فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفتم / شماره‌ی ۲۴/ بهار ۱۳۸۹/ صفحات ۱۴۵ - ۱۲۱

بررسی عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران

محمدرضا لطفعلی‌پور

دانشیار دانشکده‌ی علوم اداری و اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد lotfalipour@um.ac.ir

ملیحه آشنا

کارشناس ارشد دانشگاه فردوسی مشهد ml.ashna@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲۳

چکیده

افزایش قابل ملاحظه‌ی گازهای آلاینده و از آن جمله دی‌اکسیدکربن (CO_2) در دهه‌های اخیر به تبع رشد و توسعه‌ی صنعتی ، توجه بیش‌تری را به منظور مقابله و جلوگیری از اثرات مخرب آن‌ها به خود جلب کرده است. هدف این مقاله تعیین عواملی است که تغییر انتشار CO_2 مرتبط با انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحلیل تجزیه‌ای کامل برای CO_2 در ایران برای بخش‌های اصلی اقتصادی طی دوره‌ی ۱۳۸۶-۱۳۷۳ انجام گرفته است. بدین منظور تغییرات انتشار CO_2 از نظر چهار عامل اصلی شدت انرژی، ضریب آلودگی، تغییرات ساختاری و فعالیت اقتصادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که در تحلیل کلی، مهم‌ترین عامل افزایش انتشار CO_2، رشد اقتصادی (اثر مقیاس) است و ساختار اقتصادی به میزان کم‌تری در افزایش انتشار کربن مؤثر است. ضریب آلودگی و شدت انرژی به میزان کمّی در کاهش انتشار CO_2 نقش دارند. در تحلیل جزئی برای هر بخش اقتصادی، با توجه به ویژگی هر بخش، نتایج متفاوتی در ارتباط با هر عامل به‌دست آمده است. اثر فعالیت اقتصادی در تمام بخش‌ها مثبت بوده و بخش‌هایی که سهم آن‌ها در تولید کل کاهش یافته است، اثر ساختاری منفی و در نتیجه اثر کاهشی بر انتشار CO_2 دارند.

طبقه‌بندی JEL: Q54 ،Q4

کلید واژه: تحلیل تجزیه‌ای، انتشار دی‌اکسیدکربن، شدت انرژی، ایران.

۱- مقدمه

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی و سایر فعالیت‌های انسانی تهدیدی جدی برای افزایش دمای کره‌ی زمین هستند. تغییرات الگوی آب و هوا ممکن است محیط زیست و فعالیت‌های بشر را مختل کند. جو یک کالای عمومی جهانی است، بنابراین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر کشور، منافع خارجی جهانی را دربردارد (گلدین و وینترز: ۲۳۴). گاز دی‌اکسید کربن عمده‌ترین گاز تشکیل دهنده‌ی گازهای گلخانه‌ای است. مشکل انتشار CO_2 به‌طور مستقیم به استفاده از انرژی مرتبط است و همبستگی شدیدی بین استفاده از انرژی‌های فسیلی، انتشار CO_2 و فعالیت‌های اقتصادی وجود دارد. از سوی دیگر حداقلی از انتشار CO_2 مرتبط با فعالیت اقتصادی وجود دارد که نمی‌تواند کاهش یابد، زیرا در این صورت با تکنولوژی موجود، سطح تولید و درنتیجه رفاه شهروندان کاهش می‌یابد. این دلیل اصلی برای عدم تمایل برخی کشورها در مشارکت برای کاهش CO_2 می‌باشد، بنابراین مشکل کاهش CO_2 به علت عدم وجود انگیزه برای کاهش مصرف انرژی واستفاده از انرژی‌های کم‌تر آلاینده و تجدیدپذیر برمی‌گردد (آزوموها و همکاران[1]، ۲۰۰۵)

با احتراق سوخت‌های فسیلی، کربن اکسید شده در جو رها می‌شود. سوخت‌های مختلف مقادیر متفاوتی از این گاز را به ازای هر واحد انرژی حرارتی آزاد می‌کنند. با رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، مصرف انرژی در انواع مختلف، نقش مهمی را در اثرگذاری بر محیط زیست محلی و تغییر آب و هوای جهانی ایفا می‌کند. به تازگی بیش‌تر آلودگی هوا در شهرها به دلیل حمل و نقل درون شهری است. سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل و نیز فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از عوامل عمده‌ی آلودگی شهرها به شمار می‌روند. افزایش تخریب محیط زیست در سطح محلی، ملی و جهانی، توجه سیاست‌گذاران را به سوی آثار جانبی زیست محیطی مصرف انرژی و رفاه اجتماعی مرتبط با آن جلب کرده است. این نکته نیز قابل ذکر است که سیاست‌های کاهش انرژی به تنهایی نمی‌تواند برای تضمین سطح معینی از کیفیت زیست محیطی همگام با سطح مطلوبی از رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی کافی باشد (پل و باتاچریا[2]، ۲۰۰۴).

1- Azomahou et al.
2- Paul and Bhattacharya.

در سال ۱۹۹۲، کنفرانس جهانی در ارتباط با محیط زیست در بیانیه‌ی منشور زمین، تمام کشورها را به حفظ محیط زیست متعهد می‌کند. در این کنفرانس که توسط سازمان ملل متحد برگزار شد، ۱۵۵ دولت از جمله ایران شرکت داشتند، کنوانسیون تغییر آب و هوا با هدف تثبیت گازهای گلخانه‌ای در سطحی غیر مضر برای سیستم آب و هوایی، به امضا رسید.

در حال حاضر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های اتمسفر، هدف مهم سیاست‌های انرژی و زیست محیطی جهان را تشکیل می‌دهد. عوامل بسیاری مانند عوامل اقتصادی، جمعیتی، تغییرات تکنولوژیکی، چارچوب نهادی، شیوه‌ی زندگی و تجارت بین‌المللی، انتشار CO_2 را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مصرف انرژی بیش از ۸۰٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای را موجب می‌شود که در فرآیند تولید، حمل و نقل و مصرف انواع حامل‌های انرژی تولید می‌شوند. با توجه به اهمیت مصرف انرژی برای توسعه‌ی پایدار[1]، یک سئوال مهم (از این نظر و از نظر تغییر آب و هوای جهانی) این است که چگونه می‌توان به جداسازی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از رشد اقتصادی و مصرف انرژی دست یافت؟ بنابراین باید سیاست‌گذاران انرژی و زیست محیطی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 را مورد بررسی قرار دهند. طبق گزارش توسعه‌ی انسانی سازمان ملل در سال ۲۰۰۷، ایران ۱/۵ درصد انتشارات جهانی CO_2 را داشته و سیزدهمین منتشرکننده‌ی دی‌اکسیدکربن بوده است. هدف این مقاله تعیین عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در بخش‌های اقتصادی ایران با استفاده از روش تجزیه‌ای کامل است.

با توجه به مدل تجزیه‌ای کامل، این مطالعه به تعیین عوامل مؤثر بر تغییر انتشار CO_2 در ایران به تفکیک بخش‌ها و نیز به صورت کلی می‌پردازد. برای انجام این تحلیل چهار عامل اصلی شامل اثر ضریب آلودگی، اثر شدت انرژی، اثر ساختار و اثر فعالیت اقتصادی در نظر گرفته شده و تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن با توجه به تغییر هر یک از این عوامل مورد بررسی قرار گرفته است. سون[2] (۱۹۹۸)، یک تحلیل تجزیه‌ای کامل را مطرح می‌کند که در آن جمله‌ی اخلال میان آثار در نظر گرفته شده توزیع

۱- توسعه‌ی پایدار به توسعه‌ای گفته می‌شود که نیازهای (به عبارت دیگر رفاه) نسل کنونی را بدون صدمه زدن به توانایی‌های تولید آینده (از جنبه‌های اقتصادی، انسانی و سرمایه‌های طبیعی) برآورده کند (پیرس و وارفورد، ۱۳۷۷).

2- Sun.

شده است. زانگ و انگ[1] (۲۰۰۱)، به این روش به عنوان روش لاسپیرز اصلاح شده اشاره می‌کنند، که به علت سادگی مفهوم و محاسبات، به طور وسیعی به کار برده شده است. در این مطالعه به منظور بررسی بهتر تغییر روند عوامل مرتبط با زمان و با توجه به تغییر روند مصرف انرژی، دوره‌ی زمانی ۱۳۷۳-۱۳۸۶ به سه فاصله‌ی زمانی ۱۳۷۳-۱۳۷۷، ۱۳۷۸-۱۳۸۱ و ۱۳۸۲-۱۳۸۶ تقسیم شده است.

در بخش ۲ مروری بر ادبیات موضوع انجام می‌شود. بخش ۳، روش استفاده شده را معرفی می‌کند. بخش ۴، مدل برآورد شده و نتایج تجربی را بیان می‌کند و سرانجام در بخش ۵ خلاصه‌ای از نتایج ارائه می گردد.

۲- ادبیات موضوع

روش تجزیه‌ای معمولاً در مورد تغییرات مصرف انرژی یا شدت انرژی طی زمان به کاربرده شده است. این روش می‌تواند برای مطالعه‌ی انتشار گازهای حاصل از انرژی بسط داده شود. در تحقیق گروسمن و کروگر[2] (۱۹۹۱) در مورد آثار زیست محیطی تجارت آزاد آمریکای شمالی (NAFTA)[3] برای اولین بار تغییر در انتشار به اثر مقیاس، ترکیب و تکنیک تجزیه شد. در تحلیل تجزیه‌ای جزئی یک عبارت باقی مانده حاصل می‌شود. ضریب آلودگی (نسبت آلودگی به تولید)، شدت انرژی (نسبت انرژی به تولید)، ساختار اقتصاد یا سهم تولیدی بخش‌ها در تولید کل اقتصاد و رشد اقتصادی (GDP)[4] به عنوان اجزای اصلی تحلیل تجزیه‌ای در نظر گرفته شده‌اند.

در ادبیات موضوع دو روش تجزیه‌ای به نام تحلیل تجزیه‌ای ساختاری (SDA)[5] و تحلیل تجزیه‌ای شاخص (IDA)[6] برای بررسی عوامل مؤثر بر تغییر یک متغیر به کار رفته است. چنگ و همکاران[7] (۲۰۰۸)، روش تحلیل ساختاری را برای تجزیه و تحلیل انتشار کل CO_2 به کار برده‌اند. بر اساس یافته‌های لین و چانگ[8] (۱۹۹۶) در تحلیل تجزیه‌ای شاخص، روش پارامتری متوسط ساده نسبت به هر روش دیگری از این نوع

1- Zhang and Ang.
2- Grossman and Krueger
3- North American Free Trade Agreement
4- Gross domestic production
5- Structural Decomposition Analysis.
6- Index Decomposition Analysis.
7- Chang et al.
8- Lin and Chang.

تحلیل مناسب‌تر است، زیرا فرآیند محاسبه‌ی آن ساده است و خطای نسبتاً کوچک‌تری را ایجاد می‌کند. روش تجزیه‌ای شاخص که در خیلی از مطالعات ارائه شده، به‌عنوان روش سنتی شناخته شده است. یک مشکل این روش وجود خطا در نتایج است که نتایج را کم‌تر یا بیش‌تر از حد برآورد می‌کند و سبب انحراف برآورد می‌شود. سون (۱۹۹۸)، روش تجزیه‌ای کامل را به کار برده است که در آن جمله‌ی خطا توزیع می‌شود. در این فرآیند، قابلیت اعتماد و صحت مدل تجزیه‌ای شاخص اصلاح می‌شود. نوآوری اساسی یک روش تجزیه‌ای کامل این است که جمله‌ی اخلال را مطابق اصل توزیع برابر تقسیم می‌کند.

انگ و زانگ[1] (۲۰۰۰) و سون (۱۹۹۸)، جزییات دو نوع روش تحلیل تجزیه‌ای شاخص لاسپیرز[2] و دیویزیا[3] را مشخص می‌کنند. روش تجزیه‌ای لاسپیرز همیشه به یک جمله‌ی اخلال منجر می‌شود که ممکن است مقدار قابل توجهی داشته باشد.

هر تحلیل تجزیه‌ای شاخص می‌تواند به شیوه‌ی دوره‌ای یا سری زمانی مورد استفاده قرار گیرد. یک تحلیل دوره‌ای، شاخص‌های بین اولین و آخرین سال یک دوره‌ی زمانی برای یک کشور را مقایسه می‌کند. یک تحلیل سری زمانی شامل تجزیه‌ی سالانه است و نشان می‌دهد چگونه آثار عوامل توضیحی از پیش تعیین شده طی زمان تکامل می‌یابند. روش تجزیه‌ای کامل می‌تواند با توجه به تساوی زیر به‌دست آید:

$$A = \prod_{i=0}^{n} x_i \qquad (1)$$

در فضای n بعدی، یک جزء(A) می‌تواند به صورت زیر به n عامل(که در این جا با x نشان داده شده است) تجزیه شود. در دوره‌ی [0,T] ، A از A^{0} تا A^{t} تغییر می‌کند. به عبارت دیگر داریم:

$$\Delta A = A^{t} - A^{0} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{t} - \prod_{i=0}^{n} x_i^{0} = \sum_{i=1}^{n} x_{i-effect} \qquad (2)$$

1- Ang and Zhang.
2- Laspeyres
3- Divisia

مطابق تجزیه‌ی لاسپیرز، سهم عامل x_i در تغییر کلی A برابر است با:

$$x_{i-effect} = \frac{\prod_{k=1}^{n} x_k}{x_i} \Delta x_i \qquad (۳)$$

به طوری که Δx_i تغییر عامل i ام و $x_t^i = x_i^\circ + \Delta x_i$ در دوره‌ی [0,T] می‌باشد. روش تجزیه‌ی لاسپیرز تنها یک تجزیه‌ی تقریبی را به‌دست می‌دهد، زیرا تعداد $۲^n - ۱$ عبارت در طرف چپ تساوی و تنها n عبارت در طرف راست تساوی (۱) وجود دارد که در آن $۲^n - n - ۱$ عبارت با درجه‌ی تفاضل ۲ یا بیش‌تر حذف شده‌اند. این روش توسط تحلیل تجزیه‌ای کامل اصلاح شده است. بنابراین، سهم عامل x_i در تغییر کل A برابر است با:

$$x_{i-effect} = \frac{\prod_{k=1}^{n} x_k}{x_i} \Delta x_i + \frac{1}{2} \sum_{i \neq p} \frac{\prod_{k=1}^{n} x_k}{x_i x_p} \Delta x_i \Delta x_p + \frac{1}{3} \sum_{i \neq p \neq q} \frac{\prod_{k=1}^{n} x_k}{x_i x_p x_q} \Delta x_i \Delta x_p \Delta x_q + \ldots + \frac{\prod_{k=1}^{n} \Delta x_k}{n} \qquad (۴)$$

زانگ و انگ (۲۰۰۱)، به این روش به عنوان لاسپیرز اصلاح شده اشاره می‌کنند که به علت سادگی محاسبه، به طور گسترده‌ای مورد کاربرد قرار گرفته است.مطالعات بسیاری از جمله مطالعات انگ (۱۹۹۵)، سون و مالاسکا [1] (۱۹۹۸)، گرینینگ و همکاران [2] (۱۹۹۸)، در اقتصاد انرژی روش‌های تجزیه‌ای را برای مصرف انرژی یا شدت انرژی به کار برده‌اند. روش به کار رفته در این مطالعات برای بررسی سهم نسبی عوامل اثرگذار بر تغییرات مصرف انرژی مؤثر است. هم‌چنین مطالعات انگ و همکاران (۱۹۹۸)، انگ و زانگ (۱۹۹۹)، لی و اوه [3] (۲۰۰۶)، لیاسکس و همکاران [4] (۲۰۰۰) و لین و چانگ

1- Malaska.
2- Greening et al.
3- Lee and Oh.
4- Liaskas et al.

(۱۹۹۶)، مطالعات کشورهای در حال توسعه و مطالعات کشوری یا بین منطقه‌ای دیگر هستند.

نگ و پاریخ[1] (۲۰۰۰)، با استفاده از روش تجزیه‌ای شاخص نشان دادند که اثر درآمدی مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده‌ی افزایش انتشار سرانه در هند می‌باشد. مطالعه‌ی پل و باتاچاریا (۲۰۰۴)، بررسی دیگر انجام شده در هند با استفاده از تجزیه‌ی کامل طی دوره‌ی ۱۹۸۰- ۱۹۹۶ است.

مطالعات نسبتاً زیادی برای تجزیه و تحلیل مصرف انرژی و انتشار CO_2 در چین انجام شده است. فن و همکاران[2] (۲۰۰۷)، تغییرات شدت کربن را بر اساس شاخص متوسط حسابی (AMDI)[3] تحلیل کردند. روش تحلیل ساختاری برای بررسی عوامل انتشار CO_2 در چین طی ۱۹۸۰-۲۰۳۰ توسط گان و همکاران[4] (۲۰۰۸) به کار برده شده است. بر اساس شاخص متوسط لگاریتمی (LMDI)[5] سری زمانی، لیو و همکاران[6] (۲۰۰۷)، تغییر انتشار کربن ۳۶ بخش صنعتی طی ۱۹۹۸-۲۰۰۵ را بررسی کرده‌اند. وانگ و همکاران[7] (۲۰۰۵)، روش LMDI را برای انتشار CO_2 مرتبط با انرژی به کار برده‌اند. وو و همکاران[8] (۲۰۰۵)، تغییر انتشار CO_2 مرتبط با انرژی را طی دوره‌ی ۱۹۹۹-۱۹۸۵ با استفاده از روش تجزیه‌ای شاخص مورد بررسی قرار دادند.

در ارتباط با کاهش انتشار CO_2 سهین و پراتلنگ[9] (۲۰۰۳)، پیامدهای معرفی مجوزهای قابل معامله‌ی انتشار را در ترکیه مورد بحث قرار داده‌اند. سری و سویتاس[10] (۲۰۰۴)، روش تجزیه‌ی واریانس خطای پیش‌بینی را برای تعیین رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ترکیه به کار برده‌اند. ویتز[11] (۲۰۰۶)، با استفاده از روش IDA، به بررسی انتشار کربن و عوامل مؤثر بر آن در ترکیه پرداخته است.

1- Nag and Parikh.
2- Fan et al.
3- Arithmetic Mean Divisia Index.
4- Guanet al.
5- Logarithmic Mean Divisia Index.
6- Liu et al.
7- Wang et al.
8- Wu et al.
9- Sahin and Pratlong.
10- Sari and Soytas.
11- Wietze.

در ایران پژویان و مرادحاصل (۱۳۸۶)، با استفاده از روش داده‌های تلفیقی، اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا در قالب فرضیه‌ی منحنی زیست محیطی کوزنتس را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتیجه‌ی این تحقیق نشان می‌دهد که برقراری منحنی زیست محیطی کوزنتس در کشورهای تحت بررسی مورد تأیید قرار می‌گیرد. هم‌چنین، درجه‌ی باز بودن اقتصاد، به عنوان یک متغیر کاهش دهنده‌ی آلودگی شناخته شده است.

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که اثر شدت انرژی به عنوان عامل اصلی در کاهش انتشار CO_2 و کاهش شدت انتشار می‌باشد و اثر فعالیت اقتصادی مهم‌ترین عامل افزایش انتشار CO_2 است. بیش‌تر مطالعات ذکر شده اهمیت بخش‌های اقتصادی را در نظر نگرفته‌اند. به هر جهت در ایران نیز توجه کافی به بررسی تحلیل تجزیه‌ای مصرف انرژی و انتشار CO_2 حاصل از آن اختصاص داده نشده است. در این مطالعه با استفاده از روش تجزیه‌ای کامل، عوامل اثرگذار بر تغییرات انتشار CO_2 در بخش‌های مختلف تعیین می‌شود. به عبارت دیگر سهم عواملی که انتشار CO_2 مرتبط با انرژی در هر بخش را تحت تأثیر قرار می‌دهند، تعیین می‌شود.

۳- الگوی تحقیق

۱-۳- معرفی متغیرها

با توجه به دسترسی داده‌ها، دوره‌ی زمانی ۱۳۷۳-۱۳۸۶ در این تحقیق در نظر گرفته شده است. به منظور انجام تحلیل تجزیه‌ای بخش‌های اقتصادی، اقتصاد ایران به چهار بخش مجزا تقسیم شده است: بخش کشاورزی، بخش صنعتی، بخش حمل و نقل و دیگر بخش‌ها. بخش کشاورزی، شامل کشاورزی و خدمات وابسته به آن مانند جنگل‌داری، دام‌داری، ماهی‌گیری و تولیدات ثانویه‌ی آن است. بخش صنعتی، شامل صنعت، معدن، آب، برق و گاز و ساختمان است. دو بخش دیگر نیز به بخش حمل و نقل و سایر بخش‌ها تقسیم شده است. آمار سایر بخش‌ها از تفاضل سه بخش قبلی از کل اقتصاد به‌دست آمده است. در سایر بخش‌ها مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید (شدت انرژی) و نیز شدت انتشار دی‌اکسیدکربن، نسبتاً پایین است و این بخش به زیرمجموعه‌ی دیگری تقسیم نشده است. به منظور بررسی بهتر تغییر روند عوامل در

ارتباط با زمان، دوره‌ی زمانی از ۱۳۷۳-۱۳۸۶ به سه فاصله‌ی زمانی ۱۳۷۳-۱۳۷۷، ۱۳۷۸-۱۳۸۱ و ۱۳۸۲-۱۳۸۶ تقسیم شده است.

داده‌های دی‌اکسیدکربن از مرکز تحلیل اطلاعات کربن[1]، داده‌های تولید ناخالص داخلی سرانه از حساب‌های ملی ایران و داده‌های مصرف انرژی از ترازنامه‌ی هیدروکربوری به‌دست آمده است. داده‌های مربوط به بخش حمل و نقل به صورت ترکیب با داده‌های ارتباطات است و به دلیل عدم موجودی داده‌ها، ارزش افزوده و مصرف انرژی حمل و نقل و ارتباطات به عنوان جانشینی برای بخش حمل ونقل استفاده شده است.

۲-۳- برآورد انتشار CO_2

بر اساس روش مجموعه‌ی بین‌الدول تغییر آب و هوا (IPCC)[2]، انتشار CO_2 هر بخش نسبت به هر سوخت به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$CE_i^t = \sum_j CE_{ij}^t = \sum_j E_{ij}^t \times EF_j \times (1 - CS_{ij}^t) \times O_j \times M \quad (۵)$$

$$CE^t = \sum CE_i^t \quad (۶)$$

به طوری که: CE^t انتشار کل CO_2 در زمان t، CE_i^t انتشار کل CO_2 از بخش i در زمان t، CE_{ji}^t انتشار کل CO_2 از بخش i بر اساس سوخت j در زمان t، EF_j ضریب انتشار کربن سوخت j، CS_j^t درصدی از سوخت که به صورت مواد خام اکسید نشده است(چون سوخت استفاده شده به عنوان ماده‌ی خام برای محصولات کارخانه‌ای از مصرف انرژی کل جدا شده، CS صفر می‌باشد)، O_j نسبت کربن اکسید شده از سوخت j و M نرخ وزن مولکولی دی‌اکسیدکربن به کربن است (IPCC, 1995).

به این ترتیب ابتدا داده‌های مصرف انرژی با استفاده از ضرایب تبدیل استاندارد به تراژول (TJ) تبدیل می‌شوند و سپس انتشار کربن به واحد تن کربن(TC) با ضرب کردن

1- Oak Ridge National Laboratory, Carbon Dioxide Information Analysis Center, http://www.cdiac.esd.ornl.gov/epubs/ndp030/global 97.ems , (updated 2006).
2- Intergovernmental Panel on Climate Change.

مصرف سوخت در ضریب انتشار کربن (TC/TJ) و نسبت کربن اکسید شده و نرخ وزن مولکولی دی‌اکسید کربن به کربن (۴۴/۱۲) برآورد می‌شود. ضریب انتشار کربن و نسبت کربن اکسید شده در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- ضریب انتشار کربن و نسبت کزبن اکسید شده

نوع سوخت	ضریب انتشار کربن (TC/TJ)	درصد کربن اکسید شده
گاز غنی	۱۸/۲	۰/۹۹۵
مایعات و میعانات گازی	۱۷/۲	۰/۹۹۵
گاز سبک	۱۵/۳	۰/۹۹۵
گاز مایع	۱۷/۲	۰/۹۹۵
زغال سنگ	۲۵/۸	۰/۹۸
بنزین موتور	۱۸/۹	۰/۹۹
سوخت جت	۱۹/۵	۰/۹۹
نفت سفید	۱۹/۶	۰/۹۹
نفت گاز	۲۰/۲	۰/۹۹
نفت کوره	۲۱/۱	۰/۹۹
نفتا	۲۰	۰/۹۹
سایر سوخت‌ها	۲۰	۰/۹۹

منبع: IPCC(1995)

۳-۳- *عوامل انتشار CO_2 به روش تجزیه‌ای*

برای انجام این تحلیل باید عوامل مختلفی که سبب تغییر انتشار کربن می‌شوند، در نظر گرفته شود. انتشار کل می‌تواند به صورت مفهوم بسط یافته‌ی کایا[1] بیان شود، که روش مناسبی برای تجزیه‌ی انتشار کربن است. در این تحلیل ۴ عامل به نام اثر ضریب آلودگی، اثر شدت انرژی، اثر ساختار و اثر فعالیت اقتصادی انتخاب شده است.

$$CE^t = \sum_j \frac{CE_i^t}{E_t^i} \times \frac{E_i^t}{GDP_i^t} \times \frac{GDP_i^t}{GDP^t} \times GDP = \sum_i CI_i^t EI_i^t SC_i^t EG^t \quad (۷)$$

1- Kaya.

به طوری که GDP کل تولید ناخالص داخلی، GDP_i تولید ناخالص داخلی بخش i، E_i^t کل مصرف انرژی بخش i در زمان t، E_{ij}^t کل مصرف انرژی سوخت j در بخش i در زمان t، CI اثر ضریب آلودگی، EI اثر شدت انرژی، SC اثر ساختار و EG اثر فعالیت اقتصادی است.

تغییر انتشار CO_2 بین سال صفر و سال هدف (t) با ΔCE نشان داده می‌شود و می‌تواند به ۴ عامل تجزیه شود،

$$\Delta CE = CE^t - CE^{\cdot} = CI + EI + SC + EG \qquad (۸)$$

به طوری که Δ تفاضل در فاصله‌ی زمانی [0,t] است.

- **اثر ضریب آلودگی**: این اثر به وسیله‌ی نرخ انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تعیین می‌شود و به عنوان شدت انتشار دی‌اکسیدکربن نامیده می‌شود. این متغیر کیفیت سوخت، تغییر سوخت (جایگزینی سوخت) و نصب تکنولوژی‌های کاهش آلودگی را ارزیابی می‌کند. هم‌چنین به عنوان شاخص کربن سازی شناخته می‌شود.

- **اثر شدت انرژی**: این اثر توسط نرخ مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی مشخص می‌شود. به عبارت دیگر، میزان مصرف انرژی هر واحد محصول را بیان می‌کند. مصرف انرژی نیز بیش‌تر به برخی متغیرها مانند ساختار اقتصادی، کارایی سیستم‌های انرژی، تکنولوژی‌های کاربرد انرژی، قیمت انرژی، سیاست صرفه‌جویی انرژی و سرمایه‌گذاری به منظور کاهش مصرف انرژی، در زیرمجموعه‌ی شدت انرژی طبقه‌بندی می‌شوند. (پل و باتاچاریا، ۲۰۰۴)

- **اثر ساختار**: این اثر با نرخ تولید ناخاص داخلی هر بخش و تولید کل اقتصاد مشخص می‌شود. این ضریب موقعیت نسبی یک بخش را در یک اقتصاد اندازه می‌گیرد و با تحول ساختار اقتصاد تغییر می‌کند.

- **اثر فعالیت اقتصادی**: این اثر با تولید ناخالص داخلی اقتصاد بیان می‌شود. با فرض یک ضریب متوسط ثابت بین تولید ناخالص داخلی و انتشار CO_2، به عنوان انتشار CO_2 نظری که توسط فعالیت اقتصادی ایجاد شده است، در نظر گرفته می‌شود.

مطابق مدل سون (۱۹۹۸)، هر اثر طرف راست تساوی (۸) می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود:

(۹)

$$CI = \sum_i \Delta CI_i \times EI^{\circ} \times SC^{\circ} \times EG^{\circ} + \frac{1}{2}\sum_i \Delta CI_i (\Delta EI_i \times SC^{\circ} \times EG^{\circ} + EI^{\circ} \times \Delta SC_i \times EG^{\circ} + EI^{\circ} \times SC^{\circ} \times \Delta EG) + \frac{1}{3}\sum_i \Delta CI_i (\Delta EI_i \times \Delta SC \times EG^{\circ} + \Delta EI_i \times SC^{\circ} \times \Delta EG + EI^{\circ} \times \Delta SC_i \times \Delta EG) + \frac{1}{4}\sum_i \Delta CI_i \times \Delta EI_i \times \Delta SC_i \times \Delta EG$$

(۱۰)

$$EI = \sum_i CI^{\circ} \times \Delta EI_i \times SC^{\circ} \times EG^{\circ} + \frac{1}{2}\sum_i \Delta EI_i (\Delta CI_i \times SC^{\circ} \times EG^{\circ} + CI^{\circ} \times \Delta SC_i \times EG^{\circ} + CI^{\circ} \times SC^{\circ} \times \Delta EG) + \frac{1}{3}\sum_i \Delta EI_i (\Delta CI_i \times \Delta SC \times EG^{\circ} + \Delta CI_i \times SC^{\circ} \times \Delta EG + CI^{\circ} \times \Delta SC_i \times \Delta EG) + \frac{1}{4}\sum_i \Delta CI_i \times \Delta EI_i \times \Delta SC_i \times \Delta EG$$

(۱۱)

$$SC = \sum_i CI^{\circ} \times EI^{\circ} \times \Delta SC_i \times EG^{\circ} + \frac{1}{2}\sum_i \Delta SC_i (\Delta CI_i \times EI^{\circ} \times EG^{\circ} + CI^{\circ} \times \Delta EI_i \times EG^{\circ} + CI^{\circ} \times EI^{\circ} \times \Delta EG) + \frac{1}{3}\sum_i \Delta SC_i (\Delta CI_i \times \Delta EI \times EG^{\circ} + \Delta CI_i \times EI^{\circ} \times \Delta EG + CI^{\circ} \times \Delta EI_i \times \Delta EG) + \frac{1}{4}\sum_i \Delta CI_i \times \Delta EI_i \times \Delta SC_i \times \Delta EG$$

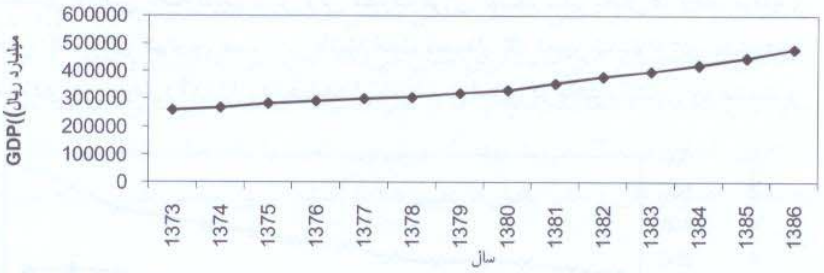
(۱۲)

$$EG = \sum_i CI^{\circ} \times EI^{\circ} \times SC^{\circ}{}_i \times \Delta EG_i + \frac{1}{2}\sum_i \Delta EG_i (\Delta CI_i \times EI^{\circ} \times SC^{\circ} + CI^{\circ} \times \Delta EI_i \times SC^{\circ} + CI^{\circ} \times EI^{\circ} \times \Delta SC) + \frac{1}{3}\sum_i \Delta EG_i (\Delta CI_i \times \Delta EI \times SC^{\circ} + \Delta CI_i \times EI^{\circ} \times \Delta SC + CI^{\circ} \times \Delta EI_i \times \Delta SC) + \frac{1}{4}\sum_i \Delta CI_i \times \Delta EI_i \times \Delta SC_i \times \Delta EG$$

۴- نتایج تجربی

۴-۱- بررسی روند متغیرها

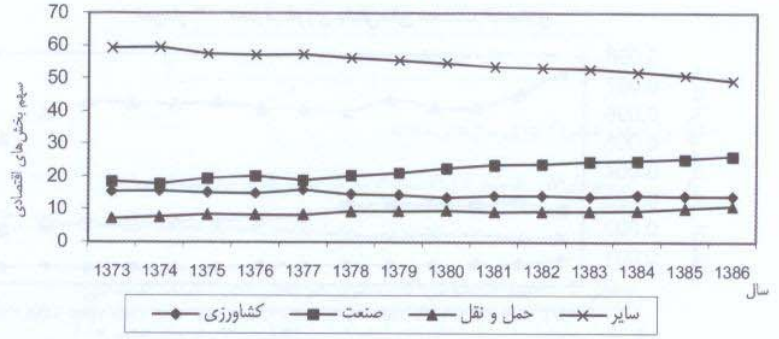
نمودار (۱)، رشد تولید ناخالص داخلی ایران را طی دوره‌ی مورد نظر نشان می‌دهد. بر این اساس GDP بر اساس قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ از ۲۵۹۸۷۶ میلیارد ریال در سال ۱۳۷۳، به ۴۴۷۷۶۸۳ میلیارد ریال در سال ۱۳۸۶ افزایش داشته است.



منبع: حساب‌های ملی ایران

نمودار ۱- رشد تولید ناخالص داخلی به قیمت پایه‌ی ۱۳۷۶

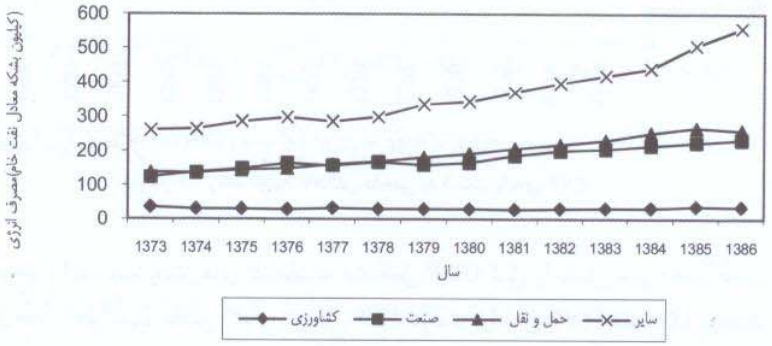
نمودار (۲)، سهم بخش‌های اقتصاد در تشکیل GDP کل را نشان می‌دهد. طی دوره‌ی مورد نظر سهم بخش کشاورزی (از ۱۵/۳ درصد در سال ۱۳۷۳به ۱۳/۸ درصد در سال ۱۳۸۶) کاهش یافته است. سهم بخش صنعت (از ۱۸/۳ درصد در سال ۱۳۷۳



منبع: حساب‌های ملی ایران

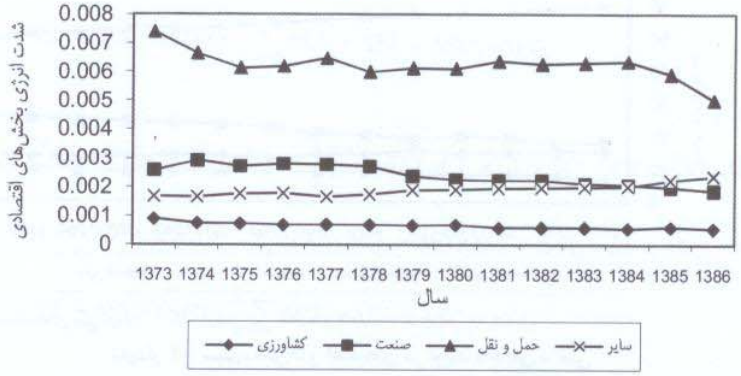
نمودار ۲- سهم بخش‌های اقتصادی در تولید ناخالص داخلی

به ۲۶/۱ درصد در سال ۱۳۸۶) و سهم بخش حمل و نقل (از ۷/۱ در سال ۱۳۷۳ به ۱۰/۸ درصد در سال ۱۳۸۶)، افزایش یافته است. سهم سایر بخش‌ها در GDP طی دوره‌ی کاهش یافته، اما هم‌چنان بیش از ۵۰ درصد می‌باشد، بنابراین یک جایگزینی بین افزایش سهم بخش‌های صنعت و حمل و نقل و کاهش سهم بخش‌های کشاورزی و سایر بخش‌ها وجود دارد. طی دوره‌ی ۱۳۷۳-۱۳۸۶ مصرف انرژی در تمام بخش‌های اقتصادی افزایش یافته است. بیش‌ترین مصرف انرژی توسط سایر بخش‌ها انجام گرفته و بخش کشاورزی کم‌ترین مصرف را داشته است (نمودار ۳). تغییر شدت انرژی بخش‌های اقتصادی در نمودار (۴) نشان داده شده است. شدت انرژی در بخش کشاورزی، صنعت و



منبع: ترازنامه‌ی هیدروکربوری سال‌های مختلف

نمودار ۳- مصرف انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی

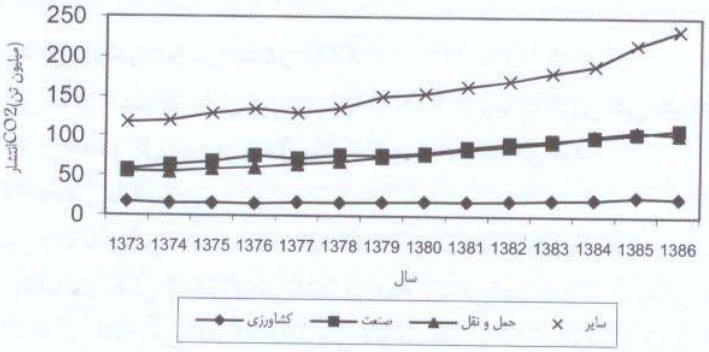


منبع: ترازنامه‌ی هیدروکربوری سال‌های مختلف

نمودار ۴- شدت انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی

حمل و نقل طی دوره کاهش یافته اما شدت انرژی سایر بخش‌ها (به علت افزایش نسبتاً کم تولید به مصرف انرژی در این بخش) افزایش یافته است. کاهش شدت انرژی می‌تواند به معنی استفاده‌ی کاراتر انرژی تفسیر شود، زیرا مصرف انرژی به ازای تولید کاهش یافته است.

با توجه به افزایش مصرف انرژی، مشخص است که بیش‌ترین انتشار دی‌اکسیدکربن توسط سایر بخش‌ها و سپس بخش حمل و نقل و صنعت انجام می‌گیرد. بررسی چگونگی شدت انتشار دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهد که بخش کشاورزی و سپس صنعت بیش‌ترین مقدار را داشته‌اند (نمودار ۶). از نظر تغییرات شدت انتشار کربن، درصد تغییر در بخش کشاورزی ۰/۳۲ درصد بوده که بیش‌ترین تغییر را داشته است (جدول ۲). در دو بخش حمل و نقل و سایر بخش‌ها تغییر شدت انتشار کربن منفی نشان داده شده است.



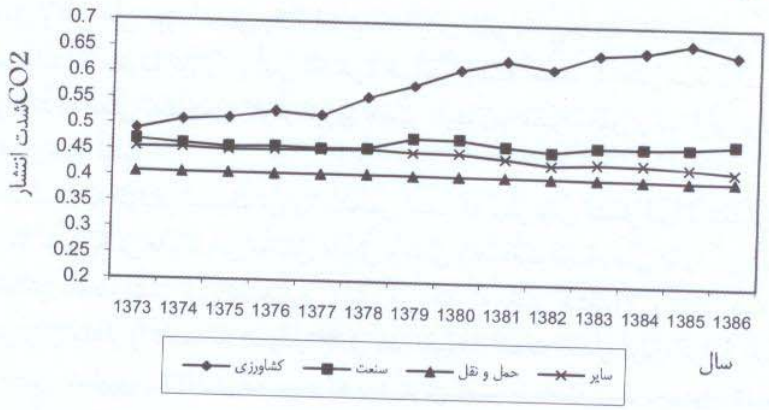
منبع: ترازنامه‌ی هیدروکربوری سال‌های مختلف

نمودار ۵- انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های مختلف اقتصادی

جدول ۲ - تغییر شدت دی‌اکسیدکربن در بخش‌های مختلف اقتصادی

سال	کشاورزی	صنعت	حمل و نقل	سایر بخش‌ها
۱۳۷۳	۰/۴۸۹	۰/۴۶۸	۰/۴۰۷	۰/۴۵۴
۱۳۸۶	۰/۶۴۷	۰/۴۷۴	۰/۴۰۳	۰/۴۲۲
۱۳۸۶-۱۳۷۳ (٪)	۳۲/۲۴	۱/۲۷	-۰/۹۸	-۷/۰۴

منبع: نتایج تحقیق



منبع: محاسبات تحقیق

نمودار ۶- شدت انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های مختلف اقتصادی

۴-۲- *نتایج بررسی عوامل انتشار* CO_2

در این بخش سهم هر عامل در تغییر انتشار CO_2 مربوط به انرژی طی فاصله‌های زمانی تعیین شده و کل دوره بر پایه‌ی مدل مطرح شده بحث می‌شود.

۴-۲-۱- *بخش کشاورزی*

جدول (۳) نشان می‌دهد که اثر فعالیت اقتصادی مهم‌ترین عامل اثرگذار بر افزایش انتشار CO_2 در بخش کشاورزی می‌باشد. در تمام زیر دوره‌ها ضریب آلودگی کربن مثبت است. این نشان می‌دهد که جایگزینی سوخت‌های پاک و تکنولوژی‌های تقلیل آلودگی در بخش کشاورزی وجود ندارد. شدت انرژی در تمام دوره‌ها منفی است. کاهش در شدت انرژی می‌تواند به علت افزایش کارایی انرژی می‌باشد. هم‌چنین، شدت انرژی منفی ممکن است به علت پذیرفتن شیوه‌های مکانیزه جدید، کاهش کاربرد سوخت‌های فسیلی و استفاده بیش‌تر از برق به دلیل کاهش تعرفه‌های برق کشاورزی در سال‌های اخیر باشد. شدت انرژی، ۱۸۲٪ تغییر کل انتشار CO_2 را طی کل دوره کاهش می‌دهد. به دلیل کاهش سهم بخش کشاورزی در تولید کل(به جز در دوره‌ی اول)، اثر ساختار دارای ضریب منفی است و این به کاهش انتشار در تمام دوره‌ها منجر می‌شود.

جدول ۳- عوامل انتشار CO_2 در بخش کشاورزی

Index	CI	EI	ES	G
۱۳۷۷-۱۳۷۳	۱/۰۴(۲۹۹/۱۵)	-۴/۵۴(-۱۲۹۴/۷۴)	۰/۶۱(۱۷۴/۷۳)	۲/۵۲(۷۲۰/۸۶)
۱۳۸۱-۱۳۷۸	۲/۲۱(۱۳۳/۲۷)	-۲/۶۵(-۱۵۹/۱۲)	-۰/۶۱(-۳۶/۹)	۲/۷۱(۱۶۲/۷۵)
۱۳۸۶-۱۳۸۲	۱/۰۴(۲۴/۹۸)	-۱/۵(-۳۶/۰۳)	-۰/۲۸(-۶/۷۵)	۴/۹(۱۱۷/۸)
۱۳۸۶-۱۳۷۳	۶(۱۰۱/۱)	-۱۰/۸۳(-۱۸۲/۰۹)	-۲/۲۱(-۳۷/۱۹)	۱۲/۹۸(۲۱۸/۲۶)

منبع: محاسبات تحقیق

واحد: میلیون تن. اعداد داخل پرانتز درصد تغییر کل هستند.

۴-۲-۲- بخش صنعت

فعالیت اقتصادی مهم‌ترین عامل اثرگذار بر افزایش انتشار CO_2 در بخش صنعتی است. طی سال‌های مورد مطالعه سهم بخش صنعتی در تولید کل افزایش یافته است و به مثبت بودن اثر ساختار و در نتیجه افزایش CO_2 منجر شده است. ضریب مثبت آلودگی در کل دوره به افزایش انتشار CO_2 دلالت می‌کند و مانند بخش کشاورزی به عدم بهبود سوخت اشاره می‌کند. البته این اثر نسبت به سایر عوامل بسیار کوچک‌تر است. شدت انرژی به جز دوره‌ی اول در بقیه دوره‌ها منفی است. شدت انرژی منفی در سال‌های اخیر به علت تغییر ساختار صنعتی و سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی است. در کل دوره‌ی شدت انرژی، حدود ۵۵٪ تغییر انتشار CO_2 را کاهش می‌دهد.

شدت انرژی منفی (کارایی مثبت انرژی) یک عامل مهم در کاهش انتشار CO_2 است، که به علت معیارهای پذیرفته شده‌ی صرفه‌جویی انرژی و افزایش آگاهی در مورد فواید کارایی انرژی می‌باشد. این اثر در دوره‌ی سوم (۱۳۸۶-۱۳۸۲) نسبت به سایر دوره‌ها بزرگ‌تر است (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه‌ی انتشار CO_2 در بخش صنعت

Index	CI	EI	ES	G
۱۳۷۷-۱۳۷۳	-۱/۷۷(-۱۲/۹۳)	۵(۳۶/۵۴)	۱/۱۷(۸/۵۵)	۹/۲۸(۶۷/۸۴)
۱۳۸۱-۱۳۷۸	۱/۲۸(۱۲/۹)	-۱۶/۴۳(-۱۶۵/۵۶)	۱۲/۵۱(۱۲۶/۰۵)	۱۲/۵۶(۱۲۶/۶)
۱۳۸۶-۱۳۸۲	۴/۰۷(۲۱/۷۸)	-۱۸/۷۳(-۱۰۰/۲۹)	۱۰/۲(۵۴/۶)	۱۲۳/۱۵(۱۲۳/۹)
۱۳۸۶-۱۳۷۳	۱/۰۸(۲/۰۷)	-۲۸/۷۵(-۵۵/۰۰)	۲۹/۵۹(۵۶/۶۲)	۵۰/۳۴(۹۶/۳۱)

منبع: محاسبات تحقیق

واحد: میلیون تن. اعداد داخل پرانتز درصد تغییر کل هستند.

۴-۲-۳- حمل و نقل

بر اساس جدول (۵)، در این بخش نیز رشد اقتصادی مهم‌ترین عامل افزایش انتشار CO_2 است. اثر ساختار با توجه به افزایش سهم این بخش در تولید کل مثبت است (به جز طی ۱۳۷۸-۱۳۸۱، که سهم این بخش در تولید کل کاهش یافته است). به جز دوره‌ی ۱۳۷۸-۱۳۸۱ که با کاهش تولید این بخش و افزایش مصرف انرژی آن همراه بوده و شدت انرژی مثبت شده است، در سایر دوره‌ها کاهش در شدت انرژی و شدت انتشار به علت افزایش کارایی انرژی، کاربرد وسایل نقلیه‌ی کم‌تر انرژی‌بر، بهبود تکنولوژی وسایل حمل و نقل و بهبود سوخت و روش‌های پاک‌سازی سوخت در بخش حمل و نقل می‌باشد. طی کل دوره ۶۸٪ تغییر انتشار توسط دو اثر ضریب آلودگی و شدت انرژی کاهش یافته است.

جدول ۵- تجزیه‌ی انتشار CO_2 در بخش حمل و نقل

Index	CI	EI	ES	G
۱۳۷۷-۱۳۷۳	-۰/۱۱(-۱/۱۷)	-۸/۱۱(-۸۵/۷۲)	۸/۹۸(۹۴/۹۵)	۸/۷(۹۱/۹۴)
۱۳۸۱-۱۳۷۸	-۰/۱۸(-۱/۲۴)	۴/۵۸(۳۰/۴۵)	-۰/۹۸(-۶/۵۱)	۱۱/۶۴(۷۷/۳۱)
۱۳۸۶-۱۳۸۲	-۰/۴(-۲/۵۳)	-۲۱/۸۴(-۱۳۶/۸۹)	۱۶/۰۲(۱۰۰/۴۳)	۲۲/۱۸(۱۳۸/۹۹)
۱۳۸۶-۱۳۷۳	-۰/۸۱(-۱/۶۷)	-۳۲/۴۹(-۶۶/۸۳)	۳۳/۵۶(۶۹/۰۳)	۴۸/۳۶(۹۹/۴۷)

منبع: محاسبات تحقیق

واحد: میلیون تن. اعداد داخل پرانتز درصد تغییر کل هستند.

۴-۲-۴- سایر بخش‌ها

در سایر بخش‌ها با توجه به جدول (۶) اثر فعالیت اقتصادی بیش‌ترین سهم در افزایش انتشار CO_2 را دارد. اثر شدت انرژی یک عامل مهم دیگر در افزایش انتشار است. ضریب مثبت آن نشان می‌دهد که این بخش، از انرژی به طور کارا استفاده نکرده است. انرژی در ایران به میزان زیادی دارای یارانه است و عاملان اقتصادی به دلیل قیمت ارزان، به استفاده‌ی بیش از حد انرژی می‌پردازند و این به عدم کارایی در مصرف انرژی در این بخش منجر می‌شود. سهم این بخش در تولید کل کاهش یافته است، که بر منفی بودن اثر ساختار در تغییر انتشار کربن دلالت می‌کند. به دلیل تغییر سوخت و جایگزینی گاز طبیعی در سطح وسیع در بخش خانگی (ترازنامه‌ی هیدروکربوری کشور،

۱۳۸۶: ۲۴۶) و نیز کاربرد روش‌های بهبود کیفیت سوخت در پالایشگاه‌ها، ضریب آلودگی منفی شده است که به کاهش انتشار CO_2 منجر می‌شود.

جدول ۶- تجزیه‌ی انتشار CO_2 در سایر بخش‌ها

Index	CI	EI	ES	G
۱۳۷۷-۱۳۷۳	-۰/۳۴(-۲/۹۳)	-۱/۵۹(-۱۳/۷۶)	-۴/۳(-۳۷/۲)	۱۷/۸۱(۱۵۳/۹)
۱۳۸۱-۱۳۷۸	-۴/۶۱(-۱۶/۷۲)	۱۶/۶۹(۶۰/۵۳)	-۷/۴۱(-۲۶/۸۸)	۲۲/۹۱(۸۳/۰۷)
۱۳۸۶-۱۳۸۲	-۴/۳۲(-۱۶/۷۲)	۳۸/۱۸(۵۹/۴۱)	-۱۵/۸(-۲۴/۵۷)	۴۶/۲(۷۱/۸۹)
۱۳۸۶-۱۳۷۳	-۱۲/۹۹(-۱۱/۰۹)	۵۹/۰۷(۵۰/۳۹)	-۳۳/۱۲(-۲۸/۵۲)	۱۰۴/۲۷(۸۸/۹۵)

منبع: محاسبات تحقیق

واحد: میلیون تن. اعداد داخل پرانتز درصد تغییر کل هستند.

۴-۲-۵- تحلیل کل اقتصاد

تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن برای کل اقتصاد در جدول (۷) آمده است. اثر فعالیت اقتصادی مهم‌ترین عامل اثرگذار بر افزایش CO_2 است و بر اساس درصد تغییر کل ۱۸۶ درصد افزایش انتشار را طی دوره در بر دارد. اثر تغییر ساختار مثبت است و بیان می‌کند که ساختارهای انرژی و صنعتی در راستای کاهش انتشار قرار ندارند و ترکیب اقتصاد طی دوره‌ی مورد بررسی تا حدی آلاینده‌تر شده است. اثر شدت انرژی طی کل دوره در کاهش انتشار نقش دارد، زیرا دارای تأثیر منفی است. تنها در فاصله‌ی ۱۳۷۸-۱۳۸۱، استفاده‌ی ناکارای انرژی به ویژه در بخش‌های حمل و نقل و سایر بخش‌ها منجر به افزایش انتشار شده است، اما اثر کل شدت انرژی بخش‌های کشاورزی، صنعت و حمل و نقل منفی است و به بهبود کارایی انرژی در کل اقتصاد منجر می‌شود،

جدول ۷- تجزیه‌ی انتشار CO_2 برای تمام بخش‌ها

Index	CI	EI	ES	G
۱۳۷۷-۱۳۷۳	-۱/۱۷(-۰/۰۳)	-۹/۲۴(-۰/۲۶)	۶/۴۶(۰/۱۸)	۳۸/۳۳(۱/۱۱)
۱۳۸۱-۱۳۷۸	-۱/۲۹(-۰/۰۲)	۲/۱۹(۰/۰۴)	۳/۵(۰/۰۶)	۴۹/۸۳(۰/۹۱)
۱۳۸۶-۱۳۸۲	۰/۳۸(۰/۰۰۳)	-۳/۸۹(-۰/۰۳)	۱۰/۱۴(۰/۰۹)	۹۶/۴۴(۰/۹۳)
۱۳۸۶-۱۳۷۳	-۶/۷۲(-۰/۰۳)	-۱۳/۰۰(-۰/۰۵)	۲۷/۸۲(۰/۱۲)	۲۱۵/۹۵(۰/۹۶)

منبع: محاسبات تحقیق

واحد: میلیون تن. اعداد داخل پرانتز درصد تغییر کل هستند.

ولی تا حدی توسط افزایش اثر شدت انرژی سایر بخش‌ها خنثی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که اثر ضریب آلودگی سبب کاهش کل انتشار می‌شود، که به علت جایگزینی سوخت‌های کم‌تر آلاینده و بهبود و پاکسازی سوخت در سال‌های اخیر می‌باشد. اما این اثر هنوز دارای ضریب پایینی است و برآیند کل عوامل شرح داده شده به افزایش انتشار کل منجر شده است.

۵- نتیجه‌گیری

با رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، مصرف انواع مختلف انرژی، نقش مهمی را در اثرگذاری بر محیط زیست محلی و تغییر آب و هوای جهانی ایفا می‌کند. افزایش تخریب زیست محیطی در سطح محلی، ملی و جهانی، نگرانی تحلیل‌گران انرژی و سیاست‌گذاران را به سوی آثار جانبی مصرف انرژی و رفاه اجتماعی مرتبط با آن جلب کرده است. با توجه به اهمیت بعد کمّی مصرف انرژی در توسعه‌ی پایدار (به عبارت دیگر عدم کاهش کیفیت محیط زیست همگام با رشد اقتصادی)، یک سئوال مهم (از این نظر و از نظر تغییر آب و هوای جهانی) این است که چگونه می‌توان به جداسازی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از رشد اقتصادی و مصرف انرژی دست یافت؟ بنابراین سیاست‌گذاران اقتصادی، انرژی و زیست محیطی باید عوامل مؤثر بر انتشار انواع آلودگی و از آن جمله دی‌اکسیدکربن را مورد بررسی قرار دهند.

در این مطالعه از روش تجزیه‌ای کامل برای تحلیل عوامل اثرگذار بر تغییرات انتشار CO_2 طی دوره‌ی ۱۳۷۳- ۱۳۸۶ استفاده شده است. این روش اطلاعات مفیدی را برای اعمال سیاست‌های مؤثر در کاهش CO_2 فراهم می‌کند.

نتایج نشان می‌دهد اثر رشد اقتصادی در تمام بخش‌ها برای تمام سال‌ها مثبت است. ضریب آلودگی برای تمام سال‌ها در بخش کشاورزی مثبت و شدت انرژی در تمام دوره‌ها منفی است و کاهش در شدت انرژی به علت افزایش کارایی انرژی می‌باشد. هم‌چنین، شدت انرژی منفی ممکن است به علت پذیرفتن شیوه‌های مکانیزه‌ی جدید، کاهش کاربرد سوخت‌های فسیلی و استفاده‌ی بیش‌تر از برق به دلیل کاهش تعرفه‌های برق کشاورزی در سال‌های اخیر باشد. هم‌چنین با توجه به کاهش سهم بخش کشاورزی در تولید کل، اثر ساختار این بخش منفی شده است.

طی سال‌های مورد مطالعه سهم بخش صنعتی در تولید کل افزایش یافته است و به مثبت بودن اثر ساختار و در نتیجه افزایش CO_2 منجر شده است. ضریب مثبت آلودگی در کل دوره به افزایش انتشار CO_2 دلالت می‌کند، البته این اثر نسبت به سایر عوامل بسیار کوچک‌تر است. شدت انرژی منفی یک عامل مهم در کاهش انتشار CO_2 است، که به علت معیارهای پذیرفته شده‌ی صرفه‌جویی انرژی و افزایش آگاهی در مورد فواید کارایی انرژی می‌باشد.

در بخش حمل و نقل اثر ساختار با توجه به افزایش سهم این بخش در تولید کل مثبت است (به جز طی ۱۳۷۸-۱۳۸۱، که سهم این بخش در تولید کل کاهش یافته است). به جز دوره‌ی ۱۳۷۸-۱۳۸۱ که با کاهش تولید این بخش و افزایش مصرف انرژی آن همراه بوده و شدت انرژی مثبت شده است، در سایر دوره‌ها کاهش در شدت انرژی و ضریب آلودگی به علت افزایش کارایی انرژی، کاربرد وسایل نقلیه‌ی کم‌تر انرژی‌بر، بهبود تکنولوژی وسایل حمل و نقل و بهبود سوخت و روش‌های پاک‌سازی سوخت در بخش حمل و نقل می‌باشد.

اثر شدت انرژی یک عامل افزایش انتشار در سایر بخش‌هاست. ضریب مثبت آن نشان می‌دهد که این بخش از انرژی به طور کارا استفاده نکرده است. انرژی در ایران به میزان زیادی دارای یارانه است و عاملان اقتصادی در این بخش به علت قیمت نادرست انرژی به استفاده‌ی بیش از حد آن می‌پردازند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که تعدیل ساختار عرضه‌ی انرژی به منظور کاربرد انرژی پاک در این بخش تقویت شود. سهم سایر بخش‌ها در تولید کل کاهش یافته است که به منفی بودن اثر ساختار در تغییر انتشار کربن دلالت می‌کند. به دلیل تغییر سوخت و جایگزینی گاز طبیعی در سطح وسیع در بخش خانگی و نیز کاربرد روش‌های بهبود کیفیت سوخت در پالایشگاه‌ها، ضریب آلودگی منفی شده است که به کاهش انتشار CO_2 منجر می‌شود، اما ضریب کاهش در برابر میزان افزایش انتشار به علت اثر فعالیت اقتصادی و شدت انرژی بسیار ناچیز است.

در تحلیل کلی اقتصاد نیز مهم‌ترین عامل افزایش انتشار CO_2 رشد اقتصادی (اثر مقیاس) است و اثر ساختار اقتصادی نیز با نرخ کم‌تری در افزایش انتشار مؤثر است. شدت کربن و شدت انرژی به میزان کمی در کاهش انتشار CO_2 نقش دارند، به عبارت دیگر اثر منفی شدت انرژی بخش‌های کشاورزی، صنعت و حمل و نقل، به بهبود کارایی انرژی در کل اقتصاد منجر می‌شود، اما تا حدی توسط افزایش اثر شدت انرژی

سایر بخش‌ها خنثی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که اثر ضریب آلودگی به علت جایگزینی سوخت‌های کم‌تر آلاینده، بهبود و پاک‌سازی سوخت در سال‌های اخیر منفی می‌باشد، اما این اثر هنوز دارای ضریب پایینی است و برآیند کل عوامل شرح داده شده به افزایش انتشار کل منجر شده است.

با توجه به نتایج، استراتژی‌های زیر می‌توانند برای کاهش CO_2 به کار روند. کاهش ضریب آلودگی به تغییر نوع سوخت یا تکنولوژی سوخت پاک وابسته است. بهبود الگوی مصرف سوخت، اجرای طرح‌های بهینه‌سازی و کمک به اصلاح و ارتقای فن‌آوری تجهیزات کارخانجات و سیستم‌های مصرف‌کننده‌ی انرژی می‌تواند کاهش ضریب آلودگی را تا حد قابل ملاحظه‌ای دربرداشته باشد. به منظور جلوگیری از انتشار آلودگی همگام با توسعه، سیاست انرژی به سوی تغییرات شدت انرژی سازگار با فعالیت اقتصادی جلب می‌شود. گرچه در خلال سال‌های اخیر شدت انرژی تا حدی کاهش یافته است، لیکن هم‌چنان پتانسیل زیادی برای کاهش شدت انرژی با توجه به شکاف در فرآیند تولید، تکنولوژی و سطح مدیریت وجود دارد. صرفه‌جویی انرژی و کاهش سهم محصول بخش‌های انرژی‌بر استراتژی‌های مهم برای کاهش شدت انرژی هستند، در همین راستا ایران با وجود داشتن منابع عظیم نفت و گاز، باید به منابع تجدیدپذیر توجه داشته باشد. هم‌چنین رشد و توسعه‌ی فناوری‌های مدرن و توانمندسازی مردم در کاربرد فن‌آوری‌های کم‌مصرف در جهت کاهش مصرف انرژی و آلودگی هوا، می‌تواند از جمله عوامل مؤثر در این زمینه باشد.

فهرست منابع

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، اداره‌ی حساب‌های اقتصادی، حساب‌های ملی ایران، سال‌های (۱۳۷۳-۱۳۸۶).

پژویان، جمشید و مرادحاصل، نیلوفر (۱۳۸۶)، بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، *فصل‌نامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی*، سال ۷، شماره‌ی ۴، صص ۱۴۱-۱۶۰.

پیرس، دیوید دبلیو. و وارفورد، جرمی جی (۱۳۷۷). دنیای بی‌کران، اقتصاد، محیط زیست و توسعه‌ی پایدار، ترجمه‌ی عوض کوچکی، سیاوش دهقانیان و علی کلاه اهری، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

ترازنامه‌ی هیدروکربوری (۱۳۸۶)، مؤسسه‌ی مطالعات بین‌المللی انرژی.

گلدین، یان و وینترز، ال.آلن (چاپ اول ۱۳۷۹)، اقتصاد توسعه‌ی پایدار، ترجمه‌ی غلامرضا آزاد ارمکی، غلامرضا، شرکت چاپ و نشر بازرگانی، تهران.

Ang, B.W. (1995), Decomposition Methodology in Industrial Energy Demand Analysis, Energy, No. 20, pp.1081–1095.

Ang, B.W., Zhang, F.Q. (1999), Inter-Regional Comparisons of Energyrelated CO2 Emissions Using the Decomposition Technique, Energy, No. 24, pp.297–305.

Ang, B.W., Zhang, F.Q., Choi, K.H. (1998), Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition, Energy, No. 23, pp. 489–495.

Ang, B.W., Zhang, F.Q. (2000), A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Environmental Analysis, Energy, No. 25, pp.1149–1176.

Azomahou, T., Laisney, F. and Nguyen Van, P. (2006), Economic Development and CO2 Emissions: A Nonparametric Panel Approach, Journal of Public Economics, No. 90, pp.1347–1363.

Chang, Y.F., Lewis, C., Lin, S.J. (2008), Comprehensive Evaluation of Industrial CO2 Emission (1989–2004) in Taiwan by Input–Output Structural Decomposition, Energy Policy, No. 36, pp.2471–2480.

Fan, Y., Liu, L.C.,Wu, G., Tsai, H.T.,Wei, Y.M. (2007), Changes in Carbon Intensity in China:Empirical Findings from 1980–2003, Ecological Economics, No.62, pp.683–691.

Greening, L.A., Davis, W.B., Schipper, L. (1998), Decomposition of Aggregate Carbon Intensity for the Manufacturing Sector: Comparison of Declining Trends from 10 OECD Countries for the Period 1971–1991, Energy Economics, No.20, pp.43–65.

Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1992), Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, Working Paper, No.3914, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA

Guan, D.B., Hubacek, K.,Weber, C.L., Peters, G.P., Reiner, D.M. (2008), The Drivers of Chinese CO2 Emission from1980 to 2030, Global Environmental Change, No.18, pp.626–634.

Human Development Report (2007), Palgrave Macmillan.

IPCC (1995), Greenhouse Gas Inventory: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. United Kingdom Meteorological Office, Bracknell, England.

Lee, K., Oh, W.K. (2006), Analysis of CO2 Emission in APEC Countries: A Time-Series and a Cross Sectional Decomposition Using the Log Mean Divisia Method, Energy Policy, No. 34, pp.2779–2787.

Liaskas, K., Mavrotas, G., Mandaraka, M., Diakoulaki, D. (2000), Decomposition of Industrial CO2 Emission: the Case of European Union, Energy Economics, No. 22, pp.383–394.

Lin, S.L., Chang, T.C. (1996), Decomposition of SO2, NOx and CO2 Emissions from Energy Use of Major Economic Sector in Taiwan, The Energy Journal, No.17, pp.1–17.

Liu, L.C., Fan, Y., Wu, G., Wei, Y.M. (2007), Using LMDI Method to Analyze the Change of China's Industrial CO2 Emission from Final Fuel Use: An Empirical Analysis, Energy Policy, No.35, PP.5892–5900.

Nag, B., Parikh, J. (2000), Indicators of Carbon Emission Intensity from Commercial Energy Use in India, Energy Economics, No.22, pp.441–461.

Oak Ridge National Laboratory, CDIAC, Environmental Science Division, (1998), Estimates of Global, Regional and National CO2 Emissions from Fossil Fuel Burning, Cement Manufacturing and Gas Flaring: 1755–1996, Available at http://www.cdiac.esd.ornl.gov/ epubs/ndp030/ global 97.ems , (updated 2006).

Paul, S., Bhattacharya, R.N. (2004), CO2 Emission from Energy Use in India: A Decomposition Analysis, Energy Policy, No.32, pp.585–593.

Sahin, S., Pratlong, F. (2003), Alternative Options in the Design of Tradable CO2 Emission Permits Scheme in Turkey. EUREQua and ERASME, University Paris I Panthe´on-Sorbonne, Paris. http://www.ecomod.net/conferences /ecomod2003 /ecomod2003 _papers/ Sahin.pdf.

Sari, R., Soytas, U. (2004), Disaggregate Energy Consumption, Employment and Income in Turkey, Energy Economics, No.26, pp.335–344.

Sun, J.W., Malaska, P. (1998), CO2 Emission Intensity in Developed Countries, 1980–1994, Energy, No.2, pp.105–112.

Sun, J.W. (1998), Changes in Energy Consumption and Energy Intensity: A Complete Decomposition Model, Energy economics, No.20, pp.85–100.

Wang, C., Chen, J.N., Zou, J. (2005), Decomposition of Energy-Related CO2 Emission in China: 1957–2000, Energy, No.30, pp.73–83.

Wietze, L. (2006), Decomposition of CO2 Emission over 1980–2003 in Turkey, Energy Policy, No.34, pp.1841–1852.

Wu, L.b., Kaneko, S., Matsuoka, S. (2005), Driving Forces behind the Stagnancy of China's Energy-Related CO2 Emission from 1996 to 1999: The Relative Importance of Structural Change, Intensity Change and Scale Change, Energy Policy, No.33, pp.319–335.

Zhang, F.Q., Ang, B.W. (2001), Methodological Issues in Cross-Country/ Region Decomposition of Energy and Environmental Indicators, Energy Economics, No.23, pp.179–190.