علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دهم، شماره سه، پاییز ۸۸

بررسی آلایندگی زیست محیطی صنایع کشور با استفاده از رویکرد داده- ستانده (مورد خاصِ دی اکسید کربن)

تقی ترابی[۱]

محسن وارثی[۲]

mvaresi51@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۶/۷/ ۵ **تاریخ پذیرش:۸۶/۱۰/۲۵**

چکیده

الگوهای کنونی تولید و مصرف انرژی به شدت بر سوزاندن سوخت های فسیلی متکی است. تمامی کالاها و خدمات تولید شده در یک اقتصاد، به طور مستقیم و غیرمستقیم با مصرف انرژی و نیز انتشار آلاینده‌هایی همچون دی اکسید کربن (که عامل اصلی اثر گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی شناخته شده است) مربوط می‌باشند. به طور کلی میزان انتشار CO_2 به عواملی از قبیلِ شدت CO_2، شدت انرژی پیوند تولید- فن‌آوری، روابط متقابل میان بخش های اقتصاد، و ساختار و سطح تقاضای نهایی برای کالاهای بخش های مختلف، وابسته است. هدف کلی این تحقیق عبارت است از شناسایی روابط متقابل میان سطح فعالیت های تولیدی بخش های صنعتی کشور در یک مقطع زمانی مشخص (سال ۱۳۸۰)، مصرف و شدت مصرف انرژی توسط این فعالیت ها و آثار زیست-محیطی مترتب بر آن که به طور مشخص در میزان انتشار گاز کربنیک (CO_2) منتشر شده توسط هر رشته فعالیت مشخص دنبال می‌شود.

به همین منظور با استفاده از رهیافت داده ـ ستانده، که به دلیل ویژگی های روش‌شناختیِ خود ابزاری مفید برای تحلیل روابط مستقیم و غیر مستقیم میان رشته فعالیت های اقتصادی در مقیاس کلان به شمار می‌رود، مبادرت به طراحی مدلی شده است که ضمن محاسبهٔ بردارهای شدت انرژی و شدت دی اکسید کربنِ رشته فعالیت های صنعتی اقتصاد، این امکان را فراهم می آورد تا بتوان آلایندگی رشته فعالیت ها را بر اساس عوامل یاد شده تحلیل کرد و نتایج به دست آمده را در سیاست گذاری های صنایع کشور از حیث انتخاب فن تولید مناسب، جایگزینی یا اصلاح فن‌آوری های فرسوده و کهنهٔ تبدیلِ انرژی و همین طور در خودِ بخش انرژی مورد استفاده قرار داد. افزون بر این، نتایج حاصل مشخص می کند که در چه بخش هایی می توان با استفاده از قیمت گذاری، مالیات ستانی و دیگر سیاست های مناسب، تقاضای نهایی و از این رهگذر آلودگی هوا توسط دی اکسیدکربن را کنترل کرد.

واژه های کلیدی: تحلیل داده- ستانده، شدت دی اکسید کربن، نیاز مستقیم و غیر مستقیمِ انرژی، رشته‌فعالیت های صنعتی[۳]

۱- استادیار دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۲- کارشناس ارشد، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی*(مسئول مکاتبات)

3- manufacturing industries

مقدمه

محیط زیست، افزون بر فراهم کردن *کالاهای عمومی* از قبیل هوا (برای تنفس) و *منابعی* به صورت نهادهٔ تولیدی به منظور فعالیت های تولیدی؛ برای محصولات مشترکِ [1] فعالیت های تولیدی و مصرف، مانند دی اکسید کربن و دی اکسید گوگردِ حاصل از احتراق سوخت های فسیلی و مونواکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن خروجیِ اگزوز اتومبیل ها، که محصولات فرعی نامطلوب هستند و معمولاً فایدهٔ دیگری ندارند، مانند یک *ظرف* عمل می‌کند. واسطه‌های زیست-محیطی مختلفی مانند جوّ زمین، زمین و آب، این آلاینده‌های منتشر شده را جذب می‌کنند. سپس این آلاینده‌ها انباشته می‌شوند، به مناطق دیگری منتقل می‌گردند، تغییر شکل می‌دهند و بخشی از آن ها نیز تجزیه می‌شوند. مواد منتشر شدهٔ حاصل از فرآیندهای تولیدی، در اثر تجزیه یا فرایندهای تبدیل در محیط زیست به آلاینده‌های فراگیر در محیط بدل می‌شوند و آلاینده‌های فراگیر به کیفیت محیط زیست لطمه می‌زنند. از اوخر دههٔ ۱۹۶۰ و اوایل دههٔ ۱۹۷۰ میلادی به طور روزافزونی بر نگرانی جهانیان در مورد تخریب محیط زیست افزوده شده است. در دههٔ ۱۹۹۰ دانشمندان علوم طبیعی متوجه افزایش و تمرکز دی‌اکسید کربن در جوّ شدند و مسئلهٔ گرم شدن زمین و تخریب لایه ازون مطرح گردید. از طرفی، آزمایش های متعدد و داده‌های اپیدمیولوژیک حاکی از آن است که بین آلودگی هوا و آب و انواعی از بیماری‌ها رابطه وجود دارد. به این موارد باید تغییرات آب و هوایی و خطر انقراض گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری ناشی از آن را نیز افزود (۱). مصرف گستردهٔ سوخت های فسیلی، با وجودِ فراهم کردن زمینهٔ مناسب برای رشد سریع اقتصادی جوامع مدرن صنعتی، با نشر آلاینده‌های حاصل از احتراق این سوخت‌ها در هوا و افزایش غلظت گازهای معروف به گازهای گلخانه‌ای در جوّ، زمین را با تغییرات تهدیدآمیز و بعضاً جبران‌ناپذیری همچون افزایش دمای کره زمین، تغییرات آب و هوایی، بالا آمدن سطح آب دریاها و ... مواجه ساخته است که این تغییرات، خود مسبب بروز آسیب‌های جدّی انسانی و زیست-محیطی می‌باشند. براساس پیش بینی مدل های جوّی ، دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ ، ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت که این مقدار بیش از تغییرات دمائی ۱۰ هزار سال گذشته است. طبق گزارش «هیأت بین‌الدول تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد[2]» ، از اواسط قرن نوزدهم میلادی به این سو میانگین غلظت CO_2 ، یکی از گازهای گلخانه‌ای شاخص که نقش اساسی در گرم شدن کرهٔ زمین دارد، در فضای اطراف زمین از حدود ۲۸۰ ذرّه در میلیون[3] به حدود ۳۷۰ ppm افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود چنانچه هیچ اقدام پیشگیرانه‌ای در این مورد انجام نگیرد غلظت آن تا سال ۲۰۵۰ به حدودppm ۵۵۰-۴۵۰ افزایش یابد(۲ و ۳).

مروری بر پیشینهٔ موضوع و مطالعات انجام گرفته

ظاهراً نخستین کسی که به طور نظام‌مند به تحلیل اقتصادی مسئلهٔ آلودگی و آثار جانبی فعالیت های اقتصادی پرداخته پیگو (Pigou) بوده است. در سال های بعد از دههٔ ۱۹۵۰ با گسترش کاربرد اصول و مبانی فیزیک و زیست شناسی در توسعهٔ دانش بوم شناسی (اکولوژی) و نظام نوین علوم زیست-محیطی، مسئله پایداری اکوسیستم‌ها در کانون توجهات قرار گرفت. نخستین کاربردهای این اصول در علم اقتصاد برای تجزیه و تحلیل آلودگی محیط زیست و دفع فضولاتِ تولید، توسط افرادی چون دَلی (Daly)، بولدینگ (Boulding)، آیرِس (Ayres) و نیز (Kneese) صورت پذیرفت. در دههٔ ۱۹۵۰ نظریهٔ«آثارجانبی تولید» گسترش یافت و در دههٔ ۱۹۶۰ توجه زیادی به اقتصاد آلودگی شد(۴).

افزون بر این، تعداد و وسعت موضوع تفاهم‌نامه‌ها و کنوانسیون‌های محیط زیست در خلال ۳۰ سال گذشته، از جمله کنفرانس استکهلم (۱۹۷۲) ، کنفرانس توسعه و محیط

1-joint products

2- UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

3- particle per million(ppm)

زیست ملل متحد در ریو[1] (۱۹۹۲) و تفاهم‌نامهٔ کیوتو (۱۹۹۷) مؤید این مطلب است که آسیب‌های زیست-محیطی بسیار بیش از پیش مورد توجه مجامع بین‌المللی قرار گرفته و تقریباً همهٔ کشورهای درگیر با موضوع عزم خود را جزم کرده‌اند تا میزان آسیب‌ها و تغییر و تحولات ایجاد شده را نه تنها کنترل کنند بلکه به میزان مقتضی کاهش دهند (۵ و ۶).

کشور ایران نیز که در زمرهٔ کشورهای رو به توسعه به شمار می‌رود دیر یا زود به مرحله‌ای خواهد رسید که صرف نظر از اقدامات پیشگیرانه‌ای که باید در قبال مردم خویش به انجام برساند، با الزامات بین‌المللی برای کنترل یا کاهش میزان آلاینده‌های هوایی روبرو خواهد شد. از این رو، انجام مطالعه‌ای که بتواند تا حدودی سهم و نقش کالاها یا فعالیت های مختلف تولیدی را در میزان انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) مشخص کند می‌تواند برای مقاصد سیاست گذاری چه در زمینهٔ انتخاب تکنولوژی تولید چه در زمینهٔ وضع مقررات زیست-محیطی و موارد دیگر بسیار مفید واقع گردد. یافته های این مطالعه کمک شایانی به این قضیه می کند.

در زمینهٔ بررسی رابطهٔ متقابل اقتصاد ـ انرژی ـ محیط زیست، با استفاده از رویکرد داده ـ ستانده تحقیقات بسیار اندکی در کشور انجام گرفته است. اخباری با استفاده از یک جدول داده ـ ستاندهٔ ۲۵ بخشی برای سال ۱۳۷۸، و وصفی اسفستانی با استفاده از الگوی داده ـ ستاندهٔ تعمیم یافتهٔ مصرف انرژی و ایجاد آلایندگی، بر مبنای جدول داده ـ ستاندهٔ ۱۳۷۸ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، به بررسی میزان مصرف انرژی و انتشار آلاینده های هوایی نظیر CO_2 در ایران پرداخته اند(۷ و ۸).

اما در خارج از ایران ، مطالعهٔ روابط بین اقتصاد و محیط زیست در چارچوب حسابداری داده-ستانده به اواخر دههٔ ۱۹۶۰ و اوایل دههٔ ۱۹۷۰ میلادی بر می گردد؛ زمانی که کامبرلند (Cumberland) یک جدول داده- ستاندهٔ منطقه ای طرح کرد که مشتمل بود بر منافع زیست‌محیطی و هزینه های رشته فعالیت ها و طبقات مختلف تقاضای نهایی. وی تفاوت این منافع و هزینه ها را نشانگرِ فشار وارد بر محیط زیست در اثر فعالیت های اقتصادی قلمداد کرد که می توان از آن برای فرموله کردن اهداف توسعهٔ منطقه ای استفاده کرد (۹). چارچوب معروف دیگرِ این دوران از آنِ خودِ لئونتیف(Leontief) و کار مشترکِ وی و فورد(Ford) می‌باشد که در آن سطرهایی شامل داده‌های مربوط به آلاینده‌های منتشره در محیط زیست و ستون هایی شامل بخش های کاهندهٔ این آلاینده‌ها به مدل استاندارد داده-ستانده افزودند(۱۰ و ۱۱). این چارچوب های نخستین، سال هاست که الهام بخش تلاش های متعدد در زمینهٔ طراحی جداول داده-ستاندهٔ بسط یافته، جداول داده-ستاندهٔ فیزیکی، جداول داده-ستاندهٔ مختلط و مطالعات مختلف در حیطهٔ بررسی روابط اقتصاد و محیط زیست، به ویژه اندازه‌گیری میزان انتشار و دفع آلاینده‌ها و فضولات در طبیعت بوده اند(۱۲). یکی از افرادی که با الهام گرفتن از کارهای پیشینیان، پس از مدتی وقفه، به مطالعه در این زمینه روی آورد پروپس (Proops) است که با همکارانش در مطالعاتی که برای کشورهای آلمان و انگلستان انجام دادند آلایندگی فعالیت های اقتصادی این کشورها را در دههٔ ۱۹۸۰از نظرانتشار CO_2 بررسی کردند(۱۳).

پس از پروپس، دانشمندان زیادی از اوایل دههٔ ۱۹۹۰ در کشورهای مختلف با همین رویکرد مطالعات مختلفی انجام دادند از جمله لِنزِن (Lenzen) که در کشور استرالیا برای بررسی نیازهای مستقیم و غیرمستقیم به انرژی اولیه و انتشار گازهای گلخانه‌ای متناظر مطالعه‌ای با استفاده از تحلیل داده ـ ستانده انجام داد(۱۴) و با همین ابزار برای ارزیابی آثار زیست محیطی احداث فرودگاه دوم سیدنی نیز تحقیقی انجام داده است(۱۵). ویلتینگ(Wilting) و همکارانش با استفاده از یک مدل پویای داده ـ ستانده موسوم به DIMITRI ، روابط میان مصرف، تولید و میزان انتشار آلاینده‌های هوا در سطح بخشی در کشور هلند را بررسی کرده‌اند(۱۶). کروز(Cruz) با استفاده از تحلیل داده ـ ستانده الگویی برای مطالعهٔ رابطهٔ تعاملیِ «انرژی ـ اقتصاد ـ محیط زیست» پیشنهاد کرده و با اجرای آن

1- Rio- UN Conference on Environment and Development

روی جداول داده ـ ستانده و دیگر منابع آماری این کشور در سال ۱۹۹۲ به تحلیل و نتیجه‌گیری پرداخته است(۱۷). مانگلی(Mongelli) و همکارانش براساس «فرضیهٔ پناهگاه آلودگی»[1] وکاربرد داده- ستانده ، تغییرِ الگوی تجارت خارجی کشور ایتالیا با سایر کشورها را مطالعه کرده‌اند(۱۸). ایپک تونک(Ipek Tunc) و همکارانش با رویکرد داده ـ ستاندهٔ بسط یافته، میزان انتشار CO_2 در اقتصاد ترکیه را تخمین زده‌اند و منابع انتشار آن را شناسایی کرده‌اند. افزون بر این، به صورت جداگانه میزان محتوای CO_2 ی واردات به ترکیه، موسوم به «مسئولیت CO_2 »[2] را نیز برآورد کرده‌اند(۱۹). مورَن(Moran)و گونسالِس(Gonzalez) روشی را مبتنی بر چارچوب داده ـ ستانده در ترکیب با تحلیل حساسیت و برنامه‌ریزی خطی ارایه کرده و با اعمال آن روی جدول داده ـ ستاندهٔ سال ۱۹۹۵ کشور اسپانیا و سایر آمارهای رسمی این سال به شناسایی پیوندهای پسین و پیشین عمده بین رشته فعالیت‌های منتهی به انتشار CO_2 پرداخته‌اند(۲۰).

وضعیت انتشار CO_2 در ایران

در سال ۱۳۸۰ بیش از ۳۰۲ میلیون تن دی اکسید کربن توسط بخش های مختلف مصرف کنندهٔ سوخت در هوا پراکنده شده است. نمودار ۱ روند تغییرات انتشار دی اکسید کربن را در طی سال های ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۳ در مقاطع ۵ ساله نشان می‌دهد. همان طور که پیداست روند رشد دی اکسید کربن، از سال ۱۳۶۰ به این سو بسیار شتابان است. میزان برآورد شده انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده (حدودِ ۳۶۸ میلیون تن) در سال ۱۳۸۳، علی رغم اقدامات انجام گرفته در زمینهٔ بهینه‌سازی مصرف انرژی، حکایت از افزایش انتشار این گازها دارد. از طرفی، طبق آمارهای رسمی، گاز CO_2 تقریباً ۹۷ درصدِ گازهای گلخانه ای منتشر شده در ایران را تشکیل می‌دهد. نمودار ۲ نشانگر این مطلب است(۲۱ و ۲۲).

روش شناسی تحقیق

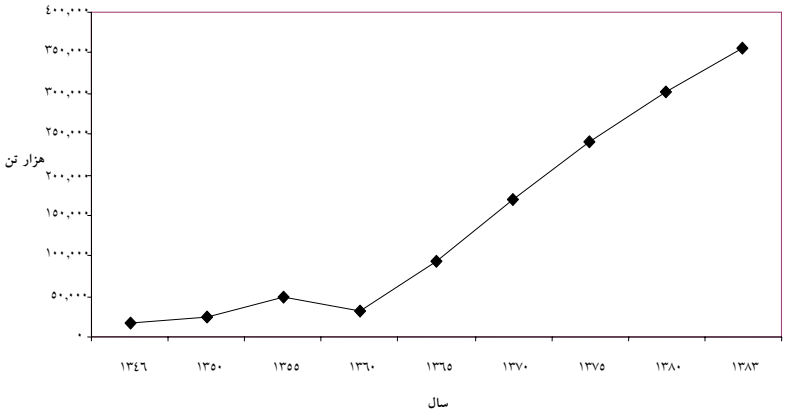
روش تحلیل داده ـ ستانده با طبقه‌بندی و جمع‌بندی[3] تعداد معاملات بی شمار در یک اقتصاد به گروه‌ها، ظرفیت احاطهٔ نظریه اقتصادی را بر واقعیاتی که در هر وضعیت حقیقی با آن سروکار دارد بهبود می بخشد. در تحلیل داده ـ ستانده فرض می‌شود که داده‌ها (نهاده‌ها)ی مورد استفاده در تولید یک محصول در یک رشته فعالیت به توسطِ یک تابع تولید خطی با ضرایب ثابت (دست‌کم در کوتاه مدت) با ستانده‌های بخش های دیگر از آن رشته فعالیت مرتبط نند. تحتِ این فرض، روابط داده ـ ستانده به روابط فنی تبدیل می‌شود، بدین ترتیب که هر ستون در جدول ضرایب داده ـ ستانده نشانگر یک «فن تولید[4]» می‌باشد(۲۳).

جدول داده ـ ستانده بر روابط متقابل میان رشته فعالیت‌های یک اقتصاد از حیثِ تولید و مصارفِ محصولات آن ها و محصولات وارد شده از خارج تمرکز دارد. هر ستونِ جدول داده ـ ستانده جزئیات کاملی از خریدهای یک رشته فعالیت از کالاها و خدمات و نیز مقادیر [پول] پرداختی به ازای بهره‌مندی از نیروی کار (به صورت حقوق و دستمزد)، سرمایه (به صورت سود، سود سهام و بهره)، زمین (به صورت اجاره) و انواع مالیات غیر مستقیم را نمایش می‌دهد. در واقع، جمع این اقلام با هم، ارزش افزودهٔ هر بخش را نشان می‌دهد. در چارچوب داده ـ ستانده، کل ارزش ستاندهٔ فروخته شده به تمامی مصرف‌کنندگان واسطه‌ای و نهایی باید دقیقاً برابر با ارزش کل پرداخت‌های صورت گرفته به تمامی عوامل تولید و تولیدکنندگان واسطه باشد. به عبارت دیگر، کل هزینه‌های تولید باید به کل ارزش کالاهای فروخته شده نسبت داده شود. از این رو، جمع سطر و جمع ستون متناظر با آن سطر در جدول، مادامی که تمامی مبادلات درست ثبت شده باشند، برابر خواهد بود. با توجه به مطالب پیش‌گفته می توان رابطهٔ میان اجزای جدول داده- ستانده را به صورت معادلهٔ زیر نشان داد:

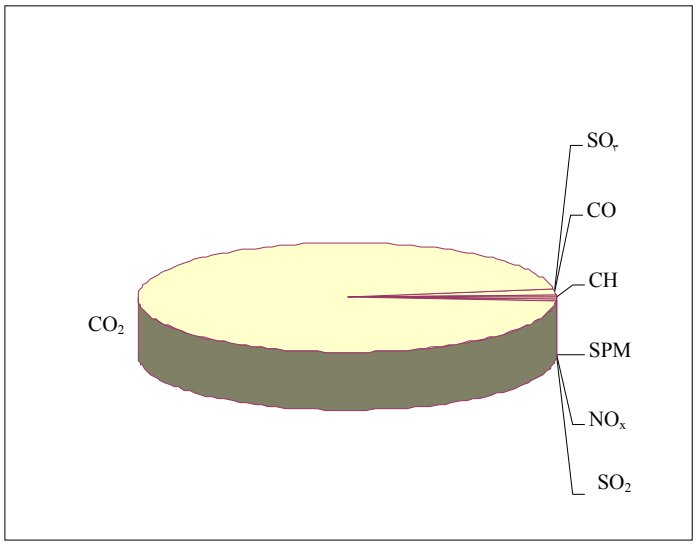
$$AX + Y = X \qquad (1)$$

1- Pollution Haven Hypothesis
2- CO_2 responsibility

3- Aggregation
4 -production technique



نمودار۱- روند انتشار دی‌اکسید کربن توسط بخش های مصرف کنندهٔ سوخت از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۳



نمودار۲- ترکیب گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۰

رابطهٔ (۱) به سیستم اساسی داده ـ ستانده معروف است. ماتریس A را، ماتریس ضرایب داده ـ ستانده، بردار X را بردار ستانده و بردار Y را بردار تقاضای نهایی ناخالص می‌نامند. به صورت ریاضی، می‌توان بردارِ ستاندهٔ X در سیستم معادلات (۱) را به صورت زیر حل کرد:

$$X = (I-A)^{-1} Y \qquad (۲)$$

که در آن I ماتریس واحد و $(I-A)^{-1}$ ماتریس معکوس لئونتیف[1] است که محاسبهٔ آن دشوار می‌باشد.

$(I-A)^{-1}$ در تحلیل داده ـ ستانده اهمیت بنیادین دارد زیرا کل آثرِ یک افزایش برون‌زاد در تقاضای نهایی خالص بر تمامی رشته فعالیت‌ها را نمایش می‌دهد. با داشتن چنین ماتریسی این امکان وجود دارد که وابستگی متقابل فن‌آورانهٔ سیستم مولّد را روشن کرد و ایجاد تقاضای ستانده (محصول) از مصرف نهایی را که بخشی از تقاضای نهایی خالص است، در سرتاسر سیستم ردیابی کرد. سپس می‌توان آن اندازه ستانده (محصول) که لازم است تا سطوح فرضی تقاضای نهایی خالص را تأمین کند و

1- The Leontief Inverse Matrix

متعاقباً چگونگی تغییر اندازهٔ ستانده برای تأمین تغییرات تقاضای نهایی خالص را محاسبه کرد(۲۴ و ۲۵).

معرفی مدل

در این بخش براساس مدل پایهٔ داده ـ ستانده، الگویی را جهت بررسی و تحلیل آلودگی گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن (CO_2)ایجاد شده در اثر مصرف انرژی‌های فسیلی رشته فعالیت‌های صنعتی کشور در سال ۱۳۸۰، معرفی و با استفاده از داده‌های پیش‌گفته (شامل جداول داده ـ ستانده ۱۳۸۰ کشور و آمار مصرف سوخت‌های فسیلی مختلف) اجرا می‌شود.

شدت کربن[1] را معمولاً به دو گونه تعریف می‌کنند:

الف- مقدار دی اکسید کربن (CO_2) متصاعد شده به ازای یک واحد انرژی مصرفی

ب- مقدار CO_2 متصاعد شده به ازای یک واحد پولی تولید ناخالص داخلی (GDP)

معمولاً در هر کشوری عوامل عمدهٔ زیر مقدار کل CO_2 منتشر شده را تعیین می‌کنند:

۱. شدت دی اکسیدکربن،
۲. سطح GDP،
۳. شدت انرژی، که مقدار انرژی مصرف شده به ازاء یک واحد تولید (GDP) است،
۴. اندازهٔ جمعیت(مقدار تقاضا)،
۵. الگوهای مصرفی مصرف‌کنندگان(ترکیب تقاضا)،
۶. ظرف های طبیعی و انسان‌سازِ کربن از قبیل جنگل‌ها، اقیانوس‌ها، خاک و محصولات کشاورزی، و
۷. پیوند فن‌آوری – تولید؛ که برای تعیین میزان دقیق CO_2 لازم است تمامی این موارد بررسی شود.

خودِ «شدت کربن» نیز تحت تأثیر دست کم دو عامل عمده قرار دارد:

۱. نسبت ترکیب سوخت‌های فسیلی مانند اهمیت نسبی مثلاً نفت، گاز طبیعی یا زغال سنگ در یک اقتصاد.
۲. کارایی فن‌آوری‌هایی که سوخت‌های فسیلی دارای کربن فشرده را به انرژی مصرفی تبدیل می‌کنند(۲۶).

مدل حاضر امکان بررسی این نکته را که کدام یک از رشته فعالیت‌های صنعتی کشورمان در سال ۱۳۸۰ به طور مستقیم و غیرمستقیم، انرژی فسیلی بیشتری مصرف کرده و از این رو، در تولید دی اکسید کربن در کشور نقش بیشتری داشته فراهم می سازد تا از این رهگذر بتوان سیاست‌های مناسبی جهت کنترل این آلودگی‌ها تدوین کرد. یکی از راه‌های انجام این کار بسط الگوی پایهٔ داده ـ ستانده به‌صورتی است که در زیر می آید.

تحلیل داده ـ ستانده عمدتاً محاسبهٔ مقادیر مستقیم و غیرمستقیم تولید کل در هر بخش تولیدی به منظور تأمین سطح معینی از تقاضای نهایی را امکان‌پذیر می‌سازد. در الگوی داده ـ ستانده می‌توان روابط تقاضا و عرضهٔ کل را به زبان ماتریس توسط معادلهٔ زیر نشان داد:

$$X = AX + D + E - M \qquad (۳)$$

که در آن X ، D ، E و M به ترتیب ماتریس‌های ستانده (تولید) ناخالص بخشی، تقاضای نهایی داخلی، صادرات و واردات هستند که از این پس مجموع تقاضای نهایی (E + D) را با y نشان خواهیم داد. A نیز همان ماتریس معروف ضرایب فنی لئونتیف است که نسبت ثابت میان داده‌ها و ستانده‌ها را نشان می‌دهد. برای تجزیهٔ اجزای داخلی معادلهٔ (۳) فرض می‌شود که نسبت واردات [کالاهای] واسطه‌ای به کل تقاضای واسطه‌ای و نسبت واردات تقاضای نهایی[2] به کل تقاضای نهایی ثابت است. این کار به این دلیل انجام می گیرد که بتوان فقط « شدت انرژی » رشته فعالیت‌های اقتصاد داخلی کشور را سنجید. به این ترتیب، بردار واردات را می‌توان به‌صورت معادلهٔ (۴) نوشت:

1- Carbon intensity

2-Final Demand Imports

$$M = \hat{m}^w AX + \hat{m}^f y \qquad (۴)$$

در معادلهٔ (۴) $\hat{m}^w$ و $\hat{m}^f$ [۱] به ترتیب ماتریس‌های قطری نسبت کالاهای واسطه‌ای وارد شده به کل تقاضای واسطه‌ای و کالاهای تقاضای نهایی وارد شده به کل تقاضای نهایی می‌باشند. از این رو، معادلهٔ (۳) را می‌توان به‌صورت زیر بازنویسی کرد:

$$X = (I - \hat{m}^w)AX + (I - \hat{m}^f)y \qquad (۵)$$

در نهایت ، پس از انجام تعدیلات لازم، معادلهٔ تولید کل خواهد بود:

$$X = (I - A_0)^{-1}Y \qquad (۶)$$

مدل معادلهٔ (۶) را برای بررسی ساختار تولیداتِ صرفاً داخلی به دست آورده‌ایم. در واقع، ماتریس A_0 ماتریس ضرایب فنی تولیدات داخلی است که پس از کسر آن از ماتریس واحد، ماتریس ضرایب مستقیم و غیر مستقیم(لئونتیف) تولیدات داخل به دست می آید. اکنون همین مدل را برای بررسی روابط میان فعالیت‌های اقتصادی، مصرف سوخت و انتشار دی اکسید کربن گسترش می‌دهیم.

در راستای فرض اساسی تحلیل داده ـ ستانده، این‌جا نیز فرض می‌شود که بین تولید ناخالص بخش ها (رشته فعالیت‌ها) و مصرف سوخت در طول فرایند تولید یک رابطهٔ خطی برقرار است. ما در این تحقیق فقط نیاز به انرژی به منظور تولید را بررسی می‌کنیم.

براساس مدل رابطهٔ (۶) کل تقاضای سوخت (انرژی) در یک اقتصاد به منظور فعالیت‌های تولیدی عبارت است از:

$$F = f(I - A_0)^{-1}Y \qquad (۷)$$

که در آن، f ماتریس نشان‌دهندهٔ مقادیر سوخت‌های مختلف مورد نیاز یک رشته فعالیت برای تولید یک میلیون ریال تولید محصول این رشته فعالیت است. در واقع f ماتریس شدت انرژی است که برحسب سوخت‌های مختلف (شاملِ زغال سنگ، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت کوره و گاز مایع) و برای رشته فعالیت‌های مختلف به دست می‌آید.

سپس به موازات مصرف کل سوخت برای فعالیت‌های تولیدی، می‌توان منبع انتشار کل CO_2 در اثر انجام فعالیت های اقتصادی را نیز با همان فرض برقراری رابطهٔ خطی تعیین کرد. بدین منظور برداری را تعریف می‌کنیم به نام $\underline{\mathbf{c}}$ که عناصر آن نشان‌دهندهٔ میزان انتشار CO_2 به ازای سوختن هر واحد از سوخت‌های مختلف است(۲۷). لازم به ذکر است که برای یکنواخت کردن واحد سنجش سوخت‌های مختلف با استفاده از ضرایب تبدیل واحدهای متعارف به یکدیگر، میزان مصرف همهٔ سوخت‌ها به واحد اندازه‌گیری ارزش حرارتی آن ها در مقیاس 10^{12} ، یعنی تراژول (TJ) سنجیده شد. در نهایت مدل قابل اجرا به‌صورت زیر درمی آید:

$$C = c'f(I - A_0)^{-1}Y \qquad (۸)$$

که C مقدار کل انتشار CO_2 و c' بردار ترانسپوزهٔ شدت کربن به ازای مصرف یک واحد انرژی است.

مبنای اصلی داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارت است از مجموعه جداول داده ـ ستانده اقتصاد ایران که مرکز آمار ایران با روش آماری برای سال ۱۳۸۰ تهیه کرده است(۲۸). از این مجموعه عمدتاً برای تحلیل جریان انرژی و محاسبهٔ نیاز مستقیم و غیر مستقیم انرژی در اقتصاد کشور به ترتیب از جداول عرضه و مصرف[۲] و جدول متقارن[۳] (خالص) ۹۱ در ۹۱ کالایی و ماتریس ضرایب مستقیم و غیرمستقیمِ محاسبه شده براساس جدول متقارن، استفاده شده است. با ملاحظهٔ دقیق طبقه‌بندی CPC و ISIC، اعمال شده در جداول داده ـ ستاندهٔ ۱۳۸۰، تعدیلات لازم جهت هماهنگ سازی ابعاد جداول اصلی، تحلیلی و استخراجیِ محققان صورت گرفت و ماتریس های مورد نیاز از جمله A_0 ، Y و $(I - A_0)^{-1}$ به دست آمد(۲۹). تمامی عملیات جبری روی ماتریس ها با استفاده از برنامهٔ الحاقی *Big Matrix.xla* که روی نرم افزار MS Excel سوار می شود انجام گرفته است(۳۰). بدین ترتیب مدل یاد شده، برای محاسبهٔ مقدار کل دی اکسید کربن به صورت زیر در می‌آید:

۱- علامت «ˆ» را برای نشان دادن ماتریس‌های قطری و علامت «´» را برای نشان دادن ترانسپوزهٔ یک ماتریس به کار می‌بریم.

2- Supply and Use Tables (SUT)
3- Symmetric Input-Output Table(SIOT)

$$C_{1\times 91} = c'_{1\times 7} f_{7\times 91} (I - A_0)^{-1}_{91\times 91} \hat{Y}_{91\times 91}$$

بحث و نتیجه‌گیری

۱- چارچوب داده- ستانده امکان می دهد روابط متقابل بین بخش های مختلف تولیدی یک اقتصاد به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد. در این روش به دلیل استفاده از ماتریس معکوس لئونتیف، افزون بر روابط مستقیم، روابط غیر مستقیم بخش ها با یکدیگر نیز مدّ نظر قرار می گیرد. در این مطالعه با استفاده از همین ویژگی و بر پایهٔ مطالعات تجربی انجام گرفته مبادرت به طراحی مدلی برای اندازه گیری شدت و میزان تولید دی اکسید کربن بخش های مولّد اقتصاد کشور شده است.

۲- با استفاده از مدل استفاده شده، می توان بردار نیاز مستقیم به انرژی مولد برای تولید یک واحد پولی کالا توسط هر بخش، بردار نیاز مستقیم به اضافهٔ غیر مستقیم به انرژی برای تولید یک واحد پولی کالا توسط هر بخش به منظور تحویل به تقاضای نهایی و بردار شدت انرژیِ منتسب به تقاضای غیر مستقیم تولید را به دست آورد و با انجام تبدیلات خاص روی آن‌ها بردارهای شدت مستقیم ، غیر مستقیم و کل دی اکسید کربن را نیز استخراج کرد. اگر بتوان به ازای وضعیت مشخص فن تولید که نمایندهٔ آن در چهارچوب داده- ستانده ماتریس A می باشد، تقاضای نهایی برای محصولات هر بخش را برآورد کرد، می توان از این برآورد به همراهِ بردارهای بالا برای توصیف تفکیکی[1] تقاضای انرژی مولّد به منظور تأمین تقاضای نهایی پیش بینی شده، استفاده کرد.

۳- بر اساس مدل معادلهٔ (۸) میزان دی اکسید کربن منتشر شده (C) به چهار عامل وابسته است: نخست، c بردار شدت کربن که نشان دهندهٔ محتوای کربن سوخت‌های مختلف است ؛ دوم، f بردار شدت انرژی مستقیم که در واقع نشانگر فن‌آوری درون هر بخش است؛ سوم، $(I-A_0)^{-1}$ که روابط متقابل بین بخش های اقتصاد را نشان می دهد؛ و چهارم، Y ، که بیانگر ساختار و سطح تقاضای نهایی برای کالاهای بخش های مختلف است. هر یک از سه عامل اخیر می تواند به طور مستقل در طول زمان تغییر کند و باعث ایجاد یک تغییر کلی در C شود. البته بررسی تغییرات این عوامل و اندازه گیری تأثیر هر کدام روی تغییرات کل مصرف انرژی به منظور تولید در چهارچوب داده- ستانده ، نیازمند استفاده از فن «تحلیلِ تفکیک ساختاری» است که مطالعهٔ جامع دیگری می طلبد.

۴- در واقع، از توانایی های قابل توجه مدل حاضر همین است که امکان بررسی انتشار دی اکسید کربن یا هر آلایندهٔ دیگری را از سه دریچه فراهم می کند. بردار شدت انرژی مستقیم هر بخش، مصرف انرژی آن را بر اساس ساختار فنی و ماهیت یک فعالیت تولیدی از حیث مصرف انـــرژی نشـــان می دهد. چون برخی رشته فعالیت ها ماهیتاً انرژی‌بری بالائی دارند و انرژی اصلی ترین نهادهٔ تولید آن ها به شمار می رود(مثل صنعت آلومینیوم سازی)، برخی دیگر نیز ممکن است در اثر فرسودگی ماشین آلات و کهنگی فن‌آوری مورد استفاده شان شدت انرژی و در نتیجه شدت کربن بالایی داشته باشند، با کاربرد این مدل، این گونه رشته فعالیت ها به خوبی مشخص می شوند. بالا بودن مصرف انرژی مولّد و در نتیجه آلایندگی بالا را می توان ناشی از افزایش یا شدت وابستگی بین رشته فعالیت ها دانست که در مدل حاضر در $(I-A_0)^{-1}$ نمود پیدا می کند. اگر بخش های مختلف اقتصادی در الگوی مبادلاتی خود بیشتر و بیشتر با یکدیگر در ارتباط و درگیر باشند انتشار دی اکسید کربن در اثر مصرف انرژی به صورت غیر مستقیم نیز افزایش خواهد یافت که مدل حاضر این توانایی را دارد که شدت دی اکسیدکربن متناظر با تقاضای غیر مستقیم و از آن رو تقاضای کل تولید را نیز محاسبه کند. بدین ترتیب می‌توان رشته فعالیت ها را بر این اساس رتبه بندی کرد. البته میزان وابستگی و پیچیدگی روابط میان

1 - disaggregated

بخش های را می شود با استفاده از شاخص های پیوند پیشین[1] و پسین[2] مطالعه کرد که خود مجال مفصل دیگری می طلبد. عامل چهارم، بردار Y، نمایندهٔ تقاضای تهایی است که بالا بودن و ترکیب آن برای تولیدات بخش های مختلف، به ویژه بخش هایی که شدت انرژی بالائی دارند، باعث افزایش مصرف انرژی واز این رو انتشار بیشتر دی اکسید کربن در کل صنعت می گردد. مدل مورد استفاده این امکان را فراهم می کند که بخش های تولیدی را بر اساس میزان انتشار این گاز آلاینده در اثر تقاضای نهایی بالا نیز شناسایی و رتبه بندی کنیم.

۵- آگاهی از این نتایج و این نوع رتبه بندی، سیاست گذاران را یاری می‌کند تا در زمینهٔ کنترل آلودگی هوا، انتخاب فن تولید مناسبِ محیط زیست و یا جایگزینی و اصلاح فن‌های تولیدِ انرژی‌بر تر و به تبَع، آلوده کننده‌تر، سیاست‌گذاری‌های هدفمندتر و مؤثرتری صورت دهند. برای مثال، در بخش هایی که دچار فرسودگی و کهنگی فن‌آوری تبدیلِ سوخت به انرژی مصرفی شده اند و یا فن‌های تولید مورد استفاده‌شان نوعاً شدت انرژی و در نتیجه شدت کربن بالایی دارند، مسلماً هم بهره وری و کارایی انرژی پایین است و هم زیان بیشتری به محیط زیست وارد می شود. از طرف دیگر، می توان با استفاده از مکانیسم های مناسب طرف تقاضا از جمله قیمت گذاری و مالیات ستانی، ترکیب و سطح تقاضای نهایی محصولات بخش های آلاینده‌تر را تعدیل و از این رهگذر در کنترل آلودگی، بهینه عمل کرد.

۶- نتایج حاصل از اجرای مدل در جدول انتهای مقاله آمده است. جدول شامل رشته فعالیت های صنعتی اظهار شده در جدول داده- ستاندهٔ ۱۳۸۰(به اضافهٔ دو رشته فعالیت ساختمان های مسکونی و سایر ساختمان ها) است. ارقام این ستون‌ها آشکار می‌سازد که قسمت عمدهٔ انتشار CO_2 توسط اکثرِ رشته فعالیت‌ها، به صورت غیر مستقیم است و نه آنچه که آن‌ها به صورت مستقیم منتشر می‌کنند. در واقع، نمایش این واقعیت ویژگی تحلیل داده ـ ستانده است که ما را در سیاست‌گذاری‌ها و تدابیری که برای برنامه‌ریزی انرژی و کنترل آلودگی‌ها می‌اندیشیم یاری می‌رساند.

۷- همان‌گونه که پیداست رشته فعالیت‌های «پالایش و توزیع گاز طبیعی»، «ساخت محصولات کانی غیرفلزی» و «جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب» به ترتیبِ رتبه‌های یکم تا سوم شدت دی اکسید کربن را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که رتبهٔ آن ها از لحاظ میزان کل تولید CO_2 به ترتیب، ۲، ۱۲ و ۵ می‌باشد. رشته فعالیت «پالایش و توزیع گاز طبیعی» از کل CO_2 تولید شده توسط بخش صنعت ۱۷/۸۲ درصد را به خود اختصاص داده است. «ساخت محصولات کانی غیر فلزی» در مجموع ۲/۰۵٪ از کل CO_2 ی تولید شده توسط بخش صنعت را تولید می‌کنـــد. جایگاه این رشتـه فعالیت ها در بخشِ انتشار کل CO_2 تابع ترکیب و میزان تقاضای نهایی برای محصولات آن‌هاست. قرن آینده را به دلیل ویژگی های بارز گاز طبیعی «قرن گاز طبیعی» خوانده اند. بر اساس پیش بینی های صورت گرفته ، سهم گاز در سبد انرژی مصرفی جهان تا سال ۲۰۲۵ با متوسط رشدسالانه ۲/۲٪ به ۲۵٪ خواهد رسید. قرار گرفتن ایران در رتبه دوم میان کشورهای دارنده ذخایر گاز طبیعی، این حامل را به اصلی ترین سوخت مزیت دار کشور تبدیل کرده است و این بهترین ســوخت جهان می تواند جهش بزرگی در رشد اقتصادی، اشتغال و درآمد سرانه کشور ایجاد کند. جایگزینی این حامل با فراورده های نفتی نه تنها امکان پذیر بلکه از لحاظ اقتصادی نیز صرفه های قابل ملاحظه ای برای کشور به همراه دارد. از این رو، در مورد بخش هایی همچون «پالایش و توزیع گاز طبیعی» و «جمع آوری، تصفیه و توزیع آب» که از رشته فعالیت های کلیدی اقتصاد ما به شمار می روند و تقاضا برای محصولات و خدمات آن ها

1 - backward linkage
2 - forward linkage

بسیار بالاست و روز به روز هم افزایش می یابد، لازم است با دیدگاهی راهبردی و همه جانبه تصمیم گیری شود. پس از این ها، رشته فعالیت های «ساخت محصولات از توتون و تنباکو»، «ساخت شیشه و محصولات شیشه ای»، «ساخت فراورده های نفتی تصفیه شده»، «ساخت محصولات اساسی آهن و فولاد» در مکان های بعدی قرار می گیرند و همان گونه که مشاهده می شود غالباً رشته فعالیت هایی هستند که تقاضای نهایی زیادی برای آن‌ها وجود دارد. به ویژه « ساخت محصولات از توتون» که از لحاظِ شاخص «تولید کل CO_2» رتبهٔ نخست را داراست و حدودِ ۲۶ ٪ از کل CO_2 بخش صنعت را به طور مستقیم و غیر مستقیم تولید می کند.

۸- بهر تقدیر، مدل حاضر این قابلیت را دارد که آلودگی محیط زیست را ضمن لحاظ کردن روابط متقابل بخش های مختلف یک اقتصاد اعم از تولیدی، خدماتی، تقاضای نهایی(شامل خانوارها، دولت، صادرات) و ... براساس هر کدام از طبقه بندی های رایج در حساب های ملی بررسی و مطالعه کند. اگر داده‌های آماری کافی و مناسب برای سایر آلاینده های محیط زیست (از جمله مونواکسید کربن، اکسیدهای گوگرد و نیتروژن و...) نیز وجود داشته باشند می توان با به کارگیری این قبیل مدل ها میزان آلایندگی رشته فعالیت های مختلف را در این مقوله ها نیز اندازه گیری و بررسی کرد.

۹- در پایان یادآور می شود که چون تحلیل داده – ستانده مبتنی بر فرض برقراری رابطهٔ خطی ثابت بین نهاده ها و محصولات بخش ها استوار است نمی توان از نتایج حاصل از آن به تنهایی در سیاست گذاری های کلان استفاده کرد. به خصوص در شرایطی که تغییرات فن‌آورانهٔ شدیدی در کشور رخ دهد باید در استفاده از یافته های آن جانب احتیاط را رعایت کرد.

پیشنهادها

۱- ارزان بودن انرژی در کشور ما یکی از عوامل استفادهٔ غیربهینه از انرژی است. نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهد تقاضای حامل‌های انرژی در بخش تولیدات صنعتی کشور از نظر قیمت کم کشش است. افزون براین، استهلاک شدید ماشین آلات سرمایه ای مصرف کنندهٔ انرژی، فقر فن‌آورانه و نیز نبودِ الگوی جامع استاندارد مصرف انرژی در کشور سبب شده ساختار تولیدی کشور به سمت انرژی‌بریِ بیشتر حرکت کند. لذا برای مدیریت صحیح تقاضای انرژی و کنترل آلاینده‌زایی این بخش تدوین یک راهبرد توسعهٔ اقتصادی همه جانبه و سیستمی که کل ساختار تولیدی کشور را هماهنگ با بخش انرژی کشور زیر نظر قرار دهد و نیز استفاده از ترکیب سیاست قیمتی، یعنی حرکت به سوی قیمت‌های متناسب با هزینه نهایی و سیاست غیر قیمتی، یعنی کاربرد ابزارهای قانونی، استانداردها، مقررات و .... در راستای افزایش بازده و بهبود کارایی فنی وسایل و فن‌آوری‌های مصرف انرژی، ایجاد تغییرات مناسب در ساختار تولیدات و نوآوری، تدوین سیستم کارآمد توزیع سوبسید، مالیات ستانی و...می تواند مفید واقع گردد.

۲- یک سیستم اطلاعات آماری مدون در بخش انرژی، هماهنگ با نیاز های آماری بخش های مطالعاتی و تصمیم گیرندهٔ کشور به گونه ای که کلیهٔ آمار و اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل های مختلف از طریق این سیستم جمع آوری و به روز گردد، مورد نیاز است

۳- پذیرش و اجرای طبقه بندی های استاندارد بین المللی در زمینهٔ حساب های ملی در بخش انرژی کشور اجتناب ناپذیر است، تا مبناهای آماری سازمان های متولی ارایهٔ آمار، به منظور بهینه سازی نتایج مطالعات علمی و کاربردی، همسو و یکسان گردند.

۴- در مورد رشته فعالیت هایی از قبیل «پالایش و توزیع گاز طبیعی که نیازهای اساسی کشور را تامین و از فن‌آوری‌های پیشرفته و سنگین استفاده می‌کنند، باید تصمیم‌های راهبردی و با دیدگاه بلند مدت اتخاذ گردد. چرا که برای مثال این رشته فعالیت، خود انرژی پاکی

تولید می‌کند، اما خودش سهم عمده‌ای در ایجاد آلودگی دارد.

۵- تصمیم گیری در این حوزه ها، نیازمند عزم جدی ملّی و اتخاذ رویکردی سیستمی است. لذا موفقیت در این حوزه همکاری وزارتخانه‌های نفت، نیرو، صنایع و معادن و سازمان هایی همچون «سازمان حفاظت محیط زیست» و NGOهای طرفدار محیط زیست و مراجع قانون‌گذاری را طلب می‌کند. برای این منظور، ایجاد و تقویت یک سازمان مرکزیِ متولیِ سامان‌دهی به حرکت سازمان ها و نهادهای مسئول در مورد انرژی می تواند مسیر حرکت انرژی کشور را برنامه دار، دایماً کنترل و با تغییرات و اهداف و سیاست های کلی کشور هماهنگ کند.

پیوست : جدول شدت و میزان انتشار دی اکسید کربن بر حسب رشته فعالیت های صنعتی ایران در سال ۱۳۸۰

ردیف	واحد شدت CO_2 : تن CO_2 بر میلیون ریال واحد انتشار CO_2 : هزار تن رشته فعالیت / شرح	شدت دی اکسید کربن(متناظر با :)				دی اکسید کربن منتشر شده (منتسب به :)				ردیف
		تقاضای مستقیم تولید	تقاضای غیر مستقیم تولید	تقاضای کل تولید	رتبه براساس شدت کل CO_2	تقاضای مستقیم تولید	سهم از کل	تقاضای غیر مستقیم تولید	سهم از کل	تقاضای کل تولید	رتبه براساس تولید کل CO_2
		c'f	c'f(A.+A.'+...)	c'[(I-A.)^-1]		c'f	٪	c'f(A.+A.'+...)	٪	c'f[(I-A.)^-1]	
	شرح	(۱)	(۲)=(۳)-(۱)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)=(٥)/(٩)	(۷)=(۹)-(٥)	(۸)=(۷)/(۹)	(۹)	(۱۰)
۱	ساخت انواع روغنها و چربیها	۰,۰٤۹	۰,۱٦۲	۰,۲۱۱	۱۷	٦۰,٦	۲۳,۰	۲۰۲,۸	۷۷,۰	۲٦۳,٤	۲۹
۲	ساخت سایر محصولات غذائی و انواع آشامیدنیها	۰,۰٥۸	۰,۱٤٤	۰,۲۰۲	۱۸	۱۹۰,۰	۲۸,۹	٤٦۸,۲	۷۱,۱	٦٥۸,۳	۲۱
۳	ساخت محصولات از توتون وتنباکو	۰,۰٤٦	۰,۳۷۱	۰,٤۱۷	٤	۳٥۰٦,٤	۱۱,۰	۲۸٥۱۲,۸	۸۹,۰	۳۲۰۱۹,۲	۱
٤	ساخت منسوجات	۰,۰٤۸	۰,۰۹۷	۰,۱٤٥	۳٤	۸۹,۳	۳۳,۳	۱۷۸,٥	٦٦,۷	۲٦۷,۸	۲۸
٥	ساخت پوشاک ، عمل آوری و رنگ کردن پوست خزدار	۰,۰۰٥	۰,۱۷٦	۰,۱۸۱	۲۳	٦۷,۱	۲,٦	۲٥٦۰,۲	۹۷,٤	۲٦۲۷,۳	۱۰
٦	دباغی و پرداخت چرم ، ساخت چمدان ، کیف دستی و ...	۰,۰۲۹	۰,۱۳٤	۰,۱٦۳	۲۷	۲۷۹,٥	۱۷,٦	۱۳۱۰,٥	۸۲,٤	۱٥۹۰,۰	۱٤
۷	ساخت چوب و محصولات چوبی و ساخت کالا از نی و خیزران	۰,۰۷٦	۰,۲۳۱	۰,۳۰۷	۱۰	۳۱۳,۹	۲٤,۹	۹٤۸,۹	۷٥,۱	۱۲٦۲,۸	۱٦
۸	ساخت کاغذ و محصولات کاغذی	۰,۰۷٥	۰,۱٥۷	۰,۲۳۲	۱٥	-۲,۹	۳۲,٤	-٦,۱	٦۷,٦	-۹,۱	۳٦
۹	انتشار ، چاپ وتکثیر رسانه های ضبط شده	۰,۰۲۸	۰,۱٤٦	۰,۱۷٤	۲٦	٤۹,٥	۱٦,۰	۲٦۰,٦	۸٤,۰	۳۱۰,۲	۲۷
۱۰	ساخت فرآورده های نفتی تصفیه شده	۰,۱۳۷	۰,۲٦۳	۰,٤۰۰	٦	۱٦۲۰,٥	۳٤,۲	۳۱۱۹,٦	٦٥,۸	٤۷٤۰,۱	۷
۱۱	ساخت مواد و محصولات شیمیائی	۰,۱۲۰	۰,۱۲۳	۰,۲٤۳	۱٤	۱٥٤٥,۱	٤۹,٤	۱٥۸٤,٤	٥۰,٦	۳۱۲۹,٥	۹
۱۲	ساخت محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۰,۰٤٤	۰,۱۷۱	۰,۲۱٥	۱٦	۹٦,۲	۲۰,٤	۳۷٦,۱	۷۹,٦	٤۷۲,٤	۲٥
۱۳	ساخت شیشه و محصولات شیشه ای	۰,۲۱۳	۰,۲۰۲	۰,٤۱٥	٥	۳۰٦,۹	٥۱,۳	۲۹۱,۷	٤۸,۷	٥۹۸,۷	۲۲

مأخذ: محاسبات نویسندگان

جدول شدت و میزان انتشار دی اکسید کربنِ رشته فعالیت های صنعتی اقتصاد ایران در سال ۱۳۸۰(دنباله)

مأخذ: محاسبات نویسندگان

ردیف	واحدِ شدتِ CO_2 : تن CO_2 بر میلیون ریال واحدِ انتشار CO_2 : هزارتن شرح / رشته فعالیت	شدت دی اکسید کربن(متناظر با :)				دی اکسید کربن منتشر شده (منتسب به :)					
		تقاضای مستقیم تولید	تقاضای غیر مستقیم تولید	تقاضای کل تولید	رتبه‌براساس شدت‌کلِ CO_2	تقاضای مستقیم تولید	سهم از کل	تقاضای غیر مستقیم تولید	سهم از کل	تقاضای کل تولید	رتبه‌براساس تولیدکلِ CO_2
		c'f	c'f(A,+A,'+...)	c'f(I-A,)$^{-1}$		c'fY	٪	c'f(A,+A,'+...)Y	٪	c'f(I-A,)$^{-1}$Y	
		(۱)	(۲)=(۳)-(۱)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)=(٥)/(۹)	(۷)=(۹)-(٥)	(۸)=(۷)/(۹)	(۹)	(۱۰)
۱٤	ساخت محصولات کانی غیر فلزی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۰,٦٥۱	۰,۱۷٤	۰,۸۲٥	۲	۱۹۸۹,٤	۷۸,۹	٥۳۲,٤	۲۱,۱	۲٥۲۱,۷	۱۲
۱٥	ساخت محصولات اساسی آهن و فولاد	۰,۲٦۰	۰,۱۲۹	۰,۳۸۹	۷	۱۰۰٥,٥	٦٦,۸	٥۰۰,۳	۳۳,۲	۱٥۰٥,۹	۱٥
۱٦	ساخت محصولات اساسی مس	۰,۱۱۲	۰,۲۱۲	۰,۳۲٤	۸	۲۹۰,٦	۳٤,۷	٥٤۷,۹	٦٥,۳	۸۳۸,٥	۲۰
۱۷	ساخت محصولات اساسی آلومینیوم	۰,۰۲۲	۰,۱٥٦	۰,۱۷۸	۲٥	۲۱,۲	۱۲,۱	۱٥۳,۷	۸۷,۹	۱۷٤,۹	۳۱
۱۸	ساخت سایر فلزات اساسی و ریخته گری فلزات	۰,۱٤۹	۰,۱۷٤	۰,۳۲۲	۹	۱٤۸٥,٦	٤٦,۱	۱۷۳٤,٦	٥۳,۹	۳۲۲۰,۳	۸
۱۹	ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	۰,۰۲۷	۰,۱٦۷	۰,۱۹٤	۲۲	۱۲۷,٥	۱۳,۷	۸۰۱,۹	۸٦,۳	۹۲۹,٤	۱۸
۲۰	ساخت ماشین آلات با کاربرد عام	۰,۰٤۰	۰,۱٥٥	۰,۱۹٤	۲۱	٤٦۲,۸	۲۰,٤	۱۸۰٦,۹	۷۹,٦	۲۲٦۹,۷	۱۳
۲۱	ساخت ماشین آلات با کاربرد خاص	۰,۰۱۷	۰,۱۳۱	۰,۱٤۸	۳۳	۱۰۲,۲	۱۱,٦	۷۸۱,۲	۸۸,٤	۸۸۳,٤	۱۹
۲۲	ساخت وسائل خانگی	۰,۰۱۹	۰,۰٦۸	۰,۰۸۷	۳٦	۳۷,٦	۲۲,۲	۱۳۱,٦	۷۷,۸	۱٦۹,۲	۳۲
۲۳	ساخت ماشین آلات دفتری ، حسابداری و محاسباتی	۰,۰۰۷	۰,۱٥۱	۰,۱٥۸	۲۸	٥۰,٥	٤,٦	۱۰٤۲,٦	۹٥,٤	۱۰۹۳,۲	۱۷
۲٤	ساخت ماشین آلات و دستگاههای برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۰,۰۱۹	۰,۱۳۰	۰,۱٤۹	۳۲	٦۷,۲	۱۲,۷	٤٦٤,۰	۸۷,۳	٥۳۱,۲	۲٤
۲٥	ساخت رادیو ، تلویزیون و دستگاهها و سایل ارتباطی	۰,۰۰٥	۰,۱۲٤	۰,۱۲۹	۳٥	۳,٦	۳,٦	۹۸,٦	۹٦,٤	۱۰۲,۲	۳٤

جدول شدت و میزان انتشار دی اکسید کربن رشته فعالیت های صنعتی اقتصاد ایران در سال ۱۳۸۰(ذنباله)

واحد شدت CO_2 : تن CO_2 بر میلیون ریال واحد انتشار CO_2 : هزارتن		شدت دی اکسید کربن(متناظر با :)				دی اکسید کربن منتشر شده (منتسب به :)					
ردیف رشته فعالیت / شرح	تقاضای مستقیم تولید	تقاضای غیر مستقیم تولید	تقاضای کل تولید	رتبه براساس شدت کل CO_2	تقاضای مستقیم تولید	سهم از کل	تقاضای غیر مستقیم تولید	سهم از کل	تقاضای کل تولید	رتبه براساس تولید کل @CO_2
	$c'f$	$c'f(A.+A.^2+...)$	$c'f(I-A.)^{-1}$	CO_2	$c'fY$	٪	$c'f(A.+A.^2+...)Y$	٪	$c'f[I-A.)^{-1}Y$	
	(۱)	(۲)=(۳)-(۱)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)=(٥)/(٩)	(٧)=(٩)-(٥)	(٨)=(٧)/(٩)	(٩)	(١٠)
۲٦ ساخت ابزار پزشکی	۰,۰۳۰	۰,۱۲۳	۰,۱۵۲	۳۰	٤٦,۸	۱۹,٥	۱۹۳,٥	۸۰,٥	۲٤۰,۳	۳۰
۲۷ ساخت ابزار اپتیکی و ابزار دقیق ، ساعتهای مچی و انواع دیگر ساعت	۰,۰۲۲	۰,۱۲۸	۰,۱۵۰	۳۱	۸۹٤,۱	۱٤,٥	٥۲٦۲,۷	۸٥,٥	٦۱٥٦,۸	٦
۲۸ ساخت وسائل نقلیه موتوری ، تریلر و نیم تریلر	۰,۰۰٦	۰,۱٥۱	۰,۱٥۷	۲۹	۱٤,٤	٤,۰	۳٤۳,٤	۹٦,۰	۳٥۷,۸	۲٦
۲۹ ساخت سایر تجهیزات حمل ونقل	۰,۰۱۸	۰,۱۷۷	۰,۱۹٥	۲۰	٥۳,۸	۹,۲	٥۳۳,٤	۹۰,۸	٥۸۷,۲	۲۳
۳۰ ساخت مبلمان	۰,۰٤۸	۰,۲۲۸	۰,۲۷٦	۱۳	۱۲۹۸,۸	۱۷,٥	٦۱۰۲,۹	۸۲,٥	۷٤۰۱,۷	٤
۳۱ ساخت مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر و بازیافت	۰,۰٤٦	۰,۲٤۰	۰,۲۸٦	۱۲	۲۲۸٦,٦	۱٦,۱	۱۱۹۰۷,٥	۸۳,۹	۱٤۱۹٤,۲	۳
۳۲ تولید ، انتقال و توزیع برق	۰,۲۲۷	۰,۰۷٦	۰,۳۰۳	۱۱	۲۳,٦	۷٥,۰	۷,۸	۲٥,۰	۳۱,٤	۳٥
۳۳ پالایش و توزیع گاز طبیعی	۲۰,۲٤٥	۰,۱۳۸	۲۰,۳۸۳	۱	۲۱۷۸۳,۷	۹۹,۳	۱٤۸,٦	۰,۷	۲۱۹۳۲,۳	۲
۳٤ جمع آوری ، تصفیه و توزیع آب	۰,۳۷٤	۰,۱٥۱	۰,٥۲٦	۳	٥۱۷۲,۸	۷۱,۲	۲۰۹۰,٥	۲۸,۸	۷۲٦۳,۳	٥
۳٥ ساختمان های مسکونی	۰,۰۰۰	۰,۱۷۸	۰,۱۷۸	۲٤	۰,۳	۰,۲	۱٦٥,٥	۹۹,۸	۱٦٥,۸	۳۳
۳٦ سایر ساختمانها	۰,۰۸٦	۰,۱۱٦	۰,۲۰۱	۱۹	۱۰۸۷,۲	٤۲,٥	۱٤۷۰,٤	٥۷,٥	۲٥٥۷,۷	۱۱
جمع کل					٤٦٤۲۸,۰		۷٦٦۳۰,٥		۱۲۳۰٥۸,٥	

مأخذ: محاسبات نویسندگان

منابع

1- Siebert, H. (2005). "*Economics of the Environment: Theory and Policy*", 6th edition, Springer, Berlin, 2005.

۲- محمدباقری، اعظم. «تاثیر توافقات بین المللی زیست محیطی بر اقتصاد کشورهای عضو اپک». فصلنامهٔ بررسی های اقتصادی انرژی، سال دوم. شماره ۴، تابستان ۱۳۸۵.

3- Energy Information Administration (2003). "Energy-Related Carbon Dioxide Emissions" (www.eia.dow.gov/iea/).

۴- پرمن، راجر. یوما، جیمز. ری، مک گیل. (نویسندگان). ارباب، حمیدرضا. (مترجم). «*اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*». چاپ اول، تهران: نشر نی ۱۳۸۲.

5- Freestone,D.(1998). "*International Environmental Conventions*". [http://www.ilo.org/encyolopedia/].

6- Wikipedia (free online encyclopedia). "Kyoto Protocol" [http://en.wikipedia.org].

۷- اخباری، محمد. «*آلاینده زایی مصارف خانوارها با استفاده از تحلیل جدول داده-ستانهٔ زیست محیطی سال ۱۳۷۸*». مجموعه مقاله‌های دومین همایش کاربرد تکنیک های داده-ستانده در برنامه‌ریزی اقتصادی و اجتماعی(اسفند۱۳۸۱)،تهران:مرکز تحقیقات اقتصاد ایران ۱۳۸۲.

۸- وصفی اسفستانی، شهرام. «*بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی، محیط زیست و انرژی در قالب الگوی داده ـ ستانهٔ بسط یافته با تاکید بر انتشار دی اکسید کربن (CO_2) در ایران*». رسالهٔ کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد، ۱۳۸۵.

9- Cumberland, J.H. (1966). "*A Regional Inter-industry Model for Analysis of Development Objectives*" Papers of the Regional Science Association, vol 17, pp.65-95.

10- Leontief, W.(1970). "*Environmental Repercussions and the Economic Structure: an Input-Output Approach*". Review of Economics and Statistics, 52(Aug.), 262-71.

11- Leontief, W. and D. Ford(1972). "*Air Pollution and Economic Structure: empirical results of Input-Output Computations*", in A. Brody and A.P. Carter (eds.), Input-Output Techniques, American Elsevier, New York, pp.9-30.

12- Hoekstra, R.(2005). "*Economic Growth, Material Flows and the Environment*". Edward Elgar Publication Ltd., Cheltenham.

13- Proops,J.L.R., M. Faber,and G. Wagenhals(1993). "*Reducing CO2 emissions: A Comparative I-O Study for Germany and the UK*", Springer-Verlag, Heidelberg.

14- Lenzen, M., 1998, "Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: and Input-Output analysis." Energy Policy, 26 (6), PP. 495-506, 1998.

15- Lenzen M., et al. (2003). "Environmental impact assessment including indirect effects-a case study using input-output analysis". Environmental Impact Assessment Review, Vol. 23, 2003, PP. 263-282.

16- Wilting, H. C. *et al.*(2004), "*Exploring Technology Scenarios with an Input-Output Model.*" Paper for the Conference on Input-Output and General Equilibrium – 'Data, Modeling and Policy Analysis'. Sep. 2-4, 2004, Brussels.

17- Cruz, L. M. G., (2004). "*Energy Use and CO_2 Emissions in Portugal*". Paper for the Conference on Input-Output and General Equilibrium – 'Data, Modeling and Policy Analysis'. Sep. 2-4, 2004, Brussels.

18- Mongelli, I, et al., (2006). "Global warming agreements, international trade

and energy / carbon embodiments: an input-output approach to the Italian case". Energy Policy, Vol 34, 2006, PP. 88-100.

19- Ipek Tunc, G. *et al*, (2006). "CO_2 emissions vs. CO_2 responsibility: An input-output approach for the Turkish economy." Energy Policy, vol.35, 2006.

20- Moran, M. A. T., Gonzalez, P., (2006). "A combined input-output and sensitivity analysis approach to analysis sector linkages and CO2 emissions". Energy Economics, 2006.

۲۱- وزارت نیرو، معاونت امور انرژی .« ترازنامهٔ انرژی سال ۱۳۸۳» . تهران: ۱۳۸۴.

۲۲- وزارت نیرو، معاونت امور انرژی .« ترازنامهٔ انرژی سال ۱۳۸۰» . تهران: ۱۳۸۱.

۲۳- لئون تیف، واسیلی. (نویسنده). صدیقی، کورس. (مترجم). *«اقتصاد داده-ستانده»*. تهران: وزارت برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی و انتشارات ۱۳۶۵.

24- ten Raa, T. (1994). "*On the methodology of input-output analysis*" Regional Science and Urban Economics 24 (1994) 3-25.

25- United Nations (1999). "*Hand book of Input-Output Table Compilation and Analysis*". Department for Economic and Social Affairs Statistics Division, NY, 1999.

[http://unstats.un.org/unsd/sna1993].

26- Polenske, Karen R. (2000), "*Comparative Analysis of Carbon – Intensity Differences from Coal Consumption*", Presented at the International Symposium on Structural Change in the US and Pacific Relations, Possibilities of Regional Integration. October, 2000, Tokyo, Japan.

27- Intergovernmental Panel on Climate Changes (1996). "Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventions, Module 1 Energy". UN

۲۸- مرکز آمار ایران «*جدول داده ـ ستاندهٔ ۱۳۸۰ کشور*» سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ، مرکز آمار ایران، ۱۳۸۶.

۲۹- ترابی، تقی و دیبائی، فریده. «*جدول داده-ستاندهٔ سال ۱۳۸۰ ایران و قابلیت‌های آن در تحلیل‌های اقتصادی و مطالعات ساختاری*». مجموعه مقاله‌های دومین همایش‌کاربرد تکنیک‌های داده-ستانده در برنامه‌ریزی اقتصادی و اجتماعی (اسفند۱۳۸۱)، تهران: مرکز تحقیقات اقتصاد ایران ۱۳۸۲.

30- Volpi, L. (2003). "*Big matrix Package for Excel, ver.1.0*". Foxes Team, Roma, Italy.