشر شده بستگی به میزان استفاده از انرژی با در نظر گرفتن سطح مشخص کارایی دارد البته مقدار کارایی اقتصاد در طی زمان با تغییر تکنولوژی کربن اندوز می‌تواند تغییر کند.

$$Q_J(t) = \Omega_J(t) \{A_J(t) K_J(t)^\gamma L_J(t)^{1-\beta_J-\gamma} ES_J(t)^{\beta_J} - C_J^E(t) ES_J(t)\} \quad (6)$$

در معادله فوق γ کشش تولید نسبت به سرمایه می‌باشد که برابر با ۰/۳ فرض شده است. β_J کشش تولید نسبت به نهاد خدمات انرژی است و $(1 - \beta_J - \gamma)$ کشش تولید نسبت به نیروی کار است. $A_J(t)$ سطح تغییرات تکنولوژی خنثای هیکس است. $\Omega_J(t)$ ضریب خسارت است که بستگی به آثار تغییرات اقلیمی دارد. نهاد نیروی کار برابر جمعیت در نظر گرفته شده است به طوری که فرض شده نسبتی از جمعیت است که با ضریب $A_J(t)$ تعدیل می‌گردد. $C_J^E(t) ES_J(t)$ هزینه تولید انرژی‌های کربنی را نشان می‌دهد که می‌بایست از تولید کسر گردد.

^۱. Stable

^۲. Economy-Wide

^۳. Hicks-Neutral

ارتباط بین نهاده انرژی‌های کربنی و خدمات انرژی به صورت معادله زیر نشان داده می‌شود.

$$ES_J(t) = \zeta_J(t)E_J(t) \quad (۷)$$

در معادله فوق $\zeta_J(t)$ نسبت میزان خدمات انرژی‌های فسیلی به کربن منتشر شده می‌باشد. با افزایش سطح تکنولوژی در بخش انرژی این شاخص افزایش می‌یابد. معادلات تکنیکی در مدل‌های RICE برای پیش‌بینی رشد تکنولوژی ($A_J(t)$) یا بهره‌وری کل عوامل (TFP) مشابه رشد جمعیت است و فرض شده که بهره‌وری کل عوامل در طول سه قرن به تدریج رشد نماید و نهایتاً متوقف شود. در صورتی که g_J^A نرخ رشد TFP در دوره t و δ_J^A نرخ ثابت نزول باشد، رشد بهره‌وری در زمان t به صورت زیر خواهد بود:

$$g_J^A(t) = g_J^A(0)\exp(-\delta_J^A t) \quad (۸)$$

مقدار δ_J^A به نحوی انتخاب می‌شود که $A_J(t)$ به صورت مجانبی به سمت A_J^* حرکت کند و فرض شده که A_J^* سطح مجانبی بهره‌وری کل عوامل تولید در منطقه زاست.

۳-۲- محدودیت‌های اقتصادی

در یک اقتصاد تک بخشی بسته میزان تولید یا درآمد ($Q_J(t)$) برابر $C_J(t) + I_J(t)$ می‌باشد که $C_J(t)$ مصرف و $I_J(t)$ سرمایه‌گذاری است. در مدل RICE، مناطق می‌توانند مجوز انتشار کربن را با کالاها مبادله کنند. با در نظر گرفتن این مبادله، محدودیت مخارج مناطق به صورت معادله زیر خواهد بود:

$$Q_J(t) + \tau_J(t)[\Pi_J(t) - E_J(t)] = C_J(t) + I_J(t) \quad (۹)$$

در معادله فوق $\Pi_J(t)$ سقف مجوز آلاینده‌گی کربن است که به منطقه J اختصاص داده شده و $\tau_J(t)$ قیمت هر واحد مجوز کربن یا مالیات بر کربن می‌باشد. $\Pi_J(t) - E_J(t)$ درآمد خالص خرید و فروش مجوز را نشان می‌دهد. در صورتی که بیش از سقف مجوز، آلاینده‌گی در منطقه‌ای ایجاد شود می‌بایست از مناطقی که فروشنده می‌باشند مجوز خریداری نمود و در این شرایط خالص دریافتی منفی خواهد شد. تخصیص مجوزهای زیست‌محیطی بر اساس قرارداد بین اعضا

تعیین و مالیات کربن در هر منطقه به صورت برون‌زا تعیین می‌شود. هر منطقه می‌تواند با سایر مناطق با توجه به مجوز انتشار و اندازه مالیات بر کربن تجارت آلاینده نماید.

معادله بعدی تابع مصرف سرانه ($C_j(t)$) را ارائه می‌دهد:

$$c_j(t) = C_j(t)/L_j(t) \quad (10)$$

اندازه‌گیری حجم سرمایه نیز به صورت معادله زیر می‌باشد:

$$K_j(t) = K_j(t-1)(1 - \delta_K)^{10} + 10 \times I_j(t-1) \quad (11)$$

در معادله فوق δ_K نرخ استهلاک سالانه موجودی سرمایه است. فرض می‌گردد نرخ استهلاک سالانه سرمایه ۱۰ درصد می‌باشد. ضریب ۱۰ در $I_j(t-1)$ در معادله فوق به این دلیل است که سرمایه‌گذاری در ۱۰ سال با نرخ سالانه اندازه‌گیری می‌شود. در ادامه معادلات طرف عرضه در بازار انرژی ارائه می‌گردد. در ابتدا هزینه انرژی‌های کربنی به صورت معادله زیر ارائه می‌گردد:

$$c_j^E(t) = q(t) + Markup_j^E(t) \quad (12)$$

به طوری که $c_j^E(t)$ هزینه هر واحد انرژی‌های کربنی در منطقه j ، $q(t)$ قیمت انرژی‌های کربنی و $Markup_j^E(t)$ میزان مارک‌آپ در مناطق مختلف است که با توجه به هزینه‌های توزیع و مالیات‌های مختلف بر انرژی می‌تواند متفاوت باشد ولی در طی زمان ثابت فرض شده است. برای محاسبه قیمت انرژی ابتدا معادله کربن انباشته در دوره t به صورت زیر ارائه می‌گردد:

$$CumC(t) = CumC(t-1) + 10 \times E(t) \quad (13)$$

در معادله فوق $CumC(t)$ مصرف کربن انباشته در انتهای دوره t و $E(t)$ مجموع کربن منتشر شده می‌باشد. با توجه به سطح تراکم کربن منحنی عرضه انرژی‌های کربنی به صورت زیر ارائه می‌گردد:

$$q(t) = \xi_1 + \xi_2 [CumC(t)/CumC(t)^*]^{\xi_3} \quad (14)$$

در معادله فوق $q(t)$ قیمت انرژی‌های کربنی است و $\frac{q}{C}$ نشان‌دهنده پارامترها می‌باشد. $CumC^*$ نشان‌دهنده نقطه عطف است که هزینه‌های نهایی انرژی‌های کربنی از آن به بعد به صورت فزاینده افزایش می‌یابد. بر طبق محاسبات انجام شده به وسیله راگنر^۱ (۱۹۹۷) عرضه کربن یا $q(t)$ بر اساس واحد دلار بر تن به صورت معادله زیر است:

$$q(t) = 113 + 700[CumC(t)/6000]^4 \quad (۱۵)$$

در رابطه فوق هزینه انرژی‌های کربنی به دو قسمت تقسیم می‌شود. اولین بخش ($\xi_1 = 113$) هزینه نهایی مستقل از تهی شدن منابع است. این قسمت نشان‌دهنده هزینه حال برداشت از انرژی‌های کربنی می‌باشد و قسمت دوم نشان‌دهنده یک تابع افزایشی است (راگنر، ۱۹۹۷).

۴- کالیبره کردن اجزای مدل

یکی از مهم‌ترین مراحل اجرای مدل تعادل عمومی کالیبره کردن مدل و اندازه‌گیری مقادیر پارامترها و متغیرهای برون‌زای مدل می‌باشد. کالیبره کردن مدل تعادل عمومی می‌بایست به نحوی صورت گیرد که بعد از اجرای مدل در سال مبنا متغیرهای درون‌زای تحقیق با مقدار واقعی آن یکسان گردد. در ادامه ابتدا پارامترهایی که در مناطق مختلف متفاوت هستند، ارائه می‌گردد و پس از آن پارامترهای مشترک ارائه می‌شود.

۴-۱- مشخصات منطقه‌ای

در این مطالعه اطلاعات ۳۱ استان ایران در ۸ منطقه با توجه به میزان تمایل به پرداخت برای گریز از آلودگی کربن طبقه‌بندی شده‌اند. برای محاسبه تمایل به پرداخت خانوارها برای گریز از آثار زیان‌بار آلودگی از روش قیمت هدانیک استفاده شده است. در این روش نحوه اثرگذاری میزان انتشار آلودگی بر ارزش منازل مسکونی بررسی گردید. تابع تخمینی به صورت فرم لگاریتمی دوطرفه به شکل معادله زیر در نظر گرفته شده است:

$$\ln P = \alpha_0 + \sum \beta_i \ln X_i \quad (۱۶)$$

^۱. Rogner

در معادله فوق $\ln P$ لگاریتم قیمت یک متر واحد مسکونی به تفکیک مناطق مختلف و $\ln X_i$ لگاریتم عوامل مؤثر بر آن می‌باشد که یکی از آنها سطح انتشار دی اکسید کربن در مناطق مختلف است. پس از بررسی پایایی و آزمون هاسمن مدل شیب یکسان در دوره‌ها و عرض از مبدأ متفاوت انتخاب گردید و بر این اساس نتایج تخمین به روش داده‌های تابلویی پویا به صورت زیر ارائه می‌گردد:

$$\begin{aligned} \text{LOG(HOUSEPVA)} = & 0.657 \text{LOG(HOUSEPVA(-1))} - 0.325 \text{LOG(CO2)} - 0.539 \text{LOG(RAIN)} + \\ & [0.0000] \qquad [0.0000] \qquad [0.0000] \\ & 0.772 \text{LOG(BOTON)} - 1.654 \text{LOG(TEMP)} \\ & [0.0003] \qquad [0.0000] \end{aligned} \quad (17)$$

در معادله فوق HOUSEPVA : متوسط قیمت یک متر مربع زیربنای واحد مسکونی، CO_2 : میزان انتشار دی اکسید کربن به تفکیک استان، BOTON : سهم ساختمان‌های فلزی و بتن آرمه در هر استان، TEMP : تفاوت میانگین دمای هر استان از میانگین کشور و RAIN : مجموع بارش سالانه در هر استان می‌باشد و در زیر هر متغیر درجه خطای آن بیان شده است. مقدار احتمال آماره آزمون جی برابر مقدار $31/24$ می‌باشد و بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که ابزارهای مورد استفاده برای تخمین از اعتبار لازم برخوردارند. بر اساس نتایج تخمین می‌توان بیان نمود که قیمت مسکن در مناطق مختلف رابطه منفی با سطح دی اکسید کربن دارد، بنابراین در مناطق مختلف خانوارها تمایلات خود را نسبت به هوای پاکیزه با کاهش تمایل به پرداخت وجه بیشتر در شرایط وجود مقدار بیشتر انتشار دی اکسید کربن نشان می‌دهند. قیمت ضمنی یا تمایل به پرداخت برای هر یک از عوامل مورد بررسی به صورت معادله زیر محاسبه شده است.

$$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i P_i / X_i \quad (18)$$

با استفاده از شیب متغیر مستقل دی اکسید کربن بر اساس معادله فوق می‌توان تمایل به پرداخت برای کاهش آلودگی به تفکیک مناطق مختلف را محاسبه نمود و بر اساس آن استان‌های ایران را طبقه‌بندی نمود. به منظور طبقه‌بندی استان‌های ایران در ۸ طبقه از روش فاصله با میانگین به نسبت انحراف معیار استفاده شده است. جدول زیر میزان تمایل به پرداخت بر حسب هزار ریال به ازای هر متر مربع منزل مسکونی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ در مناطق مختلف بیان شده است و با استفاده از آن ۳۱ استان ایران در قالب ۸ استان طبقه‌بندی می‌گردد.

جدول (۱): طبقه‌بندی استان‌های ایران با توجه به تمایل به پرداخت برای گریز از آلودگی کربن

نام منطقه	استان	تمایل به پرداخت	نام منطقه	استان	تمایل به پرداخت	
Region1	تهران	۲۹۷۱/۶۰۷۶	Region6	مازندران	۷۶۹/۴۴۵۶۶	
	اصفهان	۱۳۱۰/۱۳۵۹		چهارمحال	۷۵۶/۰۳۷۵۶	
Region2	قزوین	۱۱۵۷/۳۰۹۵		گلستان	۷۳۰/۲۴۶۴	
Region3	البرز	۱۰۹۲/۵۵۷۳		کرمانشاه	۷۲۸/۶۰۰۱۶	
	مرکزی	۱۰۶۵/۵۳۱۴		اردبیل	۷۲۵/۱۷۰۴۸	
	فارس	۱۰۴۳/۳۰۷۱		لرستان	۶۸۹/۷۷۶۲۴	
	خراسان جنوبی	۱۰۱۱/۷۵۱		خراسان رضوی	۶۶۰/۱۸۱۰۳	
	آذربایجان ش	۱۰۰۷/۶۳۸۵		کرمان	۶۰۴/۴۴۵۹۲	
Region4	قم	۹۷۶/۲۲۲۶۹		Region7	آذربایجان غ	۵۶۶/۰۳۳۵۶
	همدان	۹۵۲/۲۱۴۹۷			ایلام	۵۶۳/۹۷۵۷۶
	گیلان	۹۳۴/۵۱۷۸۴	سیستان		۵۵۰/۲۵۷۰۶	
	زنجان	۸۹۷/۶۵۷۹	Region8	خراسان شمالی	۵۲۸/۹۹۳۰۷	
سمنان	۸۷۹/۶۴۳۰۴	یزد		۵۰۵/۵۳۴۱		
خوزستان	۸۲۷/۵۱۱۹۸	کهگیلویه		۳۱۴/۲۹۵۴۲		
Region5	بوشهر	۷۹۹/۸۰۰۲۱				
	هرمزگان	۷۸۹/۵۱۱۱۹				
	کردستان	۷۶۹/۶۱۹۰۷				

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۲- سایر اطلاعات مناطق در سال پایه

با توجه به اینکه در مدل RICE نیاز به اطلاعات متغیرهای مختلف در سال پایه می‌باشد، در جدول زیر، اطلاعات اقتصادی مناطق در سال پایه (۱۳۹۰) ارائه می‌گردد:

جدول (۲): اطلاعات مناطق در سال پایه

نام منطقه	جمعیت (میلیون نفر)	محصول ناخالص داخلی (میلیارد ریال)	سرمایه (میلیارد ریال)	مقدار دی‌اکسید کربن (میلیون تن)
Region1	۱۷/۰۶	۱۸۹۳۵۹۹	۵۷۱۸۶۷۰	۱۱۸/۴۱۷
Region2	۱/۲۰	۸۶۶۲۵/۹۱	۲۶۱۶۱۰/۳	۱۴/۶۵۱
Region3	۱۲/۸۱	۸۰۶۶۸۷/۴	۲۴۳۶۱۹۶	۷۴/۱۹۲
Region4	۷/۰۴	۳۹۲۱۸۲/۴	۱۱۸۴۳۹۱	۴۰/۲۲۴
Region5	۸/۶۴	۱۲۴۷۵۸۹	۳۷۶۷۷۱۹	۱۰۰/۷۵۶
Region6	۱۹/۶۳	۱۰۶۶۱۸۵	۳۲۱۹۸۷۸	۱۰۰/۶۹۷
Region7	۶/۱۷	۲۷۳۹۸۶/۳	۸۲۷۴۳۸/۶	۲۶/۱۰۴
Region8	۲/۶۰	۲۹۰۳۱۸/۵	۸۷۶۷۶۱/۸	۱۷/۴۹۶

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه با استفاده از اطلاعات جدول فوق و بهره‌گیری از اطلاعات مطالعات مرتبط داخلی و خارجی نحوه کالیبره کردن مدل ارائه می‌شود.

۴-۳- کالیبره کردن سایر اجزای مدل

مدل‌های تعادل عمومی با استفاده از پارامترها و متغیرهای برون‌زای مدل قادر هستند، متغیرهای درون‌زای مدل را محاسبه نمایند. با توجه به اینکه مدل تحقیق به صورت منطقه‌ای می‌باشد، ممکن است پارامترها در تمام مناطق یکسان یا متفاوت باشند. در ادامه برخی از پارامترهای مهم که در تمام مناطق یکسان می‌باشند ارائه می‌گردد و پس از آن پارامترهای خاص مناطق معرفی می‌شود.

جدول (۳): پارامترهای مشترک در تمام مناطق ایران

مقدار	نام پارامتر	علامت اختصاری	مقدار	نام پارامتر	علامت اختصاری
۲۲/۲	نرخ کاهش رشد جمعیت	$\delta^{POP}(t)$	۱۰	نرخ استهلاك سالانه سرمایه	δ_K
۳/۸	نرخ رشد تکنولوژی	$g^A(t)$	۰/۳۰	کشش محصول نسبت به سرمایه	γ
۰/۰۰۰۰۰۱	نرخ کاهش رشد تکنولوژی	$\delta^A(t)$	۰/۲۷۴	شدت انتشار کربن در انرژی‌های کربنی	$\zeta(t)$
۳	نرخ تنزیل ترجیحات اجتماعی	$\rho(t)$	-۱۵/۸۸۵	نرخ رشد $\zeta(t)$ در هر دهه	$g^{\zeta}(t)$
۰/۲۶	نرخ رشد $\rho(t)$ در هر دهه	g^{ρ}	۰/۲۳۸۷	نرخ کاهش $g^{\zeta}(t)$ در هر دهه	$\delta^{\zeta}(t)$
۳	نرخ تنزیل ترجیحات اجتماعی اولیه	$\rho(0)$	-۰/۰۰۰۰۸۵	نرخ درجه دوم کربن زدایی	$\delta^{\zeta^2}(t)$
۰/۰۵	کشش محصول نسبت به انرژی‌های کربنی	β	۱۵/۷	نرخ اولیه رشد جمعیت در هر دهه	$g^{POP}(t)$

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول فوق پارامترهای مشترک در تمام مناطق ایران را ارائه می‌دهد. شاخص‌های فوق از اطلاعات موجود در بانک اطلاعاتی بانک جهانی، سازمان ملل و مطالعات نوردهاس استخراج شده است. با توجه به اینکه شاخص‌های فوق مربوط به وضعیت ساختارهای کلی اقتصاد می‌باشد، در مناطق مختلف یکسان در نظر گرفته شده است. پس از آن پارامترهای خاص مناطق استخراج شده است. دو پارامتر ضریب خسارت خطی و درجه دوم در مناطق با استفاده از تخمین معادله زیر حاصل شده است.

$$D_I(t) = \theta_{1,I}T(t) + \theta_{2,I}T(t)^2 \quad (19)$$

در این معادله $D_j(t)$ خسارت تغییرات اقلیمی در هر یک از مناطق می باشد که نسبت هزینه های انتشار دی اکسید کربن به کل تولید ناخالص ملی و $T(t)$ میزان دامنه تغییر دما در مناطق مختلف است. همچنین شاخص بهره وری کل عوامل تولید به عنوان شاخص برقراری تعادل در نظر گرفته شده است. به طوری که مدل اجرا شده مبنای سال پایه و داده های واقعی سال پایه یکسان شوند و مدل به گونه صحیح کالیبره گردد.

جدول (۴): پارامترهای خاص هر منطقه

نام منطقه	ضریب خسارت خطی در مناطق	ضریب خسارت درجه ۲ در مناطق	بهره وری کل عوامل تولید
Region1	۰/۰۱	۰/۰۰۴	۲۵/۷۸
Region2	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۳	۱۸/۴۲
Region3	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲۶	۱۶/۶
Region4	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۲۶	۳۴/۵
Region5	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۱۶/۷
Region6	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲	۱۶/۷
Region7	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۱۵/۷۷
Region8	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۳	۲۷/۲

منبع: یافته های تحقیق

با استفاده از پارامترها و متغیرهای برونزا و سیاستی فوق و استفاده از مدل RICE و بهره گیری از نرم افزارهای گمز و اکسل، متغیرهای درونزای تحقیق بدست می آید. مقادیر متغیرهای درونزا با توجه به نوع سیاست اعمالی متفاوت می باشد. برخی از متغیرهای درونزای تحقیق به شرح جدول زیر می باشد.

جدول (۵): متغیرهای درونزای مورد بررسی در تحقیق

واحد	شرح متغیر	علامت اختصاری	واحد	شرح متغیر	علامت اختصاری
گیگا تن	میزان انتشار دی اکسید کربن	ET(t)	یوتیل	سطح رفاه	W
وات بر متر مربع	میزان جذب انرژی خورشیدی	F(t)	یوتیل	سطح مطلوبیت	U(t)
سانتی گراد	افزایش دمای هوای جو	T(t)	میلیون ریال	مصرف سرانه	c(t)
درصد	خسارت زیست محیطی	D(t)	تریلیون ریال	سطح تولید	Q(t)
میلیون ریال	کل ارزش حال مصرف	WPDVC	گیگا تن	میزان انتشار کربن	E (t)
			گیگا تن در کیلومتر مربع	تراکم دی اکسید کربن	CumC(t)

منبع: یافته های تحقیق

بر این اساس در ادامه با ارائه سناریوی‌های مختلف نتایج سیاست‌های مختلف بر روی متغیرهای برون‌زای تحقیق بررسی می‌گردد.

۵- سیاست‌گذاری بر اساس مدل تحقیق

سیاست‌گذاری در مدل‌های اقلیمی اقتصادی با در نظر گرفتن بده بستان بین مصرف‌کننده و آینده اعمال می‌گردد. به طوری که با کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در زمان حال، میزان تولید فعلی اقتصادی که می‌تواند جهت مصرف یا سرمایه‌گذاری اختصاص یابد کاهش می‌یابد. نتیجه این سیاست، کاهش خسارت اقلیمی و افزایش مصرف در آینده می‌باشد. سرمایه‌گذاری در اقلیم به صورت کاهش میزان مصرف سوخت‌های فسیلی یا حرکت به سمت مصرف سوخت‌های کم کربن می‌باشد که به واسطه آن خسارت اقلیمی به واسطه تولید کاهش می‌یابد. سیاست‌مداران بر اساس مدل RICE می‌توانند از مالیات کربن یا مجوزهای آلاینده‌گی به عنوان ابزارهای سیاستی استفاده کنند. مالیات کربن معادل صفر در تمام مناطق به عنوان پایه یا مبنا در مدل در نظر گرفته شده است، در این صورت هیچ کنترلی از سوی دولت جهت کاهش خطرات جهانی صورت نگرفته است و حجم آلاینده توسط یک بازار بدون قانون تعیین می‌شود. سیاست بهینه پارتو به نحوی طراحی می‌شود که سطح آلودگی از نظر اقتصادی در سطح بهینه قرار داشته باشد. این امر در شرایطی ایجاد می‌شود که مالیات بر کربن در هر منطقه برابر قیمت سایه‌ای زیست‌محیطی آن باشد. قیمت سایه‌ای زیست‌محیطی کربن، اثر تغییرات زیست‌محیطی یک واحد آلودگی بر ارزش حال مصرف را نشان می‌دهد. در ادامه با استفاده از شبیه‌سازی ملاحظه می‌گردد که سیاست‌های اعمالی جهت کاهش خسارت دارای هزینه‌ها و منافع متفاوتی در مناطق مختلف می‌باشد. برخی مناطق تأثیر بیشتری به واسطه تغییرات اقلیمی متحمل می‌شوند و هزینه‌های یک سیاست بهینه کاملاً نامتقارن است. برای بررسی آثار سیاست‌گذاری در این تحقیق دو سناریو تعریف می‌گردد و آثار رفاهی و زیست‌محیطی هر سیاست تحلیل می‌شود. سناریوی اول تحقیق، عدم دخالت دولت در اقتصاد و سناریوی دوم اعمال قیمت بهینه بر حامل‌های انرژی با در نظر گرفتن قیمت سایه‌ای زیست‌محیطی کربن در هر منطقه می‌باشد. در ادامه نتایج دو متغیر درون‌زای مقدار مصرف و درصد خسارت آلودگی به صورت جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول (۶): تولید ناخالص ملی ایران در دوره ۱۳۹۰ الی ۱۷۰۰ در سناریوهای مختلف

سال	مقدار مصرف (هزار میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۹۰)		خسارت (درصد)	
	عدم دخالت دولت	اعمال مالیات بر کربن	عدم دخالت دولت	اعمال مالیات بر کربن
۱۳۹۰	۴۶۶۶۵۱	۴۶۶۶۵۱	۱/۹۳	۱/۹۳
۱۴۰۰	۵۳۳۸۹۶	۵۳۴۰۲۵	۲/۲۶	۲/۰۹
۱۴۱۰	۶۱۸۳۰۹	۶۱۸۵۴۱	۲/۰	۲/۱۴
۱۴۲۰	۷۱۹۴۹۳	۷۱۹۸۶۶	۲/۵۶	۲/۱۹
۱۴۳۰	۸۳۶۱۹۴	۸۳۶۷۷۱	۲/۷۸	۲/۲۹
۱۴۴۰	۹۶۹۳۴۷	۹۷۰۲۱۵	۳/۰۶	۲/۴۲
۱۴۵۰	۱۱۱۸۰۹۱	۱۱۱۹۳۶۵	۳/۳۹	۲/۵۸
۱۴۶۰	۱۲۸۱۸۷۴	۱۲۸۳۷۰۱	۳/۷۶	۲/۷۵
۱۴۷۰	۱۴۶۰۳۳۹	۱۴۶۲۹۰۴	۴/۱۷	۲/۹۳
۱۴۸۰	۱۶۵۳۲۳۵	۱۶۵۶۷۶۲	۴/۶۰	۳/۱۱
...
۱۶۱۰	۵۲۸۷۷۷۹	۵۳۵۹۴۵۲	۱۳/۲۳	۵/۳۷
۱۶۲۰	۵۶۳۰۵۱۶	۵۷۱۶۱۹۵	۱۴/۱۷	۵/۵۳
۱۶۳۰	۵۹۷۷۹۳۹	۶۰۷۹۸۷۹	۱۵/۱۵	۵/۶۸
۱۶۴۰	۶۳۲۹۱۴۳	۶۴۴۹۹۰۲	۱۶/۱۸	۵/۸۴
۱۶۵۰	۶۶۸۳۳۸۵	۶۸۲۵۸۶۷	۱۷/۲۵	۵/۹۸
۱۶۶۰	۷۰۴۰۴۲۶	۷۲۰۷۹۳۳	۱۸/۳۸	۶/۱۳
۱۶۷۰	۷۴۰۱۴۶۲	۷۵۹۷۷۸۶	۱۹/۵۶	۶/۲۷
۱۶۸۰	۷۷۱۷۱۱۳	۸۰۰۱۳۳۵	۲۰/۷۸	۶/۴۱
۱۶۹۰	۸۱۶۷۴۲۵	۸۴۳۶۰۱۷	۲۲/۰۶	۶/۵۴
۱۷۰۰	۸۶۳۶۱۶۳	۸۹۵۲۰۷۳	۲۳/۴۰	۶/۶۷
آماره t اختلاف میانگین دو سناریو	۰/۰۹۷		۴/۶۳	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول فوق اطلاعات دو متغیر درون‌زای سطح مصرف به عنوان معیار رفاه اقتصادی و خسارت زیست‌محیطی انتشار دی‌اکسید کربن به عنوان متغیر زیست‌محیطی را ارائه می‌دهد. بر اساس آماره t اختلاف دو میانگین می‌توان بیان نمود که با اعمال سیاست قیمت‌گذاری غیر متوازن بر سوخت‌های فسیلی و یا به عبارتی وضع مالیات به اندازه قیمت سایه‌ای بر کربن، خسارت‌های زیست‌محیطی به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. ولی با توجه به عدم معنی‌داری اختلاف سطوح مصرف در این دو سناریو بهبود وضعیت رفاهی قابل تأیید نمی‌باشد.

۶- نتایج عمده و نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا هزینه خارجی مصرف انرژی‌های فسیلی به تفکیک مناطق مختلف مورد محاسبه قرار گرفت. به این منظور میزان تمایل به پرداخت خانوارها جهت گریز از آثار زیان‌بار انتشار آلودگی با استفاده از الگوی قیمت هدانیک اندازه‌گیری گردید و پس از آن با استفاده از الگوی تعادل عمومی پویای منطقه‌ای، آثار اقتصادی و زیست‌محیطی اصلاح قیمت حامل‌های انرژی با در نظر گرفتن هزینه‌های خارجی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور دو سناریوی مختلف تعریف شد. در سناریوی اول فرض بر این بود که دولت در زمینه اصلاح قیمت حامل‌های انرژی دخالتی نداشته باشد و در سناریوی دوم فرض شد که دولت قیمت حامل‌های انرژی را با در نظر گرفتن هزینه‌های خارجی آن در هر منطقه لحاظ نماید. در ادامه اثرگذاری هر کدام از دو سناریوی فوق بر سطح رفاه و محیط زیست مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج تحقیق با داخلی نمودن هزینه‌های خارجی مصرف انرژی‌های فسیلی در دوره مورد بررسی، سطح مصرف حال خالص به عنوان شاخصی از رفاه افزایش معنی‌داری نخواهد داشت؛ در صورتی که این سیاست باعث می‌شود که میزان انتشار دی‌اکسید کربن در سطح کشور به صورت معنی‌داری کاهش یابد. بنابراین با اعمال سیاست قیمت‌گذاری انرژی‌های فسیلی با در نظر گرفتن هزینه‌های خارجی مصرف آن، وضعیت زیست‌محیطی جامعه بهبود پیدا می‌کند. بنابراین در صورتی که اهداف زیست‌محیطی دارای اولویت باشد، وضع قیمت‌های غیر متوازن در مناطق مختلف کشور بر انرژی‌های فسیلی سیاستی توجیه‌پذیر خواهد بود.

منابع و مآخذ

الف) منابع و مآخذ فارسی

۱. خیابانی، ناصر (۱۳۸۷). "یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران". فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی ۵(۱۶): ۳۴-۱.
۲. کامان، مایک، استاگل، زیگرید (۲۰۰۵). *مقدمه‌ای بر اقتصاد بوم‌شناختی*. اسماعیل صالحی، علی حبیبی. و فرزام پوراصغر سنگاچین؛ تهران، دانشگاه تهران.
۳. منظور، داود. و حقیقی، ایمان (۱۳۹۰). "آثار اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در ایران، مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر". *معیشت‌شناسی* ۳۷(۶۰): ۱۲-۱.

ب) منابع و مآخذ لاتین

1. Bae, Jeong Hwan & James S. Shortle. (2005). "The Welfare Consequences of Green Tax Reform in Small Open Economies". Agricultural and Applied Economics Association Paper. NO. 05:19-65.
2. Hill, M. (1998). "Green Tax Reform in Sweden: the Second Dividend and the Cost of Tax Exemptions". Journal of Environmental Economics and Management 4: 96-231.
3. Koskela, E. and R. Schob (1995). "Green Tax Reform, Structural Unemployment, and Welfare", Hans-Werner Sinn, University of Munich. Annual Conference on Taxation and Minutes of the Annual Meeting of the National Tax Association 91: 52-56.
4. Nordhaus, William D. and Joseph Boyer. (1999). *Roll the DICE Again: Economic Models of Global Warming*, Yale University Publishing.
5. Nordhaus, William (2011). "Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the Rice-2011 Model". Cowles Foundation Discussion Paper NO. 1826.
6. Saveyn, Bert and Denise Van Regemorter (2007). "Environmental Policy in a Federal State A Regional CGE Analysis of the NEC Directive in Belgium". Energy, Transport and Environment Working Papers Series with number ete0701.
7. Uri, N. D. and R, Boyd (1997). "An Evaluation of the Economic Effects of Higher Energy Prices in Mexico". Energy Policy 25(2): 205-215.
8. Israel, Debra and Arik Levinso (2004). "Willingness to Pay for Environmental Quality: Testable Empirical Implications of the Growth and Environment Literature". Energy Policy 3(1): PP 02-17.