

## تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در صنعت ایران

محسن نظری<sup>۱</sup>

محمد بخشی زاده<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۱۲

### چکیده

مسائل زیست محیطی، بخصوص "تغییرات آب و هوایی"، به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر، مسأله‌ای جهانی شده است. انتشار CO<sub>2</sub> مهمترین عامل در افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. سرانه انتشار CO<sub>2</sub> در ایران از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶، یازده برابر شده است و از CO<sub>2</sub> سرانه در فرانسه، ترکیه، عربستان و بسیاری از کشورها بالاتر است.

در این مقاله، با استفاده از روش تجزیه عوامل انتشار CO<sub>2</sub>، به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> اثر تولیدی، ساختاری، شدت انرژی و ترکیب سوخت و اثر باقیمانده پرداخته شده است.

محاسبات تحقیق نشان می‌دهد که طی ۲۵ سال گذشته، اثر تولیدی و اثر شدت انرژی، مهمترین عوامل انتشار CO<sub>2</sub> در ایران بوده، به طوری که بیش از ۶۸ درصد انتشار CO<sub>2</sub> ناشی از این دو اثر بوده و البته نتایج به تفکیک دوره‌های زمانی مختلف، متفاوت است. سهم اثر ترکیب سوخت در انتشار CO<sub>2</sub> در ایران ناچیز و به این معنی است که ترکیب سوخت مصرفی در جبهتی نبوده است که از انتشار CO<sub>2</sub> جلوگیری نماید. با توجه به نتایج حاصل از مدل، می‌توان با بهبود بهره‌وری انرژی (کاهش شدت انرژی) در صنایع ایران و بهبود ترکیب سوخت و اصلاح ساختار صنایع، بدون کاستن از تولید صنعتی، به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> دسترسی پیدا نمود و به عبارت دیگر، می‌توان بدون کاهش رشد صنعتی، انتشار CO<sub>2</sub> را کاهش داد.

واژگان کلیدی: انتشار CO<sub>2</sub>، صنایع ایران، محیط زیست، تجزیه عوامل.

طبقه بندی JEL: Q40, Q41

۱. Email: Mohsen.nazari@ut.ac.ir

۱. عضو هیأت علمی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری دانشگاه مفید

## مقدمه

افزایش اهمیت محیط زیست به دلیل دامنه وسیع از کارکردها و خدمات ارزشمندی است که از لحاظ اقتصادی برای انسان و جامعه فراهم می‌آورند. خدمات محیط زیست به انسان و جامعه را می‌توان در چهار دسته زیر خلاصه نمود:

- ۱- حمایت از زندگی
- ۲- عرضه منابع طبیعی
- ۳- جذب ضایعات محصولات
- ۴- عرضه خدمات رفاهی

محیط زیست، دستگاه زیست‌شناختی شیمیایی و فیزیکی فراهم می‌آورد که افراد بشر را قادر به ادامه حیات می‌سازد. این دستگاه شامل نظام جو، رودخانه، خاک، گیاهان و حیوانات می‌شود. خدمات این دستگاه، توسط خانوارها مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای ادامه چرخه حیات بشر ضروری هستند.

محیط زیست، مواد خام و انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های اقتصادی بنگاه‌ها و مصرف خانوارها را تأمین می‌نماید که این منابع یا تجدیدپذیر یا تجدیدنپذیر هستند. مدیریت ناصحیح استفاده از این منابع باعث مشکلاتی در سیستم فعالیت‌های تولیدی جامعه می‌شود.

همچنین محیط زیست قادر به دفع بسیاری از ضایعات تولید شده به وسیله بنگاه‌ها و خانوارها می‌باشد. البته توانایی محیط زیست برای جذب ضایعات نامحدود نیست. تجزیه طبیعی فاضلاب‌ها باعث افزایش سریع در آلودگی رودخانه‌ها و دریاها خواهد شد.

کارکرد دیگر محیط زیست این است که خدمات رفاهی ایجاد می‌کند. مناظر زیبای طبیعی و فضا برای فعالیت اوقات فراغت خانوارها، کسب مطلوبیت از گردشگاه‌ها و جنگل‌ها و رودخانه‌ها از کارکردهای محیط زیست می‌باشد. هوای ناپاک، رودخانه کثیف، کوه‌های آلوده و ... همه مطلوبیت انسان‌ها را از این منابع طبیعی می‌کاهد.

طی چند دهه اخیر، مسائل زیست محیطی به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای، اهمیت زیادی در سیاستگذاری ملی و جهانی داشته است. افزایش گازهای گلخانه‌ای مانند CO<sub>2</sub> باعث به وجود آمدن پدیده تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی، سوراخ شده لایه ازن، ذوب شدن یخ‌های قطبی شده است و به این دلیل افزایش CO<sub>2</sub> در هر کشور، آثاری برای همه کشورها خواهد داشت؛ هر چند افزایش گازهای آلاینده‌ای مثل NO<sub>x</sub>، SO<sub>x</sub> و CO باعث بارش باران‌های اسیدی، بروز مخاطرات بهداشتی و سلامتی برای انسان و سایر موجودات گردیده و آثار آنها، عمدتاً در سطح ملی و منطقه‌ای می‌باشد، ولی اثرات CO<sub>2</sub> در سطح جهانی می‌باشد.

برگزاری سمینارها و پروتکل‌های بین‌المللی در سطح جهانی همچون کنفرانس ریو، پروتکل کیوتو و اخیراً کنفرانس کپنهاک، نشان از اهمیت این موضوع در سطح جهانی و تلاش برای سیاستگذاری جهت کنترل گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی دارد، که رشد گازهای گلخانه‌ای سهم بسزایی در این موضوع دارد. از بین گازهای گلخانه‌ای، CO<sub>2</sub> مهمترین آنها می‌باشد. آمار موجود در ایران، نشان می‌دهد که سرانه انتشار CO<sub>2</sub> از ۶۰۷ کیلوگرم در سال ۱۳۴۶ به ۴۹۷۷/۷ کیلوگرم در سال ۱۳۸۲ و ۶۸۸۱/۷ کیلوگرم در سال ۱۳۸۶ رسیده است که بیش از ۱۱ برابر شده است. سرانه کشورهای OECD، ۱۱/۰۸ تن و ترکیه ۲/۸۷ تن و هند حدود یک تن می‌باشد. در مقایسه با سایر کشورها، نیز ایران ۱/۳۴ درصد CO<sub>2</sub> جهانی را تولید می‌کند. در حالی که در سال ۲۰۰۵ در ایران ۴۳۱/۲ میلیون تن CO<sub>2</sub> تولید شده، در فرانسه ۴۰۳/۷، ترکیه ۲۴۰/۳، عربستان ۳۳۵، پاکستان ۹/۵، کره جنوبی ۴۹۸/۵ و مالزی ۷۹/۷ میلیون تن دی‌اکسید کربن تولید شده است و نشان از تولید بالای CO<sub>2</sub> در ایران می‌باشد (وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال‌های مختلف).

در جدول (۱) مقدار و سهم بخش‌های مختلف از انتشار CO<sub>2</sub> نشان داده شده و بیشترین سهم مربوط به بخش خانگی و تجاری می‌باشد و بخش صنعت، رتبه چهارم را در انتشار CO<sub>2</sub> در این سال داشته است.

جدول ۱. مقدار و سهم بخش‌های مختلف در انتشار CO<sub>2</sub> در سال ۸۶ تن/درصد

مقدار	خانگی و تجارت عمومی	صنعت	حمل و نقل	کشاورزی	پالایشگاهی	نیروگاهی	جمع
۱۴۲۳۳۵۱۲۵	۷۹۳۹۸۴۵۸	۱۱۵۵۰۲۴۳۸	۱۲۲۱۰۰۱۹	۲۲۶۳۹۴۸۶	۱۲۰۱۷۹۴۳۱	۴۹۲۲۶۴۹۵۷	
۲۸/۹	۱۶/۱۳	۲۳/۴۶	۲/۴۸	۴/۶	۲۴/۴۱	۱۰۰	

مأخذ: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶

در جدول (۲)، مقدار و سهم حامل‌های انرژی از انتشار CO<sub>2</sub> نشان داده شده و بیشترین انتشار CO<sub>2</sub> مربوط به گاز طبیعی بوده است.

جدول ۲. مقدار و سهم حامل‌های انرژی در انتشار CO<sub>2</sub> در سال ۸۶ تن/درصد

مقدار	گاز مایع	بنزین	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز طبیعی
۸۰۸۱۱۴۵	۵۵۹۶۷۶۱۴	۱۹۴۴۶۲۸۴	۹۲۶۳۲۹۸۹	۵۸۳۲۳۳۶۶	۲۴۵۴۵۲۹۰۵	
۱/۶۴	۱۱/۳۷	۳/۹۵	۱۸/۸۲	۱۱/۸۵	۴۹/۸۸	

مأخذ: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶

هزینه‌های اجتماعی CO<sub>2</sub> در سال ۱۳۸۶ براساس مطالعه بانک جهانی و سازمان محیط زیست، براساس قیمت‌های ۱۳۸۱، ۳۹۳۸۱ میلیارد ریال که ۶۳۵۲ میلیارد ریال آن مربوط به بخش صنعت بوده است. (همان)

بنابراین، میزان انتشار CO<sub>2</sub> و رشد آن در ایران رقم قابل توجهی است که باید با سیاستگذاری جهت کنترل رشد آن اقدام شود. در این مقاله، با استفاده از روش تجزیه عوامل، تلاش می‌شود که عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در بخش صنعت ایران تجزیه گردد تا بتوان برای کاهش انتشار CO<sub>2</sub> اقدام گردد.

یکی از سؤال‌های مطرح در ادبیات اقتصادی، همیشه این بوده است که آیا می‌توان در کنار رشد اقتصادی - که با رشد مصرف انرژی همراه است - از آلاینده‌گی محیط زیست نیز جلوگیری کرد. به عبارت دیگر، آیا می‌توان شاهد توسعه پایدار بود؟ با تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلوده کننده‌ها، می‌توان نشان داد که رشد آلاینده‌ها می‌تواند از منابعی غیر از رشد تولید نیز باشد. برای پاسخ گویی به سؤال فوق، ساختار مقاله به صورت زیر شکل گرفته است: در ادامه به ادبیات موضوع (پیشینه تحقیق) پرداخته، سپس مدل و روش تحقیق ارائه می‌شود و پس از تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از محاسبات مدل، به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها می‌پردازیم.

#### ادبیات موضوع (پیشینه تحقیق)

مطالعات مربوط به مطالعه انتشار CO<sub>2</sub> از روش تجزیه عوامل در جهان نسبتاً گسترده می‌باشد. مطالعات متعددی در مورد کشورهای اروپایی، آسیایی، آفریقایی و آمریکایی انجام شده است. این مطالعات در سطح کل کشور، بین کشوری، بخش‌های اقتصادی و زیر بخش‌های اقتصادی و صنایع خاص صورت گرفته است. مروری بر مطالعات انجام شده در مقاله آنگ و زانگ (Ang & Zhang, 2000) ارائه شده است.

روش‌های تجزیه عوامل به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)<sup>۱</sup> (Alcántara & Padilla, 2008) ۲- تحلیل تجزیه شاخص (IDA)<sup>۲</sup> (Ang & Liu, 2001).

SDA بر مبنای جدول داده- ستانده می‌باشد و به داده‌های زیادی نیاز دارد (Chang & Lin, 1998). به دلیل اینکه جدول داده- ستانده هر ساله در کشورها تهیه نمی‌شود، در کشورهایی که این جدول برای دوره‌های نزدیک تشکیل نمی‌شود، قابل استفاده نمی‌باشد (Su, Huang, Ang, & Zhou, 2010). مزیت

1. Structural Decomposition Analysis

2. Index Decomposition Analysis

این IDA است که به داده‌های کمتری نیاز دارد و برای هر سال می‌توان شاخص‌های مربوط را تهیه نمود. بنابراین، در مطالعات انجام شده از روش IDA بیشتر استفاده شده است. (Ang & Liu, 2007). هر جنبه روش SDA به دلیل در نظر گرفتن وابستگی‌های مستقیم و غیرمستقیم همه بخش‌های اقتصادی، از دقت بیشتری برخوردار است (Su, Huang, Ang, & Zhou, 2010).

روش IDA به دو روش AMDI<sup>۱</sup> و LMDI<sup>۲</sup> انجام می‌گیرد (Ang, 2005) (Ang & Liu, 2007) (Paul & Bhattacharya, 2004). از نمونه مطالعاتی که اخیراً در مورد تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای مختلف انجام گرفته است، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

لیم وهمکاران (Lim, Yoo, & Kwak, 2009) با روش SDA به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در صنایع کره جنوبی پرداخته‌اند. در این مطالعه، اثر رشد اقتصادی، شدت انرژی و اجزای تقاضای نهایی بر انتشار CO<sub>2</sub> در دوره‌های متفاوت با یکدیگر مقایسه شده است.

لی و او (Lee & Oh, 2006) در بررسی خود، عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> را در بین کشورهای APEC با استفاده از روش LMDI تحلیل نموده‌اند و رشد درآمد سرانه و رشد جمعیت را دو عامل مهم رشد CO<sub>2</sub> دانسته‌اند و کارایی انرژی و تغییر سوخت را از عوامل مهم در کاهش CO<sub>2</sub> می‌دانند.

تانگ و همکاران (Tu et al., 2009) با روش LMDI، به عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در سطح بخش کشاورزی، صنعت و خدمات ترکیه برای سالهای ۲۰۰۶-۱۹۷۰ پرداخته‌اند و اثرات تغییرات ساختاری را در انتشار CO<sub>2</sub> با اهمیت نمی‌دانند ولی اثر محصول و شدت انرژی را در انتشار CO<sub>2</sub> در کشور ترکیه با اهمیت تلقی می‌نمایند.

پائول و باتاچاریا (Paul & Bhattacharya, 2004) به بررسی موضوع در سطح بخش‌های اقتصادی هند پرداخته‌اند و مطالعه آنها نشان داده است که رشد اقتصادی بزرگترین اثر را بر انتشار CO<sub>2</sub> در همه بخش‌های اقتصاد داشته است و کارایی مصرف انرژی و تغییر سوخت در بخش حمل و نقل و صنعت باعث کاهش روند انتشار CO<sub>2</sub> شده و شدت انرژی طی دوره مورد مطالعه تغییرات زیادی داشته، ولی اثر محسوس بر کاهش CO<sub>2</sub> در بخش کشاورزی نداشته است.

هاتزی گئورگی، (Hatzigeorgiou, 2008) و پژوهشگران دیگر (K. P. A& Diakoulaki, 2009)، کشور یونان را طی دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۰ از نظر عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> تجزیه و تحلیل کرده‌اند. روش تحلیل آنها AMDI و LMDI بوده است و انتشار CO<sub>2</sub> را به چهار عامل اثر درآمد، اثر شدت

- 
1. Arithmetic Mean Divisia Index
  2. Logarithmic Mean Divisia Index .

انرژی، اثر سهم سوخت و اثر جمعیت تجزیه کرده‌اند و اثر درآمدی را مهمترین عامل در رشد CO<sub>2</sub> دانسته‌اند و اثر شدت انرژی را عامل کاهش CO<sub>2</sub> در دوره مورد بررسی دانسته‌اند. زانگ و مو، (M. Zhang & Mu, 2009) و زانگ (Y. Zhang, 2010) انتشار CO<sub>2</sub> را طی سالهای ۲۰۰۶-۱۹۹۱ در کشور چین مطالعه نموده‌اند مطالعه آنها نشان داده که فعالیت‌های اقتصادی اثر مهم در رشد CO<sub>2</sub> و تغییرات ساختاری کوچک و البته اثر هر کدام از عوامل در بخش‌های مختلف متفاوت بوده است.

ون و همکار (Kwon et al., 2005) تعیین کننده‌های انتشار CO<sub>2</sub> را در سالهای ۲۰۰۰-۱۹۷۰ در بریتانیا و در بخش مسافرت با اتومبیل و اثرات آن بر انتشار CO<sub>2</sub> مطالعه نموده است. پاپایانکی و دایاکولاکی (K. P. A. & Diakoulaki, 2009) عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> ناشی از خودروهای مسافری با روش LMDI را برای کشور یونان و دانمارک تجزیه و تحلیل نموده‌اند. بوده است. آنها عواملی مثل ترکیب سوخت، متوسط مسافت طی شده، ظرفیت موتور و تکنولوژی خودرو را به عنوان عوامل مؤثر، تجزیه و تحلیل کرده‌اند. دوره مطالعه آنان ۲۰۰۰-۱۹۹۵ بوده است که تحلیل‌ها را برای دوره‌های ۵ ساله انجام داده‌اند.

مطالعات فوق، نمونه‌ای از مطالعات سال‌های اخیر درباره موضوع تجزیه عوامل مؤثر بر آلودگی بوده است. در این مقاله، عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در ایران در سطح کدهای دو رقمی ISIC تجزیه و تحلیل می‌شود تا بتوانیم سیاست‌های مؤثر کنترل ناشی از این گاز گلخانه‌ای که مهمترین عامل در گرمایش جهانی است را طراحی نماییم.

### مدل تحقیق

برای بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> در صنایع ایران، روش تجزیه عوامل را به کار می‌گیریم. مدل تجزیه عوامل قادر است که مشخص کند که چه مقدار از انتشار CO<sub>2</sub> به دلیل اثر تولید<sup>۱</sup>، چه مقدار به دلیل اثر ساختار<sup>۲</sup>، چه مقدار به دلیل اثر شدت انرژی<sup>۳</sup> و چه مقدار به دلیل اثر ترکیب سوخت<sup>۴</sup> است.

برای طراحی و محاسبه مدل، داده‌های زیر مورد نیاز می‌باشد:

$E_t$ : مصرف کل انرژی در دوره  $t$  در صنعت

1. Output Effect
2. Structural Effect
3. Energy Intensity Effect .
4. Fuel Mix Effect .

$P_t$ : تولید کل صنعت

$E_{it}$ : مصرف انرژی در کد  $i$  دو رقمی صنعت (بر مبنای تقسیم‌بندی ISIC) در دوره  $t$

$P_{it}$ : تولید کل در کد دو رقمی  $i$  در دوره  $t$

با توجه به تعاریف بالا، روابط زیر را خواهیم داشت:

$$E_t = \sum_{i=1}^m E_{it} \quad (1)$$

$$P_t = \sum_{i=1}^m p_{it} \quad (2)$$

که  $m$  تعداد کدهای دو رقمی صنعت می‌باشد.

با توجه به فاکتور انتشار  $CO_2$  حامل‌های انرژی مختلف، روابط زیر را می‌توان در نظر گرفت:

$$C_t = E_t \sum_{j=1}^F ef^j S_t^j \quad (3)$$

$$C_{it} = E_{it} \sum_{j=1}^F ef^j S_{it}^j \quad (4)$$

که در آن:

$C_t$ : میزان انتشار  $CO_2$  بر حسب واحدهای فیزیکی (تن) در دوره  $t$  در صنعت

$ef^j$ : فاکتور انتشار حامل انرژی  $j$  ام

$S_t^j$ : سهم حامل انرژی  $j$  در مصرف کل انرژی  $j$  ام صنعت در دوره  $t$

$C_{it}$ : میزان انتشار  $CO_2$  بر حسب واحدهای فیزیکی در دوره  $t$  در کد  $i$  ام صنعت

$S_{it}^j$ : سهم حامل انرژی  $j$  در مصرف انرژی کد  $i$  در دوره  $t$

$F$ : تعداد حامل‌های انرژی

شدت انرژی و شدت انتشار  $CO_2$  در کد  $i$  در دوره  $t$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$e_{it} = \frac{E_{it}}{P_{it}} \quad (5)$$

$$C_{it} = \frac{C_{it}}{P_{it}} \quad (6)$$

مقدار تغییر در انتشار  $CO_2$  بین دوره پایه ( $t=0$ ) و دوره بعدی ( $t=n$ ) برابر است با:

$$\Delta C = C_n - C_o = \sum_{i=1}^m C_{in} - \sum_{i=1}^m C_{io} \quad (7)$$

با استفاده از رابطه (۴) و جایگزینی  $C_{in}$  و  $C_{io}$  در رابطه ۷، خواهیم داشت:

$$\Delta C = C_n - C_o = \sum_{i=1}^m E_{in} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j \cdot S_{in}^j - \sum_{i=1}^m E_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j S_{io}^j \quad (۸)$$

با استفاده از رابطه (۵)، رابطه (۸) را به صورت زیر می‌توانیم بازنویسی نماییم:

$$\Delta C = \sum_{i=1}^m P_{in} e_{in} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j \cdot S_{in}^j - \sum_{i=1}^m P_{io} e_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j S_{io}^j \quad (۹)$$

سهم تولید کد  $i$  صنعت برابر است با:

$$\alpha_{it} = \frac{P_{it}}{P_t} \quad (۱۰)$$

اگر از این رابطه استفاده کنیم، رابطه (۹) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta C = P_n \cdot \sum_{i=1}^m a_{in} e_{in} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j - P_o \cdot \sum_{i=1}^m a_{io} e_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j S_{io}^j \quad (۱۱)$$

از رابطه (۱۱) مشخص می‌گردد که میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> ناشی از ۴ عامل یا اثر می‌باشد:

۱- اثر تولید (محصول)<sup>۱</sup>

۲- اثر ساختار<sup>۲</sup>

۳- اثر شدت انرژی<sup>۳</sup>

۴- اثر ترکیب سوخت<sup>۴</sup>

عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> که در ۴ دسته بالا قرار نگیرند، تحت عنوان باقیمانده‌ها<sup>۵</sup> در نظر گرفته می‌شود. رابطه (۱۱) را می‌توان به شکل زیر برای تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار CO<sub>2</sub> بازنویسی نمود:

$$\begin{aligned} \Delta C &= (P_n - P_o) \cdot \sum_{i=1}^m a_{io} e_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j S_{io}^j && \text{اثر تولید} \\ + P_o \cdot \sum_{i=1}^m (a_{in} - a_{io}) \cdot e_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j S_{io}^j && \text{اثر ساختار} \\ + P_o \cdot \sum_{i=1}^m a_{io} (e_{in} - e_{io}) \cdot e_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j S_{io}^j && \text{اثر شدت انرژی} \end{aligned}$$

1. Output Effect
2. Structural Effect
3. Energy Intensity Effect
4. Fuel Mix Effect
5. Residuals



$$+ P_o \cdot \sum_{i=1}^m a_{io} e_{io} \cdot \sum_{j=1}^F ef^j \cdot (S_{in}^j - S_{io}^j) \quad \text{اثر ترکیب سوخت}$$

(۱۲)

باقیمانده‌ها +

از رابطه (۱۲) می‌توان مشخص کرد که سهم هر کدام از اثرات در میزان انتشار آلاینده‌ها چه مقدار می‌باشد.

اثر تولیدی، نشان از اثر تولید بر انتشار CO<sub>2</sub> دارد. این اثر نشان می‌دهد که چه مقدار از تغییرات انتشار CO<sub>2</sub> به دلیل تغییر تولید بوده است.

اثر ساختاری، بیانگر تغییر ترکیب تولید بخش صنعت می‌باشد. این اثر، نشان می‌دهد که تغییر ترکیب در صنعت چه اثری بر انتشار آلودگی داشته است. اگر این اثر مثبت باشد، نشان از این دارد که تغییرات ساختار در صنعت به شکلی بوده است که صنایع تولید کننده CO<sub>2</sub>، در صنعت کشور دارای افزایش سهم شده‌اند و به عبارت دیگر، صنایعی که آلودگی بیشتری ایجاد می‌کنند در مقایسه با صنایع دیگر، رشد بیشتری داشته‌اند. اثر شدت انرژی نشان می‌دهد که چه مقدار از تغییرات CO<sub>2</sub> به دلیل تغییر شدت انرژی در صنایع کشور بوده و اثر ترکیب سوخت، به این معنی است که تغییر ترکیب سوخت در صنایع، آیا در جهت کاهش یا افزایش CO<sub>2</sub> عمل نموده و منفی بودن این اثر نشان می‌دهد که ترکیب سوخت در صنایع به سمت استفاده از سوخت‌های با CO<sub>2</sub> کمتر بوده است.

### نتایج حاصل از محاسبات مدل در صنعت ایران

در این مقاله با استفاده از آمارهای ایران، محاسبات مربوط به اثرات چهارگانه فوق برای بخش صنعت ایران در سطح کدهای دو رقمی ISIC برای دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۱ در سطح کارگاه‌های بزرگ صنعتی انجام گرفته و نتایج در جدول ۳ ارائه شده است:

نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که اثر تولیدی در دوره ۱۳۶۱-۶۵ که کشور در دوران جنگ به سر می‌برده و تولید کاهش یافته، منفی بوده و در دوره‌های بعد، اثر تولیدی مثبت داشته و یکی از عوامل مهم انتشار CO<sub>2</sub> در بیشتر دوره‌ها بوده است.

اثر ساختاری در سالهای ۷۰-۱۳۶۶ منفی (۲۹٪-) و ۱۳۷۵-۱۳۷۱ حدود (۴۶/۳٪-) بوده است؛ یعنی طی این سال‌ها ترکیب تولید صنایع به شکلی تغییر کرده که صنایع با انتشار CO<sub>2</sub> بالا، رشد کمتری داشته، ولی در بقیه دوره‌ها، اثر ساختاری مثبت بوده است هر چند سهم کمی داشته است.

نتایج حاصل از تحقیق بیانگر این است که طی دوره ۱۳۶۵-۱۳۶۱ این اثر معادل ۱۸ درصد مثبت بوده؛ یعنی طی این دوره به دلایلی از جمله جنگ تحمیلی و عدم توان مدیریتی کشور در خصوص

کنترل صنایع آلوده کننده این اثر، با علامت مثبت ظاهر شده و ساختار تولید صنعت طی این دوران به سمت صنایع آلوده کننده حرکت داشته، لیکن با اتمام جنگ و رفع برخی مشکلات مدیریتی، این اثر طی دوره ۱۳۶۶-۱۳۷۰ و ۱۳۷۵-۱۳۷۱ با علامت منفی ظاهر شده و طی دوره های ۱۳۷۹-۱۳۷۶ و ۱۳۸۵-۱۳۸۰ به ترتیب معادل ۳ درصد و ۷ درصد بوده که سهم پایینی را به خود اختصاص داده است.

البته با عنایت به جدول شماره (۳)، اگر کل دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۱ را مورد توجه قرار دهیم، میزان سهم این اثر در انتشار آلاینده ها معادل (۶/۷٪+) بوده که بیانگر این است که در طول دوره ۲۵ ساله، سهم این اثر مثبت بوده، یعنی ساختار بخش صنعت باعث افزایش انتشار آلاینده ها شده است که البته سهم ناچیزی از کل اثر می باشد.

اثر شدت انرژی فقط در دوره ۷۰-۱۳۶۶ منفی و در بقیه دوره‌ها مثبت بوده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل پایین بودن کارایی انرژی که عکس شدت انرژی است. در بیشتر دوره‌ها نتوانسته‌ایم از طریق افزایش بهره‌وری انرژی به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> در صنایع کشور کمک کنیم. اثر ترکیب سوخت نیز در تمامی دوره‌ها نزدیک صفر و در دوره ۸۵-۱۳۶۱ منفی بوده و به عبارت دیگر، ترکیب سوخت در این دوره، اثر محسوسی بر کاهش دی اکسید کربن نداشته است و می‌توان دلیل آن را در عدم تغییر قیمت‌های نسبی سوخت در ایران و عدم نظارت کافی در کنترل و جریمه صنایع انتشار دهنده آلاینده‌ها در ایران از جمله مالیات بر کربن دانست. در حالی که می‌توان با تغییر قیمت‌های نسبی، ترکیب سوخت را در جهت کاهش آلاینده‌ها هدایت نمود.

جدول ۳. تفکیک اثرات انتشار CO<sub>2</sub> طی سال‌های ۸۵-۱۳۶۱

دوره	اثر تولیدی	اثر ساختاری	اثر شدت انرژی	اثر ترکیب سوخت	اثر باقیمانده	جمع اثر
۱۳۶۱-۶۵	-۱/۱۷	۱۸	۸۵/۳	۵/۷E-۱۳	-۱/۱۷	۱۰۰
۱۳۶۶-۷۰	۲۲۹	-۲۹	-۰/۰۶	۶/۲E-۱۴	-۹۹	۱۰۰
۱۳۷۱-۷۵	۱۶	-۴۶/۳	۱۱۴	۶/۱E-۱۵	۱۶/۳	۱۰۰
۱۳۷۶-۷۹	۷۹	۴	۱۲/۳	۰	۴/۹	۱۰۰
۱۳۸۰-۸۵	۹۲	۷	۶	-۱/۳۳E-۱۵	-۴	۱۰۰
۱۳۶۱-۸۵	۳۷	۶/۷	۳۱/۳	-۱/۲۷E-۱۵	۲۵	۱۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

اثر ترکیب سوخت در سال‌های ۷۵-۱۳۶۶ و ۱۳۸۵-۱۳۸۰ منفی بوده و به این معنی است که طی این سال‌ها، ترکیب سوخت مصرفی صنایع به سمتی بوده که از سوخت‌های با CO<sub>2</sub> کمتر استفاده شده است.

محاسبات مربوط به کل دوره تحقیق ۸۵-۱۳۶۱ حاکی از اثر مثبت، چهار اثر تولیدی، ساختاری، شدت انرژی و ترکیب سوخت در انتشار CO<sub>2</sub> بوده که بیشترین سهم مربوط به اثر تولیدی و شدت انرژی را داشته و نتایج حاصل از محاسبات در سطح کد های دو رقمی صنعت در جداول ضمیمه ارائه گردیده که به دلیل جلوگیری از طولانی شدن بحث، تحلیل‌ها در سطح کل صنایع انجام شده است.

نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد که ظرفیت زیادی برای کاهش CO<sub>2</sub> بدون کاستن از سطح تولید وجود دارد. به عنوان مثال، در کل دوره فقط ۳۷ درصد از انتشار CO<sub>2</sub> به دلیل افزایش تولید بوده است. می‌توان بدون کاستن از سطح تولید تا ۶۳ درصد انتشار CO<sub>2</sub> را با استفاده از سایر اثرات کاهش داد. مثلاً با تغییر قیمت‌های نسبی انرژی می‌توان صنایع را به استفاده از انرژی‌های کمتر آلاینده سوق داد و یا می‌توان از طریق تغییر قیمت‌های نسبی کالاهای تولید را به سمت صنایع کمتر آلاینده جهت داد که همان اثر ساختاری می‌باشد. با استفاده از روش‌های فنی و اقتصادی (افزایش قیمت نسبی انرژی)، می‌توان شدت انرژی را کاهش داد که عاملی در جهت کاهش آلاینده‌ها بدون کاهش سطح تولید می‌باشد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

محیط زیست، خدماتی همچون حمایت از زندگی، عرضه منابع طبیعی، جذب ضایعات محصولات و عرضه خدمات رفاهی برای انسان‌ها ایجاد می‌نماید. با توجه به اینکه محیط زیست، محیط مشترک همه انسان‌ها است، باید در جهت آن تلاش شود.

یکی از مهمترین عوامل مؤثر در تخریب محیط زیست، انتشار CO<sub>2</sub> می‌باشد که به دلیل آثار مخرب آن بر تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و ... تلاش جهانی برای کاهش آن، هر روزه افزایش می‌یابد.

با استفاده از روش تجزیه عوامل، انتشار CO<sub>2</sub> به پنج اثر تولیدی، ساختاری، شدت انرژی و ترکیب سوخت و اثر باقیمانده تجزیه شد. با استفاده از داده‌های کارگاه‌های بزرگ صنعتی، محاسبه اثرات فوق برای دوره ۸۵-۱۳۶۱ محاسبه شد. نتایج حاصل از محاسبه نشان می‌دهد که اثر تولیدی و اثر شدت انرژی، دو عامل مهم انتشار CO<sub>2</sub> در صنایع ایران طی ۲۵ سال گذشته بوده‌اند.

کاهش انتشار CO<sub>2</sub> از طریق اثر تولیدی، بحث‌انگیز و معمولاً با مخالفت‌هایی روبرو می‌شود، زیرا به این معنی است که باید تولید کاهش یابد که مشکلات متعددی را به دنبال خود دارد. ولی فقط ۳۷ درصد از انتشار CO<sub>2</sub> طی دوره مربوط به اثر تولیدی است و می‌توان به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> از طریق سایر اثرات دست یافت.

یکی از راه‌های کاهش CO<sub>2</sub> بدون کاستن از تولید، بهبود شدت انرژی در صنایع کشور بوده است، اگر بتوان بهره‌وری انرژی (معکوس شدت انرژی) را افزایش داد، می‌توان بدون کاستن از سطح تولید، به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> رسید. اثر ترکیب سوخت و اثر ساختاری و اثر سایر عوامل (باقیمانده) نیز باعث افزایش انتشار CO<sub>2</sub> شده که سهم اثر باقیمانده و اثر ساختاری بیشتر از اثر ترکیب سوخت بوده است. می‌توان با تغییر ترکیب سوخت صنایع در ایران و یا تغییر ساختار صنایع ایران، بدون کاستن از رشد اقتصادی و صنعتی به بهبود محیط زیست کمک نمود.

## منابع و مأخذ:

- پیرس، دیوید ویلیام (۱۳۷۵) اقتصاد محیط زیست و توسعه پایدار ترجمه عوض کوچکی؛ سیاوش دهقانیان، علی کلاحی اهری، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- نظری، محسن (۱۳۸۱) مدل پاسخهای انرژی به تغییرات آب و هوایی در ایران؛ وزات نیرو، معاونت انرژی.
- مرکز آمار ایران، "آمار کارگاههای بزرگ صنعتی"، سالهای مختلف.
- وزات نیرو، "ترازنامه انرژی" سالهای مختلف.
- Ã, K. P., & Diakoulaki, D. (2009) Decomposition analysis of CO 2 emissions from passenger cars : The cases of Greece and Denmark; *Energy Policy*, 37(8): 3259-3267.
- Alcántara, V., & Padilla, E. (2008) Input – output subsystems and pollution : An application to the service sector and CO 2 emissions in Spain; *Ecological Economics*, 68(3): 905-914..
- Ang, B. (2005) The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide; *Energy Policy*, Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421503003136>.
- Ang, B. W., & Liu, F. L. (2001) A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation; *Energy*, 26: 537-548.
- Ang, B., & Liu, N. (2007) Energy decomposition analysis: IEA model versus other methods; *Energy Policy*. Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030142150600190X>.
- Ang, B., & Zhang, F. (2000) A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies; *Energy*, Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544200000396>.
- Chang, Y. F., & Lin, S. J. (1998) Structural decomposition of industrial CO2 emission in Taiwan : an input-output approach; *Policy*, 26(1).
- Hatzigeorgiou, E. (2008) CO2 emissions in Greece for 1990-2002: A decomposition analysis and comparison of results using the Arithmetic Mean Divisia Index and Logarithmic Mean Divisia ...; *Energy*, Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544207001776>.

- Kwon, T.-hyeong (2005) Decomposition of factors determining the trend of CO<sub>2</sub> emissions from car travel in Great Britain ( 1970 – 2000 ); Ecological Economics, 53: 261 - 275.
- Lee, K., & Oh, W. (2006) Analysis of CO<sub>2</sub> emissions in APEC countries: A time-series and a cross-sectional decomposition using the log mean Divisia method; Energy Policy, Retrieved from :<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421505001266>.
- Lim, H., Yoo, S., & Kwak, S. (2009) Industrial CO<sub>2</sub> emissions from energy use in Korea: A structural decomposition analysis; Energy Policy, Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508005879>.
- Paul, S., & Bhattacharya, R. (2004) CO<sub>2</sub> emission from energy use in India: a decomposition analysis; Energy Policy, Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421502003117>.
- Su, B., Huang, H. C., Ang, B. W., & Zhou, P. (2010) Input – output analysis of CO<sub>2</sub> emissions embodied in trade : The effects of sector aggregation; Energy Economics, 32(1): 166-175.
- Tu, S.etal., (2009) A decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emissions from energy use: Turkish case; 37: 4689-4699.
- Zhang, M., & Mu, H. (2009) Decomposition of energy-related CO<sub>2</sub> emission over 1991-2006 in China; Ecological Economics, Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800909000627>.
- Zhang, Y. (2010) Supply-side structural effect on carbon emissions in China; Energy Economics, 32(1): 186-193.

ضمیمه: تفکیک اثرات تولیدی، ساختاری، ترکیب سوخت و شدت انرژی بر حسب

کدهای دو رقمی صنایع در دوره های مختلف سالهای ۶۵-۶۱

کد صنعت	اثر تولیدی	اثر ساختاری	اثر شدت انرژی	اثر ترکیب سوخت	اثر پسماند	جمع آثار
31	-1.318	-0.654	4.289	-4.5022E-16	-1.318	1.000
32	-0.028	0.437	0.619	4.55956E-16	-0.028	1.000
33	-0.067	-0.021	1.156	7.63115E-17	-0.067	1.000
34	-0.135	-0.044	1.313	1.29454E-16	-0.135	1.000
35	0.261	0.549	-0.071	0	0.261	1.000
36	-0.195	0.229	1.162	1.02631E-15	-0.195	1.000
37	0.042	0.090	0.826	0	0.042	1.000
38	-0.059	0.022	1.095	-1.0122E-16	-0.059	1.000
39	-0.079	0.303	0.855	5.44984E-16	-0.079	1.000
جمع	-0.017	0.181	0.853	5.72939E-17	-0.017	1.000

سالهای ۷۰-۶۶

کد صنعت	اثر تولیدی	اثر ساختاری	اثر شدت انرژی	اثر ترکیب سوخت	اثر پسماند	جمع آثار
31	2.378556387	0.338049644	-0.314907941	-6.36E-14	-1.40169809	1
32	2.389795289	-0.095143989	-0.422471223	-3.31E-14	-0.872180078	1
33	0.232554803	0.01523074	0.188359239	-1.26E-16	0.563855218	1
34	1.258437378	0.035992493	-0.082109032	3.34E-14	-0.212320838	1
35	7.560274431	-17.26369313	8.419938185	1.87E-12	2.283480517	1
36	1.493599443	-1.97260161	1.032567785	-1.56E-13	0.446434382	1
37	2.885252192	0.489078349	-0.371634376	-2.41E-13	-2.002696165	1
38	1.725737554	0.104953948	-0.211110756	-2.37E-14	-0.619580746	1
39	0.001535297	-0.000113237	0.347122158	0	0.651455782	1
جمع	2.290755676	-0.292324791	-0.006168256	-6.23E-14	-0.992262628	1

## سالهای ۷۵-۷۱

کد صنعت	اثر تولیدی	اثر ساختاری	اثر شدت انرژی	اثر ترکیب سوخت	اثر پسماند	جمع کل
31	1.43	0.417	-2.28	2.19E-15	1.434	1
32	0.46	0.592	-0.52	3.58E-16	0.465	1
33	0.53	0.621	-0.68	3.08E-16	0.532	1
34	0.5	1	-1	-2.90E-15	0.503	1
35	0.33	0.23	0.1	-1.99E-16	0.334	1
36	2.21	0.023	-3.44	5.16E-15	2.208	1
37	0.05	-0.105	1.01	-5.94E-15	0.045	1
38	0.29	0.432	-0.01	-3.91E-16	0.289	1
39	0.33	0.054	0.29	0	0.329	1
جمع	0.16	-0.463	1.14	-6.14E-15	0.163	1

## سالهای ۷۹-۷۶

کد صنعت	اثر تولیدی	اثر ساختاری	اثر شدت انرژی	اثر ترکیب سوخت	اثر پسماند	جمع آثار
31	0.48	-0.09	0.14	0.48	0.001	1
32	0.58	-0.14	-0.015	0.58	0.001	1
33	0.53	-0.17	0.117	0.53	-0.016	1
34	0.37	0.01	0.202	0.37	0.055	1
35	0.57	0.04	-0.14	0.57	-0.048	1
36	0.48	0.13	-0.058	0.48	-0.034	1
37	0.24	0.04	0.328	0.24	0.149	1
38	0.54	0.05	-0.09	0.54	-0.034	1
39	0.55	-0.1	0.003	0.55	7.74E-05	1
جمع	0.39	0.03	0.125	0.39	0.057	1

کد صنعت	اثر تولیدی	اثر ساختاری	اثر شدت انرژی	اثر ترکیب سوخت	اثر پسماند	جمع آثار
31	1.44606	0.255884	-0.401307488	2.51E-16	-0.30064	1
32	-1.5029	0.459503	1.491756287	-3.88E-16	0.551645	1
33	0.720113	0.017663	0.167464467	4.61E-16	0.094759	1
34	-0.85526	0.280797	1.156640966	-2.72E-15	0.417827	1
35	0.541541	-0.12893	0.420145764	-3.38E-15	0.16724	1
36	0.490498	-0.06714	0.397850526	-4.94E-16	0.178795	1
37	1.550252	0.227473	-0.456429359	2.38E-15	-0.3213	1
38	1.199367	0.33951	-0.273917862	0	-0.26496	1
39	0.598507	0.200736	0.094276597	1.87E-16	0.106481	1
جمع	0.915911	0.074416	0.055650464	-1.33E-15	-0.04598	1



عنوان کدهای دو رقمی صنعت:

- ۳۱- صنایع مواد غذایی و آشامیدنیها و دخانیات
- ۳۲- صنایع نساجی، پوشاک و چرم
- ۳۳- صنایع چوب و محصولات چوبی
- ۳۴- صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشارات
- ۳۵- صنایع شیمیایی، نفت و ذغال سنگ، لاستیک و پلاستیک
- ۳۶- صنایع محصولات کانی غیر فلزی بجز نفت و ذغال سنگ
- ۳۷- صنایع تولید فلزات اساسی
- ۳۸- صنایع ماشین آلات، تجهیزات ابزار و محصولات فلزی
- ۳۹- صنایع متفرقه



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی