



## Pollutants Emissions from Energy Consumption: Emissions Intensity Decomposition and the Determinants (A case study of Iran)

**Fazlollah Ghaffarian** 

M.Sc. Student of Agricultural Economics,  
Department of Agricultural Economics, Faculty  
of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

**Zakariya Farajzadeh\*** 

Associate Professor of Agricultural Economics,  
Department of Agricultural Economics, Faculty  
of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

### Abstract

Pollutants emissions intensity in Iran which is mainly originated from energy consumption is higher than those of the global one. In this context, the current study aims at investigating emissions intensity determinants in the Iranian economy. To get the objective, decomposition analysis (index decomposition technique) was applied to decompose the energy intensity to its components. Then, the determinants of emissions intensity were examined using the regression model. The selected pollutants are NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>. The data were related to 1367-96 (1988-2017). The results for all pollutants revealed that emission coefficient (emission per unit of energy) and energy intensity in services and manufacturing sectors have the highest contribution to emissions intensity. The findings suggested that the manufacturing sector plays a central role in SO<sub>2</sub> emissions and a 1% increase in emission coefficient and energy intensity in the sector will increase emissions intensity by 0.6 and 0.5%, respectively. The services sector has a more important role in the emissions of the remaining pollutants and the corresponding values are 0.8% and 0.45-0.9%, respectively. Furthermore, urbanization could increase emissions intensity significantly. However, economy openness failed to affect emissions intensity significantly.

**Keywords:** Emission intensity, Pollution, Decomposition analysis, Iran.


**JEL Classification:** Q53, Q40, C22.

\* Corresponding Author: [zakariafarajzadeh@gmail.com](mailto:zakariafarajzadeh@gmail.com)


How to Cite: Ghaffarian, F., Farajzadeh, Z. (2020). Pollutants emissions from energy consumption: Emissions intensity decomposition & the determinants (A case study of Iran). *Iranian Energy Economics*, 35 (10), 97 -129.

## انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده (مطالعه موردی: ایران)

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

فضل‌الله غفاریان 

دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

زکریا فرج‌زاده \*

### چکیده

شدت انتشار آلاینده‌ها در ایران که بیشتر ناشی از مصرف انرژی است، فراتر از متوسط جهانی قرار دارد. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف شناخت عوامل تعیین کننده شدت انتشار در اقتصاد ایران صورت گرفت. برای این منظور، ابتدا با استفاده از روش تحلیل تجزیه (تکنیک تجزیه شاخص)، شدت انتشار به اجزای آن تفکیک شد. سپس با استفاده از یک مدل رگرسیونی، نقش عوامل تعیین کننده در شدت انتشار ارزیابی شد. آلاینده‌های منتخب شامل اکسیدنیترژن، دی‌اکسیدسولفور، مونواکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن و دوره مطالعه شامل سال‌های ۹۶-۱۳۶۷ است. یافته‌ها نشان داد برای تمام آلاینده‌ها، ضریب انتشار (انتشار به ازای هر واحد انرژی) و شدت انرژی بخش‌های خدمات و صنعت به‌عنوان مهم‌ترین عامل افزایش شدت انتشار است. براساس نتایج، بخش صنعت در افزایش شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور نقش مهم‌تری دارد و یک درصد افزایش در ضریب انتشار و شدت انرژی در این بخش به ترتیب بیش از ۰/۶ و ۰/۵ درصد موجب افزایش شدت انتشار خواهد شد. بخش خدمات که در انتشار سه آلاینده باقیمانده نقش محوری دارد در ازای یک درصد افزایش ضریب انتشار، فراتر از ۰/۸ درصد، شدت انتشار را افزایش خواهد داد و برای متغیر شدت انرژی نیز نقش بخش خدمات در دامنه ۰/۹-۰/۴۵ درصد قرار دارد. همچنین اثر متغیر شهرنشینی بر شدت انتشار، فزاینده بود و اثر متغیر درجه بازبودن اقتصاد، چندان حائز اهمیت نبود.

کلیدواژه‌ها: شدت انتشار، آلودگی، تحلیل تجزیه، ایران.

طبقه‌بندی JEL: Q53, Q40, C22.

## ۱. مقدمه

رشد اقتصادی با افزایش مصرف انرژی همراه است و تا زمانی که انرژی مورد نیاز جوامع بشری از سوخت‌های فسیلی تامین شود، غلظت گازهای گلخانه‌ای و انتشار آلودگی تشدید خواهد شد (Taylor et al., 2014). در دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۸، متوسط رشد سالانه انتشار دی‌اکسید کربن در دنیا حدود ۲/۲ درصد و متوسط رشد درآمد حدود ۳/۵ درصد بوده است (World Bank, 2018a). این ارقام نشان می‌دهد شدت انتشار آلودگی - میزان آلاینده منتشر شده به ازای هر واحد درآمد - رو به کاهش بوده است.

به‌طور کلی می‌توان سه منشا انتشار آلودگی شامل مصرف انرژی در فرآیند تولید، انتشار آلودگی از فرآیند تولید و انتشار آلودگی از مصرف نهایی توسط خانوارها را برای انتشار آلاینده‌ها ذکر کرد<sup>۱</sup> (Farajzadeh, 2018). البته در سطح جهانی ۶۵ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فرآیند تولید یا مصرف انرژی است (Marrero, 2010). بیش از ۸۰ درصد انتشار دی‌اکسید کربن به عنوان مهم‌ترین آلاینده، توسط مصارف سوخت (انرژی) ایجاد می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۹۱). با وجود تلاش‌های جهانی برای کاهش شدت انرژی، اما در ایران در دهه‌های اخیر شدت انرژی همواره رو به افزایش بوده است. ایران در سال ۲۰۱۸ با انتشار بیش از ۶۲۹ میلیون تن گاز دی‌اکسید کربن در جایگاه هفتم جهان قرار داشته است در حالی که براساس تولید ناخالص مبتنی بر دلار برابری قدرت خرید در جایگاه بیست و دوم جهان قرار گرفته است (World Bank, 2018a).

بر اساس شدت انتشار، جایگاه ایران در سطح جهان چندان مطلوب نیست. به ازای هر واحد درآمد برحسب دلار برابری قدرت خرید در سال ۲۰۱۸ میزان انتشار دی‌اکسید کربن ایران حدود ۰/۵۶ کیلوگرم بوده، اما متوسط جهانی تنها ۰/۲۶ کیلوگرم به‌دست آمده است. ارقام متناظر برای سرانه انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران و جهان به ترتیب حدود ۷/۷ و ۴/۵ تن است (World Bank, 2018b). همچنین مقایسه الگوی مصرف جهانی انرژی نیز حاکی از آن است که ایران از انرژی با بهره‌وری پایین استفاده می‌کند. متوسط میزان انرژی

---

۱. آلودگی ناشی از تولید، آن بخش از آلودگی است که در فرآیند تولید ایجاد می‌شود و ناشی از مصرف سوخت نیست. آلودگی‌های ناشی از مصرف نهایی نیز در اثر مصرف نهایی کالا و خدمات توسط خانوارها و نهادها ایجاد می‌شود. انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف نهایی، انتشار از تمامی منابع مصرف به جز انرژی را دربر می‌گیرد (فرج‌زاده، ۱۳۹۱).

مصرفی به ازای ۱۰۰۰ دلار تولید در ایران ۲۳۴/۷۲ کیلوگرم معادل نفت خام است در حالی که این رقم برای بسیاری از کشورها کمتر از ۱۰۰ و در سطح جهان به طور متوسط حدود ۱۲۱ است (World Bank, 2016). البته این به معنی نادیده گرفتن نقش انرژی در تولید نیست، چراکه نقش مثبت انرژی در مطالعات مختلف تایید شده است.

هرچند شدت انتشار آلودگی آلاینده‌ها با منشا انرژی به طور مستقیم به سطح استفاده از حامل‌های انرژی نسبت داده می‌شود، اما همان‌طور که در مطالعه چن و دیگران<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) بیان شده است؛ سطح مصرف انرژی خود شامل اجزایی مانند شدت استفاده از انرژی، ترکیب حامل‌های انرژی، ترکیب تولید بخش‌های اقتصاد، سطح تولید اقتصاد و همچنین جمعیت است. این عوامل در تغییرات شدت انتشار نقش مهمی دارند. عوامل ساختاری مهم دیگری مانند میزان صنعتی بودن اقتصاد، شهرنشینی، الگوی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و میزان بهره‌وری استفاده از انرژی و همچنین قیمت نیز بر شدت انتشار آلاینده‌ها تاثیرگذار است (Rodriguez and Pena-Boquete, 2017). در باب ضرورت بررسی اثر این متغیرها می‌توان گفت برخی از آن‌ها مانند قیمت حامل‌های انرژی یا تغییرات جمعیتی می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد<sup>۲</sup>. البته در خصوص نقش قیمت، لازم به اشاره است که تغییرات قیمت روی میزان استفاده از انرژی اثرگذار خواهد بود و سطح استفاده از انرژی روی شدت انرژی اثرگذار خواهد بود. سطح بالای یارانه پرداختی در ایران میزان استفاده از انرژی را به عامل مهمی در شدت انتشار تبدیل کرده است (فرج‌زاده، ۱۳۹۱).

در این مطالعه ابتدا تغییرات شدت انتشار آلاینده‌های منتخب به اجزای آنکه در بخش مبانی نظری و روش‌شناسی تحقیق معرفی شده، تجزیه شده است. افزون بر این عوامل، متغیرهای تعیین‌کننده دیگری نیز با مرور ادبیات موجود شناسایی شد.

---

1. Chen, et al.

۲. قیمت حامل‌های انرژی با توجه به سطح بالای پرداخت یارانه در ایران از اهمیت زیادی برخوردار است. ایران جزو کشورهای با بالاترین نرخ پرداخت یارانه به انرژی است به گونه‌ای که سهم یارانه از قیمت برای اغلب فرآورده‌های نفتی بالاتر از ۷۷ درصد است. کاهش مصرف انرژی در اثر کاهش یارانه آن می‌تواند منجر به کاهش قابل ملاحظه انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران شود (Farajzadeh & Bakhshoodeh, 2015).

## ۲. مبانی نظری

برای تحلیل شدت انتشار ناشی از مصرف انرژی لازم است میزان انتشار هر یک از آلاینده های منتخب به تفکیک بخش های اقتصاد و همچنین میزان تولید بخش ها در دسترس باشد. این متغیرها شدت انتشار را تعیین می کند. شدت انتشار خود متأثر از عوامل متعددی است که هر یک از این عوامل (متغیرهای) اثرگذار با استفاده از تکنیک تجزیه<sup>۱</sup> شناسایی می شود. بر همین اساس، کل انتشار یک آلاینده در اثر مصرف انواع متعددی از حامل های انرژی در بخش های مختلف اقتصاد را می توان به صورت رابطه (۱) نوشت (Zhang et al., 2019).

$$C = \sum_i \sum_j C_{ij} = \sum_i \sum_j \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{E_i} \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{Y_i}{Y} \times \frac{Y}{P} \times P \quad (1)$$

در رابطه (۱) متغیرها عبارتند از: C کل انتشار آلودگی از محل مصرف انرژی،  $C_{ij}$  انتشار آلودگی از مصرف حامل انرژی Z در بخش i (شامل کشاورزی، صنعت و خدمات)،  $E_{ij}$  مصرف حامل انرژی Z در بخش i،  $E_i$  کل مصرف انرژی در بخش i،  $Y_i$  تولید بخش i، Y کل تولید بخش های اقتصاد و P جمعیت. با مرتب کردن مجدد نسبت های رابطه (۱) می توان به مفاهیم اقتصادی دیگری دست یافت که در به شکل رابطه (۲) قابل نمایش است.

$$C = \sum_i \sum_j C_{ij} = \left( \sum_i \sum_j \frac{Y_i}{P} \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{E_i} \right) \times P \quad (2)$$

در رابطه (۲)،  $\frac{Y_i}{P}$  تولید سرانه بخش i (شامل کشاورزی، صنعت و خدمات)،  $\frac{E_i}{Y_i}$  شدت انرژی در بخش i،  $\frac{C_{ij}}{E_{ij}}$  ضریب انتشار آلودگی (انتشار به ازای هر واحد انرژی) ناشی از مصرف حامل انرژی Z در بخش i،  $\frac{E_{ij}}{E_i}$  سهم حامل انرژی Z در کل انرژی مصرفی بخش i. براساس روابط قبلی، شدت انتشار یک آلاینده (PI) به صورت رابطه (۳) خواهد بود.

$$PI = \frac{C}{Y} = \left( \sum_i \sum_j \frac{Y_i}{P} \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{E_i} \right) \times P \times \frac{1}{Y} \quad (3)$$

1. Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI)

افزون بر عوامل فوق، متغیرهای دیگری نیز در مطالعات دیده می‌شود. رودریگوئز و پنا-بوکوئته<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) عنوان کردند که رشد تولید ناخالص داخلی ترکیبی از افزایش استفاده از منابع و افزایش بهره‌وری است. بنابراین، تغییرات بهره‌وری می‌تواند بر شدت انتشار آلودگی اثرگذار باشد. برای این منظور رابطه (۳) را در  $\frac{L}{Y}$  ضرب می‌کنیم (رابطه (۴) و (۵)):

$$PI = \frac{C}{Y} = \left( \sum_i \sum_j \frac{Y_i}{P} \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{E_i} \right) \times \frac{P}{L} \times \frac{L}{Y} \quad (4)$$

$$PI = \frac{C}{Y} = \sum_{ij} YP_i \times EY_i \times CE_{ij} \times EE_{ij} \times PL \times LY \quad (5)$$

در رابطه (۴)،  $\frac{P}{L}$  معکوس نرخ اشتغال و  $\frac{L}{Y}$  نیز معکوس بهره‌وری نیروی کار است که در مطالعه ژانگ و هائو<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) و هان و دیگران<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) هم مورد استفاده قرار گرفته است و چگونگی اثرگذاری نرخ بیکاری و بهره‌وری نیروی کار بر انتشار آلودگی را نشان می‌دهد.

در این مطالعه افزون بر متغیرهای اصلی به‌دست آمده از فرآیند تحلیل تجزیه (بردار متغیرهای  $X$ ) که در رابطه (۶) معرفی شده است، متغیرهای دیگر (بردار متغیرهای  $Y$ ) نیز که در مطالعات ارائه شده است به‌عنوان عوامل اثرگذار بر تغییرات شدت آلودگی استفاده شد. از آن جمله، در مطالعه رودریگوئز و پنا-بوکوئته (۲۰۱۷)، عواملی نظیر نرخ شهرنشینی، نرخ صنعتی شدن یا سهم بخش صنعت، مصرف انرژی در بخش صنعت و توان دوم برخی از متغیرها مورد استفاده قرار گرفته است.

پن و دیگران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای که با استفاده از داده‌های کشورهای عضو اوپک انجام داده‌اند عواملی همچون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تولید ناخالص داخلی، نرخ صنعتی شدن، اندازه کل جمعیت و جمعیت شهری را بر روی انتشار کربن موثر می‌دانند. این در حالی است که هان و دیگران<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) علاوه بر عواملی مانند جمعیت شهری و نرخ شهرنشینی، عواملی همچون معکوس درآمد سرانه، نرخ اشتغال شهری، کل انرژی مصرفی در ساختار شهری، سرانه انرژی مصرفی به ازای هر واحد اشتغال در مناطق شهری و در نهایت

1. Rudriguez, M. & Pena-Boquete, Y.

2. Zhang, P. & Hao, Y.

3. Han, et al.

4. Pan, et al.

انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده ... | غفاریان | ۱۰۳

غلظت انتشار کربن حاصل از انرژی‌های مصرفی در مناطق شهری را روی انتشار موثر می‌دانند. بر این اساس تابع تخمینی را می‌توان به صورت رابطه (۶) نوشت.

$$\ln PI_t = \beta_1 + \beta_2 \ln X_t + \beta_3 \ln Y_t + u_t \quad (6)$$

در رابطه (۶)،  $X_t$  بردار متغیرهای اصلی به دست آمده از فرآیند تحلیل تجزیه و  $Y_t$  متغیرهای دیگر اثرگذار بر شدت انتشار است که از بررسی ادبیات موضوع به دست آمده است. متغیرهای مورد استفاده در رابطه (۱۰) معرفی شده است.

## ۲. پیشینه پژوهش

از اجزای مهم شدت انتشار آلودگی، شدت انرژی است. مرور ادبیات نشان می‌دهد شدت انرژی بیش از شدت انتشار آلودگی مورد توجه بوده است. در حوزه شدت انرژی نیز تلاش وافر برای شناسایی عوامل موثر بر آن و هم‌چنین اجزای تعیین کننده صورت گرفته است. از جمله مهم‌ترین متغیرهایی که در تحلیل شدت انرژی مورد تاکید قرار دارد، شهرنشینی است. درخصوص اثر رشد شهرنشینی بر آلودگی دو دیدگاه متفاوت وجود دارد؛ بر اساس دیدگاه اول، با افزایش شهرنشینی ساختار اقتصاد از کشاورزی به صنعت تغییر پیدا کرده و آلودگی افزایش می‌یابد. دیدگاه دوم بر این باور است که شهرنشینی موجب استفاده کارا تر از زیرساخت‌ها، سیستم حمل و نقل و انرژی شده و آلودگی کاهش می‌یابد (Alam et al. 2007). در خصوص اثر مثبت شهرنشینی بر انتشار آلودگی، جونز<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) دو مکانیزم را برای تاثیرگذاری ارائه کرده است؛ نخست، افزایش جمعیت، تقاضای انرژی را افزایش داده و موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مخرب می‌شود. دوم آنکه رشد تراکم جمعیت می‌تواند منجر به تخریب جنگل، تغییر کاربری‌ها و استفاده از چوب به عنوان سوخت شود.

در مطالعه سانگ و ژنگک<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) و اندرسون و کارپستم<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) اثر شهرنشینی بر شدت انرژی مثبت ارزیابی شد. عزیزی و دیگران (۱۳۹۴) نیز اثر شهرنشینی بر شدت انرژی

1. Jones, D.

2. Song, F. & Zheng, X.

3. Anderson, F. A. & Karpestam, P.

را فزاینده عنوان کردند در حالی که فرج‌زاده (۱۳۹۴) و فرج‌زاده و نعمت‌اللهی<sup>۱</sup> (۲۰۱۸)، این اثر را کاهنده ارزیابی کردند؛ به این معنی که با افزایش شهرنشینی و تراکم جمعیت در مناطق شهری به واسطه صرفه‌های حاصل از مقیاس، شدت استفاده از انرژی رو به کاهش گذاشته است. در همین راستا، پومای‌ونگک و کانکو<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) با مطالعه ۹۹ کشور تایید کردند که جمعیت و شهرنشینی تأثیرات مثبتی بر انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای با درآمد کم، متوسط و بالا دارند. در ایران نیز بهبودی و دیگران (۱۳۸۹) رابطه میان شهرنشینی و انتشار دی‌اکسید کربن را مثبت ارزیابی کردند. شهباز و دیگران<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) دریافتند که در مالزی شهرنشینی در ابتدا، تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش اما پس از یک سطح آستانه، انتشار CO<sub>2</sub> را افزایش می‌دهد.

افزون بر شهرنشینی که تغییر ساختار در سمت مصرف نهایی انرژی را نشان می‌دهد، تغییر در ساختار تولید هم می‌تواند در تغییر شدت انرژی نقش ایفا کند. این مورد در قالب سهم بخش‌های اقتصاد به‌ویژه بخش صنعت در مطالعات دیده شده است. تحلیل تغییرات شدت انرژی در صنعت سیمان (ابونوری و نیکبان، ۱۳۸۸) و صنایع کارخانه‌ای (آرمن و تقی‌زاده، ۱۳۹۲ و شریفی و دیگران، ۱۳۸۷) ناظر بر اهمیت نقش مصرف انرژی در بخش صنعت است. در مطالعه هریاس و دیگران<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) اثر افزایش سهم صنعت بر شدت مصرف زغال‌سنگ، منفی و بر شدت استفاده از فراورده‌های نفتی و برق، مثبت ارزیابی شد.

از دیگر متغیرهایی که در انتشار آلودگی مورد توجه بوده است تولید یا درآمد، میزان تولیدات صنعتی در مقایسه با تولید کل اقتصاد و همچنین آزادسازی تجاری است. در میان گروهی از کشورها با درآمد مختلف، فان و دیگران<sup>۵</sup> (۲۰۰۶) نشان دادند که رشد اقتصادی بیشترین تأثیر را بر انتشار CO<sub>2</sub> دارد. یورک و دیگران<sup>۶</sup> (۲۰۰۳a) پس از انجام مطالعه برای گروهی از کشورها، بین تولید گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی رابطه مثبت یافتند. در مطالعه‌ای دیگر (York et al., 2003b) مشخص شد که درآمد (تولید) به‌صورت یکنواخت شدت انتشار را افزایش می‌دهد. اثر مثبت تولید بر شدت انتشار در

- 
1. Farajzadeh, Z. & Nematollahi, M. A.
  2. Poumayvong, P. & Kaneko, S.
  3. Shahbaz, et al.
  4. Herrias, et al.
  5. Fan, et al.
  6. York, et al.



مطالعات متعدد دیگر نیز دیده می‌شود (Wang et al., 2005; Wu et al., 2005; Wei et al., 2008). همچنین لین و دیگران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) به تحلیل اثر متغیرهای تولید، سطح صنعتی شدن (سهم ارزش افزوده بخش صنعت از GDP) و شدت انرژی بر انتشار آلودگی و تخریب محیط زیست کشور چین پرداختند. تحلیل‌ها نشان داد درآمد سرانه و جمعیت بیشترین تاثیر را بر محیط زیست دارند. همچنین اثر سطح صنعتی شدن بر انتشار آلودگی معنادار ارزیابی شد.

در ایران نیز برقی اسکویی (۱۳۸۷) نشان داد که افزایش آزادسازی تجاری و درآمد سرانه در کشورهای با درآمد بالا و متوسط روبه بالا، منجر به کاهش انتشار آلودگی و در کشورهای با درآمد متوسط رو به پایین، منجر به افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن خواهد شد. همچنین یافته‌های مطالعه موسویان و دیگران<sup>۲</sup> (۱۳۹۷) نشان داد سرمایه‌گذاری خارجی بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای اثر معنی‌دار ندارد.

همان‌طور که پیشتر بیان شد شدت انتشار آلاینده‌ها کم‌تر مورد توجه بوده و انتشار کل آلاینده‌ها و به‌طور مشخص عمدتاً انتشار دی‌اکسید کربن ارزیابی شده است. در میان آلاینده‌ها نیز بررسی مطالعات محدود به شدت انتشار کربن است. به‌عنوان مثال، در مورد استان‌های مختلف در چین، تسای<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) دریافت که شدت کربن عمدتاً تحت تاثیر شدت انرژی، رشد اقتصادی و هزینه‌های مالی است. با آزمون علیت، وانگ و ژانگ<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) تایید کردند که رشد اقتصادی تعیین‌کننده اصلی شدت انتشار کربن است. وانگ و دیگران<sup>۵</sup> (۲۰۱۶) نشان دادند که کاهش نسبت صنایع ثانویه باعث کاهش شدت کربن و افزایش سطح تولید باعث افزایش شدت انتشار خواهد شد. همچنین یو و دیگران<sup>۶</sup> (۲۰۱۸) در زیربخش‌های صنعتی چین دریافتند که تراکم سرمایه و تولید سرانه مهم‌ترین عامل در شدت انتشار کربن در این زیربخش‌ها است.

از دیگر مطالعات در زمینه تحلیل تعیین‌کننده‌های شدت کربن رودریگوئز و پنا-بوکوئته (۲۰۱۷) است. آن‌ها در مطالعه‌ای که بر روی انتشار کربن در میان کشورهای شرق آسیا داشتند، شدت انرژی را مهم‌ترین عامل در شدت انتشار کربن عنوان کردند. همچنین

- 
1. Lin, et al.
  2. Tsai, S. F.
  3. Wang, J. & Zhang, K.
  4. Wang, et al.
  5. Yu, et al.

آچمپانگ و بواتنگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) به منظور پیش‌بینی شدت انتشار کربن در کشورهای استرالیا، برزیل، چین، هند و آمریکا از متغیرهای رشد اقتصادی، مصرف انرژی، شهرنشینی، صنعتی شدن، تحقیق و توسعه، آزادسازی تجاری و توسعه مالی استفاده کردند.

در مطالعه دیگری وانگ و دیگران<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) ثابت کردند که بهبود بازده بخشی، مهم‌ترین عامل کاهش شدت انتشار کربن در سطح جهانی است. دانگ و دیگران<sup>۳</sup> (۲۰۱۸b) دریافتند که شاخص صنعتی‌سازی و میزان مصرف نهایی تاثیر مثبتی بر شدت انتشار کربن دارند، اما پیشرفت فنی و شهرنشینی می‌تواند زمینه کاهش شدت انتشار را فراهم کند.

به عنوان وجه تفاوت این مطالعه از ادبیات موجود می‌توان گفت در محدود مطالعاتی که به تحلیل شدت انتشار پرداخته‌اند، تنها روی شدت انتشار دی‌اکسید کربن تمرکز شده در حالی که در این مطالعه اغلب آلاینده‌های مهم بررسی شده است. افزون بر این برای شناسایی متغیرهای اثرگذار بر شدت انتشار، ابتدا از روش تحلیل تجزیه استفاده و سپس این عوامل در تحلیل رگرسیون به کار گرفته شده است. البته، علاوه بر متغیرهای حاصل از تحلیل تجزیه، عوامل موثر دیگر نیز بر اساس مطالعات دیگر لحاظ شده است. در مورد مقایسه دو روش تحلیل تجزیه و رگرسیون می‌توان چنین استنباط کرد؛ روش تحلیل تجزیه در معرفی متغیرها توانمند است، اما برای تبیین رفتار متغیر وابسته (شدت انتشار) الزاماً متغیرهای معرفی شده این روش کافی نیست؛ به‌ویژه اینکه تحلیل تجزیه منحصر به تحلیل ریاضی است و تغییرات را ضرورتاً به متغیرهای موجود نسبت می‌دهد در حالی که متغیرهای معرفی شده محدود هستند. مزیت دیگر روش تحلیل تجزیه امکان استفاده از آن برای مقاصد پیش‌بینی است. به این معنی که با به‌کارگیری متغیرهای محدود می‌توان نسبت به پیش‌بینی تغییرات شدت انتشار اقدام کرد. به نظر می‌رسد هر یک از متغیرهای محدود مطرح شده در روش تجزیه به تنهایی ممکن است اثر چند متغیر استفاده شده در روش رگرسیون را نمایندگی کنند. استفاده از سایر متغیرها در قالب تحلیل رگرسیون می‌تواند به تشریح دقیق‌تر رفتار شدت انتشار مساعدت کند.

1 Acheampong, A. O. & Boateng, E. B.

2 Wang, et al.

3 Dong, et al.

### ۳. روش شناسی تحقیق

همان‌طور که در مورد رابطه (۶) عنوان شد مجموعه متغیرهای X را می‌توان با استفاده از روش تجزیه پیشنهادی آنک<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) محاسبه کرد که در رابطه (۷) نشان داده شده است (Zhang et al., 2019).

$$\begin{aligned} \Delta PI &= PI^t - PI^0 \\ &= \sum_{ij} L_{ij} \cdot \ln \frac{Y_{P_{i,t}}}{Y_{P_{i,0}}} + \sum_{ij} L_{ij} \cdot \ln \frac{E_{Y_{i,t}}}{E_{Y_{i,0}}} + \sum_{ij} L_{ij} \\ &\quad \cdot \ln \frac{CE_{ij,t}}{CE_{ij,0}} + \sum_{ij} L_{ij} \cdot \ln \frac{EE_{ij,t}}{EE_{ij,0}} + \sum_{ij} L_{ij} \cdot \ln \frac{PL_t}{PL_0} \quad (7) \\ &\quad + \sum_{ij} L_{ij} \cdot \ln \frac{LY_t}{LY_0} \end{aligned}$$

در رابطه (۷)،  $PI^t$ ، مقدار شدت انتشار آلاینده مورد نظر در سال t و  $PI^0$  مقدار آن در سال پایه است. ابتدا باید جمله  $L_{ij}$  محاسبه شود که برای  $PI^t \neq PI^0$  به صورت رابطه (۸) است.

$$L_{ij} = (PI_{ij,t} - PI_{ij,0}) / (\ln PI_{ij,t} - \ln PI_{ij,0}) \quad (8)$$

و برای  $PI^t = PI^0$ ؛ یعنی برای سال پایه به صورت رابطه (۹) خواهیم داشت:

$$L_{ij} = PI_{ij,t} \quad (9)$$

در خصوص رابطه (۷)، مقدار مجموع شدت انتشار برای عوامل ارائه شده در سمت راست باید با شدت انتشار کل (سمت چپ) برابر باشد. با توجه به رابطه (۷) و متغیرهای مرور شده که در مبانی نظری تحقیق و همچنین مروری بر مطالعات عنوان شد، تصریح مورد استفاده برای کل اقتصاد به صورت رابطه (۱۰) است.

1. Ang, B. W.

$$\ln PI_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i \ln CE_i + \sum_{i=4}^6 \beta_i \ln EY_i + \beta_7 Yman + \beta_8 (Yman)^2 + \beta_9 \ln YP + \beta_{10} \ln PL + \beta_{11} \ln LY + \beta_{12} U + \beta_{13} TO + u_t \quad (10)$$

متغیرهای توضیحی مورد استفاده شامل میزان انتشار از هر واحد انرژی ( $CE_i$ ) یا همان ضریب انتشار آلودگی (انتشار به ازای هر واحد انرژی)، عامل شدت انرژی (میزان مصرف حامل‌های انرژی به ازای هر واحد تولید) در سه بخش کشاورزی، صنعت و معدن و خدمات ( $EY_i$ )، سهم بخش صنعت از تولید ناخالص اقتصاد ایران ( $Yman$ )، تولید سرانه ( $YP$ )، عکس نرخ اشتغال ( $PL$ )، عکس تولید سرانه نیروی کار ( $LY$ )، نرخ شهرنشینی ( $U$ ) و شاخص درجه بازبودن تجاری ( $TO$ ) است. شاخص درجه باز بودن به صورت نسبت مجموع صادرات و واردات به GDP مورد استفاده قرار گرفت.

#### ۴-۱. داده‌ها

آلاینده‌های منتخب برای اقتصاد ایران که انتشار از محل مصرف انرژی را دربر می‌گیرد شامل اکسیدنیترژن، دی‌اکسیدسولفور، مونواکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن است. دوره مطالعه نیز با توجه به محدودیت دسترسی به داده‌ها شامل ۹۶-۱۳۶۷ است. مقادیر انتشار این آلاینده‌ها از ترازنامه انرژی وزارت نیرو به دست آمده است. داده‌های سایر متغیرهای مورد استفاده در تحلیل عوامل تعیین کننده شدت انتشار این آلاینده‌ها نیز از پایگاه اطلاعاتی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج شد.

#### ۵. نتایج و بحث

مطالعه در قالب چهار بخش و به تفکیک آلاینده‌های منتخب ارائه شده است. تحلیل‌ها در هر بخش خود شامل دو بخش تحلیل تجزیه شدت انتشار به اجزای آن و تحلیل رگرسیون است. در تمام تصریح‌ها، ابتدا ایستایی متغیرها و همچنین درون‌زایی آن‌ها با آزمون دوربین-وو-هاسمن ارزیابی شد. بر اساس نتایج، داده‌های تمام متغیرها در سطح ایستا هستند و همچنین درون‌زایی متغیرهای توضیحی تأیید نشد. در تمام تصریح‌های برآورد شده در تحلیل رگرسیون -با توجه به خودهم‌بستگی میان جملات اخلاص- از وقفه مرتبه اول متغیر وابسته

استفاده شد که در ادامه با توجه به درون‌زایی این متغیر (Baltagi, 2008) از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته بهره گرفته شد.

همانطور که پیشتر نیز عنوان شد، تجزیه شدت انتشار با هدف دست یافتن به عوامل تعیین کننده انتشار صورت می‌گیرد (ژانگ و دیگران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). در مورد هر یک از آلاینده‌ها، عوامل به‌دست آمده از تحلیل تجزیه به همراه متغیرهای دیگر که پیشتر در بخش روش تحقیق معرفی شد به عنوان عوامل تعیین کننده شدت انتشار مورد استفاده قرار گرفته است.

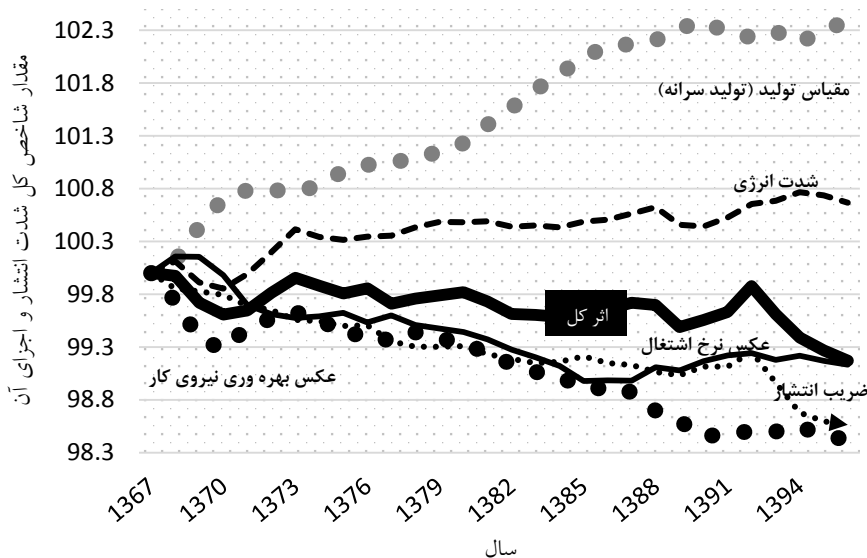
### ۵-۱. اکسیدنیترژن

در نمودار (۱)، نتایج حاصل از تجزیه شدت انتشار به اجزای اصلی آن آمده است. شدت انتشار اکسیدنیترژن در طول دوره منتخب فراز و فرودهایی داشته، اما روند کلی آن به‌طور محدود نزولی بوده است به گونه‌ای که در دوره منتخب، سالانه حدود یک درصد کاهش داشته است. همین الگوی کم‌نوسان تغییرات، در مورد اجزای شدت انتشار این آلاینده نیز مشاهده می‌شود به گونه‌ای که بالاترین مشارکت که در مورد عامل مقیاس تولید مشاهده می‌شود کمتر از ۱/۰ درصد است. عامل شدت انرژی نیز که مساعدت مثبت دارد؛ سالانه تنها ۲/۰ درصد رشد داشته است. سه عامل عکس نرخ اشتغال، عکس بهره‌وری نیروی کار و ضریب انتشار که مساعدت در جهت کاهش شدت انتشار داشته‌اند تنها در دامنه ۰/۰۵-۰/۰۳ درصد سالانه نقش آفرینی کرده‌اند. همان‌طور که در مطالعه باستانزاد و نیلی (۱۳۸۴) نیز اشاره شده است تمایل بیش‌تر به سوی استفاده از تکنولوژی‌های انرژی بر به دلیل توزیع یارانه‌ای انرژی می‌تواند عاملی در جهت ایجاد این الگوی انتشار باشد.

نتایج حاصل از تخمین مدل نیز در جدول (۱) آمده است. از بین تمامی متغیرهای استفاده شده در مدل، تنها اثر متغیرهای عکس بهره‌وری نیروی کار و شاخص درجه بازبودن اقتصاد روی شدت انتشار اکسیدنیترژن معنی‌دار نیست و سایر متغیرها عمدتاً در سطوح ۱ یا ۵ درصد حائز اثر معنی‌دار بر شدت انتشار این آلاینده هستند. برحسب ضرایب به‌دست آمده، اثر متغیرهای شهرنشینی و هم‌چنین ضریب انتشار و شدت انرژی در زیربخش خدمات بالاتر از سایر متغیرها قرار دارد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد بخش خدمات دارای اثر قابل ملاحظه‌ای بر شدت انتشار این آلاینده است.

- 
1. Generalized Method of Moments (GMM)
  2. Zhang, et al.

نمودار ۱. اجزای شدت انتشار اکسیدنیترژن در اقتصاد ایران طی دوره ۹۶-۱۳۶۷



منبع: یافته‌های پژوهش

در ارتباط با شهرنشینی نظریه‌های متفاوتی مبنی بر اثرگذاری مثبت و منفی بر شدت انتشار وجود دارد که پیشتر به آن‌ها اشاره شد. مقدار مثبت و نسبتاً بالای اثر شهرنشینی نسبت به سایر متغیرهای مدل، تاییدکننده نظریه افزایش آلودگی همگام با افزایش نرخ شهرنشینی برای آلاینده اکسیدنیترژن در ایران است. ضریب ۰/۹۶ برای شهرنشینی بیان‌کننده آن است که یک درصد افزایش در نرخ شهرنشینی، حدود یک درصد شدت انتشار آلاینده اکسیدنیترژن را افزایش خواهد داد که شاید علت این اثر را باید در افزایش تقاضا برای خدمات و کالا در محیط‌های شهری جست‌وجو کرد. البته با توجه به نرخ شهرنشینی ایران که بالغ بر ۷۵ درصد است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۶) افزایش بیشتر ممکن است چندان مورد انتظار نباشد.

بخش خدمات نسبت به سایر بخش‌های اقتصاد ایران در انتشار این آلاینده بسیار پراهمیت ظاهر شده است. این اهمیت هم براساس متغیر ضریب انتشار و هم بر اساس متغیر شدت انرژی قابل مشاهده است به طوری که یک درصد افزایش در ضریب انتشار بخش خدمات بیش از ۰/۸ درصد و یک درصد افزایش در شدت انرژی بخش خدمات بیش از ۰/۷ درصد شدت انتشار آلاینده اکسیدنیترژن را افزایش خواهد داد. به عبارت دیگر، تغییر ترکیب

مصرف انرژی در این بخش اگر به سمت نهاده‌های حاوی انتشار بیش‌تر اکسیدنیترژن متمایل شود؛ اثر فزاینده‌ای روی انتشار اکسیدنیترژن خواهد گذاشت. پس از بخش خدمات باید گفت که بخش صنعت نیز روی انتشار این آلاینده اثرگذار است. ضریب ۰/۳۱ درصد برای متغیر ضریب انتشار در زیربخش صنعت نشان از اثر افزایشی این بخش بر کل شدت انتشار اقتصاد ایران دارد. همانند بخش خدمات، بخش صنعت از طریق افزایش شدت انرژی نیز بر شدت انتشار اثر مثبت دارد. یک درصد افزایش در شدت انرژی بخش صنعت نیز منجر به ۰/۲۳ درصد افزایش در شدت انتشار اکسیدنیترژن خواهد شد. در ارتباط با اثرگذاری بخش کشاورزی بر شدت انتشار این آلاینده می‌توان گفت با یک درصد افزایش در ضریب انتشار بخش کشاورزی، حدود ۰/۱ درصد افزایش در شدت انتشار رخ خواهد داد. همین مقدار افزایش در شدت انرژی بخش کشاورزی اثر زیادی بر شدت انتشار نداشته و تنها ۰/۱۲ درصد شدت انتشار را افزایش می‌دهد که در مقایسه با اثرگذاری بخش‌های خدمات و صنعت چندان قابل ملاحظه نیست و نقش اندک بخش کشاورزی در انتشار این آلاینده را نشان می‌دهد. در خصوص مقایسه بخش‌های اقتصاد باید عنوان نمود که زیربخش حمل‌ونقل که بزرگ‌ترین زیربخش مصرف‌کننده انرژی است در زمره خدمات قرار دارد؛ از این رو، عامل اصلی اثرگذاری قابل ملاحظه بخش خدمات در افزایش شدت انتشار اکسیدنیترژن است. از دیگر نکات حائز اهمیت آن است که نقش شدت انرژی چندان کمتر از نقش ضریب انتشار در بخش‌های اقتصاد نیست.

متغیر سهم تولید بخش صنعت نیز رابطه غیرخطی به صورت  $L$  معکوس را نشان می‌دهد. محاسبه نقطه عطف نیز حاکی از آن است که اگر سهم بخش صنعت از اقتصاد به ۳۲ درصد برسد، شدت انتشار این آلاینده در بخش نزولی قرار خواهد گرفت. اکنون سهم بخش صنعت حدود ۳۳ درصد است و می‌توان اقتصاد ایران را در حال گذار از نقطه عطف عنوان کرد. البته باید توجه داشت با توسعه اقتصادی بیشتر، معمولاً بخش خدمات تمایل به افزایش سهم در اقتصاد داشته و در مقابل سهم بخش صنعت کاهش می‌یابد.

متغیر عکس نرخ اشتغال نیز اثر محدودی بر شدت انتشار دارد. به عبارت دیگر، افزایش نرخ اشتغال در اقتصاد اثر چندانی بر شدت انتشار ندارد. همچنین می‌توان گفت افزایش جمعیت به تنهایی نمی‌تواند اثر چندانی بر شدت انتشار اکسیدنیترژن داشته باشد.

ضریب وقفه مرتبه اول متغیر وابسته نیز هرچند مقداری بسیار کم و منفی به خود گرفته است، اما این متغیر به منظور کاهش خودهم‌بستگی و تصریح بهتر مدل به جمع متغیرها اضافه شده و به نظر می‌رسد که وجود آن در مدل ضروری است. آماره‌های تشخیص نیز مطلوب بودن تصریح را نشان می‌دهند.

جدول ۱. نتایج حاصل از برآورد عوامل موثر بر شدت انتشار اکسیدنیترژن

متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t
عرض از مبدا	-۱۷/۶۳۸***	۱/۴۴۰	-۱۲/۲۴
ضریب انتشار بخش کشاورزی	۰/۱۰۵***	۰/۰۰۷	۱۴/۳۳
ضریب انتشار بخش صنعت	۰/۳۱۱***	۰/۰۰۸	۳۶/۶۴
ضریب انتشار بخش خدمات	۰/۸۱۳***	۰/۰۷۰	۱۱/۵۷
شدت انرژی بخش کشاورزی	۰/۱۲۱***	۰/۰۱۱	۱۰/۷۱
شدت انرژی بخش صنعت	۰/۲۳۴***	۰/۰۵۲	۴/۴۴
شدت انرژی بخش خدمات	۰/۷۰۱***	۰/۰۶۵	۱۰/۶۸
سهم بخش صنعت از کل GDP	۵/۱۱۵**	۱/۸۳۴	۲/۷۸
توان دوم سهم بخش صنعت از کل GDP	-۷/۹۷۰***	۲/۶۸۷	-۲/۹۶
عکس نرخ اشتغال	۰/۱۱۱**	۰/۰۴۵	۲/۴۵
عکس بهره‌وری نیروی کار	۰/۰۴۶	۰/۰۶۷	۰/۶۷
نرخ شهرنشینی	۰/۹۶۴***	۰/۲۹۸	۳/۲۲
شاخص درجه بازبودن اقتصاد	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	۰/۷۵
وقفه مرتبه اول متغیر وابسته	-۰/۰۵۹*	۰/۰۲۹	-۲/۰۳
آماره‌ها	R <sup>2</sup>	J	Q(1)
	۰/۹۹۳	۳/۷۱(۰/۴۴)	۰/۷۶(۰/۳۸)
		Q(2)	۴/۳۷(۰/۱۱)

\*\*\*، \*\*، \* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد

منبع: یافته‌های پژوهش

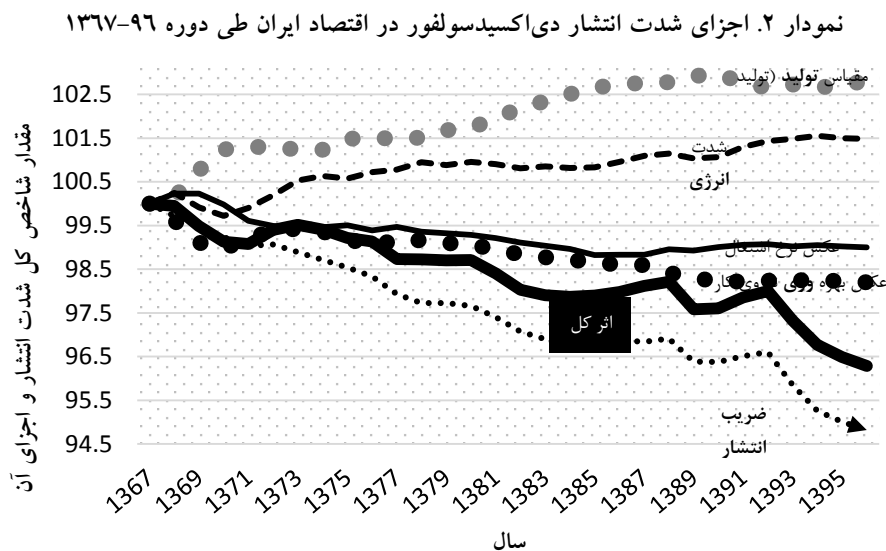
## ۵-۲. دی‌اکسیدسولفور

تغییرات شاخص شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور در نمودار (۲) ترسیم شده است. در مقایسه با شدت انتشار اکسیدنیترژن، تغییرات شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور به مراتب در سطح بالاتری قرار دارد و در دوره منتخب سالانه ۰/۱۳ درصد کاهش داشته است. عمده این کاهش از بهبود کارایی استفاده از انرژی یا عامل ضریب انتشار حاصل شده است که سالانه حدود ۰/۲ درصد کاهش داشته است. البته دو عامل عکس بهره‌وری نیروی کار و عکس



انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده ... | غفاریان | ۱۱۳

اشتغال نیز در جهت کاهش شدت انتشار نقش داشته‌اند، اما این نقش چندان حائز اهمیت نبود و تنها سالانه ۰/۰۶ درصد یا کمتر موجب کاهش شدت انتشار شده‌اند. علاوه بر این، همانند سایر آلاینده‌ها، مقیاس تولید حدود ۰/۱ درصد، سالانه به شدت انتشار افزوده و شدت انرژی نیز حدود ۰/۰۵ درصد سالانه به این روند کمک کرده است.



منبع: یافته‌های پژوهش

یافته‌های جدول (۲) حاکی از آن است که متغیرهای مورد استفاده در سطح بالایی تغییرات شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور را توضیح می‌دهند. ضریب خوبی برارزش نیز در سطح بسیار بالایی قرار دارد. از میان متغیرهای مورد استفاده، تنها دو متغیر عکس نرخ اشتغال و عکس بهره‌وری نیروی کار از اهمیت آماری لازم برخوردار نیستند. همانند آنچه در مورد تصریح شدت انتشار اکسیدنیترژن دیده شد؛ بخش‌های اقتصادی از هر دو کانال ضریب انتشار و شدت انرژی بر روی شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور اثر مثبت دارند. در میان بخش‌ها، بخش صنعت بالاترین اثرگذاری را بر شدت انتشار این آلاینده دارد به گونه‌ای که با فرض ثابت بودن سایر شرایط، یک درصد افزایش در ضریب انتشار در بخش صنعت می‌تواند شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور را بیش از ۰/۶ درصد افزایش دهد و این رقم برای شدت انرژی در بخش صنعت فراتر از ۰/۵ درصد است. ارقام متناظر برای بخش خدمات به ترتیب

حدود ۰/۳۸ درصد و ۰/۲۲ درصد است. همان‌طور که در مطالعه فرج‌زاده (۱۳۹۱) نیز اشاره است از منابع اصلی انتشار دی‌اکسیدسولفور نفت کوره است که دارای مصارف صنعتی است و موجب نقش بالای بخش صنعت در شدت انتشار این آلاینده شده است. مطابق انتظار، بخش کشاورزی مساعدت چندانی به شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور ندارد و مجموع ضرایب دو متغیر ضریب انتشار و شدت انرژی برای بخش کشاورزی تنها ۰/۱۱ درصد است. مشارکت پایین بخش کشاورزی ناشی از سطح پایین مصرف انرژی در این بخش است. مساعدت بالای بخش خدمات به انتشار این آلاینده نیز عمدتاً ناشی از مصرف گازوئیل در زیربخش حمل‌ونقل است. در این تصریح نیز شهرنشینی اثر مثبت بر شدت انتشار نشان می‌دهد و بر اساس ضریب به‌دست‌آمده، یک درصد افزایش در شهرنشینی می‌تواند بیش از ۰/۵ درصد افزایش در شدت انتشار را به‌همراه داشته باشد که البته با نگاه به محدود بودن ظرفیت رشد شهرنشینی این رقم چندان با اهمیت نخواهد بود. متغیر درجه بازبودن اقتصاد از معدود متغیرهای کاهش‌دهنده شدت انتشار است که البته ضریب آن بسیار پایین و حائز اهمیت کمی است. در عین حال می‌توان آن را به‌عنوان فرصتی در جهت کاهش شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور عنوان کرد. در مطالعه فرج‌زاده و دیگران<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) نیز به پتانسیل تجارت آزاد در جهت کاهش انتشار آلودگی اشاره شده است.

انتظار می‌رود افزایش سهم صنعت در اقتصاد ایران پس از عبور از سطح مشخصی موجب کاهش شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور شود. این سطح بر اساس مقادیر به‌دست آمده برای ضرایب متغیرهای سهم صنعت و توان دوم آن، ۳۹ درصد است. با توجه به رقم فعلی سهم صنعت (۳۳ درصد) می‌توان آن را نزدیک به نقطه عطف ارزیابی کرد. البته با افزایش سهم خدمات در گذار به توسعه، انتظار نمی‌رود سهم صنعت چندان رو به افزایش باشد، اما اگر براساس این ضرایب به تحلیل شرایط فعلی پردازیم باید گفت یک درصد افزایش سهم صنعت می‌تواند بیش از یک درصد افزایش در شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور را موجب شود و بر این اساس افزایش نرخ رشد بخش خدمات که به معنی کاهش سهم صنعت خواهد بود، می‌تواند در جهت کاهش شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور عمل کند.

---

1. Farajzadeh, et al.

انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده ... | غفاریان | ۱۱۵

استفاده از متغیر وقفه مرتبه اول شدت انتشار که دارای اهمیت آماری نیز است، موجب شده تا خودهمبستگی مرتبه اول و دوم در سطح پایینی قرار بگیرد و آماره J نیز تناسب متغیرهای ابزاری مورد استفاده و مطلوب بودن تصریح را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج حاصل از برآورد عوامل موثر بر شدت انتشار دی‌اکسیدسولفور.

متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t
عرض از مبدا	-۱۴/۳۴۱***	۰/۳۹۸	-۳۵/۹۷
ضریب انتشار بخش کشاورزی	۰/۰۴۶***	۰/۰۰۳	۱۲/۲۷
ضریب انتشار بخش صنعت	۰/۶۱۱***	۰/۰۰۵	۱۱۶/۱۶
ضریب انتشار بخش خدمات	۰/۳۷۷***	۰/۰۱۲	۲۹/۶۰
شدت انرژی بخش کشاورزی	۰/۰۶۴***	۰/۰۰۸	۷/۷۸
شدت انرژی بخش صنعت	۰/۵۱۳***	۰/۰۲۳	۲۱/۹۹
شدت انرژی بخش خدمات	۰/۲۲۰***	۰/۰۴۵	۴/۸۶
سهم بخش صنعت از کل GDP	۵/۷۰۲**	۲/۴۱۳	۲/۳۶
توان دوم سهم بخش صنعت از کل GDP	-۷/۲۸۰*	۳/۵۱۲	-۲/۰۷
عکس نرخ اشتغال	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۰/۱۳
عکس بهره‌وری نیروی کار	۰/۰۳۵	۰/۰۲۴	۱/۴۳
نرخ شهرنشینی	۰/۵۴۳***	۰/۱۲۳	۴/۴۰
شاخص درجه باز بودن اقتصاد	-۰/۰۳۶***	۰/۰۰۷	-۴/۵۶
وقفه مرتبه اول متغیر وابسته	-۰/۰۴۰***	۰/۰۰۵	-۷/۴۱
آماره‌ها	R <sup>2</sup>	J	Q(1)
	۰/۹۹۹	۴/۴۵(۰/۳۴)	۱/۲۲(۰/۲۶)
		Q(2)	۲/۱۰(۰/۳۴)

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد

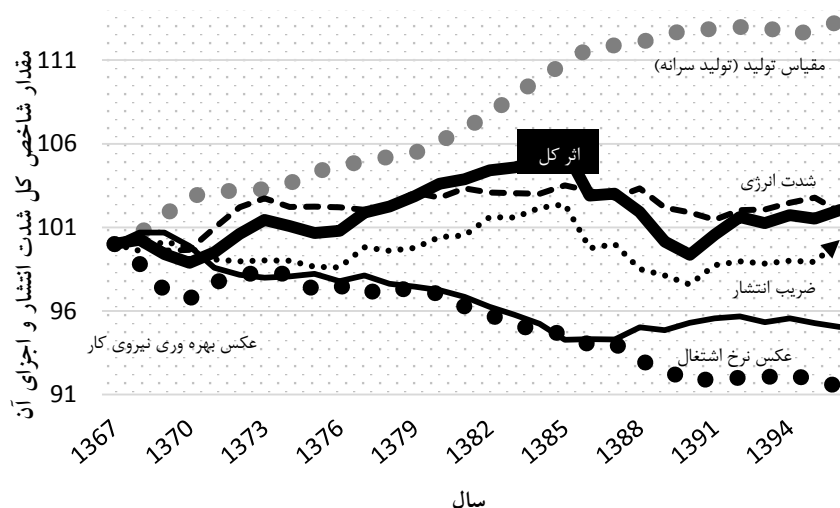
منبع: یافته‌های تحقیق

### ۳-۵. مونواکسید کربن

همان‌طور که در نمودار (۳) مشاهده می‌شود شدت انتشار مونواکسید کربن پس از یک دوره افزایش در نهایت با کاهش مواجه شده و در کل دوره افزایش چندانی را نشان نمی‌دهد و رشد سالانه تنها ۰/۰۷ درصد نیز همین مساله را نشان می‌دهد. مهم‌ترین نکته حائز اهمیت، شباهت بالای رفتار شدت انتشار کل با دو عامل ضریب انتشار و شدت انرژی است به گونه‌ای که همانند شدت انتشار اثر این عوامل نیز به ترتیب تنها ۰/۰۲ و ۰/۰۷ درصد در سال رشد داشته و روند تغییرات آن‌ها با شاخص شدت انتشار، بیش از ۷۶ درصد همبستگی مثبت نشان

داد. بر این اساس می‌توان گفت تغییرات شدت انتشار مونواکسید کربن بیشتر نتیجه تقابل سه عامل باقیمانده است به گونه‌ای که مقیاس تولید سالانه بیش از ۰/۴۳ درصد به شدت انتشار مونواکسید کربن افزوده و در ازای آن توان دو عامل عکس بهره‌وری نیروی کار و عکس نرخ اشتغال به ترتیب با مساعدت ۰/۳- و حدود ۰/۲- درصد در سال صرف تقابل با نقش عامل مقیاس تولید شده است.

نمودار ۳. اجزای شدت انتشار مونواکسید کربن در اقتصاد ایران طی دوره ۹۶-۱۳۶۷



منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از برآورد تصریح شدت انتشار مونواکسید کربن در جدول (۳) ارائه شده است. از میان ضرایب به‌دست‌آمده تنها ضریب متغیر عکس نرخ اشتغال از اثرگذاری معنی‌دار باقیمانده است. همچنین ضریب متغیر توان دوم سهم بخش صنعت در سطح ۱۰ درصد قادر به اثرگذاری بر شدت انتشار است در حالی که سایر ضرایب به‌دست‌آمده اغلب از اهمیت آماری بالایی برخوردار هستند.

برحسب ضرایب به‌دست آمده باید بخش خدمات را به‌طور مجزا دید؛ زیرا این متغیر از هر دو کانال ضریب انتشار و شدت انرژی، اثرگذاری به مراتب بالاتری در مقایسه با سایر متغیرها دارد. با توجه به اینکه بیش از ۹۶ درصد از انتشار مونواکسید کربن از مصرف بنزین ناشی می‌شود که بیشتر در زیربخش حمل‌ونقل مصرف می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۹۱)، از این

رو، انتظار می‌رود با فرض ثابت بودن سایر شرایط، در ازای یک درصد افزایش ضریب انتشار این بخش، شدت انتشار در کل اقتصاد بیش از یک درصد افزایش یابد و این رقم برای متغیر شدت انرژی نیز در سطح ۰/۹ درصد قرار دارد. اهمیت این ضرایب وقتی بیشتر روشن می‌شود که ارقام مربوط به بخش‌های صنعت و کشاورزی را مرور کنیم. به این ترتیب که ارقام یادشده برای بخش صنعت به ترتیب کم‌تر از ۰/۱ و حدود ۰/۲ درصد است و برای بخش کشاورزی این ارقام پایین‌تر از مقادیر بخش صنعت به‌دست آمده است. در بخش کشاورزی یک درصد افزایش ضریب انتشار مونواکسید کربن تنها اندکی بیش از ۰/۰۱ درصد مساعدت به افزایش شدت انتشار مونواکسید کربن دارد و از کانال افزایش شدت انرژی در بخش کشاورزی نیز شدت انتشار مونواکسید کربن در همین حدود افزایش خواهد یافت. سطح پایین مصرف انرژی در بخش کشاورزی و به‌خصوص مصرف پایین بنزین از دلایل اصلی این مشارکت پایین بخش کشاورزی است.

متغیر شهرنشینی را نیز می‌توان عامل مهم دیگر عنوان کرد که انتظار می‌رود با فرض ثابت بودن سایر شرایط در ازای یک درصد افزایش جمعیت شهری، حدود ۰/۴ درصد شدت انتشار مونواکسید کربن افزایش یابد. در این خصوص نیز انتظار می‌رود به موازات افزایش شهرنشینی، حمل‌ونقل شهری توسعه یافته و موجب افزایش شدت انتشار مونواکسید کربن شود. دو متغیر درجه بازبودن اقتصاد و عکس بهره‌وری نیروی کار نیز هرچند دارای ضریب بالایی نیست، اما اثر آن‌ها بر شدت انتشار مثبت است. به عبارت دیگر، توسعه اشتغال فراتر از تولید اقتصاد می‌تواند در جهت افزایش شدت انتشار عمل کند. ممکن است توزیع یارانه‌ای نهاده‌های انرژی و تمایل بیش‌تر به افزایش استفاده از حامل‌های انرژی چنین الگویی را در اقتصاد ایران موجب شده باشد.

سهم بخش صنعت نیز رابطه غیرخطی به‌صورت U معکوس با شدت انتشار مونواکسید کربن نشان می‌دهد. براساس ضرایب به‌دست آمده، تنها وقتی که سهم صنعت فراتر از حدود ۷۰ درصد باشد، شدت انتشار روند کاهشی خواهد داشت که البته این سهم در عمل در اقتصاد مورد انتظار نیست. از این رو، می‌توان مساعدت سهم بخش صنعت را به شدت انتشار صعودی در نظر گرفت. با توجه به ضرایب فعلی، اثر این متغیر در سطح بالایی قرار دارد و انتظار می‌رود در ازای افزایش سهم صنعت به میزان یک درصد حدود ۱/۷ درصد به شدت انتشار این آلاینده اضافه شود.

مشابه آنچه در تصریح‌های پیشین عنوان شد بر اساس آماره‌های ارائه شده در انتهای جدول می‌توان تصریح بر آورد شده را مطلوب ارزیابی کرد. به‌ویژه در خصوص سطح پایین خودهمبستگی باید به مساعدت متغیر وقفه مرتبه اول شدت انتشار مونواکسیدکربن (متغیر وابسته) اشاره کرد.

جدول ۳. نتایج حاصل از برآورد عوامل موثر بر شدت انتشار مونواکسیدکربن

متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t
عرض از مبدا	-۱۶/۳۲۸***	۰/۵۳۰	-۳۰/۷۶
ضریب انتشار بخش کشاورزی	۰/۰۱۳***	۰/۰۰۲	۶/۰۹
ضریب انتشار بخش صنعت	۰/۰۷۶***	۰/۰۰۳	۲۲/۲۱
ضریب انتشار بخش خدمات	۱/۰۱۰***	۰/۰۱۳	۷۲/۷۸
شدت انرژی بخش کشاورزی	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۴	۲/۶۷
شدت انرژی بخش صنعت	۰/۲۰۲***	۰/۰۲۵	۷/۸۲
شدت انرژی بخش خدمات	۰/۹۰۶***	۰/۰۲۸	۳۱/۶۷
سهم بخش صنعت از کل GDP	۱/۷۲۳**	۰/۷۶۹	۲/۲۴
توان دوم سهم زیربخش صنعت از کل GDP	-۲/۴۷۵*	۱/۱۸۵	-۲/۰۸
عکس نرخ اشتغال	۰/۰۰۳	۰/۰۲۰	۰/۱۷
عکس بهره‌وری نیروی کار	۰/۱۳۸***	۰/۰۲۹	۴/۷۳
نرخ شهرنشینی	۰/۴۰۷**	۰/۱۴۴	۲/۸۱
شاخص درجه باز بودن اقتصاد	۰/۰۵۷***	۰/۰۱۰	۵/۶۹
وقفه مرتبه اول متغیر وابسته	۰/۰۴۲***	۰/۰۰۶	۶/۷۴
آماره‌ها	R <sup>2</sup>	J	Q(1)
	۰/۹۹۷	۵/۷۱(۰/۵۷)	۱/۹۰(۰/۱۶)
		Q(2)	۱/۹۱(۰/۳۸)

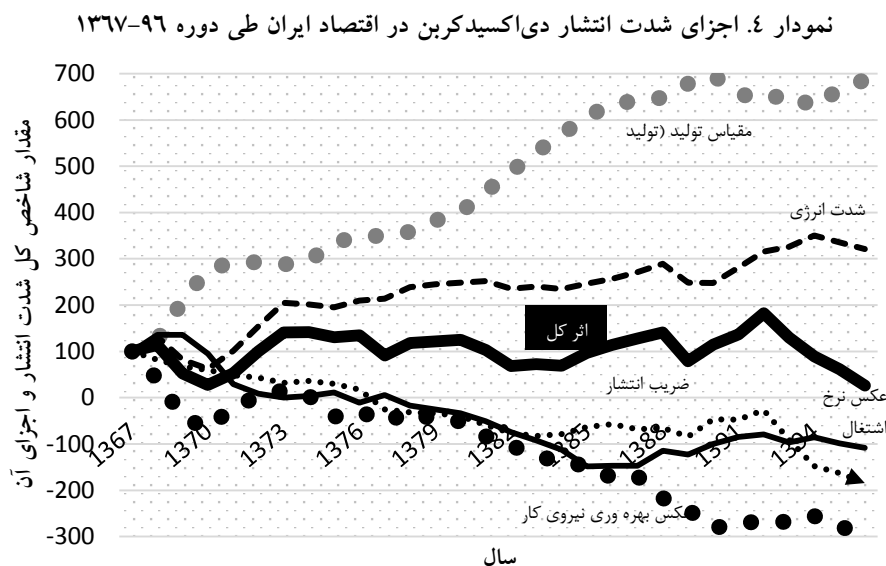
\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد

منبع: یافته‌های تحقیق

#### ۴-۵- دی‌اکسیدکربن

نمودار (۴) میزان نقش هر یک از عوامل را در شدت انتشار دی‌اکسیدکربن (بر اساس روش تحلیل تجزیه) نشان می‌دهد. به‌طور کلی تا سال‌های پایانی شدت انتشار دی‌اکسیدکربن بیشتر نوسانی بوده و در انتهای دوره کاهش محسوس نشان داده است. این کاهش محسوس نیز بیشتر ناشی از اثر ضریب انتشار است. در حالی که در طول دوره تا

سال‌های انتهایی، هر سه عامل عکس بهره‌وری نیروی کار، عکس نرخ اشتغال و ضریب انتشار مساعدت مشابه‌ای به کاهش شدت انتشار داشته‌اند، اما در انتهای دوره منبع اصلی کاهش شدت انتشار عامل ضریب انتشار بوده است. شدت انرژی نیز در جهت افزایش شدت انتشار عمل کرده است، اما مهم‌تر از این عامل همانا مقیاس تولید است که سالانه حدود ۶/۹ درصد به افزایش شدت انتشار کمک کرده است. این رقم برای شدت انرژی نیز بیش از ۴ درصد است که رقم بالایی محسوب می‌شود. در یافته‌های مطالعه فرج‌زاده و بخشوده (۲۰۱۵) درخصوص انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف بالای گاز طبیعی مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است.



منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد، شدت انتشار دی‌اکسید کربن بیش از هر عاملی به فعالیت بخش خدمات بستگی دارد. افزایش عامل ضریب انتشار و شدت انرژی در بخش خدمات موجب افزایش شدت انتشار دی‌اکسید کربن خواهد شد. با فرض ثابت بودن سایر شرایط در ازای افزایش متغیرهای یادشده به اندازه یک درصد، میزان شدت انتشار دی‌اکسید کربن به ترتیب ۱/۳۷ و ۰/۴۷ درصد افزایش خواهد یافت که در مقایسه با دو بخش دیگر مقدار بسیار بالایی است. با توجه به نقش بالای گاز طبیعی در انتشار دی

اکسید کربن که در مطالعه فرج زاده و بخشوده (۲۰۱۵) به آن اشاره شده است به نظر می‌رسد افزایش ضریب انتشار در بخش خدمات بیشتر می‌تواند از طریق افزایش مصرف این حامل انرژی رخ دهد. عامل مهم دیگر، توسعه بخش حمل و نقل و افزایش استفاده از سوخت گازوئیل است. ارقام متناظر برای بخش صنعت و برای هر دو متغیر حدود ۰/۳۹ است که البته در مقایسه با اثرگذاری بخش خدمات ممکن است پایین جلوه کند، اما می‌توان در مجموع اثر افزایش ضریب انتشار و مصرف انرژی بخش صنعت را بر شدت انتشار دی‌اکسید کربن بالا ارزیابی کرد. ارقام مشابه برای بخش کشاورزی نیز مطابق انتظار در سطح پایین قرار دارد.

ضریب متغیر شهرنشینی نیز بالا است به نحوی که با فرض ثابت بودن سایر شرایط، انتظار می‌رود یک درصد افزایش در میزان شهرنشینی بیش از ۰/۷۸ درصد، شدت انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش دهد. همان‌طور که پیشتر نیز عنوان شد این رقم به صورت مطلق بالا است، اما با نگاه به امکان افزایش نرخ شهرنشینی که چندان بالا نیست اثرگذاری این متغیر را نیز می‌توان محدود عنوان کرد. اثر متغیرهای عکس نرخ اشتغال و عکس بهره‌وری نیروی کار نیز هر چند مثبت، اما چندان بالا نیست. ضمن این‌ها باید توجه داشت افزایش اشتغال می‌تواند موجب افزایش متغیر عکس بهره‌وری شود، اما از سوی دیگر، زمینه کاهش متغیر عکس اشتغال را فراهم کرده و از این رو، اثرگذاری مجموع این دو متغیر چندان بالا نخواهد بود.

مهم‌ترین تفاوت این تصریح در مقایسه با تصریح‌های قبل رابطه میان متغیر سهم صنعت با شدت انتشار است. در حالی که در سه تصریح قبل این رابطه به صورت U معکوس بود، اما در این تصریح به صورت U شکل است. به این ترتیب که انتظار می‌رود سهم صنعت تا رسیدن به نقطه عطف موجب کاهش شدت انتشار شود. نقطه عطف برای این آلاینده در سطح ۲۷/۵ درصد به دست آمد در حالی که سطح فعلی سهم صنعت، فراتر از ۳۳ درصد است؛ بنابراین، می‌توان گفت افزایش سهم صنعت در حال حاضر می‌تواند موجب افزایش شدت انتشار دی‌اکسید کربن شود. البته به‌طور مترادف می‌توان گفت با توسعه بخش خدمات در جریان گذار به اقتصاد توسعه یافته که می‌تواند با کاهش سهم صنعت نیز توأم شود، شدت انتشار دی‌اکسید کربن نیز کاهش خواهد یافت. این تصریح قادر است بیش از ۹۹ درصد از



انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده ... | غفاریان | ۱۲۱

تغییرات در شدت انتشار دی‌اکسید کربن را توضیح دهد در حالی که آماره‌های تشخیص نیز مطلوب بودن تصریح را نشان می‌دهند.

جدول ۴. نتایج حاصل از برآورد عوامل موثر بر شدت انتشار دی‌اکسید کربن

متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t
عرض از مبدا	-۲۳/۳۵۹***	۰/۴۷۲	-۴۹/۸۵
ضریب انتشار بخش کشاورزی	۰/۰۳۸***	۰/۰۰۴	۹/۳۴
ضریب انتشار بخش صنعت	۰/۳۸۷***	۰/۰۰۳	۱۱۰/۸۴
ضریب انتشار بخش خدمات	۱/۳۰۶***	۰/۰۳۴	۳۸/۱۸
شدت انرژی بخش کشاورزی	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۶	۲/۹۵
شدت انرژی بخش صنعت	۰/۳۹۱***	۰/۰۱۲	۳۲/۸۸
شدت انرژی بخش خدمات	۰/۴۵۴***	۰/۰۱۰	۴۳/۹۱
سهم بخش صنعت از کل GDP	-۲/۸۳۴**	۰/۹۹۰	-۲/۸۶
توان دوم سهم بخش صنعت از کل GDP	-۵/۱۴۳***	۱/۵۲۵	۳/۳۷
عکس نرخ اشتغال	۰/۰۲۰**	۰/۰۰۸	۲/۴۷
عکس بهره‌وری نیروی کار	۰/۱۱۸***	۰/۰۰۹	۱۲/۶۱
نرخ شهرنشینی	۰/۷۱۷***	۰/۰۵۵	۱۲/۹۹
شاخص درجه باز بودن اقتصاد	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	-۰/۲۳
وقفه مرتبه اول متغیر وابسته	-۰/۰۲۳***	۰/۰۰۴	-۵/۰۷
آماره‌ها	Q(2)	Q(1)	J
	۲/۱۹(۰/۳۳)	۲/۱۸(۰/۱۳)	۵/۱۰(۰/۸۲)
	R <sup>2</sup>		۰/۹۹۵

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد

منبع: یافته‌های تحقیق

## ۶. جمع بندی و نتیجه گیری

توجه وافر به مصرف انرژی در اقتصاد ایران که ابعاد گوناگونی از آن در مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفته است، در حال عبور به سوی تمرکز روی انتشار بالای آلودگی است، چرا که برحسب میزان انتشار، ایران در جایگاه هشداردهنده‌ای قرار دارد.

در مورد تمام آلاینده‌ها، ضریب انتشار (انتشار به ازای هر واحد انرژی) و شدت انرژی بخش‌های خدمات و صنعت به‌عنوان مهم‌ترین عامل افزایش شدت انتشار ارزیابی شد؛ در حالی که مطابق انتظار، نقش بخش کشاورزی در افزایش شدت انتشار آلاینده‌ها بسیار ناچیز

بود. این در حالی است که دانگ و دیگران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸a) اثر شدت انرژی را در شدت انتشار چین منفی ارزیابی کردند. علت این پدیده در مطالعه حاضر، تغییر ترکیب حامل‌های انرژی به سوی حامل‌های کمتر آلاینده عنوان شده است. ژانگ و دیگران<sup>۲</sup> (۲۰۱۹) نیز معتقدند برای سال‌های آینده کاهش شدت انرژی می‌تواند عامل مهمی در کاهش شدت انتشار دی‌اکسید کربن در چین باشد. در این مطالعه، به‌منظور تحلیل اثر ترکیب تولید نیز متغیر سهم تولید بخش صنعت مورد استفاده قرار گرفت که اثر آن غیرخطی ارزیابی شد. مشخص شد برای اغلب آلاینده‌ها، رابطه‌ای به شکل U معکوس میان سطح تولید صنعتی و شدت انتشار آلاینده‌ها وجود دارد و سهم فعلی بخش صنعت در اقتصاد ایران (حدود ۳۳ درصد) را می‌توان متناظر با نقطه عطف منحنی U معکوس عنوان کرد، اما نکته بسیار حائز اهمیت، امکان پایین عبور تولیدات صنعتی از این سهم است. به بیان دیگر، انتظار نمی‌رود در مسیر گذار به اقتصاد توسعه یافته سهم بخش صنعت چندان افزایش یابد.

اثر متغیر شهرنشینی بر شدت انتشار در سطح بالایی قرار گرفت. این سطح از اثرگذاری هرچند برخلاف مطالعاتی مانند دانگ و دیگران<sup>۳</sup> (۲۰۱۸a) بالا به نظر می‌رسد، اما باید توجه داشت که با توجه به سطح فعلی نرخ شهرنشینی که حدود ۷۵ درصد است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۶) امکان چندان برای اثرگذاری این متغیر وجود ندارد، چرا که در حال حاضر برای کشورهای صنعتی عضو OECD این رقم کم‌تر از ۸۱ درصد است (World Bank, 2019). در مطالعه‌ها و دیگران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) نیز اثر شهرنشینی بر شدت انتشار در چین مثبت ارزیابی شده است. ضریب بالای به‌دست‌آمده برای متغیر شهرنشینی به طور تلویحی تفاوت در سطح توسعه‌یافتگی میان نقاط شهری و روستایی را نیز نشان می‌دهد. به این معنی که مناطق روستایی به دلیل برخورداری کم‌تر از امکانات و تجهیزات مصرف‌کننده انرژی از شدت انتشار پایینی برخوردار هستند.

اثر متغیر درجه بازبودن اقتصاد بر شدت انتشار چندان حائز اهمیت نیست. هرچند که برای تمام آلاینده‌ها نیز هم‌جهت نبود. البته باید توجه داشت که این یافته، مشروط به حفظ درآمد در سطح فعلی، قابل بیان است و با افزایش سطح تولید یا درآمد، کاهش شدت انتشار مورد

---

1. Dong, et al.  
2. Zhang, et al.  
3. Dong, et al.  
4. Han, et al.

انتظار خواهد بود، چرا که در مورد آزادسازی تجاری افزایش تولید و افزایش رشد اقتصادی مورد انتظار است (امینی و مرادزاده، ۱۳۹۴؛ اسدپور، ۱۳۹۶) و چه بسا آزادسازی بیشتر همان‌طور که در مطالعه فرج‌زاده و دیگران (۲۰۱۷) مشخص شده است - هم‌زمان با افزایش تولید و درآمد، موجب کاهش انتشار آلاینده‌ها نیز بشود و زمینه کاهش شدت انتشار را فراهم کند.

با توجه به یافته‌ای مطالعه می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه کرد:

- شدت انتشار در اقتصاد ایران (از محل مصرف انرژی) بیشتر متأثر از شدت انرژی بالا است؛ از این رو، با نگاه به توزیع ارزان انرژی که در مطالعات نیز از آن به‌عنوان دلیل استفاده زیاد از انرژی یاد شده است، تلاش در جهت افزایش کارایی استفاده از انرژی و کاهش بسیار آهسته یارانه حامل‌های انرژی را می‌توان گامی در جهت کاهش شدت انتشار ارزیابی کرد.
- میان بخش‌های اقتصاد از نظر میزان اثرگذاری بر شدت انتشار، تمایز آشکاری وجود دارد به گونه‌ای که بخش خدمات، مهم‌ترین منشا افزایش شدت انتشار بوده است. بنابراین، توصیه می‌شود در تدوین سیاست‌های مقابله با شدت انتشار، روی بخش خدمات تمرکز ویژه‌ای صورت گیرد. این تمرکز هم باید روی میزان استفاده از انرژی باشد و هم ترکیب حامل‌های انرژی مورد استفاده را در تیررس خود قرار دهد.
- در فرآیند تغییر آهسته قیمت حامل‌های انرژی با هدف کاهش یارانه انرژی توصیه می‌شود میزان پتانسیل حامل‌های انرژی در انتشار آلودگی نیز در فرآیند تعیین قیمت دخالت داده شود تا ترکیب مصرف انرژی به سوی ترکیب حاوی آلاینده‌ی کمتر، سوق پیدا کند.
- روش تحلیل تجزیه و رگرسیون الزاماً رقیب یکدیگر نیستند و ضعف محدود بودن تعداد متغیرها و غیرآمارایی بودن تحلیل تجزیه با تحلیل رگرسیون قابل رفع است. همچنین محدودیت‌هایی مانند هم‌خطی متغیرها در روش تحلیل تجزیه مطرح نیست؛ از این رو، توصیه می‌شود این دو روش تحلیل به‌صورت مکمل استفاده شود.

## تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

## ORCID

Fazlollah Ghaffarian



<https://orcid.org/0000-0002-9390-5065>

Zakariya Farajzadeh



<https://orcid.org/0000-0002-5971-947X>

## منابع

- ابونوری، عباسعلی و نیکبان، آزاده. (۱۳۸۸). عوامل موثر بر شدت انرژی به روش دیویزیو: مطالعه موردی سیمان تهران. *مدل سازی اقتصادی*، ۷، ۷۷-۹۲.
- اسدپور، احمدعلی. (۱۳۹۶). اثر آزاد سازی تجاری بر رشد اقتصادی شهرهای ایران ۱۳۹۳-۱۳۶۰. *جغرافیایی سرزمین*، ۵۵، ۱۷-۳۶.
- امینی، علیرضا و مرادزاده، سلاله. (۱۳۹۴). تحلیل تاثیر آزادسازی تجاری بر نرخ بیکاری: (مطالعه موردی کشورهای منتخب در حال توسعه). *فصلنامه علوم اقتصادی*، ۹، ۷۷-۹۳.
- آرمن، سید عزیز و تقی زاده، سمیرا. (۱۳۹۲). بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه ای ایران. *اقتصاد انرژی ایران*، ۸، ۱-۲۰.
- باستانزاد، حسین و نیلی، فرهاد. (۱۳۸۴). تحلیل سیاستی قیمت گذاری حامل های انرژی در اقتصاد ایران. *تحقیقات اقتصادی*، ۶۸، ۲۲۶-۲۰۱.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۹۶). پایگاه اطلاعاتی بانک مرکزی. بانک اطلاعات سری های زمانی، بازیابی شده از <http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx>
- برقی اسکویی، محمدمهدی. (۱۳۸۷). آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه ای در منحنی زیست محیطی کوزنتس. *تحقیقات اقتصادی*، ۸۲، ۱-۲۱.
- بهبودی، داوود، فلاحی، فیروز، و برقی گلعداتی، اسماعیل. (۱۳۸۹). عوامل اقتصادی و اجتماعی موثر بر سرانه انتشار دی اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶). *تحقیقات اقتصادی*، ۹۰، ۱-۱۷.
- شریفی، علی مراد، صادقی، مهدی، نفر، مهدی، و دهقان شبانی، زهرا. (۱۳۸۷). تجزیه شدت انرژی در ایران. *پژوهش های اقتصادی ایران*، ۳۵، ۷۹-۱۱۰.
- عزیزی، زهرا، فریدزاد، علی، و خورسندی، مرتضی. (۱۳۹۴). نقش قیمت در اثر گذاری غیر خطی عوامل موثر بر شدت انرژی در ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۱۷، ۹۸-۶۷.
- فرج زاده، زکریا. (۱۳۹۱). *اثرات زیست محیطی و رفاهی اصلاح سیاست های تجاری و انرژی در ایران* (پایان نامه دکتری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران).
- فرج زاده، زکریا. (۱۳۹۴). شدت انرژی در اقتصاد ایران: اجزا و عوامل تعیین کننده. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۱۵، ۹۸-۵۵.

انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده ... | غفاریان | ۱۲۵

موسویان، سیدمهدی، تکانلو کریمی، زهرا، صادقی، سید کمال، و محسن پور عبادالهیان، کوچ. (۱۳۹۷). بررسی اثر مخارج دولت و سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای استان‌های ایران: رویکرد اقتصادسنجی فضایی. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲۸، ۱۵۷-۱۸۴.

وزارت نیرو. (۱۳۹۶). دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی بانک اطلاعات انرژی. ترازنامه انرژی.

## References

- Abounoori, A., & Nikban, A. (2009). A Research on Factors, Affecting Intensity of Energy Use, based on DIVISIA Model. *Economic Modelling*, 3(1(7)), 77-92. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=198794>. [In Persian]
- Acheampong, A. O., & Boateng, E. B. (2019). Modelling carbon emission intensity: Application of artificial neural network. *Journal of Cleaner Production*, 225, 833-856.
- Alam, S., Fatima, A., and Butt, M. S. (2007). Sustainable development in Pakistan: the context of energy consumption demands and environmental degradation. *Journal of Asian Economics*, 18, 825-837.
- Amini, A., & Moradzadeh, S. (2015). Analyze The Impact of Trade Liberalization on Unemployment: A Case Study of Selected Developing Countries. *Journal of Financial Economics (Financial Economics and Development)*, 9(31), 77-93. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=518485>. [In Persian]
- Andersson, F. A., & Karpestam, P. (2013). Co<sub>2</sub> emissions and economic activity: Short-and long-run economic determinants of scale, energy intensity and carbon intensity. *Energy Policy*, 61, 1285-1294.
- Ang, B.W. (2015). LMDI decomposition approach: A guide for implementation. *Energy Policy*, 86, 233-238.
- Armen, S., Taghizadeh, S. (2013). Assessment of Effective Factors on Energy Intensity in Iran's Industrial Manufacturing. *Iranian Energy Economics*, 2(8), 1-20. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=393326>. [In Persian]
- Assadpour, A. (2017). The effect of trade liberalization on the economic growth of Iranian cities (1981-2014). *Geographical Journal of Territory*, 14(55), 17-36. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=664221>. [In Persian]
- Azizi, Z., Faridzad, A., Khorsandi, M. (2016). The Role of Price on the Nonlinear Effectiveness of Energy Intensity Determinants in Iran. *Iranian Energy Economics*, 5(4), 67-98. doi: 10.22054/jiee.2017.7166. [In Persian]

- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Barghi Oskouei, M. (2008). The Impact of Trade Liberalization on the Greenhouse Gases (CO<sub>2</sub>Emission) in EKC. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 43(1), 1-21. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=113358>. [In Persian]
- Bastanzad, H., & Nili, F. (2005). Policy Goals of Setting Prices of Energy Carriers in IRANs Economy. *Tahghighat-E-Eghtesadi*, (68), 201-226. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=22017>. [In Persian]
- Behbudi, D., Fallahi, F., Barghi, E. (2010). The Economical and Social Factors Effecting on CO<sub>2</sub> Emission in Iran (1976-2004). *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 90(45), 1-17.
- Central bank of Islamic Republic of Iran. (1396). Central Bank Database. Time series database. Retrieved from <http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx>
- Chen, W., Meng, J., Han, X., Lan, Y., & Zhang, W. (2019). Past, present, and future of biochar. *Biochar, 1*, 75-87.
- Dong, F., Yu, B., Hadachin, T., Dai, Y., Wang, Y., Zhang, S., and Long, R. (2018a). Drivers of carbon emission intensity change in China. *Resources, Conservation and Recycling, 129*, 187-201.
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., and Liao, H. (2018b). CO<sub>2</sub> emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics, 75*, 180-192.
- Fan, Y., Lui, L. C., & Wu, G. (2006). Analyzing impact factors of CO<sub>2</sub> emission using STIRPAT model. *Environmental Impact Assessment Review, 4*, 377– 395.
- Farajzadeh, Z. (2018). Emissions tax in Iran: Incorporating pollution disutility in a welfare analysis. *Journal of Cleaner Production, 186*, 618-631.
- Farajzadeh, Z., and Bakhshoodeh, M. (2015). Economic and environmental analyses of Iranian energy subsidy reform using Computable General Equilibrium (CGE) Model. *Energy for Sustainable Development, 27*, 147-154.
- Farajzadeh, Z., and Nematollahi, M. A. (2018). Energy intensity and its components in Iran: Determinants and trends. *Energy Economics, 73*, 161-177.
- Farajzadeh, Z., Zhu, X., and Bakhshoodeh, M. (2017). Trade reform in Iran for accession to the World Trade Organization: Analysis of welfare and environmental impacts. *Economic Modelling, 63*, 75-85.

- Farajzadeh, Z. (2016). Energy Intensity in the Iranian Economy: Components and Determinants. *Iranian Energy Economics*, 4(15), 55-98. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=607018>. [In Persian]
- Farajzadeh, Z. (2012). Environmental and Welfare Impacts of Trade and Energy Policy Reform in Iran. Ph.D. Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran. [In Persian]
- Han, X., Cao, T., & Sun, T. (2019). Analysis on the variation rule and influencing factors of energy consumption carbon emission intensity in China's urbanization construction. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117-958.
- Herrias, M., Caudros, A., & Orts, V. (2013). Energy intensity and investment ownership across Chinese province. *Energy Economics*, 36, 286-298.
- Jones, D. (1991). How urbanization affects energy-use in developing countries. *Energy Policy*, 19(7), 621-630.
- Lin, S., Zhao, D., & Marinova, D. (2009). Analysis of the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub>: Evidence from pooled Mean Group. *Economic Letters*, 82(1), 121-126.
- Marrero, G. (2010). Greenhouse gases emissions, growth and energy mix in Europe. *Energy Economics*, 32, 1356-1363.
- Mousavian, S., Karimi Takanlu, Z., sadeghi, S., Pourebaddollahan Covich, M. (2018). Energy Intensity in Iranian Provincial Manufacturing Industries; Investigating the Effects of Government Expenditures and Foreign Direct Investment Using Spatial Econometric Models. *Iranian Energy Economics*, 7(28), 157-184. doi: 10.22054/jiee.2019.9842. [In Persian]
- Pan, X., Kamal Uddin, Md., Ai, B., Pan, X., & Saima, U. (2019). Influential factors of carbon emission intensity in OECD countries: Evidence from symbolic regression. *Journal of Cleaner Production*, 220, 1194-1201.
- Poumanyong, P., and Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO<sub>2</sub> emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70, 434-444.
- Rodríguez, M., & Pena-Boquete, Y. (2017). Carbon intensity changes in the Asian dragons: Lessons for climate policy design. *Energy Economics*, 66, 17-26.
- Sharifi, A., Sadeghi, M., Nafar, M., dehghan shabani, Z. (2008). Decomposition of Energy Intensity in the Iranian Manufacturing Industries. *Iranian Journal of Economic Research*, 11(35), 79-110. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=143817>. [In Persian]

- Shahbaz, M., Shahzad, S.J.H., Ahmad, N., and Alam, S. (2016). Financial development and environmental quality: The way forward. *Energy Policy*, 98, 353-364.
- Song, F., & Zheng, X. (2012). What drives the change in China energy intensity: Combining decomposition analysis and econometric analysis at the provincial level. *Energy Policy*, 51, 445-453.
- Taylor, L., Rezaei, A., Kumar, R., Barbosa-Filho, N. H., & Carvalho, L. (2014). Wage increase, transfers, and the socially determined income distribution in the USA. *Working papers Series 11*, Institute for New Economic Thinking.
- Tsai, S.F. (2014). Analysis of influencing factors on regional carbon emission intensity in China-based on empirical research with provincial panel data. *Journal of Sustainable Development*, 7 (3), 83-95.
- Wang, C., Chen, J., and Zhou, J. (2005). Decomposition of energy-related CO<sub>2</sub> emission in China. *Energy Economics*, 30, 73-83.
- Wang, H., Ang, B.W., and Su, B. (2017). Assessing drivers of economy-wide energy use and emissions: IDA versus SDA. *Energy Policy*, 107, 585-599.
- Wang, J., and Zhang, K. (2014). Convergence of carbon dioxide emissions in different sectors in China. *Energy*, 65, 605-611.
- Wang, Q., Wu, S. D., Zeng, Y., and Wu, B. (2016). Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO<sub>2</sub> emissions in different provinces of China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1563-1579.
- Wei, Y.M., Liu, L.C., Fan, Y., and Wu, G. (2008). *China Energy Report: CO<sub>2</sub> Emissions Research*. Science Press, Beijing, China.
- World Bank, (2016). *Data*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?locations=1W>
- World Bank, (2018a). *Data*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?locations=IR>
- World Bank, (2018b). *Data*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?locations=IR-1W>.
- World Bank, (2019). *Data*. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=OE>
- Wu, L., Kaneko, S., and Matsuoka, S. (2005). Driving forces behind the stagnancy of China's energy-related CO<sub>2</sub> emissions from 1996 to 1999: The relative importance of structural change, intensity change and scale change. *Energy Policy*, 33, 319-335.



- York, R., Rosa, E.A., and Dietz, T. (2003a). Footprints on the earth: The environmental consequences of modernity. *American Sociological Review*, 68 (2), 279-300.
- York, R., Rosa, E.A., and Dietz, T. (2003b). STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351-365.
- Yu, S., Hu, X., & Fan, J. L. (2018). Convergence of carbon emissions intensity across Chinese industrial sectors. *Journal of cleaner production*, 194, 179-192.
- Zhang, C., Su, B., Zhou, K., & Yang, S. (2019). Decomposition analysis of China's CO<sub>2</sub> emissions (2000–2016) and scenario analysis of its carbon intensity targets in 2020 and 2030. *Science of Total Environment*, 668, 432-442.
- Zhang, P., & Hao, Y. (2020). Rethinking China's environmental target responsibility system: Province-level convergence analysis of pollutant emission intensities in China. *Journal of Cleaner Production*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118472>.

**استناد به این مقاله:** غفاریان، فضل‌الله، فرح‌زاده، زکریا. (۱۳۹۹). انتشار آلاینده‌ها از مصرف انرژی: تجزیه شدت انتشار و عوامل تعیین کننده (مطالعه موردی: ایران) پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۳۵ (۱۰)، ۹۷-۱۲۹.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

