

ارزیابی سهم عوامل موثر بر تغییرات آلاینده‌گی بخش صنعت ایران:

رهیافت تجزیه ساختاری در الگوی داده - ستانده

احمد جعفری صمیمی^۱، فاطمه نجاری^{۱*}

*^۱ - نویسنده مسئول، دانشکده علوم اقتصادی، دانشگاه مازندران

ایمیل نویسنده مسئول: ft_najari220780@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۵

چکیده

با توجه به ذخایر عظیم سوخت‌های فسیلی در کشور و توجه نکردن جدی به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آثار زیست محیطی که باعث گسترده شدن دامنه‌ی اتلاف در این زمینه شده‌است. همچنین به دلیل تجهیزاتی فرسوده و ساختارمنشی بسیاری از صنایع و محدودیت داده‌ها مطالعات اندکی برای بخش صنعت کشور انجام گرفته‌است. این تحقیق بررسی تغییرات آلاینده‌گی بخش صنعت با استفاده از آخرین جداول داده - ستانده سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ با روش SDA را مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج تحقیق بیان‌گر آن است که تولید کالاهای نهایی با بیشترین تغییر مثبت مهم‌ترین عامل موثر بر افزایش انتشار آلاینده‌ها بوده‌است. و همچنین تحرک آفرینی تولیدات و ساختار اجزای کالاهای نهایی نیز باعث افزایش انتشار آلاینده‌گی شده‌است. روند تحولات ترکیب و اجزای کالاهای نهایی بهبود یافته، به طوری که اثر کاهنده بر انتشار تمام آلاینده‌ها داشته است. تغییرات ساختار تولیدی و همچنین شدت انرژی اگرچه تأثیری بر کاهش انتشار اکثر آلاینده‌ها داشته، با این وجود بهبود ترکیب اجزای کالاهای نهایی به عنوان عاملی در جهت کاهش انتشار طی دوره‌ی ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ بوده‌است. از نتایج دیگر این تحقیق افزایش انتشار گاز CO₂ و سپس گازهای CO و HC و کاهش گازهای SO_x، NO_x و SPM ۱۳۸۰ می‌باشد.

کلمات کلیدی:

"آلاینده‌گی"، "بخش صنعت"، "جدول داده - ستانده"، "ایران"

Evaluating the Contribution of Factors Affecting on Pollution Changes in Iran's Industrial Sector: Structural Decomposition Approach in the Input-Output Method

Ahmad Jafari Samimi¹, Fatemeh Najari^{1*}

¹Graduate Faculty of Economics, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

*Email Address: ft_najari220780@yahoo.com

Abstract:

Given the huge reserves of fossil fuels in the country And neglecting to save energy And environmental effects that have led to a widespread waste of space. Also, due to the worn-out equipment and structure of many industries and data constraints, few studies have been done for the industry sector in the country. This research examines the changes in industrial sector emissions by using the latest output data sheets of the years 1380 and 1390 by the SDA method. The results of the research show that the production of final goods with the highest positive change is the most important factor affecting the increase of emissions. And also product mobility and the structure of the final components of the components also increase the emission of pollutants. The evolution of the composition and components of the final goods has been improved, with a decreasing effect on the release of all contaminants. Changes in the manufacturing structure of the industrial sector as well as the intensity of energy, although affecting the emission reductions of most pollutants However, the improvement of the composition of the final goods components has been a factor in reducing emissions during the years 1380 and 1390. Other results from this study include increased CO₂ emissions, followed by CO and HC and reduced SO_x, NO_x and SPM gases of 1380.

Keywords:

"Pollution", "Industry Sector", "Input-Output Table", "Iran".

۱- مقدمه

طی سال‌های اخیر، آگاهی بسیاری در مورد اهمیت جنبه‌های محیط زیست و توسعه پایدار در میان جوامع مختلف پدید آمده است. به طوری که اکثر کشورها اهداف کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدتی را در این زمینه برای خود تعیین نموده و خود را متعهد به دستیابی به این اهداف جدید کرده‌اند. یکی از آثار مخرب فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. توسعه افسار گسیخته صنعت، تکنولوژی، گسترش بی‌رویه‌ی شهرها و صنعتی‌شدن جوامع امروزی به ویژه در کشورهای در حال توسعه منجر به بهره‌برداری بیشتر و فشرده‌تر سوخت‌های فسیلی شده است. احتراق این سوخت‌ها منجر به افزایش انتشار مواد آلاینده سمی و خطرناک در اتمسفر می‌شود. در این میان بخش صنعت یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های انرژی کشور است که به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم موجب انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در هوا می‌شود (لیلی، ۱۳۸۹). شهرنشینی و صنعتی شدن موجب شده جمعیت زیادی در مناطق کوچک کنار یکدیگر متمرکز شوند و اینجاست که توسعه‌ی پایدار موضوعیت پیدا می‌کند. محیط زیست و منابع طبیعی تأمین کننده‌ی بسیاری از نهادهای تولید هستند بنابراین حفاظت از آن‌ها لازمی توسعه پایدار است. توسعه پایدار بخش انرژی در بهبود شرایط اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی نقش بسزایی دارد، به گونه‌ای که توجه به این امر موجب کاهش آسیب‌های زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. با توجه به مطالعات تجربی که انجام یافته، بخش صنعت ایران سهم به سزایی در انتشار آلاینده‌ها در میان بخش‌های مصرف انرژی کشور را دارد و منجر به آلوده شدن محیط‌زیست شده است. در واقع می‌توان گفت فعالیت‌های اقتصادی بدون آلاینده‌ی زیست و با آلاینده‌ی زیست رابطه‌ی مستقیم دارد.

صنعتی شدن شتابان سبب افزایش روزافزون منابع و انرژی می‌شود. افزایش مصرف انرژی، افزایش میزان گازها و انواع آلاینده‌های زیست محیطی را در پی دارد. در این خصوص بررسی آثار زیست محیطی بخش صنعت به دلیل آن که می‌تواند در بهبود استانداردهای زندگی نقش عمده‌ای داشته باشد، مهم است (پورتر، ۱۳۸۴). با توجه به اینکه بخش صنعت خود چندین زیر بخش تولیدی را شامل می‌شود برخی از آن‌ها به شدت انرژی‌بر هستند. بیشترین سهم انتشار، مربوط به زیر بخش‌های فلزات اساسی، کانی غیرفلزی، زغال کک و پالایشگاه و محصولات شیمیایی بوده و سایر بخش‌ها سهم ناچیزی دارند و این توجه باید دو چندان شود (پور عبداله‌ان کویج و همکاران، ۱۳۹۴). در طول سال‌های

گذشته، صنعت در بهبود توسعه استانداردهای زندگی و ارتقاء سطح دانش بشر نقش اساسی داشته است. تأمین مسکن، تغذیه، جابه‌جایی و حمل و نقل، آموزش و پرورش، تحقیق و خدمات پزشکی همگی به محصولات صنعتی وابسته‌اند. ولی با این حال اکنون ثابت شده است که الگوهای توسعه صنعتی که در آن‌ها ملاحظات زیست محیطی در نظر گرفته نشده است الگوهای ناپایدارند (جهانگیری و مهرپویا، ۱۳۸۴). بنابراین در برنامه‌ریزی توسعه، دو عنصر توسعه صنعتی و پایداری زیست محیطی از عناصر اساسی بوده و به منظور برخورداری از توسعه‌ای بادوام، باید توسعه صنعتی بر مفهوم پایداری زیست محیطی 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 محیط زیست به حرکت اقتصادی شتاب داد. به این الگوی خاص از توسعه " توسعه پایدار " گفته می‌شود. به عنوان پایه و اساس پیشرفت اجتماعی، مسیر توسعه صنعت در آینده به شدت تحت تأثیر فرضیات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی قرار دارد. به ویژه در کشورهای در حال توسعه، الگوی در حال توسعه صنعت، تفاوت‌های قابل توجهی را در کل سیستم انرژی و انتشار آلاینده‌ها ایجاد خواهد کرد (Romano, 2017). توجه به توسعه مناسب و سازگار با محیط زیست محیطی در صنایع کشورهای در حال توسعه می‌تواند مسیری هموار در صحنه‌ی سیاست را فراهم سازد (پور عبداله‌ان کویج و همکاران، ۱۳۹۴). 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 محیط زیست حفظ شود. بنابراین لازم است تا روش‌هایی برای حفاظت از محیط زیست، محدود کردن یا جبران خسارت زیست محیطی معرفی شود. اعمال یک سیاست جهانی محیط‌زیست هم باید مسئولیت‌پذیری کل جهان را در برگیرد و هم، همه کشورها و آحاد مردم احساس تکلیف و وظیفه کنند (پرمن و همکاران، ۱۳۸۲). بنابراین به لحاظ توسعه فعالیت‌های تولیدی و تکنولوژی، شناخت وضعیت ضروری می‌باشد تا سیاست‌گذاری‌های لازم برای کنترل وضعیت موجود صورت پذیرد. بر این اساس در این مقاله به بررسی تغییرات آلاینده‌ی بخش صنعت ایران در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ و سهم تغییرات این عوامل بر انتشار تمام آلاینده‌ها با روش تجزیه و تحلیل ساختاری (SDA) که براساس مدل داده- ستانده توسط اقتصاددانان کمیت‌گرا ساخته شده است (Rose & Casler, 1996) بررسی را در مورد ویژگی‌ها، تئوریک و کارکرد های اصلی این روش انجام دادند. نمونه‌هایی از بررسی‌های انجام شده در مورد

تقاضای داخلی اثر مهمی در افزایش انتشار دی اکسید کربن داشته است.

(Akbostanci & el al, 2011)، در مقاله تخت عنوان انتشار CO₂ در صنایع تولیدی ترکیه با رویکرد تجزیه و تحلیل و همچنین استفاده از روش جمعی LMDI به مطالعه عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن در ۵۷ صنعت تولیدی در ترکیه پرداختند. نتایج بدست آمده از تجزیه انتشار به پنج عامل تغییر در فعالیت، ساختار فعالیت، ترکیب انرژی بخشی، شدت انرژی و عوامل انتشار، نشان می‌دهد که تغییر در شدت انرژی و سطح فعالیت مهم‌ترین عوامل در تغییرات انتشار دی اکسید کربن هستند و همچنین در بین انرژی‌ها زغال‌سنگ و در بین صنایع فلزات اساسی بیشترین سهم را در انتشار داشته‌اند.

(Jhang, 2015)، با تمرکز بر روی دهه ۲۰۱۰ - ۲۰۰۰ کشور چین به بررسی رابطه مصرف انرژی و انتشار CO₂ حاصل از مصارف خانگی و همچنین تأثیر عوامل غیرمستقیم انتشار CO₂ با استفاده از روش داده - ستانده پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشانگر آن است که اولاً به نظر می‌رسد که بخش عمده مصرف انرژی کل و آزادسازی CO₂ ناشی از مصرف غیرمستقیم انرژی و تولید CO₂ در مصارف خانگی است. دوما انتشار غیرمستقیم CO₂ بیان گر روند رو به رشد به ازای سرانه‌ی مصرف خانگی و شدت مصرف انرژی می‌باشد.

(Guo & et al, 2018)، به بررسی رابطه مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کشور چین با استفاده از روش داده - ستانده پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که بخش‌های کلیدی در نظام اقتصادی چین نه تنها باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و انتشار CO₂ در بخش‌های دیگر می‌شوند بلکه انرژی‌های فسیلی قابل توجهی را مصرف می‌کنند و CO₂ را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند.

ترابی و وارثی (۱۳۸۶)، در مطالعه‌ای تخت عنوان بررسی آلاینده‌ی زیست محیطی صنایع کشور با استفاده از رویکرد داده - ستانده (مورد خاص دی اکسید کربن) شناسایی و روابط متقابل میان سطح فعالیت‌های تولیدی بخش‌های صنعتی کشور در مقطع زمانی سال ۱۳۸۰، مصرف و شدت مصرف انرژی توسط این فعالیت‌ها و آثار زیست محیطی منتشر شده توسط هر رشته فعالیت پرداختند. نتایج حاصل مشخص می‌کند که در چه بخش‌هایی می‌توان با استفاده از قیمت گذاری، مالیات ستانی و دیگر

عملکرد SDA در تجزیه انتشارات CO₂ شامل کارهای (Rose & Casler, 1998) و (Chang & Lin, 1998) و (Munksaard, 2000) می‌باشد. باتوجه به مطالب بالا به برخی از تحقیقات انجام گرفته در خارج از ایران و همچنین داخل ایران پرداخته می‌شود.

مطالعات پیشین

(Burkande, 2009)، در مطالعه‌ای با استفاده از جدول داده - ستانده لئونتیف به تجزیه و تحلیل و تعیین میزان آلودگی در هر دو بخش تقاضای کالای نهایی و کالای واسطه‌ای در ایالات متحده پرداخت. وی دریافت که بیشترین آلودگی ایجاد شده در سال ۲۰۰۲، در هر دو بخش تولید نهایی کالا و استفاده از کالای واسطه‌ای، مربوط به محصولات اولیه فلزات غیر آهنی بوده است.

(Lim & et al, 2009)، به تحلیل ارتباط میان مصرف انرژی و انتشار کربن دی اکسید ناشی از بخش‌های صنعتی کشور کره با استفاده از تجزیه و تحلیل ساختاری داده - ستانده برای دوره‌ی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داده است که نرخ رشد انتشار CO₂ صنعتی از سال ۱۹۹۸ (سال بحران مالی کشور کره) به شدت کاهش یافته است. در حالی که اثر صادرات در دوره‌ی سوم (۲۰۰۳-۲۰۰۰) به سرعت رو به افزایش گذاشته است. از میان تمام عوامل انفرادی، رشد اقتصادی بیشترین تأثیر را بر افزایش انتشار CO₂ داشته است.

(Aglietti & et al 2011)، در مطالعه‌ای به تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایتالیا، طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸ پرداخته‌اند. آنان با استفاده از تکنیک تجزیه‌ی ساختاری، کل انتشار گاز گلخانه‌ای را به سه عامل اصلی (اثر تکنولوژی، اثر ترکیب تقاضای نهایی و اثر سطح تقاضای نهایی) تجزیه کرده‌اند. نتایج به دست آمده از تحلیل تجزیه‌ی ساختاری نشان داده است که پیوند ناچیزی بین رشد اقتصادی و انتشار گاز گلخانه‌ای در این کشور وجود دارد و کاهش شدت انتشار نیز این پیوند ناچیز را تأیید می‌کند. نتایج همچنین نشان داده است که تغییر در ضرایب فنی به صورتی پایدارتر و نسبتاً مستحکم‌تر بر کاهش انتشار کل طی دوره مورد بررسی مؤثر بوده است.

(Pang & Shi, 2011)، با استفاده از روش تجزیه ساختاری مدل داده - ستانده، عوامل مؤثر بر رشد تولید دی اکسید کربن در اقتصاد چین در دوره ۱۹۹۵ و ۲۰۰۵ را به چهار عامل تقسیم کردند. شدت انتشار کربن و تکنولوژیکی اثر مهمی در کاهش و

۲- روش انجام تحقیق

• منابع آماری

در این روش تجزیه تحلیل ساختاری (SDA) نیاز به جداول داده- ستانده می باشد. منابع آماری این تحقیق، جداول داده- ستانده سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ کشور است، که توسط مرکز آمار ایران تهیه شده است می باشد. این جدول شامل سه گروه جداول اصلی، پشتیبانی و جداول تحلیلی است. جداول اصلی متشکل از جداول ساخت و جذب به قیمت تولید کننده و مصرف کننده می باشد. این جداول به قیمت تولید کننده مورد استفاده شده است. در حال حاضر جدول داده- ستانده سال ۱۳۹۰ آخرین جدول رسمی کامل و آماری کشور محسوب می شود. آمار و ارقام مربوط به قیمت سوخت های فسیلی از تراز نامه انرژی سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ وزارت نیرو اخذ شده است. شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ نیز از آمارهای اقتصادی بانک مرکزی تهیه شده است.

• معرفی و ساخت جداول متقارن بخش در بخش

جدول داده- ستانده از مهم ترین ابزارهای تحلیل ساختار اقتصادی، پیش بینی و برنامه ریزی می باشد. و تصویری جامع از اقتصاد کشور، روابط بین فعالیت ها و وابستگی آن ها با یکدیگر را نشان می دهد (بانوئی، ۱۳۸۳). برای در اختیار داشتن اطلاعات مورد نیاز، ابتدا جدول متقارن بخش در بخش با فرض تکنولوژی بخش تهیه شده است. برای تهیه ماتریس ضرایب فنی جدول متقارن بخش در بخش از ماتریس جذب و ماتریس ساخت استفاده می شود:

$$A_{n \times n} = K_{n \times m} \times D_{m \times n} \quad (1)$$

در اینجا $A_{n \times n} = [a_{ij}]$ ماتریس ضرایب فنی را نشان می دهد که با ابعاد $n \times n$ می باشد که نشان می دهد که هر واحد کالا در بخش j تولید می شود چه مقدار از تولیدات بخش i به صورت مواد اولیه یا کالای واسطه در بخش j به مصرف می رسد. همچنین $K_{n \times m} = [k_{ij}]$ ضرایب فنی ماتریس جذب می باشد که k_{ij} در واقع همان درایه های این ماتریس نشان می دهد که سهم کالاها و خدمات لازم به ازای هر واحد تولید در بخش ها چقدر است M ماتریس ساخت با ابعاد $m \times n$ می باشد که m تعداد بخش ها و n تعداد کالاها است. عناصر ماتریس k و M از رابطه های زیر محاسبه می شود:

سیاست های مناسب، تقاضای نهایی و از این رهگذر آلودگی هوا توسط دی اکسید کربن را کنترل کرد.

قزلباش و اسفندیاری (۱۳۹۱)، به بررسی ضرایب مستقیم و غیرمستقیم ایجاد انواع آلاینده های زیست محیطی برای بخش های مختلف اقتصادی، با استفاده از جدول داده - ستانده برای سال ۱۳۸۰ پرداختند. این تحقیق انتشار هفت نوع از آلاینده های هوا (CO_2 ، CO ، SO_2 ، NO_2 ، SPM و HC) را در بر می گیرد. نتایج نشان می دهد که بخش های محصولات کانی غیر فلزی، صنایع غذایی و صنایع شیمیایی بالاترین ضرایب مستقیم و همچنین ضرایب مستقیم و غیرمستقیم کاهش آلودگی را به خود اختصاص داده اند. بالاترین ضرایب مستقیم انتشار CO_2 نیز مربوط به بخش های حمل و نقل، آب و محصولات کانی غیر فلزی می باشد.

صادقی و همکاران (۱۳۹۳) طی مطالعه ای با بررسی تحلیل تجزیه انتشار سه اثر ساختاری، تقاضای نهایی و شدت انرژی با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)، و همچنان با استفاده از جداول ۱۳۶۵-۱۳۷۰-۱۳۸۰-۱۳۸۵ به این نتایج رسیده اند که در سطح گروهها سه اثر مذکور عمدتاً در جهت افزایش انتشار مشارکت دارند.

نصراللهی و غفاری (۱۳۹۴) در مطالعه ای به بررسی آلودگی در صنایع تولیدی ایران به کمک داده های تابلویی برای دوره ۱۳۸۶ - ۱۳۷۴ پرداختند. نتایج بررسی نشان می دهند که آلودگی هوا تابعی مثبت از مصرف انرژی، حجم فعالیت های صنعتی و حجم سرمایه فیزیکی و نیز تابعی منفی از بهره وری نیروی کار، قیمت سوخت های فسیلی و شدت مهارت انسانی است.

بزازان و خسروانی (۱۳۹۵)، در مطالعه ای به سنجش میزان انتشار دی اکسید کربن توسط بخش های مختلف تولیدی و خانوارها ناشی از مصرف انرژی در ایران با روش داده - ستانده زیست محیطی پرداختند. براساس نتایج بدست آمده سهم خانوارها در انتشار آلاینده CO_2 به طور مستقیم ۴۱ درصد و به صورت غیرمستقیم ۲۹ درصد است. هم چنین سهم فعالیت های اقتصادی در انتشار CO_2 به طور مستقیم ۵۹ درصد و به صورت غیرمستقیم ۷۱ درصد است.

که در این رابطه E و e به ترتیب ماتریس مصرف انواع سوخت‌های مصرفی و شدت مصرف آن‌ها با ابعاد $(m \times n)$ است. n معرف بخش‌ها و m بیانگر نوع سوخت فسیلی است. X بردار ستونی تولید انواع کالاها می‌باشد.

ماتریس تولید از تقاضای واسطه و تقاضای نهایی تشکیل شده است. و برای محاسبه‌ی آن رابطه‌ی (۷) معرفی می‌شود که یک رابطه‌ی اساسی داده - ستانده می‌باشد.

$$X = (I - A)^{-1} \cdot Y \quad (۷)$$

Y بردار تقاضای نهایی (انرژی و غیر انرژی) تولید شده در داخل، C معکوس ماتریس لئوتیف، I ماتریس یکه و A ماتریس ضرایب فنی می‌باشد. با تجزیه رابطه‌ی (۶) و جایگذاری در رابطه (۵) رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$E = e \cdot Z \cdot M \cdot S \cdot T \cdot F \quad (۸)$$

محاسبه میزان کل انتشار انواع آلاینده‌های ناشی از مصرف انواع سوخت‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$p_{if} = p_{mf} \cdot e \cdot Z \cdot M \cdot S \cdot T \cdot F \quad (۹)$$

که p_{if} انتشار آلاینده f ناشی از تولیدات کالای i و p_{mf} ضریب انتشار آلاینده f حاصل از مصرف سوخت m و e میزان شدت مصرف فیزیکی در تولید کالای i را نشان می‌دهد و بقیه تجزیه تابع تولید می‌باشد. ساختار نهاده‌های واسطه‌ای بخش‌های اقتصادی، تحرک آفرینی محصولات بخش‌های اقتصادی، ساختار کالاها و خدمات نهایی، سهم اجزای کالاها نهایی، ارزش افزوده یا خالص کالاها نهایی تولید شده می‌باشد.

• تغییرات در انتشار آلاینده‌ها

در این مقاله که شاخص انتشار آلاینده‌ی بخش‌های اقتصادی به هفت عامل تجزیه شده است تغییرات در انتشار آلاینده‌ی بخش‌های اقتصادی از طریق رابطه زیر به عوامل تشکیل دهنده‌ی آن تجزیه می‌شود:

$$P = p \times e \cdot Z \cdot M \cdot S \cdot T \cdot F \quad (۱۰)$$

$$\Delta P = P_t - P_{t-1}$$

$$p_t \cdot e_t \cdot (Z_t \cdot M_t \cdot S_t \cdot T_t \cdot F_t)$$

$$K = U \times \hat{Q}^{-1} \quad (۲)$$

$$(۳) D = M \times \hat{X}^{-1}$$

حال برای بدست آوردن ماتریس ضرایب فنی جدول داده - ستانده متقارن بخش در بخش با تکنولوژی بخش از دو ماتریس D و K استفاده می‌کنیم از حاصل ضرب این دو ماتریس، رابطه (۱) بدست می‌آید.

برای محاسبه ناحیه اول جدول بخش در بخش از ماتریس ضرایب فنی استفاده می‌شود. اگر A در ماتریس قطری تولید فرآورده ضرب شود میزان کل کالای i مصرف شده در بخش j به دست می‌آید. برای انجام این کار از رابطه (۴) استفاده می‌گردد:

$$Z_{n \times n} = A_{n \times n} \cdot \hat{X}_{n \times n} \quad (۴)$$

ناحیه دوم جدول بخش در بخش ناحیه دوم یا ناحیه تقاضای نهایی جدول مصرف می‌باشد. لذا می‌توان این جدول را به ناحیه اول جدول بخش در بخش تهیه شده اضافه نمود. ناحیه سوم جدول بخش در بخش ناحیه سوم جدول جذب می‌باشد که این ناحیه از تفاضل هزینه واسطه تولید انواع کالاها و خدمات از ستانده کل آن‌ها به دست می‌آید.

• برآورد شدت مصرف انرژی حامل‌های انرژی

برای بدست آوردن شدت مصرف انرژی همه‌ی اقلام مصرف فیزیکی حامل‌های انرژی را برنهاد کل تقسیم می‌کنیم تا شدت مصرف سوخت‌های فسیلی که عناصر آن مصرف انواع حامل‌های انرژی برای هر واحد تولید است محاسبه گردد. که به صورت رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$e_j = \frac{E_j^q}{Q_j} \quad (۵)$$

که e_j شدت مصرف فیزیکی انرژی ینی انرژی مصرفی به ازای هر واحد تولید کالای j . E_j^q مصرف فیزیکی حامل‌های انرژی یعنی انرژی مصرفی فیزیکی در فرآورده j . Q_j کل تولید فرآورده j را نشان می‌دهد. شکل تعمیم یافته این رابطه برای کلیه بخش‌ها که به شکل ماتریس است به صورت زیر می‌باشد:

$$E = e \times X \quad (۶)$$

جدول (۱): تولید بخش های صنعت

ردیف	بخش	سال ۸۰	سال ۹۰	تغییرات مقدار
۱	ساخت محصولات غذایی-توتون و تنباکو	۵۲۱۹۰۹/۲۴	۷۲۷۸۴۹/۸۱	۲۰۵۹۴۰/۵۷
۲	ساخت منسوجات- پوشاک و دباغی	۱۷۱۵۸۹/۵۲	۳۷۲۸۱۵/۵۹	۲۰۱۲۲۶/۰۷
۳	ساخت چوب و محصولات چوبی	۹۸۳۱/۶۱	۸۲۴۵۷/۶۵	۷۲۶۲۶/۰۵
۴	ساخت کاغذ و محصولات کاغذی	۳۳۰۷/۸۵	۶۲۰۷۵/۲۴	۳۹۷۶۷/۳۹
۵	چاپ و انتشار و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	۱۴۱۱۸/۲۴	۳۸۰۸۰/۸۵	۲۳۹۶۲/۶۱
۶	ساخت کک- محصولات شیمیایی	۱۲۱۳۲۸۱/۱	۱۹۶۸۰۸۶/۷۹	۷۵۴۸۰۵/۶۹
۷	ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی	۶۵۹۲۴/۴۷	۱۹۶۷۶۵/۶۲	۱۳۰۸۴۱/۱۵
۸	ساخت فلزات اساسی	۱۵۶۴۹۱/۳۲	۱۱۸۴۷۷۳/۳	۱۰۲۸۲۸۱/۹۹
۹	ساخت ماشین‌آلات	۶۷۸۲۶۸/۵۲	۱۱۱۱۳۵۰۵/۴۳	۴۳۵۲۳۶/۹۱
۱۰	سایر صنایع	۱۰۲۶۴/۵۳	۹۶۶۷۳/۹	۸۶۴۰۹/۳۷
۱۱	جمع	۲۸۷۳۹۸۶/۳۹	۵۸۴۳۰۸۴/۱۹	۲۶۶۹۰۹۷/۷۹

(یافته های تحقیق)

جدول (۲) سهم تولید بخش های صنعت

ردیف	بخش	سهم سال ۸۰	سهم سال ۹۰	تغییرات سهم
۱	ساخت محصولات غذایی-توتون و تنباکو	۵/۴۹	۴/۹۷	-۰/۵۳
۲	ساخت منسوجات- پوشاک و دباغی	۱/۸۱	۲/۵۴	-۰/۷۴
۳	ساخت چوب و محصولات چوبی	۰/۱۰	-۰/۵۶	-۰/۴۶
۴	ساخت کاغذ و محصولات کاغذی	-۰/۳۴	-۰/۴۲	-۰/۰۸
۵	چاپ و انتشار و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	-۰/۱۵	-۰/۲۶	-۰/۱۱
۶	ساخت کک- محصولات شیمیایی	۱۲/۷۷	۱۳/۴۳	-۰/۶۶
۷	ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی	-۰/۶۹	۱/۳۴	-۰/۶۵
۸	ساخت فلزات اساسی	۱/۶۵	۸/۰۸	۶/۴۴
۹	ساخت ماشین‌آلات	۷/۱۴	۷/۶۰	-۰/۴۶
۱۰	سایر صنایع	-۰/۱۱	-۰/۶۶	-۰/۵۵
۱۱	جمع	۳۰/۲۴	۳۹/۸۷	۹/۶۳

(یافته های تحقیق)

$$\begin{aligned}
 & -p_{t-1} \cdot e_{t-1} (Z_{t-1}, M_{t-1}, S_{t-1}, T_{t-1}, F_{t-1}) \\
 & = \Delta p_t \cdot e_{t-1} (Z_{t-1}, M_{t-1}, S_{t-1}, T_{t-1}, F_{t-1}) \\
 & + p_t \cdot \Delta e (Z_{t-1}, M_{t-1}, S_{t-1}, T_{t-1}, F_{t-1}) \\
 & + p_t \cdot e_t (\Delta Z, M_{t-1}, S_{t-1}, T_{t-1}, F_{t-1}) \\
 & + p_t \cdot e_t (Z_t, \Delta M, S_{t-1}, T_{t-1}, F_{t-1}) \\
 & + p_t \cdot e_t (Z_t, M_t, \Delta S, T_{t-1}, F_{t-1}) \\
 & + p_t \cdot e_t (Z_t, M_t, S_t, \Delta T, F_{t-1}) \\
 & + p_t \cdot e_t (Z_t, M_t, S_t, T_t, \Delta F)
 \end{aligned}$$

در رابطه‌ی فوق، ΔP تغییرات آلایندگی، Δp تغییرات ضرایب انتشار که سهم تغییرات ضریب انتشار را نشان می‌دهد. Δe تأثیر در تغییرات شدت انرژی بر آلایندگی ΔZ ، تأثیر تغییرات ساختار تولیدی بخش‌ها بر آلایندگی ΔM ، تحرک آفرینی تولیدات که در بازه‌های زمانی مختلف تحرک آفرینی تولیدات و محصولات نهایی بیشتر شده و یا کمتر شده است را نشان می‌دهد. ΔS تغییر در ساختار اجزای کالاها یا محصولات نهایی تولید شده ΔT ، تغییرات ترکیب اجزای کالاهای نهایی در آلایندگی را نشان می‌دهد و در آخر ΔF ، سهم تغییرات در تولید کالاهای نهایی بخش‌ها در آلایندگی می‌باشد.

۳- نتایج

• تحلیل تولید بخش های صنعت

براساس اطلاعات جدول (۱) و (۲) می‌توان ادعان کرد که کل تولید بخش صنعت در سال ۱۳۸۰، ۲۸۷۳۹۸۶/۳۹ میلیارد ریال و در سال ۱۳۹۰، ۵۸۴۳۰۸۴/۱۹ میلیارد ریال می‌باشد در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ در بین صنایع اقتصاد بیشترین مقدار تولید مربوط به بخش کک و محصولات شیمیایی به ترتیب ۱۲/۷۷ درصد و ۱۳/۴۳ درصد می‌باشد و کمترین مقدار تولید در بخش صنعت در سال ۱۳۸۰ به بخش ساخت چوب و محصولات چوبی با ۰/۱۰ درصد و در سال ۱۳۹۰ به بخش ساخت کاغذ و محصولات کاغذی با ۰/۴۲ درصد تعلق دارد. از طرفی سهم تولید بخش صنعت در سال ۱۳۸۰ حدود ۳۰/۲۴ درصد و در سال ۱۳۹۰ حدود ۳۹/۸۷ درصد می‌باشد که ۹/۳۶ درصد افزایش یافته‌است.

ساختار نهاده‌های واسطه‌ای بخش‌های اقتصادی بیشترین اثر متعلق به انتشار CO_2 و بعد از آن SO_x و NO_x و SPM می‌باشد و CO و HC اثر منفی دارند. اثر تغییر شدت مصرف انرژی حامل‌های انرژی بیشترین تغییرات مثبت به ترتیب مربوط به گازهای CO و HC می‌باشد بقیه‌ی آلاینده‌ها اثر منفی دارد. در مجموع اثر تغییرات عوامل مختلف گاز دی اکسید کربن با مقدار $71388/41$ میلیارد گرم بیشترین تغییرات مثبت را داشته است. و در آخر ملاحظه می‌شود که مجموع تغییرات تمام عوامل مؤثر با تغییرات آلاینده‌ی سال ۱۳۹۰ و ۱۳۸۰ برابر بوده است. به دلیل اینکه انواع آلاینده‌ها از یک جنس نیستند عملاً جمع آن‌ها صحیح نمی‌باشد. بنابراین با بررسی تک تک آلاینده‌ها نسبت به کل اقتصاد به نظر می‌رسد که با تغییرات مثبت گازهای CO_2 ، CO و HC با مقدار به ترتیب $71388/41$ ، $786/35$ ، $31/63$ میلیارد گرم آلاینده‌ی بخش صنعت افزایش یافته است.

جدول (۳): سهم تغییرات عوامل مختلف انتشار آلاینده‌ها به وسیله بخش صنعت

آلاینده‌ها	CO_2	CO	SO_x	NO_x	HC	SPM
F	۱۳۴۱۴/۳۵	۵۲۳/۰	۲۰۷/۱۷	۱۲۵/۸۴	۲۶/۳۵	۲۸/۰۳
T	-۲۵۱۱۸/۹۰	-۲۰۹/۹۰	-۲۵/۵۲	-۳۲/۶۷	-۹/۶۹	-۶/۹۱
S	۱۶۰۲۱/۷۳	۱۲۸/۴۲	۱۲/۳۴	۱۶/۵۰	۵/۸۱	۳/۳۲
M	۳۶۳۲۸/۰۷	۱۷۵/۷۲	۴۵/۹۱	۳۱/۷۱	۸/۲۰	۷/۰۶
Z	۷۶۰۲/۵۰	-۱۵۵/۶۴	۱۹/۳۵	۲/۵۱	-۵/۸۶	۰/۷۸
E	-۸۰۰۵۹/۳۴	۳۳۴/۷۵	-۹۴۱/۹۷	-۲۱۵/۱۱	۶/۸۲	-۷۲/۹۱
مجموع	۷۱۳۸۸/۴۱	۷۸۶/۳۵	-۶۹۱/۷۲	-۷۱/۲۲	۳۱/۶۳	-۴۰/۶۳
آلاینده‌ی سال ۸۰	۲۱۸۸۳۵/۸۲	۳۴۱/۲۳	۱۱۳۸/۳۸	۳۴۲/۵۳	۲۵/۱۸	۱۰۱/۰۶
آلاینده‌ی سال ۹۰	۲۹۰۲۲۴/۲۳	۱۱۲۷/۵۸	۴۴۶/۶۶	۳۷۱/۳۰	۵۶/۸۰	۶۰/۴۳
تغییرات آلاینده‌ی	۷۱۳۸۸/۴۱	۷۸۶/۳۵	-۶۹۱/۷۲	-۷۱/۲۲	۳۱/۶۳	-۴۰/۶۳

(یافته‌های تحقیق)

۴- نتیجه‌گیری

نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد که در بین عوامل مؤثر سهم کالاهای نهایی، سهم ساختار کالاهای نهایی و همچنین تحرک آفرینی محصولات با تغییرات مثبت همراه بوده و باعث افزایش تمام آلاینده‌ها شده است و بیش‌ترین تأثیر را بر انتشار گاز دی اکسید کربن داشته‌اند. نتایج نشان از اثر منفی اجزای کالاهای نهایی بر انتشار آلاینده‌ها با بیش‌ترین میزان تغییر منفی با مقدار $35118/90$ - میلیاردگرم بر انتشار دی اکسیدکربن و نقش

• تغییرات در انتشار انواع آلاینده‌ها به وسیله بخش صنعت

با توجه به جدول (۲) که آلاینده‌ی بخش صنعت را نشان می‌دهد به نظر می‌رسد که انتشار آلاینده‌ی سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۰ در بخش صنعت افزایش یافته است. زیرا با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب گاز CO_2 ، CO و HC بیشترین تغییرات مثبت به ترتیب با مقدار $71388/41$ ، $786/35$ و $31/63$ میلیارد گرم را داشته‌اند و گازهای SO_x ، NO_x و SPM با مقدار $691/72$ -، $71/22$ - و $40/63$ - میلیارد گرم با تغییرات منفی همراه است.

جدول (۲): آلاینده‌ی بخش صنعت (میلیارد گرم)

آلاینده‌ها	سال ۸۰	سال ۹۰	تغییرات
CO_2	۲۱۸۸۳۵/۸۲	۲۹۰۲۲۴/۲۳	۷۱۳۸۸/۴۱
CO	۳۴۱/۲۳	۱۱۲۷/۵۸	۷۸۶/۳۵
SO_x	۱۱۳۸/۳۸	۴۴۶/۶۶	-۶۹۱/۷۲
NO_x	۳۴۲/۵۳	۳۷۱/۳۰	-۷۱/۲۲
HC	۲۵/۱۸	۵۶/۸۰	۳۱/۶۳
SPM	۱۰۱/۰۶	۶۰/۴۳	-۴۰/۶۳

(یافته‌های تحقیق)

• سهم تغییرات عوامل مختلف در انتشار انواع آلاینده‌ها به وسیله بخش صنعت

جدول (۳)، تمامی تغییرات عوامل مختلف در انتشار آلاینده‌ها و همچنین کل انتشار آلاینده‌ها در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ و سهم هر کدام از عوامل با ثابت نگه داشتن بقیه عوامل را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده اثر تغییر خالص کالاهای نهایی تولید شده و ساختار کالاها و خدمات نهایی و همچنین تحرک آفرینی محصولات بخش‌های اقتصادی در انتشار همه‌ی آلاینده‌ها مثبت بوده است. و بیشترین اثر تغییر را در انتشار گاز دی اکسید کربن می‌توان دید. این در حالی است که اثر تغییر سهم اجزای کالاهای نهایی در انتشار تمامی آلاینده‌ها منفی است. همچنین اثر تغییر

علی رغم اهمیت بخش صنعت در فرآیند رشد و توسعه کشورها، صرف گسترش بخش صنعت نمی‌تواند راه‌گشایی برای رسیدن به توسعه باشد، بلکه نیاز به توجه جدی به اقتصاد همراه با محیط زیست احساس می‌شود. زیرا بخش صنعت به عنوان یکی از بخش‌های اساسی مصرف‌کننده انرژی در کشور، بخش زیادی از انتشار آلودگی هوا را به خود اختصاص داده است. و دلایل اصلی آن استفاده از سوخت‌های فسیلی در این صنایع جهت تولیدات صنعتی در کارخانه‌ها و عدم وجود تکنولوژی در بخش تولید و استفاده از ماشین‌آلات فرسوده، عدم دسترسی به خدمات انرژی مدرن، زیر ساخت‌های ضعیف و کمبود ظرفیت‌های نهادی و انسانی، دسترسی محدود به فناوری‌های نوین و منابع مالی می‌باشد. بنابراین باید سیاست‌گذاری‌های جدی و مناسبی در خصوص جایگزینی سوخت‌های پاک با انرژی فسیلی انجام گیرد. همچنین باید مدیران کارگاه‌ها و کارخانه‌ها ملزم به استفاده از استانداردهای زیست محیطی مناسب شوند و ماشین‌آلات فرسوده نیز از رده خارج شده و ماشین‌آلات جدید با تکنولوژی‌های برتر جایگزین شوند. همچنین زمینه دسترسی به خدمات انرژی مدرن، فن‌آوری‌های نوین و منابع مالی قوی و انتقال پناهگاه‌های آلودگی به کشورهای توسعه یافته که باعث کاهش مصرف انرژی و آلودگی کمتر می‌شوند را فراهم نمایند.

چشم‌گیری در کاهش انتشار داشته است. این بدان معنی است که اجزای کالاهای نهایی توانسته به کاهش انتشار تمام آلاینده‌ها در بخش صنعت کمک کند. از طرفی تغییر ساختار نهاده‌های واسطه‌ای تنها باعث کاهش آلاینده‌های CO با مقدار ۱۵۵/۶۴- میلیارد گرم و HC با مقدار ۵/۸۶- میلیارد گرم، هر چند تأثیر چشم‌گیری نداشته، شده است. در مقابل اثر افزایشی خود را بر روی آلاینده‌های CO₂، SO_x، NO_x و SPM گذاشته است. در نهایت شدت انرژی با اثری نسبتاً ناچیز معادل ۶/۸۲ میلیارد گرم در جهت افزایش انتشار آلاینده HC عمل کرده است. سپس بر افزایش انتشار CO تأثیر گذاشته است. همچنین به ترتیب باعث کاهش آلاینده‌های CO₂، SO_x، NO_x و SPM شده است. با توجه به هدف تحقیق و فرضیه مطرح شده در این تحقیق و همچنین با نتایج کلی به دست آمده به انتشار گاز CO، CO₂ و HC در دوره یاد شده، افزایش و انتشار گازهای SO_x، NO_x و SPM با سهم نسبتاً کمتر به بقیه آلاینده‌ها کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد که آلودگی بخش صنعت سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است و عوامل موثر نقش‌های مهمی را در تغییرات انتشار آلاینده‌ها ایفا کرده‌اند. با توجه به مطرح شدن مفهوم توسعه پایدار در سال‌های اخیر و اینکه محورهای اصلی توسعه پایدار در هر کشور چگونگی تعامل بخش انرژی، محیط زیست و اقتصاد است مشخص می‌شود که

منابع

- بانویی، علی اصغر. (۱۳۸۳). روش‌های برنامه ریزی. جزوه درسی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی.
- بزازان، فاطمه و خسروانی، ندا (۱۳۹۵). سنجش میزان انتشار دی اکسید کربن توسط بخش‌های مختلف تولیدی و خانوارهای ناشی از مصرف انرژی در ایران با رویکرد داده - ستانده زیست محیطی، *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، ۱: ۲۵-۱.
- پرم، راجر؛ مک گیل ری، جیمز، (۱۳۸۲)، اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ترجمه محمدرضا ارباب، نشر نی، تهران، ۴۰۵ صفحه
- پور عبادالهیان کوچی، محسن. برقی اسگویی، محمد مهدی. پناهی، حسین. صالحی بر، خدیجه. قاسمی، ایرج. (۱۳۹۴)، تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی دی اکسید کربن در صنایع محصولات کانی غیر فلزی ایران با استفاده از روش LMDI، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۶: ۵۷-۴۳.
- پورتر، مایکل. (۱۳۸۴)، استراتژی رقابتی تکنیک‌های تحلیل صنعت و رقبا، ترجمه‌ی مجید جهانگیری و عباس مهرپویا، چاپ اول، مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، تهران، ۴۲۳.
- ترابی، تقی. وارثی، محسن. (۱۳۸۶)، بررسی آلاینده‌ی زیست محیطی صنایع کشور با استفاده از رویکرد داده - ستانده (مورد خاص دی اکسید کربن)، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دهم: ۳.
- تراز نامه‌های انرژی (۱۳۸۰) و (۱۳۹۰). دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی، وزارت نیرو، معاونت انرژی.
- تریودی، آرکی. (۱۳۸۹)، مقدمه‌ای بر آلودگی هوا، ترجمه مصطفی لیلی، انتشارات اندیشه رفیع، ۵۵۹.
- صادقی، زین العابدین. حری، حمیدرضا. میرزایی آزاده، محمد. (۱۳۹۳)، تحلیل تجزیه ساختاری آلودگی در ایران: رهیافت داده- ستانده، *مطالعات اقتصادی کاربردی*، دوره ۳، شماره ۱۰، صص ۱۷۵-۱۴۵.
- فطری، محمد حسین. براتی، جواد. رسول زاده، مریم. (۱۳۹۳)، تحلیل تجزیه ساختاری انتشار دی اکسید کربن صنعتی ایران با رویکرد داده - ستانده، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، (۱۰) ۴۱: ۱۳۱-۱۵۲.
- قزلباش، منا و اسفندیاری، علی اصغر. (۱۳۹۱)، بررسی ضرایب مستقیم و غیرمستقیم ایجاد انواع آلاینده‌های زیست محیطی برای بخش‌های مختلف اقتصادی، *مجله مطالعات اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی*، شیراز. (۱) ۲: ۹۷-۱۱۴.
- لئونتیف، واسیلی (۱۳۶۵). اقتصاد داده - ستانده. ترجمه کورس صدیقی. وزارت برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، تهران.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- نصراللهی، زهرا و غفاری، مرضیه (۱۳۹۴). آلودگی در صنایع تولیدی ایران به کمک داده‌های پنلی. *فصلنامه مطالعات تجربی اقتصاد ایران*، ۱۹-۱: ۴۲.

- Aglietti, C., Zoppoli, P., Infantino, G., (2011), Decomposition analysis of Italy's greenhouse gas, Emission: an I/O approach based on NAMEA data. 18th Annual conference of European association of environmental and resource economists, 29 June- 2 July 2011, Rome.
- Akbostancı, E., Tunç, G. İ., & Türüt-Aşık, S. (2011). CO2 emissions of Turkish manufacturing industry: a decomposition analysis. *Applied Energy*. 88(6). 2273-2278.
- Burkander, P. (2009). An application of Input - Output Analysis to Pollution.
- Casler, S., D, Rose, A (1998). Carbon dioxide emission in the u.s. economy: a structural Decomposition analysis. *Environ Resour. Econ*, 11(3-4), 349-363.
- Guo, J., Zhang, Y. J., & Zhang, K. B. (2018). The key sectors for energy conservation and carbon emissions reduction in China: Evidence from the input-output method. *Journal of Cleaner Production*, 179, 180-190.
- Liaskas, K., Mavrotas, G., Mandaraka, M., & Diakoulaki, D. (2000). Decomposition of industrial CO2 emissions: The case of European Union. *Energy Economics*, 22(4), 383-394.
- Lim, H. J., Yoo, S. H., & Kwak, S. J. (2009). Industrial CO2 emissions from energy use in Korea: a structural decomposition analysis. *Energy Policy*, 37(2), 686-698.
- Munksgaard, J., Pedersen, K.A., Wien, M. (2000). Impact of household consumption on CO2 emissions. *Energy Econ*. 22(4), 423-440.

- Peng, Y., & Shi, C. (2011). Determinants of carbon emissions growth in China: a structural decomposition analysis. *Energy Procedia*, 5, 169-175.
- Romano, L., & Traù, F. (2017). The nature of industrial development and the speed of structural change. *Structural Change and Economic Dynamics*, 42, 26-37.
- Zhang, Y. J., Bian, X. J., Tan, W., & Song, J. (2015). The indirect energy consumption and CO₂ emission caused by household consumption in China: an analysis based on the input-output method. *Journal of Cleaner Production*, 163, 69-83.