

تحلیل تجزیه انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در ایران

منصور خلیلی عراقی^۱، غلامعلی شرزهای^۲، سجاد برخوردار^{۳*}

۱- استاد دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران khalili@ut.ac.ir

۲- دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه ته gasharzei@yahoo.com

۳- دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تهران و پژوهشگر مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۷

چکیده

انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی، به عنوان یکی از معضلات اساسی مطرح است. در راستای کنترل و کاهش انتشار آن، شناسایی عوامل اثرگذار نقش کلیدی دارد. در این میان، تحلیل تجزیه شاخص (IDA) به عنوان یکی از روشهای شناخت عوامل اثرگذار بر انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی مورد استفاده قرار می گیرد. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخص و استفاده از روش میانگین لگاریتم شاخص دیویژیا (LMDI)، تغییرات انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش های اقتصادی به عوامل اثرگذار برای دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۵ در قالب هشت دوره پنج ساله و دو دوره سه ساله برای ۱۳۸۳-۱۳۸۷ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان می دهد در سطح کلان اقتصاد، تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، جمعیت و شدت انرژی اثر مثبت بر انتشار دی اکسید کربن داشته اند و تغییرات شدت کربن سوخت های فسیلی در بیشتر دوره ها نقش مؤثری در کاهش انتشار دی اکسید کربن داشته است. نتایج تحلیل تجزیه شاخص در بخش صنعت نیز نشان می دهد سهم سوخت های فسیلی در انرژی مصرفی و تولید این بخش از کل تولید ناخالص داخلی کشور نقش تعیین کننده در انتشار دی اکسید کربن طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۷ داشته اند. همچنین نتایج مطالعه نشان می دهد شدت کربن سوخت های فسیلی و شدت انرژی مصرفی در بخش های خدمات و کشاورزی نقش مثبت در انتشار دی اکسید کربن داشته اند و اثر سهم بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی اکسید کربن در این بخش بر خلاف سایر بخش های اقتصادی منفی بوده است.

کلید واژه

انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی، سوخت های فسیلی، تحلیل تجزیه شاخص

سر آغاز

سریع انتشار دی اکسید کربن مرتبط با بخش انرژی در نتیجه رشد تقاضا برای انرژی های فسیلی تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت.

بیشتر کشورهای صنعتی توافق کرده اند که میزان انتشار دی اکسید کربن خود را تا پایان ۲۰۱۲ به سطوح ۱۹۹۰ برسانند و پیش بینی می کنند که سطوح انتشار دی اکسید کربن تا ۲۰۲۰ به طور معناداری کاهش بیشتری را تجربه کند. بیشتر کشورهای در حال توسعه هم پیش بینی می کنند که رشد انتشار دی اکسید کربن خود را ملایم کنند و برای این منظور اهداف کشوری در این زمینه برای خود ترسیم کرده اند (World Bank, 2009).

ویژگی منابع محوری بودن اقتصاد ایران و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی موجب شده است که میزان مصرف انواع انرژی های فسیلی و غیر فسیلی در سطح بالایی قرار گرفته و روند رو به رشدی داشته باشد. از سوی دیگر، ارتباط تنگاتنگ بین مصرف

افزایش گرم شدن زمین و آثار منفی آن طی دهه های اخیر انکارناپذیر شده است. این پدیده موجب شده است که موافقتنامه های کشوری، منطقه ای و بین المللی نظیر موافقت نامه کیوتو (Kyoto) به منظور ایجاد هماهنگی بین سیاست ها در راستای کاهش آثار منفی گرم شدن زمین مورد توجه قرار گیرد. بیشترین توجه در این چارچوب بر سهم بالای انتشار دی اکسید کربن متمرکز شده است.

انتشار دی اکسید کربن مرتبط با بخش انرژی همچنان به عنوان یکی از گازهای گلخانه ای در جهان تداوم دارد. بخش انرژی ۸۴ درصد انتشار دی اکسید کربن و ۶۴ درصد انتشار سایر گازهای گلخانه ای در جهان را به خود اختصاص داده است. بر اساس سناریوی تعریف شده از سوی آژانس بین المللی انرژی (۲۰۰۹)، رشد

می‌شود. از این رو می‌توان اشاره کرد که بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن نیز رابطه وجود دارد.

تعداد زیادی از مطالعات نظری در ارتباط با رشد اقتصادی بر مدل رشد Solow (1956) متمرکز هستند. در دهه‌های اخیر بیشتر مدل‌های رشد، بحث‌های رشد درونزا را مورد توجه قرار داده‌اند. در این میان، تعداد بسیاری از مطالعات مدل‌های رشد اقتصادی، رابطه بین محیط زیست و رشد اقتصادی، و مدیریت منابع و محیط زیست را مورد بحث قرار داده‌اند.

Koolstad and Krutkarmer (1993) این حقیقت را مورد توجه قرار داده‌اند که یک رابطه پویا بین فعالیت‌های اقتصادی، استفاده از منابع و محیط زیست وجود دارد. آنها بحث می‌کنند که هر چند استفاده از منابع، بویژه منابع انرژی، منافع اقتصادی بدنال دارد، اما استفاده از منابع انرژی در بلندمدت اثر منفی بر محیط زیست به‌دنبال خواهد داشت.

Xepapadeas (2005) در قالب مطالعه‌ای جامع رابطه بین رشد اقتصادی و محیط زیست را در قالب مدل‌های رشد اقتصادی با فرض تغییرات فناوری برونزا و درونزا به لحاظ نظری مورد بحث قرار داده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد:

۱- اگر هیچ منابعی برای کاهش آلودگی محیط زیست استفاده نشود و میزان انتشار به ازای هر واحد تولید ثابت بماند، رشد پایدار بهینه نخواهد بود.

۲- اگر اقتصادی، انتشار آلودگی در سطح بهینه‌ای را انتخاب کند در این حالت امکان حفظ آلودگی در سطح ثابت همراه با رشد اقتصادی در نرخ برونزایی وجود دارد.

۳- اگر اقتصادی منابع را برای کاهش آلودگی اختصاص دهد و توسعه فناوری‌های پاک را مورد توجه قرار دهد، فرایند رشد اقتصادی و محیط زیست به بهره‌وری کاهش انتشار آلودگی در بخش محیط زیست بستگی خواهد داشت.

Ricci (2007) بحث می‌کند که اگر بهبود محیط زیستی قابل پیش‌بینی باشد، چگونه منافع از افزایش بازدهی‌های فزاینده نسبت به مقیاس در فعالیت‌های کاهش انتشار آلودگی حاصل شده و چگونه انگیزه پس‌انداز بیشتر فراهم می‌شود. از این رو مشاهده می‌شود که به لحاظ نظری روابط بین مصرف انرژی، انتشار آلودگی و رشد اقتصادی تأیید می‌شود. اما مکانیسم‌های ارتباطی بین مصرف انرژی، انتشار آلودگی و رشد اقتصادی بستگی به ساختار اقتصادی و مراحل توسعه اقتصادی کشورها دارد. مطالعات تجربی در ارتباط با

انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، بویژه CO₂ گویای آنست که آثار زیانبار مصرف انرژی، بویژه انرژی‌های فسیلی در صورت عدم توجه به این بخش، بالا خواهد بود. آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که سرانه انتشار CO₂ در ایران از ۳/۶ تن در ۱۹۹۰ به ۶/۹ تن در ۲۰۰۸ افزایش یافته است. در حالی که در طی این دوره انتشار CO₂ نسبت به تولید ناخالص داخلی در ایالات متحده و منطقه اروپا با کاهش مواجه شده است (IEA, 2009).

مشاهده می‌شود که انتشار دی‌اکسیدکربن مرتبط با بخش انرژی به‌منزله چالش اساسی برای آینده اقتصادی بیشتر کشورها بخصوص اقتصاد ایران مطرح خواهد بود. با توجه به اهمیت این چالش، امروزه بیشتر کشورها هدف کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن مرتبط با بخش انرژی را با تعریف ابزارهای مختلف سیاستی مورد توجه قرار می‌دهند. برای رسیدن به این هدف، نیاز به شناخت ساختار انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در اقتصاد کشورهاست. با توجه به اهمیت این موضوع، در این مقاله ساختار انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش‌های اقتصادی ایران مورد بحث قرار می‌گیرد. در راستای رسیدن به این هدف، در ادامه شواهد نظری و تجربی مرتبط با مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن بحث می‌شود. سپس مدل تجربی ارائه شده و نتایج حاصل از انجام محاسبات آن در سطح کلان اقتصاد و بخش‌های اقتصادی کشور تحلیل می‌شود.

شواهد نظری

تحلیل رابطه بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن از طریق شناسایی عوامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن فراهم می‌شود. بر اساس چارچوب‌های نظری موجود، تغییرات در شدت انرژی یکی از عوامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن است.

تغییرات مصرف انرژی نسبت به تولید ناخالص داخلی موجب تغییر در شدت انرژی شده و در پایان انتشار دی‌اکسیدکربن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این رو می‌توان اشاره کرد که بین مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن رابطه وجود دارد. تغییرات در سرانه تولید ناخالص داخلی نیز بر تغییرات در انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر می‌گذارد.

تغییر در تولید ناخالص داخلی منجر به تغییر در سرانه تولید شده و این تغییر در نهایت منجر به تغییر در انتشار دی‌اکسیدکربن

شواهد تجربی

مطالعات گسترده‌ای در شناخت عوامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن با استفاده از روشهای اقتصاد سنجی انجام شده است. در مطالعات انجام شده با استفاده از روشهای اقتصاد سنجی، فقط روابط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن مورد توجه قرار گرفته و عوامل اثرگذار بر این روابط مورد بحث قرار نگرفته‌اند. همچنین در این مطالعات، نتایج بر اساس مشخصه مدل‌های اقتصاد سنجی تحلیل شده‌اند و مشخصه ساختاری داده‌های مورد استفاده لحاظ نشده‌اند. در این مقاله از روشهای تجزیه به منظور غلبه بر ضعف‌های مذکور استفاده شده است.

Grossman and Kruger (1991) برای اولین بار، تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن را برای تحلیل آثار محیط زیستی توافق تجارت آزاد آمریکای شمالی استفاده کردند. Ang and Zhang (1999) با استفاده از روش تجزیه پنج عاملی، تفاوت انتشار دی‌اکسیدکربن بین مناطق مختلف جهان را مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آنها نشان داد که تفاوت در تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی، عوامل کلیدی در تفاوت انتشار دی‌اکسیدکربن بین مناطق مختلف جهان بوده است.

Bacon and Bhattacharya (2007) با استفاده از روش تجزیه، تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ۷۰ کشور جهان دارای مشخصه انتشار بالای دی‌اکسیدکربن را بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها برای دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی سرانه نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی را در کشورهای مورد مطالعه داشته است. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که ترکیب سوخت فسیلی اثر منفی اندکی بر تغییرات در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. در حالی که سهم سوخت‌های فسیلی در کل انرژی مصرفی در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن، مثبت بوده است.

مطالعه تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی توسط بانک جهانی (۲۰۰۹) برای تمام کشورها در کل دوره ۱۹۹۴-۲۰۰۶ و در زیر دوره‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۱ و ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ نشان می‌دهد که رشد سریع تولید ناخالص داخلی کشورها، نقش تعیین‌کننده در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است، شدت انرژی در اقتصاد بخشی از آثار رشد تولید ناخالص داخلی در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن را در کل دوره و زیر دوره‌های مورد مطالعه کاهش

مصرف انرژی، انتشار آلودگی و رشد اقتصادی، مشخصات سازوکارهای ارتباطی را به خوبی مورد بحث قرار نداده‌اند.

به طور کلی سه دسته تحقیقات در کتاب‌شناسی اقتصادی در ارتباط با مصرف انرژی، انتشار آلودگی و رشد اقتصادی وجود دارد. این مسیرهای تحقیقاتی شامل موارد زیر هستند:

الف- دسته نخست از تحقیقات، آلودگی‌های محیط زیستی و تولید را مورد بحث قرار می‌دهند. این دسته از تحقیقات به آزمون فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس^۱ مشهورند. فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس بیان می‌کند که سطوح آلودگی به محض این که توسعه کشور افزایش می‌یابد، اما با افزایش درآمد و گذشت از نقطه برگشت، کاهش می‌یابد.

ب- دسته دوم از تحقیقات به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و تولید متمرکز شده‌اند. رابطه بین مصرف انرژی و تولید از یک سو تأکید می‌کند که توسعه اقتصادی بالاتر نیازمند مصرف انرژی بیشتر است و از سوی دیگر، مصرف کارای انرژی، سطح بالایی از توسعه اقتصادی را نیاز دارد. از این رو تعیین جهت علیت در این ارتباط ممکن نیست.

ج- دسته سوم از تحقیقات روش ترکیبی دو روش مذکور هستند که در کتاب شناسی اخیر مطرح شده‌اند. این روش امکان آزمون پویای روابط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی‌های محیط زیستی را به طور همزمان فراهم می‌کند.

مرور کتاب‌شناسی اقتصادی در ارتباط با مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار آلودگی‌های محیط زیستی، بویژه انتشار دی‌اکسیدکربن، رابطه بین این سه متغیر را تأیید می‌کنند. اما ارتباط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن، از عوامل دیگری نظیر جمعیت، ترکیب سوخت‌های مصرفی، سهم کربن در سوخت‌های مصرفی و غیره نیز متأثر می‌شود.

نکته قابل توجه آنست که در بیشتر مطالعات نظری و تجربی با استفاده از روشهای اقتصاد سنجی، به آثار عوامل مذکور در برقراری روابط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن توجهی نشده است. با توجه به اهمیت این بحث در شناخت ساختار انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی و اهمیت استفاده از سیاست‌های صحیح به منظور کاهش و کنترل انتشار دی‌اکسیدکربن، در این مقاله ساختار انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان اقتصاد و سطح بخش‌های اقتصادی با استفاده از روش تجزیه شاخص مورد بحث قرار می‌گیرد.

دی‌اکسیدکربن در کل اقتصاد و در همه بخش‌های اقتصاد داشته است و دلیل اصلی کاهش تغییرات در انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بهبود شدت انرژی در اقتصاد این کشور بر می‌گردد. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات ساختاری در بخش‌های مختلف اقتصادی اثر اندکی بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

Oh و همکاران (2010) انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در اقتصاد کره جنوبی را برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در این مطالعه نشان می‌دهد که رشد اقتصادی نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام بخش‌های اقتصادی این کشور داشته است، ترکیب سوخت عامل اصلی کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن و تغییرات ساختاری عامل اصلی کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در بیشتر بخش‌های اقتصادی کره جنوبی بوده است. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که شدت انرژی نقش تعیین‌کننده در مقایسه با سایر عوامل در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

مطالعه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در اقتصاد یونان برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ توسط Hatzigeorgiou و همکاران (2008) نشان می‌دهد در یک سو رشد اقتصادی نقش تعیین‌کننده در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته و در سوی دیگر، شدت انرژی نقش تعیین‌کننده در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

مطالعه Paul and Bhattacharya (2004) برای هند طی دوره ۱۹۸۰-۱۹۹۶ نیز نشان می‌دهد که رشد اقتصادی نقش تعیین‌کننده در انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در همه بخش‌های اقتصادی این کشور داشته است. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که شدت انرژی نقش تعیین‌کننده در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در مقایسه با شدت کربن سوخت‌های فسیلی داشته است. مطالعه لطفعلی پور و آشنا (۱۳۸۹) برای اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۷۳-۱۳۸۶ نشان می‌دهد که رشد اقتصادی نقش تعیین‌کننده در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد ضریب آلودگی و شدت انرژی نقش اندکی در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند. چنین نتایجی در انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصادی نیز حاصل شده است.

داده است و شدت کربن سوخت‌های فسیلی و سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی، در دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۱ کاهش و در دوره ۱۹۹۹-۲۰۰۶ افزایش یافته است.

مطالعه Hamilton and Turton (2002) در مورد کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی^۲ برای دوره ۱۹۸۲-۱۹۹۷ نشان می‌دهد که دلیل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی، به رشد اقتصادی و شدت کربن سوخت‌های فسیلی در این کشورها بر می‌گردد. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که کاهش شدت انرژی در اقتصاد و کاهش سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی نقش تعیین‌کننده در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند. مطالعه شینباوم و همکاران (Sheinbaum, et al., 2010) در کشورهای آمریکای لاتین (آرژانتین، برزیل، کلمبیا، مکزیک و ونزوئلا) برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ نشان می‌دهد که کاهش شدت انرژی و کاهش سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی، نقش اندکی در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در این کشورها داشته است. مطالعه Lee and Oh, (2006) برای کشورهای عضو همکاری اقتصادی منطقه پاسفیک^۳ طی دوره ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۸ و مقطع زمانی ۱۹۹۸ نشان می‌دهد که رشد تولید ناخالص داخلی سرانه و جمعیت، نقش تعیین‌کننده در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در دوره مورد مطالعه داشته‌اند. در برخی دیگر از مطالعات، انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در سطح کشوری و بخشی مورد توجه قرار گرفته است.

Lise (2006) انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی را برای اقتصاد ترکیه طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار داده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که رشد اقتصادی نقش تعیین‌کننده در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است، شدت کربن و تغییر در ترکیب اقتصاد همسو با تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن تغییر کرده‌اند اما میزان اثرگذاری آنها بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن اندک بوده است. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که شدت انرژی در اقتصاد دلیل اصلی جبران آثار افزایش سایر عوامل اثرگذار بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن بوده است.

Zhang و همکاران (2009) انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در چین را برای دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۶ در قالب سه دوره زمانی مساوی، مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که فعالیت‌های اقتصادی چین نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار

میانگین حسابی دی‌ویژیا^۷، شاخص لاسپیرز^۸ و غیره استفاده می‌شود. در این میان، شاخص لگاریتم میانگین دی‌ویژیا در مقایسه با سایر تکنیک‌های شاخص‌سازی، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تکنیک شاخص‌سازی در مقایسه با سایر تکنیک‌ها از مشخصه‌هایی نظیر استقلال زمانی، انعطاف‌پذیری محاسباتی، سازگاری در تجمیع، و امکان محاسبه مقادیر منفی و صفر برخوردار است (Ang, 2004). با توجه به مزیت‌های تکنیک شاخص لگاریتم میانگین دی‌ویژیا، در این مقاله از این روش برای تجزیه عوامل اثرگذار بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان و در سطح بخش‌های اقتصادی کشور استفاده می‌شود.

Kaya (1990) عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن مرتبط با مصرف انرژی را به چهار عامل اساسی شامل دی‌اکسیدکربن به ازای هر واحد مصرف انرژی، مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی، سرانه تولید ناخالص داخلی و جمعیت مرتبط می‌داند. در چارچوب تعریف کایا، انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در سطح کلان توانایی تجزیه به عوامل پنجگانه شامل دی‌اکسیدکربن به ازای هر واحد سوخت فسیلی شده (شدت) کربن سوخت‌های فسیلی، سوخت فسیلی مصرف شده به ازای هر واحد انرژی مصرف شده (سهم سوخت فسیلی در انرژی) مصرف شده به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی (شدت انرژی در اقتصاد)، سرانه تولید ناخالص داخلی و جمعیت دارد. این روش تجزیه در مطالعات Kojima and Bacon (2009) و Bacon and Lee and Wankeun (2007)، Ange (2004) و Hatzigeorgiou et.al. (2008) استفاده شده است.

در این مقاله، بر اساس چارچوب تجزیه کایا (۱۹۹۰)، عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل پنجگانه زیر در سطح کلان تجزیه می‌شود:^۹

$$E_t = C_t \times S_t \times I_t \times G_t \times P_t \quad (1)$$

در رابطه (۱)، E میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی، C شدت کربن سوخت‌های فسیلی^{۱۰}، S سهم سوخت فسیلی در انرژی مصرفی، I شدت انرژی در اقتصاد، G سرانه تولید ناخالص داخلی، P کل جمعیت و t زمان است. همچنین در رابطه مذکور هر یک از عوامل پنجگانه برای سال مشخص و معین (t) محاسبه می‌شوند. بر اساس رابطه (۱)، تغییر در میزان انتشار دی‌اکسیدکربن (ΔE) در سطح کلان در طی دوره $t-I$ و t را می‌توان به صورت زیر بر حسب عوامل پنجگانه تجزیه کرد:

بررسی شواهد تجربی نشان می‌دهد که از یک سو تغییرات تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی نقش تعیین‌کننده در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و از سوی دیگر تغییر ترکیب انرژی‌های مورد استفاده و سهم کربن در سوخت‌های فسیلی نقش تعیین‌کننده در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. نکته قابل توجه در مطالعات انجام شده آن است که به تغییر ساختار اقتصادی کشورها در استفاده از انرژی در طی زمان توجه اندکی شده است. همچنین انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح بخش‌های اقتصادی کمتر مورد توجه مطالعات مرور شده بوده است. در این مقاله تلاش شده است نقاط ضعف مطالعات گذشته مرتفع شود.

مدل و داده‌ها

اقتصادهای در حال توسعه نظیر ایران همواره با مشکلات ساختار داده‌های اقتصادی مواجه هستند. این موضوع باعث شده است که نتایج حاصل از به‌کارگیری روش‌های اقتصادسنجی برای تحلیل مسائل اقتصادهای در حال توسعه نظیر ایران، چندان مورد اعتماد نباشد. چنین بحثی در شناخت مسائل اقتصاد محیط زیست ایران نظیر انتشار دی‌اکسیدکربن نیز مطرح است. از این رو در این مقاله در راستای تحلیل دقیق‌تر انتشار دی‌اکسیدکربن از روش تجزیه استفاده می‌شود.

اهمیت مطالعه اثر تغییرات ساختاری بر مصرف انرژی در اقتصاد بعد از دهه ۱۹۷۰، موجب شد تحلیل تجزیه شاخص^۴ توسعه یافته و برای سیاست‌گذاری در بخش‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد. کارایی این روش موجب شد که این روش برای مطالعات مختلف در حوزه انرژی شامل عرضه و تقاضای انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با انرژی، جریان منابع، کارایی مصرف انرژی و نظارت بر روند آن، و مقایسه بین کشوری مورد استفاده قرار گیرد.

در سالهای اخیر روش تحلیل تجزیه‌ای به‌عنوان ابزاری کارا برای مطالعه عوامل اثرگذار بر تغییرات در انتشار آلودگی‌های ناشی از مصرف انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. به‌طور عمومی دو روش رایج در تحلیل تجزیه در کتاب‌شناسی اقتصادی وجود دارد: نخست، تحلیل تجزیه شاخص در این روش از داده‌های تجمیع شده در سطح بخشی و در سطح کلان استفاده می‌شود، دوم، تحلیل تجزیه ساختاری^۵ در این روش از جداول داده و ستاده استفاده می‌شود. در روش تجزیه شاخص، تکنیک‌های مختلفی برای شاخص‌سازی نظیر شاخص لگاریتم میانگین دی‌ویژیا^۶، شاخص

$$\Delta E_{j,t}(t,t-1) = C_{eff,j} + S_{eff,j} + I_{eff,j} + H_{eff,j} + G_{eff} + P_{eff} \quad (۹)$$

در رابطه مذکور، $C_{eff,j}$ تغییرات در C بخش j (اثر ضریب بخش)، $S_{eff,j}$ تغییرات در S بخش j (اثر جانشینی بخش)، $I_{eff,j}$ تغییرات در I بخش j (اثر شدت بخش)، $H_{eff,j}$ تغییرات در سهم بخش j از تولید ناخالص داخلی، G_{eff} تغییرات در سرانه تولید ناخالص داخلی (G)، P_{eff} تغییرات در جمعیت (P) و {کشاورزی، صنعت، خدمات} $\in j$ است.

در ادامه مقاله ابتدا انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد برای هشت دوره پنج ساله از ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار می گیرد. سپس، انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش های اقتصادی برای دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ در قالب دو زیر دوره شامل ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۷ تحلیل می شود.^{۱۱}

داده های مربوط به میزان انتشار دی اکسید کربن، میزان سوخت فسیلی مصرف شده و میزان کل انرژی عرضه شده برای مصرف داخلی در دو سطح کلان اقتصاد و بخش های اقتصادی از آمار و اطلاعات منتشر شده توسط مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی (آمار و اطلاعات انرژی، ۱۳۸۹) و معاونت برق و انرژی وزارت نیرو (ترازنامه های انرژی سالهای مختلف، ۱۳۸۹) استخراج شده است. همچنین داده های مربوط به کل تولید ناخالص داخلی، تولید ناخالص داخلی هر یک از بخش ها و کل جمعیت از منابع آماری بانک مرکزی (سری های زمانی اقتصادی، ۱۳۸۹) استخراج شده است.

تجزیه عوامل اثر گذار بر انتشار دی اکسید کربن

در این بخش انتشار دی اکسید کربن طی دوره مورد مطالعه در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش های اقتصادی شامل بخش صنعت، بخش خدمات و بخش کشاورزی به عوامل اثر گذار تجزیه می شوند.

تجزیه انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد

تغییرات انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد برای دوره های مورد مطالعه به جز دوره ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۰ مثبت بوده است. بیشترین تغییرات انتشار دی اکسید کربن طی دوره مورد مطالعه به دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ اختصاص داشته است.

همسویی تغییرات انتشار دی اکسید کربن با تغییرات سرانه تولید ناخالص طی دوره های مورد مطالعه به جز دوره ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۵ مشاهده می شود. بدین معنی که با تغییرات مثبت (منفی) در انتشار دی اکسید کربن، تغییرات سرانه دی اکسید کربن نیز مثبت (منفی)

$$E(t-1) = C(t-1) \times S(t-1) \times I(t-1) \times G(t-1) \times P(t-1)$$

$$E(t) = C(t) \times S(t) \times I(t) \times G(t) \times P(t)$$

$$\Delta E(t,t-1) = E(t) - E(t-1) = C(t)FS(t) \times I(t) \times G(t)$$

$$\times P(t) - C(t-1) \times S(t-1) \times I(t-1) \times G(t-1) \times P(t-1) \quad (۲)$$

بر اساس شاخص میانگین لگاریتم دیویژیا ($LMDI$)، تغییرات در انتشار دی اکسید کربن (ΔE) طی دوره $t-1$ و t را می توان به صورت مجموع تغییرات در هر یک از عوامل پنجگانه محاسبه کرد:

$$\Delta E(t,t-1) = C_{eff} + S_{eff} + I_{eff} + G_{eff} + P_{eff} \quad (۳)$$

در رابطه مذکور، C_{eff} تغییرات در C (اثر ضریب)، S_{eff} تغییرات در S (اثر جانشینی)، I_{eff} تغییرات در I (اثر شدت)، G_{eff} تغییرات در سرانه تولید ناخالص داخلی (G) و P_{eff} تغییرات در جمعیت (P) است. هر یک از آثار مذکور، با استفاده از شاخص میانگین لگاریتم دیویژیا ($LMDI$) به صورت زیر محاسبه شده اند:

$$C_{eff} = L[E(t), E(t-1)] \times \ln[c(t)/c(t-1)] \quad (۴)$$

$$S_{eff} = L[E(t), E(t-1)] \times \ln[s(t)/(s(t-1))] \quad (۵)$$

$$I_{eff} = L[E(t), E(t-1)] \times \ln[I(t)/I(t-1)] \quad (۶)$$

$$G_{eff} = L[E(t), E(t-1)] \times \ln[G(t)/G(t-1)] \quad (۷)$$

$$P_{eff} = L[E(t), E(t-1)] \times \ln[P(t)/P(t-1)] \quad (۸)$$

در روابط مذکور، از رابطه $L(x,y) = (x-y)/\ln(x/y)$ محاسبه $L[E(t), E(t-1)]$ استفاده شده است.

در ادامه به منظور تجزیه عوامل اثر گذار بر انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در سطح بخشی، انرژی مورد استفاده در کل اقتصاد در سه بخش شامل صنعت، کشاورزی و خدمات بررسی شد. انرژی مورد مصرف بخش خدمات در این مقاله دربرگیرنده انرژی مصرف شده در زیر بخش های حمل و نقل، خانگی و تجاری است. به منظور گنجاندن آثار هر یک از بخش ها در انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی، رابطه (۳) را به صورت زیر توسعه دادیم:

تغییرات شدت انرژی (اثر شدت) بر خلاف تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی، سهم بیشتری در تغییرات انتشار دی اکسید کربن داشته است. تغییرات شدت انرژی، در طی دوره‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۵، ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۰، ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ و ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ همسو با تغییرات انتشار دی اکسید کربن بوده است. بیشترین سهم تغییرات شدت انرژی در تغییرات انتشار دی اکسید کربن طی دوره ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ مشاهده می‌شود.

در دوره ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۰ بر خلاف سایر دوره‌های مورد مطالعه تغییرات انتشار دی اکسید کربن منفی بوده است. تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی و تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی (اثر ضریب) سهم بالایی در تغییرات انتشار دی اکسید کربن در این دوره داشته‌اند. در دوره ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۵ نیز بر خلاف سایر دوره‌ها تغییرات شدت انرژی در اقتصاد (اثر شدت) و تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی سهم بالایی در کاهش تغییرات انتشار دی اکسید کربن داشته‌اند اما اثر تغییرات سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی (اثر جانشینی) و تغییرات جمعیت بر مجموع این آثار برتری داشته که در نهایت تغییرات انتشار دی اکسید کربن در این دوره نیز مثبت شده است (جدول شماره ۱).

بوده است. چنین مشخصه‌ای در ارتباط بین تغییرات انتشار دی اکسید کربن و تغییرات جمعیت نیز مشاهده می‌شود. تغییرات شدت کربن سوخت‌های فسیلی (اثر ضریب) طی دوره‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۰، ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۰ و ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ همسو با تغییرات انتشار دی اکسید کربن بوده است اما در طی سایر دوره‌ها همسویی تغییرات شدت کربن سوخت‌های فسیلی و تغییرات انتشار دی اکسید کربن مشاهده نمی‌شود.

طی دوره‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۰ و ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ تغییرات شدت کربن سوخت‌های فسیلی نقش تعیین کننده در تغییرات انتشار دی اکسید کربن داشته است. تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی (اثر جانشینی) در دوره‌های ۱۳۴۶-۱۳۵۰، ۱۳۵۱-۱۳۵۶، ۱۳۶۱-۱۳۶۵ و ۱۳۸۱-۱۳۸۵ با تغییرات انتشار دی اکسید کربن همسو بوده است.

تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی هر چند طی دوره‌های مذکور با تغییرات انتشار دی اکسید کربن همسو بوده است، اما این اثر تنها در طی دوره ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۵ نقش تعیین کننده در تغییرات انتشار دی اکسید کربن داشته است و در سایر دوره‌ها نقش این اثر اندک بوده است.

جدول شماره (۱): عوامل اثرگذار بر انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد - تن

دوره	ΔE	C_{eff}	S_{eff}	I_{eff}	G_{eff}	P_{eff}
۱۳۴۶-۱۳۵۰	۳۰۹۹۲/۶۴	-۱۲۸۹۹/۶	۱۹۱۷۴/۶۴	-۱۲۸۶۹/۹	۲۸۷۶۰/۹۲	۸۸۲۶/۵۶
۱۳۵۱-۱۳۵۵	۴۸۱۱۶/۸	-۲۳۲۲۷/۴	۳۹۸۹/۷	۱۷۷۶۸/۳۴	۳۶۷۹۳/۷۱	۱۳۴۹۲/۴۸
۱۳۵۶-۱۳۶۰	-۵۰۶۸۴/۹	-۵۶۹۱۵	۳۸۶۲/۳۲	۴۶۱۱۱/۰۱	-۶۴۰۵۸/۳	۲۰۳۵۱/۰۷
۱۳۶۱-۱۳۶۵	۸۱۲۸/۱۹	-۱۴۸۷۰/۱	۳۸۵۸۰/۸۹	-۲۰۰۲۲/۱	-۲۰۰۲۲/۱	۲۱۱۳۵/۲۳
۱۳۶۶-۱۳۷۰	۷۰۹۴۸/۶۵	۱۰۰۶۰/۰۹	-۱۶۱/۳۷	۱۴۹۸۰/۹۱	۲۷۹۲۱/۰۱	۱۸۱۴۸
۱۳۷۱-۱۳۷۵	۶۰۷۱۴/۲۳	-۱۰۱۴/۲۵	-۱۰۷۰۸/۵	۴۳۶۷۴/۷۷	۱۴۶۴۶/۹۶	۱۴۱۱۵/۲۷
۱۳۷۶-۱۳۸۰	۵۲۴۳۵/۸۵	۳۹۹۳۲/۲	-۱۳۱۳۰/۶	-۱۶۵۷۷/۴	۱۹۵۶۲/۶۴	۲۲۶۴۹/۰۳
۱۳۸۱-۱۳۸۵	۹۸۹۱۳/۵۸	-۳۳۸۱۹/۸	۳۹۱۸/۴۲	۱۴۷۴۲/۳۸	۸۸۰۲۴/۸۳	۲۶۰۴۷/۷۷

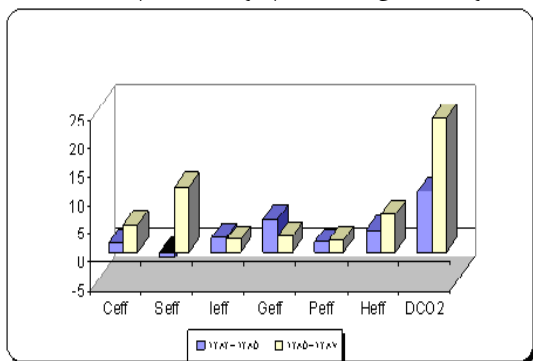
(منبع: محاسبات تحقیق)

انتشار دی اکسید کربن در مقایسه با سایر آثار اندک بوده است. نکته قابل توجه آن است که تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی (شدت کربن) طی هر دو دوره اثر معکوس بر تغییرات انتشار دی اکسید کربن داشته است. بدین معنی که بخشی از تغییرات انتشار دی اکسید کربن با تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی جایگزین شده است (نمودار شماره ۱).

تجزیه تغییرات انتشار دی اکسید کربن به عوامل اثرگذار در طی دوره‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ نیز نشان می‌دهد تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، تغییرات جمعیت و تغییرات انرژی در اقتصاد (اثر شدت) نقش تعیین کننده در تغییرات انتشار دی اکسید کربن داشته‌اند. همسویی تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی (اثر جانشینی) با تغییرات انتشار دی اکسید کربن طی دوره‌های مذکور مشاهده می‌شود، اما سهم این اثر در تغییرات

با تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش صنعت همسو بوده است. طی دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، تغییرات سهم بخش صنعت از کل تولید ناخالص داخلی و تغییرات شدت انرژی به ترتیب نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش صنعت داشته‌اند. هر چند تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی مصرفی صنعت و سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی صنعت همسو با تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن بوده است، اما میزان تغییرات هر یک از عوامل مذکور اندک است. تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن صنعت را طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ در مقایسه با دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ افزایش یافته است.

طی این دوره بر خلاف دوره گذشته، تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی صنعت و تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی مصرفی صنعت نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن صنعت داشته‌اند. تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی بر خلاف دوره پیشین سهم اندکی در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن بخش به خود اختصاص داده است (نمودار شماره ۲).

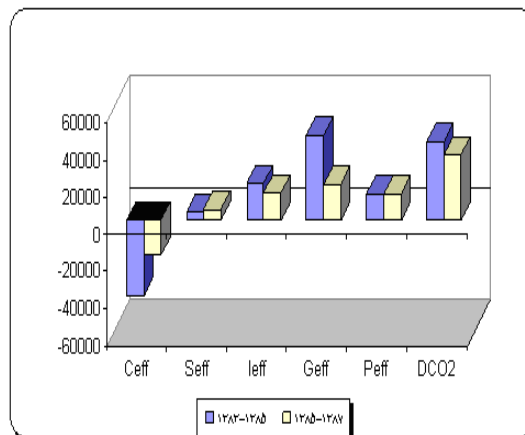


نمودار شماره (۲): تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از

مصرف انرژی در بخش صنعت (منبع: نتایج مطالعه)

ب- بخش کشاورزی

تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی همانند بخش صنعت طی دوره‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ مثبت بوده است. میزان تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن بخش کشاورزی طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ در مقایسه با دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ بیشتر شده است. تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی و تغییرات شدت انرژی بخش کشاورزی نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی این بخش طی دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ داشته‌اند. در طی این



نمودار شماره (۱): تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف

انرژی در سطح کلان اقتصاد (منبع: نتایج مطالعه)

تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح بخش‌های اقتصادی

تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان اقتصاد طی دوره‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ نشان داد که تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، تغییرات شدت انرژی و تغییرات جمعیت نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی داشته‌اند. در نگاهی بخشی، بخش خدمات در طی دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ با میزان برابر با ۳۹/۴۶ میلیون تن بیشترین سهم تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است.

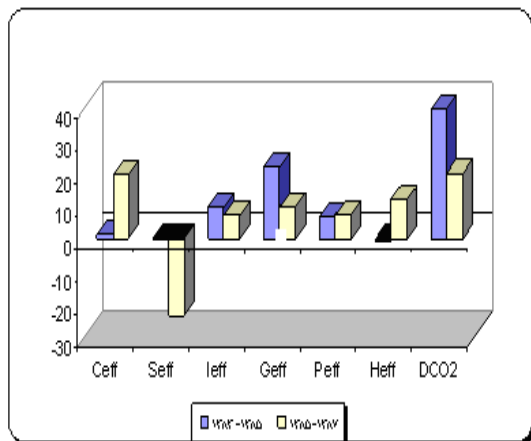
در طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش صنعت با افزایش بیش از دو برابر، نسبت به تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش خدمات پیشی گرفته و در جایگاه نخست قرار گرفته است. در طی این دوره، تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش خدمات در مقایسه با دوره گذشته، کاهش یافته است.

در ادامه مقاله، تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح بخش‌های اقتصادی کشور شامل بخش صنعت، بخش کشاورزی و بخش خدمات بررسی می‌شود.

الف- بخش صنعت

تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن بخش صنعت طی دوره‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ همانند سطح کلان اقتصاد مثبت بوده است. طی هر دو دوره مذکور، تغییرات تمام عوامل تعیین‌کننده

نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش خدمات داشته‌اند. طی این دوره، سهم تغییرات بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی در تغییرات دی‌اکسیدکربن این بخش اندک بوده است. تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی مصرفی در بخش کشاورزی و سهم بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ بر خلاف دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در این بخش داشته‌اند. در طی این دوره، تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی بخش کشاورزی بر خلاف دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ همسو با تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نبوده است (نمودار شماره ۴).



نمودار شماره (۴): تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش خدمات (منبع: نتایج مطالعه)

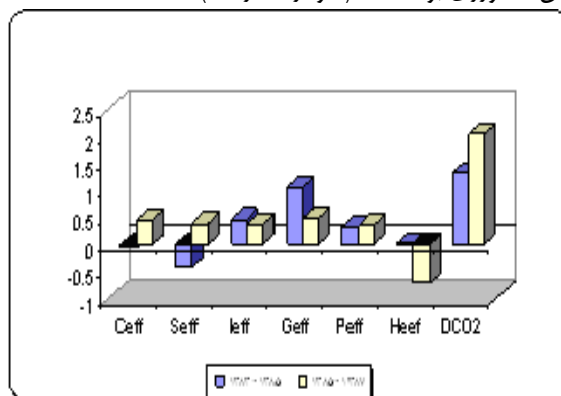
نتایج و تحلیل آنها

نتایج مطالعه نشان می‌دهد انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در سطح کلان اقتصاد طی دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۷ همواره افزایش یافته است. چنین نتایجی برای بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات نیز مشاهده می‌شود. این مسئله نشان دهنده آن است که کنترل و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به‌عنوان چالش اصلی برای اقتصاد کشور مطرح است.

نتایج تجزیه تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل اثرگذار در سطح کلان اقتصاد نشان می‌دهد که تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی در تمام دوره‌های مورد بررسی، نقش تعیین‌کننده داشته است. چنین نتیجه‌ای نشان می‌دهد دستیابی به اهداف رشد اقتصادی کشور همواره با قبول افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی ممکن بوده است.

دوره، هر چند تغییرات سهم بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی مثبت بوده، اما اثر آن در مقایسه با تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی اندک بوده است. سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی بخش کشاورزی بر خلاف بخش صنعت، در جهت عکس تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن تغییر کرده است.

طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷، تغییرات سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی بخش کشاورزی بر خلاف دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ همسو با تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی بوده است. در طی این دوره، تغییرات کربن سوخت‌های فسیلی مصرفی در بخش کشاورزی بر خلاف دوره قبل، همانند تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی و تغییرات جمعیت نقش تعیین‌کننده در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی داشته است. همچنین برخلاف دوره گذشته، تغییرات سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی در جهت عکس تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی بوده است (نمودار شماره ۳).



نمودار شماره (۳): تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی (منبع: نتایج مطالعه)

ج-بخش خدمات

انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش خدمات همانند بخش‌های صنعت و کشاورزی طی دوره‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷-۱۳۸۵ مثبت بوده است. تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش خدمات بر خلاف بخش‌های صنعت و کشاورزی، طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ نسبت به دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ کاهش یافته است. تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی مصرفی در بخش خدمات طی دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵

دستیابی به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی ضروری است.

نتایج مطالعه در سطح بخش‌های اقتصادی نیز نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام بخش‌های اقتصادی کشور افزایش یافته است. تمام عوامل اثر گذار، نقش مثبتی در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش صنعت داشته‌اند. سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی بخش صنعت در بین سایر عوامل، نقش کلیدی در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

همچنین در این بخش، میزان تولید بخش از کل تولید ناخالص داخلی و سهم کربن در سوخت‌های فسیلی نیز برخلاف سطح کلان اقتصاد موجب تشدید افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. نتایج مبین آن است که به منظور کنترل و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش صنعت، توجه به ترکیب سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی این بخش اساسی است.

سهم تولید بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی کشور بر خلاف بخش صنعت و بخش خدمات، نقش کاهنده در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. اما سهم کربن در سوخت‌های فسیلی مورد مصرف بخش کشاورزی بر خلاف بخش صنعت، افزایش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد از یک سو رشد بخش کشاورزی با کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی همراه است. از سوی دیگر، سهم بالای کربن در سوخت‌های فسیلی مورد مصرف بخش کشاورزی، باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. از این رو به منظور کاهش و کنترل میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی، توجه به ترکیبات سوخت‌های فسیلی و سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی این بخش ضروری است. سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی بخش خدمات بر خلاف بخش‌های صنعت و کشاورزی طی دوره مورد مطالعه کاهش یافته و موجب کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. این امر نشان دهنده آن است که سهم سوخت‌های غیرفسیلی در انرژی مصرفی بخش خدمات بهبود یافته است.

با توجه به سهم بالای بخش خدمات در انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان اقتصاد، استفاده از سیاست‌های کنترل و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن متمرکز بر سیاست‌های بهبود سوخت‌های مصرفی این بخش ضروری به نظر می‌رسد.

تغییرات جمعیت در همه دوره‌های مورد بررسی، مثبت بوده و موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی شده است. این موضوع مبین آن است که افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن همسو با تغییرات جمعیت در کشور است. چنین نتیجه‌ای در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور نیز مشاهده می‌شود. از این رو سیاست‌های کنترل جمعیت در راستای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی اثرگذار خواهد بود. سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی کشور طی دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۶۵ همواره افزایش یافته است. این تغییرات موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در این دوره شده است. سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی کشور طی دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ نقش کاهنده در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. اما از آغاز دهه ۱۳۸۰ سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی کشور افزایش یافته و موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بر خلاف روند جهانی و حرکت به سمت استفاده از سوخت‌های غیرفسیلی، سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی کشور افزایش یافته است. از این رو توجه به انرژی‌های جایگزین در راستای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج مطالعه نشان می‌دهد سهم کربن در سوخت‌های فسیلی در بیشتر دوره‌های مورد مطالعه به جز دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۰ و ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ کاهش یافته و موجب کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی شده است. همچنین سهم کربن در سوخت‌های فسیلی طی دوره‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ نقش کاهنده در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

این مسئله نشان می‌دهد که سیاست‌های تغییر ترکیبات کربنی سوخت‌های فسیلی موفق بوده و تداوم این موضوع می‌تواند سهم اساسی در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در کشور داشته باشد.

شدت انرژی در اقتصاد کشور در بیشتر دوره‌ها افزایش یافته و نقش فزاینده در انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی داشته است. شدت انرژی از اواسط دهه ۱۳۶۰ روند فزاینده در اقتصاد کشور تجربه کرده است و این روند باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی شده است.

این روند نشان می‌دهد که بر خلاف تجربه جهانی، میزان مصرف انرژی در اقتصاد کشور بالاست. از این رو به‌کارگیری سیاست‌های اقتصادی به‌منظور کاهش میزان مصرف انرژی با هدف

اساس این پایه نظری تعریف می‌شود که تجربه انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل مذکور به روش ریاضی است.

۱۰- در این مطالعه سوخت‌های فسیلی شامل گاز مایع، بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت کوره، ATK، JP4، گاز طبیعی، هیزم، زغال سنگ، گاز کک و گاز پالایشگاه است.

۱۱- با توجه به توانایی دسترسی آمار و اطلاعات، دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۷ انتخاب شده است. دلیل تفکیک دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۵ به ۸ دوره پنج‌ساله، حذف آثار ناشی از تغییرات ناگهانی انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور بوده است. همچنین انتخاب دو دوره ۲ ساله ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ برای تحلیل در بخش‌های اقتصادی کشور، حفظ روند تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در این دوره‌ها و تحلیل وضعیت سالهای اخیر بوده است.

یادداشت‌ها

- 1-Environmental Kuznets's Curve (EKC)
- 2-Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
- 3-Asia-Pacific Economic Co-operation (APEC)
- 4-Index Decomposition Analysis (IDA)
- 5- Structural Decomposition Analysis (SDA)
- 6-Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI)
- 7-Arithmetic Mean Divisia Index (AMDI)
- 8- Laspeyres's Index (LI)

۹- رابطه (۱) بر اساس تعریف اولیه گایا به دست می‌آید. به لحاظ نظری انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از رشد اقتصادی، رشد جمعیت، شدت مصرف انرژی، ترکیب سوخت‌های فسیلی و شدت کربن است. این رابطه نیز بر

منابع مورد استفاده

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. ۱۳۸۹. سری‌های زمانی اقتصادی،

لطفعلی پور، م.ر. و آشنا، م. ۱۳۸۹. بررسی عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران، فصلنامه مطالعات انرژی، سال هفتم، ش. ۲۴، صص ۱۲۱ تا ۱۴۵.

وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی. ۱۳۸۹. ترازنامه‌های انرژی سالهای مختلف.

وزارت نفت، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی. ۱۳۸۹. آمار و اطلاعات انرژی.

Ang,B.W., F.Q.,Zhang .1999. Inter-regional comparisons of energy- related CO2 emissions using the decomposition technique, Energy, Vol.24, PP. 297-305.

Ang,B.W. 2004. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred methods?, Energy policy, Vol.32, PP. 1131-1139.

Bacon,W.R., S.,Bhattachrya .2007. Growth and CO2 emissions: how do different countries fare?, The World Bank Environmental Department, environmental department papers, No.113,

Grossman,G.M., A.B.,Kruger .1991. Environmental impacts of a North American free agreement, Working paper, No. 3914, National Bureau of Economic Research, Cambridge.

Hamilton,C. , H., Turton .2002. Determinants of emissions growth in OECD countries, Energy Policy, Vol. 30, PP.63-71.

Hatzigeorgiou, E., et.al. 2008. CO₂ emissions in Greece fro 1990-2002: A decomposition analysis and comparison of results using the Arithmetic Mean Divisia Index and Logarithmic Mean Divisia Index techniques, Energy, Vol. 33, PP.492-499.

IEA .2009. World Energy Outlook, Paris, France, www.iea.org

Kaya, Y. 1990. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios, Response strategies working group, Paris.

Kojima, M., R., Bacon .2009. Changes in CO₂ Emissions from energy use: A multi -country Decomposition Analysis, World Bank, www.worldbank.org.

Kolstad, C.D., J.A., Krautkraemer .1993. Natural resource use and the environment, In: Knees, A.V., Sweeney, J.L. (Eds.), Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol. 3, pp. 1219–1265.

Lee, K., and W., Oh. 2006. Analysis of CO₂ Emissions in APEC Countries: A Time-Series and a Cross-Sectional Decomposition Using the Log Mean Divisia Method, Energy Policy, Vol. 34(17), PP.2779-87.

Lise, W. 2006. Decomposition of CO₂ emissions over 1980-2003 in Turkey, Energy Policy, Vol.34, PP. 1841-1852.

Oh, I., et al. 2010. Decomposition analysis and mitigation strategies of CO₂ emissions from energy consumption in South Korea, Energy Policy, Vol.38, PP.364-377.

Paul, S., N., Bhattacharya .2004. CO₂ emission from energy use in India: a decomposition analysis, Energy Policy, Vol. 32, PP. 585-593.

Ricci, F. 2007. Channels of transmission of environmental policy to economic growth: a survey of the theory, Ecological Economics, Vol. 60, PP. 688–699.

Sheinbaum, C. et al. 2010. Energy consumption and related CO₂ emissions in five Latin American countries: changes from 1990 to 2006 and perspective, Energy, xxx, PP.1-10.

Solow, R. 1956. A contribution to the theory of economic growth, Quarterly journal of economics, Vol. 70, PP. 65-94.

World Bank. 2009. Changes in CO₂ Emissions from Energy Use: A Multi-Country Decomposition Analysis, Working Paper, N0. 11.

Xepapadeas, A. 2005. Economic growth and the environment, In: Mäler, K.-G., Vincent, J.R. (Eds.), Handbook of Environmental Economics, vol. 3, PP. 1219–1271.

Zhang, M., et al. 2009. Analysis decomposition of energy-related CO₂ emission over 1991-2006 in China, Ecological Economics, Vol. 68, PP. 2122-2128, www.worldbank.org