

Determining Factors Affecting Carbon Dioxide Emitted by the Non-Metallic Mineral Products Industry

Samaneh Talei Ardakani 

Ph.D. Student in Economics,
Department of Economics, Faculty of
Economics, Management and
Accounting, Yazd University, Yazd,
Iran.

Seyed-Nezamuddin Makiyan *

Professor of Economics,
Department of Economics, Faculty
of Economics, Management and
Accounting, Yazd University, Yazd,
Iran.

Zahra Nasrollahi 

Professor of Economics,
Department of Economics, Faculty
of Economics, Management and
Accounting, Yazd University, Yazd,
Iran.

Abstract

The industrial sector, especially energy-intensive industries, is considered one of the most important polluting sectors. Given that the industrial sector itself includes several production sub-sectors and the pollution caused by them is different, first the amount of carbon dioxide emissions at the level of all two-digit ASIC codes during the years ۲۰۰۴-۲۰۲۲ has been estimated. Then, the industry that emitted the highest amount of carbon dioxide (the industry producing non-metallic mineral products) was considered as a polluting industry, and the factors affecting the carbon dioxide emissions of that industry were identified. The results of the present study, using Residual Bootstrap regression estimation during the period under study, show that the amount of carbon dioxide emissions emitted by the non-metallic mineral industry is a positive function of the amount of energy carrier consumed, physical capital intensity, and human capital intensity, and a negative function

* Corresponding Author: nmakiyan@yazd.ac.ir

How to Cite: xxxxxxxx

of the intensity of human resource skills, industry capital expenditures, and research & development expenditures.

Introduction

In recent decades, environmental pollution, especially air pollution, has become one of the most important concerns of international societies and has affected the health of living organisms and natural ecosystems. The industrial sector, especially the energy-intensive industries, has played a significant role in causing pollution, especially air pollution, due to the high use of fossil fuels. The energy sector, despite playing an essential role in the process of economic development, also causes the release of various environmental pollutants. Due to the importance and special position of the industrial sector in developing countries including Iran, energy consumption in the industrial sector has increased.

Considering that the industry sector itself includes several production sub-sectors and the pollution caused by them is different, first, the amount of carbon dioxide emissions at the level of all the two-digit ISIC^۱ codes during the years ۲۰۰۴-۲۰۲۲ was estimated. Then, the industry that emits the highest amount of carbon dioxide is considered as a polluting industry, and the factors affecting the air pollution of that industry will be identified.

Methods and Material

Considering that each of these ۲۴ industries consumes six types of energy carriers in the studied ۱۸-year period, the amount of carbon dioxide emissions of each of these six types of energy carriers should be calculated first. Calculation of the total carbon dioxide emissions is necessary to obtain the total amount of carbon dioxide emissions for each of these ۲۴ industries in the studied time period. Due to the fact that the information about the carbon dioxide emission coefficient of each energy carrier by industry type is not available, it is necessary to estimate the carbon dioxide emission coefficient of each energy carrier in the industry sector on an annual basis, and then the obtained numbers are considered as carbon dioxide emission coefficients for all the industries of ISIC codes of two digits. To calculate the carbon dioxide emission coefficient in the entire industry sector for each type of energy carrier, the amount of carbon dioxide emission of that type of energy carrier in the entire industry sector should be divided by the amount of consumption of that type of energy carrier in the entire industry sector. Since the consumption amount of each energy carrier in the industry sector has different units, first of all, it is necessary to multiply the amount of each energy carrier

^۱ The International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) is the international reference classification of productive activities.

consumed by the thermal value^۱ coefficient of that energy carrier to obtain the same unit called BTU^۲ for all Different energy carriers are obtained and by adding them, the total amount of energy consumed is obtained in terms of BTU units. To calculate the amount of carbon dioxide emissions released by each industry with a two-digit ISIC code each year, it is necessary to calculate the amount of energy consumed in terms of BTU units for each of the energy carriers in the amount of carbon dioxide emissions from the production of one million BTU of energy, multiplied by each of the energy carriers in the corresponding year and then calculating the total carbon dioxide emitted by each industry in each year. According to the calculations of the authors, the production industry of non-metallic mineral products has been found to be the most polluting industry during the study period. In order to estimate the relationship between industrial activities and pollution emission, Cole, Elliot and Shimamoto (۲۰۰۴) model has been used with some adjustments. Due to the limitation of statistical data in the industry sector in Iran, the time period of the current research is considered from ۲۰۰۴ to ۲۰۲۲^۳. Because the mentioned time period is short, the Residual Bootstrap method was used to estimate the regression.

Results and Discussion

The industry of producing non-metallic mineral products accounted for an average of ۳۰.۷۲% of the total pollution caused by the industry during the period under review. Carbon dioxide emissions have been calculated for all industries at the two-digit ISIC code level during the years ۲۰۰۴-۲۰۲۲. Since, based on the calculations of the research, the production industry of non-metallic mineral products has been found to be the most polluting industry. The present study has determined the factors affecting the air pollution caused by the production industry of non-metallic mineral products. The results of the this research using Residual Bootstrap regression estimation during the years ۲۰۰۴-۲۰۲۲ show that the amount of carbon dioxide emitted by the industry of producing non-metallic mineral products is a positive function of the amount of energy used, physical capital intensity and human capital intensity and is a negative function of human skill intensity, industry capital costs and research and development costs.

Conclusion

^۱ The thermal value of a fuel is the amount of heat released when a unit mass of fuel is completely burned.

^۲ A BTU is the amount of heat required to raise the temperature of one pound of water by one degree Fahrenheit.

^۳ The year ۲۰۲۲ is the last year of existence of data.

As the amount of carbon dioxide emitted by the industry of producing non-metallic mineral products is a positive function of the amount of energy used, physical capital intensity and human capital intensity and it is a negative function of human skill intensity, industry capital costs and research and development costs, it is beneficial to help reduce carbon dioxide emissions in the industry of producing non-metallic mineral products through the application of policies to optimize energy consumption, improving technology, upgrade the human skills and increase research and development expenses.

Keywords: Non-Metallic Mineral Products Industry, Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption, Residual Bootstrap

JEL Classification: L۶۱, Q۵۳, Q۴۰, Q۳۰



تعیین عوامل موثر بر دی اکسید کربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی^۱

دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

سمانه طالعی اردکانی 

استاد گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

سید نظام الدین مکیان* 

استاد گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

زهرا نصراللهی 

چکیده

بخش صنعت و بخصوص صنایع انرژی بر یکی از مهم ترین بخش های آلاینده محسوب می شوند. با توجه به اینکه بخش صنعت خود چندین زیر بخش تولیدی را شامل می شود و آلودگی ایجاد شده توسط آنها متفاوت می باشد، ابتدا میزان انتشار دی اکسید کربن در سطح تمام کدهای آیسیک دو رقمی طی سال های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ برآورد شده است. سپس صنعتی که بیشترین میزان دی اکسید کربن را منتشر کرده (صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی) به عنوان صنعت آلوده زا در نظر گرفته شده و به شناخت عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن آن صنعت، پرداخته شده است. نتایج پژوهش حاضر با استفاده از تخمین رگرسیون از طریق بوت استرپ روی باقی مانده های مدل طی دوره مورد بررسی نشان می دهد میزان انتشار دی اکسید کربن منتشره توسط صنعت کانی غیرفلزی تابعی مثبت از مقدار حامل انرژی مصرف شده، شدت سرمایه فیزیکی و شدت سرمایه انسانی و تابعی منفی از شدت مهارت نیروی انسانی، هزینه های سرمایه ای صنعت و مخارج تحقیق و توسعه می باشد.

کلیدواژه ها: صنعت کانی غیرفلزی، انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی، بوت استرپ کردن باقی مانده ها

طبقه بندی JEL: Q۳۰, Q۴۰, Q۵۳, L۶۱

^۱ مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است.

نویسنده مسئول: nmakiyan@yazd.ac.ir

۱. مقدمه

در چند دهه اخیر، آلودگی زیست محیطی بخصوص آلودگی هوا به یکی از مهم ترین نگرانی های مجامع بین المللی تبدیل شده و سلامتی موجودات زنده و اکوسیستم های طبیعی را تحت تاثیر قرار داده است. آلودگی زیست محیطی در ایران، طی سال های اخیر افزایش یافته به طوری که جمع میزان انتشار دی اکسید کربن به عنوان مهم ترین آلاینده هوا، در بخش های مختلف (صنعت، خانگی، تجاری و عمومی، حمل و نقل، کشاورزی، پالایشگاهی و نیروگاهی) از ۳۸۱۹۳۸ هزار تن در سال ۱۳۸۴ به ۷۲۵۸۲۷ هزار تن در سال ۱۴۰۰ رسیده است (دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی، ۱۴۰۲). سلامت محیط زیست یکی از مهم ترین دغدغه های فعلی مردم و مسئولین در دنیاست و همه مدیران و تصمیم گیران معتقدند باید این ثروت ملی را نه تنها برای نسل حاضر بلکه برای نسل های آینده محافظت کرد. در چند دهه ی گذشته با افزایش تقاضا برای کالاهای صنعتی، بالا رفتن انگیزه سودخواهی در بین انسان ها و به وجود آمدن رقابت شدید بین تولید کنندگان، محیط زیست آسیب جدی و شدیدی متحمل شده تا جایی که میزان آلودگی و خسارات ناشی از آن بزرگ ترین دغدغه مدیران و مسئولان در دنیا شده است. بخش صنعت و بخصوص صنایع انرژی بر به دلیل استفاده ی زیاد از سوخت های فسیلی^۱ نقش بسزایی در ایجاد آلودگی به خصوص آلودگی هوا داشته است. بخش انرژی، علی رغم ایفای نقش اساسی در فرآیند توسعه اقتصادی، موجب نشر آلاینده های مختلف زیست محیطی نیز می شود. در کشورهای در حال توسعه، آلودگی هوا در نتیجه فعالیت های صنعتی ظاهر شده است (قرآنی و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه بخش صنعت در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، مصرف انرژی در بخش صنعت افزایش یافته است. به طوری که کل مصرف انرژی در بخش صنعت از ۱۶۴/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۳ به ۴۴۴ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۴۰۰ رسیده است (ترازنامه انرژی سال های ۱۳۸۳ و ۱۴۰۰) و به تبع آن میزان مواد آلاینده حاصل از احتراق سوخت های فسیلی نیز رشد کرده است. به عنوان مثال، میزان گاز دی اکسید کربن منتشر شده در بخش صنعت که ناشی از مصرف سوخت های فسیلی می باشد، از ۵۸۸۳۸ هزار

^۱ لازم به ذکر است که بر اساس آمارهای بین المللی، سرانه مصرف نهایی انرژی در ایران در بخش صنعت ۱/۶ برابر متوسط جهانی است. (ترازنامه انرژی سال ۱۴۰۰).

نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران | ۷

تن در سال ۱۳۸۴ به ۱۳۶۳۸۷ هزار تن در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است (دفتر برنامه‌ریزی و کلان برق و انرژی، ۱۴۰۲). انتشار آلاینده‌ها به عنوان یک کالای عمومی منفی در دنیا علاوه بر ضرر و زیان اقتصادی منجر به اتلاف منابع انسانی، کاهش امید به زندگی و افزایش بیماری شده است. در سال ۱۴۰۰، سرانه انتشار دی‌اکسید کربن به میزان ۸/۶ تن در سال به ازای هر نفر به دست آمده است (ترازنامه انرژی، ۱۴۰۰). لذا، آثار و پیامدهای انواع آلودگی‌ها به ویژه آلودگی هوا و کاهش کیفیت محیط‌زیست باید مورد بررسی قرار گیرد. در جدول ۱ به سهم صنعت در انتشار دی‌اکسید کربن از مصرف انرژی طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ اشاره شده است.

جدول ۱. سهم صنعت در انتشار دی‌اکسید کربن از مصرف حامل‌های انرژی طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
درصد	۱۴/۵	۱۵/۴	۱۴/۸	۱۶/۱۳	۱۶/۴	۱۵/۸	۱۶/۶	۱۶/۷	۱۶/۹۹
سال	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
درصد	۱۵/۹۱	۱۶/۶۷	۱۶/۱۷	۱۶/۸۵	۱۷/۱۸	۱۷/۹۵	۱۷/۲۷	۱۹/۱۴	۱۸/۸

منبع: ترازنامه انرژی، سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳

با توجه به اینکه بخش صنعت خود چندین زیر بخش تولیدی را شامل می‌شود و آلودگی ایجاد شده توسط آنها متفاوت می‌باشد، ابتدا میزان انتشار دی‌اکسید کربن در سطح تمام کدهای آیسیک^۱ دو رقمی طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ برآورد شده است. سپس صنعتی که بیشترین میزان دی‌اکسید کربن را منتشر کرده^۲ به عنوان صنعت آلوده‌زا در نظر گرفته شده و به شناخت عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی هوای آن صنعت، پرداخته خواهد شد. شناسایی صنعت آلوده‌زا می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار مقامات کشوری از قبیل سازمان محیط‌زیست، وزارت نیرو، وزارت صنایع و معادن و سازمان امور مالیاتی قرار دهد. این اطلاعات شامل شناسایی صنعتی که بیشترین آلودگی هوا را ایجاد می‌کند، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر آلودگی هوای ایجاد شده و ... در صنعت مربوطه خواهد بود.

در مقاله حاضر، ابتدا به نحوه محاسبه ضریب انتشار دی‌اکسید کربن هر یک از حامل‌های انرژی مصرف شده در بخش صنعت در هر سال اشاره شده سپس نحوه محاسبه

^۱ ISIC نوعی طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد فعالیت‌های صنعتی است و مخفف International Standard Industrial Classification می‌باشد.

^۲ در دوره مورد بررسی بر اساس محاسبات نویسندگان، در بخش صنعت، صنعت کانی غیرفلزی بیشترین سهم در انتشار دی‌اکسید کربن داشته است.

مقدار انرژی مصرفی هر حامل انرژی در صنایع کد آیسیک دو رقم پرداخته و در نهایت نحوه محاسبه دی اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت کد آیسیک دو رقم با توجه به مقدار حامل انرژی مصرفی توضیح داده شده است. پس از تعیین دی اکسید کربن منتشر شده توسط تمام صنایع کد آیسیک دو رقم طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی به عنوان آلوده زاترین صنعت تعیین شد. سپس به منظور برآورد رابطه میان انتشار آلودگی و فعالیت های صنعتی از مدل کول، الیوت و شیماموتو^۱ (۲۰۰۴) با تعدیلاتی استفاده گردید. بعد از تخمین مدل رگرسیونی و برآورد پارامترهای مدل، بوت استرپ روی باقی مانده های مدل انجام شده است. نوآوری مقاله حاضر در این است که در سایر مقالات داخلی کار شده در حوزه محیط زیست و صنعت، به طور تخصصی بر روی صنعت خاصی تمرکز نشده و موضوع به طور کلی در بخش صنعت و آلودگی ایجاد شده توسط بخش صنعت مورد بررسی قرار گرفته است اما در مقاله حاضر موضوع به طور خاص بر صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی به عنوان آلوده زاترین صنعت تمرکز کرده است. همچنین در معدود مطالعات کار شده در حوزه آلودگی صنایع، از داده های دی اکسید کربن منتشر شده توسط کل بخش صنعت که توسط ترازنامه انرژی به صورت سالیانه گزارش می شود به عنوان شاخص آلودگی هوا استفاده شده اما در مقاله حاضر ابتدا دی اکسید کربن منتشر شده به تفکیک صنایع کد آیسیک دو رقم طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ توسط نویسندگان مقاله محاسبه شده و سپس به طور خاص تمرکز بر صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی به عنوان آلوده زاترین صنعت شده است. ساختار مقاله بدین صورت تنظیم شده است که در ادامه ابتدا مبانی نظری مقاله آورده شده سپس، پیشینه و روش شناسی پژوهش و در نهایت، به بحث و نتیجه گیری پرداخته است.

۲. مبانی نظری

شهرنشینی و صنعتی شدن موجب شده جمعیت زیادی در مناطق کوچک کنار یکدیگر متمرکز شوند و اینجاست که توسعه پایدار موضوعیت پیدا می کند. محیط زیست و منابع طبیعی تأمین کننده بسیاری از نهاده های تولید هستند، بنابراین، حفاظت از آنها لازمه توسعه پایدار است. توسعه پایدار بخش انرژی، در بهبود شرایط اقتصادی و زیست محیطی نقش بسزایی دارد، به گونه ای که توجه به این امر موجب کاهش آسیب های زیست محیطی

^۱ Cole, Elliott & Shimamoto

ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد (لیانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۰). در طول سال‌های گذشته، صنعت در بهبود و توسعه استانداردهای زندگی بشر، نقش اساسی داشته است. تأمین مسکن، تغذیه، جابه‌جایی و حمل‌ونقل، آموزش و پرورش، تحقیق و خدمات پزشکی همگی به فرآورده‌های صنعتی وابسته‌اند. در بررسی اقتصاد ایران، از یک طرف باید توجه داشت که ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و برخوردار از منابع غنی انرژی یکی از مصادیق الگوی رشد مبتنی بر منابع طبیعی محسوب می‌شود و با توجه به آن که سهم عمده‌ای از بخش انرژی را احتراق سوخت‌های فسیلی تشکیل داده، مصرف این سوخت‌ها با انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا همراه شده است. با وجود تلاش‌های انجام شده در زمینه کنترل انتشار دی‌اکسید کربن، هنوز کشور ایران در این زمینه در وضعیت مطلوبی قرار ندارد (دهقان و نصراللهی، ۱۴۰۱). بنابراین، در برنامه‌ریزی توسعه، دو عنصر توسعه صنعتی و پایداری زیست‌محیطی از عناصر اساسی بوده و به منظور برخورداری از توسعه‌ای بادوام، باید توسعه صنعتی بر مفهوم پایداری زیست‌محیطی استوار گردد. در واقع، در سطح ملی، این تنها رشد اقتصادی نیست که باید مورد نظر قرار بگیرد بلکه چگونگی این رشد نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. به تجربه ثابت شده است که می‌توان با حفظ قابلیت‌های محیط‌زیست به حرکت اقتصادی شتاب داد. به این الگوی خاص از توسعه، توسعه پایدار گفته می‌شود که پایه و اساس پیشرفت اجتماعی و مسیر توسعه صنعت در آینده می‌باشد.

طی سال‌های اخیر، آگاهی بسیاری در مورد اهمیت جنبه‌های محیط‌زیست و توسعه پایدار در میان جوامع مختلف پدید آمده است. به طوری که اکثر کشورها اهداف کوتاه-مدت، میان‌مدت و بلندمدتی را در این زمینه برای خود تعیین نموده و خود را متعهد به دستیابی به این اهداف جدید کرده‌اند. رشد تولیدات جهانی به همراه آگاهی بیشتر از وسعت آثار فعالیت اقتصادی بر محیط‌زیست، این نگرانی را به وجود می‌آورد که سطوح فعلی تولید نمی‌تواند بدون آسیب رساندن به محیط‌زیست حفظ شود. بنابراین، لازم است تا روش‌هایی برای حفاظت از محیط‌زیست، محدود کردن یا جبران خسارت زیست‌محیطی معرفی شود. اعمال یک سیاست جهانی محیط‌زیست هم باید مسئولیت‌پذیری کل جهان را در بر بگیرد و هم، همه کشورها و آحاد مردم احساس تکلیف و وظیفه کنند. بنابراین، به لحاظ توسعه فعالیت‌های تولیدی و تکنولوژی، شناخت وضعیت کنونی ضروری می‌باشد و لازم هست تعیین شود که هر یک از زیربخش‌های اقتصاد، به چه میزان آلودگی ایجاد می‌کنند تا

^۱ Liang et al

سیاست گذاری های لازم برای کنترل وضعیت موجود صورت پذیرد. در این میان، بخش صنعت به عنوان یکی از زیربخش های اصلی اقتصاد، یکی از پر مصرف ترین بخش های انرژی کشور است که موجب انتشار آلاینده های زیست محیطی در هوا می شود. بخش صنعت خود از زیربخش هایی تشکیل شده که طبق طبقه بندی آیسیک آن ها را در ۲۴ طبقه جای می دهند. با توجه به مطالعات تجربی که انجام یافته، بخش صنعت ایران سهم به سزایی در انتشار آلاینده ها در میان بخش های مصرف انرژی کشور را دارد و منجر به آلوده شدن محیط زیست شده است. یکی از این آثار مخرب فعالیت های صنعتی بر محیط زیست، افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن است که با توسعه افسار گسیخته بخش صنعت، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، منجر به مصرف بیشتر انرژی در این بخش شده است. طبق اطلاعات منتشره از دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی و محاسبه نویسندگان، سهم دی اکسید کربن از میان گازهای آلاینده منتشر شده ناشی از مصرف حامل های انرژی در بخش صنعت در سال ۱۴۰۰، برابر با ۹۹/۷ درصد بوده است. همین روال در سایر سال های دوره زمانی مورد مطالعه نیز تکرار شده است. لذا در پژوهش حاضر از گاز دی اکسید کربن به عنوان شاخص آلودگی هوا در بخش صنعت استفاده شده است.

جدول ۲. میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای^۱ ناشی از کل مصرف انرژی در بخش صنعت در

سال ۱۴۰۰ بر حسب تن

N_2O	CH_4	CO_2	PMs	CO	SO_2	SO_x	NO_x
۳۳۴	۲۷۳۶	۱۳۶۳۸۷۰۶۸	۲۲۵۶۳	۲۴۱۹۰	۱۸۶۰	۱۳۱۲۲۰	۲۲۲۱۱۳

منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۴۰۰

صنعتی شدن شتابان، سبب افزایش روزافزون منابع و انرژی می شود (ون و هاو، ۲۰۲۰).^۲ افزایش مصرف انرژی در بخش صنعت، سبب افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن در هوا می شود. لذا بررسی آثار زیست محیطی بخش صنعت به دلیل آنکه می تواند در بهبود استانداردهای زندگی نقش عمده ای داشته باشد، مهم است. صنایع تولیدی ایران بر اساس فعالیت های اقتصادی و بر حسب طبقه بندی بین المللی فعالیت های صنعتی (آیسیک) به ۲۴ گروه صنعتی تقسیم بندی شده است^۳ که هر کدام از ۲۴ صنعت کد دو رقمی بسته به نوع

^۱ اسم آلاینده ها از راست به چپ: اکسیدهای نیتروژن، دی اکسید گوگرد، تری اکسید گوگرد، مونوکسید کربن، ذرات معلق، دی اکسید کربن، متان و نیتروز اکسید می باشد.

^۲ Wen & Hao

^۳ بر اساس آخرین بازنگری توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۴۰۳

ساختار تولیدی خود و نوع تجهیزات کارخانه‌ای تعدادی از آنها را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند. بر اساس اطلاعات منتشر شده از سوی مرکز آمار ایران، نهاده‌ی انرژی فسیلی در کشور به هشت زیرشاخه تقسیم می‌شود که شامل: گاز طبیعی، نفت کوره، گازوییل، بنزین، نفت سفید، گازمایع، زغال‌سنگ و زغال‌چوب می‌باشد. مصرف حامل‌های انرژی زغال‌سنگ و زغال‌چوب از اهمیت کمتری برخوردار هستند و مقدار مصرف این دو در اکثر فعالیت‌ها صفر بوده^۱ و عمده مصرف حامل انرژی کشور در بخش صنعت، مربوط به شش نوع مذکور می‌باشد. لذا، در پژوهش حاضر از گاز طبیعی، نفت کوره، گازوییل، بنزین، نفت سفید و گازمایع به عنوان حامل انرژی در بخش صنعت استفاده شده است.

پژوهش حاضر به دنبال یافتن پاسخ سوالات زیر است:

- کدام صنعت در سطح کدهای دو رقمی آیسیک، بیشترین میزان آلودگی هوا ایجاد می‌کند؟
- عوامل موثر بر آلودگی هوای ایجاد شده توسط صنعت آلوده‌زا چیست؟

۳. پیشینه پژوهش

در این قسمت به مرور مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته در زمینه آلودگی صنعتی پرداخته شده است. کول و همکاران^۲ (۲۰۰۴)، در مطالعه‌ای رابطه میان فعالیت صنعتی، قوانین زیست‌محیطی و آلودگی هوا را در صنایع تولیدی انگلستان مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه رابطه میان فعالیت‌های صنعتی و آلودگی هوا در قالب مدل زیر مطرح شده است: متغیر وابسته، انتشار آلودگی به ازای هر واحد ارزش افزوده است و متغیر مستقل شامل: مصرف حامل‌های انرژی به ازای هر واحد ارزش افزوده، شدت سرمایه فیزیکی، سهمی از ارزش افزوده که به کارگران ماهر پرداخت شده است، متغیر اندازه که با ارزش افزوده هر بنگاه در صنعت تعریف شده است، هزینه‌های سرمایه‌ای یک صنعت که بعنوان سهمی از ارزش افزوده بیان شده و تحت این فرض که هرچه این مخارج در صنعتی بزرگ‌تر باشد احتمالاً تجهیزات و ماشین‌آلات صنعت جدیدتر خواهد بود عمل می‌نماید، مخارج تحقیق و توسعه بر مبنای ارزش افزوده بعنوان معیاری برای نوآوری در یک صنعت در نظر گرفته شده

^۱ در اکثر سال‌های دوره زمانی مورد بررسی مقاله، اطلاعات آماری مربوط به مقدار مصرف زغال‌سنگ و زغال‌چوب در بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC دو رقم، به دلیل ناچیز بودن منتشر نشده است.

^۲ Cole et al

است. نتایج این بررسی که به کمک داده‌های پانلی برای دوره ۱۹۹۸-۱۹۹۰ انجام گرفته، نشان می‌دهد که شدت آلودگی، تابعی مثبت از مصرف انرژی، شدت سرمایه فیزیکی و شدت سرمایه انسانی است. همچنین رابطه‌ای منفی بین حجم آلودگی و اندازه متوسط بنگاه در یک صنعت، بهره‌وری یک صنعت، هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های تحقیق و توسعه وجود دارد.

هامیت و هاگار^۱ (۲۰۱۱)، به بررسی رابطه بلندمدت و هم‌چنین رابطه علی میان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی و رشد اقتصادی برای بخش صنعت کانادا در دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۷ پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری روی انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. همچنین پژوهش آنها فرضیه منحنی کوزنتس را برای بخش صنعت کانادا مورد تایید قرار می‌دهد. نتایج آزمون علیت حاکی از رابطه علی یک طرفه از مصرف انرژی به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد.

رحمان و کاشم^۲ (۲۰۱۷)، به بررسی رابطه میان انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی و رشد بخش صنعت در بنگلادش طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۲ با استفاده از مدل ARDL و آزمون علیت گرنجر پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد که مصرف انرژی و رشد بخش صنعت اثر مثبت و معنی‌داری روی انتشار دی‌اکسید کربن هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت دارد.

آیدو و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان این که آیا صنعتی شدن باعث انتشار دی‌اکسید کربن از طریق مصرف انرژی می‌شود؟ با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۸۵ برای کشورهای اپک به روش پانل به این نتیجه دست یافتند که صنعتی شدن و مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت دارد.

بهبودی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از روش علیت گرنجر به بررسی وجود یا فقدان رابطه‌ی علی بین دی‌اکسید کربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف انرژی با انتشار دی‌اکسید کربن و ارزش افزوده بخش صنعت رابطه علی دارد به طوری که افزایش مصرف انرژی در سال‌های مورد بررسی سبب افزایش

^۱ Hamit & Hagggar

^۲ Rahman & Kashem

^۳ Idowu et al

دی اکسید کربن شده است. هم چنین افزایش مصرف انرژی سبب افزایش ارزش افزوده بخش صنعت و اشتغال نیز شده است.

بنی اسدی و زارع مهرجردی (۱۳۹۴)، با استفاده از آزمون استاندارد علیت گرنجر و آزمون علیت گرنجر هیشائو^۱، رابطه علیت بین انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان شاخص آلودگی هوا و ارزش افزوده بخش صنعت طی سالهای ۱۳۴۶ الی ۱۳۸۹ را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، وجود رابطه علیت دو طرفه بین این دو متغیر به اثبات رسیده است.

نصراللهی و غفاری (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای به بررسی آلودگی در صنایع تولیدی ایران به کمک داده‌های تابلویی برای دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۴ پرداختند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که آلودگی هوا تابعی مثبت از مصرف انرژی، حجم فعالیت‌های صنعتی و حجم سرمایه فیزیکی و نیز تابعی منفی از بهره‌وری نیروی کار، قیمت سوخت‌های فسیلی و شدت مهارت انسانی است.

لطفعلی پور و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی آثار رشد بخش صنعت، آزادسازی تجاری و مصرف انرژی بر میزان انتشار آلودگی در ایران پرداختند. آنها با استفاده از داده‌های ۱۳۹۳-۱۳۶۵ و تکنیک مدل خود توضیحی با وقفه‌های گسترده به این نتیجه رسیدند که ارزش افزوده بخش صنعت تاثیر مثبت و معنی داری بر آلودگی و مجذور آن تاثیر منفی بر آلودگی داشته است. بنابراین فرضیه کوزنتس^۲ در مطالعه آنها تایید شد. مصرف انرژی و آزادسازی تجاری، هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت دارای تاثیر مثبت و معناداری بر میزان انتشار دی اکسید کربن دارد اما تاثیر متغیر مصرف انرژی بر میزان انتشار آلودگی قابل توجه تر است. نجاتی و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی و ارزیابی تاثیر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران از قبیل: بخش صنعت، کشاورزی، نفت، حمل و نقل و خدمات پرداختند. آنها با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۷۵-۱۳۹۳ و یک مدل رگرسیون به ظاهر نامرتبط به برآورد رگرسیون پرداختند. نتایج حاکی از آن است که مصرف انرژی رابطه مثبت و معناداری با انتشار دی اکسید کربن دارد اما مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اثر یکسانی بر آلودگی ندارد. رابطه بین آلودگی و رشد اقتصادی در بخش صنعت U شکل به دست آمده است.

^۱ Hisao's Granger Causality

^۲ Kuznets Hypothesis

تهامی پور زرنندی و همکاران (۱۴۰۰)، به ارتباط بین رشد تولیدهای بخش صنعت و مقدار آلودگی‌های ناشی از آن، به ویژه انتشار گاز دی‌اکسید کربن پرداختند. برای این منظور از رویکرد منحنی محیط‌زیستی کوزنتس و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی با ده نفر کارکن و بیشتر، در دوره زمانی ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۶ بهره گرفته شده است. یافته‌های بررسی‌ها نشان می‌دهد که اگر ارزش افزوده بخش صنعت یک درصد افزایش پیدا کند، مقدار انتشار گاز دی‌اکسید کربن $2/38$ درصد افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش یک درصد جمعیت، مقدار انتشار گاز دی‌اکسید کربن $0/67$ درصد افزایش می‌یابد. افزون بر این، افزایش یک درصد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت، موجب کاهش $0/79$ درصد در مقدار انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود.

دهقان بنادک‌کوکی و نصراللهی (۱۴۰۱)، برای محاسبه انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن در استان یزد، ابتدا با استفاده از روش سهم مکانی خاص صنعتی^۱، جدول داده-ستانده استان یزد برای سال ۱۳۹۵ استخراج کردند و سپس با استفاده از میزان مصرف انرژی و ضرایب انتشار، میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم آلاینده دی‌اکسید کربن و اثر کل آلاینده‌گی برای هر بخش اقتصادی محاسبه کردند. نتایج نشان می‌دهند در سال ۱۳۹۵ در استان یزد، بخش‌های «ساخت فرآورده‌های کانی غیرفلزی»، «ساخت فلزات اساسی» و «ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و فرآورده‌های شیمیایی» با سهم $89/93$ درصدی، بیشترین میزان انتشار آلاینده‌گی را داشته‌اند. همچنین آلاینده‌گی غیرمستقیم سهم بیشتری از کل آلاینده‌گی منتشرشده در استان را به خود اختصاص داده است. در مجموع، نتایج بیان‌کننده افزایش روند آلاینده‌گی ناشی از مصرف انرژی ناشی از تولید کالاها و خدمات استان یزد هستند.

همان‌طور که در مطالعات پیشین مرور شد، در اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینه آلودگی صنعتی، برای تعیین رابطه میان توسعه اقتصادی و تخریب محیط‌زیست از اطلاعات در سطح کلان (کشورها) استفاده نموده‌اند. پژوهش حاضر تنها مطالعه‌ای است که در زمینه آلودگی صنعتی کار شده و صنایع کدهای آیسیک را مورد بررسی قرار داده است. نوآوری مقاله در این است که ضمن محاسبه میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده به تفکیک هر یک از صنایع کد آیسیک، به شناسایی عوامل موثر بر دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به عنوان آلوده‌زاترین صنعت در ایران طی دوره

^۱ SFLQ

زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ با تخمین رگرسیون به روش بوت استرپ^۱ کردن باقی‌مانده‌ها^۱، پرداخته است. پژوهش حاضر با محدودیت‌های زیر مواجه بوده است:

۱- با توجه به اینکه آمار انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی در ایران تنها در سطح کلان منتشر می‌شود، لذا ضرایب انتشار دی‌اکسید کربن هر یک از سوخت‌های مختلف، با استفاده از آمار میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش صنعت به تفکیک هر سوخت و نیز مقدار هر یک از سوخت‌های فسیلی مصرف شده در این بخش به دست می‌آید که برای تمام زیربخش‌های صنعتی و فعالیت‌های آنها ثابت در نظر گرفته می‌شود.

۲- داده‌های مربوط به مقدار حامل انرژی مصرف شده توسط صنایع در سطح کد آیسیک دو رقم، از سال ۱۳۸۳ و بعد از آن، توسط مرکز آمار ایران منتشر می‌شود. لذا محدودیت در داده‌ها نیز یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق هست.^۲

۴. روش‌شناسی

در این قسمت ابتدا نحوه محاسبه ضریب انتشار دی‌اکسید کربن هر یک از حامل‌های انرژی مصرف شده بخش صنعت در هر سال، مقدار انرژی مصرفی هر حامل در صنایع تولیدی ایران، نحوه‌ی محاسبه کل آلودگی ایجاد شده توسط صنایع، شناسایی صنعت آلوده‌زا و در نهایت به تعیین عوامل موثر بر آلودگی ایجاد شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به عنوان آلوده‌زاترین صنعت پرداخته شده است.

در این قسمت، ابتدا نحوه محاسبه میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط هر یک از ۲۴ صنعت کد آیسیک طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ تشریح شده تا آلوده‌زاترین صنعت طی دوره زمانی مورد مطالعه شناسایی شود و در ادامه به شناسایی عوامل موثر بر این آلودگی ایجاد شده پرداخته شده است. با توجه به این که هر یک از این ۲۴ صنعت در دوره زمانی ۱۸ ساله مورد مطالعه شش نوع حامل انرژی را مورد مصرف قرار می‌دهند ابتدا باید مقدار

^۱Residual Bootstrap

^۲ مرکز آمار ایران از سال ۱۳۸۱ به بعد، حجم نمونه آماری خود را در بخش صنایع کد آیسیک، تقریباً دو برابر کرده است به طوری که بر اساس محاسبات نویسندگان مقاله، تعداد کارگاه‌هایی که مرکز آمار از طریق پرسش‌نامه به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته بود از ۲۳۰۱ کارگاه در سال ۱۳۸۰ به ۴۲۶۹ در سال ۱۳۸۱ افزایش یافته بود. لذا اطلاعات آماری سال‌های قبل از سال ۱۳۸۱ اطلاعات ناقصی بود که امکان استفاده از آنها در مقاله نبود. هم چنین برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ نیز اطلاعات مقدار حامل‌های انرژی مصرف شده در سطح صنایع آیسیک نیز در دسترس نیست. بنابراین دوره زمانی مورد مطالعه از ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰ در نظر گرفته شده است.

انتشار دی اکسید کربن هر یک از این شش نوع حامل انرژی را محاسبه کرده، سپس مجموع دی اکسید کربن منتشره را محاسبه کرده تا کل میزان انتشار دی اکسید کربن برای هر یک از این ۲۴ صنعت در دوره زمانی مورد مطالعه به دست آید. با توجه به این که اطلاعات مربوط به ضریب انتشار دی اکسید کربن هر حامل انرژی به تفکیک نوع صنعت موجود نمی باشد به ناچار باید ضریب انتشار دی اکسید کربن هر یک از حامل های انرژی در بخش صنعت به صورت سالیانه محاسبه کرده و سپس عددهای به دست آمده به عنوان ضرایب انتشار دی اکسید کربن برای تمام صنایع کدهای آیسیک دو رقم یکسان در نظر گرفته می شود. برای محاسبه ضریب انتشار دی اکسید کربن در کل بخش صنعت برای هر نوع حامل انرژی، باید مقدار انتشار دی اکسید کربن از آن نوع حامل انرژی در کل بخش صنعت را بر مقدار مصرف آن نوع حامل انرژی در کل بخش صنعت تقسیم کرد. اطلاعات مربوط به مقدار دی اکسید کربن منتشر شده از هر حامل انرژی مصرف شده در بخش صنعت و نیز اطلاعات مربوط به مقدار مصرف هر حامل انرژی در بخش صنعت توسط وزارت نیرو به صورت سالیانه منتشر می شود. از آن جایی که مقدار مصرف هر حامل انرژی در بخش صنعت دارای واحدهای متفاوتی می باشد، ابتدا لازم است مقدار هر یک از حامل انرژی مصرف شده را در ضریب ارزش حرارتی^۱ آن حامل انرژی ضرب کنیم تا بر حسب واحد یکسان به نام BTU^2 برای تمام حامل های انرژی مختلف به دست آید^۳ و با جمع آنها، کل مقدار انرژی مصرفی بر حسب واحد BTU به دست می آید. برای محاسبه میزان انتشار دی اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت با کد آیسیک دو رقم در هر سال، لازم است مقدار انرژی مصرفی بر حسب واحد BTU برای هر یک از حامل های انرژی را در میزان انتشار دی اکسید کربن از تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هر یک از حامل های انرژی در سال مربوطه ضرب کرده و سپس مجموع دی اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت در هر سال را محاسبه کرد. طبق روش ذکر شده میزان انتشار دی اکسید کربن منتشره برای تمام ۲۴ صنعت کد آیسیک دو رقم در سال های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ توسط نویسندگان مقاله محاسبه شده است که در قسمت بعد

^۱ ارزش حرارتی حامل انرژی عبارت است از مقدار گرمایی که در موقع سوختن کامل واحد جرم حامل انرژی آزاد می شود.

^۲ واحد انرژی BTU مقدار حرارتی است که لازم است تا دمای یک پوند آب را به میزان یک درجه فارنهایت بالا برد.

^۳ به دلیل این که حامل های انرژی دارای واحدهای اندازه گیری متفاوتی دارند، ابتدا باید همگی به واحد یکسانی بر حسب BTU تبدیل شوند.

به طور کامل تر تشریح شده است. طبق محاسبات نویسندگان صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی در دوره مورد مطالعه پژوهش، به عنوان آلوده‌زاترین صنعت به دست آمده است. در ادامه به معرفی مدل پژوهش جهت شناسایی عوامل موثر بر آلودگی هوای ایجاد شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به عنوان آلوده‌زاترین صنعت پرداخته شده است.

در این قسمت به منظور برآورد رابطه میان فعالیت‌های صنعتی و انتشار آلودگی از مدل کول، الیوت و شیماموتو (۲۰۰۴) با تعدیلاتی به شرح ذیل استفاده می‌شود:

$$E_t = f(ENERGY_t, PCI_t, HCI_t, RD_t, SKILL_t, CAP_t)$$

که در آن متغیرهای مورد استفاده به شرح زیر است:

E_t : نسبت میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به ارزش تولیدات و ضایعات^۱ آن صنعت می‌باشد که شدت انتشار آلودگی نامیده می‌شود.

$ENERGY_t$: نسبت کل مقدار حامل انرژی مصرف شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های صنعت کانی غیرفلزی به ارزش تولیدات و ضایعات آن صنعت می‌باشد. رابطه مثبت بین میزان آلودگی و میزان حامل انرژی مصرف شده، مورد انتظار است. هرچه میزان حامل انرژی مصرف شده در صنعتی بالاتر باشد، سطح بالاتری از آلودگی هوا در آن صنعت خواهیم داشت.

PCI_t : متغیر شدت سرمایه فیزیکی می‌باشد. سطح آلودگی یک صنعت ممکن است از طریق شدت استفاده از عوامل تولید مورد تأثیر قرار بگیرد. یعنی با فرض ثبات سایر شرایط، به نظر می‌رسد صناعی که بیشتر بر ماشین‌آلات و تجهیزات متکی هستند نسبت به صناعی که بیشتر بر نیروی کار متکی هستند حجم آلودگی بیشتری ایجاد می‌کنند و این امر را می‌توان به دلیل ارتباط بین شدت سرمایه فیزیکی و شدت انرژی‌بری آن صنعت دانست (کول، الیوت و شیماموتو، ۲۰۰۴). در مطالعه حاضر برای محاسبه شدت سرمایه فیزیکی از رابطه زیر استفاده شده است:

^۱ ابتدا داده‌های ارزش تولیدات و ارزش ضایعات قابل فروش صنعت مذکور با یکدیگر جمع شده و بر شاخص قیمت تولیدکننده فرآورده‌های صنعتی صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی (بر پایه سال ۱۴۰۰) تقسیم شده‌اند تا ارزش تولیدات به قیمت ثابت به دست آید.

شدت سرمایه فیزیکی: (جمع ارزش تولیدات و ضایعات - جبران خدمات نیروی کار)^۱ / کل شاغلان تولیدی.

HCI_t : شدت سرمایه انسانی مبتنی بر دستمزد می باشد و به صورت نسبت جبران خدمات نیروی کار به جمع ارزش تولیدات و ضایعات محاسبه می شود. ارتباط مثبت بین معیار شدت سرمایه انسانی مبتنی بر دستمزد و شدت آلودگی نشان می دهد که کارگرانی که در فعالیت های آلوده از فعالیت می کنند به دلیل خطرات بالاتر و نیاز به حمایت بیشتر از سلامت و ایمنی، مشمول حق بیمه بیشتری هستند و ممکن است بتوانند با کار کمتر نسبت به دیگران بازنشستگی زودتر یا مزایای بیشتری دریافت کنند. همچنین برخی از کارگران در صنایع آلوده از امکان است پاداش های ویژه ای برای خطرات کار و سختی کار دریافت کنند.

RD_t : نسبت مخارج تحقیق و توسعه به ارزش تولیدات و ضایعات می باشد و به عنوان شاخص نوآوری در صنعت در نظر گرفته می شود. مخارج تحقیق و توسعه می تواند باعث توسعه فناوری های پاک، بهینه سازی فرآیند تولید و توسعه سیستم های کنترل آلودگی شود. لذا انتظار می رود رابطه ی معکوسی میان این متغیر و انتشار دی اکسید کربن وجود داشته باشد. $SKILL_t$: شدت مهارت نیروی انسانی است. در این مطالعه برای محاسبه شدت مهارت نیروی انسانی از رابطه زیر استفاده شده است:

شدت مهارت نیروی انسانی: تعداد شاغلین ماهر^۲ / کل تعداد شاغلین

کارگران ماهر معمولاً با فناوری های پیشرفته آشنا هستند و می توانند از تجهیزات و ماشین - آلات به نحوی استفاده کنند که آلودگی کمتری تولید شود. آنها می توانند فرآیندهای ناکارآمد را شناسایی و بهبود بخشند. همچنین کارگران ماهر می توانند به بهینه سازی فرآیندهای تولیدی پردازند و از مواد و منابع طبیعی به نحو بهتری استفاده کنند که منجر به کاهش پساب ها و گازهای گلخانه ای شود. علاوه بر موارد ذکر شده، کارگران ماهر بهتر قادر به رعایت و اجرایی کردن استانداردهای ایمنی و محیط زیست هستند و می توانند نظارت بیشتری بر روی فرآیندها داشته باشند. به طور کلی کارگران ماهر می توانند با توجه به دانش و تجربه ی بیشتری که دارند به کاهش آلودگی در صنایع کمک کنند. لذا، تصور می شود که احتمالاً هر چه سرمایه انسانی در صنعت بالاتر باشد، صنعت کارا تر بوده و بنابراین، از

^۱ مجموع کل مزد و حقوق پرداختی سالانه و سایر پرداختی ها به شاغلان تولیدی و غیرتولیدی

^۲ بنابر تعریف سالنامه آماری، در این پژوهش مجموع کارگران ماهر، تکنیسین ها و مهندسين به عنوان شاغلان ماهر خطوط تولید در نظر گرفته می شوند.

شدت انرژی‌بری کمتری برخوردارند. از این رو، در مقایسه با بخش‌هایی با مهارت کمتر، نسبتاً پاک‌تر هستند.

CAP_t : بیانگر هزینه‌های سرمایه‌ای یک صنعت است. که به صورت نسبت مخارج سرمایه‌گذاری به جمع ارزش تولیدات و ضایعات تعریف شده است و تحت این فرض که هرچه این مخارج در صنعتی بزرگتر باشد تجهیزات و ماشین‌آلات صنعت جدیدتر خواهد بود عمل می‌نماید و سطح پایین‌تری از آلودگی هوا در آن صنعت خواهیم داشت. اندیس t به سال مورد نظر اشاره دارد. تمامی ارزش‌ها بر حسب شاخص‌های قیمتی در سال پایه ۱۴۰۰ تعدیل شده است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، به دلیل محدودیت در داده‌های آماری در بخش صنعت، دوره زمانی پژوهش حاضر از ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰ در نظر گرفته شده است. چون دوره زمانی مذکور کوتاه می‌باشد، برای تخمین رگرسیون از روش بوت استرپ کردن روی باقی‌مانده‌ها استفاده شده است.

در حل بسیاری از مسائل اقتصادسنجی نیاز به حجم نمونه بزرگی وجود دارد. از سوی دیگر در بسیاری موارد دسترسی به چنین نمونه‌ای وجود ندارد. برای رفع این تعارض از روش‌های بازنمونه‌گیری استفاده می‌شود. یکی از روش‌های استفاده مجدد از نمونه به روش خودگردان‌سازی یا بوت‌استرپ موسوم است. روش بوت استرپ یک روش علمی و آماری ارائه می‌کند که با استفاده از آن می‌توان مسائلی که به داده‌های زیاد نیاز دارند را با داده‌های اندک حل کرد. دو روش بوت استرپ وجود دارد. یکی روش بوت استرپ تصادفی^۱ و دیگری روش بوت استرپ بر روی باقی‌مانده‌ها می‌باشد. تفاوت اصلی بین بوت استرپ تصادفی و بوت استرپ بر روی باقی‌مانده‌ها، در نحوه تولید نمونه‌های بوت استرپ است. در روش بوت استرپ تصادفی، نمونه‌های جدید با نمونه‌گیری جایگشتی^۲ از داده‌های اصلی ایجاد می‌شوند. به این معنی که هر داده در نمونه اصلی ممکن است چندین بار در نمونه بوت استرپ ظاهر شود یا اصلاً ظاهر نشود. در روش بوت استرپ بر روی باقی‌مانده‌ها که در مدل‌های رگرسیونی استفاده می‌شود ابتدا یک مدل رگرسیونی بر روی داده‌های اصلی برازش داده می‌شود. سپس باقی‌مانده‌ها از این مدل محاسبه می‌شوند. نمونه‌های بوت استرپ با نمونه‌گیری جایگشتی از این باقی‌مانده‌ها و سپس افزودن آن‌ها به مقادیر برازش شده مدل اصلی، ایجاد می‌شوند.

^۱ Random Bootstrap

^۲ sampling with replacement

۵. یافته‌ها

انرژی مصرفی در فعالیت‌های صنایع تولیدی کد آیسیک از طریق مصرف حامل‌های انرژی گاز طبیعی، نفت کوره، گازوییل، بنزین، نفت سفید و گازمایع دست می‌آید. با عنایت به ایجاد انرژی با ضرایب متفاوت توسط هر یک از حامل‌های انرژی مذکور، ابتدا باید با استفاده از ضرایب ارزش حرارتی حامل‌های انرژی^۱ که در جدول ۳، مورد اشاره قرار گرفته است، هر یک از حامل‌های انرژی بر حسب واحد یکسان به نام BTU تبدیل شوند و با جمع آنها، کل مقدار انرژی مصرفی بر حسب واحد BTU به دست می‌آید.

جدول ۳. ارزش حرارتی حامل‌های انرژی مختلف

حامل انرژی	واحد	میلیون BTU
بنزین	هزار لیتر	۳۱/۸۸۶
نفت سفید	هزار لیتر	۳۴/۱۱
نفت گاز	هزار لیتر	۳۵/۸۲
نفت کوره	هزار لیتر	۴۰/۹۳
گاز مایع	تن	۴۲/۶۹
گاز طبیعی	هزار متر مکعب	۳۵/۷۱

منبع: ترازنامه هیدروکربوری

سوخت‌های فسیلی مختلف مقادیر متفاوتی از دی‌اکسیدکربن به ازای هر واحد انرژی حرارتی تولید می‌کنند. ضریب انتشار، شاخصی برای محاسبه مقدار دی‌اکسیدکربن انتشار یافته از حامل‌های انرژی می‌باشد. این شاخص از نسبت میزان انتشار دی‌اکسیدکربن توسط هر حامل به میزان مصرف آن حامل انرژی به دست می‌آید. با توجه به اینکه آمار انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی در ایران تنها در سطح کلان منتشر می‌شود، لذا ضرایب انتشار هر یک از سوخت‌های مختلف با استفاده از آمار میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش صنعت به تفکیک هر سوخت و نیز مقدار هر یک از سوخت‌های فسیلی مصرف شده در این بخش به دست می‌آید که برای تمام زیربخش‌های صنعتی و فعالیت‌های آنها ثابت در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال در جدول ۴، ضرایب انتشار دی‌اکسیدکربن هریک از حامل‌های انرژی در کل بخش صنعت در سال ۱۳۸۹ محاسبه شده است.

جدول ۴. ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن حامل‌های انرژی مصرف شده بخش صنعت در سال ۱۳۸۹

^۱ ضرایب ارزش حرارتی حامل‌های انرژی از ترازنامه هیدروکربوری استخراج شده‌اند.

نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران | ۲۱

سوخت	بنزین (هزار لیتر)	نفت سفید (هزار لیتر)	نفت گاز (هزار لیتر)	نفت کوره (هزار لیتر)	گاز مایع (تن)	گاز طبیعی (هزار متر مکعب)
ضریب انتشار (تن)	۲/۳۸	۲/۶	۲/۸۲	۳/۲۳	۳/۰۷	۲/۰۸

منبع: محاسبات پژوهش

از آنجایی که حامل‌های انرژی مزبور دارای واحدهای متفاوتی از لحاظ میزان مصرف می‌باشند و نیز با توجه به اینکه ارزش حرارتی تولیدی به وسیله هر یک از این حامل‌ها (موجود در جدول ۳) متفاوت می‌باشد، لذا نمی‌توان برای مقایسه میزان آلاینده بودن این حامل‌ها از ضرایب فوق استفاده کرد. برای انجام این مقایسه می‌توان از شاخص مقدار انتشار دی‌اکسید کربن در تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هر یک از حامل‌های مزبور استفاده کرد، که برای به دست آوردن آن، ضرایب انتشار فوق بر ضرایب ارزش حرارتی هر یک از حامل‌های انرژی تقسیم می‌شود. نتایج حاصله برای سال ۱۳۸۹ در جدول ۵، آمده است.^۱

جدول ۵. میزان انتشار دی‌اکسید کربن از تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هر یک از حامل‌های

انرژی در سال ۱۳۸۹

سوخت	بنزین	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز مایع	گاز طبیعی
میزان انتشار (تن)	۰/۰۷۴۶	۰/۰۷۶۳	۰/۰۷۸۷	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۱۸	۰/۰۵۸۲

منبع: محاسبات پژوهش

برای محاسبه میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت با کد آیسیک دو رقم در هر سال، لازم است مقدار انرژی مصرفی بر حسب واحد BTU برای هر یک از حامل‌های انرژی را در میزان انتشار دی‌اکسید کربن از تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هر یک از حامل‌های انرژی در سال مربوطه ضرب کرده و سپس مجموع دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت در هر سال را محاسبه کرد. طبق روش ذکر شده میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشره برای تمام ۲۴ صنعت کد آیسیک دو رقم در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳

^۱ همان گونه که از جدول ۵ مشاهده می‌شود نفت کوره دارای بیشترین نقش در انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. علت این امر را می‌توان با توجه به ضرایب ارزش حرارتی حامل‌های انرژی موجود در جدول ۳ توضیح داد. مطابق جدول ۳ برای تولید یک میلیون BTU انرژی، نفت کوره بیشتری نیز مصرف می‌شود که در نتیجه منجر به انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. در مقابل گاز طبیعی دارای کمترین میزان پتانسیل انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. از این روی، ترکیب‌های مختلف سوخت مصرفی، انتشار دی‌اکسید کربن متفاوتی را در پی خواهند داشت.

توسط نویسندگان مقاله محاسبه شده است. در جدول ۶، سهم صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی از انتشار دی‌اکسید کربن از کل دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط بخش صنعت طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ محاسبه شده است.

جدول ۶. سهم صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی از انتشار دی‌اکسید کربن از کل دی‌اکسید کربن

منتشر شده توسط بخش صنعت

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
درصد	۳۳/۳۴	۳۳/۳۰	۳۶/۶۳	۳۲/۲۷	۳۲/۲۹	۳۲/۴۹	۳۱/۱۵	۳۳/۵۶	۳۲/۱۲
سال	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
درصد	۳۳/۱۳	۳۰/۸۱	۲۹/۴۵	۲۸/۵۳	۲۶/۲۳	۲۵/۸۶	۲۷/۵۴	۲۶/۱۲	۳۱/۱۲

منبع: محاسبات پژوهش

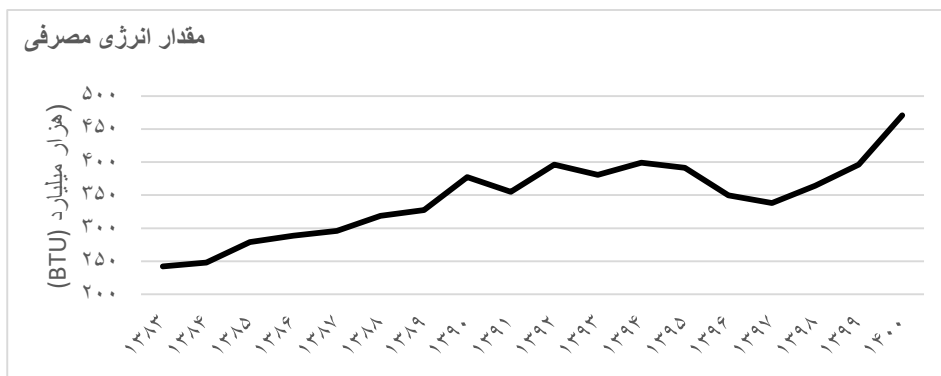
همان طور که در جدول فوق طبق محاسبات پژوهش مشاهده می‌شود صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی در طول دوره مورد بررسی به طور متوسط ۳۰/۷۲ درصد از کل آلودگی ایجاد شده توسط بخش صنعت را به خود اختصاص داده است. برای تمام صنایع در سطح کد آیسیک دو رقم طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳، دی‌اکسید کربن منتشره محاسبه شده است. از آنجایی که بر اساس محاسبات پژوهش، صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی آلوده‌زاترین صنعت به دست آمده است، پژوهش حاضر به تعیین عوامل موثر بر آلودگی هوای ایجاد شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی پرداخته است. در ادامه به معرفی زیربخش‌های صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی پرداخته شده است.

صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی بر اساس طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی ایران (بازنگری شده توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۴۰۳) در دو گروه: تولید شیشه و فرآورده‌های شیشه‌ای و تولید سایر فرآورده‌های کانی غیرفلزی و ده فعالیت: تولید شیشه جام، تولید کالا و فرآورده‌های شیشه‌ای - بجز شیشه جام، تولید کالا و فرآورده‌های نسوز، تولید سایر کالاهای چینی و سرامیکی، تولید سیمان، آهک و گچ، تولید کالاهای بتونی و سیمانی و گچی، برش و شکل دادن و پرداخت سنگ، تولید انواع آجر، تولید مواد ساختمانی از خاک رس و خاک کانی - بجز آجر و تولید سایر فرآورده‌های کانی غیرفلزی طبقه‌بندی می‌شود. همان طور که قبلاً ذکر شد حامل‌های عمده انرژی در بخش صنعت، شامل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز طبیعی و گاز مایع می‌باشد. طبق محاسبات پژوهش در دوره

زمانی مورد مطالعه، حامل انرژی گاز طبیعی در تامین انرژی فعالیت‌های صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی، سهمی به طور متوسط به میزان تقریباً ۷۰ درصد و پس از آن حامل انرژی نفت کوره با سهم به طور متوسط تقریباً ۲۵ درصد در جایگاه بعدی قرار دارد. سایر حامل‌های انرژی سهمی به طور متوسط به میزان تقریباً ۵ درصد داشته‌اند.

با ضرب مقدار مصرف هر یک از حامل‌های انرژی مذکور در ضرایب ارزش حرارتی آنها، می‌توان مقدار انرژی مصرفی هر حامل را بر حسب واحد معادل انرژی BTU به دست آورد.

نمودار ۱. روند کل انرژی مصرفی صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی



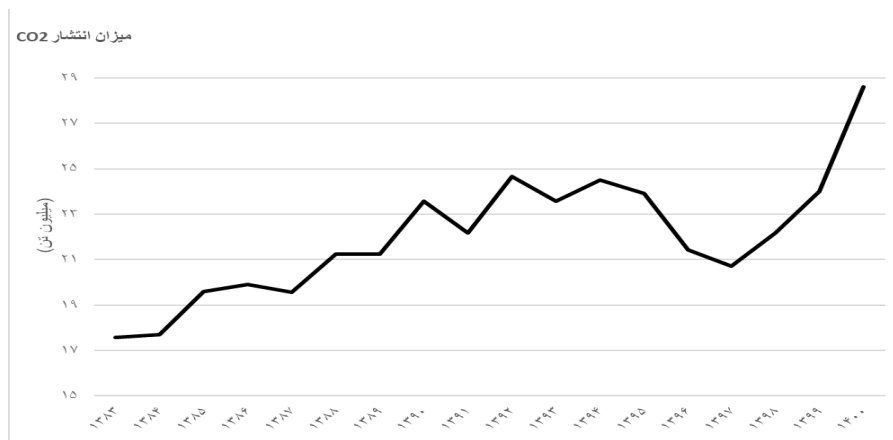
منبع: محاسبات پژوهش

مطابق نمودار فوق، کل انرژی مصرفی در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی دارای روند صعودی می‌باشد و از ۲۴۲ هزار میلیارد BTU در سال ۱۳۸۳ به ۴۷۰ هزار میلیارد BTU در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. با عنایت به این مسئله که مصرف انرژی ایجاد آلودگی می‌کند، فلذا با توجه به افزایش مصرف انرژی در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی، افزایش انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن این صنایع امری بدیهی خواهد بود. طبق محاسبات نویسندگان، تا سال ۱۳۸۶ نفت کوره بیشترین سهم را در انتشار دی‌اکسید کربن صنعت مذکور داشته است. این در حالی است که میزان انتشار دی‌اکسید کربن توسط گاز طبیعی با نرخ صعودی همواره افزایشی بوده است، به نحوی که از سال ۱۳۸۶ به بعد بیشترین

سهم از انتشار دی اکسید کربن را به خود اختصاص داده است.^۱ از جمع میزان انتشار دی اکسید کربن توسط هر یک از حامل های انرژی، کل میزان انتشار دی اکسید کربن در صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی به دست می آید که روند آن در نمودار (۲) نشان داده شده است.

نمودار ۲. روند انتشار دی اکسید کربن در صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی طی سال های

۱۳۸۳-۱۴۰۰



منبع: محاسبات پژوهش

مطابق نمودار فوق، انتشار دی اکسید کربن در طی دوره مورد مطالعه به غیر از سال های ۱۳۹۷-۱۳۹۴ روندی صعودی داشته است. بعد از شناسایی صنعت آلوده زا طی دوره زمانی مورد مطالعه، به منظور تعیین عوامل موثر بر دی اکسید کربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی به دلیل محدودیت داده های آماری و کوتاه بودن دوره زمانی مورد مطالعه، به تخمین مدل از طریق رگرسیون و همچنین روش بوت استرپ روی باقی مانده ها پرداخته شده است که در ادامه جداول مربوط به تخمین نتایج از طریق رگرسیون و هم چنین از طریق روش بوت استرپ باقی مانده ها آمده است. همان طور که مشاهده می شود ضرایب تخمین زده شده در هر دو روش بسیار نزدیک به یکدیگر هستند لذا نتایج دارای اعتبار کافی می باشد.

^۱ علی رغم این که حامل انرژی گاز طبیعی نسبت به سایر حامل های انرژی پاک تر می باشد اما به دلیل این که این حامل انرژی در تامین انرژی فعالیت های صنعت تولید فرآورده های کانی غیرفلزی، سهمی به طور متوسط به میزان تقریباً ۷۰ درصد داشته است، از سال ۱۳۸۶ به بعد بیشترین سهم از انتشار دی اکسید کربن را به خود اختصاص داده است.

^۲ مهم ترین علت نزولی شدن نمودار در سال های ۱۳۹۷-۱۳۹۴، کاهش مصرف حامل های انرژی بوده است.

نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران | ۲۵

برای بررسی پایایی متغیرهای مورد استفاده در مقاله حاضر از آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته استفاده شده است. همانطور که در جدول شماره (۷) مشاهده می شود متغیرها در سطح مانا هستند.

جدول ۷. نتایج آزمون مانایی

نام متغیر	سطح احتمال	آماره t	درجه مانایی
E	۰,۰۳	-۳,۹۳	I(۰)
ENERGY	۰,۰۳	-۴,۰۵	I(۰)
PCI	۰,۰۴	-۳,۷۸	I(۰)
HCI	۰,۰۵	-۱,۹۶	I(۰)
RD	۰,۰۲	-۴,۱۸	I(۰)
SKILL	۰,۰۱	-۴,۵۸	I(۰)
CAP	۰,۰۰	-۵,۰۸	I(۰)

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۸. نتایج تخمین مدل از طریق رگرسیون

نام متغیر	ضریب	آماره t	سطح احتمال
عرض از مبدا	۰/۰۱	۱/۹۶	۰/۰۷
ENERGY	۰/۲۷	۱۴/۰۳	۰/۰۰
PCI	۳/۷۰E-۰۷	۱/۵۰	۰/۱۶
HCI	۰/۰۲	۲/۷۵	۰/۰۱
RD	-۱/۳۳E-۰۹	-۲/۲۷	۰/۰۴
SKILL	-۰/۰۲	-۱/۴۷	۰/۱۶
CAP	-۰/۰۱	-۲/۲۵	۰/۰۴
D.W=۲/۰۲ R ^۲ = ۰/۹۷ Adj.R ^۲ = ۰/۹۵			

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۹. نتایج تخمین مدل از طریق بوت استرپ کردن باقی مانده ها

نام متغیر	ضریب	آماره t	سطح احتمال
عرض از مبدا	۰/۰۱۲	۲/۵۰	۰/۰۲
ENERGY	۰/۲۷	۱۷/۷۰	۰/۰۰
PCI	۳/۷۱E-۰۷	۱/۹۱	۰/۰۸
HCI	۰/۰۲	۳/۴۶	۰/۰۰
RD	-۱/۳۲E-۰۹	-۲/۹۱	۰/۰۱

۰/۰۸	-۱/۸۸	-۰/۰۲	SKILL
۰/۰۱	-۲/۸۷	-۰/۰۱	CAP
D.W=۲/۰۲		R ^۲ = ۰/۹۷	Adj.R ^۲ = ۰/۹۵

منبع: یافته‌های پژوهش

۶. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر با استفاده از تخمین رگرسیون از طریق بوت استرپ کردن باقی‌مانده‌ها طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ نشان می‌دهد میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشره توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی تابعی مثبت از مقدار حامل انرژی مصرف شده، شدت سرمایه‌فیزیکی و شدت سرمایه‌انسانی و تابعی منفی از شدت مهارت نیروی انسانی، هزینه‌های سرمایه‌ای صنعت و مخارج تحقیق و توسعه می‌باشد. لذا، می‌توان از طریق اعمال سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، بهبود تکنولوژی، افزایش مهارت نیروی انسانی و افزایش مخارج تحقیق و توسعه به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی کمک کرد. طبق نتایج پژوهش، مصرف حامل‌های انرژی دارای بیشترین اثر بر روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. همان‌طور که در متن مقاله اشاره شد، ضریب انتشار دی‌اکسید کربن منتشره از گاز طبیعی، کمتر از سایر حامل‌های انرژی می‌باشد، لذا بهترین راه‌حل پیشنهادی برای کاهش آلودگی انتشار دی‌اکسید کربن استفاده از انرژی‌های پاک است که در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، مقدار کمتری آلودگی ایجاد می‌نمایند. با توجه به اینکه کشور ایران از لحاظ منابع گاز طبیعی غنی بوده و از طرفی گاز طبیعی بسیار کمتر از سایر سوخت‌ها ایجاد آلودگی می‌نماید، ضروری است که جهت جایگزینی بیشتر سوخت‌های پرآلاینده با گاز طبیعی اقدامات لازم بیشتری انجام شود و قیمت نسبی حامل‌های انرژی که از ضرایب انتشار بالایی برخوردار می‌باشند، افزایش یابد. با به‌روز کردن تجهیزات و ماشین‌آلات، می‌توان فرآورده‌های اکثر کارخانه‌های آجر شامل آجر سنتی، آجر ماشینی و بلوک با فناوری قدیمی تولید می‌شود که علاوه بر انرژی‌بری بسیار بالا در تولید، از بسیاری از مزایای استفاده از آجرهای جدید بی‌بهره هستند را به سمت تولید آجر با فناوری جدید سوق داد و به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن کمک کرد.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان پژوهش حاضر از داوران محترم و همچنین هیئت تحریریه مجله بابت ارائه نظرات و پیشنهادهای ارزشمند کمال تشکر و قدردانی را دارند.

ORCID

Samaneh Talei		http://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۳-۲۸۲۴-۴۶۰۸
Ardakani		
Nezamuddin Makiyan		http://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۲-۸۸۹۰-۳۸۹۰
Zahra Nasrollahi		http://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۲-۹۵۳۷-۱۳۶x

۹. منابع

- بنی اسدی، مصطفی و زارع مهرجردی، محمدرضا. (۱۳۹۴). بررسی وجود رابطه علیت میان رشد بخش صنعت و آلودگی هوا در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۴۶. *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۶(۱۳)، ۲۵-۳۸.
- بهبودی، داود، کیانی، سیمین و ابراهیمی، سعید. (۱۳۹۰). رابطه علی انتشار دی‌اکسید کربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی در ایران. *فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی*، ۱(۱)، ۵۳-۳۳.
- تهامی‌پور زرنندی، مرتضی، عابدی، سمانه، سفاهن، افشین و فتح‌اللهی، سجاد. (۱۴۰۰). بررسی اثرگذاری ارزش افزوده بخش صنعت بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران: رویکرد منحنی محیط‌زیستی کوزنتس. *مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۶(۱)، ۸۵-۱۰۰.
- Doi: ۱۰.۲۲۰۴۷/SRJASNR.۲۰۲۱.۱۲۸۷۹۶
- دهقان بنادکوی، فرناز و نصراللهی، زهرا. (۱۴۰۱). اثر فعالیت‌های اقتصادی بر آلودگی در استان یزد: رویکرد داده-ستانده منطقه‌ای. *فصلنامه اقتصاد شهری*، ۵(۲)، ۱۳۴-۱۲۳. Doi: ۱۰.۲۲۱۰۸/ue.۲۰۲۲.۱۳۳۷۲۳.۱۲۱۵
- کتابچه‌ی نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیش‌تر. (۱۳۸۳-۱۴۰۰).
- لطفعلی‌پور، محمدرضا، هوشمند، محمود، اعلامی، الهام و بستان، یدالله. (۱۳۹۶). آثار رشد اقتصادی بخش صنعت بر کیفیت محیط‌زیست در ایران (کاربرد مدل مدل خود توضیحی با وقفه گسترده). *نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۸(۱۶)، ۱۱۴-۱۰۳.

مروری بر ۳۴ سال آمار انرژی کشور (۱۴۰۰-۱۳۶۷). معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، (۱۴۰۲).

نجاتی، مهدی، جلالی، سید عبدالمجید و باوقار زعیمی، پگاه. (۱۳۹۸). بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن با تاکید بر بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۳(۶۹)، ۲۵۷-۲۸۰.

نصراللهی، زهرا و غفاری، مرضیه. (۱۳۹۴). آلودگی هوا در صنایع تولیدی ایران. *دوفصلنامه مطالعات تجربی اقتصاد/ایران*، ۱(۱)، ۴۲-۱۹.

References

- Ayodele Idowu, Obaika Micheal Ohikhuare, Munem Ahmad Chowdhury. (۲۰۲۳). Does industrialization trigger Carbon emissions through energy consumption? Evidence from OPEC countries and high industrialized countries [J]. *Quantitative Finance and Economics*, ۷(۱): ۱۶۵-۱۸۶. doi: ۱۰.۳۹۳۴/QFE.۲۰۲۳.۰۰۹
- Bani Asadi, M and Zare Mehrjardi, M. (۲۰۱۵). Investigating the existence of a causal relationship between the growth of industry and air pollution in Iran's economy during the period of ۲۰۱۶-۲۰۱۸. *Environmental Research*, ۶(۱۳)، ۲۵-۳۸ (In Persian).
- Behboudi, D. Kiani, S. and Ebrahimi, S. (۲۰۱۱). Causal relationship between Carbon Dioxide emissions, industrial sector value added and energy consumption in Iran. *Quarterly Journal of Environmental and Energy Economics*, ۱(۱)، ۵۳-۳۳ (In Persian).
- Cole, M., Elliott, R. J. R., Shimamoto, K. (۲۰۰۴). Industrial characteristics, environmental regulations and air pollution: an analysis of the UK manufacturing sector. *Research Paper*, No. ۲۲.
- Dehghan Benadkoki, F and Nasrollahi, Z. (۲۰۲۲). The effect of economic activities on pollution in Yazd province: A regional input-output approach. *Quarterly Journal of Urban Economics*, ۵(۲)، ۱۳۴-۱۲۳. Doi: ۱۰.۲۲۱۰۸/ue.۲۰۲۲.۱۳۳۷۲۳.۱۲۱۵. (In Persian).
- Hamit-Hagggar, M. (۲۰۱۱). Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: a Panel, Co-integration analysis from Canadian industrial sector perspective, *Energy Economics*, Vol. ۳۳، ۳۴۲-۳۶۱.
- Kashem, Mohammad & Rahman, Mohammad. (۲۰۲۰). Environmental Phillips curve: OECD and Asian NICs perspective. *Environmental Science and Pollution Research*. ۲۷. Doi: ۱۰.۱۰۰۷/s۱۱۳۵۶-۰۲۰-۰۸۶۲۰-۸.
- Liang, Y., Niu, D., Zhou, W., & Fan, Y. (۲۰۲۰). Decomposition analysis of Carbon emissions from energy consumption in Beijing-Tianjin-Hebei, China: A Weighted-Combination Model Based on Logarithmic Mean Divisia Index and Shapley Value. *Sustainability*, ۱۰(۷)، ۲۵۳۵. <https://doi.org/۱۰.۳۳۹۰/su۱۰۰۷۲۵۳۵>.
- Lotfali pour, M, Houshmand, M, Aalami, E and Bostan, Y. (۲۰۱۷). The effects of economic growth of the industrial sector on environmental quality in

- Iran (application of a self-explanatory model with a large lag). *Journal of Environmental Research*, ۸(۱۶), ۱۰۳-۱۱۴. (In Persian).
- Nasraolahi, Z and Ghaffari, M. (۲۰۱۵). Air pollution in Iranian manufacturing industries. *Bi-Quarterly Journal of Empirical Studies in Iranian Economics*, ۱(۱), ۴۲-۱۹. (In Persian).
- Nejati, M, Jalaei, A and Bavaqar Zaimi, P. (۲۰۱۹). Investigating the effect of production growth and energy consumption on carbon dioxide emissions with emphasis on different sectors of the Iranian economy. *Journal of Geography and Planning*, ۲۳(۶۹), ۲۵۷-۲۸۰ (In Persian).
- Tahamipour Zarandi, M, Abedi, S, Safahan, A and Fathollahi, S. (۲۰۲۱). Investigating the impact of value added of the industrial sector on carbon dioxide emissions in Iran: Environmental Kuznets Curve approach. *Journal of Strategic Research in Agricultural Sciences and Natural Resources*, ۶(۱), ۱۰۰-۸۵. Doi: ۱۰.۲۲۰۴۷/SRJASNR.۲۰۲۱.۱۲۸۷۹۶. (In Persian).
- Wen, L., & Hao, Y. (۲۰۲۰). Factor decomposition and clustering analysis of CO₂ emissions from China's power industry based on Shapley Value. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Published online ۱۴ Jun ۲۰۲۰, <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1776790>.