

## Investigating the Nonlinear Effect of Structural Labor Change on Carbon Dioxide Emissions in Iran's Provinces Using the Panel Quantile Model

Leyla Jabari 

M.A. in Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Ali Asghar Salem \* 

Associate Professor of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

### Abstract

Climate change, caused by the increase in the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases, is one of the critical issues that mankind has faced and has created significant risks for both humans and the environment. In recent decades, many researchers have studied the factors that cause and affect carbon dioxide and their control. Among the factors affecting the emission of carbon dioxide, we can mention the structural labor change, which can play an important role in increasing the emission of carbon dioxide through the increase of industrial activities and economic growth. Therefore, in the present study, the effect of structural labor change on carbon dioxide emissions in Iran's provinces was investigated using the Quantile regression with non-additive fixed effects presented by Powell (2016). The results show that increasing labor transfer from the agricultural sector to other economic sectors, including services and industry, increases carbon dioxide emissions. Additionally, indirectly, the structural labor change index has a positive and significant effect on carbon dioxide emissions in Iran's provinces. The study also confirmed an inverse N relationship between carbon dioxide emissions and economic growth. The coefficients obtained for income inequality are negative and significant, while those for per capita energy consumption, industrialization, and urbanization are positive and significant.

\*Corresponding Author: [salem207@yahoo.com](mailto:salem207@yahoo.com)

**How to Cite:** Jabari, L., Salem, A. A. (2023). Investigating the Nonlinear Effect of Structural Labor Change on Carbon Dioxide Emissions in Iran's Provinces Using the Panel Quantile Model. *Iranian Journal of Economic Research*, 28 (96), 123-162.

## 1. Introduction

Since the early 1990s, the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases has increased in most countries, aligning with economic growth. This has given rise to numerous challenges for humanity, inflicting detrimental effects on ecosystems across various parts of the world. The increase in carbon dioxide emissions over the past two decades has prompted researchers to delve into the factors influencing such emissions and their control. One significant factor influencing carbon dioxide emissions is the transfer of labor from the agricultural sector to other sectors. This transition is recognized as a hallmark of economic development, commonly referred to as a structural labor change in the field of development economics. Though most economic theories view the labor transfer as an indicator of socio-economic progress, this phenomenon also has disadvantages that can result in abnormal consequences affecting culture, the environment, society, and economy. Shao et al. (2021) and Yang et al. (2021) highlight it as a pivotal factor influencing carbon dioxide emissions and environmental degradation. Understanding the impact of this phenomenon on carbon dioxide emissions is crucial for formulating policies aimed at regulating the emitted carbon dioxide levels. In Iran, the transfer of labor from the agricultural sector to other economic sectors has risen, driven by diverse motives and concurrent with the expansion of urbanization and industrialization. This shift may entail numerous environmental challenges. Long-term statistics reveal that since 1956, the agricultural sector has lost its superiority, while the industrial and service sectors have experienced an increase in the number of workers. The disparity between the industry and services sectors compared to agriculture has widened (Mohinizadeh et al., 2019). However, in Iran, the impact of structural labor change on carbon dioxide emissions has not received significant scholarly attention. In this respect, the present research aimed to explore the nonlinear effects of structural labor change across 31 provinces in Iran during 2010–2020. The study first calculated the carbon dioxide emissions in each

province. Subsequently, the analysis focused on the impact of structural labor change, particularly the transfer of labor from the agricultural sector to other economic sectors, on carbon dioxide emissions in the provinces.

## 2. Materials and Methods

The study adopted the experimental model proposed by Liu et al. (2019) and Yang et al. (2021), utilizing the subform presented in Equation (1).

$$\begin{aligned} \ln CO_{2i,t} = & \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{i,t} + \beta_2 \ln^2 GDP_{i,t} + \beta_3 \ln^3 GDP_{i,t} \\ & + \beta_4 \ln Ratioagr_{i,t} + \beta_5 \ln Gini_{i,t} + \beta_6 \ln Urb_{i,t} \\ & + \beta_7 \ln Indst_{i,t} + \beta_8 \ln EC_{i,t} \\ & + \beta_9 \ln (Ratioagr \times GDP)_{i,t} + \alpha_i + \eta_t + u_{i,t} \end{aligned} \quad (1)$$

Equation (1) defines the following variables:  $\ln CO_2$  represents the logarithm of carbon dioxide emissions per capita;  $\ln GDP$  signifies the logarithm of real GDP;  $\ln^2 GDP$  denotes the square of the logarithm of real GDP;  $\ln^3 GDP$  represents the cube of the logarithm of real GDP;  $\ln Ratioagr$  indicates the logarithm of structural labor change;  $\ln Gini$  is the logarithm of income inequality;  $\ln Urb$  denotes the logarithm of urbanization;  $\ln Indst$  is the logarithm of industrialization; and  $\ln EC$  stands for the logarithm of energy consumption. Furthermore,  $\ln Ratioagr \times GDP$  represents the logarithm of the interaction term between structural labor change and real GDP. This variable was incorporated into the model due to the indirect impact of structural labor change on carbon dioxide emissions. In addition to the variable of structural labor change, the study examined the effect of other explanatory variables on carbon dioxide emissions. These variables are summarized in Table 1.

**Table 1.** Introduction of explanatory variables

Variable	Description	Source
Structural labor change	The ratio represents the percentage of the working labor force in the agricultural sector compared to the total working population. A higher percentage indicates less change in the employment structure, while a lower percentage signifies more pronounced structural changes in the labor force.	Statistical Center of Iran
Energy consumption	Total energy consumption per capita, encompassing natural gas, kerosene, fuel oil, and gasoline (thousand liters).	Energy balance
Industrialization	The ratio of the added value of the industrial sector to the GDP (million rials)	Statistical Center of Iran
Economic growth	Real GDP (million rials).	Ministry of Economic Affairs and Finance
Income inequality	Gini coefficient of total consumption expenditure of urban and rural households in each province, weighted by population (percentage)	Statistical Center of Iran
Urbanization	The ratio of the urban population in each province to the total population of the province (percentage)	Statistical Center of Iran

### 3. Results and Discussion

Focusing on the transfer of labor from rural and agricultural areas to urban and industrial or service centers, the present study investigated the impact of this labor transfer on carbon dioxide emissions across 31 provinces in Iran during 2010–2020. First, the carbon dioxide emissions for each province were calculated. Then, the study introduced a model based on quantile regression with nonadditive fixed effects at varying quantile levels. The primary rationale behind employing this regression technique was to offer a detailed and comprehensive analysis of the model’s response variable. This approach allows for intervention not

only at the center of gravity of data but also at all levels of the distribution particularly the extremes avoiding the issues associated with assumptions such as ordinary regression, heterogeneity of variance, and the potential impact of outlier data on coefficient estimations. Consequently, the panel quantiles were used to estimate the regression model, and the results are presented in Tables 2 and 3.

**Table Table 2.** Estimation results ation results

( $\tau$ ) / variables	50	40	30	20	10
lnGDP	-48.59***	-30.69***	29.14***	-24.32***	-24.46***
ln <sup>2</sup> GDP	3.13***	1.94***	1.84***	1.52***	1.56***
ln <sup>3</sup> GDP	-0.067***	-0.041***	-0.039***	-0.032***	-0.033***
Ratioagri	-0.622***	-0.592***	-0.508***	-0.758***	-0.525***
lnGini	-0.161	-0.068***	-0.120***	-0.117***	-0.202***
lnUrb	0.052	0.722***	0.996***	1.089***	0.918***
lnIndst	0.143***	0.123***	0.096***	0.103***	0.076***
lnEC	0.614***	0.684***	0.646***	0.662***	0.719***
lnRatioagr $\times$ GDP	0.038***	0.046***	0.044***	0.059***	0.042***

Source: Research results

**Tble Table 3.** Estimation results ation results

( $\tau$ ) / variables	90	80	70	60
lnGDP	-154.60***	-73.48***	-41.63***	-46.65***
ln <sup>2</sup> GDP	9.99***	4.73***	2.96***	30.9***
ln <sup>3</sup> GDP	-0.214***	-0.101***	-0.058***	-0.068***
Ratioagri	-1.99**	-0.221***	0.007	0.612
lnGini	-0.144	-0.257***	-0.017	-0.046***
lnUrb	0.340***	0.036	0.184***	0.396***
lnIndst	0.106***	0.130***	0.135***	0.128***
lnEC	0.645***	0.724***	0.671***	0.586***
lnRatioagr $\times$ GDP	0.126**	0.015**	0.0007	-0.039

Note: \*\*\*, \*\* and \* represent the significance level of 1, 5 and 10%, respectively.

Source: Research results

Increasing the proportion of the working population in the agricultural sector relative to other sectors or minimizing changes in the labor structure, except between the 60th and 70th percentiles, leads to a reduction in carbon dioxide emissions. As a result, the structural labor

change exerts a direct and significant impact on the levels of carbon dioxide emissions across Iran's provinces. As changes in the labor structure intensify, the agricultural sector might resort to machinery to compensate for the workforce reduction, maintaining production and moving towards capitalization that, in turn, amplify energy consumption and carbon dioxide emissions. Furthermore, the transition from rural areas and agricultural hubs to urban and industrial centers can increase income, thereby contributing to an increase in carbon dioxide emissions. The study also examined the indirect impact of structural labor change on carbon dioxide emissions through the economic growth channel. According to the estimation results, the coefficient for the interaction term of structural labor change and economic growth is positive and statistically significant in all quantiles, except the 60th and 70th percentiles. As noted by Yang et al. (2021), the increased transfer of labor from the agricultural sector to other sectors, particularly industry, during the course of economic development can indirectly boost economic growth and carbon dioxide emissions. The labor transfer increases as the scale and GDP rise, and there is an expansion in fossil fuel consumption accompanying economic growth, leading to a subsequent increase in carbon dioxide emissions in the provinces of Iran. The study validated two direct and indirect effects of structural labor change on carbon dioxide emissions in Iran's provinces. In both scenarios, structural labor change contributed to an increase in carbon dioxide emissions. The first effect stems from the increasing use of machinery to compensate for the labor force depleted from the agricultural sector, leading to increased energy consumption and subsequent carbon dioxide emissions. The second effect can be explained with an eye to the increased economic growth and GDP resulting from the structural labor change, as discussed in the Lewis model.

#### 4. Conclusion


The study examined both the direct and indirect effects of structural labor change, in conjunction with other socio-economic variables, using a nonlinear method. The data was gathered from 31 provinces of Iran spanning from 2010–2020, and the study used a quantile regression with nonadditive fixed effects. The variable denoting labor transfer from the agricultural sector to other sectors was used as the ratio of the working population in the agricultural sector to the total working population, serving as the index for structural labor change. The findings revealed that structural labor change has a direct effect on carbon dioxide emissions. Furthermore, concerning indirect effects, it can be affirmed that the index has a positive and significant effect on the dependent variable through the indirect channel of economic growth. Considering the positive effect of labor transfer and its negative impact on carbon dioxide emissions and environmental degradation, it is recommended to adopt measures to control and regulate the labor transfer. Specifically, strategies should be devised to increase the income of workers in the agricultural sector, aiming to establish an equitable wage balance relative to other sectors. Moreover, provincial authorities should prioritize initiatives that increase the real added value in agriculture, with a focus on expanding industries associated with agricultural production, such as transformative and complementary sectors.

**Keywords:** Carbon Dioxide Emission, Labor Transfer, Structural Labor Change, Quantile Regression with Nonadditive Fixed Effects


**JEL Classification:** O150 .Q540.J0 .C4

## بررسی اثر غیرخطی تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران با استفاده از مدل پنل کوانتایل

کارشناس ارشد رشته اقتصاد نظری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

لیلا جباری 

دانشیار گروه اقتصاد نظری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

علی اصغر سالم\* 

### چکیده

تغییرات آب‌وهوایی ناشی از افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای، یکی از مسائل حیاتی است که بشر با آن مواجه شده و خطرات قابل توجهی هم برای انسان و هم محیط‌زیست به وجود آورده است و در دهه‌های اخیر، این موضوع که چگونه انتشار دی‌اکسید کربن کاهش یابد، به یک مسئله جدی تبدیل شده است؛ به طوری که بسیاری از محققان را به مطالعه عوامل ایجادکننده و موثر بر دی‌اکسید کربن و کنترل آن‌ها سوق داده است. از عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن می‌توان به تغییر ساختار اشتغال اشاره کرد که می‌تواند نقش مهمی در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن از طریق افزایش فعالیت‌های صنعتی و رشد اقتصادی داشته باشد و کنترل آن می‌تواند اهمیت زیادی در کاهش میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده داشته باشد. بنابراین، در مطالعه حاضر تاثیر تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران با استفاده از مدل رگرسیون پنل کوانتایل با اثرات ثابت غیرجمع‌پذیر که توسط پاول (۲۰۱۶) ارائه شده، طی بازه زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان می‌دهد افزایش تغییر ساختار اشتغال؛ یعنی افزایش انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌های اقتصادی از جمله خدمات و صنعت، انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، به طور غیرمستقیم شاخص تغییر ساختار اشتغال، اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران دارد. همچنین، رابطه  $N$  معکوس میان انتشار دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی در این مطالعه تایید شد و ضرایب به دست آمده برای نابرابری درآمد، منفی و معنادار و برای سرانه مصرف انرژی، صنعتی شدن و شهرنشینی مثبت و معنادار است.

**کلیدواژه‌ها:** انتشار دی‌اکسید کربن، انتقال نیروی کار، تغییر ساختار اشتغال، پنل کوانتایل با اثرات ثابت

طبقه‌بندی JEL: O150, J0, Q540, C4

\* نویسنده مسئول: salem207@yahoo.com



## ۱. مقدمه

از توجه بشر به اهمیت محیط زیست در زندگی وی سال‌های زیادی می‌گذرد، اما دهه‌های آخر قرن بیستم میلادی را می‌توان زمان اوج طرح مسائل محیط‌زیستی معرفی کرد (لعل خضری و کریمی پتانلار، ۱۳۹۸). از اوایل دهه ۱۹۹۰، انتشار دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای در بیشتر کشورها همزمان با رشد اقتصادی افزایش یافته و مشکلات بسیاری را برای بشر به وجود آورده است؛ به‌طوری‌که افزایش آلاینده‌های هوا از جمله دی‌اکسید کربن و پدید آمدن اثر گلخانه‌ای، میانگین دمای هوا را افزایش داده و اثرات مخرب بسیاری بر اکوسیستم کشورهای مختلف وارد کرده است و از همه مهم‌تر، لایه‌های محافظ زمین در برابر اشعه‌های خطرناک خورشید را از بین برده و حیات طبیعی انسان و بسیاری از موجودات را به خطر انداخته است (Yoro & Daramola, 2020) و همین تبعات ناشی از افزایش میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده در دو دهه اخیر محققان را به تلاش برای بررسی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن و کنترل آن‌ها سوق داده و این مسئله مورد توجه بسیاری از اقتصاددانان قرار گرفته است.

یکی از مسائل قابل توجه در سال‌های اخیر، مسئله تغییر ساختار اشتغال در قالب انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها و حفظ محیط‌زیست در جریان رشد اقتصادی کشورها است. انتقال نیروی کار شاغل میان بخش‌های کشاورزی و سایر بخش‌های عمده اقتصادی، یکی از شاخص‌های کلیدی در اقتصاد هر کشور است که متناسب با درجه توسعه‌یافتگی آن کشور تغییر می‌یابد و در مباحث اقتصاد توسعه با مفهوم تغییر ساختار اشتغال بیان می‌شود (صمصامی و اردیزی، ۱۳۹۹). به عبارت دیگر، جابه‌جایی نیروی کار میان بخش‌های کشاورزی و غیرکشاورزی یکی از مشخصه‌های تغییر ساختار اشتغال محسوب می‌شود که در بسیاری از نظریات رشد و توسعه اقتصادی از آن به عنوان یکی از نشانه‌های توسعه اقتصادی در کشورها یاد می‌شود.

مهاجرت نیروی کار از مناطق روستایی و قطب‌های تولید کشاورزی به شهرها و مناطق تولید صنعتی و خدماتی، پدیده‌ای است که در فرآیند صنعتی شدن کشورها با اهداف گوناگون مانند کسب درآمد بیشتر، دستیابی به امکانات بهتر در زندگی و... ظاهر شده و تحولات اقتصادی-اجتماعی بسیاری را نیز با خود همراه ساخته است. با اینکه اکثر نظریات

اقتصاد، توسعه این امر را از نشانه‌های توسعه اقتصادی- اجتماعی در کشورهای در حال توسعه برمی‌شمارند، اما این پدیده علاوه بر داشتن مزایای فراوان، معایبی نیز دارد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته، این مسئله در زمره مسائل اقتصادی- اجتماعی مهمی به شمار می‌آید که گاه تبعات نابهنجاری بر پیکره اجتماع، فرهنگ، محیط زیست و اقتصاد این کشورها وارد کرده است (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷) که از جمله این تبعات می‌توان به افزایش آلودگی محیط زیست اشاره کرد.

مطالعات بسیاری از جمله یانگ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۱) و شائو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) تغییرات ساختار اشتغال را عامل مهمی در تخریب محیط زیست معرفی می‌کنند که ابتدا از طریق رشد اقتصادی و دوم با تعدیل ساختار صنعت و افزایش مصرف انرژی می‌تواند انتشار دی اکسید کربن و آلودگی محیط زیست را افزایش دهد. با توجه به رابطه میان تغییر ساختار اشتغال و انتشار دی اکسید کربن می‌توان بیان کرد که کاهش انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها به‌ویژه صنعت تا حدودی می‌تواند باعث کاهش فشارهای زیست محیطی ناشی از انتشار دی اکسید کربن شود، چراکه این امر می‌تواند به علت کاهش عرضه نیروی کار در بخش صنعت، هزینه‌های تولید را در این بخش افزایش داده و توسعه صنایع انرژی بر را محدود کند؛ بنابراین، مطالعه در زمینه تاثیر احتمالی تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن مهم بوده و توجه به چگونگی و میزان اثرگذاری آن بر انتشار دی اکسید کربن و در نهایت پیامدهای آن در اجرای سیاست‌های حفظ کیفیت محیط زیست امری ضروری است.

در ایران نیز همزمان با گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن، جابه‌جایی نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌های اقتصادی با انگیزه‌های مختلف افزایش یافته است که می‌تواند مشکلات زیست محیطی فراوانی را با خود به همراه داشته باشد؛ به طوری که بررسی آمار بلندمدت نشان می‌دهد که از سال ۱۳۳۵ و با گذشت زمان، بخش کشاورزی برتری خود را از دست داده و سهم شاغلان بخش کشاورزی کاهش و سهم شاغلان بخش صنعت و خدمات افزایش یافته است و دو بخش صنعت و خدمات نسبت به بخش کشاورزی وسیع‌تر شده‌اند (مهینی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). با این وجود، در ایران تاکنون به مقوله اثر ساختار

---

1. Yang, C., et al.

2. Shao, S., et al.

اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن توجه علمی چندانی نشده است. بنابراین، مطالعه پیش‌رو با هدف بررسی اثر غیرخطی تغییرات ساختار اشتغال در قالب انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌های اقتصادی در ۳۱ استان ایران انجام می‌شود که در راستای این هدف، ابتدا میزان انتشار دی اکسید کربن در استان‌های کشور محاسبه و سپس نقش متغیر تغییر ساختار اشتغال در کنار متغیرهای توضیحی دیگری مانند شهرنشینی، مصرف انرژی، رشد اقتصادی، نابرابری درآمد، ساختار صنعت بر انتشار دی اکسید کربن در استان‌های کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۸ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲. مبانی نظری

در سال‌های اخیر توسعه پایدار توجه بسیاری از محققان و سیاستگذاران را به خود جلب کرده و به یک هدف مهم برای بسیاری از اقتصادها تبدیل شده است. بدون شک، دستیابی به این هدف بزرگ، مستلزم تثبیت یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسید کربن است (Fernández, et al., 2017). با این حال، در سال‌های گذشته انتشار دی اکسید کربن به صورت گسترده افزایش یافته و اثرات منفی گوناگونی را بر محیط‌زیست و سلامت انسان بر جای گذاشته است. در به وجود آمدن چنین شرایطی، عوامل بسیاری مانند شهرنشینی، رشد اقتصادی، تغییر ساختار اشتغال، صنعتی شدن، نابرابری درآمد، مصرف انرژی و... نقش دارند که شناخت این عوامل و تعیین سهم آن‌ها از انتشار دی اکسید کربن، می‌تواند در مواجهه با این معضل زیست‌محیطی کمک‌کننده باشد. در دهه‌های اخیر ادبیات فراوانی در زمینه عوامل تعیین‌کننده بر انتشار دی اکسید کربن صورت گرفته که در ادامه ادبیات موجود در خصوص این عوامل اثرگذار به ویژه تغییر ساختار اشتغال و نابرابری درآمد، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۲-۱. تغییر در ساختار اشتغال و کیفیت محیط‌زیست

بر اساس مبانی نظری موجود، تغییر ساختار اشتغال به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم انتشار دی اکسید کربن و کیفیت محیط‌زیست اثر می‌گذارد که در ادامه، این دو مکانیسم اثرگذاری تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن تبیین می‌شود.

## ۲-۱-۱. اثر مستقیم انتقال نیروی کار بر کیفیت محیط‌زیست

بررسی مبانی نظری درباره اثر مستقیم انتقال نیروی کار بر کیفیت محیط‌زیست نشان می‌دهد که رابطه مستقیم میان انتقال نیروی کار به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است و در سال‌های اخیر مطالعات بسیار اندکی اثر مستقیم این متغیر را بر کیفیت محیط‌زیست مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. نتایج این دسته از مطالعات حاکی از آن است که تغییرات ساختاری اشتغال به‌ویژه انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به بخش صنعت، می‌تواند انتشار دی‌اکسید کربن و آلودگی کشاورزی (خاک، هوا و آب) افزایش دهد؛ چراکه کمبود نیروی کار ناشی از انتقال نیروی کار به شهرها و یا بخش صنعتی، منجر به حذف روش‌های تولید سنتی و شیوه‌های کاربر در بخش کشاورزی شده و کشاورزان برای حفظ تولید قبلی خویش معمولاً از شیوه‌های جدید تولید که بیشتر سرمایه‌بر هستند تا کاربر، استفاده می‌کنند. بنابراین، در شیوه‌های جدید تولید از نهاده‌های سرمایه‌ای مانند ماشین‌آلات که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند، بیشتر استفاده شده که همین تغییر در شیوه تولید، آلودگی و انتشار دی‌اکسید کربن کشاورزی را در جوامع افزایش می‌دهد (Shao, S., et al., 2021). انتقال نیروی کار از روستاها و قطب‌های کشاورزی به شهرها و قطب‌های صنعتی منجر به تغییرات اساسی در ساختار اقتصادی-اجتماعی روستاها می‌شود که این تغییرات به نوبه خود بر محیط بوم‌شناختی روستاها، انتشار دی‌اکسید کربن و توسعه اقتصادی کشورها اثر می‌گذارد؛ چراکه در نهایت حاصل دسترنج کارگرانی که از بخش کشاورزی خارج و به بخش صنعت و شهرها منتقل شده‌اند، صرف سرمایه‌گذاری و مصرف در روستاها می‌شود. انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به صنعت، نیروی کار را قادر می‌کند تا درآمد خود را افزایش دهد و وجوه ارسالی کارگران مهاجر به روستاها می‌تواند ساختار سرمایه‌گذاری را در روستاها تغییر داده، محدودیت مالی و سرمایه‌ای که کشاورزان روستایی با آن روبه‌رو هستند را از بین برده و به امرارمعاش خانوارهای ساکن روستا کمک کند. به طور خاص، وجوه ارسالی می‌تواند محدودیت مالی را کاهش داده و سرمایه‌گذاری خانوارهای روستایی را بر ماشین‌آلات کشاورزی را افزایش و فعالیت آنان را ارتقا دهد. هنگامی که کشاورزان وجوه ارسالی از سوی کارگران مهاجر از بخش کشاورزی به صنعت را دریافت می‌کنند، ممکن است تکنیک‌های تولیدی جدیدی را به کار گیرند که بازدهی کشاورزی را از طریق به‌کارگیری ماشین‌آلات جدید کشاورزی

ارتقا داده و انتشار دی اکسید کربن و آلودگی محیط‌زیست را افزایش دهند. علاوه بر این، انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی که معمولاً در آن دستمزدها پایین است به بخش صنعت که عایدی‌های نیروی کار بیشتر است، درآمد افراد را افزایش و در پی آن مصرف انرژی را نیز افزایش می‌دهد و کیفیت محیط‌زیست را از طریق انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای تضعیف کند.

## ۲-۱-۲. اثر غیرمستقیم انتقال نیروی کار بر کیفیت محیط‌زیست

برای بررسی اثر غیرمستقیم انتقال نیروی کار بر کیفیت محیط‌زیست، برخی محققان از دیدگاه توسعه اقتصادی و نیروی کار، توسعه اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست و ساختار صنعت و کیفیت محیط‌زیست استفاده می‌کنند. در خصوص انتقال نیروی کار در توسعه اقتصادی می‌توان به مدل دویبخشی لوئیس<sup>۱</sup> (۱۹۵۸) در این زمینه اشاره کرد که رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه را در قالب انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به بخش صنعتی توضیح می‌دهد. لوئیس فرض می‌کند تنها دو بخش سنتی (کشاورزی) و بخش صنعتی (سرمایه‌داری) در اقتصاد وجود دارد. همچنین بخش سنتی با مازاد نیروی کار فراوانی روبه‌رو بوده و عرضه نیروی کار بدون مهارت از بخش کشاورزی به بخش صنعتی نامحدود است. زمانی که بخش صنعت رشد می‌یابد، نیروی کار مازاد را از بخش کشاورزی جذب می‌کند. از آنجایی که زمین در بخش کشاورزی محدود است، تولید نهایی نیروی کار مازاد در این بخش صفر در نظر گرفته می‌شود در نتیجه عملاً این نیروی کار مازاد اثری در جریان تولید بخش کشاورزی ندارند و این مازاد نیروی کار می‌تواند به بخش صنعت منتقل شود بدون آنکه اثری در تولید بخش سنتی ایجاد شود. در این الگو، در نهایت انتقال نیروی کار مازاد از بخش کشاورزی به بخش صنعت و گسترش تولیدات صنعتی بدون کاهش تولیدات بخش کشاورزی، منجر به افزایش تولیدات کل اقتصاد و رشد اقتصادی می‌شود.

وانگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) به پیروی از لوئیس (۱۹۵۸) در مطالعاتی به توسعه مدل دویبخشی پرداخته‌اند؛ در بسیاری از این مطالعات نتیجه گرفته می‌شود که انتقال نیروی کار

---

1. Lewis, W. A.

2. Wang, X., et al.

بین بخش‌های مختلف، رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، در سال‌های اخیر، برخی از مطالعات به بررسی تاثیر انتقال نیروی کار بین صنایع مختلف پرداخته و اثر مثبت انتقال نیروی کار بین صنایع مختلف را بر ساختار صنعت و صنعتی شدن مورد تایید قرار داده‌اند. به عنوان نمونه، ویلیامسون<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) ادعا می‌کند که انتقال جمعیت اروپا در یک و نیم قرن گذشته، توسعه اقتصادی و صنعتی شدن را در این منطقه از طریق تغییرات ساختاری نیروی کار، ایجاد کرده است (Zhang, et al., 2018).

مطالعات نشان می‌دهند، کشورهای در حال توسعه‌ای که دارای ساختار اقتصادی دوگانه هستند و مازاد نیروی کار در بخش کشاورزی در روستاها وجود دارد، توسعه صنعتی با اتکا بر همین مازاد نیروی کار، اتفاق می‌افتد.

طبق نظر وانگ<sup>۲</sup> (۱۹۹۰) در حالی که این نیروی کار توسط بخش صنعت جذب می‌شود، بخش صنعت گسترش یافته و در نتیجه، به دلیل افزایش مقیاس تولید به‌ویژه تولیدات صنعتی انرژی‌بر و عدم به‌روزرسانی فناوری و استفاده از فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست، تخریب محیط‌زیست با شدت بیشتری انجام می‌شود. در این مکانیزم افزایش آلودگی ناشی از مهاجرت نیروی کار کشاورزی از روستاها به شهرها و اشتغال آنان در بخش صنعتی است (Wang, et al., 2021).

در ادامه بر اساس مطالعه یانگ و همکاران (۲۰۲۱) به مدل‌سازی اثر تغییر در ساختار اشتغال انتشار دی‌اکسید کربن در قالب مدل نئوکلاسیکی سولو<sup>۳</sup> پرداخته می‌شود. در ابتدا فرض می‌شود که اقتصاد دارای دو بخش کشاورزی و غیرکشاورزی است که بخش اول با اندیس A و بخش دوم با اندیس I نشان داده می‌شود و هر کدام دارای توابع تولیدی به شکل کاب-داگلاس است که طبق فروض اصلی الگوی رشد اقتصادی سولو می‌توان فرم فشرده تابع تولید برای هر دو بخش و معادله پویایی (حرکت) سرمایه را برای اقتصاد به ترتیب به شکل روابط (۱) و (۲) به دست آورد.

---

1. Williamson  
2. Wang, X.  
3. Solo, R.M.

$$y_I = \rho k_I^\beta \quad (1)$$

$$y_A = \tau(1 - \rho)k_A^\alpha, \quad 0 < \tau = \kappa^{1-\alpha} < 1$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = \lambda(1 - \theta)\gamma^\beta \left(\frac{k}{\rho}\right)^{1-\beta} - (\delta\gamma + n + g_B) \quad (2)$$

در رابطه (۱) و (۲)،  $k$  سرمایه به ازای نیروی کار موثر،  $\rho$  نسبت نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی و  $g_B$  نرخ رشد تکنولوژی است. همچنین فرض می‌شود که فقط از تولیدات غیرکشاورزی می‌توان برای انباشت سرمایه استفاده کرد و  $\lambda$  نیز نرخ سرمایه‌گذاری در تولیدات غیرکشاورزی است که به صورت نسبت  $\frac{S}{S+\eta}$ <sup>۱</sup> تعریف می‌شود.  $n$  نیز نرخ رشد جمعیت و  $\delta$  نرخ استهلاک سرمایه است. همچنین  $\theta$  واحد از محصولات غیرکشاورزی برای کاهش آلودگی سرمایه‌گذاری می‌شود. حرکت سرمایه در این مدل مشابه با مدل سولو است با این تفاوت که نسبت نیروی کاری که در بخش غیرکشاورزی مشغول هستند بر حجم سرمایه اثر می‌گذارند. بنابراین، در آغاز فرآیند رشد اقتصادی، جمعیت شاغل در بخش کشاورزی بالا بوده و در نتیجه  $\rho$  کوچک بوده و کارگران بخش غیرکشاورزی درآمد بیشتری نسبت به هم‌تایان خود در بخش کشاورزی دریافت می‌کنند؛ از این رو، این میزان تفاوت در دستمزد انگیزه‌ای برای کارگران بخش کشاورزی ایجاد می‌کند تا بخش کشاورزی را ترک کنند و در بخش غیرکشاورزی مشغول کار شوند و حتی سرعت انتقال نیروی کار بین دو بخش نیز به تفاوت دستمزد بخش کشاورزی و غیرکشاورزی بستگی خواهد داشت. به طور دقیق‌تر داریم  $\frac{\dot{\rho}}{\rho} = f(W_I, W_A)$  که در آن  $W_I$  دستمزد در بخش غیرکشاورزی و  $W_A$  نیز دستمزد در بخش کشاورزی و  $f'(\bullet) > 0$  و  $f''(\bullet) < 0$  است. در اینجا شکل خاصی برای تابع  $f(\bullet)$ ، مشابه با تمپل<sup>۲</sup> و وومن<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) استفاده می‌شود؛ این معادله انتخابی به صورت رابطه (۳) است.

۱. فرض شده است که  $S$  نرخ پس‌انداز و  $\eta$  نیز نسبتی از تولیدات کشاورزی است که مصرف می‌شود.

2. Temple

3. Wö ßmann

$$\frac{\dot{\rho}}{\rho} = \Phi \left( \frac{w_I - w_A}{w_A} \right) = \Phi \left( m \frac{1-p}{p} - 1 \right), \Phi > 0 \quad (۳)$$

در رابطه (۳)،  $m = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{1-\beta}{\beta} \frac{\gamma}{1-\gamma}$  مقداری ثابت و مثبت است؛ بنابراین پارامتر  $\Phi$  سرعت تعدیل در تعادل بلندمدت است. در نتیجه، چارچوب گذار اقتصادی تعریف می‌شود. با انتقال نیروی کار بین دو بخش،  $\rho$  طبق رابطه (۳) افزایش یافته و طبق رابطه (۲) حجم سرمایه اضافه می‌شود؛ در این صورت می‌توان نشان داده اقتصاد به وضعیت پایدار خود رسیده که در آن  $k$  و  $\rho$  را با جایگذاری  $\frac{\dot{k}}{k} = 0$  و  $\frac{\dot{\rho}}{\rho} = 0$  به ترتیب در روابط (۲) و (۳) به صورت رابطه (۴) محاسبه کرد.

$$\bar{k} = \left[ \frac{\delta\gamma + n + g_B}{\lambda(1-\theta)\gamma^\beta} \right] \quad (۴)$$

$$\bar{\rho} = \frac{m}{1+m}$$

با گذار اقتصادی و در کنار آن تغییر در ساختار اشتغال، روند آلودگی متحول می‌شود. بر اساس داده‌های آماری میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش کشاورزی نسبت به بخش غیر کشاورزی بسیار کم و تقریباً برابر یک درصد است؛ به طوری که گاهی اوقات نادیده گرفته می‌شود. از این رو، براک و تیلور<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) معتقدند که دی اکسید کربن در فرآیند تولید محصولات در بخش غیر کشاورزی منتشر شده و متناسب با سطح تولید در این بخش است؛ یعنی  $E = \Omega Y a(\theta)$  که در آن  $E$  کل دی اکسید کربن منتشر شده،  $\Omega$  شدت انتشار دی اکسید کربن در تولید و  $a(\theta)$  تابعی از تولیدات غیر کشاورزی است که صرف کاهش آلودگی می‌شود و نسبت به آلودگی نزولی است. علاوه بر این، نرخ رشد  $\Omega$  مقدار ثابت و منفی (برابر با  $-g_A$ ) در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه، نرخ رشد سرانه انتشار دی اکسید کربن به شکل رابطه (۵) خواهد بود.

1. Brock, W.A. & Taylor, M.S.



$$g_{\bar{e}} = -g_A + \frac{\dot{Y}_I}{\bar{Y}_I} = g_B - g_A + \frac{\dot{Y}_I}{\bar{Y}_I} = g_B - g_A + \beta \left( \frac{\dot{k}}{k} - \frac{\dot{\rho}}{\rho} \right) + \frac{\dot{\rho}}{\rho} =$$

$$g_B - g_A + \beta \left[ (1 - \theta) \lambda \gamma^\beta \left( \frac{k}{\rho} \right)^{\beta-1} - (\delta \gamma + n + g_B) + (1 - \beta) \frac{\dot{\rho}}{\rho} \right] \quad (5)$$

در رابطه (۵)،  $\bar{e}$  نشان‌دهنده انتشار آلودگی به ازای هر کارگر است. نرخ رشد آلودگی نیز برابر است با  $g_E = g_{\bar{e}} + n$ . رابطه (۵) انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی با درآمد کم و آلودگی بسیار ناچیز به بخش غیرکشاورزی با درآمد و آلودگی بیشتر را یکی از منابع انتشار دی اکسید کربن معرفی می‌کند و طبق آن می‌توان بیان کرد که اگر نسبت جمعیت شاغل در بخش غیرکشاورزی افزایش یابد و سایر شرایط ثابت باقی بماند، انتشار دی اکسید کربن کل و سرانه افزایش می‌یابد. علاوه بر این، هنگامی که  $g_B + n < g_A$  باشد، منحنی کوزنتس زیست محیطی به شکل N یا U معکوس است و میزان  $\frac{\dot{\rho}}{\rho}$  ممکن است بر نرخ رشد انتشار دی اکسید کربن سرانه و شکل منحنی یادشده، تاثیر بگذارد.

## ۲-۲. اثر رشد اقتصادی و صنعتی شدن بر کیفیت محیط زیست

رشد اقتصادی یکی از مهم‌ترین فرآیندهای شناخته شده است که اثرات زیست محیطی فراوانی بر محیط زیست می‌تواند داشته باشد که این مبحث بر اساس منحنی کوزنتس زیست محیطی قابل تفسیر است. رشد اقتصادی از یک طرف، استفاده از انرژی را افزایش داده و سبب افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود که در تخریب محیط زیست موثرند و از طرف دیگر، تنها راه برای حفظ محیط زیست شناخته می‌شود. در مجموع برای تبیین اثر رشد اقتصادی بر محیط زیست، می‌توان به سه اثر مقیاسی، ترکیب و اثر تکنولوژی اشاره کرد که این سه اثر به اختصار در ادامه شرح داده می‌شود.

- اثر مقیاسی: طبق این اثر گسترش سطح تولید در سطح ثابت از تکنولوژی و ثبات نهاده‌ها، منجر به تخریب محیط زیست می‌شود.

- اثر ترکیب نهاده‌ها: با افزایش نسبت نهاده‌های مضر برای محیط زیست، اثر تخریبی رشد اقتصادی بر محیط زیست افزایش می‌یابد که این اثر به اثر ساختاری نیز معروف است.

- اثر فناوری: پیشرفت فناوری منجر به کاهش ضایعات تولید و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در محیط‌زیست می‌شود.

اثر رشد اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست به کنش بین سه اثر یادشده بستگی دارد؛ گاهی رشد اقتصادی به علت غلبه اثر مقیاس بر دو اثر دیگر، انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد و گاهی نیز به دلیل غلبه اثر فناوری بر دو اثر ترکیب و مقیاس، انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد. (لعل خضری و کریمی پتانلار، ۱۳۹۸). علاوه بر این، مطالعات بسیاری در مورد تاثیر صنعتی شدن بر کیفیت محیط زیست در کشورهای در حال توسعه صورت گرفته که نشان می‌دهند گسترش صنایع سنگین منجر به افزایش مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌شوند. برای نمونه شیمادا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) و یانگ و لیو<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) دریافتند که گسترش صنایع، بیشترین سهم را در توضیح انتشار دی‌اکسید کربن در ژاپن دارند (Yang, et al., 2021).

## ۲-۳. نابرابری درآمد و کیفیت محیط‌زیست

پس از آنکه بویس<sup>۳</sup> (۱۹۹۴) در قالب نظریه اقتصاد سیاسی به بررسی اثر نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن و کیفیت محیط زیست پرداخت، مطالعات اقتصادی بسیاری به منظور تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی نابرابری درآمد، انجام شده است. با این حال، همه مطالعات به نتیجه واحدی در این خصوص دست نیافته و نتایج متفاوتی در خصوص رابطه میان نابرابری درآمد و انتشار دی‌اکسید کربن ارائه کرده‌اند؛ در برخی از مطالعات به این نتیجه دست یافته‌اند که نابرابری درآمد می‌تواند انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش دهد و در برخی از مطالعات دیگر، اثر معکوس نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن مورد تایید قرار گرفته است (Liu, et al., 2019).

به طور کلی، می‌توان دو رویکرد مهم درباره اثرگذاری نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن را در قالب سه نظریه اصلی در این زمینه بازگو کرد که عبارتند از: (۱) توضیحات اقتصاد سیاسی که توسط بویس (۱۹۹۴) ارائه شده است. (۲) نظریاتی که

---

1. Shimada, et al.

2. Yang, C. & Liu, C.

3. Bois, D.

توسط ویبلن<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) و بولز و پارک<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) ارائه شده است. (۳) رفتار اقتصادی خانوار که توسط راولین و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۰) بیان شده است. در دو نظریه ابتدایی، رویکرد اول در خصوص اثر نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن مورد تایید قرار می‌گیرد و در نظریه سوم هر دو رویکرد درباره اثرات زیست‌محیطی نابرابری درآمد، مطرح می‌شود. در نظریه اول، بویس (۱۹۹۴) بیان می‌کند که تقاضای فزاینده برای محیط‌زیست زمانی به وجود می‌آید که درآمد افزایش یابد؛ بنابراین، در کشورهایی که سطح نابرابری درآمد بالاست، بی‌توجهی به استانداردهای زیست‌محیطی و توجه به دغدغه‌های اجتماعی - اقتصادی، سطح آلاینده‌ها را افزایش می‌دهد (Dewi & Kusumawardani, 2020). در نظریه دوم، نابرابری درآمد از طریق افزایش ساعات کار و در نتیجه افزایش مصرف انرژی و سایر محصولات آلاینده، انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش دهد (Liobikienė, G., 2020).

در نظریه سوم، سطح مصرف افراد به عنوان عامل اساسی اثرگذار بر میل نهایی بر انتشار معرفی می‌شود و اینکه نابرابری چه اثری بر کیفیت محیط‌زیست می‌گذارد به نسبت میل نهایی به انتشار افراد کم‌درآمد و افراد با درآمد بالا بستگی دارد. اگر این نسبت بزرگ‌تر از یک باشد، افزایش نابرابری به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن کمک می‌کند. هائو و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۶)، بلوچ و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۸) نشان دادند که میل نهایی به انتشار دی‌اکسید کربن در فقرا بیشتر از ثروتمندان است؛ چراکه آنان توانایی خرید محصولات دوستدار محیط‌زیست را به دلیل بالا بودن قیمت این محصولات ندارند؛ از این رو، افزایش نابرابری درآمد به دلیل بزرگ بودن نسبت میل نهایی افراد کم‌درآمد به ثروتمندان به انتشار دی‌اکسید کربن کمک می‌کند (Chen, et al., 2020). علاوه بر این، برخی از افراد در قالب این نظریه به این نتیجه می‌رسند که افزایش نابرابری، انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد. آنان معتقدند به جای میل نهایی به انتشار باید سطح مصرف افراد با درآمد بالا و افراد کم‌درآمد، مقایسه شود که نتایج حاکی از وجود رابطه مثبت بین نابرابری درآمد و انتشار دی‌اکسید کربن است (Liobikienė, G., 2020).

- 
1. Veblen, T.
  2. Bowles, S., & Park, Y.
  3. Ravallion, M., et al.
  4. Hao, Y., et al.
  5. Baloch, B., et al.

## ۲-۴. شهرنشینی و کیفیت محیط زیست

شهرنشینی یک پدیده اجتماعی است که می تواند سطح درآمد، بهداشت، امکانات آموزشی و بهداشتی را افزایش دهد، با این حال اثرات مختلفی بر محیط زیست دارد که این اثرات را می توان در قالب سه نظریه مطرح شده در جدول (۱) دسته بندی و تفسیر کرد.

جدول ۱. سازوکار اثرگذاری شهرنشینی بر کیفیت محیط زیست

نظریه	سازوکار اثرگذاری	دی اکسید کربن
نظریه گذار زیست محیطی	افزایش شهرنشینی ← توسعه زیرساخت ها افزایش حمل و نقل و مصرف انرژی	افزایش انتشار دی اکسید کربن
نظریه نوسازی اکولوژیکی	شهرنشینی در مراحل اولیه توسعه ← افزایش حمل و نقل و زیرساخت ها و مصرف انرژی	افزایش انتشار دی اکسید کربن
	شهرنشینی در مراحل بعدی توسعه ← استفاده از ساختار انرژی پیشرفته، اعمال قوانین زیست محیطی توسط دولت، گسترش آگاهی های عمومی و استفاده از فناوری هایی با مصرف پایین انرژی	کاهش انتشار دی اکسید کربن
نظریه تراکم شهری	تراکم بالای شهری ← دسترسی عادلانه به کالاها، خدمات و امکانات ← مقیاس اقتصاد	کاهش انتشار دی اکسید کربن

ماخذ: Muhammad, et al., 2020

## ۳. پیشینه پژوهش

مروری بر ادبیات موضوع حکایت از آن دارد که مطالعات مرتبط با موضوع تحقیق را می توان در دو گروه دسته بندی کرد؛ بخش اول از مطالعات که به بررسی اثر تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن پرداخته اند که از این گروه می توان به مطالعات یانگ و همکاران (۲۰۲۱) که با استفاده از داده های ترکیبی به بررسی نقش تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن در ۲۹ استان چین طی بازه زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۵ پرداختند، اشاره کرد. آنان با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته<sup>۱</sup> به تجزیه و تحلیل اثر تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن پرداختند. نتایج مطالعات آنان نشان می دهد که افزایش نسبت نیروی کار شاغل در بخش غیر کشاورزی، انتشار دی اکسید کربن را در استان های چین افزایش می دهد. همچنین تولید ناخالص داخلی تاثیر غیر خطی به شکل N معکوس بر انتشار

1. Generalized Method of Moments

دی اکسید کربن دارد. علاوه بر این، صنعتی شدن، افزایش درجه باز بودن تجاری و شهرنشینی بر آلودگی محیط‌زیست می‌افزاید.

شائو و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از داده‌های سطح خانوار به بررسی اثر زیست‌محیطی تغییر ساختار اشتغال در سال ۲۰۱۴ پرداختند. برای این منظور آنان با استفاده از یک نمونه ۵۴۷ تایی از خانوار ۲۹ استان چین و به کارگیری مدل پروبیت<sup>۱</sup> اثر انتقال نیروی کار روستاها بر آلودگی کشاورزی، صنعتی و خانگی در روستاهای چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنان نشان می‌دهد که با افزایش مهاجرت نیروی کار به خارج از روستاها، احتمال آلودگی کشاورزی و صنعتی افزایش و احتمال آلودگی خانگی کاهش می‌یابد. همچنین افزایش خالص ورود نیروی کار احتمال آلودگی صنعتی را افزایش داده، اما تاثیر معناداری بر دو نوع آلودگی دیگر ندارد. علاوه بر این، با افزایش جمعیت روستاها، احتمال هر سه نوع آلودگی افزایش می‌یابد.

بخش دوم مطالعات که بخش عمده مطالعات در این زمینه را نیز تشکیل می‌دهد، نقش سایر عوامل در انتشار دی اکسید کربن را مورد مطالعه قرار داده‌اند که از این مطالعات می‌توان به مطالعات جنا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) اشاره کرد. ایشان با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری با وقفه‌های توضیحی برای داده‌های پانلی<sup>۳</sup> به بررسی اثر هفت متغیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، جمعیت، تراکم جمعیت، نیروی کار و درجه باز بودن تجاری بر انتشار در هفت کشور نوظهور آسیای طی سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۱ پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از آن است که افزایش رشد اقتصادی، مصرف انرژی، جمعیت و تراکم جمعیت اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارند. همچنین افزایش میزان سرمایه‌گذاری خارجی نیز رابطه معکوسی با انتشار دی اکسید کربن در کشورهای یاد شده دارد.

دیوی و کوساموردانی<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) به بررسی اثر نابرابری درآمد، شهرنشینی، تولید ناخالص داخلی و نرخ وابستگی<sup>۵</sup> در کشور اندونزی طی دوره زمانی ۲۰۱۷-۱۹۷۵ با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری با وقفه‌های توضیحی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که

- 
1. Probit Model
  2. Jena, P. K., et al.
  3. Panel Atuo-Regressive Distribution Lag Estimation
  4. Dewi, A. K. & Kusumawardani, D.

۵. نسبت جمعیت بالای ۱۵ سال و پایین ۶۴ سال به کل جمعیت

نابرابری در آمد، شهرنشینی و نرخ وابستگی اثر منفی و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن در کشور اندونزی دارد. همچنین میان تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار دی اکسید کربن نیز رابطه غیرخطی به شکل U معکوس وجود دارد.

لیو و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری با وقفه‌های توضیحی برای داده‌های پانلی اثر نابرابری در آمد و دیگر متغیرهای توضیحی<sup>۱</sup> بر انتشار دی اکسید کربن را در کشور ایالات متحده آمریکا طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، سپس به منظور بررسی استحکام مدل از مدل رگرسیون کوانتایل با اثرات ثابت<sup>۲</sup> استفاده کردند. نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد که تاثیر نابرابری در آمد بر انتشار دی اکسید کربن منفی است. همچنین مصرف انرژی منجر به افزایش انتشار دی اکسید کربن می‌شود. درباره متغیر تولید ناخالص داخلی در بلندمدت فرضیه کوزنتس زیست محیطی معتبر خواهد بود. در نهایت ساختار صنعت نیز تاثیر مثبت و معناداری بر متغیر وابسته دارد. عارفیان و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از مدل پنل و<sup>۳</sup> به تجزیه و تحلیل نقش انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی طی بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۰ پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدناپذیر تاثیر مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارد. همچنین رشد اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر، آزادسازی تجاری و توسعه مالی به بهبود شرایط زیست محیطی و کاهش انتشار دی اکسید کربن کمک می‌کند. رفیعی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از داده‌های سری زمانی و در قالب مدل خودرگرسیون برداری با وقفه‌های توضیحی به شناسایی عوامل اجتماعی- اقتصادی اثرگذار بر انتشار دی اکسید کربن در ایران طی بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۵۷ پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از آن است که افزایش مصرف انرژی، شامل نسبت ارزش افزوده بخش کشاورزی به صنعت در بلندمدت، تاثیر مثبتی بر تخریب محیط زیست دارند. همچنین شهرنشینی در کوتاه مدت و متغیر مجازی کنفرانس ریو در بلندمدت اثر مثبتی بر متغیر وابسته مدل دارند. علاوه بر این، نسبت ارزش افزوده بخش خدمات به صنعت معنادار نیست.

۱. تولید ناخالص داخلی، مربع تولید ناخالص داخلی، ساختار صنعت و مصرف انرژی

2. Quantile Regression With Fixed Effects

3. Panel VAR

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۷ با استفاده از داده‌های سری زمانی و به کارگیری مدل خودرگرسیون برداری با وقفه‌های توضیحی به بررسی اثر نابرابری درآمد بر کیفیت محیط‌زیست در ایران پرداختند. نتایج بررسی‌های آنان نشان می‌دهد که بهبود توزیع درآمد، گسترش شهرنشینی و مصرف انرژی اثر مثبت و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد؛ این در حالی است که درآمد سرانه هیچ اثری بر کیفیت محیط‌زیست ندارد.

تمیزی (۱۳۹۴) به شناسایی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در ۵۵ کشور در حال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی بیزینی طی بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۲ پرداخت و به این نتیجه دست یافت که رابطه U معکوس بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن وجود داشته و فرضیه کوزنتس در کشورهای مورد بررسی تایید می‌شود. همچنین مصرف انرژی، مصرف برق، صنعتی شدن اثر مثبتی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد و در مقابل نرخ باسوادی و نابرابری درآمد اثر منفی بر متغیر وابسته مورد مطالعه دارند. بررسی مطالعات انجام شده، نشان می‌دهد که تاکنون در ایران مطالعه‌ای در خصوص اثر تغییر ساختار اشتغال بر کیفیت محیط‌زیست صورت نگرفته است. علاوه بر این، سایر مطالعات اولاً به صورت پنلی کار نکرده و ثانیاً، ناهمگونی استان‌ها را ندیده و رابطه غیرخطی این دو متغیر را بررسی نکرده‌اند؛ از این رو، در مطالعه پیش‌رو با به کارگیری روش پنل کوانتایل با اثرات ثابت جمع‌ناپذیر<sup>۱</sup> به بررسی اثر غیرخطی این متغیر بر کیفیت محیط‌زیست در کشور پرداخته می‌شود. علاوه بر این، این مطالعه در سطح استان‌های ایران انجام شده؛ چراکه توجه به ناهمگنی میان استان‌ها در بررسی و تجزیه و تحلیل ساختار کل اشتغال و تغییرات ایجاد شده در آن و چگونگی اثرگذاری این تغییرات بر انتشار دی‌اکسید کربن در سطح هر استان در جهت برنامه‌ریزی‌های متعادل در زمینه کنترل انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌ها و در نهایت سطح کشور ضروری به نظر می‌رسد.

#### ۴. روش پژوهش

##### ۴-۱. معرفی متغیرها و مدل پژوهش

با توجه به مبانی نظری موجود و براساس الگوی تجربی لیو و همکاران (۲۰۱۹) و یانگ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه حاضر جهت بررسی اثر غیرخطی تغییر ساختار اشتغال بر انتشار

دی اکسید کربن در ۳۱ استان ایران طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۸ از فرم تبعی ارائه شده در رابطه (۶) استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} \ln CO_{2i,t} = & \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{i,t} + \beta_2 \ln^2 GDP_{i,t} \\ & + \beta_3 \ln^3 GDP_{i,t} + \beta_4 \ln Ratioagr_{i,t} \\ & + \beta_5 \ln Gini_{i,t} + \beta_6 \ln Urb_{i,t} \\ & + \beta_7 \ln Indst_{i,t} + \beta_8 \ln EC_{i,t} \\ & + \beta_9 \ln (Ratioagr \times GDP)_{i,t} + \alpha_i + \eta_t \\ & + u_{i,t} \end{aligned} \quad (6)$$

در رابطه (۶)،  $\ln CO_2$  لگاریتم انتشار دی اکسید کربن سرانه،  $\ln GDP$  لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی،  $\ln^2 gdp$  مجذور لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی،  $\ln^3 gdp$  مکعب لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی،  $\ln Ratioagr$  لگاریتم تغییر ساختار اشتغال،  $\ln Gini$  لگاریتم نابرابری درآمد،  $\ln Urb$  لگاریتم شهرنشینی،  $\ln Indst$  لگاریتم صنعتی شدن و  $\ln EC$  لگاریتم مصرف انرژی خواهد بود. بیشتر در بخش مبانی نظری، به اثر غیرمستقیم تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن و کیفیت محیط زیست از طریق رشد اقتصادی اشاره شد؛ بنابراین،  $\ln Ratioagr \times GDP$  لگاریتم متغیر تقاطعی تغییر ساختار اشتغال و تولید ناخالص داخلی حقیقی است که با توجه به اثر غیرمستقیم تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن، لازم بود به مدل اضافه شود. مطابق با مطالعات چنگ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) و گزارشات وزارت نفت درخصوص نحوه محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای طی دوره زمانی مورد بررسی در مطالعه، میزان انتشار دی اکسید کربن به عنوان متغیر وابسته مدل در قالب رابطه (۷) برای ۳۱ استان کشور محاسبه شد.

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n EC_j \times k_j \times LHV_j \quad (7)$$

در رابطه (۷)،  $CO_2$  میزان انتشار دی اکسید کربن بر حسب تن،  $EC$  میزان مصرف از سوخت  $k$  بر حسب استاندارد متر مکعب برای سوخت‌های گازی و لیتر برای سوخت‌های مایع،  $LHV$  ضریب انتشار دی اکسید کربن سوخت  $k$  بر حسب تن به ازای هر گیگا ژول،

1. Cheng, Y., et al.



ارزش حرارتی خالص سوخت زام بر حسب گیگا ژول به ازای استاندارد متر مکعب برای سوخت‌های گازی و گیگا ژول به ازای هر لیتر برای سوخت‌های مایع و انواع سوخت‌های مصرف شده<sup>۱</sup> است. متغیر انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به بخش غیر کشاورزی برای تغییر ساختار اشتغال استفاده شده که به صورت نسبت جمعیت شاغل در بخش کشاورزی به کل جمعیت شاغل تعریف شده است، علاوه بر متغیر تغییر ساختار اشتغال به عنوان متغیر توضیحی اصلی، تاثیر متغیرهای توضیحی دیگری نیز بر انتشار دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفته است که این متغیرها به صورت خلاصه در جدول (۲) معرفی شده‌اند.

جدول ۲. معرفی متغیرهای توضیحی

متغیر	توضیحات	پایه آماری
تغییر ساختار اشتغال	نسبت جمعیت نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی به کل جمعیت شاغل (درصد)، هرچه این سهم افزایش یابد تغییر کمتری در ساختار اشتغال رخ داده و هر چه کاهش یابد تغییرات ساختاری بیشتری در اشتغال رخ می‌دهد	داده‌های نیروی کار مرکز آمار ایران
مصرف انرژی	سزانه مجموع مصارف انرژی که شامل گاز طبیعی، نفت گاز، نفت کوره، نفت سفید و بنزین می‌شود (هزارلیتر)	ترازنامه انرژی
صنعتی شدن	نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی (میلیون ریال)	مرکز آمار ایران
رشد اقتصادی	تولید ناخالص داخلی حقیقی (میلیون ریال)	معاونت اقتصادی وزارت امور اقتصادی و دارایی کشور
نابرابری درآمد	ضریب جینی کل مخارج مصرفی خانوارهای <sup>۲</sup> شهری و روستایی هر استان براساس وزن جمعیتی (درصد)	ریز داده‌های طرح درآمد- هزینه خانوار مرکز آمار ایران
شهرنشینی	نسبت جمعیت شهرنشین هر استان به کل جمعیت استان (درصد)	داده‌های جمعیتی مرکز آمار ایران

\* به دلیل کم‌اظهاری درآمدهای خانوار و در نتیجه غیرقابل اتکا بودن آن‌ها در استفاده‌های علمی، از کل مخارج ناخالص خانوار به عنوان جایگزین درآمد برای محاسبه شاخص نابرابری و میانگین درآمدها استفاده شده و از آنجایی که تعداد نمونه‌های دریافت شده توسط مرکز آمار ایران از بخش شهری و روستایی متناسب با کل جمعیت این مناطق نیست، لذا این مرکز برای هر کدام از خانوارهای نمونه، وزنی متناسب با جمعیت مناطق اختصاص داده است که می‌توان با استفاده از این وزن‌ها و با استفاده از رابطه

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n (w_{i+1}y_{i+1} + w_i y_i)(x_{i+1} - x_i)$$

نابرابری درآمد کل را برای هر استان، شامل کل مناطق شهری و روستایی محاسبه نمود.

ماخذ: یافته‌های پژوهش

۱. گاز طبیعی، نفت گاز، بنزین، نفت سفید و نفت کوره

#### ۴-۲. روش برآورد مدل اقتصادی

از زمانی که رگرسیون کوانتایل نخستین بار توسط کونکر و باست<sup>۱</sup> (۱۹۷۸) معرفی شد، این روش مورد توجه بسیاری از اقتصاددانان قرار گرفته و در مطالعات تجربی فراوانی استفاده شده است. انگیزه اصلی به کارگیری رگرسیون‌های کوانتایل این است که با نگاهی دقیق در بررسی متغیر پاسخ، مدلی ارائه شود که امکان دخالت متغیرهای مستقل، نه تنها در مرکز ثقل داده‌ها، بلکه در نقاط مختلف توزیع بویژه در نقاط ابتدایی و انتهایی توزیع فراهم آورد، بدون آنکه با محدودیت‌های رگرسیون معمولی و واریانس ناهمسانی مواجه شویم. اساس این روش بر تابع چندک شرطی استوار است که در آن مجموع قدرمطلق باقیمانده‌های موزون حداقل می‌شود. برخلاف رگرسیون‌های معمولی که از حداقل کردن مربع باقیمانده‌های انحرافات الگو و روش حداقل مربعات معمولی<sup>۲</sup> برای برآورد پارامترها استفاده می‌شود در رگرسیون‌های کوانتایل از حداقل سازی مجموع قدرمطلق باقیمانده‌های موزون برای برآورد پارامترهای مدل استفاده می‌شود که به آن روش حداقل قدرمطلق انحرافات<sup>۳</sup> گفته می‌شود. روش رگرسیون‌های کوانتایل نسبت به روش حداقل مربعات معمولی مزایایی دارد؛ اول اینکه برخلاف حداقل مربعات معمولی، روش حداقل قدرمطلق انحرافات نسبت به داده‌های پرت و دور افتاده مقاوم است و این داده‌ها نمی‌توانند بر برآوردهای آن اثر بگذارند، دوم اینکه نسبت به نرمال بودن توزیع مقاوم است (کاظم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). علاوه بر این، در بسیاری از مطالعات تجربی پژوهشگران با توجه به موضوع و هدف مطالعه از مدل داده‌های پانلی در بررسی‌های خویش استفاده می‌کنند تا ناهمگنی‌های فردی مشاهده نشده را در نظر گیرند. در روش پانل دیتا به محقق اجازه داده می‌شود تا ارتباط بین متغیرها و حتی واحدهای انفرادی (مقاطع) را در طول زمان در نظر گیرند. همچنین در روش یاد شده، محدودیت یکسان بودن اثرات فردی وجود نداشته و در نتیجه، دچار اریب ناهمگنی ناشی از یکسان بودن این اثرات نمی‌شود.

روش داده‌های ترکیبی این امکان را دارد که تمام متغیرهای مستقل غیرقابل مشاهده‌ای که در طول زمان ثابت هستند و حذف آن‌ها به دلیل همبستگی با سایر متغیرهای مستقل قابل مشاهده، نتایج اریب‌دار و ناسازگاری را می‌دهند، در قالب مدل اثرات ثابت در نظر

1. Koenker, R. & Bassett, G.

2. Ordinary Least Squares (OLS)

3. Least Absolute Deviations (LAD)

بگیرند. از این رو، مدل‌های پانل دیتا می‌توانند اثرات ثابت فردی را به دست آورند. البته بسیاری از مدل‌های رگرسیونی از به دست آوردن اثرات ثابت فردی عاجز هستند و این ایرادی است که به بسیاری از مدل‌های رگرسیونی از جمله رگرسیون کوانتایل وارد می‌شود. بنابراین، با محبوبیت دو مدل رگرسیون‌های کوانتایل و مدل اثرات ثابت در سال‌های اخیر، مطالعات گسترده‌ای به بررسی استفاده همزمان این دو روش پرداخته‌اند که ماحصل این مطالعات معرفی مدل پنل کوانتایل با اثرات ثابت جمع‌پذیر است. رگرسیون کوانتایل با اثرات ثابت جمع‌پذیر، مشکلات رگرسیون‌های کوانتایل را با در نظر گرفتن اثرات ثابت برای کنترل برخی از متغیرهای غیرقابل مشاهده، برطرف می‌کند و فرم کلی آن به صورت رابطه (۸) خواهد بود.

$$y_{i,t} = \alpha_i + D'_{i,t}\beta(U_{i,t}) \quad (8)$$

در رابطه (۸)،  $D_{i,t}$  بردار متغیرهای توضیحی برای مقطع  $t$ ام در زمان  $t = 1, 2, \dots, T$ ،  $\beta$  بردار پارامترهای مجهول است.  $U_{i,t}$  غیرقابل مشاهده بوده و دارای توزیع بین صفر و یک است  $(U_{i,t} \sim U(0,1))$ .

برآوردگرهای روش پنل کوانتایل با اثرات ثابت جمع‌پذیر به جای تخمین توزیع  $(y_{i,t}|D_{i,t})$ ، توزیع  $(y_{i,t} - \alpha_i|D_{i,t})$  را تخمین می‌زنند که این مسئله ممکن است در مطالعات تجربی نامطلوب باشد و برآورد را با تورش مواجه کند؛ زیرا مشاهدات بالای توزیع  $y_{i,t} - \alpha_i$  ممکن است، پایین توزیع  $y_{i,t}$  قرار گیرد که در این صورت مدل پنل کوانتایل با اثرات ثابت جمع‌پذیر نمی‌تواند اطلاعات درستی در مورد اثر متغیر توضیحی بر توزیع متغیر وابسته ارائه کند؛ بنابراین، با توجه به ایرادات وارد بر رگرسیون‌های کوانتایل و رگرسیون‌های پانل کوانتایل با اثرات ثابت فردی جمع‌پذیر از رگرسیون‌های پانل کوانتایل با اثرات ثابت غیرجمع‌پذیر<sup>۱</sup> به منظور رفع این ایرادات یادشده ارائه شدند که از یک سو، اثرات ثابت را در نظر می‌گیرند و از سوی دیگر، ایرادات مربوط به پانل کوانتایل با اثرات ثابت جمع‌پذیر را برطرف می‌کنند (Powell, D., 2016). در مطالعه حاضر، از روش رگرسیون کوانتایل با اثرات ثابت غیرجمع‌پذیر برای تخمین مدل‌های پژوهش استفاده می‌شود. برآوردگرهای رگرسیون‌های پانل کوانتایل با اثرات ثابت غیرجمع‌پذیر،

برآوردهای سازگاری برای Tهای کوچک ارائه می‌دهد و از جمله برآوردهای پنل کوانتایل است که متغیرهای ابزاری کمتری نیز به کار می‌برد. فرم کلی رگرسیون‌های پنل کوانتایل با اثرات ثابت غیرجمع‌پذیر به شکل رابطه (۹) نشان داده می‌شود.

$$y_{i,t} = D'_{i,t}\beta(U_{i,t}^*), \quad U_{i,t}^* \sim (0,1) \quad (9)$$

در رابطه (۹)،  $D'_{i,t}$  مجموعه‌ای از متغیرهای توضیحی،  $\beta$  بردار پارامترهای مجهول و  $U_{i,t}^*$  یک تابع مجهول است که شامل اثرات فردی ثابت و جمله اخلاص قابل مشاهده می‌شود؛ یعنی  $U_{i,t}^* = f(\alpha_i, U_{i,t})$  که در آن  $U_{i,t}$  دارای توزیعی بین صفر و یک است. تابع کوانتایل برای رابطه (۵) به صورت رابطه (۱۰) است.

$$Q_y(\tau | D_{i,t}) = D'_{i,t}\beta(\tau) = \tau, \quad \tau \in (0,1) \quad (10)$$

در رابطه (۱۰)،  $D'_{i,t}\beta(\tau)$  تابع اکیدا صعودی از  $\tau \in (0,1)$  بوده و به منظور برآورد پارامترها در این مدل از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته استفاده شده و برآوردگر  $\hat{B}$  برای پارامتر B به صورت رابطه (۱۱) خواهد شد.

$$\widehat{B}(\tau) = \underset{b \in B}{\operatorname{argmin}} \hat{g}(b)' \hat{A} \hat{g}(b) \quad (11)$$

در رابطه (۱۱)،  $\hat{A}$  ماتریس مشخصی است که با روش دومرحله‌ای GMM برآورد می‌شود (Powell, D., 2016).

## ۵. برآورد مدل و تفسیر نتایج

هدف مقاله حاضر بررسی اثر تغییر ساختار اشتغال در قالب انتقال نیروی کار از روستاها و قطب‌های کشاورزی به شهرها و قطب‌های صنعتی و خدمات در ۳۱ استان کشور بود. برای این منظور، ابتدا میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده برای هر استان طی سال‌های مورد بررسی، محاسبه شده و مدل معرفی شده با استفاده از پنل کوانتایل با اثرات ثابت در سطح کوانتایل‌های مختلف (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰) برآورد شد. انگیزه اصلی به کارگیری این رگرسیون آن است که با نگاهی دقیق و جامع در ارزیابی متغیر پاسخ مدلی

ارائه شود تا امکان دخالت نه تنها در مرکز ثقل داده‌ها، بلکه در تمام سطوح توزیع به ویژه ابتدا و انتهای توزیع فراهم شود بدون آنکه محقق با مشکلات ناشی مفروضات رگرسیون معمولی، ناهمسانی واریانس و حضور تاثیرگذار داده‌های دور افتاده در برآورد ضرایب روبه‌رو شود. بنابراین مدل رگرسیونی با پنل کوانتایل تخمین زده شد که در ادامه نتایج حاصل از برآورد در قالب جدول (۳) و (۴) ارائه می‌شود.

جدول ۳. نتایج برآورد مدل اقتصادسنجی (متغیر وابسته: میزان انتشار دی اکسید کربن)

متغیرها / (τ)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰
lnGDP	-۲۴/۴۶***	-۲۴/۳۷***	۲۹/۱۴***	-۳۰/۶۹***	-۴۸/۵۹***
ln <sup>2</sup> GDP	۱/۵۶***	۱/۵۲***	۱/۸۴***	۱/۹۴***	۳/۱۳***
ln <sup>3</sup> GDP	-۰/۰۳۳***	-۰/۰۳۷***	-۰/۰۳۹***	-۰/۰۴۱***	-۰/۰۶۷***
ratioagri	-۰/۵۳۵***	-۰/۷۵۸***	-۰/۵۰۸***	-۰/۵۹۲***	-۰/۶۲۲***
lnGini	-۰/۲۰۲***	-۰/۱۱۷***	-۰/۱۲۰***	-۰/۰۶۸**	-۰/۱۶۱
lnUrb	۰/۹۱۸***	۱/۰۹۸***	۰/۹۹۶***	۰/۷۲۲***	۰/۰۵۲
lnIndst	۰/۰۷۶***	۰/۱۰۳***	۰/۰۹۶***	۰/۱۲۳***	۰/۱۴۳***
lnEC	۰/۷۱۹***	۰/۶۶۷***	۰/۶۴۶***	۰/۶۸۴***	۰/۶۱۴***
lnRatioagr × GDP	۰/۰۴۲***	۰/۰۵۹***	۰/۰۴۴***	۰/۰۴۶***	۰/۰۳۸***

\*\*\*، \*\*، \* و \* به ترتیب سطح معناداری ۱، ۵ و ۱۰ درصد را نمایش می‌دهند.

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴. ادامه نتایج برآورد مدل اقتصادسنجی (متغیر وابسته: میزان انتشار دی اکسید کربن)

متغیرها / (τ)	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰
lnGDP	-۴۶/۶۵***	-۴۱/۶۳***	-۷۳/۴۸***	-۱۵۴/۶۰***
ln <sup>2</sup> GDP	۳/۰۹***	۲/۹۶***	۴/۷۳***	۹/۹۹***
ln <sup>3</sup> GDP	-۰/۰۶۸***	-۰/۰۵۸***	-۰/۱۰۱***	-۰/۲۱۴***
ratioagri	۰/۶۱۲	۰/۰۰۷	-۰/۲۲۱***	-۱/۹۹**
lnGini	-۰/۰۴۶**	-۰/۰۱۷	-۰/۲۵۷***	-۰/۱۴۴
lnUrb	۰/۳۹۶***	۰/۱۸۴***	۰/۰۳۶	۰/۳۴۰***
lnIndst	۰/۱۲۸***	۰/۱۳۵***	۰/۱۳۰***	۰/۱۰۶***
lnEC	۰/۵۸۶***	۰/۶۷۱***	۰/۷۲۴***	۰/۶۴۵***
lnRatioagr × GDP	-۰/۰۳۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۵***	۰/۱۲۶**

\*\*\*، \*\*، \* و \* به ترتیب سطح معناداری ۱، ۵ و ۱۰ درصد را نمایش می‌دهند.

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج برآورد نشان می‌دهد که هر چه شاخص تغییرات ساختاری کاهش یابد، انتشار دی اکسید کربن نیز کاهش می‌یابد. به عبارت بهتر، افزایش نسبت جمعیت شاغل در بخش کشاورزی نسبت به جمعیت شاغل در سایر بخش‌ها یا کاهش تغییر در ساختار اشتغال بین کوانتایل‌ها جز کوانتایل‌های ۶۰ و ۷۰ درصد، انتشار دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت که تغییرات ساختار اشتغال اثر مستقیم و معناداری بر میزان انتشار دی اکسید کربن در استان‌های ایران دارد و نتیجه حاصل با نتیجه مطالعات یانگ و همکاران (۲۰۲۱) در چین و شائو و همکاران (۲۰۲۱) در خصوص آلودگی‌های صنعتی و کشاورزی در روستاهای چین همسو است. هرچه تغییرات ساختار اشتغال افزایش یابد، بخش کشاورزی برای جبران کمبود نیروی کار خود در جهت حفظ تولید ممکن است از ماشین‌آلات استفاده کرده و به سمت سرمایه‌بر شدن حرکت کند که همین امر مصرف انرژی را افزایش و انتشار دی اکسید کربن را بالاتر می‌برد. علاوه بر این، می‌توان گفت معمولاً انتقال از روستاها و قطب‌های کشاورزی به شهرها و قطب‌های صنعتی می‌تواند درآمد را افزایش و در نتیجه انتشار دی اکسید کربن را نیز افزایش دهد.

در مطالعه حاضر، علاوه بر اثر مستقیم تغییر ساختار اشتغال در قالب انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها، اثر غیرمستقیم آن بر انتشار دی اکسید کربن از کانال رشد اقتصادی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق با نتایج تخمین، ضریب برآورد شده برای متغیر تقاطعی تغییر در ساختار اشتغال و رشد اقتصادی در تمامی کوانتایل‌ها جز کوانتایل‌های ۶۰ و ۷۰ درصد مثبت و معنادار است. به بیان دیگر، افزایش ساختار اشتغال، به طور غیرمستقیم از طریق رشد، اثر مثبتی بر انتشار دی اکسید کربن دارد. یانگ و همکاران (۲۰۲۱) نیز به بررسی اثر غیرمستقیم تغییر در ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن پرداخته و این نتیجه را مطرح کردند که در مسیر توسعه اقتصادی، افزایش انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها رشد اقتصادی را افزایش داده و از این طریق می‌تواند انتشار دی اکسید کربن را افزایش دهد. به عبارت دیگر، هنگامی که انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها به ویژه صنعت افزایش یابد به دلیل افزایش مقیاس و افزایش تولید ناخالص داخلی و در نتیجه گسترش مصرف سوخت‌های

فسیلی در جریان رشد اقتصادی، میزان دی اکسید کربن منتشر شده نیز در استان‌های کشور افزایش خواهد یافت.

بنابر نتایج حاصل در کل دو اثر مستقیم و غیرمستقیم تغییر در ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن در استان‌های ایران تایید می‌شود؛ به طوری که در هر دو اثر، تغییر ساختار اشتغال، انتشار دی اکسید کربن را افزایش داده است؛ اثر اول را می‌توان به افزایش به کارگیری ماشین‌آلات برای جبران نیروی کار خارج شده از بخش کشاورزی و در نهایت استفاده بیشتر انرژی توسط این ماشین‌آلات به کار رفته می‌توان نسبت داد. اثر دوم را نیز می‌توان از طریق افزایش رشد اقتصادی و بالا رفتن تولید ناخالص داخلی به دلیل تغییر ساختار اشتغال در قالب مدل لوئیس توضیح داد.

طبق نتایج ارائه شده در جدول‌های (۳) و (۴) یک رابطه غیرخطی به شکل  $N$  معکوس میان رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن وجود دارد که با نتایج یانگ و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد. شهرنشینی نیز در تمامی کوانتایل‌ها (جز کوانتایل ۵۰ و ۸۰ درصد) اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارد و می‌توان گفت که گسترش شهرنشینی یکی از عوامل افزایش انتشار دی اکسید کربن در استان‌های ایران بوده و این نتیجه با نظر یانگ و همکاران (۲۰۲۱) در چین، رفیعی و همکاران (۱۳۹۶) و ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) در ایران که از شهرنشینی به عنوان علل افزایش انتشار دی اکسید کربن یاد می‌کنند، سازگار است.

اثر مثبت شهرنشینی بر انتشار دی اکسید کربن را می‌توان با توجه به نظریه اکولوژیکی و نظریه گذار زیست‌محیطی تفسیر کرد. طبق این دو نظریه، شهرنشینی از طریق افزایش ساخت‌وسازها و افزایش استفاده حمل و نقل، مصرف انرژی و سوخت‌ها را افزایش داده و می‌تواند از این طریق انتشار دی اکسید کربن را افزایش دهد. صنعتی شدن، اثر مثبت و معناداری در تمامی کوانتایل‌ها بر متغیر وابسته مدل در استان‌های ایران دارد. می‌توان بیان کرد که گسترش صنایع سنگین از طریق افزایش مصرف انرژی، میزان دی اکسید کربن منتشر شده در استان‌های ایران را افزایش داده و نتیجه حاصل با نتایج مطالعات یانگ و همکاران (۲۰۲۱) در چین، لئو و همکاران (۲۰۱۹) در ایالات متحده آمریکا و تمیزی (۱۳۹۴) در ایران همسو است.

مصرف انرژی نیز تاثیر مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن در کوانتایل ها در استان های کشور دارد؛ با توجه به اینکه سوخت های فسیلی منبع مهمی برای به دست آوردن انرژی و گرما محسوب می شود، افزایش مصرف آن ها مقدار زیادی دی اکسید کربن طی فرآیند احتراق آزاد می کنند که به تخریب محیط زیست می انجامد. ضریب مثبت و معنادار به دست آمده برای مصرف انرژی با نتایج مطالعات لیو و همکاران (۲۰۱۹)، عارفیان و همکاران (۱۳۹۹)، رفیعی و همکاران (۱۳۹۶)، ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) و تمیزی (۱۳۹۴) سازگاری دارد. ضرایب برآورد شده برای نابرابری درآمد در تمام کوانتایل ها، علامت منفی داشته و بجز کوانتایل های ۵۰ و ۸۰ و ۹۰ درصد تمامی ضرایب معنادار هستند. افزایش فعالیت های شغلی برای کسب درآمد بیشتر و در نتیجه کسب سطح مطلوبیت بالاتر، انتشار دی اکسید کربن را افزایش می دهد؛ با این حال، طبق قانون مطلوبیت نهایی نزولی، ثروتمندان در بلندمدت مطلوبیت نهایی کمتری نسبت به فقرا دارند؛ بنابراین، ثروتمندان معمولاً مصرف کمتری به دلیل مطلوبیت نهایی پایین داشته و دی اکسید کربن کمتری نیز نسبت به فقرا منتشر می کنند. دیوی و کوساموردانی (۲۰۲۰)، لیو و همکاران (۲۰۱۹) و تمیزی (۱۳۹۴) در مطالعات خود به نتایج مشابه با این مطالعه رسیده و اثر منفی نابرابری درآمد بر انتشار دی اکسید کربن را مورد تایید قرار دادند.

## ۶. جمع بندی و نتیجه گیری

از اوایل دهه ۱۹۹۰، انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای در بیشتر کشورها همزمان با رشد اقتصادی افزایش یافته و مشکلات بسیاری را برای بشر به وجود آورده است و اثرات مخربی بر اکوسیستم کشورهای مختلف وارد کرده است. همین تبعات ناشی از افزایش میزان دی اکسید کربن منتشر شده در دو دهه اخیر محققان را به تلاش برای بررسی عوامل موثر بر انتشار دی اکسید کربن و کنترل آن ها سوق داده و این مسئله مورد توجه بسیاری از اقتصاددانان قرار گرفته است.

یکی از عوامل موثر بر انتشار دی اکسید کربن، مسئله تغییر ساختار اشتغال در قالب انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش ها است. انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی یکی از مشخصه های توسعه اقتصادی محسوب می شود که در اقتصاد توسعه از آن به عنوان تغییر ساختار اشتغال یاد می شود؛ با اینکه در اکثر نظریه های اقتصادی، انتقال



نیروی کار از بخش کشاورزی را نمایانگر توسعه اقتصادی - اجتماعی برمی‌شمارند، اما این پدیده علاوه بر مزایای فراوانی که دارد، معایبی نیز با خود به همراه دارد که گهگاه تبعات نابهنجاری را بر پیکره فرهنگ، محیط‌زیست، اجتماع و اقتصاد وارد کرده است؛ به طوری که شائو و همکاران (۲۰۲۱) و یانگ و همکاران (۲۰۲۱) آن را عامل مهمی در انتشار دی‌اکسید کربن و تخریب محیط‌زیست معرفی می‌کنند؛ از این رو، شناسایی اثر این پدیده بر انتشار دی‌اکسید کربن در جهت اجرای سیاست‌هایی برای کنترل میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده می‌تواند مفید باشد.

در مطالعه حاضر با استفاده از اطلاعات ۳۱ استان کشور طی بازه زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۸ و با به کارگیری مدل رگرسیون پنل کوانتایل با اثرات ثابت غیرجمع‌پذیر، تلاش شد اثر مستقیم و غیرمستقیم تغییر ساختار اشتغال در کنار سایر متغیرهای اقتصادی - اجتماعی<sup>۱</sup> در قالب روش غیرخطی، شناسایی شود. برای این منظور از متغیر انتقال نیروی کار بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها به صورت نسبت جمعیت شاغل در بخش کشاورزی به کل جمعیت شاغل برای شاخص تغییر ساختار اشتغال استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که تغییر ساختار اشتغال اثر مستقیمی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. همچنین در خصوص اثر غیرمستقیم آن بر انتشار دی‌اکسید کربن می‌توان بیان کرد که این شاخص به طور غیرمستقیم از طریق رشد اقتصادی، اثر مثبت و معناداری بر متغیر وابسته مورد مطالعه دارد. علاوه بر این، شهرنشینی، مصرف انرژی و صنعتی شدن به شکل معناداری انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد. همچنین، نابرابری درآمد نیز اثر منفی و معناداری بر میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده در استان‌های ایران دارد. در نهایت نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد که میان رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران طی بازه زمانی مورد بررسی، رابطه غیرخطی به شکل N معکوس وجود دارد.

نتایج مطالعه حاکی از تاثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران است؛ بنابراین، با توجه به معناداری ضرایب برآورد شده برای مصرف انرژی پیشنهاد می‌شود که با وضع عوارض و مالیات‌های زیست‌محیطی، واقعی‌سازی قیمت انرژی، تشویق به استفاده از فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست و فناوری‌های پاک و در نهایت اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، گام‌هایی در راستای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن

۱. مصرف انرژی، شهرنشینی، نابرابری درآمد، رشد اقتصادی، صنعتی شدن

برداشته شود. همچنین با توجه به تاثیر مثبت و معناداری شهرنشینی بر انتشار دی اکسید کربن و تجربه کشورهای موفق در این زمینه، توصیه می شود که توسعه حمل و نقل شهری با تاکید بر مترو و قطارهای شهری، تشویق به استفاده از خودروهای کم مصرف و با استانداردهای زیست محیطی بالا در حوزه حمل و نقل شهری مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر این، توسعه روستاها و اجرای طرح های حمایتی و تشویقی جهت ممانعت از مهاجرت ساکنان روستاها به شهرها در دستور کار مسئولان استانی قرار گیرد.

با توجه به اثر مثبت انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش ها و انتشار دی اکسید کربن و تخریب محیط زیست پیشنهاد می شود که انتقال نیروی کار به طرق مختلف و به صورت خاص از طریق افزایش درآمد کارکنان این بخش و ایجاد توازن منطقی میان دستمزدها در بخش کشاورزی با سایر بخش ها کنترل شود. علاوه بر این، برای کنترل انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به سایر بخش ها، باید افزایش ارزش افزوده حقیقی در بخش کشاورزی از طریق گسترش صنایع مرتبط با تولیدات کشاورزی مانند صنایع تبدیلی و تکمیلی در دستور کار مقامات استانی قرار گیرد.

با توجه به اینکه نابرابری درآمد نیز اثر مثبتی بر میزان دی اکسید کربن منتشر شده دارد، پیشنهاد می شود که دولت در کنار اجرای طرح های کاهش نابرابری درآمد در جهت کنترل انتشار دی اکسید کربن، بیشتر سرمایه گذاری کند و به صورت متناسب مسئولیت ثروتمندان را در حفاظت از محیط زیست از طرق گوناگون مانند جمع آوری مالیات های زیست محیطی که با درآمد رابطه مثبت دارند، افزایش دهند و با افزایش آگاهی افراد کم درآمد درباره اهمیت محیط زیست و راه های کاهش انتشار دی اکسید کربن و حفاظت از محیط زیست به کاهش انتشار دی اکسید کربن در استان های کشور کمک کنند.

## تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

## ORCID

Leyla Jabari



<https://orcid.org/0000-0001-6942-5494>

Ali asghar Salem



<https://orcid.org/0000-0003-1360-923X>

## منابع

ابراهیمی، محسن، بابائی آغ اسمعیلی، مجید و کفیلی، وحید. (۱۳۹۵)، نابرابری درآمد و کیفیت محیط‌زیست: مطالعه موردی ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادسنجی*، ۲(۴)، ۷۹-۵۹.

<https://doi.org/10.22075/jem.2017.2655>

تمیزی، علیرضا. (۱۳۹۴)، عوامل موثر بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشورهای درحال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی بیزی. *فصلنامه علمی نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۲(۴)، ۱۶۸-۱۴۵.

راهنمای محاسبه و گزارش دهی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای. (۱۳۹۷). وزارت نفت، ایران.

رفیعی، حامد؛ غزنوی، شیوا و صالح، ایرج. (۱۳۹۶). بررسی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران؛ با تاکید بر آثار بیانیه ۲۱ ریو. *فصلنامه پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱(۱۵)، ۱۶۴-۱۵۳.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1396.8.15.20.6>

صمصامی، حسین و اردیزی، حسن. (۱۳۹۹). عوامل موثر بر تغییرات سهم اشتغال بین دو بخش خدمات و صنعت-معدن. *فصلنامه بررسی مسائل اقتصاد ایران*. (۱)، ۶(۱)، ۲۴۴-۲۲۵.

<https://doi.org/10.30465/ce.2020.5968>

عارفیان، محمدرضا؛ فرجی دیزجی، سجاد و قاسمی، سحر. (۱۳۹۹). بررسی نقش انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای OECD. *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، ۳(۱۵)، ۱۰۹-۱۳۷.

<https://doi.org/10.30465/jnet.2020.6298>

علی پور، علیرضا و موسوی، سیدحسین اله. (۱۳۹۷). تحلیل اثرات رشد بخش غیر کشاورزی بر مهاجرت نیروی کار از بخش کشاورزی در ایران. *فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی*. ۷(۲۶)، ۲۱۰-۱۸۹.

کاظم زاده، عماد، کریمی علویجه، نوشین و ابراهیمی سالاری، تقی. (۱۳۹۸). اثر حکمرانی بر گسترش دی‌اکسید کربن در کشورهای عضو: G8 رهیافت رگرسیون پانل کوانتایل.

*فصلنامه اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، ۱۸(۲۶)، ۱۹۶-۱۷۳.

<https://doi.org/10.22067/erd.v26i18.77394>

لعل خضری، حمید و کریمی پتانلار، سعید. (۱۳۹۸). بررسی تاثیر نابرابری توزیع درآمدی بر انتشار گاز کربن دی اکسید در ایران (با تاکید بر شدت انرژی). فصلنامه بررسی مسائل اقتصاد ایران، (۱)، ۶، ۲۲۹-۲۵۱.

<https://doi.org/10.30465/ce.2019.4924>

مهینی زاده، منصور، یآوری، کاظم، جلایی، سید عبدالمجید و جعفر زاده، بهروز. (۱۳۹۹). تاثیر تغییرات ساختاری بر رفاه اقتصادی در ایران، رهیافت مدل های تعادل عمومی محاسبه پذیر. فصلنامه اقتصاد مالی، (۴۸)، ۱۳، ۱۸۹-۱۶۷.

نجاتی، مهدی، باوقار زعیمی، پگاه و جلایی، سید عبدالمجید. (۱۳۹۸). بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن با تاکید بر بخش های مختلف اقتصادی ایران. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، (۶۹)، ۲۳، ۲۸۰-۲۵۷.

## References

- Alipour, A., & Mousavi, H. (2019). Analysis of the effects of non-agricultural sector growth on labor migration from the agricultural sector in Iran, *Space Economics and Rural Development*, 7(26), 189\_210. [In Persian]
- Arefian, M., Faraji Dizaji, S., & Ghasemi, S. (2021). Investigating the Role of Renewable and Non-Renewable Energy and Economic Growth on Carbon Emission in OECD Countries, *New economy and trade*, 3(15), 109-137. [In Persian]  
<https://doi.org/10.30465/jnet.2020.6298>
- Charfeddine, L. (2017). The impact of energy consumption and economic development on ecological footprint and CO2 emissions: evidence from a Markov switching equilibrium correction model, *Energy Economics*, 65, 355-374.  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.05.009>
- Chen, J., Xian, Q., Zhou, J., & Li, D. (2020). Impact of income inequality on CO2 emissions in G20 countries, *Journal of Environmental Management*, 271, 110987.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110987>
- Cheng, Y., Wang, Y., Chen, W., Wang, Q., & Zhao, G. (2021). Does income inequality affect direct and indirect household CO 2 emissions? A quantile regression approach, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(4), 1199-1213.  
<https://doi.org/10.1007/s10098-020-01980-2>
- Demissew Beyene, S., & Kotosz, B. (2020). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis: an empirical study for East African

countries, *International Journal of Environmental Studies*, 77(4), 636-654.

<https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1695445>

Ebrahimi, M., Babaei Agh Esmaili, M., & Kafili, V. (2016). Income Inequality and Environmental Quality: A Case Study of Iran, *Econometric Modelling*, 2(4), 59-79. [In Persian]  
<https://doi.org/10.22075/jem.2017.2655>

Fernández, Y. F., López, M. F., & Blanco, B. O. (2018). Innovation for sustainability: the impact of R&D spending on CO2 emissions, *Journal of cleaner production*, 172, 3459-3467.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.001>

Hao, Y., Zhang, Z. Y., Yang, C., & Wu, H. (2021). Does structural labor change affect CO2 emissions? Theoretical and empirical evidence from China, *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120936.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120936>

Kazemzadeh, E., Karimi Alavijeh, N., & Ebrahimi Salari, T. (2019). The Effect of Governance on Carbon Dioxide Expansion in the G8 Countries: A Panel Quantile Regression Approach, *Economics and Regional Development*, 18(26), 173-196. [In Persian]  
<https://doi.org/10.22067/erd.v26i18.77394>

Kusumawardani, D., & Dewi, A. K. (2020). The effect of income inequality on carbon dioxide emissions: A case study of Indonesia, *Heliyon*, 6(8), e04772.  
<https://doi.org/10.1016%2Fj.heliyon.2020.e04772>

Lalkhezri, H., Karimi Potanlar, S. (2019). Evaluation the Effect of Income Inequality on Carbon Dioxide Emissions in Iran (with Emphasis on Energy Intensity, *Iranian Economic Issues*, 6(1), 229-251. [In Persian]  
<https://doi.org/10.30465/ce.2019.4924>

Liobikienė, G. (2020). The revised approaches to income inequality impact on production-based and consumption-based carbon dioxide emissions: literature review, *Environmental Science and Pollution Research*, 27(9), 8980-8990.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08005-x>

Liu, C., Jiang, Y., & Xie, R. (2019). Does income inequality facilitate carbon emission reduction in the US?, *Journal of cleaner production*, 217, 380-387.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.242>

Liu, Q., Wang, S., Zhang, W., Li, J., & Kong, Y. (2019). Examining the effects of income inequality on CO2 emissions: Evidence from non-spatial and spatial perspectives, *Applied Energy*, 236, 163-171.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.082>

- Mahinizadeh, M., Yavari, Y, Jalaei, A., & Jafarzadeh, B. (2019). Economic welfare in Iran, the approach of calculable general equilibrium models, *Financial Economics*, 23(69), 257-280. [In Persian]
- Muhammad, S., Long, X., Salman, M., & Dauda, L. (2020). Effect of urbanization and international trade on CO2 emissions across 65 belt and road initiative countries, *Energy*, 196, 11712, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117102>
- Mujtaba, A., & Jena, P. K. (2021). Analyzing asymmetric impact of economic growth, energy use, FDI inflows, and oil prices on CO2 emissions through NARDL approach, *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112300>
- Nejati, M., Bavaghar Zaimi, P., & Jalae, A. (2019). The Investigation of the Impacts of economic Growth and Energy Consumption on Carbon Dioxide emission in economic sections economic of Iran, *Geography and Planning*, 23(69), 257-280. [In Persian]
- Pejović , B., Karadžić , V., Dragašević , Z., & Backović , T. (2021). *Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in the countries of the European Union and the Western Balkans*, *Energy Reports*, 7, 2775-2783. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.011>
- Powell, D. (2016). Quantile regression with non-additive fixed effects. *Quantile Treatment Effects*, 1(28), 69-75. [10.1097/PTS.0000000000000345](https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000000345)
- Rafiee, H., Ghaznavi, Sh., & Saleh, I. (2017). Study on Factors Affecting Carbon Dioxide Emissions of Iran; With Emphasis on the Effects of 21th Rio Statement, *Environmental researches*, 8(15), 153-164. [In Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1396.8.15.20.6>
- Samsami, H., & Ardizi, H. (2020). Factors affecting changes in the share of employment between the services and industry-mining sectors, *Iranian Economic Issues*, 6(1), 225-244. [In Persian] <https://doi.org/10.30465/ce.2020.5968>
- Shao, S., Li, B., Fan, M., & Yang, L. (2021). How does labor transfer affect environmental pollution in rural China? Evidence from a survey, *Energy Economics*, 105515. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105515>
- Tamizi, A. (2016). Determinants of CO2 Emissions in Developing Countries using Bayesian Econometric Approach, *Applied Theories of Economics*, 2(4), 145\_168. [In Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1396.8.15.20.6>

- Villamil, A., Wang, X., & Zou, Y. (2020). Growth and development with dual labor markets, *The Manchester School*, 88(6), 801-826.  
<https://doi.org/10.1111/manc.12341>
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). *CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect*, In Advances in carbon capture (pp. 3-28). Woodhead Publishing.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111241>
- Zhang, Y., Shao, T., & Dong, Q. (2018). Reassessing the Lewis turning point in China: Evidence from 70,000 rural households, *China & World Economy*, 26(1), 4-17.  
<https://doi.org/10.1111/cwe.12226>
- Zhu, H., Xia, H., Guo, Y., & Peng, C. (2018). The heterogeneous effects of urbanization and income inequality on CO 2 emissions in BRICS economies: evidence from panel quantile regression, *Environmental Science and Pollution Research*, 25(17), 17176-17193.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-1900-y>

---

استناد به این مقاله: جباری، لایلا، سالم، علی اصغر. (۱۴۰۲). بررسی اثر غیرخطی تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی اکسید کربن در استان‌های ایران با استفاده از مدل پنل کوانتایل، پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۸ (۹۶)، ۱۲۳-۱۶۲.



Iranian Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.