

محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۶۰، زمستان ۹۰، صفحه ۱-۱۲

## آثار اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در ایران؛ مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر

داود منظور<sup>۱\*</sup>، ایمان حقیقی<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه امام صادق (علیه السلام)

۲- دانشجوی دکتری اقتصاد پژوهشگاه حوزه و دانشگاه، ihaqiqi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۳

### چکیده

سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی از یک سو به کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی منجر می‌شود و از سوی دیگر باعث افزایش هزینه‌های تولید و مخارج مصرفی می‌شود که تولیدکنندگان را به بهبود فناوری تولید تشویق کرده، خانوارها را به اصلاح الگوی مصرف ترغیب می‌کند. این تغییرات بر سطح انتشار آلاینده‌ها تأثیر می‌گذارد. هدف از این تحقیق محاسبه میزان تغییر در انتشار سالانه آلاینده‌های زیست‌محیطی، در اثر اصلاح قیمت‌های انرژی در ایران است. در این مطالعه یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر طراحی شده است که مشتمل بر ۷ حامل انرژی (برق، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، نفت سفید، نفت کوره، گازوییل) و ۷ آلاینده ( $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $CH_4$ ,  $SPM$ ,  $NO_x$ ) است. مدل تحقیق بر اساس ماتریس داده‌های خرد سال ۱۳۸۰ وزارت نیرو کالیبره شده است. در این تحقیق، به منظور تحلیل حساسیت انتشار آلاینده‌ها نسبت به چگونگی تغییرات فناوری تولید، سعی شده است نحوه تغییر فناوری در قالب سناریوهای مختلف کشتش‌جانشینی بین حامل‌های انرژی نیز شبیه‌سازی شود. نتایج نشان می‌دهد در سناریوهای مختلف اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، انتشار اغلب آلاینده‌ها کاهش یافته است. لیکن در مورد  $CO$  و  $CH$  بنا به چگونگی تغییر فناوری تولید پس از افزایش قیمت، ممکن است انتشار این دو آلاینده با کاهش یا افزایش مواجه شود. کاهش در سطح انتشار دی‌اکسیدکربن  $CO_2$  بین ۹٪ تا ۱۶٪ محاسبه شده است.

### کلید واژه

انتشار آلاینده‌ها، فناوری مصرف انرژی، مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE)، ماتریس داده‌های خرد (MCM)

### سر آغاز

شدند که انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را طی دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ حداقل ۵ درصد در مقایسه با سطح آن در دهه ۱۹۹۰ کاهش دهند (IEA, OPEC, OECD, 2010). از دیگر تلاش‌های جهانی صورت گرفته برای کاهش آلودگی می‌توان از طرح تغییر آب و هوای کانادا<sup>۲</sup> و همچنین سیستم مبادله انتشار در اتحادیه اروپا<sup>۳</sup> نام برد. داده‌های آماری نشان می‌دهند ایران در سال ۲۰۰۷ رتبه دهم دنیا و رتبه اول خاورمیانه را در انتشار دی‌اکسیدکربن به خود اختصاص داده است (WDI, 2008). این سطح انتشار از یک سو متأثر از سطح مصرف حامل‌های انرژی فسیلی و از سوی دیگر ناشی از تکنولوژی بهره‌برداری از انرژی است. از این رو سیاست‌گذاری برای کنترل انتشار آلاینده‌ها مستلزم توجه به دو متغیر سطح مصرف انرژی و فناوری استفاده است. نظریه‌های اقتصادی و تجربه عینی نشان داده است که از مهمترین عوامل تعیین‌کننده و

مطالعات دو دهه اخیر همبستگی بالایی بین افزایش گازهایی چون متان و دی‌اکسیدکربن و دمای جو زمین نشان داده‌اند. بر اساس مطالعات انجام شده پیش‌بینی می‌شود که دو برابر شدن حجم دی‌اکسیدکربن در جو اطراف زمین منجر به افزایش در حدود ۱/۵ تا ۴/۵ درجه سلسوس در دمای سطح زمین طی ۵۰ سال آینده شود (Abler, et al., 1999). این پدیده که تحت عنوان گرم شدن زمین از آن یاد می‌شود، به تهدیدی جدی برای جو زمین به حساب می‌آید و انتظار می‌رود آثار شدیدی را بر کل اکوسیستم زمین (شامل منابع آب، کشاورزی، منابع غذایی و سلامت انسان) به همراه داشته باشد. نظر به اهمیت و پیامدهای گسترده این پدیده، راهبردهای متعددی برای کاهش این آثار اتخاذ کرده‌اند. برای نمونه در سال ۱۹۹۷ و بر طبق پیمان کیوتو<sup>۱</sup>، تعدادی از کشورهای صنعتی متعهد

چشمگیری در قیمت نسبی آنها ایجاد می‌کند. به این ترتیب براساس نظریه اقتصادی و همچنین تجربه سایر کشورها انتظار این است که جانشینی انرژی به سمت استفاده بیشتر از بنزین اتفاق بیفتد. با توجه به انتشار CO بیشتر در مصرف بنزین نسبت به گازوئیل، احتمال افزایش در انتشار آن وجود دارد. در این تحقیق به بررسی دقیق تر این موضوع خواهیم پرداخت.

به این ترتیب، هدف از انجام این تحقیق، ترسیم برخی از پیامدهای زیست محیطی ناشی از اصلاح قیمت‌های انرژی در کشور است. این پیامدها در قالب کاهش، یا افزایش میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی بیان خواهد شد. در نتیجه، مسئله این تحقیق آن است که با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی در کشور، انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی چه مقدار تغییر می‌کند؟ با توجه به این که انتشار آلاینده‌ها در مصرف هر کدام از انرژی‌های فسیلی برای هر بخش متفاوت است، پاسخ به این سوال چگونه ممکن است؟

برای پاسخ به این سؤال لازم است تغییر در مصرف هر یک از حامل‌های انرژی به تفکیک بخش‌های اقتصادی محاسبه شود. لیکن در هر یک از بخش‌های اقتصادی، میزان تغییر تقاضای هر حامل انرژی، اولاً ناشی از جانشینی با سایر حامل‌های انرژی است و ثانیاً ناشی از تغییر فعالیت و مقیاس تولید هر بخش است. در نتیجه برای پاسخ دقیق تر، لازم است از روش‌هایی استفاده شود که توانایی محاسبه آثار مقیاس و آثار جانشینی را داشته باشند.

رویکرد تعادل عمومی محاسبه‌پذیر<sup>۵</sup> قادر است با لحاظ آثار مستقیم و غیرمستقیم و همچنین آثار مقیاس و آثار جانشینی یک سیاست، تحلیل دقیق تری از نتایج و پیامدهای سیاست‌های اقتصادی ارائه دهد. بنابراین در محافل علمی معمولاً اثر اصلاح قیمت‌های انرژی بر متغیرهای اقتصادی و زیست محیطی، در قالب این الگو بررسی می‌شود (Weyant, 1985).

در این تحقیق نیز با طراحی یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر و تبیین رابطه انتشار آلاینده‌ها و مصرف انرژی‌های فسیلی، آثار سناریوهای مختلف اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌ها بررسی خواهد شد.

در ادامه این نوشتار ابتدا به بررسی ادبیات موضوع پرداخته و نوآوری‌های تحقیق پیش‌رو بیان می‌شود. سپس به ساختار لایه‌ای روابط اصلی مدل اشاره شده و در نهایت آثار زیست محیطی ناشی از اصلاح قیمت‌های انرژی بررسی می‌شود.

مؤثر بر این دو متغیر، قیمت اسمی و قیمت نسبی انرژی است (Schmitz, 2001). وضع مالیات کربن و سیاست‌های قیمتی انرژی افزون بر اینکه بر شاخص‌های رفاه، تولید، تورم، صادرات و واردات تأثیرگذارند، به طور مشخص بر متغیرهای زیست محیطی نیز مؤثر خواهند بود.

مطالعات تجربی نشان داده‌اند با افزایش قیمت حامل‌های انرژی در کشور، سطح مصرف حامل‌های انرژی تغییر می‌کند و همچنین فناوری استفاده از انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (شاهمرادی و دیگران، ۱۳۸۸).

با توجه به این که انرژی‌های فسیلی عامل اصلی انتشار آلاینده‌های زیست محیطی هستند، پیش‌بینی می‌شود که انتشار این آلاینده‌ها نیز پس از اصلاح قیمت‌های انرژی با تغییر مواجه شود. اما از آنجا که قیمت‌های نسبی انرژی تغییرات شدیدی خواهد داشت، نظریه اقتصادی و تجربه سایر کشورها احتمال جانشینی برخی از حامل‌ها و افزایش مصرف آنها را پررنگ می‌کند.

در این صورت امکان افزایش در انتشار برخی از آلاینده‌ها وجود خواهد داشت. پدیده تغییر الگوی تقاضای حامل‌های انرژی که جانشینی بین سوخت‌ها<sup>۴</sup> نیز نامیده می‌شود، ناشی از تغییر فناوری به سمت استفاده از انرژی‌هایی است که با افزایش کمتری در قیمت مواجه هستند.

چگونگی تغییر در قیمت نسبی حامل‌های انرژی نقش تعیین کننده‌ای در وقوع این پدیده دارد. این پدیده در اغلب کشورهای دنیا به نوعی تجربه شده است؛ برای نمونه می‌توان به وقوع جانشینی گازوئیل به جای بنزین در مالزی (Ben, 1986) و جانشینی برق به جای گازوئیل در ترکیه و اندونزی (Hope, 1995) اشاره کرد. اما نکته مهم آن است که ضرایب انتشار آلاینده‌ها در مورد هر حامل انرژی متفاوت است.

از این‌رو، جانشینی بین سوخت‌ها و تغییر ترکیب مصرف سوخت ممکن است ترکیب کلی انتشار آلاینده‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Singh, 2010; US Congress, 1990).

اصلاح قیمت‌های انرژی در ایران قیمت‌های نسبی حامل‌های انرژی را تغییر می‌دهد. برای نمونه در یکی از سناریوهای پیشنهادی قیمت بنزین از ۱۰۰۰ ریال به ۴۰۰۰ ریال افزایش یافته است؛ و همزمان افزایش قیمت گازوئیل از ۱۶۵ ریال به ۳۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. در این سناریو، افزایش قیمت بنزین ۳۰٪ و افزایش قیمت گازوئیل در حدود ۲۰۲۱٪ خواهد بود که تغییر

## سابقه و ادبیات تحقیق

توسعه سیاست‌های زیست‌محیطی نیاز به مدل‌هایی برای پیش‌بینی آثار سیاست‌ها و ارزیابی آنها دارد. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات زیادی با استفاده از الگوهای مختلف در این زمینه شکل گرفته است که نمونه‌ای از رایج‌ترین مدل‌ها در این زمینه، مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر هستند.

به نظر می‌رسد استفاده از مدل‌های تعادل عمومی برای تحلیل سیاست‌های انرژی و آثار این سیاست‌ها بر اقتصاد از مدل Jorgenson و Hudson در سال ۱۹۷۴ آغاز شد (Jorgenson & Hudson, 1974).

پس از آن و از ابتدای دهه ۹۰ مدل‌سازی تعادل عمومی به عنوان ابزاری قدرتمند به طور گسترده برای تحلیل سیاست‌های زیست‌محیطی و مباحث مدیریت منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است (Bhattacharyya, 1996). در حالی که مدل‌های تعادل عمومی اولیه غالباً "مدل‌های والرایی"<sup>۶</sup>، ایستا، ساده و محدود به یک کشور بودند، مدل‌های اخیر تا حد زیادی پویا و دربردارنده چند کشور و حتی با ابعاد جهانی‌کنند.

در مدل‌های تعادل عمومی زیست‌محیطی، با توجه به در نظر گرفتن کشورهای مختلف و با عنایت به پویا بودن تحلیل‌ها، امکان بررسی پدیده‌های زیست‌محیطی مانند تغییر دما و باران‌های اسیدی بخوبی فراهم می‌شود.

در ابتدای دهه ۹۰ تمرکز مطالعات از مسایل مرتبط با عرضه انرژی به آثار خارجی استفاده از انرژی مخصوصاً سوخت‌های فسیلی منتقل شد. یکی از معروف‌ترین این مدل‌ها مدل مشهور GREEN<sup>۷</sup> است که با OECD<sup>۸</sup> برای تحلیل مباحث سیاستی تغییر دمایی در مقیاس جهانی طراحی کرده است (Lee & Martin, 1994). مدل‌های تعادل عمومی مورد استفاده در تحلیل مسائل زیست‌محیطی بنا به موضوع بررسی و همچنین سیاست‌های تحلیل شده متفاوت هستند. برخی موضوعات زیست‌محیطی، مسائل محلی<sup>۹</sup> و مربوط به مکان مشخص<sup>۱۰</sup> هستند، که از جمله می‌توان به کیفیت هوا و مسایل آلودگی صوتی در مناطق شهری و در نزدیکی مناطق و تاسیسات صنعتی اشاره کرد.

با این حال، بیشتر مسائل زیست‌محیطی معمولاً آثار گسترده روی تخصیص منابع در کل کشور یا حتی اقتصاد جهانی دارند؛ به عنوان مثال، باران‌های اسیدی که مربوط به انتشار سولفور و اکسید نیتروژن است مربوط به آب و هوای کره زمین است؛ یا تغییرات

دمای کره زمین که مربوط به خروج دی‌اکسیدکربن و گازهای گلخانه‌ای است. در هر کدام از این مسایل کاهش زیاد انتشار آلودگی برای حفاظت محیط زیست لازم است. مدل‌های زیست‌محیطی مرتبط با مسایل تغییرات دمای زمین و باران اسیدی با مساله آثار خارجی<sup>۱۱</sup> و سیاست‌هایی با هدف درونی کردن<sup>۱۲</sup> آثار خارجی سروکار دارند.

افزون بر این، در اقتصادهایی که وابسته به منابع طبیعی مثل جنگل‌ها، ماهیگیری، زمین‌های کشاورزی یا چراگاه هستند، تغییرات در مدیریت منابع طبیعی ممکن است آثار گسترده اقتصادی داشته باشد، مدل‌های تعادل عمومی قادر به توضیح و روشن‌سازی و کمی کردن این آثار هستند (Bergman & Henrekson, 2003).

از جهت سیاست‌های زیست‌محیطی مورد تحلیل، مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر بیشتر بر ارزیابی دو دسته از ابزارهای سیاست‌گذاری متمرکز شده‌اند:

دسته اول ابزارهای مبتنی بر بازار شامل مالیات‌ها، یارانه‌ها و مجوزها می‌باشند و دسته دوم شامل ابزارهای دستوری - نظارتی<sup>۱۳</sup> مانند وضع استانداردها، وضع مقررات دولتی و الزام به استفاده از بهترین فناوری‌های موجود است.

بیشترین کاربرد از مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر به ارزیابی مالیات‌های طراحی شده برای کاهش آلاینده‌ها مثل دی‌اکسیدسولفور (SO<sub>2</sub>)، دی‌اکسیدکربن (CO<sub>2</sub>) و اکسید نیترو (NO<sub>x</sub>) برمی‌گردد. تعداد کمی از مطالعات صورت گرفته با استفاده از الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر به بررسی آثار اقتصادی تغییر و تحولات زیست‌محیطی پرداخته‌اند. البته در برخی از مطالعات انجام شده، آثار تغییرات زیست‌محیطی از طریق تغییرات مشخصه‌های تابع تولید مثل انباشت سرمایه، بهره‌وری و امکان جانشینی مورد بررسی قرار گرفته است (Abler, et al., 1999).

## مدل‌های تعادل عمومی محیط زیست در ایران

هرچند مسائل اقتصاد محیط زیست در کشور در مطالعات متعدد مورد بررسی قرار گرفته است، اما مسئله بررسی تغییرات انتشار آلاینده‌ها با کمک مدل تعادل عمومی کمتر مورد توجه بوده است. نزدیکترین مطالعات انجام شده، از روش داده-ستانده بهره گرفته‌اند.

فرامرزی (۱۳۸۶) در رساله کارشناسی ارشد خود با کمک یک الگوی داده-ستانده به بررسی تأثیر تقاضای نهایی انرژی بر آلودگی هوا پرداخته است. اخباری (۱۳۸۱) نیز با کمک الگوی داده-ستانده

در این الگو، بر خلاف تحلیل داده-ستانده که هر بخش فقط یک محصول عرضه می‌کند، امکان تولید بیش از یک کالا به وسیله یک بخش و همچنین امکان تولید یک کالا به وسیله چندین بخش نیز امکان‌پذیر است. برای بخش‌هایی که چند محصول تولید می‌کنند از ساختار توابع کشش تبدیل ثابت<sup>۱۴</sup> بین محصولات بهره گرفته‌ایم. این مدل انتشار ۷ آلاینده را بر اساس ضریب انتشار هر آلاینده شبیه‌سازی می‌کند.

توابع لایه‌ای با کشش جانشینی ثابت<sup>۱۵</sup> (NCES)، چگونگی ترکیب نهاده‌ها و تولید محصول را نشان می‌دهند. نهاده‌های تولید عبارتند از سرمایه K، نیروی کار L، انرژی E (۷ حامل انرژی) و مواد واسطه M (۲۹ طبقه کالایی)، که در مدل‌های تعادل عمومی به اختصار به صورت KLEM نشان داده می‌شود؛ این نهاده‌ها در لایه‌های ارزش افزوده (شامل سرمایه و نیروی کار)، لایه انرژی (ترکیب برق و سایر حامل‌های انرژی) و لایه سایر نهاده‌های واسطه طبقه‌بندی می‌شوند (Jensen & Tarr, 2002).

این نهاده‌ها با فرم تابع NCES بین نهاده‌ها، ساختار هزینه‌ای هر بخش یا فعالیت تولیدی را نشان می‌دهند. عوامل تولید شامل نیروی کار، درآمد مختلط، مازاد عملیاتی و سرمایه خاص بخش (در مورد انرژی) است، که با توجه به تقسیمات ماتریس داده‌های خرد<sup>۱۶</sup> یا MCM (شاهمرادی و دیگران، ۱۳۸۸) در مدل لحاظ شده‌اند. دولت و خانوارها، نهاده‌های اصلی مدل هستند.

نهاده‌ها عرضه‌کننده نیروی کار و سرمایه هستند. در مدل ایستا، عرضه کار و سرمایه به صورت برونزا تعیین می‌شود. خانوارها نیز به تفکیک شهری و روستایی طبقه‌بندی می‌شوند و مخارج خانوارها از محل مصرف کالای مرکب انرژی و کالای مرکب غیر انرژی می‌باشد. هر کالای مرکب یک ترکیب CES از کالاهای مرتبط است.

### ساختار انتشار آلاینده‌ها

مصرف انرژی‌های فسیلی منجر به انتشار آلاینده‌های زیست محیطی می‌شود. اما سطح انتشار هر آلاینده در مورد هر حامل انرژی متفاوت است. افزون بر این در مورد بخش‌های تولیدی مختلف نیز سطح انتشار متفاوت است. از این رو لازم است انتشار هر آلاینده در هر بخش و در مورد هر حامل انرژی به صورت مجزا محاسبه شود. به عبارت دیگر برای هر بخش تولیدی و همچنین برای هر یک از خانوارها، ۴۲ کانال مختلف (۶ حامل انرژی در ۷ آلاینده) برای انتشار آلاینده‌ها مورد محاسبه قرار گرفته است.

به تحلیل آلاینده‌زایی مصارف خانوارها پرداخته است. همچنین با کمک الگوی داده-ستانده سیاست‌های زیست‌محیطی در کشور را مورد بررسی قرار داده است (Manzoor, 2005).

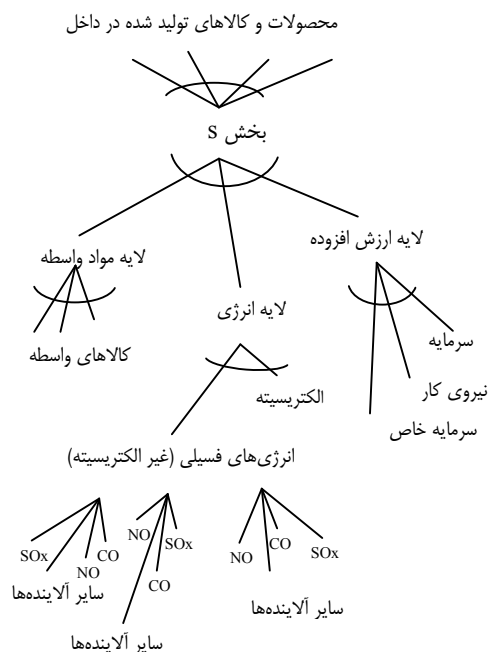
ترابی و وارثی (۱۳۸۸) نیز با همین روش آلاینده‌گی زیست محیطی صنایع کشور را تحلیل کرده‌اند. اما الگوهای داده-ستانده نه فقط آثار جانشینی را لحاظ نمی‌کنند بلکه بر مبنای فرض «ثبات برخی شرایط اقتصادی» عمل می‌کنند که به دلیل برونزا فرض کردن برخی از متغیرها، از دقت پیش‌بینی‌ها می‌کاهد. بنابراین الگوهای تعادل عمومی مطرح شده‌اند که آثار مستقیم و غیرمستقیم سیاست‌ها را بر انتشار آلاینده‌ها به صورت درونزا شبیه‌سازی می‌کنند. معین نعمتی (۱۳۸۶) در رساله دکتری خود آثار اقتصادی و زیست‌محیطی وضع مالیات بر کربن را در قالب یک الگوی تعادل عمومی بررسی کرده است. در این مطالعه عرضه کار درونزا بوده و دو بخش کلی انرژی و غیرانرژی مدل‌سازی شده‌اند. آلودگی هوا، رفاه، بیکاری و تورم از متغیرهای مورد بررسی هستند.

اما تحقیق حاضر از چند جهت نسبت به مطالعات انجام‌شده دارای نوآوری است. در تحقیق حاضر کانال‌های انتشار آلاینده‌ها با دقت بالایی شبیه‌سازی شده‌اند. از یک سو حامل‌های انرژی به تفکیک مدل‌سازی شده و از سوی دیگر، ضرایب انتشار آلاینده‌ها به تفکیک بخش‌های مختلف و به تفکیک حامل‌های انرژی در مدل وارد شده‌اند. همچنین در تحقیق حاضر علاوه بر پیش‌بینی نقطه‌ای سطح انتشار، محدوده تغییرات سطح انتشار به صورت بازه‌های مشخص و بر اساس سناریوهای تغییر فناوری پیش‌بینی شده‌اند. افزون بر این سعی شده نتیجه افزایش مرحله به مرحله قیمت حامل‌های انرژی نیز تحلیل شود.

### روش و داده‌ها

این تحقیق سعی دارد مدل چندبخشی اقتصاد مربوط به مطالعه منظور و همکاران (۱۳۸۸) را با مدل انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی تلفیق کند. میزان مصرف حامل‌های انرژی به تفکیک بخش‌های اقتصاد از مدل تعادل عمومی به دست می‌آید و سپس در مدل محیط زیست سطح انتشار آلاینده‌ها محاسبه می‌شود. در مدل طراحی شده، کلیه بخش‌های اقتصاد در ۴ بخش مرتبط با انرژی، ۱۱ بخش انرژی‌بر و ۳ بخش کمتر انرژی‌بر بیان شده‌اند؛ این بخش‌ها، عرضه‌کننده کالاها و خدمات هستند که این کالاها مشتمل بر ۷ حامل انرژی است (برق، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، نفت سفید، نفت کوره، گازوییل).

جانشین در نظر گرفته شده است. ساختار تولید را می‌توان به صورت شکل شماره ۲) نشان داد.



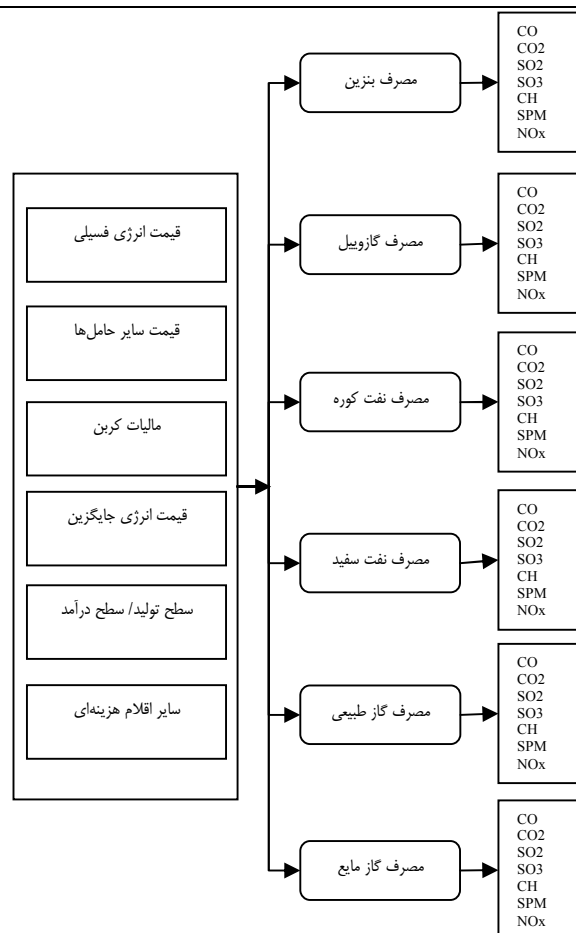
شکل شماره ۲) ساختار تولید در مدل تحقیق

(منبع: منظور و همکاران، ۱۳۸۹)

در مدل تحقیق حاضر سعی شده است اثر انتخاب فرم‌های تابعی مختلف در روابط ریاضی مرتبط با هر ساختار لایه‌ای نیز بیان شود. از آنجا که بیان روابط ریاضی مربوط به هر یک از این فرم‌ها، باعث طولانی شدن بحث می‌شود، صرفاً به ذکر یک نمونه از این روابط اکتفا شده است.

برای هر یک از بخش‌های تولیدی ساختار لایه‌ای مذکور به صورت رابطه ریاضی ذیل بیان می‌شود که در آن برای ترکیب برق و سایر انرژی‌های فسیلی از فرم تابعی کاب داگلاس، برای ترکیب ارزش افزوده، انرژی و مواد واسطه در لایه اول از فرم تابعی لئونتیف و برای ترکیب عناصر هر لایه از فرم تابعی CES استفاده شده است.

در این روابط سهم نهاده‌های تجمیع شده با  $\alpha$  و سهم هر نهاده در هر لایه با  $\theta$  بیان شده است. همچنین متغیرهای  $ps_i, p_j, p_e, w_f$  به ترتیب نشان‌دهنده قیمت عوامل تولید، قیمت داخلی حامل‌های انرژی، قیمت داخلی غیرانرژی و قیمت تولیدکننده هستند. همچنین



شکل شماره ۱) عوامل مؤثر بر انتشار آلاینده‌ها در بخش نمونه

انتشار آلاینده‌ها بسته به ضرایب انتشار در بخش‌ها و بر اساس مصرف حامل‌های انرژی در هر بخش و بر اساس رابطه (۱) تعریف شده است:

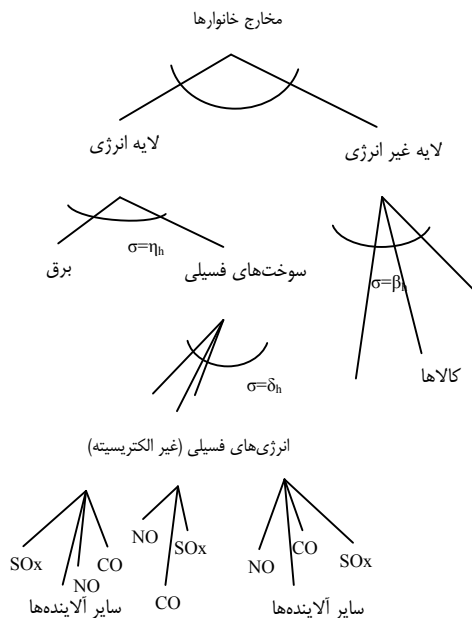
$$E_m = \sum_{en} \sum_s ef_{s,en}^m \cdot d_{s,en} + \sum_{en} \sum_h ef_{h,en}^m \cdot d_{h,en} \quad (1)$$

که در آن  $d$  نشانگر تقاضای انرژی و  $ef$  ضریب انتشار مربوط به هر حامل انرژی  $en$  برای هر آلاینده  $m$  و در هر بخش  $s$  یا هر نهاد  $h$  است.

### ساختار تولید

تولیدات با استفاده از کالاهای واسطه‌ای غیرانرژی، کالاهای انرژی و نهاده‌های اولیه انجام می‌گیرند. در تمامی این بخش‌ها شرط سود صفر برقرار است. یکی از نوآوری‌های تحقیق حاضر، تفکیک نحوه جانیشینی انرژی‌های فسیلی و الکتريسيته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود الکتريسيته، با انرژی‌های دیگر،

شرط توازن درآمد برای هر نهاد و خانوار بیان می‌شوند (Bohringer, 2006).



شکل شماره (۳): ساختار رضامندی و مخارج

(منبع: منظور و همکاران، ۱۳۸۹)

بلوک شرط سود صفر در بردارنده ساختار تولید است و نشان می‌دهد که درآمد حاصل از فعالیت بخش چگونه هزینه‌های نهاده‌های واسطه، عوامل تولید و انرژی را پوشش می‌دهد. بلوک تسویه بازار در بر دارنده توابع عرضه و تقاضای هر یک از کالاها و عوامل تولید است. برای تدوین روابط این بلوک لازم است هر بخش توابع عرضه هر کالا را تبیین کند. همچنین توابع تقاضای بخش‌ها و خانوارها از کالاها نیز مشخص می‌شود. در مورد بازار کار و سرمایه میزان عرضه به صورت برونزا تعیین می‌شود. عرضه و تقاضای کالاها و وارداتی و صادراتی نیز در این بلوک بیان می‌شود. در نهایت، بلوک توازن درآمد نشان می‌دهد که درآمدهای خانوارها و نهادها چگونه مخارج مصرفی و سرمایه‌ای آنها را پوشش می‌دهد. شرط توازن درآمد مستلزم آن است که تقاضای ایجاد شده در اقتصاد بر مبنای درآمد واقعی صورت پذیرد. با توجه به امکان انتخاب فرم‌های تابعی مختلف، امکان بیان همه معادلات در این نوشتار وجود ندارد. هر چند بیان ساختار لایه‌ای مبین روابط ریاضی مورد

بر نهاده‌های واسطه و مالیات بر عوامل، مالیات بر انرژی، مالیات بر ترتیب یارانه بر انرژی، مالیات بر نهاده‌های واسطه و مالیات بر محصول است.

در نهایت  $\lambda$  کشش جانشینی بین عوامل تولید،  $\beta$  کشش جانشینی بین کالاهای واسطه،  $\eta$  و  $\sigma$  کشش جانشینی بین حامل‌های انرژی و  $\tau$  کشش تبدیل بین محصولات مختلف بخش است. نماد  $m$  نیز مبین آلاینده‌هاست.

$$\pi_s = rev_s - [\alpha_{f,s}.va_s + \alpha_{en,s}.en_s + \alpha_{in,s}.in_s] \quad (2)$$

رابطه ریاضی لایه انرژی عبارت است از:

$$en_s = [\alpha_{el,s} [p_{el}(1 - se_{el})]^{1-\sigma_s} + \alpha_{ff,s} ff_s^{1-\sigma_s}]^{\frac{1}{1-\sigma_s}}$$

$$ff_s = [\sum_{en} \theta_{en,s} (P_{en}(1 + ef_{en,s}^m)(1 - se_{en}))^{1-\eta_s}]^{\frac{1}{1-\eta_s}} \quad (3)$$

همچنین رابطه ریاضی لایه ارزش افزوده را می‌توان این گونه نوشت:

$$va_s = [\sum_f \theta_{f,s} (w_f(1 + tw_{s,f}))^{1-\lambda_s}]^{\frac{1}{1-\lambda_s}} \quad (4)$$

به همین صورت رابطه ریاضی لایه مواد واسطه برابر است با:

$$in_s = [\sum_j \theta_{j,s} (p_j(1 + ti_{s,j}))^{1-\beta_s}]^{\frac{1}{1-\beta_s}} \quad (5)$$

در نهایت رابطه ریاضی لایه محصولات این گونه بیان می‌شود:

$$rev_s = [\sum_i \alpha_{i,s} (ps_i(1 - to_{i,s}))^{1-\tau_s}]^{\frac{1}{1-\tau_s}} \quad (6)$$

### ساختار مخارج و رفاه

بر اساس داده‌های ماتریس داده‌های خرد، مخارج خانوار را می‌توان در دو طبقه خلاصه کرد. هزینه حامل‌های انرژی و هزینه کالاها و خدمات غیر انرژی. برای مدل تعادل عمومی ساختار شکل شماره (۳) برای مخارج خانوار تدوین شده است. در این ساختار انرژی برق با سایر انرژی‌های جانشین در لایه انرژی ترکیب می‌شود. با توجه به ضرایب انتشار در بخش خانگی، مصرف حامل‌های انرژی منجر به انتشار آلاینده‌ها خواهند شد.

### سایر روابط

در مدل طراحی شده کلیه تعاملات خانوارها و بخش‌های اقتصادی کشور در قالب بازارها یا پرداخت‌های انتقالی صورت می‌گیرد. معادلات مدل در سه بلوک شرط سود صفر برای هر بخش، شرط تسویه بازار برای هر کالا، یا عامل تولید و در نهایت

بین انرژی‌های فسیلی و کشت جانشینی ۰/۱ بین لایه برق و لایه کشت‌های جانشینی مزبور بین ۰ تا ۰/۵ تغییر داده‌شده‌اند و نتایج بر اساس این مقادیر نیز برآورد شده است. تحلیل حساسیت نشان می‌دهد کاهش میزان انتشار NOx در محدوده ۱۴ درصد تا ۲۰ درصد خواهد بود. سناریوهای مختلف کشت جانشینی در جدول شماره (۲) بیان شده است.

### جدول شماره (۲): سناریوهای کشت جانشینی در لایه برق

#### و همچنین در لایه انرژی‌های فسیلی

سناریو	E00	E01	E02	E03	E04	E05
کشت جانشینی	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵

در این تحقیق پنج سناریوی مختلف برای افزایش قیمت انرژی در نظر گرفته شده است. قیمت‌های پایه با P0 و سایر نرخ‌های افزایش با P1 تا P5 نشان داده شده است. این سناریوها در جدول آتی بیان شده‌اند.

### جدول شماره (۳): سناریوهای افزایش قیمت حامل‌های

#### انرژی

	P0	P1	P2	P3	P4	P5
بنزین	۱۰۰۰	۱۲۸۰	۱۵۶۰	۱۸۴۰	۲۱۲۰	۲۴۰۰
گازمایع	۲۹	۱۹۱	۳۵۳	۵۱۶	۶۷۸	۸۴۰
گازوییل	۱۶۵	۴۳۲	۶۹۹	۹۶۶	۱۲۳۳	۱۵۰۰
نفت سفید	۱۶۵	۴۳۲	۶۹۹	۹۶۶	۱۲۳۳	۱۵۰۰
نفت سیاه	۹۵	۲۴۴	۳۹۳	۵۴۲	۶۹۱	۸۴۰
برق	۱۶۵	۲۴۰	۳۱۵	۳۹۰	۴۶۵	۵۴۰
گاز طبیعی	۱۲۰	۲۶۴	۴۰۸	۵۵۲	۶۹۶	۸۴۰

با افزایش مرحله‌ای در قیمت حامل‌های انرژی، نحوه تغییر سطح انتشار در فواصل قیمتی مختلف قابل بررسی است. همانطور که مشاهده خواهد شد، این تغییرات کاهنده بوده و در برخی موارد به تغییر روند می‌انجامد.

### نتایج اعمال سیاست اصلاح قیمت انرژی

نتایج حاصل از اصلاح قیمت انرژی نشان می‌دهد، انتشار سالانه آلاینده‌های زیست‌محیطی کاهش خواهد یافت اما تغییر در انتشار CO و CH به کشت‌های جانشینی بین حامل‌های انرژی یا به عبارتی به چگونگی تغییر در فناوری تولید بستگی دارد. برای نمونه در سناریوی P5 و با کشت‌های منتخب، میزان تغییر در انتشار CO در حدود ۲/۱۵+ و تغییر در انتشار CH در حدود ۰/۴۲- برآورد شده است، اما تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که با کشت‌های جانشینی متفاوت، ممکن است انتشار این دو آلاینده با

استفاده در این تحقیق است، لیکن سایر معادلات را می‌توان بر اساس مطالعه شاهمرادی و دیگران (۱۳۸۸) تبیین کرد.

### داده‌های مورد استفاده در تحقیق

مدل‌های تعادل عمومی معمولاً بر مبنای جدول داده-ستانده، یا ماتریس حسابداری اجتماعی بنا می‌شوند. در این تحقیق عمده اطلاعات لازم، از ماتریس داده‌های خرد سال ۱۳۸۰ استخراج شده است. برای مدل‌سازی تغییرات انتشار آلاینده‌ها، لازم است ضرایب انتشار آلاینده‌ها به تفکیک بخش‌های مختلف تولیدی همچنین به تفکیک حامل‌های انرژی موجود باشد. این داده‌ها از نرم‌افزار انرژی و محیط زیست از وزارت نیرو به دست آمده است.

مهمترین عناصر برونزا در مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر کشت جانشینی هستند. کشت‌های جانشینی به صورت برونزا در مدل تعادل عمومی لحاظ می‌شوند. مقادیر کشت‌های جانشینی بر اساس مطالعات انجام‌شده در ایران و همچنین با جمع‌بندی کشت‌های جانشینی از سایر مدل‌های تعادل عمومی و بیشتر بر اساس مطالعه شاهمرادی و دیگران (۱۳۸۸) گزینش شده است. کشت‌های جانشینی مورد استفاده به صورت جدول شماره (۱) اختیار شده است.

### جدول شماره (۱): مقادیر کشت‌های جانشینی مورد

#### استفاده در مدل

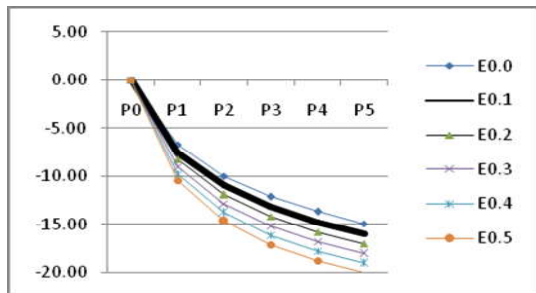
۰/۲	کشت جانشینی در لایه انرژی‌های فسیلی
۰/۱	کشت جانشینی در لایه الکتریسته
۱	کشت جانشینی صادرات و عرضه داخل
۳	کشت جانشینی واردات و تولیدات داخل
۰/۱	کشت جانشینی در لایه سایر نهاده‌های تولید
۱	کشت جانشینی در لایه ارزش افزوده

(منبع: منظور و همکاران، ۱۳۸۹)

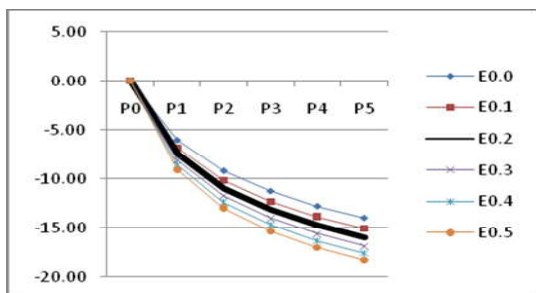
### یافته‌ها

مدل تحقیق حاضر دو دسته نتایج از هر سیاست ارائه می‌دهد. دسته اول نتایج، آثار هر سیاست بر اساس فروض تعیین‌شده و عناصر برونزا است. این نتایج یک برآورد نقطه‌ای از آثار هر سیاست را به نمایش می‌گذارند. دسته دوم نتایج، آثار هر سیاست در طیفی از مشخصه‌های برونزاست. این نتایج ناشی از تحلیل حساسیت مدل بوده و در نهایت یک محدوده از نتایج محتمل را نمایش می‌دهند. به عنوان مثال، نتایج مدل در شکل شماره (۴) نشان می‌دهد میزان انتشار NOx پس از اصلاح قیمت‌های انرژی در حدود ۱۶ درصد کاهش خواهد یافت. اما این نتایج بر اساس کشت جانشینی ۰/۲

نمودار شماره (۳) نشان می‌دهد در این مورد نیز هرچه امکان جانشینی با برق بیشتر باشد، انتشار با کاهش بیشتری مواجه می‌شود. بر اساس نمودار شماره (۴) نیز می‌توان نتیجه گرفت هر چه قابلیت جانشینی بین انرژی‌های فسیلی بیشتر باشد، سطح کاهش در انتشار بیشتر خواهد بود.

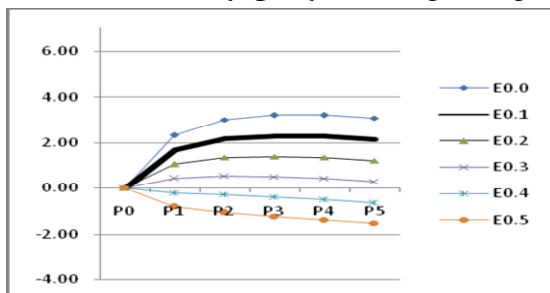


**نمودار شماره (۳): تغییر در انتشار SO2 با سناریوهای مختلف گشش در لایه برق (درصد)**



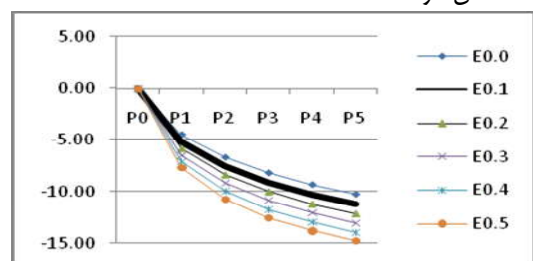
**نمودار شماره (۴): تغییر در انتشار SO2 با سناریوهای گشش در لایه فسیلی (درصد)**

اما در مورد دو آلاینده CO و CH نمی‌توان اظهار نظر دقیقی ارائه کرد. در مورد مونوکسید کربن محدوده نتایج بین ۳/۸۵- تا ۶/۷۴+ و در مورد CH محدوده نتایج بین ۴/۲۲- تا ۲/۲۶+ به دست آمده است. به عبارت دیگر در مورد این دو آلاینده، نحوه تغییر فناوری بهره‌برداری و مصرف حامل‌های انرژی عامل تعیین‌کننده در افزایش یا کاهش انتشار محسوب می‌شود.

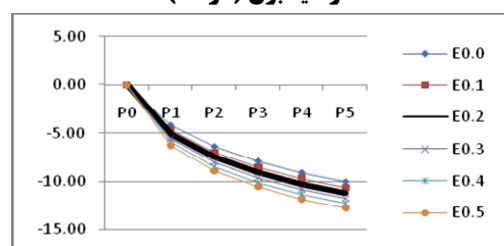


**نمودار شماره (۵): تغییر در انتشار CO با سناریوهای مختلف گشش در لایه برق (درصد)**

کاهش یا افزایش مواجه شود. برای روشن شدن این موضوع لازم است مفهوم گشش جانشینی با دقت بیشتری مورد بازبینی قرار گیرد. گشش جانشینی در تغییر قیمت‌های نسبی، نشان‌دهنده چگونگی تغییر فناوری است. به عبارت دیگر با توجه به این که نرخ افزایش قیمت در مورد حامل‌های انرژی متفاوت است، قیمت نسبی حامل‌های انرژی، تغییر خواهد کرد. در این صورت تولیدکنندگان به دنبال جانشینی فناوری فعلی تولید با فناوری ارزانتر بوده و مصرف‌کنندگان به دنبال ساختار مصرف انرژی به نسبت ارزان‌تر خواهند بود. برای مثال ممکن است در بخش حمل و نقل، فناوری بنزینی نسبت به تکنولوژی دیزلی جذابتر شود. به عبارت دیگر با تغییر ناهمسان قیمت حامل‌های انرژی، جانشینی بین حامل‌های انرژی در بخش خانگی و بخش‌های مختلف تولیدی اتفاق می‌افتد. مقدار این جانشینی را گشش جانشینی تعیین خواهد کرد<sup>۱۷</sup>. نتایج نشان می‌دهد با اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، بسته به میزان توانایی جانشینی حامل‌های انرژی، انتشار NOx بین ۱۰/۰۵ تا ۱۴/۷۸ درصد کاهش خواهد داشت. همانگونه که نمودار شماره (۱) و نمودار شماره (۲) نشان می‌دهد هرچه امکان جانشینی بین حامل‌های انرژی بیشتر باشد، سطح انتشار این آلاینده نیز با کاهش بیشتری مواجه می‌شود. همچنین نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که با اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، بسته به میزان قابلیت جانشینی حامل‌های انرژی، انتشار SO2 بین ۱۴/۰۰ تا ۲۰/۰۹ درصد کاهش خواهد داشت.



**نمودار شماره (۱): تغییر در انتشار NOx در سناریوهای گشش در لایه برق (درصد)**



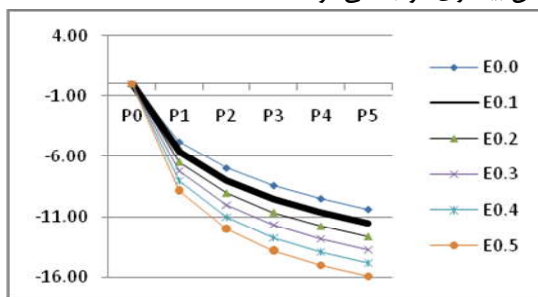
**نمودار شماره (۲): تغییر در انتشار NOx در سناریوهای گشش در لایه فسیلی (درصد)**



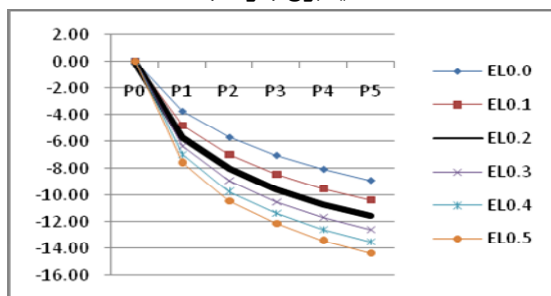
نتایج تحقیق نشان می‌دهد بر اثر اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، با توجه به میزان توانایی جانشینی حامل‌های انرژی، انتشار CO<sub>2</sub> بین ۸/۹۰ تا ۱۵/۹۵ درصد کاهش خواهد داشت.

این روند منظم در کاهش انتشار دی اکسید کربن ناشی از کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی مولد این آلاینده است. در مجموع این نتایج حاکی از آن است که سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی حداقل در کوتاه‌مدت خواهد توانست انتشار سالانه دی اکسید کربن را کاهش دهد. توجه به این نکته ضروری است که با توجه به روند افزایشی مصرف انرژی فسیلی در کشور ممکن است پس از گذشت چند دوره مجدداً سطح قبلی انتشار آلاینده‌های جوی محقق شود.

همانطور که نمودار شماره (۹) و (۱۰) نشان می‌دهند در مورد دی اکسید کربن نیز هرچه امکان جانشینی بیشتر باشد، انتشار با کاهش بیشتری مواجه می‌شود.



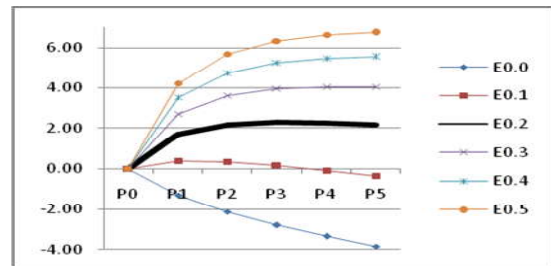
نمودار شماره (۹): تغییر در انتشار CO<sub>2</sub> با سناریوهای گشش در لایه برق (درصد)



نمودار شماره (۱۰): تغییر در انتشار CO<sub>2</sub> با سناریوهای گشش در لایه فسیلی (درصد)

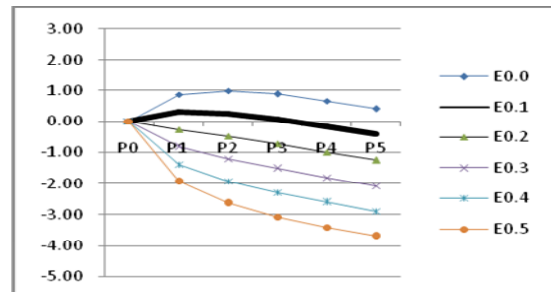
همچنین بر اساس نتایج مدل با اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، بر اساس میزان توانایی جانشینی حامل‌های انرژی، انتشار SO<sub>3</sub> بین ۱۵/۶۰ تا ۲۱/۲۵ درصد کاهش خواهد داشت. همانند موارد پیشین هرچه امکان جانشینی بیشتر باشد، انتشار با کاهش بیشتری مواجه می‌شود (نمودار شماره ۱۱ و ۱۲).

همانطور که نمودار شماره (۵) نشان می‌دهد، در مورد منوکسید کربن هر چه توانایی جانشینی با برق بالاتر باشد، کاهش انتشار CO بیشتر است اما هر چه توانایی جانشینی در لایه انرژی فسیلی بیشتر باشد، انتشار CO نیز با افزایش بیشتری مواجه می‌شود (نمودار شماره ۶).



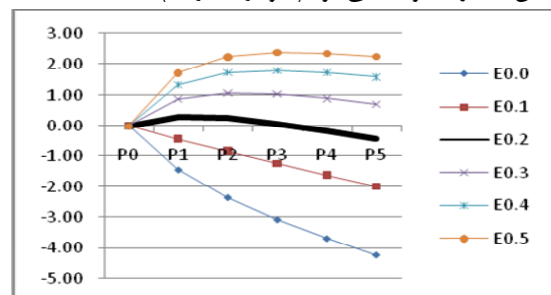
نمودار شماره (۶): تغییر در انتشار CO با سناریوهای گشش در لایه فسیلی (درصد)

در صورتی که جانشینی با برق صورت نگیرد، انتشار این آلاینده کاهش خواهد یافت. به بیان دیگر اگر فناوری‌های نو تولید گشش‌های جانشینی قبلی را حفظ کنند، کاهش در انتشار این آلاینده کمتر است.



نمودار شماره (۷): تغییر در انتشار CH با سناریوهای مختلف گشش در لایه برق (درصد)

در مورد CH نیز هر چه توانایی جانشینی با برق بالاتر باشد، کاهش انتشار بیشتر است نمودار شماره (۷) اما هر چه توانایی جانشینی در لایه انرژی فسیلی بیشتر باشد، سطح انتشار نیز با افزایش بیشتری مواجه می‌شود (نمودار شماره ۸).



نمودار شماره (۸): تغییر در انتشار CH با سناریوهای گشش در لایه فسیلی (درصد)

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

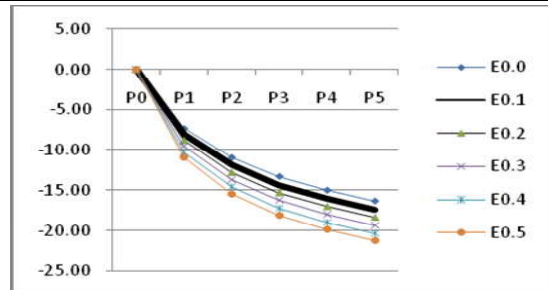
به منظور بررسی آثار افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی، در این تحقیق یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر مشتمل بر ۷ حامل انرژی (برق، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، نفت سفید، نفت کوره، گازوییل) و ۷ آلاینده جوی ( $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $CH$ ,  $SPM$ ,  $NO_x$ ) طراحی شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش قیمت حامل‌های انرژی، انتشار اغلب آلاینده‌ها کاهش یافته است، لیکن در مورد  $CO$  و  $CH$  بنا به چگونگی تغییر فناوری تولید پس از افزایش قیمت حامل‌های انرژی، ممکن است انتشار این دو آلاینده با کاهش یا افزایش مواجه شود. برای مقابله با افزایش انتشار آلاینده‌ها دو راهکار به نظر می‌رسد؛ اول این که بهبود فناوری تولید می‌تواند به کاهش ضرایب انتشار در بخش‌های مختلف اقتصاد کمک کند و سطح انتشار آلاینده‌ها را نیز کاهش دهد.

از سوی دیگر تعیین میزان افزایش قیمت حامل‌های انرژی مستلزم توجه به قیمت‌های نسبی آنها است. به عبارت دیگر در صورتی که تفاوت در نرخ افزایش قیمت در مورد انرژی‌ها زیاد باشد، امکان جانشینی بین آنها وجود دارد. در صورت وقوع این جانشینی، مصرف برخی از حامل‌های انرژی افزایش یافته، به تناسب ضرایب انتشار مرتبط با آن، انتشار آلودگی از محل این حامل‌ها با افزایش مواجه خواهد شد. بنابراین ضروری است اتخاذ تصمیم در مورد میزان تغییر نسبی در قیمت حامل‌های انرژی با عنایت به این نکته صورت پذیرد.

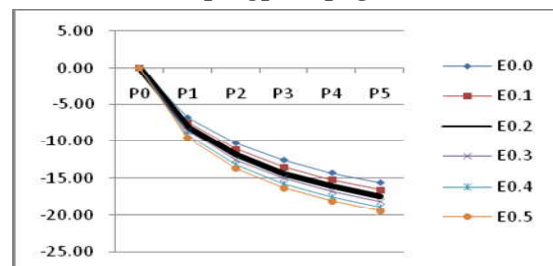
همچنین تغییر فناوری‌های مصرف انرژی لازم است به گونه‌ای هدایت و سیاست‌گذاری شود که فناوری‌های دوستدار محیط زیست را جایگزین فناوری‌های ناکارآمد فعلی کند. این سیاست‌گذاری باید به نحوی صورت گیرد که مصرف حامل‌های انرژی مولد  $CO$  و  $CH$  را کاهش دهد.

### یادداشت‌ها

- 1- Kyoto Protocol
- 2- Canada's Climate Change Plan
- 3- European Union Emissions Trading System (EU-ETS)
- 4- Inter-fuel substitution
- 5- Computable General Equilibrium (CGE)
- 6- Walrasian models
- 7- General Equilibrium Environmental model

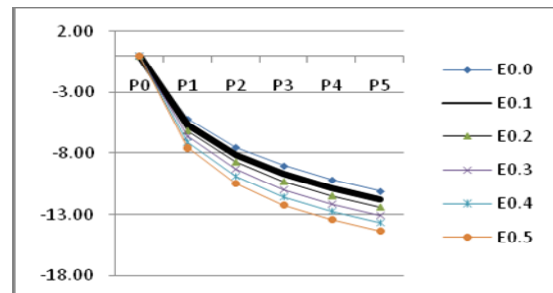


نمودار شماره (۱۱): تغییر در انتشار  $SO_3$  با سناریوهای مختلف کشتی در لایه برق (درصد)

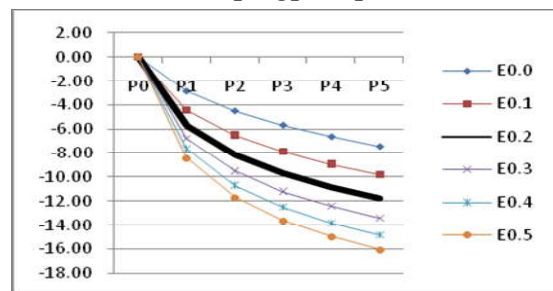


نمودار شماره (۱۲): تغییر در انتشار  $SO_3$  با سناریوهای کشتی در لایه فسیلی (درصد)

در نهایت در مورد انتشار  $SPM$  نیز روند کاهشی مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، میزان انتشار این آلاینده بین  $2/8$  تا  $16/0$  درصد کاهش خواهد داشت. در این مورد نیز همانند موارد پیشین هرچه امکان جانشینی بیشتر باشد، انتشار با کاهش بیشتری مواجه می‌شود (نمودار شماره ۱۳ و ۱۴).



نمودار شماره (۱۳): تغییر در انتشار  $SPM$  با سناریوهای کشتی در لایه برق (درصد)



نمودار شماره (۱۴): تغییر در انتشار  $SPM$  با سناریوهای کشتی در لایه فسیلی (درصد)

14- CET: Constant Elasticity of Transformation	8- Organization for Economic Co-operation and Development
15- Nested CES	9- Local
16- Micro Consistent Matrix	10- Site-Specific
۱۷- کشش‌های جانشینی با استفاده از کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع محاسبه می‌شود	11- Externality
	12- Internalizing
	13- Command and Control

### منابع مورد استفاده

اخباری، م. ۱۳۸۱. محاسبه آلاینده‌زایی (انتشار گازهای دی اکسید کربن، اکسید گوگرد، نیترات‌ها، هیدروکربن‌ها و ذرات معلق) مصارف خانوارها با استفاده از تحلیل جدول داده-ستانده محیط زیستی. دومین همایش کاربرد تکنیک‌های داده-ستانده. دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد، ۷ و ۸ اسفند ۱۳۸۱.

شاهمرادی، ا.، حقیقی، ا. و زاهدی، ر. ۱۳۸۸. تحلیل تأثیر سیاست‌های قیمتی در بخش‌های اقتصادی (با تمرکز بر آب و انرژی)، وزارت نیرو، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی، تهران، ایران.

شاهمرادی، ا.، حقیقی، ا. و زاهدی، ر. ۱۳۸۹. ماتریس MCM (سازگار با) داده‌های خرد سال ۱۳۸۰ ایران، وزارت نیرو، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی، تهران، ایران.

فرامرزی، م. ۱۳۸۶. بررسی نقش تقاضاکنندگان نهایی در ایجاد آلودگی هوا در قالب داده‌ستانده بسط یافته با تأکید بر انتشار (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, SPM) در ایران. رساله کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا.

معین نعمتی، ح. ۱۳۸۶. بررسی آثار سیاست انرژی بر اقتصاد و محیط زیست در چارچوب مدل تعادل عمومی (CGE). به راهنمایی جمشید پژویان، به مشاوره حمید شهرستانی و کریم امامی. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، گروه اقتصاد، رشته اقتصاد.

منظور، د.، شاهمرادی، ا.، حقیقی، ا. ۱۳۸۹. بررسی آثار حذف یارانه آشکار و پنهان انرژی در ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۶.

وارثی، م. و ترابی، ت. ۱۳۸۸. بررسی آلاینده‌زیست محیطی صنایع کشور با استفاده از رویکرد داده - ستانده (مورد خاص دی اکسید کربن)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۴۲، ص ۹۳-۷۷.

Abler, D., et al. 1999. Characterizing regional economic impacts and responses to climate change. *Global and Planetary Change* 25, 67-81.

Ben, W.A. 1986. ASEAN energy demand: trends and structural change. Institute of Southeast Asian Studies.

Bergman, L., M., Henrekson. 2003. CGE Modeling of Environment Policy and Resource Management, manuscript, Stockholm School of Economics, Stockholm, Sweden.

Bhattacharyya, S.C. 1996. Applied General Equilibrium Models for Energy Studies: A Survey *Energy Economics*, 18, pp.145-64.

Böhringer, C. 2006. Environmental Tax Differentiation Between Industries and Households Implications for Efficiency and Employment- A Multi-Sector Intertemporal CGE Analysis. Centre for European Economic Research.

Hope, E. 1995. Energy price increases in developing countries: case studies of Colombia, Ghana, Indonesia, Malaysia, Turkey, and Zimbabwe. World Bank Policy Research Working Paper.

Hudson, E.A., D.W., Jorgenson .1974. U.S. Energy Policy and Economic Growth, 1975-2000, Bell Journal of Economics, The RAND Corporation, vol. 5(2), pages 461-514, autumn.

IEA, OPEC, OECD. 2010. Analysis of The Scope of Energy Subsidies And Suggestions For The G-20 Initiative, IEA, OPEC, OECD, World Bank Joint Report Prepared for submission to the G-20 Summit Meeting, Toronto (Canada), 26-27 June.

Jensen, J., D., Tarr .2002. Trades, Foreign Exchange Rate, and Energy Policies in Iran: Reform Agenda, Economic Implications, and Impact on the Poor. world bank , Policy Research Working Paper 2768 .

Lee, H. , J.O., Martins .1994. The OECD Green Model: An Updated Overview, OECD Development Centre Working Papers 97, OECD Publishing.

Manzoor, D. 2005. Environmental Policy Analysis in Iran: Application of Energy Input-Output Table; International Energy Workshop 2005, 5-7 July 2005, Kyoto, Japan.

Schmitz, S. 2001. Do Energy Prices Induce Progress in Energy-Related Technology? An Empirical Study, Discussion Paper Series 26224, Hamburg Institute of International Economics.

Singh, A. .2010. Inter-Fuel Substitution, Industrial Energy Demand and Carbon Emissions. VDM Verlag.

US Congress, Office of Technology Assessment. 1990. Energy Use and the US Economy. OTA-BP-E-57. Government Printing Office, Washington DC.

WDI. 2008. World Development Indicators Data Bank. World Bank.

Weyant, J.P. 1985. General Economic Equilibrium As a Unifying Concept in Energy-Economic. Management Science , 548-563.