

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، شماره دو، تابستان ۹۶

مطالعه عوامل موثر بر انتشار دی اکسید کربن در کشور (با رویکرد تحلیل تجزیه لاسپیرز اصلاح شده)

هدیه علیشیری^{*۱}

Halishiri91@gmail.com

شهرزاد محمد خانی^۲

اعظم محمدباقری^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: اقدامات جاری در زمینه تثبیت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسیدکربن (CO_2) در راستای دستیابی به توسعه پایدار در سطح قابل قبولی نبوده و تلاش بیشتری نیاز است. از این رو شناخت عوامل موثر بر انتشار CO_2 جهت ارزیابی سیاست‌ها و راهبردها ضروری است.

مقیاس فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری، ضریب انتشار و شدت انرژی را می‌توان به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در نظر گرفت که البته با توجه به تفاوت میزان اثر گذاری‌ها در هریک از بخش‌ها، اقتصاد ایران به چهار بخش خانگی و تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی تقسیم شدند و در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفتند.

روش بررسی: روش بررسی این مطالعه شیوه "تحلیل تجزیه لاسپیرز اصلاح شده" است.

یافته‌ها: نتایج حاکی از آن است که در تمامی بخش‌های مورد بررسی اثر ساختار بیشترین نقش را در انتشار CO_2 داشته است.

بحث و نتیجه گیری: براساس نتایج به دست آمده، مثبت بودن اثر مقیاس بیان‌گر آن است که با شیوه کنونی صنعتی شدن کشور به علت مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی، افزایش انتشار CO_2 امری اجتناب ناپذیر است. هم چنین اثر شدت انتشار به جزء در بخش حمل و نقل در سه بخش دیگر در تمام دوره مورد بررسی به سبب اهتمام مسئولان در راستای افزایش کارایی انرژی، بهبود کیفیت سوخت منفی می‌باشد ولی در بخش حمل و نقل رشد بیشتر میزان مصرف انرژی سبب خنثی شدن این سیاست‌ها و مثبت شدن اثر شده است. اجرای سیاست سهمیه‌بندی بنزین و هدف‌مندی یارانه‌ها را می‌توان از مهم ترین علل روند نامنظم اثر شدت انرژی در بخش‌ها دانست.

واژه‌های کلیدی: انتشار دی اکسیدکربن (CO_2)، روش تحلیل تجزیه‌ای، توسعه پایدار، مصرف انرژی.

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات).

۲- دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

۳- پژوهش‌گر ارشد موسسه مطالعات بین المللی انرژی، تهران، ایران.

Study of factors affecting carbon dioxide emission in the country (With refined Laspeyres decomposition analytic method)

Hadieh Alishiri^{1*}

Halishiri91@gmail.com

Shahrzad Mohamadkhanli²

Azam Mohammadbagheri³

Abstract

Background and Objective: Current efforts to stabilize and reduce greenhouse gas emission, particularly carbon dioxide to achieve sustainable development is not at an acceptable level and more effort is needed, thus, identifying factors affecting CO₂ emission is essential for the assessment of policies and strategies. Scale of economic activity, change in composition of the economy, carbon intensity and energy intensity can be considered as the most important factors in all sectors, but with the differences in the impact of these factors in each of the sectors of the economy, Iran's economy is divided into four sectors as Home and business, Industry, transport and agriculture and in the period 1380-1391 was studied.

Method: A study technique is "*refined Laspeyres decomposition method*".

Findings: The results indicate that in all sectors change in composition of the economy has caused the greatest impact on CO₂ emission.

Discussion and Conclusion: the obtain result shown, Positive effect of scale of economic activity also shows that with the current method of industrialization of country and due to fossil fuel consumption, CO₂ emission increase is inevitable. Also, during the study period due to the efforts of the authorities to increase energy efficiency and improve fuel quality impact of carbon intensity effect in all sectors except transportation is negative. However, Growth in energy consumption in the transport sector would enervate the positive effects of these policies. During the study period, the implementation of policy Gas rationing and subsidies are the most important causes of the erratic energy intensity effect in all sectors.

Keywords: Carbon Dioxide Emission (CO₂), Decomposition analytic method, Sustainable Development, Energy Use.

1- Ph.D. student of Petroleum Economics, Allameh Tabataba'I University, Tehran, Iran ^{*} (Corresponding Author).

2- Ph.D. student of Petroleum Economics, Allameh Tabataba'I University, Tehran, Iran.

3- Senior Researcher of Institute for International Energy Studies (IIES), Tehran, Iran.

مقدمه

بدون توسعه و رشد اقتصادی قابل دستیابی نیست. البته جهت دستیابی به این اهداف قبل از طراحی سیاست‌ها و استراتژی‌های جدید و هم‌چنین به منزله ارزیابی اقدامات باید دانشی در مورد عوامل موثر بر انتشار CO₂ و مصرف انرژی کسب کرد.

از این رو در دهه ۱۹۹۰ به علت اهمیت تغییر اقلیم تحلیل‌های تجزیه‌ای^۳ که در مطالعات بررسی عوامل موثر بر تغییرات شاخص‌های کلی در طول زمان مورد استفاده قرار می‌گرفت در تحلیل‌های مرتبط با مصرف انرژی و انتشار CO₂ به طور گسترده به کار گرفته شد. از جمله کاربردهای این روش در این حوزه می‌توان به مطالعات لی، شرستا و فول^۴ (۱۹۹۰)، آنگ^۵ (۱۹۹۴)، فارلا، کولناترو بلاک^۶ (۱۹۹۸)، سان^۷ (۱۹۹۸)، لی آسکاس و همکاران^۸ (۲۰۰۰)، ژانگ^۹ (۲۰۰۳)، پائول و باتاچاریا^{۱۰} (۲۰۰۴)، لیزه ویتزه^{۱۱} (۲۰۰۵)، گئورکی، پولاتیدیس و هارالامبولوس^{۱۲} (۲۰۰۶)، ما و استرن^{۱۳} (۲۰۰۸)، هانتزی گئورکی و همکاران^{۱۴} (۲۰۰۸)، ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) و شهیدزمان و خورشید عالم^{۱۵} (۲۰۱۲)، روباینا آلوس و موتینهو^{۱۶} (۲۰۱۳) در خارج از کشور و مطالعات حیدری (۱۳۸۴)، مرزبان و همکاران (۱۳۸۴)، شریفی و همکاران (۱۳۸۵)، ستاری و عوامی (۱۳۸۶)، باصری و همکاران (۱۳۸۹)، فطرس و براتی (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰)، لطفعلی پور و آشنا (۵) (۱۳۸۹)، دامن کشیده، نظری و رضایی (۱۳۹۰)، خودی و همکاران (۱۳۹۰)، خلیلی عراقی و همکاران (۱۳۹۱) و پورعبادالهان کوچ و همکاران (۶) (۱۳۹۲) در داخل کشور اشاره کرد که

امروزه پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و توسعه‌ای ناشی از تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش بوده و مورد پذیرش و تصدیق قرار گرفته و نکات مهم در این زمینه چالش‌های اقتصادی ناشی از این موضوع است که سبب می‌شود حل این مشکلات نیازمند همکاری‌های بین‌المللی بلندمدت باشد. اثرات تغییر آب و هوا با توجه به شرایط حاکم بر مناطق مختلف، متفاوت خواهد بود و با توجه به شدت و ضعف بروز این علائم و اثرات آن، سالیانه خسارت‌های قابل توجهی از این پدیده ناشی می‌شود که مقدار آن همراه با افزایش دمای کره زمین افزایش خواهد یافت. از این رو ترویج و اتخاذ الگوهای پایدار تولید و مصرف انرژی، از نگرانی‌های مهم در صحنه بین‌المللی است و جامعه جهانی نیاز مبرم دارد تا شیوه زندگی پایدارتری را جهت کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش انتشار CO₂ اتخاذ کند. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته در سال‌های آتی میزان انتشار CO₂ حاصل از مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه از کشورهای توسعه یافته پیشی خواهد گرفت^۱. از این رو هرگونه نظام بین‌المللی دیگری که بعد از پیمان کیوتو در راستای رسیدگی به تغییرات اقلیمی به‌وجود بیاید نمی‌تواند این حقیقت را نادیده بگیرد. براین اساس رشد اقتصادی همراه با محدودیت‌هایی روبرو است که خود عامل آن است، انسان برای در امان ماندن از آثار فعالیت‌های اقتصادی خود، نیازمند الگوی جدیدی از رشد است که علاوه بر حفظ محیط زیست با آن منطبق و سازگار باشد. این الگوی جدید توسعه پایدار^۲ نام گرفته است. براساس مطالعه‌ای که از سوی سازمان ملل با عنوان «مسیرهای بی‌کربن» صورت گرفته کشورهای منتشرکننده کربن، هم‌زمان با کاهش چشم‌گیر انتشار خود می‌توانند رشد اقتصادی را نیز افزایش دهند که این اتفاق به منزله به حداقل رساندن ضایعات و استفاده ناکارآمد از منابع طبیعی، حفظ تنوع زیستی و تقویت امنیت انرژی و نیل به توسعه پایدار می‌باشد، (۱) زیرا که اهداف زیست محیطی

3 - Decomposition

4- Li, J, W. Shrestha, R, M. Foel, W,K

5- B.W. Ang

6- Farla, J & Cuelenaer , R & Bolk , K

7- Sun

8- Liaskas et al.

9- Zhong

10- Paul and Bhattacharya

11- Wietze Lise

12- Hatzigeorgiou , Polatidis and Haralambopolous

13- Ma and Stern

14- Hatzigeorgiou, E and etal.

15- Md Shahiduzzaman and KhorshedAlam

16- Margarita Robaina Alves, Victor Moutinho

1- Trends in Global CO₂ emissions 2013 report./ edgar.jrc.ec.europa.eu/

2- Sustainable Development

به یک بخش شود یا کل اقتصاد را در برگیرد ولی در ادبیات موجود کاربرد بخشی آن بیشتر است.

روش بررسی

داده‌های این پژوهش سالانه و دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ را در بر می‌گیرد و سال ۱۳۸۰ را سال پایه قرار می‌دهد و از داده‌های تولید ناخالص داخلی (GDP) و ارزش افزوده به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ اداره حساب‌های ملی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استفاده می‌کند. منتشر نشدن آمار ارزش افزوده سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ توسط اداره مذکور سبب کوتاه شدن دوره مورد بررسی شده است. واحد متغیرهای تولید ناخالص داخلی و ارزش افزوده به ترتیب میلیون و میلیارد ریال است. داده‌های مصرف انرژی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام از داده‌های ترازنامه انرژی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ وزارت نیرو و داده‌های مربوط به انتشار CO₂ بر حسب میلیون تن از ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی وزارت نفت استخراج شده است.

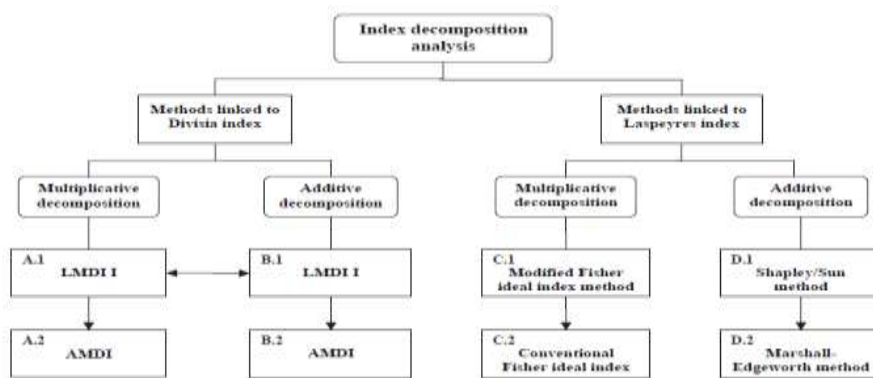
روش تجزیه‌ای کامل به این علت به‌کارگرفته شده که در آن جمله خطا توزیع می‌شود. به همین خاطر قابلیت اعتماد و صحت این مدل افزایش می‌یابد و نوآوری اساسی این روش آن است که جمله خطا را مطابق اصل توزیع برابر تقسیم می‌کند (8). علت دیگر آن است که این مدل نیازمند داده‌هایی با دوره زمانی طولانی نیست، هرچند با افزایش دوره‌ی مورد مطالعه می‌توان نتایج بهتری را به دست آورد. (۱۰) تجزیه و تحلیل روند تغییرات میزان انتشار CO₂ یک نقطه مرجع و مفید برای طراحی سیاست‌های مربوط به انرژی و محیط زیست در کشور است. با توجه به اطلاعات موجود مناسب ترین روش انتخاب شد تا بهترین جواب‌های ممکن را به دست آورده و بتوان به تجزیه تحلیل شرایط موجود پرداخت. این روش در مطالعه کشوری مرسوم بوده و تغییرات انتشار CO₂ به عوامل موثر در آن تجزیه می‌شود.

همگی در راستای شناخت عوامل موثر بر انتشار CO₂ و مصرف در سطح کشوری، بین بخش و زیربخش‌های اقتصادی و در صنایع خاص صورت گرفته‌اند.

در بررسی و تجزیه و تحلیل عوامل محرک در انتشار CO₂، دو رویکرد متفاوت IDA^۱ و SDA^۲ به کارگرفته می‌شود که هر یک دارای محاسن و معایبی هستند. هونکسترا و ون دن برگ (۲۰۰۳) برای اولین بار مطالعه‌ای را در راستای مقایسه این دو روش با هدف پر کردن شکاف بین آن‌ها و با تمرکز بر تحولات اخیر انجام دادند (7). روش تجزیه ساختاری SDA در درجه اول مورد استفاده محققانی قرار می‌گیرد که با تجزیه و تحلیل‌های مربوط به جداول داده - ستانده آشنایی دارند و مایل به گسترش مطالعات در زمینه تغییرات مصرف انرژی و یا انتشار در کل اقتصاد هستند. بررسی بخشی با استفاده از این روش مرسوم نیست. البته با این روش اطلاعات و یافته‌های بیشتری به دست می‌آید زیرا امکان محاسبه اثرات غیر مستقیم نیز وجود دارد. روش تجزیه شاخص IDA درک بهتری از میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در بخش‌های مصرف کننده انرژی به ویژه بخش صنعت و حمل و نقل ارایه می‌کند.

همان‌طور که در نمودار (۱) اشاره شده است، این روش دارای دو زیرشاخه وابسته به شاخص لاسپیرز^۳ و شاخص دیویژیا^۴ است که استفاده از آن‌ها به تعداد عوامل مورد بررسی و هم چنین به شکل و نوع داده‌ها وابسته است. به عنوان مثال اگر عدد صفر در بین داده‌ها نباشد، استفاده از زیرشاخه دیویژیا ارجحیت دارد. این روش نسبت به روش SDA ساده تر است و به داده‌های کمتری نیاز دارد. داده‌های مورد استفاده در این روش خروجی بخش‌های اقتصادی است، از این رو می‌توان اثرات مستقیم و غیر مستقیم تقاضای نهایی را، زمانی که افزایش تقاضا در یک بخش سبب افزایش تقاضا در بخش دیگر می‌شود، را ارزیابی کرد. (8) به همین سبب در فرمولاسیون و کاربرد انعطاف پذیری بیشتری دارد. دامنه کاربرد آن می‌تواند محدود

- 1- Index Decomposition Analysis
- 2- Structural Decomposition Analysis
- 3- Laspeyers IDA
- 4- Divisia IDA



نمودار ۱ - روش‌های پیشنهادی برای تحلیل تجزیه انرژی منبع: آنگ (۲۰۰۴) (۸)

Diagram1. Decomposition methods proposed for energy

سان^۲ (۱۹۹۸) تحلیل تجزیه‌ای کامل را پیشنهاد کرد که جمله خطا بین اثرات مطرح شده توزیع می‌شود. در این مطالعه از مسیری که سان پیشنهاد داده، استفاده شده است (۱۱).

(۳)

$$\Delta EM = GDP \times \frac{\Delta EM}{GDP} \times \frac{1}{2} \times \frac{EM}{GDP} \times \Delta GDP + \frac{EM}{GDP} \Delta GDP + \frac{1}{2} \times \frac{\Delta EM}{GDP} \times \Delta GDP$$

در معادله (۳) به ترتیب جزء اول و دوم نشان دهنده اثر مقیاس و شدت انتشار است. همان اصلی که در معادله‌های (۱) و (۳) مورد استفاده قرار گرفته می‌تواند برای تجزیه سطح انتشار CO₂ به اثرات بیشتر مورد استفاده قرار گیرد.

گروسمن و گروگر (۱۹۹۱) اولین کسانی بودند که تغییرات انتشار CO₂ را به اثرات مقیاس، مصرف و فنی تجزیه کردند. انتشار CO₂ می‌تواند به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی تجزیه شود که به عنوان شاخص کایا^۱ معروف است.

$$EM = \frac{EM}{GDP} \times GDP \quad (۱)$$

تغییرات انتشار CO₂ می‌تواند به صورت تغییرات انتشار CO₂ به ازای هر واحد تغییر GDP سنجیده شود و فرمول زیر به این موضوع اشاره دارد و Δ نشان دهنده تغییرات است.

$$\Delta EM = GDP \times \frac{\Delta EM}{GDP} \times \frac{EM}{GDP} \times \Delta GDP \quad (۲)$$

در معادله (۲) انتشار CO₂ به دو اثر مقیاس (تغییرات در تولید ناخالص داخلی) و اثر شدت انتشار (تغییرات در انتشار به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی) تقسیم می‌شود و به دلیل وجود جمله پسماند این تجزیه کامل نیست. برای رفع جمله پسماند،

1- Developed by Yoichi Kaya, an engineer at Tokyo University, and a team of carbon experts, the Kaya Identity is an equation for computing the total carbon dioxide (CO₂) emissions caused by humans or a specific country. The formula determines the total CO₂ emissions by calculating the product of population, GDP per capita, energy use per unit of GDP, and carbon emissions per unit of energy consumed:

$$\text{Carbon Dioxide Emissions} = \text{population} * \text{per capita GDP} * \text{energy intensity} * \text{carbon intensity}$$

The Kaya identity sets the foundation for the development of future emissions scenarios in the Intergovernmental Panel on Climate Change's Special Report on Emissions Scenarios.

رابطه (۴) نشان می دهد میزان انتشار سرانه CO₂ برابر است با تولید ناخالص داخلی سرانه و جمع ارزش افزوده به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی G_i، میزان مصرف انرژی برای تولید هر واحد ارزش افزوده I_i و میزان انتشار CO₂ به ازای مصرف هر واحد انرژی E_i است. می توان در این معادله تغییرات را لحاظ کرد و این گونه بازنویسی کرد.

$$(4) \quad \frac{Co_2\ emission}{population} = \frac{GDP}{population} \times \sum \frac{added\ value}{GDP} \\ \times \frac{Energy\ use}{added\ value} \times \frac{Co_2\ emission}{Energy\ use} \\ = P \sum_i G_i \times l_i \times E_i$$

$$\frac{GDP}{Population} = \text{اثر مقیاس}$$

$$\sum \frac{added\ value}{GDP} = \text{اثر ساختاری}$$

$$\frac{Energy\ use}{added\ value} = \text{اثر شدت انرژی}$$

$$\frac{co_2\ emission}{Energy\ use} = \text{اثر شدت انتشار}$$

(۵)

$$\begin{aligned} \text{اثر مقیاس} &= \Delta P \sum_i \left\{ G_i \cdot I_i \cdot E_i + \frac{1}{3} (\Delta G_i \cdot I_i \cdot E_i + G_i \cdot \Delta I_i \cdot E_i + G_i \cdot I_i \cdot \Delta E_i) \right\} \\ &+ \Delta P \sum_i \left\{ \frac{1}{3} (\Delta G_i \cdot \Delta I_i \cdot E_i + \Delta G_i \cdot I_i \cdot \Delta E_i + G_i \cdot \Delta I_i \cdot \Delta E_i) + \frac{1}{4} \cdot \Delta G_i \cdot \Delta I_i \cdot \Delta E_i \right\} \\ \text{اثر ساختاری} &= \sum_i \Delta G_i \left\{ P \cdot I_i \cdot E_i + \frac{1}{3} (\Delta P \cdot I_i \cdot E_i + P \cdot \Delta I_i \cdot E_i + P \cdot I_i \cdot \Delta E_i) \right\} \\ &+ \sum_i \Delta G_i \left\{ \frac{1}{3} (\Delta P \cdot \Delta I_i \cdot E_i + \Delta P \cdot I_i \cdot \Delta E_i + P \cdot \Delta I_i \cdot \Delta E_i) + \frac{1}{4} \cdot \Delta P \cdot \Delta I_i \cdot \Delta E_i \right\} \\ \text{اثر شدت انرژی} &= \sum_i \Delta I_i \left\{ P \cdot G_i \cdot E_i + \frac{1}{3} (\Delta P \cdot G_i \cdot E_i + P \cdot \Delta G_i \cdot E_i + P \cdot G_i \cdot \Delta E_i) \right\} \\ &+ \sum_i \Delta I_i \left\{ \frac{1}{3} (\Delta P \cdot \Delta G_i \cdot E_i + \Delta P \cdot G_i \cdot \Delta E_i + P \cdot \Delta G_i \cdot \Delta E_i) + \frac{1}{4} \cdot \Delta P \cdot \Delta G_i \cdot \Delta E_i \right\} \\ \text{اثر شدت انتشار} &= \sum_i \Delta E_i \left\{ P \cdot G_i \cdot I_i + \frac{1}{3} (\Delta P \cdot G_i \cdot I_i + P \cdot \Delta G_i \cdot I_i + P \cdot G_i \cdot \Delta I_i) \right\} \end{aligned}$$

امر است. برای محاسبه سایر اثرات نیز از روش مشابه آن چه در بالا ذکر شد استفاده می گردد (۱۱).

تعاریف و مفاهیم مورد استفاده در روش تجزیه، به شرح ذیل است (۱۱).

• اثر شدت انرژی ($\frac{Energy\ use}{added\ value}$): شدت انرژی

میزان مصرف انرژی را به ازای هر واحد فعالیت

معادله (۵) نشان می دهد که برای مثال در زمان محاسبه اثر مقیاس، لازم است به تفاوت وزن p (Δp) در برابر سایر عوامل شاخص برابری کایا توجه شود. هر چند که در مرحله اول جمله خطا باقی می ماند ولی در مراحل بعد طبق اصل "مشترکاً ایجاد می شود و مساوی تقسیم می شود" جمله خطای فوق الذکر از بین می رود که وجود کسرهای ۱/۲، ۱/۳ و ۱/۴ گویای همین

بوده است که سهم صنایع تولید کننده CO₂ در کشور افزایش یافته است (۱۴).

اثر شدت انرژی، تغییرات مصرف انرژی ناشی از تغییر در شدت انرژی را اندازه گیری می کند. مقدار منفی این اثر بیانگر صرفه جویی در مصرف انرژی است، در حالی که مقدار مثبت آن گرایش به مصرف یا تشدید مصرف را نشان می دهد (۱۵).

یافته‌های حاصل از محاسبات در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران

- تجزیه انتشار CO₂ از بخش خانگی و تجاری

انتشار CO₂ بخش خانگی و تجاری در طی دوره مورد بررسی روند روبه رشدی داشته و در سال ۱۳۹۱ معادل ۱۱۱/۶۸ میلیون تن بوده است که این رقم برابر با سهم ۲۲/۴ درصدی از کل انتشار کشور می باشد. (۱۶) تفکیک عوامل موثر بر روند انتشار نشان می دهد تغییرات ساختاری در تمام دوره از مهم ترین عوامل تاثیر گذار بر روند انتشار بوده است. در سال ۱۳۸۹ با اجرای سیاست افزایش قیمت حامل های انرژی به ازای ۱۰ درصد نسبت به سال قبل میزان مصرف انرژی این بخش که تا آن سال به دلیل افزایش تعداد شهرهای مصرف کننده و تعداد انشعاب های نصب شده گاز و افزایش برقرسانی به روستاها، روندی صعودی داشت، به یکباره ۷/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافت و به همین تناسب میزان انتشار CO₂ ناشی از مصرف انرژی در این بخش با ۴/۹۶ میلیون تن کاهش به ۱۱۷/۹۶ میلیون تن در سال رسید (۱۷، ۱۶). این امر بیانگر آن است که این بخش حداقل در کوتاه مدت نسبت به بخش صنعتی انعطاف پذیری بیشتری نسبت به تغییر قیمت حامل های انرژی دارد. تغییرات مذکور را می توان در نتایج مربوط به تغییرات اثر شدت انرژی و شدت انتشار و اثر مقیاس در نمودار ۲ به وضوح ملاحظه کرد. اثر شدت انرژی و شدت انتشار منفی در این دوره بیانگر گرایش بیشتر به سمت سوخت های پاک، افزایش کارایی انرژی و افزایش کیفیت سوخت در این بخش می باشد.

(تولید یا ارزش افزوده) نشان می دهد و شاخص وابستگی تولید به نهاده های انرژی است (۱۲).

• **اثر شدت انتشار** $(\frac{CO_2 \text{ emission}}{Energy \text{ use}})$: شاخصی

است که میزان انتشار CO₂ به ازای مصرف هر واحد انرژی در تولید را مشخص می کند. (۱۲)

• **اثر ساختار** $(\frac{added \text{ value}}{GDP})$: ارزش افزوده هر

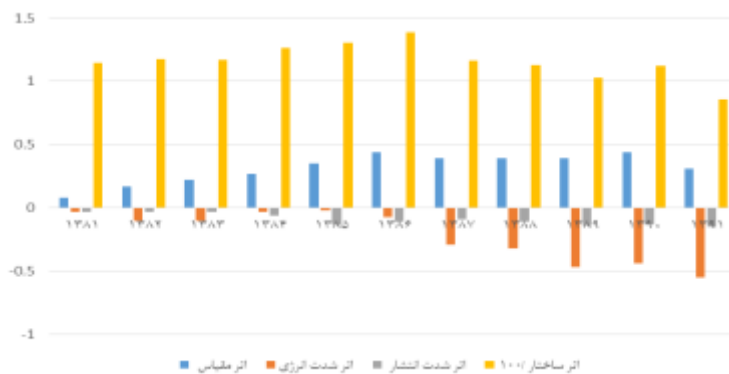
بخش را در رابطه با تولید ناخالص داخلی و به بیان دیگر سهم آن بخش را در ارزش افزوده کل کشور نشان می دهد (۱۲).

• **اثر مقیاس** $(\frac{GDP}{Population})$: این اثر با تولید

ناخالص داخلی به نسبت جمعیت بیان می شود (۱۲).

در توضیح اثر مقیاس می توان بیان کرد اندازه جمعیت و رشد آن یکی از عوامل اصلی اثر گذار بر روند انتشار CO₂ است، زیرا جمعیت بیشتر برای تأمین انرژی مورد نیاز خود سوخت فسیلی بیشتری را مصرف می کند و در نتیجه گازهای گلخانه ای بیشتری منتشر می شود. از طرفی دیگر افزایش جمعیت سبب تغییر کاربری زمین و نابودی جنگل ها می شود که این امر هم سبب تشدید وضعیت انتشار می گردد. تغییرات فناوری نیز عاملی تاثیرگذار بر اثر شدت انرژی است، می تواند از دو راه کاهش انرژی مصرفی (شدت انرژی) و جایگزینی سوخت های کم آلاینده تر، سبب کاهش اثرات زیست محیطی شود. اثر شدت انتشار در ارزیابی کیفیت سوخت، جانشینی سوخت و نصب فناوری های کاهش آلودگی کاربرد دارد. منفی بودن این اثر نشان می دهد که ترکیب سوخت در کشور به سمت استفاده از سوخت هایی با آلاینده گی کمتر رفته است یا بالعکس (۱۳).

اثر ساختار اقتصادی موقعیت نسبی و نسبت مشارکت آن بخش در اقتصاد را بیان می کند. اگر در کل کشور اثر ساختاری مثبت باشد نشان دهنده این است که تغییرات ساختاری به گونه ای



نمودار ۲- تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش خانگی و تجاری منبع: محاسبات تحقیق

Diagram2. Analysis of factors affecting greenhouse gas emission in residential and commercial sector

فسیلی، افزایش انتشار CO_2 امری اجتناب ناپذیر است. اثر شدت انرژی این بخش تا سال ۱۳۸۵ منفی است. سیاست‌گذاری در این مورد به نحوی است که با افزایش کارایی انرژی برای هر واحد تولید ناخالص داخلی انرژی کمتری مصرف شود و بعد از این سال رشد بیشتر ارزش افزوده سبب مثبت شدن این اثر شود. برای نمونه در سال ۱۳۸۹ با اعمال سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی و کاهش میزان مصرف انرژی شدت این اثر کاهش یافت. بررسی اثر شدت انتشار طی دوره مورد بررسی نشان می‌دهد بعد از سال ۱۳۸۳ و افزایش اهمیت مباحث محیط زیستی سهم سوخت‌ها با آلاینده‌گی کمتر از جمله گاز طبیعی در این بخش افزایش یافته است و همین امر سبب منفی شدن اثر شدت انتشار شده است.

تجزیه انتشار CO_2 از بخش صنعت

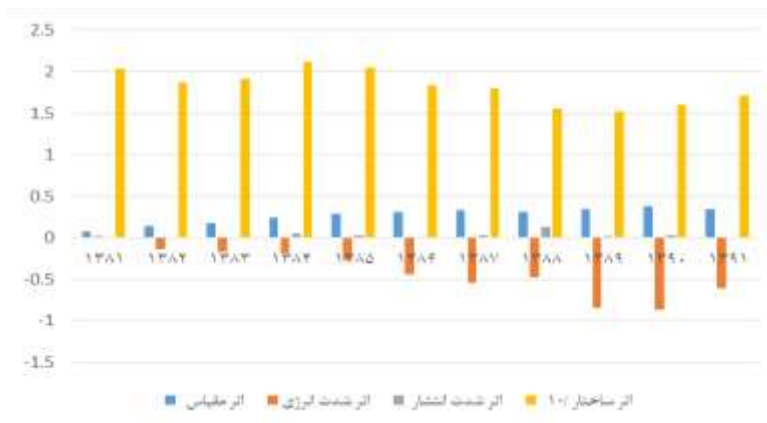
میزان انتشار CO_2 در بخش صنعت طی دوره مورد بررسی روند صعودی داشته و در سال انتهایی دوره (۱۳۹۱) با رشدی معادل ۵۹ درصد نسبت به سال پایه ۱۳۸۰ به ۹۲/۸۱ میلیون تن در سال رسیده که این رقم معادل سهم ۱۸/۷ درصدی این بخش در کل انتشار است (۱۶.۱۷) با توجه به آمار موجود در نمودار (۳) می‌توان نتیجه گرفت که در این بخش نیز تغییرات ساختاری از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر روند انتشار بوده است. در تمام دوره اثر مقیاس مثبت است که این امر نشان دهنده آن است که هم‌زمان با رشد اقتصادی و بهبود وضعیت اقتصاد، میزان انتشار CO_2 این بخش افزایش می‌یابد. به بیان دیگر با شیوه کنونی صنعتی شدن بیشتر کشور و افزایش تعداد کارخانه‌ها به علت مصرف بیشتر سوخت‌های



نمودار ۳- تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت منبع: محاسبات تحقیق

Diagram 3. Analysis of factors affecting greenhouse gas emission in the industrial sector

شدت اثر آن رو به افزایش بوده است. اثر شدت انرژی منفی بیانگر بهره‌گیری از سیاست‌های افزایش کارایی انرژی در این بخش است. منفی بودن اثر شدت انرژی می‌تواند از این ناشی شده باشد که از سال ۱۳۸۱ گاز طبیعی به عنوان سوخت مصرفی در حمل و نقل جاده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است و روند صعودی این شاخص از سال ۱۳۸۶ می‌تواند ناشی از اعمال سهمیه‌بندی برای بنزین، تصویب آیین‌نامه از رده خارج کردن خودروهای فرسوده و افزایش روند گاز سوز کردن خودروها باشد. همچنین اهتمام برای افزایش وسایل حمل و نقل عمومی در راستای اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها نیز می‌تواند در شدت انرژی و شدت انتشار تاثیر داشته باشد.



نمودار ۴- تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در بخش حمل و نقل منبع: محاسبات تحقیق

Diagram 4. Analysis of factors affecting greenhouse gas emission in the transportation sector

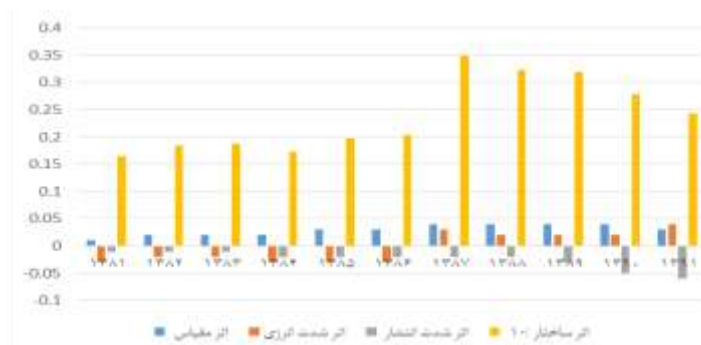
مثبت شدن اثر شدت انرژی شد. مثبت بودن اثر ساختاری نشان دهنده این امر است که ساختار به گونه‌ای تغییر پیدا کرده که سبب افزایش میزان انتشار CO_2 شده است و البته از سال ۱۳۸۹ با افزایش اثر میران شدت انتشار از سهم آن کاسته شده است. در تمام سال‌های مورد بررسی اثر مقیاس مثبت بوده است که بیانگر آن است که با رشد اقتصادی میزان انتشار CO_2 این بخش روند رو به رشدی به خود می‌گیرد و مثبت بودن و روند افزایشی اثر شدت انتشار نشان از افت کیفیت سوخت و افزایش سهم این بخش در انتشار کل کشور دارد.

تجزیه انتشار CO_2 از بخش حمل و نقل

بخش حمل و نقل با میزان انتشار ۱۱/۰۷ میلیون تن در سال و سهم ۲۲/۳ درصد در جایگاه دوم انتشار CO_2 در کشور قرار دارد (۱۶) و از این‌رو بررسی عوامل مؤثر بر انتشار این بخش نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ارقام ارائه شده در نمودار (۴) بیانگر تاثیر گذاری زیاد تغییرات ساختاری در دوره زمانی مورد بررسی است و مثبت بودن این اثر نشان دهنده افزایش سهم بخش حمل و نقل در تولید ناخالص داخلی است که سهم این افزایش تا سال ۱۳۸۵ در حال افزایش بوده و از این سال به بعد روند کاهشی را در پیش گرفته است. در تمام سال‌های مورد بررسی اثر مقیاس اثر مستقیمی بر میزان انتشار داشته است و

تجزیه انتشار CO_2 از بخش کشاورزی

با توجه به آمار موجود در نمودار (۵) که نشان دهنده تجزیه روند انتشار در بخش کشاورزی با سهم ۲/۳ درصدی در انتشار CO_2 کشور در سال ۱۳۹۱ است. با وجود نوساناتی که به دلیل تغییرات ناشی از سهم ارزش افزوده این بخش در تولید ناخالص داخلی در دوره زمانی مورد بررسی رخ داده است، اثر ساختاری از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر روند انتشار در این بخش بوده است. اثر شدت انرژی منفی تا سال ۱۳۸۶ نشان دهنده افزایش کارایی انرژی و روند افزایشی آن در برخی سال‌ها نشان دهنده اهتمام بیشتر مسوولین در افزایش کارایی انرژی در این بخش می‌باشد. در سال ۱۳۸۷ به دلیل بروز خشک‌سالی بزرگ ارزش افزوده این بخش افت شدیدی پیدا کرد و همین امر سبب



نمودار ۵- تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی منبع: محاسبات تحقیق

Diagram5. Analysis of factors affecting greenhouse gas emission in the agriculture sector

اقتصادی تأثیر معناداری بر کاهش انتشار این گاز خواهد داشت. مثبت بودن اثر مقیاس در همه بخش‌ها بیان‌گر آن است که با رشد اقتصادی، میزان انتشار CO_2 این بخش‌ها روند رو به رشدی به خود می‌گیرد. اثر شدت انرژی روند نامنظمی طی دوره مطالعه داشته است، به طوری که در بخش کشاورزی منفی بودن آن را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که به دلیل افزایش کارایی انرژی ناشی از بهره‌گیری از برق به جای سایر سوخت‌ها (افزایش سهم مصرف برق از ۲۷ درصد به ۳۷ درصد) و بهبود مکانیزاسیون در این بخش میزان مصرف انرژی کاهش یافته و به همین سبب از میزان آلاینده‌گی این بخش کاسته شده است، از طرفی حجم انتشار CO_2 از میزان ۱۲/۵۳ در سال ۱۳۸۸ به ۱۱/۵۵ میلیون تن در سال ۱۳۹۱ رسیده است. (۱۶) در بخش حمل و نقل منفی بودن اثر شدت انرژی به سبب افزایش سهم گاز طبیعی به عنوان سوخت مصرفی در حمل و نقل جاده‌ای از سال ۱۳۸۱ می‌باشد و روند صعودی این شاخص از سال ۱۳۸۶ می‌تواند ناشی از اعمال سهمیه‌بندی برای بنزین، تصویب آیین‌نامه از رده خارج کردن خودروهای فرسوده، افزایش روند گاز سوز کردن خودروها باشد. تا سال ۱۳۸۵ اثر شدت انرژی منفی در بخش صنعت نشان می‌دهد سیاست گذاری در این بخش به نحوی بوده است که کارایی انرژی افزایش یابد، برای هر واحد تولید ناخالص داخلی انرژی کمتری مصرف شود و بعد از این سال رشد بیشتر ارزش افزوده این بخش سبب مثبت شدن این اثر می‌شود. برای نمونه در سال ۱۳۸۹ با اعمال سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی و کاهش میزان مصرف

با گسترش بهره‌گیری از برق به دلیل کاهش تعرفه‌ها و جایگزینی آن با سایر سوخت‌های مصرفی، پذیرفتن شیوه‌های جدید مکانیزاسیون و بهبود کیفیت سوخت مصرفی، می‌توان از میزان مصرف انرژی و انتشار در این بخش کاست.

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله به منظور شناخت عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 و تجزیه تغییرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تجزیه شاخص انتشار در بخش‌های اقتصادی، از روش تحلیل تجزیه‌ای کامل استفاده شده است. هم‌چنین با استفاده از عوامل مؤثری که انتشار CO_2 در سطح کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد، شامل تغییرات در شدت انرژی (میزان مصرف انرژی برای تولید هر واحد ارزش افزوده)، تغییرات در میزان شدت انتشار دی اکسیدکربن (میزان انتشار CO_2 به ازای مصرف هر واحد انرژی) تغییرات در ساختار (تغییر در تولید ناخالص داخلی (ارزش افزوده) هر بخش) و تغییرات در مقیاس (تغییر در تولید ناخالص داخلی به نسبت جمعیت) شاخص انتشار بخش‌های مختلف اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اطلاعات موجود مناسب‌ترین روش انتخاب شده است تا بهترین جواب‌های ممکن را به دست آورد و بتوان به تجزیه و تحلیل شرایط موجود پرداخت.

در دوره مورد بررسی (۹۱-۱۳۸۰) در تمام بخش‌ها (خانگی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی) اثر ساختاری توضیح دهنده قسمت زیادی از تغییرات میزان انتشار CO_2 می‌باشد (نمودارهای (۲) تا (۵)) که این امر نشان می‌دهد تغییر ساختار

Logarithmic Mean Divisia Index techniques, Energy 33 492-499

3. Md shahiduzzaman, khorshed Alam. 2012, Changes in energy efficiency in Australia: A decomposition of aggregate energy intensity using Logarithmic Mean Divisia approach, MPRA Paper No. 36250, posted 28. January
4. Robaina-Alves. M, Moutinho, V., 2013 Carbon dioxide emissions intensity of Portuguese industry and energy sectors: A convergence analysis and econometric approach, Renewable and Sustainable Energy Reviews; 40:438-449.

۵. لطفعلی پور و آشنا " بررسی عوامل موثر بر انتشار

دی اکسید کربن در اقتصاد ایران " فصلنامه مطالعات

انرژی . سال هفتم (۲۴). بهار ۱۳۸۹. صفحات

۱۱۲۱-۱۴۵

۶. پورعبدالالهان کویچ، م و همکاران. " تجزیه عوامل

موثر بر تغییرات انتشار آلودگی دی اکسید کربن در

زیربخش های صنعتی ایران"، فصلنامه علمی

پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال

سوم، شماره ۹، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۱۳۱-۱۱۵

7. D. Diakoulaki., 2000 "Decomposition analysis of CO2 emission from the Greek manufacturing sector" Global Nest: the Int. J. Vol 2, No 1, pp 119-127 ,
8. Bin Su, B.W. Ang .,2012 "Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments" Energy Economics 34 , 177-188
9. B .W. Ang., 2005 "The LMDI approach to decomposition analysis: a partial guide" energy policy.33-867.

انرژی شدت این اثر کاهش می یابد. با اجرای سیاست افزایش قیمت حامل های انرژی میزان مصرف انرژی بخش خانگی تا آن سال به دلیل افزایش تعداد شهرهای مصرف کننده و تعداد انشعاب های نصب شده گاز و افزایش برق رسانی به روستاها، روندی صعودی داشت و به همین تناسب میزان انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی افزایش یافته. مثبت بودن و روند افزایشی اثر شدت انتشار در بخش کشاورزی نشانه از افت کیفیت سوخت و افزایش سهم این بخش در میزان CO₂ منتشره شده در کل کشور می باشد. هم چنین اهتمام برای افزایش وسائل حمل و نقل عمومی در راستای اجرای قانون هدف مند کردن یارانه ها نیز سبب منفی شدن اثر شدت انتشار در بخش حمل و نقل شده است. در بخش خانگی نیز افزایش سهم سوخت های پاک تر^۲ و افزایش کارایی انرژی سبب منفی شدن اثر شدت انتشار شده است.

منابع

1. Kuntsi-Reunanen, E.,2007 A comparison of Latin American energy-related CO2 emissions from 1970 to 2001, Energy Policy 35 586-596
2. Hatzi Georgiou, E and et al.,2008 CO2 emissions in Greece for 1990-2002: A decomposition analysis and comparison of results using the Arithmetic Mean Divisia Index and

۱- سهم بخش حمل و نقل در انتشار دی اکسید کربن و مونواکسید کربن در طی سال های مورد بررسی کاهش یافته و به طور مثال در انتشار دی اکسید کربن سهم این بخش از ۲۲/۵ درصد در سال ۱۳۸۰ به ۲۱/۷ درصد در سال ۱۳۹۰ رسیده است.

۲- به علت گسترش و توسعه گازرسانی در اقصی نقاط کشور و نیز اعمال کنترل عرضه و اجرای قانون هدف مندی، رشد متوسط نفت سفید و نفت گاز طی سال های ۹۰-۱۳۸۰ روند کاهشی داشته اند، در حالی که مصرف گاز به عنوان سوختی پاک تر به علت گسترش طیف مصرف به روستاها و عشایر افزایش داشته و سهم گاز طبیعی در سبد انرژی بخش خانگی از ۱۱/۴۷ درصد در سال ۱۳۸۰ به ۱۲/۳۰ درصد در سال ۱۳۹۰ رسیده است.

(ترازنامه هیدروکربوری)

۱۰. فطرس و براتی (۱۳۸۹)، "تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر انتشاردی اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران ۷۸ - ۸۶"، فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی، دوره ۱، شماره ۱: ۱۳۵-۱۵۴
11. Wietze Lise., 2005 . Decompositon of CO2 Emission over 1980-2003 in Turkey .FondazioneEni Enrico Mattei
۱۲. باصری و همکاران "بررسی سیاست های بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزا سازی انرژی (مطالعه موردی شرکت پگاه فارس، تهران و اصفهان" فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی سال هفتم (۲۵) تابستان ۱۳۸۹. صفحات ۱۱۳-۱۴۱
۱۳. خودی ، م و همکاران(۱۳۹۰)، "بررسی انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف برق در بخش های اقتصادی ایران با استفاده از تکنیک تجزیه بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق
۱۴. فطرس و براتی(۱۳۹۰)، "تجزیه انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش های اقتصادی ایران؛ یک تحلیل تجزیه ای شاخص" فصلنامه مطالعات انرژی، سال هشتم (۲۸). ۴۹-
۱۵. خلیلی عراقی، م و همکاران، تحلیل تجزیه انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در ایران ، محیط شناسی، سال سی و هشتم، شماره ۶۱، بهرا ۹۱، صفحه ۹۳-۱۰۴
۱۶. ترازنامه هیدروکربوری، انتشارات موسسه مطالعات بین المللی انرژی وزرات نفت، ۱۳۹۱-۱۳۸۴
۱۷. ترازنامه انرژی، انتشارات وزارت نیرو، ۱۳۹۱-۱۳۸۰