Archive of SID

فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال پنجم/ شماره ۲/ تابستان ۱۳۹۷/ صفحات ۲۲۲-۱۹۹

تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی با استفاده از روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا (LMDI)

محسن پورعبادالهان کویچ*
دانشیار اقتصاد دانشگاه تبریز، Mohsen_p54@hotmail.com
فیروز فلاحی
دانشیار اقتصاد دانشگاه تبریز، Firfal@yahoo.com
الهام علی‌زاده
کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه تبریز، Alizadeheconomic3400@yahoo.com
خدیجه صالحی ابر
دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه تبریز، Salehi_kh90@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۰۱

چکیده
آلودگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی جهان امروز است. در این میان گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، بیشترین سهم را از انتشار گازهای گلخانه‌ای به خود اختصاص می‌دهد. طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳، بخش صنعت ایران با داشتن سهم متوسطی حدود ۱۶/۱ درصد، نقش بسزایی در انتشار دی‌اکسیدکربن در بین کل بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کشور داشته است.در این میان سهم شهرهای بزرگ و کلان شهرها در آلودگی هوا که بخش اعظمی از صنایع را در خود جای داده‌اند به‌مراتب بیشتر است. استان آذربایجان شرقی با تمرکز صنایع تولید ماشین‌آلات و تجهیزات، یکی از قطب‌های صنعتی کشور به شمار رفته و از جمله استان‌های با سطح آلودگی بالا می‌باشد. به. بر همین اساس در مطالعه حاضر، انتشار دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی منظور کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در استان، شناخت عوامل موثر بر تغییرات انتشار آن ضروری می‌باشداستان آذربایجان شرقی طی دوره زمانی ۱۳۹۳–۱۳۸۰، به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه می‌شود و با استفاده از روش LMDI، اثر تغییر هر یک از آنها بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در اثر فعالیت و اثر ضریب انتشار به ترتیب بیشترین اثررا بر رشد انتشار دی‌اکسیدکربن زیربخش‌های صنعتی استان داشته‌اند. در نقطه مقابل، تغییرات اثر شدت انرژی، اثر ساختاری و اثر ترکیب سوخت عوامل اصلی کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی:تحلیل تجزیه شاخص، انتشار دی‌اکسیدکربن، زیربخش‌های صنعتی، روش LMDI، استان آذربایجان شرقی، ایران
طبقه‌بندی JEL: Q50، Q51، Q53.

* نویسنده مسئول مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آلودگیناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی جهان امروز است. اهمیت آلودگی هوا به‌اندازه‌ای است که در بسیاری از قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی به آن توجه شده است. از جمله کنفرانس ملل متحد در سال ۱۹۹۲، معاهده‌ای تحت عنوان کنوانسیون تغییرات آب و هوایی تصویب کرد که هدف آن جلوگیری از تغییرات غیرعادی اقلیمی و گرم شدن فاجعه‌بار کره زمین است و پیمان کیوتو که در سال ۲۰۰۵ وضع شد، اولین توافق‌نامه‌ای است که سعی می‌کند انتشار گازهای گلخانه‌ای را محدود کند.

نزدیک به دوسوم از تولید گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۲ از ده کشور نشأت گرفته که چین با سهم ۲۶ درصد و ایالت متحده امریکا با سهم ۱۶ درصد از همه کشورها پیشی گرفته‌اند، ایران نیز در رتبهٔ نهم این رده‌بندی قرار دارد (آژانس بین‌المللی انرژی[1]، ۲۰۱۴، ص، ۹) در این میان دی‌اکسیدکربن (CO_2) ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، بیشترین سهم را از انتشار گازهای گلخانه‌ای به خود اختصاص می‌دهد. آمار موجود در ایران نشان می‌دهد که سرانه انتشار CO_2 از ۳/۱۷ تن در سال ۱۹۹۰ به ۶/۹۶ تن در سال ۲۰۱۲ افزایش یافته است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۴، ص، ۸۷) یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها که به‌طور گسترده در خصوص حفاظت از محیط زیست ملاک مقایسه کشورها بوده و به‌صورت سالانه منتشر می‌شود، شاخص عملکرد محیط زیست (EPI[2]) است که ایران در سال ۲۰۱۲ از نکته نظر این شاخص در رتبه ۱۱۴ جهان قرار گرفته است، در حالی که در سال ۲۰۱۰ در رتبه ۷۸، در سال ۲۰۰۸ در رتبه ۶۷ و در سال ۲۰۰۶ در رتبه ۵۳ قرار داشته است. نزول رتبهٔ ایران در شاخص عملکرد محیط زیست، اهمیت توجه به این مقوله را بیشتر می‌سازد (فطرس و براتی[3]، ۱۳۸۹).

بخش صنعت ایران طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۰، با داشتن سهمی به‌طور متوسط حدود ۱۶/۱ درصد، نقش بسزایی در انتشار CO_2 در بین کل بخش‌های مصرف‌کننده انرژی

[1] International Energy Agency
[2] Environmental Performance Index
[3] Fotros & Baraty (2010)

www.SID.ir

Archive of SID

داشته است. کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر به‌عنوان صنایع متوسط و بزرگ[۱]، در سال ۱۳۹۳ بیش از ۸۱ درصد از انرژی مصرفی بخش صنعت را در اختیار داشته‌اند. این کارگاه‌ها در۲۳ زیربخش صنعتی (کدهای دو رقمی ISIC[۲]) طبقه‌بندی شده‌اند.در این میان، شهرهای بزرگ و کلان شهرها که بخش اعظمی از صنایع را در خود جای داده‌اند در آلودگی هوا سهم عمده‌ای دارند. استان آذربایجان شرقی به دلیل استقرار کارخانه‌های بزرگ صنعتی، موقعیت مناسبی در اقتصاد کشور به‌ویژه در شمال غرب کشور داشته و جزء صنعتی‌ترین استان‌های کشور محسوبمی‌شود. آمار موجود نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۳، به میزان ۵/۶ درصد از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر کشور، در استان آذربایجان شرقی قرار داشته است.به‌منظور کنترل و کاهش آلودگی‌هایی همچون CO_2 در استان‌های صنعتی همچون آذربایجان شرقی لازم است که عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی‌های مزبور مورد بررسی قرار گیرد. از همین روی مطالعه حاضر با استفاده از آمار و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان آذربایجان شرقی طی دوره زمانی۱۳۹۳-۱۳۸۰، به تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی CO_2 زیربخش‌های صنعتی (در سطح کدهای دو رقمی ISIC) به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار می‌پردازد و با به‌کارگیری فرم جمعی روش LMDI[۳]، اثر تغییر در هر یک از عوامل مذکور را بر روی تغییرات انتشار CO_2 زیربخش‌های مزبور مورد بررسی قرار می‌دهد.

در این مطالعه سعی می‌شود تا ضمن تحلیل روند عوامل مذکور به سؤالات زیر پاسخ داده شود:

۱. تأثیر افزایش تولیدات صنعتی در تغییرات انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتیاستان آذربایجان شرقی چقدر بودهاست؟
۲. تغییرات ساختاری صورت گرفته در طی دوره مورد بررسی چه اثری بر روند تغییرات انتشارCO_2 زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی داشته است؟
۳. تأثیر تغییرات شدت انرژی در تغییرات انتشارCO_2 زیربخش‌های صنعتی استان

---

[۱] کارگاه صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر کارگاهی است که متوسط تعداد کارکنانش در سال‌های مورد بررسی، ده نفر و بیشتر بوده است. علت انتخاب کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر آن است که این کارگاه‌ها بخش اعظم کارگاه‌های صنعتی در ایران را تشکیل می‌دهند و همچنین دارای آمار و اطلاعات منسجم سری‌زمانی می‌باشند.

[2] International Standard Industrial Classification of all Economic Activities

[3] Logarithmic Mean Divisia Index

www.SID.ir

Archive of SID

آذربایجان شرقی به چه میزان بودهاست؟

۴. تغییر در ترکیب سوخت‌های مصرفی مختلف چه سهمی در تغییرات روند انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی استانآذربایجان شرقی داشته است؟

۵. تغییر در ضریب انتشار سوخت‌های مختلف چه سهمی در تغییرات انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی داشته است؟

سازمان‌دهی مقاله به این ترتیب است که در ادامه و در بخش دوم، مبانی نظری و در بخش سوم پیشینه تجربیتحقیق آورده شده است. در بخش چهارم روش‌شناسی تحقیق و در بخش پنجمتجزیه و تحلیل یافته‌ها ارائه می‌گردد. در نهایت، در بخش ششم به نتیجه‌گیریو ارائه پیشنهادات سیاستی پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری

در پی وقوع بحران نفتی جهان در دهه ۱۹۷۰، محققان درصدد ارائه روشی برای تعیین میزان تغییرات اثر ساختاری بر تقاضای انرژی صنعتی برآمدند تا شناخت ژرف‌تری از سازوکارهای موجود تغییر در مصرف انرژی صنعتی را کسب کنند (فطرس و براتی[1]، ۱۳۹۲). از این روی، انگیزه اصلی در زمینه مطالعات تحلیل تجزیه (DA[2])، عمدتاً به بهره‌وری انرژی و به‌طور غیرمستقیم به امنیت انرژی ارتباط دارد.تا حدود سال ۱۹۹۰ تغییراتاندکی در این زمینه به وجود آمد. پس از سال ۱۹۹۰، با تغییرات آب‌وهوا و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای که تبدیل به یک مسئله جهانی شد، تحلیل تجزیه برای مطالعات انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌طور خاص در مورد انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی نیز مورد استفاده قرار گرفت (شو و آنگ[3]، ۲۰۱۳).

به‌طور کلی، در بررسی موضوع تجزیه و برای تحلیل عوامل مؤثر بر انتشار CO_2، طی دو دهه گذشته دو رویکرد متفاوت تحلیل تجزیه ساختاری (SDA[4]) وتحلیل تجزیه شاخص (IDA[5]) به کار گرفته شده است.

هر کدام از این تکنیک‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. IDA یک روش ساده است که از داده‌های تجمیع شده در سطح بخشی و در سطح کلان استفاده می‌کند و نیاز به

[1] Fotros & Baraty (2013)
[2] Decomposition Analysis
[3] Xu & Ang
[4] Structural Decomposition Analysis
[5] Index Decomposition Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌هـای کمتری دارد، در حـالی که SDA از اطلاعات جداول داده-سـتانده اسـتفاده می‌کند که هر چند سـال یکبار تهیه می‌شود و داده‌های سالانه آن در دسترس نیست. از همین روی تکنیک IDA بیشتر توسعه یافته است.

رویکرد IDA بر اسـاس«نظریـه اعداد شـاخص[1]» می‌باشـد و به دلیل انعطاف‌پذیری محاسباتی می‌توان از روش‌های مختلفی برای شاخص‌سازی آن استفاده کرد. به‌طور کلی این رویکرد، به دو روش IDA بر پایه شاخص لاسپیرز[2](شامل شاخص اصلاح شده فیشر، شـاخص ایده‌آل فیشـر، شـاخص شـپلی-سان و شاخص مارشال–اجورث) و IDA بر پایه شـاخص دیویژیا[3](شـامل شـاخص دیویژیای میانگین حسـابی (AMDI[4]) و شـاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)) تقسیم‌بندی می‌شود (لین و دیو[5]، ۲۰۱۴).

اغلـب روش‌هـای متداول اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ به‌طور مفهومی مرتبط با شـاخص لاسـپیرز می‌باشـند (جونگ و کیم[6]، ۲۰۱۳).با این وجود از جمله مشـکلات تکنیک‌های شـاخص لاسپیرز آن است که در هنگام افزایش تعداد عوامل (به بیش از سه مورد) فرمول‌هـای محاسـباتی آن‌ها، شـکل پیچیده‌تری پیدا می‌کنند،از همین روی تکنیک‌های شاخص دیویژیا بهتر می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

برای اولین بار روش شـاخص دیویژیا، به‌عنوان یک روش جایگزین برای شاخص لاسپیرز توسط بوید و همکاران[7] (۱۹۸۷) پیشنهاد گردید.

رویکردهـای LMDI و AMDI کـه بـه عنوان شـاخص‌های دیویژیا در دو فرم جمعی و ضـربی مطرح می‌گردند، دارای شـباهت‌ها و تفاوت‌هایی می‌باشـند. روش AMDI اکثر ویژگی‌هـای تکنیک LMDI را دارد، به‌طوری که در بسـیاری از مسـائل می‌توان از آن بـه‌جای LMDI اسـتفاده کرد و نتایج نزدیکی به دسـت آورد. با این وجود AMDI در مقایسـه با رویکرد LMDI دارای دو کاسـتی زیر می‌باشـد: اول آن که «آزمون برگشـت عامل۸» در روش AMDI برقرار نیسـت، بنابراین این روش در برخی از شـرایط به‌طور مثال در تجزیه بین کشـوری که اختلاف بزرگی در بین داده‌ها وجود دارد می‌تواند منجر

[1] Theoretical Foundation
[2] Laspeyres IDA
[3] Divisia IDA
[4] Arithmetic Mean Divisia Index
[5] Lin & Du
[6] Jeong & Kim
[7] Boyd et al.
[8] Factor-Reversal Test

www.SID.ir

Archive of SID

به ایجاد پسماند گردد. دومین کاستی روش مزبور هنگامی است که مجموعه داده‌ها حاوی مقادیر صفر است.

در هر دو موقعیت ذکر شده روش LMDI می‌تواند به‌عنوان روشی بهتر جایگزین AMDI شود. به طوری که در هر دو فرم ضربی و جمعی این شاخص،«آزمون برگشت عامل» برقرار می‌باشد، به این معنی که تجزیه تغییر در عوامل را بدون هیچ پسماندی انجام می‌دهد. ویژگی دیگر این شاخص آن است که در مسائل متفاوت به لحاظ تعداد عوامل مؤثر، از فرمول مشابهی استفاده می‌کنند. از سوی دیگر بین دو فرم ضربی و جمعی شاخص مزبور رابطه ساده‌ای وجود دارد که توضیح مفهوم آن دو را آسان‌تر می‌کند. وجود ارتباط بسیار ساده و مستقیم بین روش ضربی و جمعی، یک ویژگی خوب از نظر روش‌شناسی است. بنابراین شاخص LMDI در مقایسه با سایر تکنیک‌های شاخص‌سازی از مشخصه‌های بهتری برخوردار است. از همین روی در این مطالعه نیز از این شاخص استفاده خواهد شد.

همان طور که بیان شد، تجزیه بر اساس روش LMDI می‌تواند در قالب دو فرم جمعی و ضربی صورت پذیرد. انتخاب بین دو فرم مذکور علی‌رغم وجود تفاوتهای کوچک از نظر روش محاسبه، نسبتاً دلخواه بوده و تفاوت اصلی آنها در سهولت استفاده و تفسیر نتایج می‌باشد (آنگ، ۲۰۰۴). در این میان تفسیر نتایج در روش تجزیه جمعی آسان است و به‌عنوان یک نتیجه از سهولت تشخیص تغییر جهت،این روش بیشتر در مطالعات به کار می‌رود. فرم ضربی نیز بیشتر برای مقایسه روند تغییرات انتشار گازهای آلاینده در کشورهای مختلف که هم‌تراز نمی‌باشند، کاربرد دارد[۱](پورعبادالهان کویچ و همکاران[۲]، ۱۳۹۳). به‌علاوه، هر تحلیل تجزیه شاخص می‌تواند به دو صورت دوره‌ای و سری زمانی مورد بررسی قرار گیرد که در صورت وجود داده‌های کافی تجزیه سری زمانی (سال به سال) ترجیح داده می‌شود، چرا که نتایج حاصل از این روش دگرگونی ناشی از انتخاب تغییرات فناوری را کاهش می‌دهد. فلذا مطالعه حاضر با استفاده از روش جمعی و به صورت سری زمانی (سال به سال) انجام می‌گیرد.

۳- پیشینه تجربی تحقیق

[۱] برای اطلاعات بیشتر در مورد روش ضربی و جمعی LMDI به ترتیب می‌توان به مطالعه Ang and Liu (2001) و Ang et al. (1998) رجوع شود.

[2] Poor ebadolahan kovich et al. (2014)

www.SID.ir

Archive of SID

طی سال‌های اخیر مطالعات متعددی با استفاده ازتحلیل تجزیه، به بررسی تغییرات انتشار آلودگی CO_2 مربوط به مصرف انرژی پرداخته‌اند که در ذیل به برخی از آن‌هاا شاره می‌شود.

ژانگ و همکاران[1] (۲۰۱۳)در مطالعه‌ای با استفاده از روش LMDI، به تجزیه و تحلیل انتشار آلودگیCO_2 ناشی از تولید برق در چین طی دور۲۰۰۹–۱۹۹۱پرداخته‌اند. آن‌ها عوامل مؤثر بر انتشارCO_2 ناشی از تولید برق را به شش عامل اثر ضریب انتشار، اثر کارایی تولید برق، اثر قدرت حرارتی برق، اثر ساختاری در قدرت حرارتی، اثر شدت انرژی برق و اثر فعالیت اقتصادی تقسیم کرده‌اند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که انتشارCO_2 ناشی از تولید برق سالانه با نرخ ۷۲ درصد رشد می‌کند و تولید برق حاصل از سوخت زغال سنگ دارای بیشترین سهم از انتشار CO_2 در چین می‌باشد. همچنین تغییرات اثر فعالیت اقتصادی مهم‌ترین عامل در افزایش انتشارCO_2 ناشی از تولید برق است، در حالی کهتغییرات اثر کارایی تولید برق نقش غالبی در کاهش انتشار CO_2 داشته است.

وانگ و همکاران[2] (۲۰۱۳) با استفاده از روشLMDI عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 مربوط به انرژی را در استان جیانگ‌سو طی دوره ۲۰۰۹–۱۹۹۶ بررسی کرده‌اند. آن‌ها انتشار آلودگی مزبور را به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات فعالیت‌های اقتصادی مهم‌ترین عاملدر رشد تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به مصرف انرژی استان جیانگ‌سو می‌باشد و تغییرات اثر شدت انرژی نقش مهمی در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای دارد.

جونگ و کیم[3] (۲۰۱۳) با استفاده از روش LMDIانتشار گازهای گلخانه‌ای را در بخش کارخانه‌ای کشور کره جنوبی برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۹ به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه کرده وبه این نتیجه رسیده‌اند کهتغییراتاثر ساختاری و اثر شدت انرژی بیشترین سهم را در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی دارند.

---

[1] Zhang et al.
[2] Wang et al.
[3] Jeong and Kim

www.SID.ir

Archive of SID

آق‌بستانچی و همکاران[1] (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با به‌کارگیری روش LMDI به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ۵۷ زیربخش صنعتی ترکیه در سطح کدهای دو رقمی ISIC پرداخته‌اند. در این مقاله انتشار CO_2 به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثرشدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثرضریب انتشار تجزیه‌شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تغییراتاثر فعالیت و اثر شدت انرژی مهم‌ترین عوامل تغییرات انتشار CO_2 می‌باشند. همچنین زغال‌سنگ به‌عنوان آلوده‌کننده‌ترین سوخت وصنعت «آهن و صنایع بر پایه فولاد» به‌عنوان آلوده‌کننده‌ترین صنعت تشخیص داده شد.

پورعبادالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۳) با به‌کارگیری روش جمعی LMDI به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2در زیربخش‌های صنعتی ایران در سطح کدهای دو رقمی ISIC طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۹ پرداخته‌اند. آن‌ها عوامل مؤثر بر انتشار را به پنج جزء اثر ساختاری، اثر فعالیت، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه کردند. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات اثر فعالیت عامل اصلی افزایش انتشار CO_2 در زیربخش‌های صنعتی ایران بوده است. در مقابل، تغییرات اثر شدت انرژی به‌طور قابل ملاحظه‌ای موجب کاهش انتشار CO_2 شده است.

فطرس و براتی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های LMDI و AMDI طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۷۶ به تحلیل عواملی می‌پردازند که انتشار CO_2 ناشی از مصرف سوخت سنگواره‌ای در بخش حمل و نقل را تحت تأثیر قرار می‌دهند. عوامل اثرگذار مورد بررسی ضریب انتشار، شدت انرژی، ترکیب سوختی، شیوه حمل و نقل، اثر ساختاری، فعالیت‌های اقتصادی به‌صورت سرانه و رشد جمعیت می‌باشند. نتایج نشان می‌دهند که تغییرات فعالیت اقتصادی، اثرساختاری و رشد جمعیت به ترتیب بیشترین اثر را بر رشد انتشار CO_2 در بخش حمل و نقل داشته‌اند.

خلیلی عراقی و همکاران[2] (۱۳۹۱) با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخص LMDI، تغییرات انتشار آلودگی CO_2 در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش‌های اقتصادی به عوامل اثرگذار را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در سطح کلان اقتصاد، تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، جمعیت و شدت انرژی، اثر مثبت بر افزایش انتشار CO_2 داشته است و تغییرات ضریب انتشار سوخت‌های فسیلی نقش

[1] Akbostanci et al.
[2] Khalili Araghi et al. (2012)

www.SID.ir

Archive of SID

مؤثری در کاهش انتشارCO_2 داشته است. نتایج بخش صنعت نیز نشان می‌داد که سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی و تولید این بخش از کل تولید ناخالص داخلی کشور نقش تعیین‌کننده در انتشار CO_2 داشته‌اند. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌داد که ضریب انتشار سوخت‌های فسیلی و شدت انرژی مصرفی در بخش خدمات و کشاورزی نقش مثبت در انتشارCO_2 داشته‌اند و اثر سهم بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی بر انتشارCO_2 در این بخش برخلاف سایر بخش‌های اقتصادی، منفی بوده است.

۴- روش‌شناسی تحقیق

همان گونه که پیشتر نیز اشاره شد، این مطالعه به تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی در سطح کدهای دو رقمی ISIC طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۰می‌پردازد.

کلیه مطالعات تحلیل تجزیه شاخص از جمله روش LMDI، با تعریف یک تابع تعیین‌کننده شروع می‌شوند. برای درک بهتر موضوع فرض کنید که در حالت کلی تابع تعیین‌کننده V، مجموع V_i عامل مختلف باشد به‌طوری که هر یک از V_iها تابعی از n متغیر باشد؛ به عبارت دیگر

$$V = \sum_i V_i = \sum_i x_{1,i}, x_{2,i}, \dots, x_{n,i} \text{ و } V_i = x_{1,i}, x_{2,i}, \dots, x_{n,i} \qquad (۱)$$

که زیرنویس i می‌تواند نشانگر یک ویژگی کلی، مانند شماره زیربخش‌های مصرف‌کننده انرژی، نوع سوخت و غیره باشد. به‌علاوه فرض کنید که تابع تعیین‌کننده V طی دوره صفر تا دوره T، از $V^0 = \sum_i X^0_{1,i}, X^0_{2,i}, \dots, X^0_{n,i}$ به $V^T = \sum_i X^T_{1,i}, X^T_{2,i}, \dots, X^T_{n,i}$ تغییر کند.

بر این اساس، فرم کلی تجزیه جمعی به‌شکل زیر فرمول‌بندی می‌شود. در فرم جمعی تغییرات به شکل مطلق بررسی می‌گردند و متغیر وابسته به‌صورتحاصل جمعی از تفاضل مؤلفه‌ها در طی زمان بیان می‌شود، به عبارت دیگر

$$\Delta V_{tot} = V^T - V^0 = \Delta V_{x_1} + \Delta V_{x_2} + \cdots + \Delta V_{x_n} + \Delta V_{rsd} \qquad (۲)$$

به‌طوری که ΔV_{tot} بیانگر کل تغییرات و ΔV_{rsd} بیان‌گر قسمت پسماند است که برای روش‌هایی همچون روش LMDI که تجزیه به‌صورت کامل انجام می‌گیرد، این بخش

www.SID.ir

Archive of SID

حذف می‌شود[۱].

در رویکرد LMDI، فرمول کلی برای تأثیرKامین عامل در تغییرات مزبور برای فرم جمعی به‌صورت زیر تعریف می‌گردد[۲]:

$$\Delta V_{x_k} = \sum_i L\left(V_i^T, V_i^0\right) \ln\left(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^0}\right) \qquad (۳)$$

در تابع فوق عبارت$L(V_i^T, V_i^0)$، بیانگر متوسط لگاریتمی دو عدد مثبت a و b می‌باشدکه توسط آنگ[۳] (۲۰۰۴) به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$L(a,b) = \begin{cases} \dfrac{a-b}{\ln a - \ln b} & \text{for} \quad a \neq b \\ a & \text{for} \quad a = b \end{cases} \qquad (۴)$$

در تحقیق حاضر تابع تعیین‌کننده V، میزان انتشار آلودگی CO_2 در بخش صنعت استان آذربایجان شرقی می‌باشد. بخش صنعت در ۲۳ زیربخش صنعتی (کد دو رقمی ISIC) تقسیم‌بندی می‌شود که در این مطالعه با توجه به نبود اطلاعات ارزش تولیدات و میزان سوخت‌های مصرفی برای برخی از زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی، میزان CO_2 انتشار یافته از ۱۷ زیربخش صنعتی مورد بررسی قرار می‌گیرد[۴]. هر یک از زیربخش‌های صنعتی مزبور از هفت نوع حامل‌های انرژی (شش نوع سوخت فسیلی و برق)استفاده می‌کنند. بدین ترتیب بر اساس روش مورد استفاده توسط آنگ (۲۰۰۵)، مجموع انتشار آلودگی CO_2 در ۱۷زیربخش صنعتی مذکور ناشی از مصرف حامل‌های انرژی ۷گانه را می‌توان به‌صورت زیر به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه نمود:

$$\begin{aligned} C = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} C_{if} &= \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} Q \times \frac{Q_i}{Q} \times \frac{E_i}{Q_i} \times \frac{E_{if}}{E_i} \times \frac{C_{if}}{E_{if}} \\ &= \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} Q S_i I_i M_{if} u_{if} \end{aligned} \qquad (۵)$$

که در آن اندیس i نشان‌دهنده زیربخش صنعتی و اندیسfبیانگر نوع حامل انرژی می‌باشد.مفهوم متغیرهای مورد استفاده در فرمول در جدول (۱)توضیح داده شده است.

---

[۱] برای اثبات تجزیه کامل در روش جمعی LMDI به Ang and Liu (2001) و Ang et al. (1998) مراجعه شود.

[۲] برای رابطه فوق به مطالعه Wood and Lenzen, (2006) مراجعه شود.

[3] Ang

[۴] اسامی این ۱۷ زیربخش صنعتی در جدول پیوست آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در روش تجزیه شـاخص جمع‌پذیر، کل تغییرات انتشـارCO_2 در فاصـله زمانی صفر تا T به‌صورت زیر تجزیه می‌شود:

$$\Delta C_{tot} = C^T - C^O = \Delta C_{act} + \Delta C_{str} + \Delta C_{int} + \Delta C_{mix} + \Delta C_{emf} \quad (۶)$$

کـه در آن زیرنویس‌هایact، str، int، mixوemf به ترتیب نشـــان‌دهنده اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار می‌باشند.

جدول (۱): تعریف متغیرها

متغیر	توصیف متغیر	متغیر	توصیف متغیر
C	میزان کل انتشار آلودگی CO_2	C_{if}	میزان انتشار آلودگی CO_2 حاصل از مصرف سوخت fام در زیربخش صنعتی iام
Q	ارزش تولیدات کل زیربخش‌های صنعتی(اثر فعالیت)	$S_i = \frac{Q_i}{Q}$	سهم زیربخش صنعتی iام از ارزش تولیدات کل زیربخش‌های صنعتی (اثر ساختاری)
Q_i	ارزش تولیدات زیربخش صنعتی iام	$I_i = \frac{E_i}{Q_i}$	شدت انرژی زیربخش صنعتی iام (اثر شدت انرژی)
E_i	کل انرژی مصرفی زیربخشصنعتی iام	$M_{if} = \frac{E_{if}}{E_i}$	سهم سوخت fام از کل انرژی مصرفی زیربخش صنعتی iام (اثر ترکیبسوخت)
E_{if}	انرژی مصرفی حاصل از سوخت fام درزیربخش صنعتی iام	$U_{if} = \frac{C_{if}}{E_{if}}$	میزان انتشار آلودگی CO_2 ناشی از مصرف هر واحد انرژی مصرفی سوخت fام در زیربخش صنعتی iام (اثر ضریب انتشار)

بر اســـاس روشLMDI، تغییرات آلودگی ناشـــی از تغییر هر یک از عوامل مؤثر پنج‌گانه مذکور در فرم جمعی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta C_{act} = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} \frac{C_{if}^T - C_{if}^0}{\ln C_{if}^T - \ln C_{if}^0} \ln\left(\frac{Q^T}{Q^0}\right) \quad (۷)$$

$$\Delta C_{str} = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} \frac{C_{if}^T - C_{if}^0}{\ln C_{if}^T - \ln C_{if}^0} \ln\left(\frac{S_i^T}{S_i^0}\right) \quad (۸)$$

$$\Delta C_{int} = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} \frac{C_{if}^T - C_{if}^0}{\ln C_{if}^T - \ln C_{if}^0} \ln\left(\frac{I_i^T}{I_i^0}\right) \quad (۹)$$

$$\Delta C_{mix} = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} \frac{C_{if}^T - C_{if}^0}{\ln C_{if}^T - \ln C_{if}^0} \ln\left(\frac{M_{if}^T}{M_{if}^0}\right) \quad (۱۰)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\Delta C_{emf} = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} \frac{C_{if}^{T} - C_{if}^{0}}{\ln C_{if}^{T} - \ln C_{if}^{0}} \ln\left(\frac{U_{if}^{T}}{U_{if}^{0}}\right) \quad (۱۱)$$

از این رو اثر کل ΔC_{tot} را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$\Delta C_{tot} = \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} W_{if} \ln\left(\frac{Q^{T}}{Q^{0}}\right) + \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} W_{if} \ln\left(\frac{S_{i}^{T}}{S_{i}^{0}}\right) + \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} W_{if} \ln\left(\frac{I_{i}^{T}}{I_{i}^{0}}\right) + \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} W_{if} \ln\left(\frac{M_{if}^{T}}{M_{if}^{0}}\right) + \sum_{i=1}^{17}\sum_{f=1}^{7} W_{if} \ln\left(\frac{U_{if}^{T}}{U_{if}^{0}}\right) \quad (۱۲)$$

که در آن W_{if} برابر است با:

$$W_{if} = \frac{C_{if}^{T} - C_{if}^{0}}{\ln C_{if}^{T} - \ln C_{if}^{0}} \quad (۱۳)$$

یکی از مشکلاتی که این روش در اکثر مطالعات مربوط به تجزیه با آن مواجه است مشکل وجود مقدار صفر در داده‌ها است. از آنجا که مقدار صفر در دامنه توابع لگاریتمی تعریف نشده است، از همین روی، وجود ارزش صفر در داده‌ها منجر به نتایج مبهم می‌گردد. برای برطرف کردن چنین مشکلی در روش LMDI دو راهکار پیشنهاد شده است: در راهکار اول که توسط آنگ و چوی[1] (۱۹۹۷) ارائه گردید، پیشنهاد می‌شود که با جایگزینی عددی بسیار کوچک بانام δ (که مقدار آن نزدیک صفر است) به جای عدد صفر می‌توان به نتایج همگرایی دست یافت. آن‌ها در مطالعات دیگری نیز این روش را استفاده کردند و دریافتند که وقتی ارزش δ بین 10^{-10} تا 10^{-20} باشد نتایج مطلوبی به دست می‌آید. این استراتژی که برای حل مشکل داده صفر از طریق جایگذاری با مقادیر بسیار کوچک می‌باشد، تحت عنوان استراتژی «مقدار کوچک» (SV)[2] شناخته می‌شود. راهکار دومکه توسط آنگ و همکاران[3] (۱۹۹۸) به‌عنوان یک روش جایگزین برای حل مشکل صفر پیشنهاد شده است، به استراتژی «محدودیت تحلیلی» (AL)[4] معروف می‌باشد. در این روش، تحلیل‌گر باید علت به وجود آمدن مقادیر صفر را مشخص کند و سپس بر اساس نوع صفرها، محدودیت مناسب را اعمال کند.

---

[1] Ang and Choi
[2] Small Value
[3] Ang et al.
[4] Analytical Limit

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین برای استفاده از این روش، جهت برطرف کردن مشکل داده صفر در محاسبات میزان انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن (C_{if})، ابتدا باید علت اصلی به وجود آمدن صفرهای مزبور در معادله (۵) مشخص شود، که علت مزبور می‌تواند هر یک از عوامل ($Q, S_i, I_i, M_{if}, U_{if}$) باشند. معمولاً در مطالعات مربوط به انتشار آلاینده‌ها، دلیل به وجود آمدن داده‌های صفر مربوط به دو عامل M_{if} و U_{if} است[۱]؛ بنابراین در مرحله بعدی، باید نوع تغییرات صفرها مشخص شود که آیا صفرهای موجود از نوع اول ($0 \leftrightarrows +$) می‌باشد، بدین مفهوم که جهت تغییر مقدار C_{if} از صفر به یک مقدار مثبت و یا از یک مقدار مثبت به صفر بوده است. در این حالت که تنها یکی از مقادیر C_{if}^{0} و C_{if}^{T} صفر می‌باشند، اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی صفر در نظر گرفته می‌شود ولی دو اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار، با توجه به اینکه کدام یک در انتشار نقش دارند، سهم صفر، نصف یا تمام تغییرات انتشار آلودگی برایشان در نظر گرفته می‌شود. همچنین اگر تغییرات از نوع دوم ($0 \leftrightarrows 0$) باشدکه در این حالت هر دو مقدار C_{if}^{0} و C_{if}^{T} صفر می‌باشند، اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی صفر در نظر گرفته شده و اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار، هر یک نیمی از تغییرات انتشار آلودگی را به خود اختصاص می‌دهند.

در مقایسه کلی، استراتژی SV از نظر درک و پیاده‌سازی، روش ساده‌تری است، اما همیشه نتایج آن قابل اطمینان نبوده و از لحاظ کاربرد، زمانی که نتایج آن به نتایج استراتژی AL نزدیک باشد قابل قبول است. بنابراین روش AL علی‌رغم وقت‌گیر بودن، نتایج قابل‌اعتمادتری ایجاد کرده و به‌عنوان روش بهتر توصیه می‌شود.

داده‌های مربوط به ارزش تولیدات برای سال‌های مورد مطالعه و نیز انواع سوخت‌های مصرفی و برق مصرفیاز پایگاه داده‌های مرکز آمار ایران اخذ شده‌اند. از آنجایی که امکان محاسبه آمار ضریب انتشار آلودگی CO_2 به تفکیک زیربخش‌های صنعتی وجود ندارد، از ضریب انتشار کلی صنعت استفاده شده است که برای محاسبه آن نیز از آمار میزان انتشار CO_2 در بخش صنعت به تفکیک هر سوخت و برق و نیز مقدار مصرف هر یک از سوخت‌های فسیلی و میزان برق تولیدی در کل صنعت بهره گرفته می‌شود. اطلاعات مربوط به مصرف سوخت‌ها و برق و میزان انتشار CO_2 در بخش صنعت از ترازنامه انرژی

[۱] معمولاً در مطالعات انتشار گازها ارزش تولیدات و مصرف سوخت در همه‌ی زیربخش‌ها، غیر صفر می‌باشد. پس سه فاکتور اول (میزان تولیدات، سهم از کل تولید و شدت انرژی نمی‌تواند عامل به وجود آمدن صفر شود.

www.SID.ir

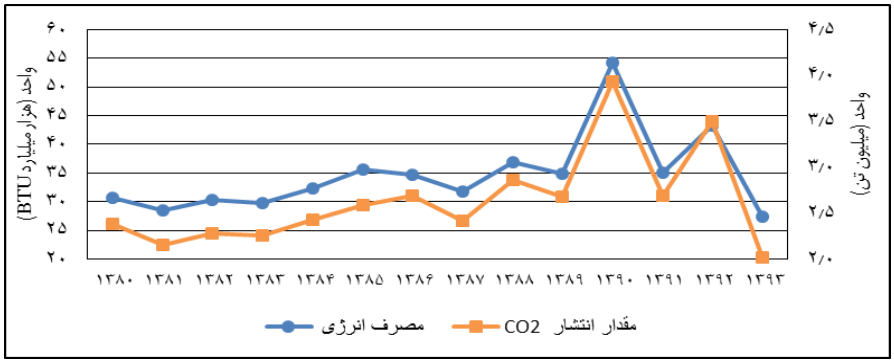
Archive of SID

سال‌های مختلف استخراج شده‌اند.

۵- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

۵-۱- روند متغیرهای تحقیق

قبل از بحث درباره نتایج تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار CO_2، به بررسی روند متغیرهای استفاده شده در تحقیق پرداخته می‌شود. در نمودار (۱) به روند مقدار انتشار CO_2 و انرژی مصرفی زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی استان آذربایجان شرقی طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۰ اشاره شده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می‌شود روند انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی طی دوره مورد مطالعه، مشابه روند انرژی مصرفی زیربخش‌های صنعتی مزبور می‌باشد. مقدار انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی استان آذربایجان شرقی طی دوره مورد مطالعه به میزان ۱/۴ درصد رشد کاهشی داشته است، اما روند رشد مزبور به صورت یکنواخت نمی‌باشد. به طوری که در دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰ روند نوسانی افزایشی و در ۱۳۹۳-۱۳۹۰ روند نوسانی کاهشی دارد.



نمودار (۱): روند انتشار CO_2 و انرژی مصرفی زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی استان آذربایجان شرقی طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۰

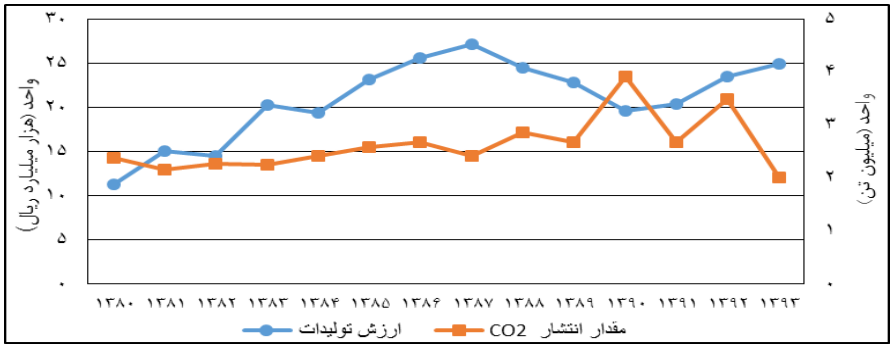
منبع: محاسبات تحقیق با استفاده از داده‌های مرکز آمار ایران و ترازنامه انرژی طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۰

در نمودار (۲) به مقایسه روند مقدار انتشار CO_2 و روند ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی استان آذربایجان شرقی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ پرداخته می‌شود. مطابق این نمودار، طی دوره‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۰ و ۱۳۹۳-۱۳۹۰ ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعتی با نرخی بالاتر از مقدار انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

یافته که موجب کاهش شدت انتشار آلودگی CO_2[۱] طی دوره‌های مزبور شده است. با این وجود طی دوره ۱۳۹۰–۱۳۸۷ ارزش تولیدات کاهش یافته، در حالی که انتشار CO_2 به‌طور نوسانی افزایش یافته است و منجر به افزایش شدت انتشار آلودگی CO_2 زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی طی دوره مذکور شده است.

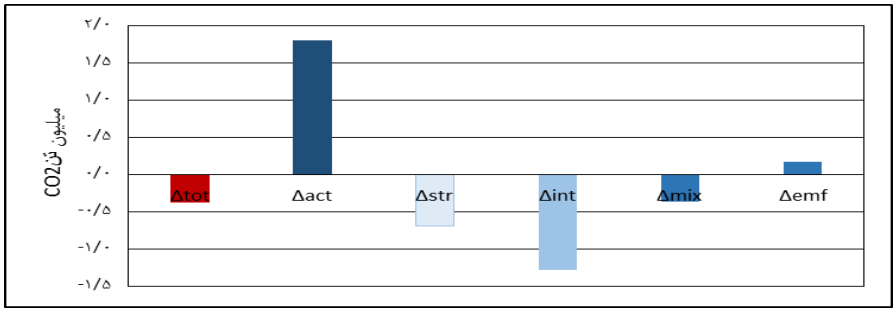


نمودار (۲): روند انتشار CO_2و روند ارزش تولیدات زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی استان آذربایجان شرقی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ طی دوره زمانی ۱۳۹۳–۱۳۸۰

منبع: محاسبات تحقیق با استفاده از داده‌های مرکز آمار ایران و ترازنامه انرژی طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۰

۵-۲- نتایج تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار CO_2

نتایج تجزیه رشد انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار در قالب فرم جمعی برای کل دوره مورد مطالعه[۲] در نمودار (۳) آمده است.



نمودار (۳): سهم عوامل مختلف در تغییرات انتشار آلودگی CO_2 طی کل دوره

منبع: محاسبات تحقیق

[۱] شدت انتشار آلودگی CO_2 نشان‌دهنده آن است که به ازای هر ریال تولید، چه مقدار CO_2 ایجاد می‌شود. برای محاسبه این شاخص، میزان انتشار CO_2 هر زیربخش بر ارزش تولیدات آن زیربخش صنعتی تقسیم می‌شود.

[۲] تغییرات انتشار کل دوره مورد مطالعه از جمع تغییرات انتشار سالانه به‌دست آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

همان گونه که در نمودار (۳) مشـاهده می‌شود، تغییرات اثر فعالیت بیشترین سهم را در افزایش انتشار آلودگی CO_2 طی دوره مورد بررسی داشته است. تغییرات اثر شدت انرژی و اثر سـاختاری نیز موجب کاهش انتشارCO_2 شده است و تغییر اثرات ترکیب سوخت و ضـریب انتشار سهم ناچیزی در تغییرات انتشار آلودگی CO_2 داشته‌اند. به‌منظور مشاهده بهتر تغییر رونـد عوامـل مؤثر در انتشـــار آلودگی CO_2، می‌توان اثرات تغییرات این پنج عامل را به‌صورت سال به سال در جدول (۲) پیگیری نمود.

جدول (۲): تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار CO_2 در کل زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی استان آذربایجان شرقی در قالب فرم جمعی به تفکیک سال طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۰ (واحد: میلیون تن CO_2)

سال	ΔC_{emf}	ΔC_{mix}	ΔC_{int}	ΔC_{str}	ΔC_{act}	ΔC_{tot}
۸۱-۸۰	-۰/۰۳۷	-۰/۰۰۲	-۰/۸۲۱	-۰/۰۲۳	۰/۶۵۰	-۰/۲۳۳
۸۲-۸۱	-۰/۰۳۲	۰/۰۸۷	۰/۲۷۵	-۰/۱۲۹	-۰/۰۷۴	۰/۱۲۷
۸۳-۸۲	۰/۰۱۲	-۰/۱۱۹	-۰/۴۸۲	-۰/۱۲۴	۰/۶۸۶	-۰/۰۲۷
۸۴-۸۳	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲۵	۰/۰۲۲	۰/۲۸۲	-۰/۱۰۵	۰/۱۶۹
۸۵-۸۴	۰/۰۰۸	-۰/۰۹۷	۰/۰۹۳	-۰/۲۷۵	۰/۴۳۶	۰/۱۶۵
۸۶-۸۵	۰/۱۴۴	۰/۰۵۲	-۰/۳۵۷	-۰/۰۱۱	۰/۲۷۱	۰/۰۹۹
۸۷-۸۶	۰/۰۲۵	-۰/۰۸۷	-۰/۱۷۷	-۰/۱۶۸	۰/۱۴۲	-۰/۲۶۵
۸۸-۸۷	۰/۰۱۱	۰/۰۲۷	۰/۶۸۶	-۰/۰۲۲	-۰/۲۶۱	۰/۴۴۱
۸۹-۸۸	-۰/۰۷۱	۰/۰۶۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	-۰/۱۹۱	-۰/۱۸۵
۹۰-۸۹	۰/۱۲۳	-۰/۱۴۹	۱/۷۸۲	-۰/۰۲۳	-۰/۴۷۸	۱/۲۵۵
۹۱-۹۰	۰/۰۰۴	۰/۰۹۲	-۱/۵۵	۰/۰۷۵۶	۰/۱۳۷	-۱/۲۴۱
۹۲-۹۱	۰/۰۵۱	۰/۰۷۱	۰/۴۰۹	-۰/۱۴۸	۰/۴۲۱	۰/۸۰۴
۹۳-۹۲	-۰/۰۶۵	-۰/۲۷۵	-۱/۱۷	-۰/۱۳۸	۰/۱۶۱	-۱/۴۸۷
کل دوره ۹۳-۸۰	۰/۱۶۸	-۰/۳۶۲	-۱/۲۸۵	-۰/۶۹۴۴	۱/۷۹۵	-۰/۳۷۸

منبع: محاسبات تحقیق

مطابق این جدول،انتشار CO_2 طی سال‌های ۱۳۹۳—۱۳۸۰ به میزان ۰/۳۷۸ میلیون تن کاهش یافته اسـت. در این میان تغییرات اثر فعالیت طی دوره ۱۳۸۷—۱۳۸۰ به صـورت نوسـانی منجر به رشد انتشار CO_2 شده است، در حالی که تأثیر تغییرات این عامل برای دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۷ در جهـت کاهش انتشـــار CO_2 و برای دوره ۱۳۹۳-۱۳۹۱در جهت افزایش انتشـــار CO_2 بوده اســـت. این امر نشـــان‌دهنده افزایش و کاهش حجم تولیدات

www.SID.ir

Archive of SID

زیربخش‌های صنعتی مورد مطالعه طی دوره‌های مزبور می‌باشد. در مجموع،تغییرات اثر فعالیت انتشار CO_2 را به میزان ۱/۷۹۵ میلیون تن افزایش داده است. استفاده از ماشین‌آلات قدیمی و مستهلک، عدم بهره‌گیری از تکنولوژی‌های جدید در فرآیند تولید کالا و خدمات و نیز تداوم و گسترش تولید برخی از صنایع انرژی‌بر همچون صنایع تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (با کد ۲۶)را می‌توان از دلایل عمده این اثر برشمرد. بدین ترتیب باید سعی شود از تولید و صادرات کالاهای انرژی‌بر کاسته شود و حتی‌الامکان تولید این محصولات صرفاًبرای تأمین نیازهای داخلی محدود شود. همچنین بایستی اقدامات لازم جهت بهبود تکنولوژی در فرآیند تولید کالا و خدمات صورت پذیرد.

از سوی دیگر، تغییرات اثر ساختاری، انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی را طی دوره مورد بررسی، در مجموع به میزان ۰/۶۹۴۴ میلیون تن کاهش داده است. علت این مسئله را می‌توان در آن دانست که سهم تولیدی صنایعی که شدت انرژی[1] کمتری دارند (همچون صنایع تولید فلزات اساسی (با کد ۲۷) وصنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر (با کد ۳۴)) افزایش یافته است و در مقابل سهم تولیدی صنایعی که شدت انرژی بیشتری دارند (همچون صنایع تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (با کد ۲۶)) کاهش یافته است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که یکی از راهکارهای مهم برای کاهش انتشار CO_2 تغییرات ساختاری می‌باشد. در این راستا بایستی سرمایه‌گذاری در صنایعی در اولویت قرار گیرد که از میزان شدت انرژی کمتر و در نتیجه شدت انتشار آلودگی کمتری برخوردار هستند.

در مورد تأثیر تغییرات اثر شدت انرژی می‌توان مشاهده کرد که در مجموع، موجب کاهش انتشارCO2 به میزان ۱/۲۸۵ میلیون تن بوده است.این امر حاکی از افزایش کارایی انرژی در زیربخش‌های صنعتی مورد مطالعه طی دوره مورد بررسی می‌باشد. از این روی، می‌توان با به کارگیری فرآیندهای تولیدی جدید، فناوری‌های جدید و تجهیزات جدید که موجب صرفه‌جویی در انرژی می‌شوند و نیز با بهبود سطوح مدیریتی، زمینه‌های هر چه بیشتر افزایش کارایی انرژی در زیربخش‌های صنعتی را فراهم نمود.

---

[1] شدت انرژی شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در سطح ملی هر کشور می‌باشد که از تقسیم مصرف نهایی انرژی بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌گردد و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پول) چه مقداری انرژی برحسب BTU به کار رفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

عامل دیگری که تغییرات آن در انتشار آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است، اثر ترکیب سوخت می‌باشد. همانگونه که پیش‌تر نیز مورد اشاره قرار گرفت، در این مطالعه از آمار و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استفاده می‌شود که هر یک از این کارگاه‌ها در طول دوره مورد مطالعه و طی سال‌های مختلف، ترکیب سوخت مصرفی خود را تغییر می‌دهند. با عنایت به این امر که هر یک از سوخت‌های مورد استفاده، از لحاظ انتشار آلودگی CO_2 پتانسیل‌های متفاوتی دارند، فلذا تغییر ترکیب سوخت‌های مورد استفاده، موجبات تغییر انتشار آلودگی مزبور را فراهم خواهد آورد. در جدول (۳) پتانسیل انتشار آلودگی CO_2 سوخت‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول (۳): میزان انتشار CO_2 از تولید یک میلیون BTU انرژی از حامل‌های انرژی مختلف در سال ۱۳۹۳

سوخت	بنزین	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز مایع	گاز طبیعی	برق
میزانانتشار CO_2[1] (تن)	۰/۰۷۴۶	۰/۰۷۶۸	۰/۰۷۸۷	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۱۸	۰/۰۶۰۵	۰/۲۰۳۶

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به جدول (۳) مشاهده می‌شود انرژی برق (که مربوط به فرایند تولید برق می‌باشد) دارای بیشترین نقش در انتشار CO_2 می‌باشد. علت این امر را می‌توان با توجه به ضرایب ارزش حرارتی برق این گونه توضیح داد که برای تولید یک میلیون BTU[2] انرژی، برق زیادی مصرف می‌شود و این امر خود موجب انتشار CO_2 بیشتری می‌شود. در مقابل از میان حامل‌های انرژی، گاز طبیعی دارای کمترین میزان پتانسیل انتشار CO_2 می‌باشد.

مطابق جدول (۲)، تغییرات صورت گرفته در ترکیب سوخت‌های مصرفی، در مجموع منجر به کاهش انتشار CO2 به میزان ۰/۳۶۲ میلیون تن شده است. از جمله علل این امر را می‌توان در افزایش سهم سوخت‌های کمتر آلاینده همچون گاز طبیعی و کاهش سهم سوخت‌های پر آلاینده همچون نفت کوره طی دوره مورد بررسی جستجو کرد که در نمودار (۴) به تفضیل نشان داده خواهد شد. این نمودار سهم سوخت‌های مصرفی

[1] مقادیر انتشار CO_2 هر یک از سوخت‌هااز تقسیم ضرایب انتشار بر ضرایب انرژی حرارتی به دست آمده است.

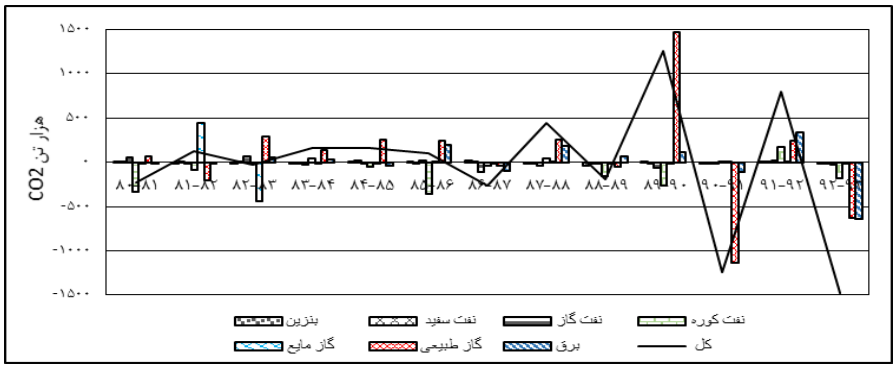
[2] British Thermal Units

واحد انرژی BTU مقدار حرارتی است که لازم است تا دمای یک پوند آب را به میزان یک درجه فارنهایت بالا برد.

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف در تغییرات انتشـار آلودگی CO2 زیربخش‌های صنعتی طی دوره مورد بررسی را نشان می‌دهد.



نمودار (۴): سهم سوخت‌های مصرفی مختلف در تغییرات انتشار آلودگی CO_2 طی کل دوره (۱۳۹۳-۱۳۸۰)

منبع: محاسبات تحقیق

به‌طورکلی، در طول دوره مورد مطالعه سوخت گاز طبیعی در تأمین انرژی زیربخش‌های صـنعتی اسـتان، به طور متوسـط سـهمی به میزان ۶۰ درصـد و پس از آن سوخت نفت کوره با سـهمی در حدود۲۲ درصد در جایگاه بعدی قرار دارد.همچنین سوخت‌های برق، نفت گاز، گاز مایع، بنزین و نفت سـفید به ترتیب به طور متوسط سهمی به میزان ۸، ۷، ۲، ۰/۸، ۰/۲ درصـد به خود اختصـاص داده‌اند.فلذا، سـوخت گاز طبیعی در تأمین انرژی زیربخش‌های صـنعتی مختلف اسـتان، بیشـترین سهم را به خود اختصاص داده، که این امر در پی افزایش قیمت حامل‌های انرژی بعد از هدفمند کردن یارانه‌ها رخ داده است. با افزایش قیمـت، میزان سـوخـت مصـرفی کوره‌ها کاهش یافته و کارخانجات و کوره‌ها سـوخـت خود را از نفـت کوره به گاز طبیعی تبدیل نموده‌اند (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۰). بدین ترتیب، از جمله راهکارهای پیشـنهادی جهت کاهش انتشـار CO_2 اسـتفاده از انرژی‌های پاک می‌باشـد. با عنایت به اینکه کشـور ایران از لحاظ منابع گاز طبیعی غنی بوده و نیز با توجه به اینکه گاز طبیعی از جمله سـوخت‌های با سـطح آلایندگی پایین می‌باشـد، ضـروری است که جهت جایگزینی بیشتر سوخت‌های پر آلاینده با گاز طبیعی اقدامات لازم با سـرعت بیشـتری انجام گیرد. همچنین با توجه به تولید برق از طریق نیروگاه‌های حرارتی که بازدهی پایین و آلایندگی زیادی دارند، لازم اسـت تا راهکارهای استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید برق، بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

در مورد تأثیر تغییرات اثر ضـریب انتشـار نیز باید گفت که با وجود منفی بودن آن در

www.SID.ir

Archive of SID

برخی سال‌ها، برآیند کلی آن، افزایش انتشار CO_2 به میزان ۰/۱۶۸ میلیون تن بوده است که نشان‌دهنده آن است که طی دوره مورد بررسی از کیفیت سوخت‌ها کاسته شده است. این مسئله، ضرورت ارتقای سوخت‌های مختلف را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

۶- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

بررسی روند انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی نشان می‌دهد که میزان انتشار CO_2 طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۰ کاهش یافته است. درک عمیق‌تری از چگونگی تغییر عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی مذکور، در تدوین سیاست‌های زیست محیطی آینده استان آذربایجان شرقی مهم می‌باشد. در همین راستا عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه گردید و با استفاده از روشLMDI، اثر تغییر در هر یک از این عوامل بر تغییرات انتشار CO_2 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان می‌داد که طی دوره مورد بررسی، تغییرات در اثر فعالیت و اثر ضریب انتشار به ترتیب بیشترین اثر را بر افزایش انتشار آلودگی CO_2 زیربخش‌های صنعتی استان آذربایجان شرقی داشته‌اند و در نقطه مقابل، تغییرات اثر شدت انرژی، اثر ساختاری و اثر ترکیب سوخت به ترتیب عوامل اصلی کاهش انتشار آلودگی CO_2 زیربخش‌های مزبوربوده‌اند.عدم بهره‌گیری از تکنولوژی‌های جدید در فرآیند تولید کالا و خدمات و نیز تداوم و گسترش تولید در برخی از صنایع انرژی‌برو کاهش کیفیت سوخت‌ها از عمده‌ترین دلایل افزایش انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی بوده است.این در حالی است که افزایش کارایی انرژی، افزایش سهم تولیدی صنایعی با آلایندگی پایین‌تر و افزایش سهم سوخت‌های کمتر آلاینده همچون گاز طبیعی و نیز کاهش سهم سوخت‌های پر آلاینده همچون نفت کوره منجر به کاهش انتشار CO_2 زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی شده است.فلذابه‌منظور جلوگیری از افزایش انتشار آلودگیCO_2 در زیربخش‌های صنعتی مذکور، توسعه‌های سیاستی را باید در بهره‌گیری از تکنولوژی‌های جدید در فرآیند تولید کالا و خدمات، افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق، افزایش کارایی انرژی و استفاده از انرژی های پاک جستجو کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

۱. پورعبادالهان کویچ، محسن، برقی اسگویی، محمد مهدی، صادقی، سید کمال، و قاسمی، ایرج (۱۳۹۳). تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی ایران. *فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۳(۹)، ۱۳۱-۱۱۵.

۲. پورعبادالهان کویچ، محسن، پناهی، حسین، شهبازی هومونلو، شهریار، و صالحی ابر، خدیجه (۱۳۹۴). تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی ایران: مقایسه روش‌های لاسپیرز و دیویژیا. *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۲(۴)، ۷۰-۴۹.

۳. پورعبادالهان کویچ، محسن، برقی اسگویی، محمدمهدی، پناهی، حسین، صالحی ابر،خدیجه، و قاسمی، ایرج (۱۳۹۴). تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن در صنایع محصولات کانی غیرفلزی ایران. *فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۴(۱۶)، ۵۷-۴۳.

۴. خلیلی‌عراقی، منصور،شرزه‌ای، غلامعلی، و برخورداری، سجاد (۱۳۹۱). تحلیلتجزیهانتشاردی‌اکسیدکربنناشیازمصرفانرژیدرایران.*محیط‌شناسی*،۳۸(۱)، ۱۰۴-۹۳.

۵. وبسایت دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی (pep.moe.gov.ir)، «ترازنامه انرژی» سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۰.

۶. فطرس، محمدحسن، و براتی، جواد (۱۳۸۹). تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران.*فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱(۱)، ۱۵۴-۱۳۵.

۷. فطرس، محمدحسن، و براتی، جواد (۱۳۹۲). تجزیه دی‌اکسیدکربن منتشره بخش حمل و نقل به زیربخش‌ها و انواع سوخت‌های مصرفی.*فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۲(۶)، ۸۳-۶۴.

۸. وبسایت مرکز آمار ایران (www.amar.org.ir)، نتایج آمارگیریاز کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر، سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۰.

۹. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی (www.iies.org)، ترازنامه هیدروکربوری کشور، سال ۱۳۸۸.

۱۰. نظری، محسن، و بخشی‌زاده، محمد (۱۳۹۰). تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 در صنعت ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، ۱۱(۴)، ۱۷-۱.

1. Akbostanci, E., Tunç, G. İ., & Türüt-Aşık, S. (2011).CO_2 emissions of Turkish manufacturing industry: A decomposition analysis.*Applied Energy*, 88(6), 2273–2278.
2. Ang, B. W., & Choi, K. H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined Divisia index method.*The Energy Journal*, 18(3), 59-73.

www.SID.ir

Archive of SID

3. Ang, B.W.(2005). The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide.*Energy Policy*, 33(7), 867–871.
4. Ang, B.W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?.*Energy Policy*, 32(9), 1131–1139.
5. Ang, B. W., & Liu, F. L. (2001). A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation.*Energy*, 26(6), 537-548.
6. Ang, B. W., Zhang, F. Q., & Choi, K. H. (1998). Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition.*Energy*, 23(6), 489-495.
7. Ang, B. W., & Liu, N. (2007). Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach.*Energy Policy*, 35(1), 238-246.
8. Boyd, G., McDonald, J. F., Ross, M., & Hanson, D. A. (1987). Separating the changing composition of US manufacturing production from energy efficiency improvements: A Divisia index approach.*The Energy Journal*, 8(2), 77-96.
9. Boyd, G. A., Hanson, D. A., & Sterner, T. (1988). Decomposition of changes in energy intensity: A comparison of the Divisia index and other methods.*Energy Economics*, 10(4), 309-312.
10. Fotros, M., & Baraty, J. (2013). Decomposition of CO_2emissions of iranian transport sector in sub-sectors and component fuels an application of decomposition analysis of Divisia index. *Journal of Applied Economics Studies*, 2(6), 64-83 (In Persian).
11. Fotros, M., & Baraty, J. (2010). Analysis of effective factors affecting changes in CO_2emissions of power plants sector of Iran. *Journal of Economic Modeling Research*, 1(1), 135-154 (In Persian).
12. Institute of International Energy Studies (www.iies.org).
13. Jeong, K., & Kim, S. (2013).LMDI decomposition analysis of greenhouse gas emissions in the Korean manufacturing sector. *Energy Policy*, 62, 1245–1253.
14. Khalili Araghi, M., Sharzei, Gh., & Barkhordari, S. (2012). A decomposition analysis of CO_2emissions related energy consumption in Iran. *Journal of Environmental Studies*, 38(1), 93-104 (In Persian).
15. Nazari, M., & Bakhshizadeh, M. (2012). Decomposition of industrial CO_2emissions: the case of Iran. *Journal of the Economic Research*, 11(4), 1-17 (In Persian).
16. Lin, B., & Du, K. (2014). Decomposing energy intensity change: A combination of index decomposition analysis and production-theoretical decomposition analysis.*Applied Energy*,129, 158-165.
17. Pourebadollahan Covich, M., Bargi oskoee, M., Kamal Sadeghi, S., & Ghasemy, I. (2014). Decomposing the influencing factors of CO_2emissions of Iranian manufacturing industries. *Journal of Applied Economics Studies*, 3(9), 115-131 (In Persian).
18. Pourebadollahan Covich, M., Panahi, H., Shahbazy Homonlo, Sh., & Salehi Abar, Kh. (2016). Decomposing influencing factors of energy consumption changes in the Iranian industrial subsectors: the comparison of Laspeyres and Divisia methods. *Applied theories of economics*, 2(4), 49-

www.SID.ir

Archive of SID

70 (In Persian).
19. Pourebadollahan Covich, M., Barghi Oskooee, M., Panahi, H., Salehi Abar, Kh., & Ghasemy, I. (2016). Decomposing the influencing factors of CO_2 emissions in Iranian non-metallic mineral products industries. *Journal of Applied* Economics Studies. 4(16) (In Persian).
20. Statistical Center of Iran (www.amar.org.ir)
21. Wang, W., Liu, R., Zhang, M., & Li, H. (2013). Decomposing the decoupling of energy-related CO_2emissions and economic growth in Jiangsu province.*Energy for Sustainable Development*, 17(1), 62-71.
22. Wood, R., & Lenzen, M. (2006). Zero-value problems of the logarithmic mean divisia index decomposition method.*Energy Policy*, 34(12), 1326-1331.
23. Xu, X.Y., & Ang, B.W. (2013). Index decomposition analysis to CO_2emission studies.*Ecological Economics*, 93(12), 313-329.
24. Zhang, M., Liu, X., Wang, W., & Zhou, M. (2013). Decomposition analysis of CO_2emissions from electricity generation in China.*Energy policy*, 52, 159-165.

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست

کدهای دو رقمی ISIC زیربخش‌های صنعتی مورد بررسی

کد	عنوان زیربخش صنعتی
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی
۱۷	تولید منسوجات
۱۸	تولید پوشاک- عمل‌آوردن و رنگ کردن
۱۹	دباغی و عمل‌آوردن چرم
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیائی
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی
۲۷	تولید فلزات اساسی
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز
۲۹	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده
۳۱	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال‌برق
۳۳	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده

منبع: مرکز آمار ایران

www.SID.ir