فصلنامه پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار) ـ سال هفدهم ـ شماره سوم ـ پاییز ۱۳۹۶ ـ صفحات ۱۵۷-۱۳۱

تأثیر افزایش قیمت حامل های انرژی بر هزینه تخریب آلاینده های هوا در ایران (رویکرد تعادل عمومی محاسبه پذیر CGE)

احسان طاهری[۱]
حسین صادقی[۲]
عباس عصاری آرانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۴**

چکیده

اکوسیستم، یکی از ارکان بنیادین زندگی بشر محسوب می شود و با پیشرفت و توسعه در جهان، تغییراتی در آن به وجود آمده است. انتشار آلاینده های هوا، یکی از عوامل مهم تخریب محیط زیست می باشد. انتشار آلاینده های هوا هزینه هایی را بر بخشهای مختلف وارد می کند که این هزینه ها معمولاً در محاسبات رسمی به حساب نمی آیند و به آنها هزینه تخریب می گویند. مصرف حامل های انرژی عامل اصلی انتشار آلاینده های هوا در ایران می باشد.

لذا این تحقیق درصدد کاهش هزینه های تخریب انتشار آلاینده های هوا ناشی از مصرف حامل های انرژی در ایران می باشد. یکی از راه های کاهش انتشار آلاینده های هوا و هزینه تخریب آنها، وضع مالیات بر مصرف حامل های انرژی می باشد. ازاین رو در این تحقیق، یک سناریو برای افزایش قیمت حامل های انرژی به قیمت فوب خلیج فارس در نظر گرفته شده، و برای این منظور از مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر استاندارد لافگرن و همکاران استفاده شده است. پایه آماری مدل CGE ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۵ بوده و آمار مصرف انرژی و انتشار آلاینده های هوا نیز از ترازنامه انرژی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ به دست آمده ، همچنین بخشهای اقتصادی براساس طبقه بندی ISIC به ۲۵ بخش تفکیک شده اند.

میزان هزینه تخریب در سناریوی پایه معادل ۱۲,۷۸ درصد از GDP سال ۱۳۸۵ به قیمت ثابت بوده که با اعمال سناریوی افزایش قیمت حامل های انرژی، این هزینه ۲۳ درصد کاهش یافته و به میزان ۱۰ درصد GDP رسیده است. همچنین نتایج نشان می دهد که بخشهای حمل و نقل جاده‌ای و برق، بیشترین کاهش در هزینه تخریب را دارند.

واژگان کلیدی: مصرف حامل های انرژی، انتشار آلاینده های هوا، هزینه تخریب، تعادل عمومی محاسبه پذیر
طبقه بندی JEL: Q54, C68, Q51, P28

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس eh.taheri@modares.ac.ir
۲. دانشیار گروه توسعه و برنامه ریزی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس sadeghih@modares.ac.ir
۳. عضو هیأت علمی گروه توسعه و برنامه ریزی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس assari_a@modares.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

۱. مقدمه

مباحث انرژی و محیط زیست، تبدیل به یکی از موضوعات اساسی در دنیای امروز شده که بسیاری از کشورهای جهان توجه ویژه ای به آن دارند. از آنجا که حفاظت از محیط زیست جهت تداوم زندگی سالم تر امری ضروری بوده و ادامه حیات نیازمند مصرف پیوسته انرژی می باشد، لازم است که همواره به بررسی مصرف انرژی و آثار سوء آن بر محیط زیست پرداخت، تا بتوان راهکارهای بهتری برای تخریب هر چه کمتر آن ارائه کرد.

در اقتصاد، انحراف قیمت های نسبی از مقادیر تعادلی، سبب تخصیص ناکارای منابع می شوند. در کشور ما به دلیل وجود ذخایر عظیم نفت و گاز، فرآورده های این منابع با قیمت پایین تر از قیمت های جهانی در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد. در حال حاضر قیمت حامل های انرژی مانند بنزین حدود یک دوم، نفت گاز و نفت کوره حدود یک پنجم، و نفت سفید حدود یک هفتم و گاز مایع و گاز طبیعی حدود یک سوم قیمت فوب خلیج فارس می باشد[۱]؛ که باعث افزایش بی رویه مصرف حامل های انرژی در کشور شده است؛ و مسائل زیست محیطی ناشی از مصرف فزاینده این حامل ها نیز نگران کننده می باشد (آسیائی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Sadeghi et.al., 2015).

اگر چه مسائل آلودگی محیط زیست در ایران، صرفاً به دلیل قیمت ها نیست و ریشه های غیر پولی هم مانند فرسودگی دستگاه ها و تجهیزات، تکنولوژی ضعیف و ناسازگار با محیط زیست، خودروهای فرسوده و ناکارا دارد، اما در این میان به نظر می رسد نقش قیمت ها در تشویق کارآیی در مصرف انرژی و استفاده از سوخت های پاک پررنگ تر باشد.

به طور کلی می توان آلاینده های هوا را به دو دسته تقسیم کرد که در دسته اول، اثر گلخانه ای و در دسته دوم، آلوده کردن هوا شاخصه اصلی آنها می باشد. در این میان گازهای دی اکسید کربن، متان و دی اکسید نیتروژن بیشترین اثر گلخانه ای ناشی از فعالیت های انسانی را دارا بوده و آلاینده های مونواکسیدکربن، اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای نیتروژن هم به عنوان گازهای گلخانه ای غیرمستقیم، بیشتر در آلودگی هوا مؤثر بوده و اثر گلخانه ای کمتری دارند (UNFCCC, 2010).

بحث انتشار آلاینده های هوا در دو سطح جهانی[۲] و محلی[۳] قابل بررسی می باشد. با افزایش انتشار گازهای گلخانه ای، میزان آن در کل جو افزایش می یابد و سبب افزایش دمای کره زمین می شود. گرمایش ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای، آثار اقتصادی منفی بر بخشهای مختلف دارد که معمولاً در محاسبات رسمی در نظر گرفته نمی شوند. کاهش راندمان نیروگاه های حرارتی، کاهش در تولیدات

---

۱. آمارها از سایت http://www.nerkhbox.com به دست آمده است.

2. Global
3. Local

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

نیروگاه های آبی در اثر کاهش سطح آب پشت سدها، تخریب نواحی ساحلی در اثر طوفان های دریایی شدید، همگی تأثیرات محسوس ناشی از گرم شدن زمین در نتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه ای می باشند که باعث کاهش در عرضه انرژی بخشهای تولیدکننده انرژی می شوند. همچنین افزایش دما، باعث کاهش بازدهی محصولات کشاورزی نیز می گردد(Sumi et al., 2010).

از طرفی هم گرم شدن زمین در نقاط مختلف دنیا اثرات متفاوتی را بر جای خواهد گذاشت. برای مثال در نواحی خشک و بیابانی مثل ایران، سبب بیابانی تر شدن آن خواهد شد و در نواحی اقیانوسی سبب وزش طوفان های شدید و خسارت های فراوانی می شود. لذا تمام کشورهایی که به نحوی در انتشار آلاینده های هوا مؤثر اند، باید جهت کاهش آن اقدام کنند؛ چرا که در نتیجه فعالیت های یک کشور، تمام کشورهای جهان دچار خسارت می شوند.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در رابطه با اثرات گرم شدن زمین، کشورهای خاور میانه و شمال آفریقا با توجه به شرایط اقلیمی خشک و آسیب پذیر، بیشترین خسارت را از آن خواهند دید. ازاین رو ایران نه تنها به علت اینکه از کشورهای تأثیرگذار در انتشار آلاینده های هوا می باشد و تأثیر سیاست های زیست محیطی آن، اثرات قابل توجهی در جهان خواهد داشت، بلکه به دلیل آسیب پذیری بالای آن، باید جهت کاهش انتشار آلاینده ها اقدام نماید. همچنین سایر آلاینده های هوا با آلوده کردن محیط محلی، سبب بروز بیماری های تنفسی و عروقی متعددی می شود.

از آنجا که اثرات منفی انتشار آلاینده های هوا بر محیط در حساب های رسمی وارد نمی گردد، با توجه به روشهای ارزشگذاری محیط زیست، برای هر تن انتشار هر یک از آلاینده های هوا، بر اساس شدت اثرگذاری بر محیط، یک هزینه در نظر گرفته شده که به آن هزینه تخریب می گویند. به عبارت دیگر هزینه تخریب، مجموع پولی است که بتواند صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه ای را جبران نماید. این هزینه می تواند معیار مناسبی برای کمی کردن آثار انتشار آلاینده های هوا در محیط های اثرپذیر انسانی و طبیعی باشد. طبق آمارهای ترازنامه انرژی، میزان هزینه تخریب انتشار آلاینده های هوا ناشی از مصرف حامل های انرژی در ایران طی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ از حدود ۶۵ به بیش از ۱۰۰ هزار میلیارد ریال رسیده است.

با توجه به این موارد، از آنجا که مصرف بالای حامل های انرژی در کشور، از عوامل اصلی انتشار آلاینده های هوا می باشد، لذا طراحی سیاست هایی برای کاهش انتشار آلاینده ها، باید به کاهش مصرف این حامل ها منجر شود. لذا هدف این تحقیق، بررسی تأثیر افزایش قیمت حامل های انرژی بر هزینه تخریب آلاینده های هوا در ایران می باشد. افزایش قیمت حامل های انرژی از جمله سیاست های رایج در دنیا برای کاهش مصرف حامل های انرژی و اثرات زیست محیطی ناشی از آنها می باشد، اما به علت نقش بالای این حاملها در اقتصاد کشور و اثرات متقابل آنها بر بخشهای مختلف

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

و همچنین با توجه به امکان جانشینی بین حامل های مختلف و ضرایب انتشار متفاوت آنها در بخشهای مختلف، این سؤال مطرح می شود که اثرات نهایی اجرای این سیاست ها بر انتشار آلاینده ها چگونه خواهد بود. همچنین اینکه اجرای این سیاست ها تا چه اندازه هزینه تخریب آلاینده ها را در ایران کاهش می دهد.

برای پاسخ به این سؤالات، لازم است از روشی استفاده شود که ضمن مدل سازی کل اقتصاد، آثار جانشینی بین نهاده های مختلف و ارتباط متقابل بخشها را نیز در نظر بگیرد. رویکرد تعادل عمومی محاسبه پذیر با دارا بودن ویژگی های فوق، کاربرد فراوانی در بررسی سیاست های انرژی و محیط زیست در جهان دارد و ازاین رو جهت بررسی این سیاست ها معمولاً از این رویکرد استفاده می شود.

۲. مبانی نظری

با روشن شدن ابعاد خطرات انتشار آلاینده های هوا، شامل گرم شدن زمین و آلودگی هوا و آثار آن بر اقتصاد، به‌تدریج مطالعات گسترده‌ای برای تعیین آثار و برآوردهای اقتصادی آنها بر محیط‌زیست و شهروندان در بسیاری از کشورها شروع شد، تا به‌واسطه آنها بتوان سیاست ها و ابزارهای مناسبی را برای بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش انتشار آلاینده‌ها اتخاذ کرد. ادبیات ارزشگذاری اقتصادی آلودگی‌های هوا ابتدا در کشورهای توسعه یافته شروع شد، اما به‌تدریج این مساله در بسیاری از کشورهای در حال توسعه نیز مورد استقبال قرار گرفته و مطالعات گوناگونی در این خصوص انجام شده است.

هزینه های ناشی از انتشار آلاینده های هوا معمولاً در محاسبات رسمی در نظر گرفته نمی شوند؛ در واقع، این اثرات با اینکه بر اقتصاد تأثیرگذار می باشند ولی به علت دشواری دانستن اثرات آنها، معمولاً در تصمیم گیری ها مد نظر قرار نمی گیرند. ازاین رو می توان این هزینه ها را به عنوان آثار جانبی در نظر گرفت. در واقع، آثارجانبی زمانی به وجود می آیند که فعالیت واحدهای اقتصادی (بنگاه ها و مصرف‌کنندگان) به تولید و مصرف واحدهای دیگر اثر گذاشته و این هزینه ها و منافعی که به دیگران تحمیل می‌شود، به طور رسمی در محاسبات سود و زیان وارد نشود. به عبارت دیگر، اگرچه این آثار در عمل مشاهده می‌شوند، قیمتگذاری نشده و به طور رسمی هیچ جبرانی برای آنها در نظر گرفته نمی‌شود. اگر بتوانیم این آثار جانبی را قیمتگذاری کرده و خسارت زیان دیدگان را جبران کنیم، در این صورت می گوییم که آثار جانبی، یا بیرونی را درونی کرده ایم.

متأسفانه، بسیاری از کارکردهای محیط زیست قیمتگذاری نشده و این مساله باعث شده است تا افراد رفتار خوبی با محیط‌زیست نداشته باشند و به طرق مختلف باعث آلودگی و تخریب آن شوند.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

بنابراین قیمتگذاری کارکردهای محیطزیست، گام مهمی به‌منظور تعدیل تصمیمات اقتصادی و مدنظر قرار دادن محیطزیست در سیاست‌های کلان اقتصادی است (Tol, 2009).

در ادبیات اقتصادی برای ارتباط دادن اثرات محیط زیست بر اقتصاد، از یک تابع تحت عنوان تابع خسارت[1] استفاده می شود که بر اساس آن، خسارات وارده و عدم النفع تعیین می گردد و اینکه در اثر انتشار آلاینده های هوا و گرم شدن زمین، چه میزان خسارت بر اقتصاد وارد می شود یا اینکه با توجه به روشهای ارزشگذاری محیط زیست، چه منافعی از بین می رود (Tol, 2003؛ Dixon et al., 2013).

پس از مشخص شدن هزینه های انتشار آلاینده های هوا، می توان آنها را در تصمیم گیری ها مدنظر قرار داده و برای کاهش آنها اقدام کرد. برای رفع عدم بهینگی آثار خارجی، راه حل های متعددی وجود دارد که برخی از آنها به عنوان راه حل های سنتی شناخته می شوند مانند بستن مالیات بر تولید برای اثرجانبی منفی، سوبسید دادن به تولید برای اثر جانبی مثبت و سهمیه بندی که راه حل‌های دولت محور می‌باشند؛ چون معمولاً با دخالت دولت صورت می گیرند. اقتصاددانان، بویژه اقتصاددانان نئوکلاسیک، از ابزارهای مبتنی بر بازار حمایت می کنند که به معنای کنترل فعالان اقتصادی از طریق سازوکار قیمت است. این رویکرد نوعِ به نسبت جدیدی از ابزارهای سیاستگذاری محیطزیستی قلمداد می‌شود که براساس آن، فعالان اقتصادی و آلوده‌کنندگان ترغیب می‌شوند تا کل هزینه‌ها را برای دستیابی به اهداف محیطزیستی کاهش دهند، یا با هزینه‌ای مشخص به اهداف بیشتری دست پیدا کنند. پشتوانه منطقی این استدلال، آن است که برای آلوده‌کنندگان بسیار ساده تر است تا به‌گونه‌ای تشویق شوند که هزینه کاهش انتشار خودشان را به تناسب مقدار انتشار پرداخت کنند (پوراصغرسنگاچین، ۱۳۸۹).

استفاده از سیاست مالیات بر آلودگی، سبب کاهش مصرف حامل های با ضریب آلودگی بیشتر می شود و استفاده از فناوری های پاک را ترغیب می کند. حال اگر قیمت حامل های دارای آلایندگی بیشتر، افزایش یابد، گویا سیاست مالیات بر آلودگی وضع شده است؛ و بسته به میزان جانشینی بین حامل ها، بار مصرف آنها بر حامل های دارای آلایندگی کمتر منتقل شده و لذا میزان آلودگی کل کاهش خواهد یافت؛ یعنی همان طور که مالیات بر آلودگی، استفاده از دستگاه های با آلودگی کمتر را تشویق می کند، مالیات بر مصرف انرژی هم سبب استفاده از دستگاه های با انرژی بری کمتر یا دارای راندمان انرژی بالاتر خواهد گردید که از این طریق، میزان مصرف انرژی و در نتیجه، انتشار آلاینده های هوا را کاهش می دهد. البته همان طور که بیان شد، از تأثیر قیمت مطلق حامل ها هم نباید غفلت کرد. از طرفی هم سیاست های بازتوزیع درآمدی مثل یارانه ها، در جبران مقداری از اثر افزایش قیمت حامل ها بی تأثیر نخواهد بود.

1. Damage Function

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

از آنجا که در ایران مالیاتی تحت عنوان مالیات بر انتشار آلاینده های هوا وجود ندارد، یکی از راه های جایگزین برای کاهش انتشار آلاینده ها و هزینه تخریب آنها، مالیات بر مصرف حامل های انرژی می باشد که به مالیات زیست محیطی غیرمستقیم معروف است. لذا این تحقیق با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر و با طراحی یک سناریو برای افزایش قیمت حامل های انرژی (بنزین، نفت گاز، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، گاز مایع و برق)، به دنبال مشاهده اثرات این تغییر بر میزان انتشار آلاینده های هوا (SO2, SO3 CO, CO2, CH, NOX, SPM,) و هزینه تخریب ناشی از آنها می باشد.

۳. پیشینه تحقیق

در زمینه محیط زیست و اثرات متقابل آن بر اقتصاد، مقالات ارزشمندی منتشر شده است که به برخی از مهمترین آنها اشاره می شود:

شیعه بیگی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش شبکه عصبی، به بررسی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد بخش تولید انرژی در نیروگاه های کشور در دهه آینده پرداخته اند. محاسبات حاکی از آن است که بازدهی نیروگاه های گازی ۰/۶ درصد به ازای هر درجه افزایش دما، کاهش می یابد.

هراتی و همکاران (۱۳۹۳) خسارت های رفاهی ناشی از آلودگی های زیست محیطی در ایران را با رویکرد دینامیک سیستم مورد بررسی قرار دادند. آنها با در نظر گرفتن سال پایه ۱۳۸۴ و به کارگیری مقادیر پارامترهای متناظر با اقتصاد ایران، مسیر متغیرهای آلودگی سرانه و خسارت رفاهی ناشی از آن در یک افق ۲۰ ساله را شبیه سازی کرده اند. نتایج شبیه سازی بیانگر آن است که با ادامه وضع موجود، آلودگی سرانه و خسارت رفاهی ناشی از آن با نرخ مثبتی افزایش پیدا می کند.

علیپور و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی هزینه انتشار گاز دی اکسید کربن حاصل از توسعه بخش کشاورزی ایران پرداخته اند. بدین منظور، از مفهوم قیمت سایه ای انتشار این آلاینده استفاده شد. نتایج نشان داد که در بازه زمانی سال های ۸۹-۱۳۷۱ با انتشار کربن دی اکسید از بخش کشاورزی ایران، سالانه به طور میانگین به میزان ۱۷۴۴ میلیارد ریال هزینه ایجاد می شود.

موسوی و همکاران (۱۳۹۳)، مبرقعی و نعیمی فر (۱۳۹۰)، کارگری و مستوری (۱۳۹۰) هم از دیگر پژوهشگران داخلی هستند که در مطالعات شان به کمی سازی آثار انتشار آلاینده های هوا در بخشهای مختلف پرداخته شده است.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

در میان مطالعاتی که با استفاده از روش تعادل عمومی محاسبه پذیر[1] (CGE) در زمینه محیط زیست انجام شده، تعدادی به بررسی این موضوع در سطح یک کشور پرداخته و تعدادی هم مطالعاتی بین المللی انجام داده اند.

در میان مطالعات کشوری می توان به کارهای منظور و حقیقی (۱۳۹۰)، مقیمی و همکاران (۱۳۸۹)، مقدسی و طاهری (۱۳۹۱)، آماده و همکاران (۱۳۹۳)، موسوی و همکاران (۱۳۹۲)، طاهری (۱۳۹۴) برای ایران و اوکودها و همکاران (Ochuodho et al., 2012) در بررسی اثرات منطقه ای تغییر اقلیم در جنگل های کانادا، اولادوسو و روز (Oladosu & Rose, 2005) اثرات مالیات کربن بر توزیع درآمد در آمریکا، دای و همکاران (Dai et al., 2010) ارزیابی تعهد اقلیمی و برنامه انرژی غیرفسیلی چین تا سال ۲۰۲۰ اشاره کرد که در آنها معمولاً به تأثیر تغییر قیمت حامل های انرژی بر انتشار آلاینده ها پرداخته شده است.

همچنین در میان مطالعات بین کشوری به عنوان نمونه مان و ریچلز (Manne & Richels, 2004) در یک تحقیق به این نتیجه رسیدند که ۲/۵ درجه گرم شدن زمین سبب کاهش ۰/۲۵ درصدی GDP در کشورهای با درآمد بالا و کاهش ۰/۵ درصدی در کشورهای با درآمد پایین می شود.

بوسلو و همکاران (Bosello etal., 2012) اثرات تغییر اقلیم را با استفاده از روش CGE مورد بررسی قرار دادند. تخمین ها نشان داد که ۱/۹۲ درجه سانتیگراد افزایش دما نسبت به قبل از دوران صنعتی شدن منجر به کاهش ۰/۵ درصدی در GDP جهانی در سال ۲۰۵۰ می شود، نسبت به حالتی که در آن، تغییر اقلیم اتفاق نیفتد.

ماتسوموتو و ماسوئی (Matsumoto & Masui, 2011) هم به بررسی اثرات اقتصادی ایجاد سیاست های اقلیمی برای تعیین اولویت جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای در جهان با استفاده از روش CGE پرداختند.

یکی از دقیق‌ترین و مشهورترین مطالعات در رابطه تحلیل اقتصادی انتشار آلاینده‌ها و برآورد اقتصادی هزینه‌های جانبی، پروژه ExternE[2] است که با حمایت مالی کمیسیون اروپا صورت گرفت. این مطالعه به مدت ۱۰ سال و با مشارکت پژوهشگران ۱۲ کشور عضو اتحادیه اروپا انجام شد. این پروژه برای تحلیل اقتصادی هزینه‌های اجتماعی و محیط‌زیستی ناشی از انتشار آلاینده‌ها برای تولید الکتریسته برای کل اروپا به اجرا درآمد.

در این میان، نوآوری تحقیق حاضر نسبت به مطالعات پیشین در این زمینه، از آن جهت می باشد که کاهش انتشار آلاینده های هوا و هزینه تخریب آنها در نتیجه افزایش قیمت حامل های انرژی در

1. Computable General Equilibrium
2. Externalities of Energy

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

ایران را به تفکیک فعالیت های مختلف و با تأکید بیشتر بر فعالیت های انرژی بر نشان داده که با توجه به آن، می توان سیاست قیمتگذاری انرژی در بخشهای مختلف را در جهت اهداف زیست محیطی تعیین کرد.

۴. روش تحقیق

با توجه به اینکـه حامل های انرژی عامل اصلی انتشار آلاینده های هوا هستند، پیش بینی می شود که انتشار آنها نیز پس از اصلاح قیمت های انرژی با تغییر مواجه شود. اما از آنجا که قیمت های نسبی انرژی تغییرات شدیدی خواهد داشت، نظریهٔ اقتصادی و تجربهٔ سایر کشورها احتمال جانشینی برخی از حامل ها و افزایش مصرف آنها را پررنگ می کند. در این صورت، امکان افزایش در انتشار برخی از آلاینده ها وجود خواهد داشت. پدیده تغییر الگوی تقاضـای حامـل هـای انـرژی کـه جانشینی بین سوخت ها نیز نامیده می شود، ناشی از تغییر فناوری به سمت استفاده از انرژی هایی است که با افـزایش کمتـری در قیمـت مواجه اند.

چگونگی تغییر در قیمت نسبی حامل های انرژی، نقـش تعیـین کننده ای در وقوع این پدیده دارد. این پدیده در اغلب کشورهای دنیا به نوعی تجربه شده است؛ ازاین رو، جانشینی بـین سـوخت هـا و تغییـر ترکیـب مـصرف سوخت، ممکن است ترکیب کلی انتشار آلاینده ها را تحت تأثیر قـرار دهد. رویکرد تعادل عمومی محاسبه پذیر، قادر اسـت بـا لحـاظ آثـار مستقیم و غیرمستقیم و همچنین آثار مقیاس و جانـشینی یـک سیاسـت، تحلیـل دقیـق تـری از نتـایج و پیامـدهای سیاسـت هـای اقتصادی ارائه دهد (منظور و حقیقی،۱۳۹۰). لذا در این تحقیق اثـر افزایش قیمت حامل های انرژی بر متغیرهای اقتصادی و زیست محیطی، در قالـب این الگو بررسی می شود.

مدل های تعادل عمـومی قابل محاسبه[1] CGE بـه صـورت گسترده ای از اواخـر دهه ۱۹۷۰ به عنوان مدل های تحلیل سیاستی مورد استفاده قرار گرفته اند. ایـن مـدل هـا کـه بسـیار انعطاف پذیر اند، دترمنیستیک بوده و بـا در نظر گرفتن قانون والراس در بازارها، توانایی زیادی برای دربرگرفتن مباحث مختلف اقتصادی دارند. مزیت بزرگ این رویکرد، آن است که به اقتصاددانها اجازه می دهد تا اثرات تغییرات سیاستی و یا عوامل برونزا را در چارچوب سیستمی که به تمام بخشهـای اقتصـادی مرتبط است، بررسی و تحلیل کنند (طیب نیا و فولادی، ۱۳۸۸).

هر چند این مدل ها با ایراداتی چـون انعطاف‌ناپذیری در ساختار مدل مواجه‌اند، اما تا حدودی می‌توانند شرایط بسـیار پیچیـده دنیای واقعی را منعکس کنند. مدل های CGE به‌گونه‌ای کالیبره می‌شوند که ویژگی‌های رفتاری و سـاختاری یـک اقتصاد را بـه خـوبی انعکاس دهند. این مدل ها بر

1. Computable General Equilibrium

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

مبنای تئوری تعادل عمومی والراس بنا شده اند که توسط دبرو–ارو گسترش یافت. در تئوری تعادل عمومی، تقاضای خانوارها از کالاها، در نتیجه بهینه یابی مطلوبیت و تقاضای فعالیت ها از کالاها بر اساس بهینه یابی سود حاصل می شود (طیبی و مصری نژاد، ۱۳۸۵).

این مدل ها به عنوان یک ابزار شبیه سازی تجربی استاندارد برای ارزیابی یک سیاست به وجود آمده اند. نقطه قوت آنها در توانایی شان در مشخص کردن اثرات اقتصادی سیاست های انرژی و محیط زیست می باشد. شاید مهمترین کاربرد آنها تحلیل معیارهایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از احتراق سوخت های فسیلی باشد. سیاست های جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای، تلفیقی از ابزارها، مالیاتها و سوبسیدها تا برنامه های انتقال درآمد و وضع سهمیه بر کالاهای انرژی حاوی کربن را در بر می گیرد. این واقعیت که انرژی به طور بالقوه یک نهاده برای تمام فعالیت های اقتصادی می باشد، در کنار قابلیت محدود جانشینی دیگر کالاها با سوخت های فسیلی، بر این مفهوم دلالت دارد که اثرات این سیاست ها فراتر از سهم انرژی در درآمد ملی، از طریق بازارهای چندگانه، تأثیرات بیشتری بر اقتصاد می گذارند. این مفهوم، محرک اصلی برای استفاده از رویکرد تعادل عمومی در این زمینه می باشد (Wing, 2007).

اهمیت مدل های CGE به عنوان ابزاری برای تحلیل سیاست ها، کمتر مرهون دقت پیش بینی آنها بوده و بیشتر به دلیل توانایی آنها در مشخص کردن مکانیسم های مؤثر در تعدیل قیمت ها و مقادیر در میان بازارها مورد توجه قرار گرفته اند. بنابراین مدل های CGE باید به عنوان یک آزمایشگاه محاسباتی نگریسته شوند که پویایی های تعاملات اقتصادی در نتیجه اعمال سیاست ها را نشان می دهد. با توجه به دلایل فوق و همچنین قابلیت این مدل ها برای شبیه سازی ریاضی انواع سیاست های رایج در زمینه انرژی و محیط زیست از قبیل افزایش قیمت های انرژی و مالیات بر مصرف آنها و یا محدودیت های مقداری بر انتشار کربن، تمایل زیادی به استفاده از مدل های CGE در این زمینه ها نشان داده شده است(Wing, 2007 & Bernow etal., 1998).

در مدل حاضر در بازار کار، میزان عرضه درونزا بوده ولی در بازار سرمایه، میزان عرضه به صورت برونزا تعیین می شود. همچنین در مورد بستن دنیای خارج، نرخ ارز در بازار تعیین شده و لذا پس انداز خارجی ثابت می باشد.

به طور کلی، معادلات مدل در سه بلوک کلی شرط سود صفر برای هر بخش، شرط تسویه بازار برای هر کالا، یا عامل تولید و در نهایت، شرط توازن درآمد برای هر نهاد و خانوار بیان می شوند. بلوک شرط سود صفر دربردارنده ساختار تولید است و نشان می دهد که درآمد حاصل از فعالیت بخش، چگونه هزینه های نهاده های واسطه، عوامل تولید و انرژی را پوشش می دهد. بلوک تسویه بازار هم دربردارنده توابع عرضه و تقاضای هر یک از کالاها و عوامل تولید است. برای

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

تدوین روابط ایـن بلوک، لازم است هـر بخش، توابع عرضه هر کالا را تبیین کند. همچنـین توابع تقاضای بخشها و خانوارها از کالاها نیز مشخص می شود. عرضه و تقاضای کالاهای وارداتی و صادراتی نیز در این بلوک بیان می شود. در نهایت، بلوک توازن درآمد نشان می دهد که درآمدهای خانوارها و نهادها چگونه مخارج مصرفی و سرمایه ای آنها را پوشش می دهد. شرط توزان درآمد مستلزم آن است که تقاضای ایجاد شده در اقتصاد بر مبنای درآمد واقعی صورت پـذیرد (Rutherford, 1999).

البته برای تفکیک بیشتر معادلات معمولاً از تقسیم بندی دیگری نیز استفاده می شود که در آن بلوک های معادلات بر اساس نوع متغیرهای مورد بررسی تفکیک می شوند؛ مانند بلوک قیمت و بلوک تولید و زیرمجموعه‌های آن(طاهری، ۱۳۹۴). همچنین برای دستیابی به یک مجموعه سازگار در فضای اقتصاد کلان، می‌باید تعدادی قید و محـدودیت بـر روی روابط و معاملات رفتاری پیش‌گفته وضع شود. انتخاب و تصریح این قیدهـا، نحـوه و مکـانیزم‌هـای تعـدیل و برقراری تعادل در مدل را فراهم می‌کند.

به طور کلی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، سیستمی از معادلات همزمان شامل پارامترهای θ است، به طوری که از بردار متغیرهای برونزای Z، بردار متغیرهای درونزای Y نتیجه خواهد شد. لذا مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، دارای جملات خطا نیست. نبودِ جزء خطا نشان دهنده تفسیر مدل سازی این روش به عنوان شیوه ای غیرتصادفی بوده که مغایر با شیوه تصادفی اقتصادسنجی است.

در کنار نقاط قوت، این مدل ها دارای برخی نقاط ضعف هم می باشند که به تعدادی از آنها اشاره می شود:

۱- معمولاً خیلی بزرگ، دربرگیرنده پارامترهای زیاد و اغلب دارای ساختار پیچیده هستند.

۲- با فروض بیشتر نظیر تعادل عمومی کل اقتصاد حل می‌شوند؛ در حالی که در برخی موارد، تعادل ناقص برقرار است؛ که البته با اعمال محدودیت هایی بر روی متغیرها، این فرض تا حدودی قابل تغییر می باشد.

۳- به ماتریس حسابداری اجتماعی وابستگی دارند؛ زیرا تهیه این ماتریس هر چند سال یک بار صورت می گیرد و ممکن است با دوره مورد بررسی، فاصله زمانی زیادی داشته باشد. با توجه به اینکه این ماتریس ساختار اقتصاد را نشان می دهد، در صورت عدم وجود تغییرات ساختاری مهم در اقتصاد در فاصله بین سالهای تهیه ماتریس و اجرای پژوهش، مشکل چندانی در تفسیر نتایج به وجود نخواهد آمد.

۴- عدم توجه به جنبه های پولی و مالی اقتصاد به علت تمرکز بر قیمت های نسبی (خوشکلام خسروشاهی، ۱۳۹۳؛ حسن زاده، ۱۳۸۹).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

به طور کلی با توجه به نقاط ضعف و قوت مدل های تعادل عمومی، این مدل ها کاربرد گسترده ای در تحلیل سیاست های مختلف اقتصادی نظیر سیاست‌های تجاری، آزادسازی، مالیاتی، توزیعی و سایر سیاست ها دارند و دلیل اصلی کاربرد گسترده این مدل ها، بررسی همزمان رفتار تمام کارگزاران اقتصادی، کالاها و عوامل تولید است. بنابراین آثار سیاست های مختلف اقتصادی بر ساختار اقتصادی و اجتماعی کشور با استفاده از این مدل ها بهتر قابل تحلیل می باشد (Wing, 2004).

پایه اطلاعاتی مورد استفاده رایج برای مدل های تعادل عمومی قابل محاسبه، ماتریس حسابداری اجتماعی می باشد. ساختار اصلی این ماتریس یک نوع سیستم حسابداری است که در آن جریان های درآمد و هزینه میان نهادها و بخشهای مختلف اقتصاد در قالب سطرها و ستون های یک ماتریس نشان داده می شود. در این ماتریس، هر حساب کلان اقتصادی توسط یک ستون که نشان دهنده پرداخت ها و یک سطر که نشان دهنده دریافت های آن حساب می باشد، منعکس می گردد. در واقع، ماتریس حسابداری اجتماعی تمام مبادلات اقتصادی را در قالب یک ماتریس ارائه می کند.

این ماتریس با توجه به اهداف مدل های CGE معمولاً دارای ابعاد مختلفی خواهد بود. در مدل استفاده شده در این تحقیق، با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی و جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۵ و با تمرکز بر بخشهای پرمصرف در زمینه حامل های انرژی و همچنین آمار انتشار آلاینده های موجود در تراز نامه انرژی برای بخشها، همان طور که در جدول یک نشان داده شده، ۲۵ فعالیت بر اساس طبقه بندی بین المللی فعالیت های اقتصادی (ISIC) در نظر گرفته شده که هر کدام یک کالای متناظر با فعالیت را تولید می کنند. همچنین ۴۰ بلوک معادله و متغیر درونزا در مدل وجود داشته که البته با زیربخش های مربوط به کالاها، فعالیت ها، عوامل تولید، و خانوارها تعداد آنها ۱۲۵۸ معادله و متغیر درونزا می رسد. همچنین ۱۴ متغیر برونزا وجود دارد.

جدول ۱. فعالیت های ماتریس حسابداری اجتماعی

زراعت و باغداری	سایر کشاورزی	زغال سنگ	معادن	فولاد
استخراج نفت خام و گاز طبیعی	محصولات شیمیایی	سیمان	آجر	سایرصنایع
حمل و نقل ریلی	برق	توزیع گاز طبیعی	آب و ساختمان	بنزین
حمل و نقل جاده ای	نفت کوره	گاز مایع	نفت سفید	سایر خدمات
خدمات حمل و نقل	حمل و نقل دریایی	حمل و نقل هوایی	نفت گاز	خدمات بازرگانی

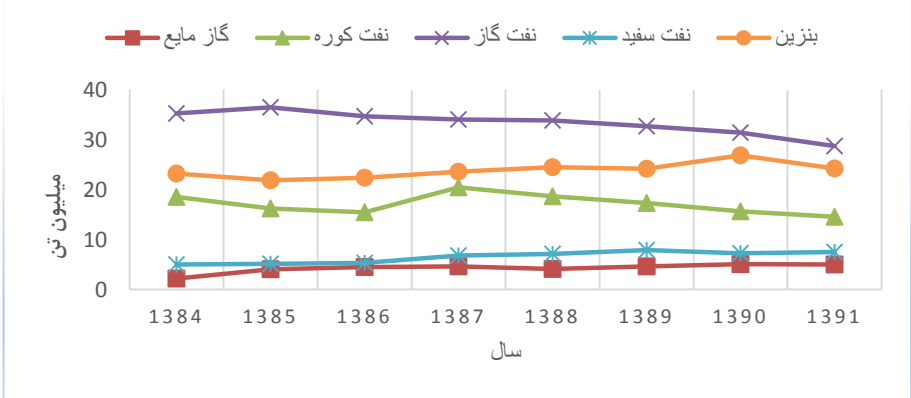
[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

۵. وضعیت مصرف حامل های انرژی و انتشار آلاینده ها در ایران

مصرف سوخت های فسیلی در ایران طی سالهای ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ در نمودار ۱ نشان داده شده است. همچنین مصرف گاز طبیعی نیز طی این سالها از ۱۰۰ به بیش از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب رسیده است. در این میان بخش حمل ونقل، بیشترین مصرف کننده بنزین و گازوییل بوده و بخش تجاری و خانگی هم بالاترین مصرف نفت سفید و گاز طبیعی و گاز مایع را دارا می باشند. بخش نیروگاه برق هم بیشترین مصرف کننده نفت کوره بوده و بخشهای صنعت و خانگی هم به ترتیب، بالاترین مصرف کنندگان برق می باشند.

نمودار ۱. مصرف سوخت های فسیلی در ایران



منبع: ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱

با توجه به نتایج تجربی سالهای گذشته می توان جهت کاهش میزان انتشار آلاینده ها، بر استفاده از سیاست تغییرات قیمت نسبی حامل های انرژی تکیه کرد. کاهش مصرف حامل های انرژی گرانتر، نشان از اثربخشی سیاست های قیمتی در کنترل مصرف حامل های انرژی دارد اما همچنان انتشار آلاینده های هوا افزایشی بوده است که علت آن را می توان در پایین بودن قیمت مطلق این حامل ها از جمله گاز طبیعی دانست که از مصرف بی رویه آنها جلوگیری نمی کند و افزایش قیمت حامل های انرژی سبب روی آوردن به مصرف بیشتر گاز طبیعی شده است

همچنین آمار انتشار دی اکسید کربن در ایران در طی سالهای گذشته همواره در حال افزایش بوده و از ۴۹۰ میلیون تن در سال ۸۶ به بیش از ۵۵۰ میلیون تن در سال ۹۱ رسیده است. انتشار مونو اکسید کربن (CO)، اکسیدهای نیتروژن (NOX)، دی اکسید گوگرد (SO2) برای سالهای

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ به ترتیب از ۸، ۱,۵ و ۱,۴ میلیون تن به حدود ۱۰، ۲ و ۲ میلیون تن افزایش یافته است. همچنین دیگر گازهای گلخانه ای از جمله تری اکسید سولفور (SO3) و متان و ذرات معلق (SPM) هم هرچند میزان انتشارشان در این سالها در حدود ۵۰، ۱۰۰ و ۴۰۰ هزار تن بوده است ولی به علت خطرات بالا، این میزان انتشار هم هشدار دهنده می باشد (ترازنامه انرژی،۱۳۹۱).

بر طبق آمارهای سازمان اطلاعات انرژی آمریکا، ایران در سال ۲۰۱۳ با مصرف ۱,۸ میلیون بشکه انواع سوخت های فسیلی در روز، در رتبه دوازدهم جهان قرار دارد. افزایش مصرف سوخت های فسیلی باعث افزایش انتشار آلاینده های هوا شده که ایران را در این زمینه به یکی از کشورهای پرمصرف تبدیل کرده است. ایران در سال ۲۰۱۳ با انتشار ۶۰۳ میلیون تن گاز دی اکسید کربن ناشی از مصرف انواع سوخت های فسیلی، رتبه هشتم جهان را در این زمینه داشته است.

همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می شود، نفت گاز و پس از آن بنزین و نفت کوره در انتشار اکثر آلاینده ها نقش اساسی دارند، لذا هر برنامه ای برای کاهش مصرف آلاینده های هوا، می باید این حامل ها را در اولویت خود قرار دهد.

جدول ۲. حامل های اصلی ایجاد کننده آلاینده های منتخب

آلاینده / حامل اصلی	SPM	SO2	NOx	CO	CH	CO2	SO3
۱	نفت گاز	نفت گاز	نفت گاز	بنزین	بنزین	گاز طبیعی	نفت گاز
۲	بنزین	نفت کوره	بنزین		نفت گاز	نفت گاز	نفت کوره
سهم هزینه تخریب	۰,۲۱	۰,۲۱	۰,۱۱	۰,۲۵	۰,۰۲	۰,۱۷	

مأخذ: ترازنامه انرژی، ۱۳۸۵

۶. مدل سازی ریاضی تعادل عمومی محاسبه پذیر

مدل تعادل عمومی در شکل ریاضی شامل مجموعه ای از معادلات همزمان است که بسیاری از آنها غیرخطی بوده و در این معادلات، تابع هدف خاصی وجود ندارد. معادلات اصلی استفاده شده در این مدل بر مبنای معادلات مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد[1] می باشد؛ ولی با توجه به هدف تحقیق، برخی معادلات به مدل اضافه شده اند تا اهداف تحقیق جهت اعمال سناریوهای مورد نظر برآورده شود که در ادامه، به توضیح آنها می پردازیم. در بلوک تولید، تابع تولید لئونتیف در بالاترین

1. Lofgren etal.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

سطح در نظر گرفته شده و تولید فعالیت از ترکیب مواد واسطه کل (QINTA) و ارزش افزوده کل (QVAT) به دست آمده و تولیدکننده با توجه به آنها سود خود را حداکثر می کند که در آنها $ivat_a$ و inta_a به ترتیب، مقدار ارزش افزوده کل و مواد واسطه کل برای هر واحد فعالیت و QA_a مقدار حاصل شده از فعالیت می باشند.

$$QVAT_a = ivat_a . QA_a \quad (۱)$$

$$QINTA_a = inta_a . QA_a \quad (۲)$$

مواد واسطه هم با توجه به معادله ۳ به نسبت ثابت از ماده واسطه کل مورد استفاده قرار می گیرند که در آن، $ica_{c,a}$ مقدار کالای واسطه c برای هر واحد فعالیت a است.

$$QINT_{ca} = ica_{ac} . QINTA_a \quad (۳)$$

از طرفی هم ارزش افزوده کل، یک تابع CES از ارزش افزوده (QVA) و نهاده انرژی کل مورد استفاده در تولید (QTEN) می باشد و شرایط استفاده بهینه از نهاده ها و سود صفر هم به ترتیب، در معادلات ۴ و ۵ آمده است که در آنها a_a^{vat}، δ_a^{vat} و ρ_a^{vat} به ترتیب، بیانگر پارامترهای کارآیی، سهم و توان در تابع CES ارزش افزوده کل بوده و $PTEN_a$ و PVA_a هم به ترتیب، قیمت نهاده انرژی کل و قیمت ارزش افزوده می باشند.

$$QVAT_a = a_a^{vat}\left(\delta_a^{vat} . QVA_a^{\rho_a^{vat}} + \left(۱ - \delta_a^{vat}\right). QTEN_a^{\rho_a^{vat}}\right)^{\frac{-۱}{\rho_a^{vat}}} \quad (۴)$$

$$\frac{QVA_a}{QTEN_a} = \left(\frac{PTEN_a}{PVA_a}\ \frac{\delta_a^a}{۱ - \delta_a^a}\right)^{\frac{۱}{۱+\rho_a^{vat}}} \quad (۵)$$

عوامل تولید در مدل شامل دو نهاده نیروی کار و سرمایه می باشد. ارزش افزوده هم با توجه به معادله ۶ به صورت یک تابع CES از عوامل تولید (QF) می باشد که براساس شرط برابری قیمت با هزینه نهایی عامل تولید در بازار رقابت کامل، معادله ۷ را به صورت شرط مرتبه اول حداکثر سازی سود خواهیم داشت که در آن، WF_f قیمت عامل تولید f بوده و a_a^{va}، δ_a^{va} و ρ_a^{va} به ترتیب، بیانگر پارامترهای کارآیی، سهم و توان در تابع CES ارزش افزوده می باشد.

$$\text{QVA}_\text{a} = \text{a}_\text{a}^{\text{va}}\left(\sum_{\text{f}\epsilon\text{F}} \delta_{\text{f,a}}^{\text{va}} . \text{QF}_{\text{f,F}}^{-\rho_\text{a}^{\text{va}}}\right)^{\frac{-۱}{\rho_\text{a}^{\text{va}}}} \quad (۶)$$

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

$$WF_f.WFDIST_{f,a} = PVA_a.(1 - tva_a).QVA_a.\left(\sum_{f\epsilon F}\delta_{f,a}^{va}.QF_{f,a}^{-\rho_a^{va}}\right)^{-1}.\delta_{f,a}^{va}.QF_{f,a}^{-(1+\rho_a^{va})} \quad (۷)$$

با توجه به هدف تحقیق، نهاده انرژی به صورت جداگانه وارد مدل شده است تا بتوان تغییرات مورد نظر در این بخش را در مدل اعمال کرد. حامل های انرژی در مدل شامل بنزین، نفت گاز، نفت سفید، نفت کوره، گازمایع و گازطبیعی می باشد. با توجه به معادله ۸ نهاده انرژی کل تابع CES از حامل های انرژی مورد استفاده در تولید (QENE)، و a_a^{ten}، δ_a^{ten} و ρ_a^{ten} به ترتیب، بیانگر پارامترهای کارآیی، سهم و توان در تابع CES نهاده انرژی کل است.

$$QTEN_a = a_a^{ten}\left(\sum_{c\epsilon C}\delta_{c,a}^{ten}.QENE_{c,a}^{\rho_a^{ten}}\right)^{\frac{-1}{\rho_a^{ten}}} \quad (۸)$$

با توجه به برقراری شرایط رقابت کامل در مدل، قیمت حامل های انرژی به صورت معادله ۹ به دست می آید و با جایگذاری معادله ۸ در آن، می توان تقاضای حامل های انرژی را به شکل معادله ۱۰ محاسبه کرد که رابطه بین قیمت حامل های انرژی و تقاضای آنها و نحوه تأثیرگذاری تغییر در هر کدام از آنها را بر کل مدل نشان می دهد(خیابانی، ۱۳۸۷؛ lecca, 2011).

$$PENE_{c,a} = PTEN_a.\ QTEN_a.\left(\sum_{c\epsilon C}\delta_{c,a}^{ten}.QENE_{c,a}^{\rho_a^{ten}}\right)^{-1}.\delta_{c,a}^{ten}.QENE_{c,a}^{-(1+\rho_a^{ten})} \quad (۹)$$

$$QENE_{c,a} = PTEN_a.\ QTEN_a.\left((\delta_{c,a}^{ten})^{-1}.(a_a^{ten})^{\rho_a^{ten}}.\frac{PENE_{c,a}}{PTEN_a}\right)^{-(1+\rho_a^{ten})} \quad (۱۰)$$

همچنین میزان مصرف کل خانوار QH_h برابر است با باقیمانده درآمد YH_h بعد از پس انداز و پرداخت مالیات که mps_h میل نهایی پس انداز خانوار و ty_h نرخ مالیات بر درآمد خانوار است.

$$QH_h = \left(1 - mps_h\right).\left(1 - ty_h\right).YH_h \quad (۱۱)$$

مقدار مصرف کل خانوار با توجه به تابع CES معادله ۱۲ شامل خرید کالاهای انرژی $QHTE_h$ و غیر انرژی $QHTN_h$ می باشد که در آن، a_h^{tc}، δ_h^{tc} و ρ_h^{tc} به ترتیب، پارامتر های انتقال، سهم و توان در تابع CES مصرف کل خانوار می باشد.

$$QH_h = a_h^{tc}\left(\delta_h^{tc}.QHTE_h^{\rho_h^{tc}} + \left(1 - \delta_h^{tc}\right).QHTN_h^{\rho_h^{tc}}\right)^{\frac{-1}{\rho_h^{tc}}} \quad (۱۲)$$

شرط مرتبه اول برای انتخاب بهینه بین استفاده از کالاهای انرژی و غیر انرژی با توجه به میزان جانشینی بین کالاها و قیمت نسبی شان در معادله ۱۳ نشان داده شده است که در آن، $PHTE_h$ قیمت کل کالاهای انرژی و $PHTN_h$ قیمت کل کالاهای غیر انرژی برای خانوار می باشد (Hill, 1999).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

$$\frac{QHTE_h}{QHTN_h} = \left(\frac{PHTN_h}{PHTE_h} \frac{\delta_h^{tc}}{1 - \delta_h^{tc}} \right)^{\frac{1}{1+\rho_h^{tc}}} \quad (۱۳)$$

کل مخارج مصرفی خانوار هم با مخارج مصرفی روی کالاهای انرژی و غیر انرژی برابر می باشد که در آن، PH_h قیمت مصرف کل خانوار می باشد.

$$PH_h . QH_h = PHTE_h . QHTE_h + PHTN_h . QHTN_h \quad (۱۴)$$

مقدار کل انرژی مصرفی خانوار یک تابع CES از حامل های انرژی مصرفی خانوار $QHE_{c,h}$ می باشد که در آن، a_h^{ce} ، δ_h^{ce} و ρ_h^{ce} به ترتیب، پارامتر های انتقال، سهم و توان در تابع CES مصرف کل انرژی خانوار می باشد.

$$QHTE_h = a_h^{ce} \left(\sum_{c \epsilon C} \delta_{c,h}^{ce} . QHE_{c,h}^{\rho_h^{ce}} \right)^{\frac{1}{\rho_h^{ce}}} \quad (۱۵)$$

میزان مصرف هر یک از حامل های انرژی توسط خانوار با توجه به معادله زیر تعیین می گردد که با توجه به آن، قیمت حامل های انرژی برای خانوار $PHE_{c,h}$ بر مصرف خانوار تأثیر می گذارد.

$$QHE_{c,h} = PHTE_h . QHTE_h . \left(\delta_{c,h}^{ce} \right)^{-1} . a_h^{ce})^{\rho_h^{ce}} . \frac{PHE_{c,h}}{PHTE_h})^{-(1+\rho_h^{ce})} \quad (۱۶)$$

همچین فرض شده است که کالاهای غیر انرژی مصرفی خانوار $(QHN_{c,a})$، نسبت ثابتی از کل کالاهای مصرفی خانوار می باشند.

$$QHN_{c,a} = ihne_{c,h} . QHTE_h \quad (۱۷)$$

قیمت کالاهای غیرانرژی کل $PHTN_h$ نشان دهنده هزینه کالای غیرانرژی خاص برای هر واحد از کل کالاهای غیرانرژی می باشد که $ihne_{c,h}$ مقدار مصرف کالای غیرانرژی برای هر واحد مصرف کل کالاهای غیرانرژی می باشد.

$$PHTN_h = \sum_{c \epsilon C} PQ_c . ihne_{c,h} \quad (۱۸)$$

برای ارتباط دادن مصرف حامل های انرژی با انتشار آلاینده های هوا در مدل، بدین صورت عمل شده است که ابتدا با توجه به ماتریس حسابداری اجتماعی استفاده شده در مدل، میزان مصرف واسطه هر یک از حامل ها توسط فعالیت ها در نظر گرفته می شود. در مرحله بعد با توجه به میزان انتشار آلاینده های هوا، از مصرف حامل های انرژی در بخشهای مختلف با توجه به ترازنامه انرژی، میزان آلاینده منتشر شده (تن) در فعالیت مورد نظر را با میزان مصرف واسطه حامل خاص در آن فعالیت (میلیارد ریال) ارتباط داده تا ضرایب انتشار هر فعالیت به این صورت که به ازای مصرف هر میلیارد ریال از حامل خاص چند تن از آلاینده مورد نظر منتشر می شود به دست آید (مقیمی، ۱۳۹۰).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

این آمارها بر اساس ضرایب انتشار کلیِ به دست آمده برای هر بخش و همچنین ارزش افزوده هر فعالیت و مقدار مصرف حامل های انرژی در آنها، به زیربخش های آن تعمیم داده شده و در واقع، آمارهای کلی به صورت تفکیک شده درآمده اند (اخباری، ۱۳۸۰).

به این نکته باید توجه کرد که ضرایب انتشار برای یک حامل خاص در فعالیت های مختلف و همچنین حامل های مختلف در فعالیتی خاص ، متفاوت می باشند. برای فعالیت هایی مثل معدن و پالایشگاه که آمار انتشار آلاینده های آنها در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۵ موجود نمی باشد، به ترتیب، ضرایب انتشار فعالیت صنعت و سال بعد اعمال شده است (ذاکری، ۱۳۹۳).

همچنین در ترازنامه انرژی میزان مصرف بنزین خانوار در بخش حمل و نقل در نظر گرفته شده، که در بخش خانگی و تجاری نیامده است. برای محاسبه ضریب این بخش، میزان انتشار آلاینده ها در فعالیت حمل و نقل جاده ای در ترازنامه انرژی را با مصرف واسطه بنزین در فعالیت حمل و نقل جاده ای به اضافه مصرف بنزین خانوارهای شهری و روستایی و فعالیت های خدمات و بازرگانی ارتباط داده و ضرایب به دست آمده به عنوان ضریب انتشار برای بخشهای خانوار در نظر گرفته شد.

معادله زیر نحوه محاسبه میزان انتشار آلاینده i را نشان می دهد که در آن، $ef_{c,a}$ ضریب انتشار حامل c در بخش a و $ef_{c,h}$ ضریب انتشار حامل c درنهاد h می باشد.

$$MZ_i = \sum_{a\epsilon en}\sum_{c\epsilon en} QENE_{c,a}.ef_{c,a} + \sum_{h}\sum_{c\epsilon en} QHE_{c,h}.ef_{c,h} \quad (۱۹)$$

برای وارد کردن هزینه تخریب هم با توجه به ترازنامه انرژی، انتشار هر تن از آلاینده های مختلف، دارای یک هزینه تخریب متناسب می باشد که مقدار این ضریب برای هر آلاینده از تقسیم هزینه تخریب آن آلاینده بر میزان انتشارش به دست آمد؛ به این صورت که به ازای انتشار هر تن از آلاینده خاص، چند میلیارد ریال هزینه ایجاد می شود. معادله زیر نحوه محاسبه هزینه تخریب آلاینده i را نشان می دهد که در آن، k_i هزینه تخریب آلاینده i می باشد.

$$CD_i = k_i.MZ_i \quad (۲۰)$$

۵. بحث و تحلیل نتایج

پس از اینکه معادلات مرتبط با مدل مورد نظر طراحی و مدل به طور بهینه حل شد، می توان سناریوهای مورد نظر را اعمال نمود. در این مرحله، با تغییر یک پارامتر یا متغیر برونزا، نتایج تعادل جدید با تعادل اولیه مقایسه می شود که به این نوع تحلیل، ایستای مقایسه ای می گویند.

همانطور که عنوان شد، یکی از راه های جلوگیری از انتشار آلاینده های هوا، استفاده از مالیات می باشد. از آنجا که در ایران، مالیاتی تحت عنوان مالیات بر انتشار آلاینده های هوا وجود ندارد، لذا

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

یکی از راه های جایگزین برای کاهش انتشار آلاینده های هوا، وضع مالیات بر مصرف حامل های انرژی است که عامل اصلی انتشار آلاینده های هوا می باشد. این بخش همان طور که در جدول ۲ آمده است، با طراحی یک سناریو برای افزایش قیمت حامل های انرژی به قیمت فوب خلیج فارس به دنبال مشاهده اثرات این تغییر بر انتشار آلاینده های هوا و هزینه تخریب آنها می باشد. محاسبات و مدل سازی تحقیق در بسته نرم افزاری GAMS انجام شده است.

جدول ۲. قیمت حامل های انرژی در سناریو های مختلف (ریال)

	سناریو پایه	قیمت فوب خلیج فارس
بنزین (لیتر)	۱۰۰۰۰	۱۷۰۰۰
گازوییل (لیتر)	۳۰۰۰	۱۶۰۰۰
نفت کوره (لیتر)	۳۰۰۰	۱۵۰۰۰
نفت سفید (لیتر)	۲۰۰۰	۱۵۰۰۰
گاز طبیعی (مترمکعب)	۱۰۰۰	۳۰۰۰
گاز مایع (مترمکعب)	۲۳۰۰	۹۰۰۰
برق (کیلووات ساعت)	۹۷۰	۱۹۰۰

مأخذ: http://www.nerkhbox.com

البته در مورد قیمت برق، با توجه به پلکانی بودن آن، میانگین قیمت در نظر گرفته شده است. همان طور که مشاهده می شود، با وجود اصلاح قیمت های انرژی در طی سالهای گذشته، همچنان این قیمت ها با فوب خلیج فارس فاصله زیادی دارند.

با افزایش قیمت حامل های انرژی، مصرف آنها در فعالیت های مختلف با شدت متفاوتی کاهش می یابد که به نظر می رسد، به دلایل زیر باشد: دلیل اول، اینکه هرچه قیمت یک حامل بیشتر افزایش یابد، تقاضا برای آن بیشتر کاهش می یابد؛ درصد این کاهش در فعالیت های مختلف به میزان مصرف آن حامل در آن فعالیت خاص و میزان ارتباط آن فعالیت با فعالیت هایی که وابستگی بیشتری به مصرف آن حامل دارند، بستگی دارد.

برای مثال، نفت سفید چون بیشترین افزایش قیمت را داشته است، لذا بیشترین میزان کاهش نسبی در مصرف حامل ها برای این حامل می باشد؛ از طرفی هم چون خانوارهای روستایی، بیشترین

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

مصرف از این حامل را دارند، لذا بیشترین کاهش در مصرف نفت سفید، متعلق به خانوارهای روستایی می باشد[۱].

دلیل دوم، می تواند میزان کاهش سطح فعالیت باشد. بخشهای انرژی بر با افزایش قیمت حامل ها، بسته به میزان وابستگی شان، با کاهش در میزان تولید کل مواجه خواهند شد که این امر متقابلاً از طریق ارتباطات بین بخشی سبب کاهش تولید کل و مصرف انرژی می شود؛ به این صورت که انتظار داریم فعالیت هایی که ارتباط بیشتری با بخشهای انرژی بر دارند، کاهش بیشتری در تولید کل و مصرف انرژی را داشته باشند.

برای مثال، فعالیت های برق، نفت سفید، حمل و نقل دریایی و هوایی، به علت ارتباطات بالا با بخشهای انرژی بر و نیز مصرف بالای خودشان از حامل های انرژی، شاهد بیشترین کاهش در تولید کل بوده اند و فعالیت های استخراج نفت و گاز، آب و ساختمان، و زراعت و باغداری هم به ترتیب، کمترین میزان کاهش در تولید کل را تجربه می کنند.

با کاهش مصرف حامل های انرژی، از آنجا که انتشار آلاینده ها با مصرف حامل های انرژی رابطه مستقیمی دارد، لذا انتظار داریم که انتشار آلاینده ها نیز کاهش یابد؛ اما به دلیل آنکه مصرف هر یک از حامل ها در فعالیت های مختلف دارای ضرایب انتشار متفاوتی می باشد و از طرفی، قیمت حامل های انرژی هم به صورت نامتوازن تغییر می کند، لذا همین مساله سبب می شود تا نتیجه گیری در مورد اثرات نهایی تغییرات، مقداری پیچیده شود.

همان طور که گفته شد، درصد تغییر در میزان انتشار آلاینده ها در فعالیت های مختلف، از برایند تغییرات مصرف حامل ها در آن فعالیت ها به دست می آید. هر چه در یک فعالیت، از حاملی که یک آلاینده خاص را ایجاد می کند بیشتر استفاده شود، انتظار می رود که میزان انتشار آن آلاینده در آن فعالیت بالاتر باشد. برای مثال پس از اعمال سناریوی شماره یک، فعالیت های برق حمل و نقل دریایی، بیشترین کاهش را در انتشار گاز SPM داشته اند.

علت این امر را می توان در آن دانست که فعالیت برق، یکی از مصرف کنندگان عمده نفت گاز می باشد؛ از طرف دیگر، این فعالیت پس از تغییر قیمت ها، کاهش محسوسی را در مصرف نفت گاز داشته است، لذا مقدار انتشار گاز SPM در این فعالیت، کاهش بالایی را تجربه کرده است. همچنین پس از فعالیت برق، فعالیت های حمل و نقل دریایی و زراعت، بیشترین درصد کاهش در گاز SPM را داشته اند.

---

۱ به دلیل محدودیت صفحات مقاله، نتایج تغییر در مصرف حاملهای انرژی و تغییر در انتشار آلاینده های هوا ارائه نشده است اما در صورت درخواست خوانندگان در اختیار آنها قرار خواهد گرفت.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

البته قابل ذکر است که این اعداد تغییر نسبی را نشان می دهند و از آنجا که دو فعالیت حمل و نقل جاده ای و برق به دلیل مصرف بالای حامل های انرژی، دارای بیشترین میزان انتشار آلاینده های هوا می باشند، لذا کاهش هر چند اندک در میزان انتشار آلاینده های آنها، اثر مطلق به مراتب بیشتری نسبت به سایر فعالیت ها خواهد داشت.

از آنجا که انتشار هر یک از آلاینده های هوا دارای هزینه های تخریب متفاوتی می باشد، لذا تغییرات انتشار آلاینده ها بر این هزینه ها هم تأثیر خواهد داشت که با توجه به جدول ۳ می توان این تغییرات را مشاهده کرد. بر اساس آمار تراز نامه انرژی سال ۱۳۸۵ بیشترین میزان هزینه تخریب برای انتشار هر تن از آلاینده های هوا به ترتیب، برای گازهای SPM، SO2، NOX، CO، CH و CO2 می باشد. لذا می توان انتظار داشت که فعالیت هایی که بیشترین کاهش مطلق را در مصرف گازهای پرهزینه تر داشته باشند، با کاهش هزینه تخریب بیشتری مواجه شوند.

همان طور که ملاحظه می شود، فعالیت حمل و نقل جاده ای با ۲۲، خانوار شهری با ۱۶ و فعالیت برق با ۸ هزار میلیارد ریال هزینه تخریب، بخشهای پر هزینه تری نسبت به بقیه فعالیت ها می باشند. بخش خانوار روستایی و فعالیت های سایر صنایع، سیمان، زراعت و باغداری، آب و ساختمان و حمل و نقل ریلی هم از دیگر بخشهای با هزینه تخریب بالا می باشند.

پس از اعمال سناریوی افزایش قیمت حاملهای انرژی، فعالیت های برق با ۳۶ درصد، فعالیت حمل و نقل دریایی با ۳۴,۸ درصد و فعالیت نفت سفید با ۳۴,۴ درصد کاهش در هزینه تخریب، بیشترین میزان کاهش نسبی را تجربه کرده اند. همچنین به صورت مطلق، فعالیت حمل و نقل جاده ای با ۶، فعالیت برق با ۳ و خانوار شهری با ۲ هزار میلیارد ریال کاهش در هزینه تخریب، به ترتیب، بیشترین کاهش را نسبت به سناریوی پایه تجربه کرده اند.

کل کاهش در هزینه تخریب در نتیجه اجرای سناریوی افزایش قیمت حامل های انرژی، حدود ۱۶ هزار میلیارد ریال بوده که رقم قابل توجهی می باشد. میزان هزینه تخریب در سال ۱۳۸۵ بیش از ۶۷ هزار میلیارد ریال بوده که این هزینه تقریباً معادل ۱۲,۷۸ درصد GDP سال ۱۳۸۵ به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (۵۲۴ هزار میلیارد ریال[۱]) می باشد. حال با اعمال سناریوی فوق، این هزینه ۲۳ درصد کاهش یافته و به حدود ۱۰ درصد GDP رسیده است.

۱ آمار GDP بر اساس حسابهای ملی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران می‌باشد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

جدول ۳. میزان هزینه تخریب آلاینده های هوا در فعالیت ها (میلیارد ریال)

هزینه تخریب / فعالیت	پایه	سناریوی اول
سایر کشاورزی	۸۶۱,۹	۵۲۹
زراعت	۲۲۰۱,۵	۱۳۵۵,۵
سایر صنایع	۲۵۷۶,۴	۱۶۱۳,۲
فولاد	۵۳۷,۲	۳۵۵,۱
سیمان	۱۲۲۸,۹	۶۱۰,۷
آجر	۱۰۲۴,۷	۶۷۹,۶
مواد شیمیایی	۱۱۱	۶۱,۴
معادن	۲۸۱,۸	۱۷۲,۹
خدمات حمل و نقل	۷۷۹,۱	۴۵۸,۳
حمل و نقل ریلی	۳۲۲,۹	۱۸۶,۶
حمل و نقل جاده ای	۲۲۲۵۱,۹	۱۳۸۸۵,۹
حمل و نقل هوایی	۱,۵	۰,۹
حمل و نقل دریایی	۷۵۷,۸	۳۰۴,۵
سایر خدمات	۱۷۵۴,۲	۱۱۹۰,۵
خدمات بازرگانی	۱۷۸۸,۵	۱۱۴۳,۳
آب و ساختمان	۲۱۱۵,۴	۱۲۲۵,۱
استخراج نفت و گاز	۵۷,۳	۳۸,۹
گاز طبیعی	۴۳۷,۹	۲۷۶,۴
برق	۸۱۴۴,۴	۳۵۶۷,۸
بنزین	۳۱,۵	۱۵,۸
نفت سفید	۳,۸	۲
گازوییل	۹,۵	۵
نفت کوره و سیاه	۱۶,۸	۱۰,۶
گازمایع	۱۶,۵	۹,۶
خانوار شهری	۱۶۶۸۹	۱۱۵۴۳,۵
خانوار روستایی	۳۲۳۸,۸	۲۲۴۹,۹
جمع کل	۶۷۲۴۱,۴	۴۱۴۹۳,۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

۶. تحلیل حساسیت

از آنجا که میزان کشش جانشینی بین نهاده ها هنگام تغییر قیمت، بر عملکرد فعالیت ها در واکنش به این تغییرات مؤثر می باشد و هر چه کشش جانشینی بالاتر باشد، قدرت تولیدکننده یا مصرف کننده برای استفاده از کالای ارزان تر بیشتر می شود، لذا در مدل استفاده شده در این تحقیق، ابتدا یک کشش جانشینی پایه با توجه به قابلیت فنی بین نهاده ها و همچنین استفاده از مطالعات پیشین در این زمینه، انتخاب شده تا نتایج اولیه به دست آید[1]. سپس با تغییر میزان کشش ها، محدوده تغییرات متغیرهای مورد نظر را به دست آورده تا حساسیت مدل به این پارامترها مشخص شود. در نتیجه تغییر کشش جانشینی در لایه های مختلف تولید، مشخص شد که میزان کشش جانشینی بین نهاده

۱. مقادیر این کشش ها از مطالعات منظور و حقیقی (۱۳۹۰) و مقیمی و همکاران (۱۳۹۰) اتخاذ شده اند.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

انرژی کل و ارزش افزوده، بیشترین تأثیر را بر مصرف انرژی فعالیت ها داشته و برای خانوارها هم میزان کشش جانشینی بین کالاهای انرژی و غیر انرژی تأثیر بسزایی در نتایج پایانی خواهد گذاشت.

از آنجا که در کوتاه مدت با تغییر قیمت حامل های انرژی، امکان تغییر فناوری تولید و جانشینی بالا بین حامل ها وجود ندارد. برای این منظور، کشش های جانشینی برای انرژی تا حد ممکن پایین انتخاب شده اند. در نتایج ارائه شده در سناریوها، میزان کشش جانشینی بین نهاده انرژی کل و ارزش افزوده ۰,۲ در نظر گرفته شده است. حال با تغییر این کشش، شاهد تغییراتی در نتایج خواهیم بود که با توجه به آنها می توان، هم به درجه پایداری مدل پی برد و هم، یک فاصله اطمینان برای نتایج شبیه سازی به دست آورد (Hosoe etal., 2010).

نتایج تغییر کشش نشان می دهد که با افزایش میزان کشش جانشینی بین نهاده انرژی کل و ارزش افزوده، چون قیمت نهادهای کار و سرمایه به طور نسبی ارزانتر از انرژی تمام می شود، لذا میزان مصرف حامل ها به میزان بیشتری نسبت به سناریوی پایه کاهش می یابند و از آنجا که نتایج حاصله با تغییر کشش، تغییر علامت نمی دهند، لذا نشان از پایداری نتایج مدل می باشد[1].

۷. نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق با استفاده از یک مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر، به بررسی تأثیر افزایش قیمت حامل های انرژی بر هزینه تخریب آلاینده های هوا در ایران پرداخته شده است. لذا ابتدا به اهمیت بررسی مسائل انرژی و هزینه های اثرات زیست محیطی آن بر بخشهای مختلف اقتصاد پرداخته شد. سپس آمار بالای مصرف انرژی و انتشار آلاینده های هوای ناشی از آن در ایران بیان شد و با دیگر کشورهای جهان مقایسه گردید تا جایگاه ایران در این زمینه در بین کشورهای جهان مشخص شود. از آنجا که هزینه های ناشی از انتشار آلاینده های هوا به صورت رسمی در اقتصاد محاسبه نمی شوند، لذا جزو آثار جانبی به حساب می آیند. بدین سبب به جهت درونی کردن این آثار جانبی، لازم است که ارزش آنها تعیین شود تا با سیاستگذاری بتوان این هزینه ها را کاهش داد. لذا پس از بیان مبانی نظری آثار جانبی و ارزشگذاری محیط زیست، مالیات های زیست محیطی به عنوان ابزاری برای کاهش این هزینه ها مطرح شد. در ادامه، به تشریح روش تعادل عمومی محاسبه پذیر به عنوان یکی از ابزارهای مورد استفاده در جهان برای سیاستگذاری انرژی و محیط زیست پرداخته شد و پس از معرفی معادلات ریاضی مدل، یک سناریو برای افزایش قیمت حامل های انرژی به قیمت فوب خلیج فارس به عنوان یک مالیات غیرمستقیم زیست محیطی تدوین شد.

---

۱ به دلیل محدودیت صفحات مقاله، این نتایج ارائه نشده است اما در صورت درخواست خوانندگان در اختیار آنها قرار خواهد گرفت.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

از آنجا که در این تحقیق از یک مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر استفاده شده و این مدل ها قابلیت در نظرگرفتن آثار مقیاس و جانشینی بین نهاده های مختلف در تولید را دارند، لذا هنگام اجرای سناریوها، این جانشینی در نظر گرفته شده تا نتایج قابل اطمینان تری به دست آید. همچنین این قابلیت، سبب می شود تا نتایج نهایی انتشار آلاینده ها واقعی تر باشند. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن روابط بینِ بخشی فعالیت ها، کاهش تولید و مصرف انرژی آنها به دست آمد.

نتایج نشان می دهند که با اعمال سناریو، مصرف حامل های انرژی در فعالیت های برق، و نفت سفید بیشترین درصد کاهش را دارند که به نظر می رسد به علت انرژی بری بالای این فعالیت ها و نیز ارتباطات گسترده با فعالیت های انرژی بر باشد. همچنین فعالیت های حمل و نقل دریایی و برق معمولاً بیشترین درصد کاهش در انتشار آلاینده ها را داشته اند. نتایج اعمال سناریوها نشان می دهند که فعالیت های حمل و نقل دریایی، برق و نفت سفید، بیشترین درصد کاهش در هزینه های تخریب را تجربه می کنند. فعالیت حمل و نقل جاده ای با ۶، فعالیت برق با ۳ و خانوار شهری با ۲ هزار میلیارد ریال کاهش در هزینه تخریب، به ترتیب، بیشترین کاهش را نسبت به سناریوی پایه تجربه کرده اند.

کل کاهش در هزینه تخریب در نتیجه اجرای سناریوی افزایش قیمت حامل‌های انرژی، حدود ۱۶ هزار میلیارد ریال بوده که میزان قابل توجهی می باشد. میزان هزینه تخریب در سال ۱۳۸۵ بیش از ۶۷ هزار میلیارد ریال بوده که این هزینه تقریباً معادل ۱۲،۸۷ درصد GDP سال ۱۳۸۵ به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶(۵۲۴ هزار میلیارد ریال) می باشد. حال با اعمال سناریوی افزایش قیمت حامل های انرژی، این هزینه ۲۳ درصد کاهش یافته و به حدود ۱۰ درصد GDP رسیده است

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، پیشنهاد می شود که سیاستگذاران حوضه انرژی و محیط زیست برای کاهش هزینه های تخریب ناشی از انتشار آلاینده ها، قیمت حامل هایی که سبب انتشار آلاینده های هوا با هزینه تخریب بالا می شوند (مانند نفت کوره و گازوییل) را بیشتر از بقیه حامل ها افزایش دهند و همچنین برای اثربخشی بیشتر این سیاست، این افزایش قیمت را در فعالیت هایی که مقدار آلاینده زایی مطلق بالایی دارند، مانند فعالیت های حمل ونقل جاده ای و برق، تا اندازه ممکن، بیش از بقیه اعمال کنند؛ زیرا این اقدام به احتمال زیاد سبب رو آوردن این فعالیت ها به جایگزینی سوخت های دیگر می شود که با توجه به هدف اولیه اعمال سیاست، سبب انتشار آلاینده های کم هزینه تر می گردد. از طرف دیگر، از آنجا که با افزایش قیمت حامل های انرژی، میزان تولید فعالیت ها کاهش می یابد، توصیه می شود که دولت با وجوه درآمدی حاصل از افزایش قیمت حامل ها، در انرژی های پاک و افزایش بهره وری انرژی، سرمایه گذاری کند تا ضمن کاهش مصرف انرژی، کاهش تولید قبلی را هم جبران نماید.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

منابع و مآخذ

آسیایی، محمد؛ خیابانی، ن. و موسوی، ب. (۱۳۹۱). بررسی اثرات زیست محیطی حذف یارانه حامل های انرژی در بخش صنعت؛ *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، شماره۴ ، سال اول.

اخباری، محمد (۱۳۸۱). محاسبه آلاینده زایی مصارف نهایی خانوارها با استفاده از تحلیل جدول داده-ستانده زیست محیطی سال ۱۳۷۸؛ دومین همایش کاربرد تکنیک های داده-ستانده، تهران.

اسدی، مرتضی (۱۳۸۷). هزینه خسارات آلودگی هوا و ضرورت اجرای مالیات سبز؛ *فصلنامه تخصصی مالیات*، شماره سوم، ۳۴۵-۱۹۹.

پوراصغرسنگاچین، فرزام (۱۳۸۹). مقایسه تحلیلی ابزارهای اقتصادی برای حفاظت از محیط زیست و پیشنهادهایی برای عملیاتی کردن آنها در برنامه توسعه کشور؛ *محیط زیست و توسعه*، سال اول، شماره۱، ۹۰-۷۳.

حسن زاده، محمد (۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل آثار بحران مالی جهانی بر رفاه خانوارها در دهکهای درآمدی مختلف، رساله دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس.

حسینی نسب، ابراهیم و حاضری نیری، هاتف (۱۳۹۱) تحلیل تعادل عمومی محاسبه پذیر اثر اصلاح یارانه حاملهای انرژی بر تورم و تولید ناخالص داخلی؛ *فصلنامه پژوهشهای رشد و توسعه اقتصادی*، سال دوم، شماره ۷.

خوشکلام خسروشاهی، موسی (۱۳۹۳). بهنگام سازی جدول داده-ستانده، ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگو و کاربردهای آن در سیاستگذاری اقتصادی-اجتماعی،آشنایی با مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه و بررسی مقایسه ای با سایر مدلها. تهران: مرکز پژوهشهای مجلس شورای اسلامی.

خیابانی، ناصر (۱۳۸۷) یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حاملهای انرژی در ایران؛ *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال پنجم، شماره ۱.

دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی کشور، ترازنامه انرژی سالهای ۹۱-۱۳۸۵، وزارت نیرو.

دفتر مطالعات اقتصادی (۱۳۹۱). بهنگام سازی جدول داده-ستانده، ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگوی CGE و کاربردهای آن در سیاستگذاری اقتصادی-اجتماعی، پایه های آماری ماتریس حسابداری اجتماعی ۱۳۸۵؛ مرکز پژوهشهای مجلس شورای اسلامی.

ذاکری، زهرا (۱۳۹۳). ضرورت توجه به محیط زیست در قانون هدفمندی یارانه ها: بررسی میزان انتشار مستقیم و غیر مستقیم CO2؛ مرکز پژوهشهای مجلس شورای اسلامی.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

شیعه بیگی، اندیشه؛ عباسپور، مجید؛ سلطانیه، محمد؛ حسین زاده لطفی، فرهاد و عابدی زهرا (۱۳۹۳). ارزیابی تغییر اقلیم و پیش بینی اثر آن بر عملکرد و مصرف سوخت نیروگاه های حرارتی ایران در دهه آینده؛ *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره ۱۶، شماره ۶۱.

طاهری، احسان (۱۳۹۴). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر اقتصاد ایران با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)؛ پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه تربیت مدرس.

طیب نیا علی و فولادی معصومه (۱۳۸۸). بررسی آثار افزایش قیمت های جهانی بر سطح قیمت های داخلی، تراز تجاری و نرخ ارز، با استفاده از یک مدل تعادل عمومی محاسبه ای؛ *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۸۹: ۱۸۴-۱۵۷.

طیبی، سید کمیل و مصری نژاد، شیرین (۱۳۸۵). روش شناسی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)، تئوری و کاربرد؛ *فصلنامه اقتصاد مقداری*، سال سوم، شماره ۱.

عتابی، فریده؛ کرباسی، عبدالرضا و والیزاده معجزی، فرناز (۱۳۸۶). بررسی تأثیر یارانه انرژی بر انتشار آلاینده های هوا در بخش حمل و نقل در ایران؛ *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره نهم، شماره ۳.

علی پور، علیرضا؛ موسوی، سیدحبیب اله و خلیلیان، صادق (۱۳۹۳). ارزیابی هزینه انتشار گاز گلخانه ای کربن دی اکسید حاصل از توسعه بخش کشاورزی ایران؛ *مجله اقتصاد کشاورزی*، شماره ۱: ۸۱-۶۳.

کارگری، نرگس و مستوری رضا (۱۳۹۰). کمی سازی اثرات انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای در چرخه حیات یک نیروگاه چرخه طبیعی؛ *نشریه انرژی ایران*، شماره ۴، دوره ۱۴.

مبرقعی دینان، نغمه و نعیمی فر، افسانه (۱۳۹۰). بررسی تأثیر هزینه های ناشی از آلودگی هوا در تعیین کارآمدترین بخشهای اقتصادی-زیست محیطی در فرایند توسعه صادرات؛ *فصلنامه محیط شناسی*، سال سی و هفتم، شماره ۵۹.

مقیمی، مریم و همکاران (۱۳۹۰). بررسی آثار رفاهی و زیست محیطی مالیات سبز و کاهش یارانه سوخت در ایران با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه؛ *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، سال نوزدهم، شماره ۷۵.

منظور، داود و حقیقی، ایمان (۱۳۹۰). آثار اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در ایران: مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر؛ *محیط شناسی*، سال سی و هفتم، شماره ۶۰: ۱۲-۱.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

موسوی، میرحسین؛ برزگر، نرگس و معمارزاده، عباس (۱۳۹۳). برآورد قیمت سایه ای آلاینده های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت های فسیلی در بخش های اقتصادی (مطالعه موردی: استان تهران)؛ *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره شانزدهم، شماره ۴.

هراتی، جواد و همکاران (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل خسارت‌های رفاهی ناشی از آلودگی‌های زیست محیطی در ایران (با رویکرد دینامیک سیستم)؛ *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال چهاردهم، شماره ۴: ۱۴۷-۱۱۳.

Bosellot, F.; Eboli, F.; and Pierfederici, R. (2012). Assessing the Economic Impacts of Climate Change, An Updated CGE Point of View; Linking Impact Assessment Instruments to Sustainability Expertise.

Bretschger, L.; Ramer, R. and Schwark, F. (2011). Growth Effects of Carbon Policies: Applying a Fully Dynamic CGE Model with Heterogeneous Capital; *Resource and Energy Economics*, 33: 963-980.

Dai, H.; Masui ,T.; Matsuoka, Y. and Fujimori , S. (2011). Assessment of China's Climate Commitment and Non-fossil Energy Plan Towards 2020 Using Hybrid AIM/CGE Model; *Energy Policy*: 2875- 2887.

Department of Environment, National Climate Change Office, United Nation Development Program (2010). Second National Communication to United Nation Framework Convention on Climate Change; Tehran .

Dixon, J.; Scura, L.; Carpenter, R., & Sherman, P. (2013). Economic Analysis of Environmental Impacts; Routledge.

Fujimori, S.; Masui,T. and Matsuoka, Y. (2012). AIM/CGE [Basic] Manual; Center for Social and Environmental Systems Research, Discussion Paper Series .

Hill, M. (1999). Green Tax Reforms in Sweden: The Second Dividend and the Cost of Tax Exemptions; The Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm: Beijer Institute of Ecological Economics, Discussion Paper, 119: 43.

Hosoe, N.; Gasawa, K. and Hashimoto, H. (2010). Textbook of Computable General Equilibrium Modelling: Programming and Simulations; Printed and Bound in Great Britain by CPI Antony Rowe, Chippenham and Eastbourne.

IEA (2015). World Energy Outlook.

Lecca, P.; Swales, K., & Turner, K. (2011). An Investigation of Issues Relating to Where Energy Should Enter the Production Function; *Economic Modelling*, 28: 2832-41.

Lofgren, H.; Harris, R.L. and Robinson, S. (2003). Exercises in General Equilibrium Modeling Using GAMS, Microcomputers in Policy Research (Vol. 4a): Washington D.C. International Food Policy Research Institute.

Manne, A.S. and Richels, R.G. (2005). MERGE: an Integrated Assessment Model for Global Climate Change Energy and Environment (pp. 175-189): Springer.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]

Matsumoto, K. and Masui, T. (2010). Economic Impacts to Avoid Dangerous Climate Change using the AIM/CGE Model; *Proceedia Environmental Sciences*: 162-168.

Ochuodho, T.O.; Lantz, V.A.; Lloyd-Smith, P. and Benitez, P. (2012). Regional Economic Impacts of Climate Change and adaptation in Canadian forests: A CGE Modeling Analysis; *Forest Policy and Economics*: Vol. 25, 100-112.

Rutherford, T.F. (1999). Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax; *Computational Economics*, 14 (1-2): 1-46.

Sadeghi, H.; Assari, A. and Taheri, E. (2015). Analyzing The Obstacles and Soloutions of Green Growth Using Computable General Equilibrium Model; 2th. International E-Conference on Green Economics.

Second National Communication to United Nation Framework Convention on Climate change (N.C.C.O) (2010). National Climate Change Office at Department of Environment. Tehran.

Sumi, A., Fukushi, K. and Hiramatsu, A. 2010. Adaptation and Mitigation Strategies for Climate Change: Springer.

Tol, R.S. (2009). The Economic Effects of Climate Change. *Journal of Economic Perspectives*: Vol. 23, 2, 29-51.

Wing, I.S. (2007). Computable General Equilibrium Models for the Analysis of Energy and Climate Policies; Prepared for the International Handbook of Energy Economics.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.3.7]