

## Investigating the effect of industrial concentration on carbon dioxide emissions in Iran's industrial sector

**Mehran Mohammadi**

Master's student of Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan. Sanandaj, Iran

**Fateh Habibi\***

Associate Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan. Sanandaj, Iran

**Saman Ghaderi**

Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan. Sanandaj, Iran

### Abstract

Industrialization is the engine of economic growth on the one hand, and on the other hand, it has the greatest effect on carbon dioxide emissions. According to the economic literature, one of the most important factors in the emission of air pollutants is industrialization and the production structure in the industrial sector. Determining the structure of the industry that minimizes the emission of carbon dioxide per unit of production is one of the most important issues for the present study. The problem of the present study is the answer to the question of whether industrial concentration has a significant effect on carbon dioxide emissions. As industries become more concentrated, on the one hand, following the competition to gain more market share, it is expected that the emission of pollutants will decrease due to greater energy efficiency. Moreover, industries have a lot of correlation with each other, therefore, they can help each other in supplying inputs and reduce the cost of supplying them and reduce the amount of carbon dioxide emitted. It is possible that according to the conditions, the second effect prevails over the first effect, and the level of pollutants emissions and carbon dioxide emissions is reduced. Considering the country's industrial context and the fact that competition is not an optimal component in the country's

\* Corresponding Author: [f.habibi@uok.ac.ir](mailto:f.habibi@uok.ac.ir)

**How to Cite:** Mohammadi, M., Habibi, F., & Ghaderi, S. (2022). Investigating the effect of industrial concentration on carbon dioxide emissions in Iran's industrial sector. *Journal of Economic Policies and Research*, 1 (3): 1-30.

industry, it is not possible to judge the effect of industrial concentration on carbon dioxide emissions. In addition, the second important issue for the current research is to know about the factors affecting carbon dioxide emissions, such as energy intensity, population, and gross domestic product. The model of this paper in equation (1) is based on Aksu and Lin (2018).

$$I_t = aP_t^b A_t^c T_t^d e_t \quad (1)$$

In equation (1), b, c, and d are the effect coefficients of the pollution on the variables P, A, and T. Moreover,  $e_t$  is the random error component and a is the constant. This type of model has been used in several studies, including Aksu and Lin (2018), and Chen and Ji (2018). Furthermore, equation (1) has been expanded in equation (2), therefore, in equation (1); P is population (POP), A is Gross Domestic Product (GDP), and T is energy intensity (EI) which is equal to the ratio of energy consumption to GDP. However, according to the main purpose of this paper, industrial concentration (CONC) is used as one of the impactful factors on carbon dioxide emission based on the study of Lee et al (2021). Therefore, equation (2) is the main model to investigate the factors affecting carbon dioxide emission in Iran.

$$CO2_{it} = f(POP, GDP, GDP2, EI, CONC) \quad (2)$$

Likewise, the estimation method of the model is based on consolidated data. The results of the estimations show that with an increase of one percent in the population, the amount of carbon dioxide emissions increases by 0.303% because the percentage of changes in carbon dioxide emissions is less than the percentage of population changes, so the discussion of economies of scale in Urban transportation and the use of the public transportation system are discussed, because as the population density increases in an economy, the efficiency of using public transportation increases and therefore the per capita emission of carbon dioxide decreases significantly. The effect of real per capita production on per capita carbon dioxide emissions is positive and statistically significant so that with a one percent increase in real per capita GDP, carbon dioxide emissions increase by 0.614 percent. As a result, with the increase in energy consumption, the emission of carbon dioxide increases. Also, the use of technologies that are not efficient enough causes the increase in GDP to increase the emission of carbon dioxide, which can be solved to a large extent with the advancement of technology. As much as the level of economic growth increases in a society, the need for energy as one of the most important production inputs increases, and therefore energy consumption increases, and the emission of pollutants increases. The

positive effect of production due to the positive effect of energy consumption on economic growth and providing higher economic growth is acceptable in terms of economic theories, but according to Kuznets' environmental hypothesis, with the increase in economic growth, carbon dioxide emissions first increase, and then with a further increase Economic growth reduces carbon dioxide emissions. Based on the evidence of the present study in the provinces of Iran, the square of economic growth has a positive effect on economic growth, and with the increase of economic growth, the emission of carbon dioxide increases more. Also, with a one percent increase in energy consumption, the amount of carbon dioxide emitted will increase by 1.017 percent. This amount of increase in emitted carbon dioxide indicates the inefficiency of production in the economy and the lack of application of superior technology. The results of the estimation of the model using the fixed effects method show that the population has a positive and significant effect on the emission of carbon dioxide, and this result implies an increase in energy consumption with an increase in the population and is justified based on logical principles, with an increase in the population, the amount of demand for transportation and the demand for high-energy products increases, and this situation causes an increase in carbon dioxide emissions. In this regard, GDP has a positive and significant effect on the emission of carbon dioxide, and with an increase in GDP, the amount of energy required as one of the main production inputs to provide higher GDP growth increases, and therefore the emission of pollutants increases. Finds. But to check the environmental hypothesis of Kuznets, the squared effect of GDP is also positive and statistically significant, and therefore, with a further increase in GDP, the emission of carbon dioxide increases more. Based on the obtained evidence, environmental issues are not very important in Iran's economy, and what is vital for Iran's economy is economic growth and achieving a higher level of production. This is even though according to Kuznets' environmental hypothesis, with an increase in GDP to a threshold level, the emission of pollutants should be reduced, and the research results do not confirm Kuznets' environmental hypothesis for Iran.

**Keywords:** Industrial Concentration, Carbon Dioxide Emissions, Panel Data, Provinces of Iran

**JEL Classification:** D<sub>21</sub>, O<sub>33</sub>, Q<sub>49</sub>, Q<sub>53</sub>

**بررسی اثر تمرکز صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش صنعت ایران**

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم

انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

دانشیار علوم اقتصادی، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی،

دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

استادیار علوم اقتصادی، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی،

دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

id **مهران محمدی**

\* id **فاتح حبیبی**

id **سامان قادری**

**چکیده**

صنعتی شدن از یک طرف موتور رشد اقتصادی است و از طرف دیگر بیشترین اثر را در انتشار دی-اکسید کربن دارد. براساس ادبیات اقتصادی، یکی از مهم‌ترین عامل‌های مهم در انتشار آلاینده‌های هوا، صنعتی شدن و ساختار تولید در بخش صنعت می‌باشد. بر این اساس هدف از این تحقیق، بررسی اثر تمرکز صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن است. این تحقیق با استفاده از الگوی اقتصادسنجی پانل دیتا، برای ۳۰ استان طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۰ انجام شده است. بررسی شاخص تمرکز صنعتی در سطح استانی در دوره زمانی مورد مطالعه، نشان می‌دهد بیشترین مقدار مربوط به استان بوشهر با ۰/۶۶ و کمترین مقدار مربوط به استان قزوین با ۰/۱۸ بوده است. علاوه بر این در سطح کشور این شاخص از مقدار ۰/۱۱۰ در سال ۱۳۹۰ به مقدار ۰/۱۱۴ در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهد که تمرکز صنعتی، شدت انرژی، جمعیت و تولید ناخالص داخلی اثر مثبت و معنی داری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. با توجه به نتایج تحقیق تنوع‌سازی فعالیت‌های صنعتی در استان‌های ایران براساس مزیت منطقه‌ای و استفاده از تکنولوژی‌های جدید تولید برای کاهش شدت مصرف انرژی و بنابراین کاهش انتشار آلاینده‌ها توصیه می‌گردد.

**کلید واژگان:** تمرکز صنعتی، انتشار دی‌اکسید کربن، داده‌های پانل، استان‌های ایران

**طبقه‌بندی JEL:** D21, O33, Q49, Q53

## مقدمه

دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار از مهم‌ترین اهداف اقتصادی برای هر کشور می‌باشد. دست‌یابی به رشد اقتصادی بالاتر، نیازمند استفاده بیشتر از نهاده‌های تولیدی از قبیل انرژی است لذا همراه با افزایش مصرف انرژی، آلاینده‌های زیست‌محیطی به‌عنوان جزء لاینفک توسعه اقتصادی افزایش یافته و کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد. نیاز فزاینده جوامع به انرژی، به‌دلیل جانشینی نیروی ماشین به‌جای نیروی انسانی خصوصا در بخش صنعت و استفاده از تکنولوژی‌های انرژی‌بر، موجب شده‌است تا انرژی در بخش صنعت، نقش ویژه داشته و در رشد و ارتقاء سطح اقتصادی نقشی محوری را بازی کند. اما هم‌چنان تمام نگاه‌ها به‌سمت انرژی فسیلی است و هزینه بالا باعث شده به‌سمت انرژی‌های جایگزین تمایلی وجود نداشته‌باشد. کمبود سوخت‌های فسیلی و مسائل زیست‌محیطی ناشی از آن و تغییراتی که در آب‌وهوا ایجاد می‌کند باعث شده‌است در افق بلندمدت وجود برنامه‌ای جهت استفاده از انرژی‌های جایگزین ضروری باشد. افزایش تمرکز صنعت از یک طرف به علت ایجاد صرفه‌های مقیاس و بهبود رقابت برای ایجاد یک وضعیت انحصاری به‌واسطه کارایی تولید بیشتر باعث استفاده کارآمد از انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به ازای سطح ثابتی از تولید می‌شود (Chen, Chen & Jin, 2018). از طرف دیگر با افزایش تمرکز صنعتی در یک منطقه خاص زنجیره تامین نهاده‌های تولید با عدم کارایی همراه خواهد بود بنابراین انتشار آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. لذا هر چه وابستگی صنایع در تامین نهاده‌ها بالاتر باشد کاهش تمرکز صنعتی اثر مطلوب‌تری را بر کاهش انتشار آلاینده‌ها دارد. بر همین اساس بررسی اثر تمرکز صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن برای تعیین ساختار بهینه صنعت در جهت کاهش اثرات جانبی منفی توسعه صنعتی مهم است.

بر اساس شواهد آماری، بخش صنعت سهم به‌سزایی را در انتشار دی‌اکسید کربن دارد، طوری که سهم صنعت در انتشار دی‌اکسید کربن از رقم ۱۵/۸ درصد در سال ۱۳۸۸ به مقدار ۱۷/۱۸ درصد در سال ۱۳۹۶ افزایش یافته‌است و سهم بالایی را در ایجاد اثرات جانبی منفی بر محیط زیست دارد. در واقع اگرچه صنعتی شدن باعث افزایش رشد و توسعه اقتصادی می‌شود، اما انتشار

آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی باعث کاهش کیفیت زندگی می‌شود (Goli & Safari, 2016). بنابراین برای برخورداری از مزایای مثبت توسعه صنعت، باید اثرات جانبی منفی رشد صنعت به حداقل ممکن کاهش یابد. یکی از عواملی که می‌تواند نقش به‌سزایی را در کاهش انتشار آلاینده‌ها به‌ازای سطح ثابتی از تولید داشته‌باشد، تعیین ساختار بهینه و توزیع جغرافیایی فعالیت‌های صنعتی به‌صورتی است که دارای کمترین اثرات جانبی منفی باشد.

تعیین ساختاری از صنعت که انتشار دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر واحد از تولید را به حداقل کاهش دهد، یکی از مهم‌ترین مسائل برای مطالعه حاضر است. در واقع مسئله مطالعه حاضر پاسخ به این سوال است که آیا تمرکز صنعتی اثر معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. هرچه تمرکز صنایع بیشتر شود، از یک‌سو به‌دنبال رقابتی که برای کسب سهم بیشتری از بازار درمی‌گیرد، انتظار بر این است که میزان انتشار آلاینده‌ها به‌دلیل کارایی بیشتر انرژی کمتر شود. هم‌چنین با توجه به اینکه صنایع دارای همبستگی فراوانی با یکدیگر هستند می‌توانند درخصوص تامین نهادها به یکدیگر کمک نمایند و هزینه تامین آن را کمتر کرده و مقدار دی‌اکسیدکربن منتشرشده را کاهش دهند. امکان دارد با توجه به شرایط اثر دوم بر اثر اول غالب شده و میزان انتشار آلاینده‌ها و انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش یابد. نظر به بافت صنعتی کشور و اینکه رقابت، مولفه‌ای بهینه در صنعت کشور نمی‌باشد، درخصوص نتیجه اثر تمرکز صنعتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن نمی‌توان قضاوت نمود. علاوه بر این دومین مسئله مهم برای پژوهش حاضر، شناخت نسبت به عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن از قبیل شدت انرژی، جمعیت و تولید ناخالص داخلی است.

### پیشینه پژوهش

#### پیشینه داخلی

در پژوهشی (Fotros & Baraty, 2014) برای اقتصاد ایران در بازه زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۹ و روش‌های تجزیه دیویژن‌پای میانگین لگاریتمی و حسابی ثابت می‌کنند که فعالیت اقتصادی، رشد جمعیت و تغییرات ساختاری بیشترین تاثیر را بر رشد انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل‌ونقل داشته‌اند و شدت انرژی نقشی کاهشی در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌است.

در مطالعه دیگری (Amiri, Saedpour & Kalantary (2015) با استفاده از رهیافت داده‌های پانلی و شواهد آماری کشورهای عضو منا برای دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۸۰ نشان می‌دهند که درجه بازبودن و درآمد سرانه منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

هم‌چنین (Delangizan, Rezaei & Baharipour (2016) در مطالعه‌ای برای بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ و رهیافت حداقل مربعات پایدار نشان می‌دهند که شهرنشینی موجب تنزل میزان انتشار آلاینده‌ها در زیر بخش بنزین شده و موجب افزایش آن در دیگر زیربخش‌های حمل و نقل شده- است. در همین راستا Haghghat, Shokri, Khodaverdizadeh & Khodaverdizadeh (2017) با استفاده از رهیافت رگرسیون انتقال ملایم پانلی و شواهد آماری کشورهای منتخب اسلامی نشان می‌دهند که با افزایش درآمد سرانه، انتشار دی‌اکسید کربن افزایش یافته و این کشورها قسمت نزولی منحنی را تجربه نمی‌کنند.

هم‌چنین (Bahrami, Ramezani, Heydarzadeh, & Poursaghar Sangachin (2018) در مطالعه‌ای برای ایران در دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۶۵ با استفاده از رهیافت رگرسیون چندمتغیره نشان می‌دهند که افزایش یک انحراف معیار در متغیرهای تولید ناخالص، جمعیت و شهرنشینی به- ترتیب دارای ضریب تاثیر ۰/۹۰۷، ۱/۳۵۹ و ۱/۲۴۷- بر متغیر دی‌اکسید کربن هستند. هم‌چنین (Karimi & Hasanvand (2021) منحنی زیست‌محیطی را در استان‌های ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۴ با استفاده از رهیافت داده‌های پانل مورد تحقیق قرار می‌دهند، نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به ترتیب اثر مثبت و منفی معنی‌داری بر انتشار دی- اکسید کربن دارند و هم‌چنین شدت انرژی مصرفی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

نتایج مطالعه (Goli, Argha & Mehnatfar (2020) با عنوان اثر تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی صنعت ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ نشان داد که تمرکز صنعتی، اثر منفی و معناداری بر کارایی انرژی دارد، و مخارج تحقیق و توسعه، قیمت انرژی و سرمایه انسانی اثر مثبت و معناداری بر کارایی انرژی دارد. و در آخر (Khodadadi, Pahlavani, & Hossein Zadeh (2022) در

مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییر ساختار صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اثر تولید ناخالص داخلی سرانه بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت و معنادار می‌باشد. تأثیر شدت انرژی و جمعیت بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت و معنادار است. تاثیر تغییرات ساختار صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن منفی و معنی‌دار نبوده‌است.

#### پیشینه خارجی

عوامل تاثیرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های چین عنوان تحقیق Wang, Chen, Kang, Li & Guo (2018) بود که با استفاده از رهیافت رگرسیون وزنی جغرافیایی برای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۸، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۵ انجام شد، نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که شهرنشینی مهم‌ترین عامل افزایش انتشار دی‌اکسید کربن است هم‌چنین شدت انرژی اثر معنادار و مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

در این راستا (Gorus, & Aydin (2019) با استفاده از شواهد آماری کشورهای منا در دوره ۱۹۷۵-۲۰۱۴ نشان می‌دهند که علیتی بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن وجود ندارد اما علیتی یک‌طرفه از مصرف انرژی به انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت وجود دارد. هم‌چنین (Zhang, Rong, Qin, & Ji (2019) با استفاده از شواهد آماری برای صنایع شیمیایی زغال-سنگ برای دوره زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۵ نشان می‌دهند که رشد اقتصادی و شدت انرژی اثر مثبت و ساختار صنعت اثر منفی و معناداری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

اثر تجمع صنعتی بر کارایی توسعه سبز ۳۴ شهر شمالی چین توسط Guo, Tong, & Mei (2020) برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۳ مورد بررسی قرار گرفت، آن‌ها برای مطالعه خود از رهیافت توبیت استفاده کردند، نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که بین تجمع صنعتی و کارایی توسعه سبز نوعی رابطه U شکل وجود دارد، توسعه اقتصادی بیشترین اثر مثبت و قوانین محیط بیشترین اثر منفی را بر توسعه سبز دارد.



در مطالعه‌ای دیگر (Dong, Yu, Hadachin, Dai, Wang, Zhang & Long (2020) تعیین کننده‌های انتشار دی‌اکسید کربن را در کشورهای منتخب برای دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۷ با استفاده از شاخص دی‌ویژیا را مورد بررسی قرار می‌دهند، نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که در کشورهای با درآمد پایین، رشد جمعیت از جمله مهم‌ترین عامل انتشار دی‌اکسید کربن است. علاوه بر این در کشورهای با درآمد بالا، کاهش در شدت انرژی عامل اصلی برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن است. هم‌چنین (Li, Xu & Yao (2021) در مطالعه‌ای برای ۲۶۱ شهر کشور چین در دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۸ اثر تجمیع صنعتی را بر انتشار مه با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی پانل فضایی بررسی کردند، نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که تجمیع صنعتی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی مه دارد و اثر غیرمستقیم بیش از اثرات مستقیم تجمیع صنعتی است. علاوه بر این تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت و معجزور آن اثر منفی و معناداری را بر آلودگی مه دارد.

### مبانی نظری

#### تمرکز صنعتی و انتشار دی‌اکسید کربن

فرآیند صنعتی‌شدن را می‌توان از سه جهت مهم ارزیابی نمود: اول آن که صنعت به‌عنوان یک زیرمجموعه از کلیت اقتصاد، درآمد اقشار مختلف جامعه را با رشد و توسعه خود افزایش می‌دهد. ثانياً به‌عنوان بستر تحولات فناوری، از طریق ابداع روش‌ها و ساخت ابزارهای جدید تولید، بهره‌وری را در سایر بخش‌های اقتصادی افزایش می‌دهد. به‌نحوی که استفاده از ابزارها و تجهیزات نوین تولید در بخش ساختمان، کشاورزی و خدمات درآمد حاصله از این بخش‌ها را نیز افزایش می‌دهد. ثالثاً توسعه صنعت، منوط به افزایش توانایی و مهارت علمی و فنی نیروی انسانی است که افزایش سطح دانش، خود باعث حصول درآمد بیشتر می‌گردد. با افزایش میزان درآمد، تقاضای محصولات متفاوت صنعتی و خدماتی بیشتر می‌شود که خود موجب ایجاد مشاغل مختلفی می‌شود که ارتباط تنگاتنگی باهم داشته و به‌طور چندجانبه از یکدیگر حمایت می‌کنند. بدین‌صورت

توسعه بخش صنعت باعث توسعه جوامع می‌گردد ( Delangizan, Khanzadi & Heidarian, 2015).

تمرکز جغرافیایی صنعت به معنای پراکندگی بنگاه‌ها و واحدهای تولیدی در بین مناطق مختلف کشور و میزان ارتباط واحدهای صنعتی با یکدیگر قابل تعریف است. تمرکز صنعتی به دلیل ایجاد صرفه مقیاس در بهبود زیربنای اقتصادی، شرایط را برای سرریز دانش و تکنولوژی بین واحدهای تولیدی و ایجاد رقابتی موثر در جهت بهره‌وری بالاتر برای کسب سهم بازاری بیشتر را فراهم می‌کند، بنابراین مناطقی که دارای تمرکز بالا هستند، به طور نسبی دارای کارایی بالاتر در تخصیص نهاده‌ها هستند و بنابراین کارایی انرژی بیشتری را نیز تجربه می‌کنند ( Li, Lei, Wu, He, Chen, & Yan, 2018).

درواقع منظور نظریه‌های مکان‌یابی یک مدل تعادل عمومی را ارائه نمایند، بنابراین با به تعادل رسیدن تمام عوامل اقتصادی یک ساختار کارآمد از فعالیت‌های صنعتی در بین مناطق مختلف به وجود می‌آید. مدل کروگمن نسخه‌ای فضایی از مدل رقابت انحصاری دیکزیت-استیگلیتز است. وی برای تبدیل مدل فوق به یک مدل فضایی هزینه‌های مبادله را وارد آن می‌کند. پارامترهای مدل کروگمن همان خصوصیتی را دارند که نظریه‌های مکان‌یابی در بخش صنعت به آن توجه دارند که از آن جمله سهم کالاهای تولید بخش صنعتی در تقاضای کل کالاها از طرف خانوارها، بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس و هزینه حمل و نقل است (Krugman, 1991). یکی از مولفه‌های مهم در استقرار بنگاه‌ها در یک منطقه هزینه حمل و نقل است. کاهش هزینه‌های حمل و نقل و مجاورت در مدل‌ها، باعث رقابت بیشتر، افزایش ابداعات و سرعت بیشتر انتشار فناوری می‌گردد و بهره‌وری را افزایش خواهد داد. بنگاه‌ها و کارگران متمایل به سمت مناطق با بهره‌وری بالاتر خواهند شد و رقابت متعاقب آن باعث افزایش بهره‌وری می‌شود. بنابراین چرخه‌ای بنیان نهاده می‌شود که آخرین ثمره آن توزیع نابرابر فعالیت‌ها و اختلافات در درآمد فضایی است ( Venables, 2006). نکته قابل توجه آن است که اگرچه رابطه مجاورت- بهره‌وری نیرویی است که میل به خوشه‌ای شدن فعالیت‌ها در یک مکان را ایجاد می‌نماید، ولی نیروهای پراکندگی هم درخصوص

استقرار بنگاه‌ها موثر هستند. وجود دستمزدهای بالا در مناطق با بهره‌وری بالا، افزایش رقابت در بازار محصول، افزایش هزینه رفت‌وآمد و ازدحام و شلوغی (به دلیل تمرکز فعالیت‌ها) اثر پراکنش دارند (Shahnazi, & Dehghan Shabani, 2016).

انرژی یکی از مهمترین نهاده‌ها برای تولید در اقتصاد است، مصرف انرژی دارای دو اثر متناقض بر رفاه اقتصادی است، از یک طرف مصرف انرژی باعث افزایش سطح تولید شده و از طرف دیگر باعث افزایش آلودگی می‌شود، بنابراین هرچه اثرات جانبی منفی ناشی از سیاست توسعه رشد کمتر باشد، رفاه اقتصادی بیشتر افزایش می‌یابد. تغییرات کیفیت محیط زیست نمودی از اثرات جانبی منفی فرآیندهای رشد اقتصادی است، بنابراین بسته به نوع تکنولوژی تولید، خالص اثر مصرف انرژی بر رفاه ممکن است، مثبت باشد. متفاوت بودن انرژی برای هر کدام از بخش‌های اقتصادی باعث شده است که میزان انتشار دی‌اکسید کربن تحت تاثیر رونق بخش‌های اقتصادی باشد. توسعه بخش صنعت به عنوان بخش اقتصادی پیشرو، همواره یکی از سیاست‌های موثر در جهت افزایش رشد اقتصادی است. یعنی توسعه صنعتی از یک طرف مسیر توسعه اقتصادی یک کشور را سرعت می‌بخشد و از سوی دیگر منشاء آلودگی محیط زیست است. تمرکز یا به عبارتی ساختار توزیع فضایی صنعت به عنوان ساختار بهینه از تعیین مکان بنگاه‌ها نیز از اهمیت بالایی در تعیین انتشار دی‌اکسید کربن دارد. هر چه تمرکز صنعتی بالاتر باشد از یک طرف رقابت بالاتر بین صنایع باعث افزایش کارایی انرژی و بنابراین کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود و از طرفی به دلیل عدم تکمیل زنجیره تولید، کارایی انرژی کاهش و به‌ازای سطح ثابتی از تولید، میزان انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. بنابراین درجه وابستگی بین صنایع در مقابل رقابت بالقوه بین صنایع وجود دارد، هر چه وابستگی از اهمیت بالاتری برخوردار باشد، تمرکز باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود و بالعکس.

#### رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن

جزء مهمی از انتشار دی‌اکسید کربن به دلیل ماهیت فعالیت‌های اقتصادی و جزء لاینفک رشد اقتصادی است، که در قالب قضیه کوزنتس قابل بررسی است. اما بخش زیادی از انتشار به دلیل

عدم کارایی فعالیت‌های اقتصادی و ناکارایی مصرف انرژی است. عدم وجود زیربنای مناسب شهری برای بهره‌گیری از صرفه مقیاس شهری و شدت انرژی بالاتر به دلیل کیفیت پایین تکنولوژی تولیدی و الگوی ناصحیح مصرف انرژی در سطح خانوار از جمله عواملی هستند که باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در سطح ثابتی از تولید می‌شوند. منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نخستین بار جهت تبیین ارتباط بین نابرابری درآمد و درآمد سرانه به وسیله کوزنتس<sup>۱</sup> در سال ۱۹۵۵ بیان شد. در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ میلادی این مسئله برای بیان ارتباط درآمد سرانه و مولفه‌های آلودگی شامل آلودگی آب و هوا استفاده گردید. براساس این تحقیقات، شاخص آلودگی هوا (دی‌اکسید کربن) با افزایش سطح درآمد سرانه در سطوح درآمدی پایین زیاد می‌شود و بعد از یک درآمد مشخص که موسوم به نقطه بازگشت می‌باشد کاهش پیدا می‌کند. در گام‌های اولیه نیل به توسعه به‌خاطر اهمیت بیشتر رشد، اقتصاد از مولفه محیط زیست که به‌عنوان دارایی در اختیار دارد، استفاده می‌کند. بعد از رسیدن به سطح قابل قبولی از رفاه و کاهش نعمت محیط زیست، از یک سو ارزش دارایی محیط زیست به دلیل کمیابی ارتقاء می‌یابد و از طرف دیگر با این فرض که محیط زیست یک کالای نرمال می‌باشد، افزایش درآمد سرانه تقاضای جامعه از محیط زیست را افزایش می‌دهد به گونه‌ای که در این روند، محیط زیست به یک کالای لوکس مبدل می‌گردد. سازوکارهایی باعث بهبود کیفیت محیط زیست می‌شوند که باعث می‌شود نخست تولیدکنندگان به‌سوی استفاده از فناوری‌های پاک می‌روند و دوماً میل به پرداخت مصرف‌کنندگان برای کالای محیط زیست بیشتر می‌شود و تمایل دارند برای آن مالیات پردازند، مضافاً با گسترش فرآیند جهانی شدن و توافقات زیست‌محیطی بین ممالک مختلف آلودگی روند نزولی می‌گیرد و این همراه با افزایش درآمد به موازات توسعه روند جهانی شدن در میان کشورهای مختلف است. برای نخستین بار گروسمن و کروگر<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۱ یک رابطه از نوع درجه دوم را میان درآمد و بعضی آلاینده‌های محیط زیست پیدا می‌نمایند (Samadi & Yarmohammadian, 2012).

---

1. Cuznetz  
2. Croger

### رابطه جمعیت و انتشار دی‌اکسید کربن

تغییرات جمعیتی مشتمل بر اندازه آن، سن، ترکیب خانوارها و شهری شدن وجود فعل و انفعالات دوسویه بین ساخت جمعیت و تغییرات زیست‌محیطی مانند تغییرات اقلیم، گرم شدن بیشتر زمین، و آلاینده‌گی حکایت دارد. در دو سده اخیر، درآمد، جمعیت و آلودگی پیوسته فزونی یافته‌است. با توجه به سابقه کشورهای توسعه یافته واضح است که توسعه بیشتر در جوامع با جمعیت زیاد، انتشار آلودگی بیشتر (دی‌اکسید کربن) را در پی داشته‌است (Zhu & Peng, 2012). بیردسال در ۱۹۹۲ میلادی دو مکانیزم را جهت بررسی اثر افزایش جمعیت ممالک در حال توسعه بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بیان نموده است. مکانیزم اول مربوط به اثر افزایش جمعیت بر مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد که منبعث از بالا رفتن انرژی مورد تقاضا برای تولید صنعت، برق و حمل و نقل است. مکانیزم دوم اثر بالا رفتن جمعیت بر تولید گازهای گلخانه‌ای از راه فرسایش جنگل‌ها است. هم‌چنین رشد و توزیع جمعیت، برای خدماتی که انرژی زیادی مصرف می‌کنند تقاضا ایجاد می‌کند که در جوامع کم جمعیت این تقاضا محقق نخواهد شد (Sadeghi, Sojoodi & Ahmadzadeh Deljavan, 2016).

### شدت مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن

شدت انرژی مساوی است با انرژی مصرفی تقسیم بر تولید ناخالص داخلی. این شاخص متأثر از مولفه‌هایی مانند شرایط جغرافیایی، اقلیمی و بافت اقتصادی هر مملکت است. از دهه ۵۰ تا به حال در اقتصاد ایران شدت انرژی روندی افزایشی داشته‌است و در بعضی از ادوار فقط از شدت رشد آن کم شده‌است. لازم به ذکر است شدت انرژی نشان‌دهنده بهره‌وری مصرف انرژی در یک اقتصاد، در روند تولید و مصرف می‌باشد. میزان غالب بهره‌وری انرژی و هم‌چنین شدت انرژی مصرف شده نقش به‌سزایی را در تعیین خط‌مشی و راهبردهای انرژی خواهد داشت. شدت انرژی بیشتر به مثابه این است که مبدل نمودن انرژی به تولید قیمت بالاتری خواهد داشت و شدت انرژی کمتر، قیمت کمتر برای تبدیل انرژی به تولید را منعکس می‌نماید. نظر به ساختار و بافت اقتصادی هر کشور مقدار تغییر در شدت انرژی تمایز است. در ممالک پیشرفته سیاست‌گذاری مناسب،

استفاده بهینه از ذخایر انرژی و وضع ضوابط درست فنی و قوانین کارآمد موجب کاهش شدت انرژی خواهد شد و در ممالک در حال توسعه نیز مصرف انرژی در بخش‌هایی غیر از تولید و به-کارگیری ابزار و تکنولوژی ناکارا در بخش‌های تولیدی را می‌شود از علل عمده افزایش شدت انرژی قلمداد نمود (Berglund, & Söderholm, 2006).

#### تمرکز صنعتی و انتشار دی‌اکسیدکربن

فرض اساس در نظریه تمرکز صنعتی این است که عوامل اقتصادی از جمله بنگاه‌ها و نیروی کار همواره عقلایی عمل کرده و از اطلاعات در دسترس به صورت کامل و بهینه استفاده می‌کنند. بر همین اساس هر یک از عوامل فوق سعی می‌کنند تا در جریان تصمیم‌گیری خود، مکان بهینه‌ای را برای انجام فعالیت‌های خود انتخاب کنند. هزینه حمل‌ونقل یکی از پارامترهای مهم در مکان-یابی و استقرار بنگاه‌ها در یک منطقه است. با کاهش هزینه حمل‌ونقل در درون یک منطقه و کاهش فاصله یک منطقه با سایر مناطق، منطقه موردنظر برای استقرار بنگاه‌ها و فعالیت‌های اقتصادی جذاب می‌شود. زیرا کاهش هزینه حمل‌ونقل از یک سو سبب می‌شود اندازه بازار بالقوه برای یک منطقه افزایش یابد و آن منطقه برای بنگاه‌های صنعتی که دارای بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس هستند، جذاب خواهد شد و از سوی دیگر بهبود زیرساخت بین مناطق و هزینه‌های حمل‌ونقل سبب تقویت ارتباطات بازرگانی به‌تر به مواد اولیه می‌شود که به افزایش تمرکز فعالیت‌های اقتصادی منجر خواهد شد (Shahnazi & Dehghan Shabani, 2016). با توجه به اهمیت توزیع فضایی فعالیت‌های اقتصادی، برای اندازه‌گیری شاخص تمرکز صنعتی از شاخص الیسون-گلیسر استفاده می‌شود که به صورت رابطه زیر است.

$$\gamma_i = \frac{(\sum_i (s_i - x_i)^2) - (1 - \sum_i x_i^2)(1/N)}{(1 - \sum_i x_i^2)(1 - 1/N)}$$

مقدار این شاخص  $+1 < \gamma < -1$  قرار دارد که مقادیر منفی نشان‌دهنده عدم تمرکز و مقادیر مثبت نشان‌دهنده وجود تمرکز است (Mehrgan, Ghasemifar, Sohrabi Wafa, & Rashid, 2016).

## روش تحقیق و گردآوری داده‌ها

فعالیت‌های انسان اثرات زیادی بر محیط زیست جهانی دارد. از دهه ۱۹۷۰ میلادی از یک مدل حسابداری (IPAT<sup>۱</sup>) برای تحلیل روابط بین فعالیت‌های انسان و محیط زیست استفاده شده است (Wei, 2011) تا اثرات نیروهای محرک انسان ساخت مثل وفور منابع و تکنولوژی را بر محیط زیست تحلیل و بررسی کنند (York, Rosa & Dietz, 2003). مدل این مقاله برگرفته شده از مطالعه Xu & Lin (2018) است.

$$I_t = aP_t^b A_t^c T_t^d e_t \quad (۱)$$

در رابطه (۱)،  $b$ ،  $c$  و  $d$  ضرایب تاثیر آلودگی نسبت به متغیرهای  $P$ ،  $A$  و  $T$  هستند.  $e_t$  جزء خطای تصادفی است و  $a$  عرض از مبدا است. این نوع از مدل در پژوهش‌های فراوانی استفاده شده است (Xu & Lin, 2018 and Chen, Chen & Jin, 2018). برای اندازه‌گیری متغیر  $P$  از جمعیت ( $pop$ )، برای متغیر  $A$  از تولید ناخالص داخلی ( $GDP$ ) و برای متغیر  $T$  از شدت انرژی ( $EI$ ) استفاده می‌شود که برابر با نسبت انرژی مصرفی به تولید ناخالص داخلی است. اما با توجه به مقصود اصلی پژوهش موجود، از متغیر تمرکز صنعتی ( $conc$ ) به عنوان یکی از عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن براساس مطالعه Li & et al (2021) استفاده می‌شود. بنابراین به طور کلی، مدلی که برای بررسی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن استفاده می‌گردد به صورت رابطه (۲) است:

$$co2_{it} = f(pop, gdp, gdp2, ei, conc) \quad (۲)$$

روش برآورد مدل بر اساس داده‌های تلفیقی<sup>۲</sup> است. از مزایای استفاده از این روش می‌توان به افزایش حجم نمونه، کاهش هم‌خطی، افزایش کارایی، کاهش تورش تخمین، محدود شدن ناهمسانی واریانس و امکان‌پذیری تفکیک اثرات اقتصادی اشاره کرد. در مدل‌های پانل، برخی از متغیرها بین واحدهای مقطعی و یا طی زمان تغییر می‌کنند. برای همین منظور از دو الگوی اثرات

- 
1. Impact, Population, Affluence, Technology (IPAT)
  2. Panel Data

ثابت (FE<sup>۱</sup>) و اثرات تصادفی (RE<sup>۲</sup>) استفاده می‌شود. در الگوی اثرات ثابت، فرض بر این است که تفاوت میان مقاطع می‌تواند در جمله‌ای ثابت ظاهر شود و در الگوی تصادفی، فرض می‌شود که تفاوت میان مقاطع در جمله اخلاص ظاهر می‌شود. در رابطه (۲)،  $\hat{\alpha}$  نشان‌دهنده استان‌های ایران است و  $t$  نشان‌دهنده زمان است، رهیافت داده‌های پانل قادر است که وجود احتمالی اثرات ناهمگن را در مدل برآوردی مدنظر قرار دهد. بنابراین برآورد نهایی مدل براساس نتایج آزمون‌های قبل از برآورد نهایی مدل به صورت نهایی تعیین می‌شود. در جهت برآورد مدل و بررسی فرضیه‌های تحقیق از شواهد آماری بخش صنعت برای استان‌های ایران در دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ استفاده می‌شود و از نرم‌افزار Stata استفاده می‌شود.

**تمرکز صنعتی:** برای محاسبه شاخص تمرکز صنعتی، از داده‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران به تفکیک استان‌ها و تولید زیربخش‌های صنعتی و هم‌چنین گزارش کارگاه‌های صنعتی با ۱۰ کارکن و بیشتر استفاده شده است.

برای محاسبه شاخص تمرکز صنعتی از رابطه، 
$$\gamma_i = \frac{(\sum_i (s_i - x_i)^2) - (1 - \sum_i x_i^2)(1/N)}{(1 - \sum_i x_i^2)(1 - 1/N)}$$
 استفاده شده است. که در آن،  $s_i$  سهم منطقه  $m$  در تولید صنعت  $i$  است و  $x_i$  سهم صنعت  $i$  از کل تولید است.  $N$  تعداد کارگاه‌های صنعتی در هر استان است.

**شدت انرژی:** برای محاسبه انرژی مصرفی از ترازنامه انرژی و برای محاسبه تولید ناخالص داخلی استان‌ها از شواهد آماری منطقه‌ای مرکز آمار استفاده شده است.

**جمعیت:** برای اندازه‌گیری جمعیت از شواهد آماری داده‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران استفاده شده است.

**تولید ناخالص داخلی واقعی:** برای محاسبه تولید ناخالص داخلی واقعی از تقسیم تولید ناخالص اسمی به شاخص قیمت استفاده شده است.

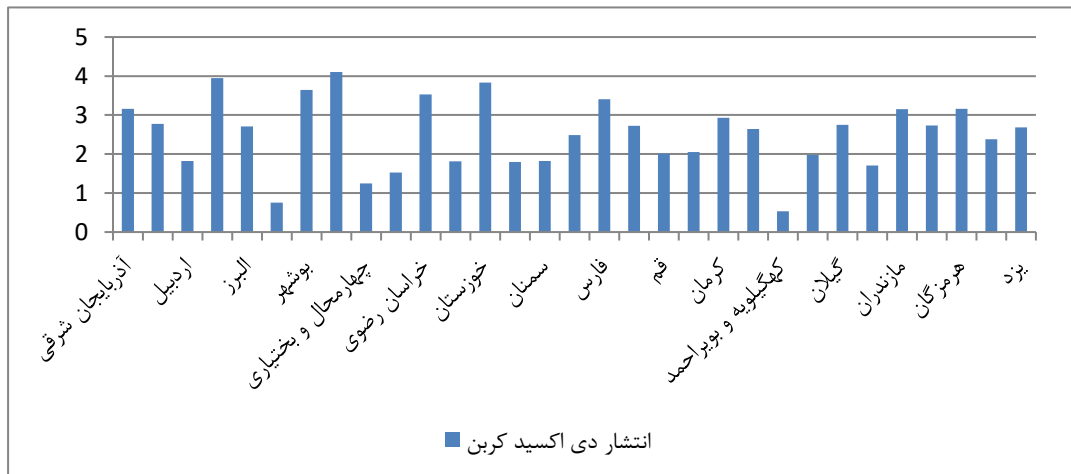
- 
1. Fixed effects
  2. Random effects





تهران و آذربایجان شرقی دارای کمترین مقدار معادل با ۰/۰۴ است و برای استان بوشهر برابر با ۰/۱۸ است. بنابراین توزیع فعالیت‌های صنعتی در استان‌های قزوین، تهران و آذربایجان شرقی نسبتاً همگن و در استان بوشهر به‌طور شدید ناهمگن است. نتایج شاخص تمرکز صنعتی نشان می‌دهد که توزیع فعالیت‌های تولیدی زیربخش‌های صنعتی در استان‌های ایران ناهمگن است و دارای تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در توزیع فعالیت‌های تولیدی است. نتایج شاخص تمرکز صنعتی نشان می‌دهد که شاخص تمرکز صنعتی در استان‌های کشور تغییرات نامنظمی را تجربه کرده‌است. در دوره مورد مطالعه شاخص تمرکز از مقدار ۰/۱۱۰ در سال ۱۳۹۰ به مقدار ۰/۱۱۴ در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته‌است.

انتشار دی‌اکسید کربن به‌عنوان متغیر وابسته پژوهش در سال‌های اخیر در استان‌های ایران تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته‌است، براساس شواهد به‌دست آمده در استان‌های ایران در نمودار (۲) نشان می‌دهد که میزان انتشار دی‌اکسید کربن در استان تهران بالغ بر ۴/۱ میلیون تن است که بیشترین میزان انتشار را نسبت به سایر استان‌ها داشته‌است.

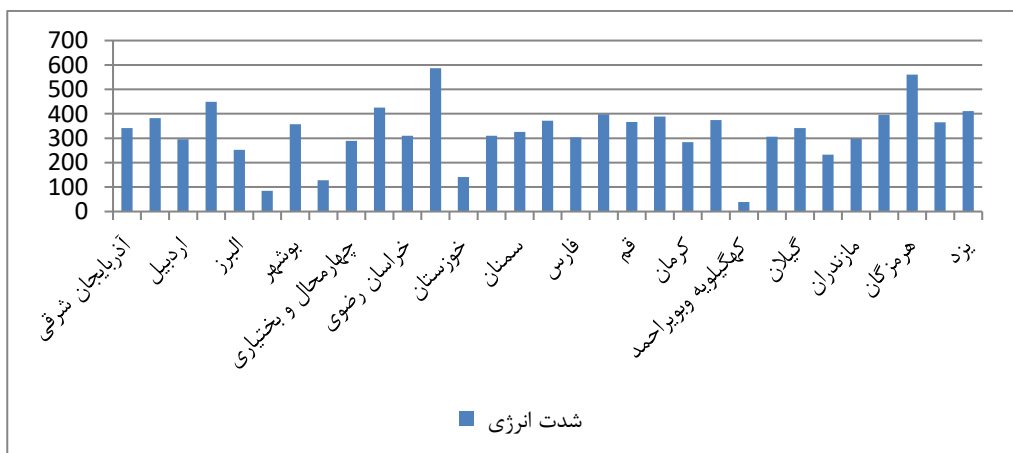


نمودار ۲. انتشار دی‌اکسید کربن

اما استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و ایلام به ترتیب با ۰/۵۳ و ۰/۷۵ میلیون تن دارای کمترین انتشار دی‌اکسید کربن هستند. در طول دوره مطالعه نیز متوسط میزان انتشار دی‌اکسید کربن در

استان‌های ایران از مقدار ۲/۷۷ میلیون تن در سال ۱۳۹۰ به مقدار ۲/۹۵ میلیون تن در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته‌است. آثار نامطلوب انتشار دی‌اکسید کربن بر کیفیت محیط زیست، اهمیت شناخت عوامل موثر بر انتشار آلاینده‌ها را بیش از پیش با اهمیت ساخته‌است.

یکی از مهم‌ترین مولفه‌های تاثیرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن، کارایی در مصرف انرژی (کارایی انرژی به معنای حداقل انرژی به ازای سطح ثابتی از تولید قابل تعریف است) و سهم ارزش افزوده بخش‌های دارای انرژی بری بالا در اقتصاد است. اگر در اقتصادی شدت مصرف انرژی بالا باشد، انتشار دی‌اکسید کربن نیز بالاتر خواهد بود. با توجه به اینکه شدت انرژی مصرفی یکی از شاخص‌های نشان‌دهنده ناکارایی مصرف انرژی است، لذا در این بخش به تحلیل شدت انرژی و روند تغییرات آن در استان‌های ایران پرداخته می‌شود. شواهد حاصل از اندازه‌گیری شدت انرژی در نمودار (۳) نشان می‌دهد که متوسط شدت انرژی برای استان خراسان شمالی در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۷ در بیشترین مقدار برابر با ۵۸۶ بشکه به ازای هر میلیارد ریال است، هم‌چنین شدت انرژی در کمترین مقدار برای استان کهگیلویه و بویراحمد برابر با ۳۸ بشکه به ازای هر میلیارد ریال تولید واقعی است.



نمودار ۳. شواهد آماری شدت انرژی

براساس آمار آژانس بین‌المللی انرژی ایران در شدت مصرف انرژی رتبه اول در جهان را دارد به طوری که مقدار شدت مصرف انرژی در ایران در مقایسه با جهان ۵/۷ می‌باشد. به عبارت دیگر

ایران برای تولید یک میزان کالا و خدمات ۵/۷ برابر بیشتر از جهان انرژی مصرف می‌کند و بدین- ترتیب رتبه اول جهان را در شدت مصرف انرژی کسب می‌کند ( International Energy Agency, 2022).

#### برآورد مدل

نتایج به‌دست‌آمده از مانایی به‌وسیله دو آزمون لوین-لین چو و ایم، پسران و شین در جدول (۱) نشان می‌دهد که اغلب متغیرها با یک تفاضل مانا شده‌اند. فرضیه صفر آزمون مانایی، وجود ریشه واحد در متغیرهای مورد بررسی است، بنابراین اگر مقدار احتمال متناظر با آزمون فرضیه کمتر از ۰/۰۵ باشد، در این صورت فرضیه صفر رد شده و متغیرها مانا هستند. با توجه به این مسئله، تمرکز صنعتی در سطح مانا است و متغیرهای تولید ناخالص داخلی و جمعیت با یک تفاضل براساس دو آزمون مورد بحث مانا هستند.

جدول ۱. آزمون مانایی متغیرهای مورد بررسی

متغیرها در سطح		متغیرها با یک تفاضل		
لوین-لین چو	ایم پسران و شین	لوین-لین چو	ایم پسران و شین	
-۱۳/۶۷ (۰/۰۰)	-۲/۴۹ (۰/۰۰)			تمرکز صنعتی
-۶/۰۵ (۰/۰۰)	۱/۷ (۰/۹۵)		-۳/۷۹ (۰/۰۰)	انتشار دی‌اکسید کربن
۱/۱ (۰/۸۶)	۵/۳۴ (۱)	-۷/۲۸ (۰/۰۰)	-۲/۵۸ (۰/۰۰)	تولید ناخالص داخلی
۱/۳۴ (۰/۹۱)	۵/۵۴ (۱)	-۶/۹۹ (۰/۰۰)	-۲/۴۶ (۰/۰۰)	مجذور تولید ناخالص داخلی
۴/۳۷ (۱)	۶/۹ (۱)	-۱۶/۶۸ (۰/۰۰)	-۴/۰۹ (۰/۰۰)	جمعیت
-۱۱/۰۲ (۰/۰۰)	-۱/۲۵ (۰/۱۰۵)		-۳/۲۲ (۰/۰۰)	شدت انرژی

با توجه به اینکه داده‌ها با دوره کوتاه‌مدت برای مقاطع بیشتر به کار گرفته می‌شود، لذا بررسی مانایی ضرورتی ندارد ولی برای اطمینان خاطر بیشتر از مانایی و تحلیل مناسب تر نتایج و با توجه به اینکه

برخی از متغیرها با آزمون لوین-لین و چو در سطح مانا و تعداد زیادی از آنها با آزمون ایم، پسران و شین با یک تفاضل مانا می‌باشند، از رویکرد هم‌جمعی برای تبیین وجود رابطه بلندمدت در میان متغیرها استفاده می‌شود. ایده محوری در آنالیز هم‌انباشتگی آن است که اگرچه خیلی از سری‌های زمانی اقتصادی نامانا هستند، اما امکان دارد در بلندمدت ترکیب خطی این متغیرها، مانا باشد. آنالیز هم‌انباشتگی به ما کمک می‌کند که این روابط تعادلی بلندمدت را آزمون و برآورد کنیم. اگر یک نظریه اقتصادی درست باشد مجموعه ویژه‌ای از متغیرها که توسط نظریه مورد اشاره تعیین شده با هم‌کدیگر در بلندمدت ارتباط می‌یابند. مضاف بر این نظریه اقتصادی صرفاً روابط را به طریق استاتیک تصریح نموده و اطلاعاتی را در باره پویایی‌های کوتاه مدت بین متغیرها مشخص نمی‌نماید. نتایج به دست آمده از آزمون هم‌انباشتگی کائو در جدول (۲) نشان می‌دهد که مقدار آماره کائو برابر با ۱۰/۱۴- است و دارای مقدار احتمال صفر است و این دلالت بر رد فرضیه صفر مبنی بر عدم هم‌انباشتگی است رد شده و روابط بلند مدت بین متغیرها دارای اعتبار است.

**جدول ۲. آزمون هم‌انباشتگی**

آماره کائو	مقدار احتمال
-۱۰/۱۴	۰/۰۰

جدول (۳) نتایج آزمون F لیمر و آزمون هاسمن را نشان می‌دهد. نتایج آزمون لیمر نشان می‌دهد که ناهمگنی بین استان‌های مورد بررسی وجود دارد و لذا باید از روش پانل برای برآورد مدل استفاده شود. مرحله بعد در تحلیل داده‌های پانل انتخاب مابین اثرات ثابت (ناهمگنی موجود در عرض از مبدا) و اثرات تصادفی (ناهمگنی در جزء خطا) است، به‌همین علت از آزمون هاسمن استفاده شده‌است. فرضیه صفر هاسمن اثرات تصادفی را ترجیح می‌دهد در صورتی که فرضیه مقابل اثرات ثابت را ترجیح می‌دهد.

**جدول ۳. آزمون F لیمر و هاسمن**

آزمون هاسمن	آزمون F لیمر	مقدار آماره (مقدار احتمال)
۱۷۷/۲۶ (۰/۰۰)	۲۲/۸۴ (۰/۰۰)	

نتایج به دست آمده از آزمون هاسمن در جدول (۳) نشان می‌دهد که اثرات ثابت بر اثرات تصادفی ترجیح دارند. بنابراین برای بررسی عوامل تاثیرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن از اثرات ثابت استفاده می‌شود.

نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول (۴) نشان می‌دهد که تمرکز صنعتی، اثر مثبت و معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران دارد، به این صورت که با افزایش یک درصد در شاخص تمرکز صنعتی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه ۰/۱۳۳ درصد افزایش می‌یابد. اگر در یک اقتصاد، میزان تمرکز صنعتی در سطح بالایی قرار داشته باشد، برآیند دو اثر می‌تواند تغییرات معنی‌داری را در انتشار دی‌اکسید کربن ایجاد نماید، رقابت از یک طرف بین صنایع متمرکز شده منجر به افزایش نوآوری در فعالیتهای صنعتی برای جذب حداکثر سهم بازار به واسطه کاهش هزینه‌های تولید می‌شود، و از طرف دیگر با افزایش در تنوع‌سازی فعالیتهای تولیدی در یک منطقه خاص، روند تامین نهاده‌ها و توزیع ستاده‌های با هزینه کمتر انرژی صورت گرفته و بنابراین انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. تمرکز صنعتی در ایران منجر به بهره‌برداری از صرفه به مقیاس نمی‌شود و با تمرکز، نوآوری ایجاد نمی‌شود، که این ناشی از ایستابودن صنعت ایران و به‌طور کلی توسعه نیافتگی صنعتی کشور را نشان می‌دهد. به‌همین دلیل تمرکز صنعتی منجر به افزایش آلاینده‌گی محیط زیست خواهد شد.

جدول ۴. برآورد مدل به روش داده‌های پانل

مقدار احتمال	آماره t	ضرایب	
۰/۰۴۴	۲/۰۲	۰/۱۳۳	تمرکز صنعتی
۰/۰۰	۴۰/۸۸	۱/۰۱۷	شدت انرژی
۰/۰۰	۴/۷	۰/۶۱۴	تولید ناخالص داخلی
۰/۰۰۸	۲/۶۹	۰/۰۳۸	مجدور ناخالص داخلی
۰/۰۰	۴/۵۳	۰/۳۰۳	جمعیت
۰/۰۰	-۱۲/۲۷	-۱۰/۹۴	عرض از مبدا

منبع: یافته‌های پژوهش

از آنجا که تمرکز صنعتی اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد، اثر نوآوری ایجاد شده ناشی از رقابت کمتر از اثر تنوع‌سازی است و بنابراین تنوع‌سازی فعالیت‌های تولیدی در یک منطقه خاص با در نظر گرفتن مزیت نسبی مناطق می‌تواند نقش مهمی در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و افزایش کیفیت محیط زیست داشته باشد. تغییرات ساختار صنعتی می‌تواند از طریق اثرهای سرریز بر انتشار دی‌اکسید کربن اثر بگذارد.

جمعیت یکی از مولفه‌های اصلی تعیین‌کننده میزان استفاده از حمل‌ونقل به‌عنوان مهم‌ترین مصرف‌کننده انرژی است، هرچه جمعیت افزایش یابد، نیاز به حمل‌ونقل برای تامین تقاضای جمعیت رو به گسترش، افزایش یافته و به‌همین صورت انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از برآوردها نشان می‌دهد که با افزایش یک درصد در جمعیت، مقدار انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه ۰/۳۰۳ درصد افزایش می‌یابد، در واقع چون درصد تغییرات در انتشار دی‌اکسید کربن کمتر از درصد تغییرات جمعیت است، لذا بحث صرفه‌های مقیاس در حمل‌ونقل شهری و استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی مطرح می‌شود، چرا که هرچه تراکم جمعیت در اقتصادی افزایش یابد، میزان کارایی استفاده از حمل‌ونقل عمومی افزایش یافته و بنابراین انتشار سرانه دی‌اکسید کربن به‌طور معناداری کاهش می‌یابد.

اثر تولید واقعی سرانه بر انتشار دی‌اکسید کربن سرانه از نظر علامت مثبت و از نظر آماری معنادار است، به این صورت که با افزایش یک درصد در تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه، انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه ۰/۶۱۴ درصد افزایش می‌یابد. در نتیجه با افزایش مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. هم‌چنین استفاده از تکنولوژی‌هایی که کارایی کافی ندارند سبب می‌شود تا افزایش تولید ناخالص داخلی موجب افزایش انتشار دی‌اکسید کربن شود که با پیشرفت تکنولوژی می‌توان این مشکل را تا حد زیادی برطرف کرد. هرچقدر مقدار رشد اقتصادی در یک جامعه افزایش یابد، نیاز به انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولیدی افزایش می‌یابد و بنابراین مصرف انرژی افزایش و انتشار آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. مثبت شدن اثر تولید به‌دلیل اثر مثبت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی و تامین رشد اقتصادی بالاتر از نظر تئوری‌های اقتصادی

قابل قبول است، اما براساس فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس با افزایش رشد اقتصادی، ابتدا انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد، و سپس با افزایش بیشتر رشد اقتصادی، انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. براساس شواهد مطالعه حاضر در استان‌های ایران، مجذور رشد اقتصادی اثر مثبت بر رشد اقتصادی دارد و با افزایش رشد اقتصادی، انتشار دی‌اکسید کربن بیشتر افزایش می‌یابد. بنابراین فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در شواهد آماری ایران برای دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۰ غیرقابل تایید است و رد شده است. نتایج این تحقیق نیز هم‌راستا با نتایج تحقیق Bahrami (2018) می‌باشد که نشان می‌دهد تولید ناخالص داخلی تأثیر مثبتی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد.

تأثیر شدت انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت و معنادار است. شدت انرژی و نسبت انرژی مصرفی به تولید به‌عنوان شاخصی از کارایی انرژی مصرفی همیشه یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن بوده است. هر قدر یک اقتصاد از فناوری‌های پیشرفته‌تر استفاده کند به‌ازای یک سطح معین از تولید، انرژی کمتری استفاده شده و دی‌اکسید کربن کمتری انتشار خواهد یافت. نتایج جدول (۴) مویید آن است که با افزایش یک درصد در شدت انرژی مصرفی، مقدار دی‌اکسید کربن انتشار یافته به اندازه ۱۷/۰۱ درصد افزایش خواهد یافت. این مقدار افزایش در دی‌اکسید کربن انتشار یافته، حاکی از ناکارآمدی تولید در اقتصاد و عدم به‌کارگیری فناوری برتر است. بر اساس امار آژانس بین‌المللی انرژی ایران در شدت مصرف انرژی رتبه اول در جهان را دارد به‌طوری که مقدار شدت مصرف انرژی در ایران در مقایسه با جهان ۵/۷ می‌باشد. به‌عبارت دیگر ایران برای تولید یک میزان کالا و خدمات ۵/۷ برابر بیشتر از جهان انرژی مصرف می‌کند و بدین‌ترتیب رتبه اول جهان را در شدت مصرف انرژی کسب می‌کند (International Energy Agency, 2022). با توجه به اینکه اثر شدت انرژی مصرفی بر انتشار دی‌اکسید کربن بیش از یک است و کشش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به شدت انرژی بیش از یک است، لذا مهم‌ترین عامل موثر بر کیفیت محیط زیست، عدم کارایی در مصرف انرژی به واسطه ساختارهای ناصحیح مصرف انرژی است. نتایج این تحقیق در راستای مطالعه Rafiee, Ghaznavi & Saleh



(2017) می‌باشد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که میزان شدت مصرف انرژی هم در کوتاه-مدت هم در بلندمدت منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

توسعه صنعتی و صنعتی شدن از شرایط مورد نیاز برای توسعه اقتصادی و عامل تحولات ساختاری گسترده در زمینه‌های اقتصادی و تکنولوژیک است. این در حالی است که بخش صنعت دارای بیشترین انرژی‌بری نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی است و به ازای هر واحد تولید بخش صنعت، انرژی بیشتری مصرف شده و به ناگزیر آلاینده‌های بیشتری تولید می‌شود، لذا زمانی می‌توان که از مواهب توسعه صنعتی استفاده نمود که اثرات جانبی منفی توسعه صنعت از قبیل انتشار آلاینده‌ها در حداقل ممکن باشد. توزیع فعالیت‌های صنعتی و تعیین ساختاری از صنعت که بتواند میزان انرژی به ازای هر واحد تولید صنعت را به حداقل مقدار کاهش دهد، از اهمیت بالایی برخوردار است و ممکن است دارای اثرات معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن باشد. شاخص الیسون-گلیسر یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در زمینه توزیع فعالیت‌های صنعتی و پراکندگی واحدهای تولیدی در سطح معینی از فضا است، اگر شاخص تمرکز در سطح بالایی قرار داشته باشد، به این مفهوم است که در ناحیه مورد نظر، تعداد محدودی از نوع فعالیت صنعتی غالب است و اگر شاخص تمرکز در سطح پایینی قرار داشته باشد، نشان‌دهنده تنوع فعالیت‌های صنعتی در ناحیه مذکور است. لذا بسته به نوع ارتباط بین صنایع مختلف از نظر تامین نهاد و ستاده بین بخش‌های اقتصادی ممکن است اثر تمرکز صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت یا منفی باشد و این به سطح توسعه‌یافتگی اقتصاد و حاکمیت فعالیت‌های صنعتی بستگی دارد. بر همین اساس مطالعه حاضر با استفاده از شواهد آماری استان‌های ایران در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۰ به بررسی اثر تمرکز صنعتی بر انتشار دی‌اکسید کربن می‌پردازند، برای دست‌یابی به هدف پژوهش از رهیافت داده‌های پانل استفاده می‌شود.

نتایج حاصل از برآورد شاخص تمرکز الیسون-گلیسر نشان می‌دهد که میزان شاخص تمرکز صنعتی در کل استان‌های ایران به‌طور متوسط از مقدار ۰/۱۱ در سال ۱۳۹۰ به مقدار ۰/۱۱۴ در

سال ۱۳۹۷ تغییر نموده است. هم‌چنین در دوره زمانی مورد مطالعه، استان بوشهر دارای بیشترین شاخص تمرکز معادل با ۰/۶۶ و استان قزوین دارای کمترین تمرکز معادل با ۰/۱۸ است. علاوه بر این براساس یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری انتشار دی‌اکسید کربن، در دوره مورد مطالعه میزان انتشار دی‌اکسید کربن در استان تهران در بیشترین مقدار بالغ بر ۴/۱ میلیون تن است و استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و ایلام به ترتیب با انتشار دی‌اکسید کربن معادل ۰/۵۳ و ۰/۷۵ میلیون تن دارای کمترین انتشار دی‌اکسید کربن هستند.

نتایج حاصل از برآورد مدل به روش اثرات ثابت نشان می‌دهد که جمعیت اثر مثبت و معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد، و این نتیجه دلالت بر افزایش مصرف انرژی با افزایش در جمعیت دارد و براساس اصول منطقی دارای توجیه است، با افزایش در جمعیت، میزان تقاضا برای حمل‌ونقل و تقاضا برای تولیدات با انرژی‌بری بالا افزایش می‌یابد و این وضعیت باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. در همین راستا تولید ناخالص داخلی اثر مثبت و معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد و با افزایش در تولید ناخالص داخلی، میزان انرژی مورد نیاز به‌عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید برای تامین رشد تولید ناخالص داخلی بالاتر افزایش می‌یابد و بنابراین انتشار آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. اما برای بررسی فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، اثر مجذور تولید ناخالص داخلی نیز مثبت و از نظر آماری معنی‌دار است و بنابراین با افزایش بیشتر در تولید ناخالص داخلی، انتشار دی‌اکسید کربن بیشتر افزایش می‌یابد. در واقع براساس شواهد به‌دست آمده، مسائل زیست‌محیطی در اقتصاد ایران دارای اهمیت چندانی نیست و آنچه که برای اقتصاد ایران دارای اهمیت است، رشد اقتصادی و دستیابی به سطح بالاتری از تولید است. این در حالی است که براساس فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، با افزایش در تولید ناخالص داخلی به یک سطح آستانه، باید انتشار آلاینده‌ها کاهش یابد و نتایج پژوهش، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را برای ایران تایید نمی‌کند.

باتوجه به نتایج پژوهش، سیاست‌های زیر برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن قابل پیشنهاد است:

- از آنجا که افزایش در شاخص تمرکز به معنای توزیع ناهمگون انواع فعالیت‌های اقتصادی در یک استان است تنوع‌سازی فعالیت‌های صنعتی در استان‌های ایران براساس مزیت منطقه‌ای استان‌ها توصیه می‌شود.
- باتوجه به تاثیر مثبت جمعیت بر انتشار دی‌اکسید کربن توصیه می‌شود سیاست‌های زیربنایی کشور به صورتی برنامه‌ریزی شوند، که اندازه اثر جمعیت بر انتشار دی-اکسید کربن به طور معناداری کاهش یابد و این به واسطه استفاده کارآمد از سیستم حمل و نقل عمومی امکان‌پذیر است.
- باتوجه به اثر مثبت شدت مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن، تدوین سیاستی کارا درخصوص کاهش شدت انرژی در کشور و استفاده از تکنولوژی‌های جدید تولید برای کاهش شدت انرژی و بنابراین کاهش انتشار آلاینده‌ها توصیه می‌شود.
- توسعه ظرفیت‌های اقتصاد برای برخورداری از مزیت‌های توسعه پایدار به نحوی که زمینه برقراری فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برقرار باشد.

### تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از دست‌اندرکاران فصلنامه سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی و داوران گران‌قدر که نکاتی ارزشمند جهت اصلاح مقاله بیان فرمودند؛ سپاسگزاری می‌شود.

### Reference

- ✓ Amiri, H., Saedpour, L., & Kalantary, A. (2015). Evaluation Threshold Effect of Income on Carbon Dioxide Emissions Intensity in Selected MENA Countries: Nonlinear Panel Data Approach. *Iranian Energy Economics*, 5 (17): 39-66. doi: 10.22054/jiee.2017.7164.
- ✓ Bahrami, S., Ramezani, J., Heydarzadeh, H., & Pourasghar Sangachin, F. (2018). Investigating the Relationship between Correlation of Carbon Dioxide emissions with Population, Urbanization Rate and GDP in Iran

Using the Multivariate Regression Model. *Journal of Environmental Science Studies*, 2 (4): 571-581.

- ✓ Berglund, C., & Söderholm, P. (2006). Modeling technical change in energy system analysis: analyzing the introduction of learning-by-doing in bottom-up energy models. *Energy Policy*, 34 (12): 1344-1356.
- ✓ Chen, D., Chen, S., & Jin, H. (2018). Industrial agglomeration and CO2 emissions: Evidence from 187 Chinese prefecture-level cities over 2005–2013. *Journal of cleaner production*, 172: 993-1003.
- ✓ Delangizan, S., Khanzadi, A., & Heidarian, M. (2015). Studying the effects of fuel price changes on greenhouse gas emissions in the road transportation sector of Iran; approach of Robust Least Squares. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 11 (4): 47-77.
- ✓ Delangizan, S., Rezaei, E., & Baharipour, S. (2016). Impact of Industrial Structure on The Energy Intensity of Manufacturing Industries in Iran. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, 2 (2): 133-168.
- ✓ Dong, F., Yu, B., Hadachin, T., Dai, Y., Wang, Y., Zhang, S. & Long, R. (2020). Drivers of carbon emission intensity change in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 187-201.
- ✓ Fotros, M., & Baraty, J. (2013). Decomposition of CO2 Emissions of Iranian Transport Sector in Sub-sectors and Component Fuels an Application of Decomposition Analysis of Divisia Index. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 2 (6): 64-83.
- ✓ Goli, Y., Safari Takhtshirini, M. (2016). Estimation of Energy Efficiency and Factor Affecting on it's in Iran Province (Tobit approach). *Economic Strategy*, 5 (17): 107-127.
- ✓ Goli, Y., Argha, L., & Mehnatfar, Y. (2020). The Effect of Industrial Concentration on Energy Efficiency in Iranian Industrial Sector. *Journal of Economics and Modeling*, 11 (1): 97-119. doi: 10.29252/jem.2020.100520.
- ✓ Gorus, M. S., & Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: causality analysis in the frequency domain. *Energy*, 168: 815-822.
- ✓ Guo, Y., Tong, L., & Mei, L. (2020). The effect of industrial agglomeration on green development efficiency in Northeast China since the revitalization. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120584.

- ✓ Haghghat, J., Shokri, T., Khodaverdizadeh, M., & Khodaverdizadeh, S. (2017). The Effect of Tourism Development and Economic Growth on CO2 Emissions in Kuznets Curve in Selected Islamic Countries (Non-linear Approach PSTR). *Journal of Tourism Planning and Development*, 5 (19): 8-32. doi: 10.22080/jtpd.2017.1428.
- ✓ International Energy Agency. (2022). Survey of the intensity of energy consumption in the countries of the world.
- ✓ Karimi, M. S., & Hasanvand, A. (2021). Investigating the effect of training on carbon dioxide emissions in Iran by examining the environmental Kuznets curve. *Journal of Natural Environment*, 73 (4): 775-789. doi: 10.22059/jne.2021.304780.2016.
- ✓ Khodadadi, S., Pahlavani, M., & Hossein Zadeh, R. (2022). The effect of changes in industrial structure on carbon dioxide emissions in Iranian provinces: A spatial econometric approach. *Environmental Sciences*, 20 (1): 221-236. doi: 10.52547/envs.2021.36979.
- ✓ Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of political economy*, 99 (3): 483-499.
- ✓ Mehrgan, N., Ghasemifar, S., Sohrabi Wafa, H., & Rashid, Kh. (2016). The effect of economic and social conditions on mental health in the provinces of Iran (1378-1391). *Majlis and Strategy*, 23 (85): 85-106.
- ✓ Li, L., Lei, Y., Wu, S., He, C., Chen, J., & Yan, D. (2018). Impacts of city size change and industrial structure change on CO2 emissions in Chinese cities. *Journal of cleaner production*, 195: 831-838.
- ✓ Li, X., Xu, Y., & Yao, X. (2021). Effects of industrial agglomeration on haze pollution: A Chinese city-level study. *Energy Policy*, 148: 119-128.
- ✓ Rafiee, H., Ghaznavi, Sh., & Saleh, I. (2017). Study on Factors Affecting Carbon Dioxide Emissions in Iran; With Emphasis on the Effects of 21th Rio Statement. *Environmental Researches*, 8 (15): 153-164.
- ✓ Sadeghi, S. K., Sojoodi, S., & Ahmadzadeh Deljavan, F. (2016). Investigating the Effect of Demographic Variables on Environment Quality Based on STIRPAT Model. *Journal of Environmental Science and Technology*, 18 (winter): 257-275.
- ✓ Samadi, S., & Yarmohammadian, N. (2012). Estimating Environmental Kuznets Curve Using Fractional Co-integration Method. *Iranian Energy Economics*, 2 (5): 129-152.
- ✓ Shahnazi, R., & Dehghan Shabani, Z. (2016). Effects of Transportation Infrastructure on Industrial Activities Concentration in Iranian Provinces.

*Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 51 (4): 887-908. doi: 10.22059/jte.2016.59461.

- ✓ Venables, A. J. (2006). *Shifts in economic geography and their causes*. Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science.
- ✓ Wang, Y., Chen, W., Kang, Y., Li, W., Guo, F. (2018). Spatial correlation of factors affecting CO2 emission at provincial level in China: A geographically weighted regression approach. *Journal of Cleaner Production*, 184: 929-937.
- ✓ Wei, T. (2011). What STIRPAT tells about effects of population and affluence on the environment? *Ecological Economics*, 72: 70-74.
- ✓ Xu, B., & Lin, B. (2018). Investigating the differences in CO 2 emissions in the transport sector across Chinese provinces: Evidence from a quantile regression model. *Journal of Cleaner Production*, 175: 109-122.
- ✓ York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological economics*, 46 (3): 351-365.
- ✓ Zhang, L., Rong, P., Qin, Y., & Ji, Y. (2019). Does industrial agglomeration mitigate fossil CO2 emissions? An empirical study with spatial panel regression model. *Energy Procedia*, 152: 731-737.
- ✓ Zhu, Q., & Peng, X. (2012). The impacts of population change on carbon emissions in China during 1978–2008. *Environmental Impact Assessment Review*, 36: 1-8.