

Investigating The Factors Affecting Carbon Dioxide Emission With Emphasis on The Role of Energy Consumption: A Case Study of MENA Region Countries

HOSEIN MOHAMMADI*¹, ALIREZA SANI-HEIDARY², MILAD AMINIZADEH³, HANANE AGHASAFARI⁴, ELNAZ KHANZADEH SHADLOOSOFLA⁵

1, Associate Professor of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2, 3, 4, PhD Students of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

5, MSc. of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: Jan. 22, 2020- Accepted: Aug. 23, 2020)

ABSTRACT

Carbon dioxide emission is one of important challenges facing humanity, which has attracted the attention of many researchers and policymakers in recent years. The purpose of this study is investigating the factors influencing carbon dioxide emission. For achieving the purpose of paper spatial econometrics model and panel data of MENA countries are used over the period of 2000-2015. The results indicate that carbon dioxide emission in the MENA region countries have significant effect on surrounding countries. Also, the variables of energy consumption (0.01), economic globalization (0.134), industrialization (0.405) and urbanization (0.042) have positive and significant effect on carbon dioxide emission in the MENA region. The interaction among energy consumption and globalization (0.361), energy consumption and, industrialization (0.234) and urbanization (0.085) have a positive and significant effect on carbon dioxide emission. According to the results of this study, it is necessary that policymakers should not only focus on the national economic benefits but also consider the national and regional environmental benefits in policy making.

Keywords: CO₂ emissions, Energy consumption, MENA region, Spatial econometrics, Panel data

Introduction

Economic growth in developing countries has increased in last two decades, leading to more greenhouse gases (GHG) emissions and global warming. Carbon dioxide (CO₂) as one of main factor in GHG emissions is important challenges facing humanity, which has attracted the attention of many international planners and policymakers in recent years. CO₂ emissions is not equal in different countries and regions. The Middle East and North Africa (MENA) region is producer of 39 percent of crude oil, gas and several of oil fuels. Production and consumption of these resources lead to emit 85 percent of GHG in the MENA region. Rapid increase in industrialization, globalization and urban population might to an increase in energy consumption, which might be the reason behind the rapid rise in CO₂ emissions in the MENA countries. Therefore, this paper seeks to explore the factors affecting CO₂ emissions in the MENA region countries over the period from 2000 to 2015 using spatial panel data model.

Methodology and data

In this paper spatial panel data model is used in order to investigate the effective factors on CO₂ emissions. In geographical analysis, common econometric methods like ordinary least square (OLS) are incompatible because of spatial characteristics of variables like CO₂ emissions (spatial dependence or autocorrelation). Therefore, in this paper spatial models (spatial error model, spatial lag model, spatial autocorrelation model) are applied. The dependent variable is CO₂ emissions per

capita and independent variables are GDP per capita, energy consumption, economic globalization, industrialization and urbanization.

The balanced panel dataset covering 17 MENA countries is used over the period 2000-2015. The selected countries are Algeria, Bahrain, Egypt, Iran, Iraq, Jordan, Kuwait, Lebanon, Libya, Morocco Oman, Qatar, Saudi Arabia, Syria, Tunisia, United Arab Emirates, and Yemen.

Results

Before estimating the spatial panel regression models, the model variables are pre-tested for unit root tests. Based on a number of panel unit root tests, all variables do not have unit roots, i.e. are stationary.

According to the results of the spatial panel data, there is spatial dependence in the MENA region. This indicates that CO₂ emissions in neighboring countries have an increasing effect on local CO₂ emissions. The positive and significant coefficient of GDP per capita and significantly negative coefficient of GDP per capita square confirm the well-known environmental Kuznets curve (EKC) theory. This indicates that there is an inverted U-shaped relationship between CO₂ emissions and economic growth in the MENA region. The results showed that the coefficient of energy consumption is positive and significant at 1 percent level, meaning that energy consumption plays an important role in CO₂ emissions in the MENA region countries. Based on the results, the coefficient of economic globalization is positive and statistically significant at 1 percent level. The results illustrated that the coefficient of industrialization is positive and highly statistically significant at 1 percent level. This means that rapid increase in industrialization without improvement of production structure leads to increase CO₂ emissions in the MENA countries. The results indicated that the coefficient of urbanization is positive and statistically significant at 1 percent level. This means that increase in the share of urbanization leads to change population lifestyle to energy-intensive goods and increase CO₂ emissions.

Conclusion

This paper aims to investigate the factors affecting CO₂ emissions in the MENA region countries using spatial panel data model over the period 2000–2015.

According to the empirical results, the main conclusions of the study are summarized as follows. First, a spatial spillover effect exists among countries in the MENA region. This implies that neighboring CO₂ emissions have an increasingly effect on CO₂ emissions in local country. Second, energy consumption and the interaction of this variable with other variables such as economic globalization, industrialization and urbanization have significantly positive effect on CO₂ emissions in the MENA region.

Based on the results, optimizing the structure of production and organizing production activities and managing the consumption of energy in the industrial sector are important and efficient solutions to reduce CO₂ emissions. Therefore, the improvement of technology is necessary to change the traditional structured industries to the advanced ones. In addition, it is necessary that policymakers should not only focus on the national economic benefits but also consider the national and regional environmental benefits in policymaking.

بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی: مطالعه موردی کشورهای منطقه منا

حسین محمدی*^۱، علیرضا ثانی حیدری^۲، میلاد امینی زاده^۳، حنا آقاصفری^۴، الناز خانزاده شادلوسفلی^۵
^۱، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲، دانشجویان دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۳، کارشناس ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
 (تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲ - تاریخ تصویب: ۹۹/۶/۲)

چکیده

انتشار دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی انسان‌ها است که توجه بسیاری از محققان و سیاست‌گذاران را در سال‌های اخیر به خود معطوف داشته است. هدف پژوهش حاضر بررسی مؤلفه‌های اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن با تأکید بر مصرف انرژی است. به منظور دستیابی به هدف پژوهش، از الگوی اقتصادسنجی فضایی و داده‌های تابلویی مربوط به انتشار دی‌اکسیدکربن کشورهای منطقه منا در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۰ بهره برده شده است. نتایج گویای آن است که انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منطقه منا اثری معنی‌دار بر کشورهای مجاور در این منطقه دارد. متغیرهای مصرف انرژی (۰/۰۱۰)، جهانی شدن اقتصادی (۰/۱۳۴)، صنعتی شدن (۰/۴۰۵) و شهرنشینی (۰/۰۴۲) اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن در منطقه منا دارد. افزون‌براین، مصرف انرژی اثر تقابلی مثبت و معنی‌داری با متغیرهای جهانی شدن (۰/۳۶۱)، صنعتی شدن (۰/۲۳۴) و شهرنشینی (۰/۰۸۵) بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. براساس نتایج، پیشنهاد می‌شود که با رتبه‌بندی ساختار تولید در صنایع مختلف داخلی، برنامه‌ای جامع در جهت ارتقای ساختار تولید با فناوری‌های مناسب در راستای کاهش مصرف انرژی در دستور کار قرار گیرد. از سوی دیگر، ضرورت دارد سیاست‌گذاران در انتخاب راهکارهای سیاستی، تنها به منافع اقتصادی ملی توجه نکرده و منافع محیط‌زیستی ملی و منطقه‌ای را با توجه به تفاوت‌های اقتصادی و صنعتی هر کشور در نظر گیرند.

واژه‌های کلیدی: دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی، منطقه منا، رگرسیون فضایی، داده‌های

تابلویی

مقدمه

است که توسعه جوامع انسانی را با مشکل روبرو می‌کند (Yang et al., 2018).

عامل اصلی گرمایش جهانی و تغییرات نامطلوب در محیط‌زیست، گازهای گلخانه‌ای است. این گازها شامل دی‌اکسیدکربن، متان، اکسید نیتروژن و ترکیبات کلر و برم هستند (Esmaeili & Fathi, 2012; Kang et al.,)

گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی، تهدید جدی برای زندگی انسان و دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌باشد (Mousavi, 2015; Bello et al., 2018). ذوب شدن یخچال‌های طبیعی، بالا آمدن سطح آب دریاها و تغییرات شدید فصلی از پیامدهای این پدیده‌ها

al., 2017) اثر منفی و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند.

اما در مطالعات و گزارش‌های مختلف، عامل اصلی تولید دی‌اکسیدکربن، مصرف سوخت‌های فسیلی بیان شده است (Alam et al., 2016; Sasana & Ghozali, 2017; Bimanatya & Widodo, 2018). ورود کربن اضافی ناشی از احتراق این سوخت‌ها، توانایی طبیعت را در جذب کربن از طریق چرخه کربن مختل می‌کند (Kim et al., 2019). با وجود توسعه سایر انرژی‌ها، هنوز سوخت‌های فسیلی، انرژی غالب در دنیا است. در سال ۲۰۰۰، سهم مصرف سوخت‌های فسیلی از کل مصرف انرژی ۷۹/۷۸ درصد بوده است که این میزان به ۷۹/۶۷ در سال ۲۰۱۵ رسیده است (World Bank, 2019). بنابراین، در دهه اخیر الگوی مصرف این نوع انرژی تغییر قابل توجهی نداشته است.

انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف سوخت‌های فسیلی در مناطق و کشورهای مختلف، یکسان نیست. منطقه‌ها منای که شامل کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا می‌باشد، حدود ۳۹ درصد نفت خام، گاز و انواع سوخت‌های نفتی جهان را تولید می‌کند. تولید و مصرف این منابع، سبب انتشار ۸۵ درصد کل گازهای گلخانه‌ای در این منطقه می‌شود (Charfeddine & Mrabet, 2017; Kahia et al., 2017). هر چند که در سال‌های اخیر روند کلی انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف انرژی نزولی بوده، اما میزان مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در منطقه قابل توجه بوده است. در سال ۲۰۱۳، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن معادل ۶ درصد کل انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن از مصرف سوخت‌های فسیلی به‌دست آمده است (Farhani, 2013).

سهم بالای دی‌اکسیدکربن از کل گازهای گلخانه‌ای منطقه‌ها منای که نه تنها ناشی از مصرف انرژی است؛ بلکه متأثر از تولید سوخت‌های فسیلی نیز می‌باشد، مبین ضرورت مطالعه انتشار دی‌اکسید کربن در این منطقه به‌طور ویژه است. با توجه به اینکه دی‌اکسیدکربن دارای قابلیت تحرک و سیار بودن از یک منطقه یا کشور به منطقه و کشور دیگر است (Hanif, 2018) و در مطالعاتی نظیر مطالعه Zhao et al. (2014) نیز ادعا شده است که وابستگی فضایی بین عوامل مرتبط با انرژی و

دی‌اکسیدکربن (Liu et al., 2018; 2016). در این میان، سهم بیش‌تری در گرمایش و آلاینده‌گی جهانی دارد (Al-Mulali et al., 2015; Kiviyiro & Arminen, 2014)؛ به-طوری که بیش از ۷۰ درصد کل گازهای گلخانه‌ای در جهان را تشکیل می‌دهد (Hanif, 2018). انتشار دی‌اکسیدکربن خود سبب تولید گازها و آلاینده‌های دیگری همچون دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن می‌شود که سلامت انسان را به خطر می‌اندازد (Perera, 2018). بررسی میزان انتشار دی‌اکسید کربن در جهان حاکی از روند فزاینده این آلاینده دارد، به‌گونه‌ای که سرانه جهانی تجمیع انتشار دی‌اکسید کربن از ۴/۰۳ متریک تن در سال ۲۰۰۰ به ۴/۹۸ متریک تن در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است (World Bank, 2019). این افزایش، حیات انسان را دچار مشکل می‌کند. به‌همین دلیل، نیاز است که با برنامه‌ریزی صحیح و به‌کارگیری روش‌های مناسب میزان انتشار دی‌اکسیدکربن کنترل و کاهش یابد (Kargar Dehbidi & Esmaeili, 2017). هرگونه تصمیم‌گیری برای کنترل این گاز گلخانه‌ها نیازمند شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار بر آن می‌باشد. عوامل مختلفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در جهان اثرگذارند. در برخی مطالعات مرتبط، عواملی همچون فساد (Zhang et al., 2016)، رشد اقتصادی (Lin & Benjamin, 2019)، ساختار صنعت (Yu et al., 2018)، ورود گردشگران (Balogh & Jambor, 2017)، کشاورزی (Waheed et al., 2018)، تولید ناخالص داخلی سرانه (Chen et al., 2018)، شهرنشینی (Wang et al., 2018)، درجه باز بودن تجارت (Khan et al., 2019)، توسعه مالی (Charfeddine & Kahia, 2019)، انرژی هسته‌ای (Iwata et al., 2012)، جمعیت شهری (Magazzino & Cerulli, 2019)، تحقیق و توسعه (Yu & Xu, 2019)، سرمایه-گذاری مستقیم خارجی (Pazienza, 2019)، تجارت (Haug & Ucal, 2019)، نابرابری درآمدی (Uzar & Zhou, 2019) و سطح صنعتی شدن (Eyboglu, 2019) بر انتشار دی‌اکسیدکربن اثر مثبت و معنی‌دار داشته‌اند و در مطالعات دیگر، عواملی نظیر جهانی شدن (You & Lv, 2018)، کشاورزی (Jebli & Youssef, 2017) و توسعه گردشگری (Haghighat et

ارتباطات فضایی نشان دادند که مصرف انرژی تجدیدپذیر، سهم بخش خدمات در تولید ناخالص داخلی، میزان انرژی و درآمد واقعی سرانه تعیین‌کننده انتشار سرانه‌ی دی‌اکسید کربن در کشورهای مورد بررسی می‌باشد. بر اساس نتایج مطالعه، یک رابطه U معکوس بین درآمد سرانه همسایگی و انتشار سرانه‌ی ملی دی‌اکسید کربن در اروپا، آسیا و جهان وجود دارد. (Haug & Ucal (2019) با بررسی اثرگذاری تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از مدل خود توضیح با وقفه‌های توزیعی در ترکیه دریافتند در بلندمدت کاهش صادرات اثر کاهنده معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. در حالی که، در کوتاه مدت افزایش واردات اثر فزاینده معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

(Lin & Benjamin (2019) با تحلیل عوامل اثرگذار بر رشد انتشار دی‌اکسید کربن در شانگهای با رگرسیون کوانتایل نشان دادند که توسعه اقتصادی، ساختار انرژی، کارایی انرژی، ساختار صنعت و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسید کربن اثرگذار است که در این میان شهرنشینی بیش‌ترین تأثیر را داراست. (Uzar & Eyuboglu (2019) با ارزیابی اثرگذاری نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن در ترکیه در دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۴ و بهره‌گیری از مدل خود توضیح با وقفه‌های توزیعی به این نتیجه رسیدند که نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسیدکربن اثر مثبت دارد. Yu & Xu (2019) در بررسی عوامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن بر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تحقیق و توسعه در چین در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۰ با استفاده از تخمین‌زن تصحیح خطای استاندارد پانلی نشان دادند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر مثبتی بر کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن صنعتی در سطح ملی دارد. در حالی که تحقیق و توسعه نقش منفی در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن صنعتی در سطح ملی و منطقه‌ای دارد.

(Mirshojaeian Hosseini et al. (2012) به بررسی خودهمبستگی فضایی بین انتشار دی‌اکسید کربن و حکمرانی خوب در منطقه منا در بازه زمانی ۲۰۰۷-۱۹۹۰ پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که افزایش و تعمیق حکمرانی خوب در کشورهای منطقه

انتشار دی‌اکسید کربن و سایر عوامل مؤثر بر آن وجود دارد، این ویژگی باید در مطالعات مورد توجه قرار گیرد. از این‌رو، مطالعه حاضر با درک اهمیت کنترل انتشار دی‌اکسید کربن در منطقه منا و وجود وابستگی فضایی میان انتشار این گاز و عوامل محرک آن، به بررسی و شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن در منطقه منا با بهره‌گیری از الگوی اقتصادسنجی فضایی در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ می‌پردازد.

مطالعات متعددی به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه Haghghat et al. (2017) اشاره کرد که با ارزیابی مؤلفه‌های اثرگذار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشورهای منتخب اسلامی و بهره‌گیری از رگرسیون انتقال ملایم پانلی طی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۹۵ بیان کرد که با افزایش تولید ناخالص داخلی میزان انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد و این کشورها قسمت نزولی منحنی کوزنتس را تجربه نمی‌کنند. همچنین، برای این کشورها توسعه گردشگری منجر به بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود. (Chen et al. (2018) با تحلیل مؤلفه‌های مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای OECD در دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۱ و روش لگاریتم میانگین دیوژی‌ها نشان دادند که شدت انرژی و تولید ناخالص داخلی سرانه عوامل اصلی مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن هستند. هرچند شدت انرژی، ساختار مصرف انرژی، توزیع جمعیت و اندازه جمعیت نیز بر انتشار دی‌اکسید-کربن مؤثر ارزیابی شدند. (Yu et al. (2018) با ارزیابی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن و به طور خاص اثر پیری جمعیت و ساختار صنعتی و پیش‌بینی روند انتشار در چین با بهره‌گیری از مدل^۱ STIRPAT دریافتند که پیری جمعیت و ساختار صنعتی و رفاه سرانه اثر مثبت بر رشد انتشار دی‌اکسید کربن دارند. در حالی که شدت انرژی اثر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. (Balado-Naves et al. (2018) با تحلیل عوامل مؤثر بر انتشار سرانه‌ی دی‌اکسید کربن و تخمین منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در ۱۷۳ کشور با روش داده‌های تابلویی در دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۰ و در نظر گرفتن

1. Stochastic Impact by Regression on Population, Affluence and Technology Model

بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که درآمد سرانه دارای تأثیر مثبت و معنی‌دار بر میزان آلودگی است و افزایش‌های بیشتر درآمد سرانه باعث کاهش آلودگی زیست‌محیطی می‌شود. آزادسازی تجاری نیز تأثیر منفی بی‌معنی بر آلودگی زیست‌محیطی دارد.

با توجه به اثرات مجاورت در بحث آلودگی، در مطالعه حاضر از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، برای بررسی متغیرهای مؤثر بر آلودگی در کشورهای منطقه منا استفاده شده است. از آنجا که مصرف انرژی یا سوخت‌های فسیلی عامل اصلی انتشار دی‌اکسیدکربن می‌باشد، در مطالعه حاضر تلاش شده است که میزان اهمیت و نقش مصرف انرژی به‌طور برجسته و به صورت اثرمتقابل با دیگر مولفه‌های اصلی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

بر اساس نظریه Tobler (1970)، هیچ یک از کشورها و مناطق از هم جدا نیستند و بر هم اثر می‌گذارند. به طوری که هرچه کشورها و مناطق نسبت به هم نزدیک‌تر باشند، این اثرگذاری بیش‌تر خواهد شد. بنابراین، در نظر گرفتن ابعاد فضایی در تحلیل‌های اقتصادی، منجر به نتایج نارویب و کاراتری خواهد شد. یکی از موضوعاتی که اقتصاددانان در سال‌های اخیر بر ارتباط مکانی آن و اثرات سرریز بر مکان‌های مجاور تأکید داشته‌اند، مباحث مرتبط با محیط‌زیست و انتشار دی‌اکسید کربن است. بر همین اساس، مطالعات مختلفی در سطوح مختلف کشوری، منطقه‌ای و استانی در زمینه مؤلفه‌های اثرگذار بر انتشار کربن صورت گرفته است که جهت دستیابی به نتایج کاراتر از الگوسازی فضایی بهره برده‌اند. برای مثال می‌توان به Zhang et al. (2017)، Mamipour et al. (2019)، Yang et al. (2019)، Liu et al. (2019) اشاره نمود.

اقتصادسنجی فضایی به‌طور عمده برای حل دو مشکل در الگوهای داده‌های تابلویی استفاده می‌شود: اثرات متقابل فضایی (خودهمبستگی فضایی) و ساختار فضایی (ناهمسانی فضایی). چنین روش‌هایی قابلیت اضافه کردن عوامل مؤثر بر اثرات متقابل فضایی را به یک الگوی داده‌های تابلویی سنتی، ایجاد می‌کنند. به

منا نه تنها به کاهش گاز دی‌اکسیدکربن می‌انجامد، بلکه با تأثیرگذاری مثبت بر کیفیت نهادی کشورهای همسایه، موجبات کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و افزایش کیفیت زیست محیطی آنها را نیز فراهم می‌آورد. (Shahbazi et al. (2015)) به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در بین ۱۱ کشور حوزه‌ی دریای خزر تحت اثرات سرریز فضایی آلودگی و تکنولوژی در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۲ پرداخته و برای ارزیابی این اثرات از الگوی دوربین فضایی در داده‌های تابلویی استفاده کردند. نتایج این الگو نشان داد درجه شهرنشینی و شدت انرژی در انتشار کربن دی‌اکسید تأثیر مثبت و شایان توجهی داشته است. همچنین، نتایج نشان داد که بخشی از آلودگی کشورهای حوزه دریایی خزر ناشی از اثر مکانی یا مجاورت است. به‌عبارتی، با افزایش آلودگی در هریک از کشورهای مجاور، انتشار دی‌اکسید کربن در آن کشور افزایش می‌یابد. (2016) Kohansal & Shayanmehr به منظور ارزیابی آثار متقابل میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در ۹ کشور منتخب در حال توسعه، از الگوی معادلات همزمان فضایی مبتنی بر داده‌های تابلویی در بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۰ استفاده کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست هر کشور تحت تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست کشورهای مجاور قرار دارد. همچنین، نتایج نشان داد که یک رابطه علت و معلولی دو طرفه‌ای بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست و همچنین، میان آلودگی محیط‌زیست و مصرف انرژی وجود دارد. Tamizi (2019)) به بررسی عوامل اقتصادی و محیطی تعیین کننده میزان انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منطقه منا پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان داد متغیرهای تولید ناخالص داخلی، جمعیت، ساختار مصرف انرژی و شدت انرژی اثرگذاری مثبت و متغیر درجه باز بودن تجاری اثر منفی و شایان توجهی بر انتشار دی‌اکسید کربن منطقه دارد. Mohammadi & Tirgari (2013) تأثیر گسترش تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت زیست‌محیطی را برای ۱۱ کشور منطقه خاورمیانه طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ میلادی مورد

بر تأثیرات ناشی از شوک‌های تصادفی و ارتباط درجه همبستگی بین منطقه‌ای در جملات خطا متمرکز است (Zhang et al., 2017).

پیش از الگوسازی فضایی، بررسی وجود همبستگی فضایی در الگوسازی اهمیت دارد و بیانگر ورود تصریح همبستگی فضایی در الگو می‌باشد. در تحلیل فضایی آزمون‌هایی برای تشخیص همبستگی فضایی انجام می‌گیرد و بیان می‌کنند که آیا یک متغیر در نواحی مجاور بر متغیر مشابه در ناحیه مشخص اثرگذارند یا خیر؟ وجود همبستگی مثبت به این معنی است که افزایش متغیر در نواحی مجاور به افزایش متغیر در منطقه معین منجر می‌شود (Mamipour et al., 2019). به‌طور کلی، در مطالعات، از آماره I-موران برای تشخیص خودهمبستگی فضایی استفاده می‌شود و معادله آن به صورت رابطه (۱) است:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} C_{ij}}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}, \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (1)$$

الگوهای کوچکتر ساده می‌شود. براین اساس یک الگوی مفهومی در شکل (۱) ترسیم شده است. در این الگوی مفهومی ابتدا یک الگوی داده‌های ترکیبی خودهمبستگی فضایی^۳ (SACPDM) در نظر گرفته شده و در ادامه با آزمون کردن فرضیه‌های مختلف الگوی SACPD به الگوهای دیگر تجزیه می‌شود. این الگو تحت عنوان‌های دیگری چون الگوی کلیجیان-پروچا و الگوی خودتوضیح فضایی سردرگم^۴ به‌وسیله Kelejian & Prucha (2010) برای الگوهای ناهمسان معرفی شده است. الگوی SACPD به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود:

این صورت که رگرسیون سنتی را با تنظیم یک ماتریس وزنی فضایی که منعکس‌کننده تفاوت‌های فضای در میان مناطق مختلف است، تعدیل می‌دهد. به طور معمول الگوهای فضایی به دو الگوی وقفه فضایی (SLM) یا خودتوضیح فضایی^۱ (SAR) و الگوی خطای فضایی^۲ (SEM) تقسیم می‌شوند که متناسب با نوع اثر فضایی آشکار شده در الگو، مورد استفاده می‌شود (Anselin, 1988). الگوی SAR فرض می‌کند که تمام متغیرهای اقتصادی در یک منطقه مشخص می‌تواند از طریق مکانیزم انتقال یا وقفه فضایی، تحت تاثیر سایر مناطق قرار گیرد در حالی که الگوی SEM به طور عمده

1. Spatial Lag Model (SLM) or Spatial Autoregressive Model (SAR)
2. Spatial Error Model (SEM)

در رابطه ۱، x_i و x_j مقادیر x در مورد مناطق مختلف و s^2 واریانس نمونه است. w_{ij} موقعیت مجاورت i و j نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد؛ به عبارت دیگر، نوع ارتباط فضایی بین آن‌ها است که تحت عنوان ماتریس فضایی نام برده می‌شود. آماره I موران در بازه -1 تا $+1$ است. ارزش‌های مثبت آن بیانگر خوشه شدن یا جمع شدن فضایی و ارزش‌های منفی آن بیانگر پراکندگی فضایی در کشورهای نمونه است (Anselin & Florax, 1995). اگر آزمون موران خود همبستگی فضایی را تایید کند باید تصریح فضایی وارد الگوی داده‌های ترکیبی سنتی شود (Mamipour et al., 2019). در این پژوهش از سه الگوی فضایی استفاده شده که در ادامه، در مورد انتخاب الگوی بهتر و الگوسازی هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.

برای انتخاب الگوی فضایی از رویکرد پیشنهادی Elhorst (2010) استفاده شده است. ایده‌ی اصلی این رویکرد به این صورت است که یک الگوی کامل برآورد می‌شود و سپس، با اعمال فرضیه‌های مختلف به

3. Spatial Autocorrelation Panel Data Model (SACPDM)
4. Spatial Autoregressive Confused

(۲)

$$y_{it} = \alpha + \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^K x_{itk} \beta_k + \mu_i + \gamma_t + u_{it}$$

$$u_{it} = \lambda \sum_{j=1}^n m_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it} \quad , \quad i = 1, \dots, n \quad t = 1, \dots, T$$

در رابطه ۲، y_{it} متغیر وابسته و بیانگر انتشار سرانه

دی‌اکسید کربن کشور i در زمان t است. $\sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt}$

نشان‌دهنده اثرات متقابل درونزا متغیر وابسته y_{it} و متغیر وابسته y_{jt} در کشورهای همسایه، بیانگر میانگین وزنی انتشار سرانه دی‌اکسید کربن کشورهای همسایه است. پارامترهای ρ و λ هر دو ضریب خودهمبستگی فضایی هستند که به ترتیب قدرت همبستگی فضایی بین یک کشور با سایر کشورهای مجاور و اثرات جزء خطای کشورهای مجاور را بر روی جزء خطای کشور محلی را اندازه‌گیری می‌کنند. تفاوت بین پارامترهای ρ و λ بستگی به نحوه تأثیر وابستگی فضایی در معادله رگرسیون می‌باشد. X_{it} بیانگر بردار متغیرهای است. بیانگر جمله ثابت و β بردار پارامترهای ناشناخته است که باید برآورد شود. μ_i و γ_t به ترتیب بیانگر اثرات ثابت مقاطع (کشورها) و اثرات ثابت زمان است. u_{it} بیانگر جملات خطای خودهمبسته فضایی است. ε_{it} جمله خطا و فرض می‌شود که مستقل و یکسان با میانگین صفر و واریانس σ^2 توزیع شده است. در نهایت، w_{ij} و m_{ij} عناصر ماتریس وزنی فضایی را نشان می‌دهد (Mamipour et al., 2019).

اولین فرضیه مربوط به الگوی داده‌های ترکیبی وقفه فضایی^۱ (SLPDM) است به صورت $H_0^1: \lambda = 0$ است و نشان می‌دهد که الگوی SACPDM را می‌توان به الگوی SLPDM ساده کرد. بنابراین، الگوی SLPDM به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود (Liu et al., 2017; Mamipour et al., 2019):

(۳)

$$y_{it} = \alpha + \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^K x_{itk} \beta_k + \mu_i + \gamma_t + u_{it}$$

$$i = 1, \dots, n \quad t = 1, \dots, T$$

که در آن (۳)، u_{it} بیانگر جمله خطا است و فرض می‌شود که مستقل و یکسان با میانگین صفر و واریانس σ^2 توزیع شده است. دومین فرضیه مربوط به الگوی داده‌های ترکیبی خطای فضایی^۲ (SEPDMD) به صورت $H_0^2: \rho = 0$ است و نشان می‌دهد که الگوی SACPDM را می‌توان به الگوی SEPDM ساده کرد. بنابراین، الگوی SEPDM به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۴)

$$y_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^K x_{itk} \beta_k + \mu_i + \gamma_t + u_{it}$$

$$u_{it} = \lambda \sum_{j=1}^n m_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it} \quad , \quad i = 1, \dots, n \quad t = 1, \dots, T$$

تعریف تمام پارامترها در رابطه (۴) مشابه با رابطه (۲) است.

در نهایت، اگر هر دو فرضیه فوق رد شود یعنی اینکه $\rho \neq 0, \lambda \neq 0$ باشند، الگوی کامل اولیه درست انتخاب شده است. اما برای آزمون فرضیه‌های مختلف می‌توان از آزمون‌های والد^۳ و نسبت راستنمایی^۴ استفاده کرد و یا با استفاده از آزمون‌های ضریب لاگرانژ^۵ یعنی LMlag و LMerror و آزمون‌های مستحکم آن یعنی Robust-LMlag و Robust-LMerror به بررسی اینکه، آیا یک الگوی وقفه یا خطای فضایی یا هر دو اثر با هم، بهتر است یا یک الگوی بدون اثرات متقابل فضایی، پرداخته شود (Elhorst, 2014).

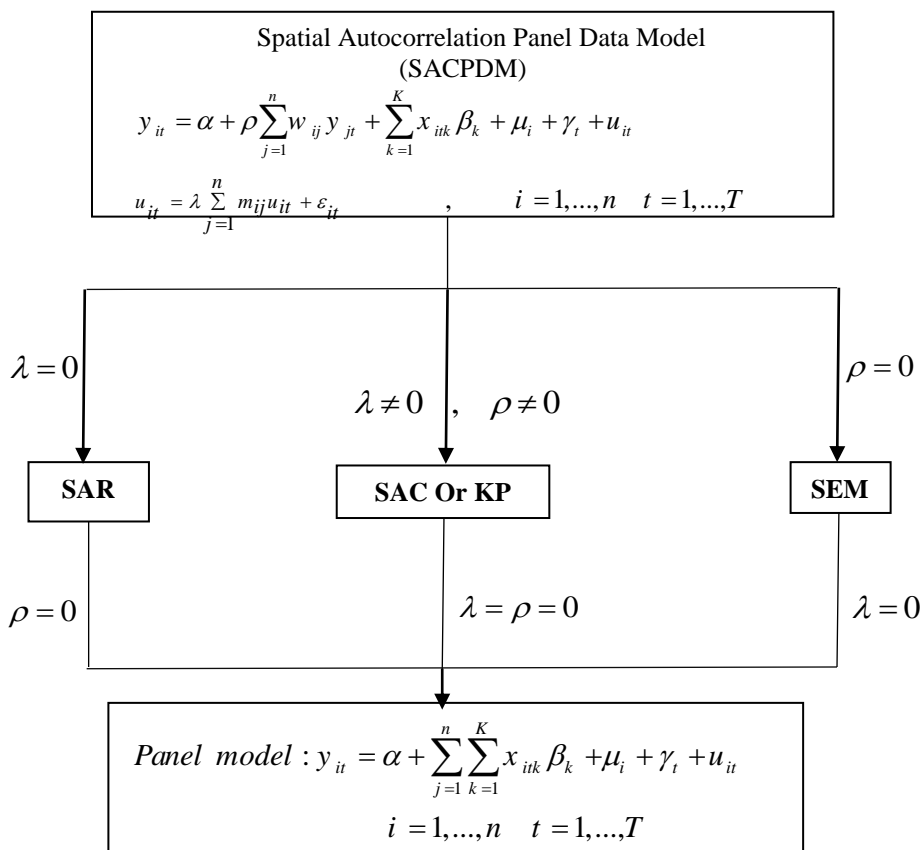
2. Spatial Error Panel Data Model (SEPDMD)

3. Wald

4. likelihood ratio (LR)

5. Lagrange Multiplier (LM)

1. Spatial Lag Panel Data Model (SLPDM)



شکل ۱ الگوی مفهومی انواع الگوسازی فضایی (منبع: یافته‌های پژوهش)

الگوی تجربی مورد استفاده در این پژوهش به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \ln(CO2_{it}) = & \beta_0 + \beta_1 \ln(GDP_{it}) + \beta_2 \ln(GDP_{it})^2 + \beta_3 \ln(Energy_{it}) \\ & + \beta_4 \ln(Globalization_{it}) + \beta_5 \ln(Industrialization_{it}) \\ & + \beta_6 \ln(Urbanization_{it}) + \mu_i + \gamma_t + u_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

اگر در الگو لحاظ نشود، به طور بالقوه برآورد ضرایب اریب‌دار خواهد بود. در نهایت u_{it} جمله خطا را نشان می‌دهد. افزون بر این، با توجه به این موضوع که اثر نهایی انرژی مصرفی بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به جهانی شدن اقتصادی، صنعتی شدن و شهرنشینی بستگی دارد، اثرات متقابل آیین این متغیرها با متغیر مصرف انرژی به‌عنوان متغیرهای توضیحی در رابطه (۶) تعریف شده است:

که در آن، CO_2 معرف انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن، GDP نشان‌دهنده تولید ناخالص داخلی، Energy معرف مصرف انرژی، Globalization بیانگر جهانی شدن اقتصادی، Industrialization بیانگر صنعتی شدن و Urbanization معرف شهرنشینی است که بیان‌کننده جمعیت شهری از کل جمعیت است. μ_i اثرات ثابت فردی و γ_t اثرات ثابت زمان را نشان می‌دهد و تمام متغیرهای متغیر-زمان خاص-فضا را کنترل می‌کند که

$$\begin{aligned} \ln(CO2_{it}) = & \beta_0 + \beta_1 \ln(GDP_{it}) + \beta_2 \ln(GDP_{it})^2 + \beta_3 \ln(Energy_{it}) \\ & + \beta_4 \ln(Energy_{it} \times Globalization_{it}) \\ & + \beta_5 \ln(Energy_{it} \times Industrialization_{it}) \\ & + \beta_6 \ln(Energy_{it} \times Urbanization_{it}) + \mu_i + \gamma_i + u_{it} \end{aligned} \quad (۶)$$

جهانی و سایت کمیسیون اروپا مرکز علمی اتحادیه اروپا ادگار جمع‌آوری شده است.^۱

نتایج و بحث

برای اطمینان از اعتبار رگرسیون و جلوگیری از ایجاد برآورد رگرسیون کاذب، نیاز است که ایستایی متغیرها مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. به منظور ایستایی متغیرها، پنج آزمون مختلف با قدرت‌های تعیین ایستایی مختلف مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن بیانگر این است که تمامی متغیرهای وابسته و مستقل پیوسته فاقد ریشه واحد و در سطح ایستا هستند (جدول ۱). نتایج هم‌خطی که با استفاده از آزمون VIF مورد بررسی قرار گرفت که بیانگر نبود هم‌خطی میان متغیرهای توضیحی مورد استفاده در الگو است.

در رابطه (۶)، متغیرهای Energy*Globalization، Energy*Industrialization و Energy*Urbanization بیانگر اثرات متقابل مصرف انرژی با شهری شدن، صنعتی شدن و جهانی شدن اقتصادی است. سایر متغیرها نیز مشابه با رابطه (۵) است. به منظور دستیابی به اهداف پژوهش از داده‌های تابلویی متوازن متشکل از ۱۷ کشور منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) شامل الجزایر، بحرین، مصر، ایران، عراق، اردن، کویت، لبنان، لیبی، مراکش، عمان، قطر، عربستان سعودی، سوریه، تونس، امارات متحده عربی و یمن در طول دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. برخی از کشورها همانند جیبوتی به دلیل عدم وجود داده‌های قابل اعتماد حذف شده‌اند. داده‌های مربوط به این پژوهش از بانک

1. EDGAR

جدول ۱- نتایج آزمون‌های هم‌خطی و ایستایی

Fisher	Harris-Tzavalis	آزمون ایستایی			آزمون هم‌خطی		متغیرها
		Breitung	IPS	LLC	VIF		
۲/۴۱***	-۲/۴۷**	-۱/۷۸**	-۲/۸۷***	-۲/۹۲***	-	دی‌اکسید کربن	
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۴)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)			
۶/۲۳***	-۲/۲۶***	-۲/۸۶***	-۱/۸۰**	-۴/۱۹***	۲/۴۶	تولید ناخالص داخلی سرانه	
(۰/۰۰)	(۰/۰۱)	(۰/۰۰)	(۰/۰۴)	(۰/۰۰)			
۴/۷۹***	-۱/۷۱**	-۲/۶۷***	-۲/۱۳**	-۵/۲۹**	۲/۰۸	جهانی شدن اقتصادی	
(۰/۰۰)	(۰/۰۴)	(۰/۰۰)	(۰/۰۱)	(۰/۰۰)			
۵/۶۹***	-۱/۸۰**	-۲/۹۹***	-۶/۱۱***	-۸/۸۵***	۱/۶۲	شهرنشینی	
(۰/۰۰)	(۰/۰۳)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)			
۲/۹۰***	-۱/۷۶**	-۲/۷۵***	-۱/۶۳**	-۱/۷۹**	۲/۷۵	صنعتی شدن	
(۰/۰۰)	(۰/۰۴)	(۰/۰۰)	(۰/۰۵)	(۰/۰۴)			
۶/۳۲***	-۲/۹۰***	-۱/۹۵**	-۲/۰۴**	-۳/۰۲***	۲/۷۹	انرژی	
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۲)	(۰/۰۲)	(۰/۰۰)			
-	-	-	-	-	۲/۹۴	میانگین VIF	

منبع: یافته‌های تحقیق (*، ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد)

نیازمند حضور بیش‌تر در شبکه تجارت جهانی و افزایش درجه اثرگذاری بر این شبکه است. لذا، کشورهایی که به دنبال ارتقاء خود در شبکه جهانی بوده اقدام به تولید و صادرات بیش‌تر نموده که این موضوع اگر همراه با ارتقاء تکنولوژی‌های سبز و دوستدار محیط‌زیست نباشد، اثری مخرب بر محیط زیست دارد. نتیجه به‌دست آمده خلاف نتیجه You & Lv (2018) است که نشان دادند که جهانی شدن اثری معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد. شاید بتوان اصلی‌ترین دلیل آن را تفاوت در گروه کشورهای مورد بررسی با پژوهش حاضر دانست. چرا که در تحقیق You & Lv (2018) ۸۳ کشور با درجات مختلف توسعه‌یافتگی و حضور در شبکه جهانی وجود دارد، در حالی که تحقیق حاضر در برگزیده کشورهای منطقه منا بوده که در حال توسعه هستند. نتایج بیانگر این است که متغیر درآمد سرانه اثری مثبت و معنی‌دار و توان دوم آن اثری منفی و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد که تأییدکننده وجود رابطه کوزنتس برای انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منطقه منا است. این نتیجه همسو با نتایج You & Lv (2018) است.

بر اساس نتایج، صنعتی شدن اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد که این اثر در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. توسعه صنعت بویژه در کشورهای در حال توسعه نیازمند مصرف انرژی بوده که این موضوع باعث می‌شود که کشورهای که در مسیر صنعتی شدن قرار دارند، انرژی بیشتری مصرف کنند که نتیجه آن افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن است. چرا که یکی از اهداف کشورهای در حال توسعه رسیدن به سطح توسعه یافتگی است که با توجه به الگو و مسیر سپری شده در کشورهای توسعه یافته، رشد صنعتی را مورد توجه قرار دادند. نتایج بدست آمده همسو با نتایج You & Lv (2018) است که بیان داشتند صنعتی شدن اثری فزاینده و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد.

نتایج بیانگر اثر مثبت و معنی‌دار شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن است. به‌عبارتی، ۱ درصد افزایش شهرنشینی موجب افزایش ۶ درصدی انتشار دی‌اکسید-کربن در کشورهای منطقه منا دارد. دلیل اصلی این موضوع را می‌توان همسو نبودن رشد زیرساخت‌های

نتایج آزمون‌های موران، گری و گتیس-اوردس گویای وجود خودهمبستگی مثبت فضایی است (جدول ۲). بر پایه نتایج آزمون‌های ضرایب لاگرانژ (LM)، خودهمبستگی فضایی برای الگوی خطای فضایی (SEM) تأیید می‌شود که بیانگر کارایی بالای این الگو در مقایسه با الگوهای وقفه فضایی (SAR) و الگوی جامع وقفه و خطای فضایی (SAC) است. با این وجود به منظور ایجاد منابع اطلاعاتی مناسب برای محققان نتایج هر سه الگو ارائه شده که در ادامه نتایج الگوی خطای فضایی تفسیر شده است. ضریب تعیین الگوی برآورد برابر با ۹۵ درصد است که نشان می‌دهد که متغیرهای توضیحی مورد استفاده در الگو ۹۵ درصد تغییرات متغیر وابسته را توضیح می‌دهد. ضریب تعیین الگوهای SAR و SAC به ترتیب برابر با ۸۴ و ۸۱ درصد است.

نتایج الگوی خطای فضایی در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج گویای معنی‌داری ضریب خطای فضایی است که بیانگر این است که انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منطقه اثری مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن بر دیگر کشورهای منطقه دارد. برای مثال، افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای همسایه ایران در منطقه منا موجب افزایش انتشار دی‌اکسید کربن ایران می‌شود و برعکس. به‌عبارتی انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منطقه منا یک پدیده ملی و داخلی نبوده و اثرات سرریز آن پیامدهای منفی برای کشورهای اطراف آن و کل منطقه دارد.

بر اساس نتایج، مصرف انرژی اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن در منطقه منا دارد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. به‌عبارتی افزایش ۱ درصدی مصرف انرژی در کشورهای منطقه منا موجب افزایش ۰/۰۱ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. این نتیجه همسو با نتایج مطالعات Omri (2013) در منطقه منا و Zhang (2015) در منطقه آسه‌آن و کشورهای شمال شرقی آسیا می‌باشد. نتایج گویای این است که جهانی شدن اقتصادی اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. به‌گونه‌ای که ۱ درصد افزایش شاخص جهانی شدن موجب افزایش ۱۳ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. ارتقاء شاخص جهانی شدن

یابد. نتیجه بدست آمده همسو با نتایج (2013) Omri در منطقه منا و Zhang et al. (2016) در گروه کشورهای APEC است.

شهری همانند زیرساخت‌های حمل و نقل شهری با رشد جمعیت شهری دانست. دیگر دلیل آن را تغییر سبک زندگی دانست که موجب می‌شود تمایل به مصرف کالاهای صنعتی و با تکنولوژی بالا بیش از پیش افزایش

جدول ۲- نتایج الگوهای خطای فضایی، وقفه فضایی و خودهمبستگی فضایی بدون اثرات متقابل متغیر مصرف انرژی با سایر متغیرها

SAC Model	SAR Model	SEM Model	متغیرها
۵/۹۹۳*** (۰/۲۰۸۷)	۶/۰۵۸*** (۰/۱۹۶۵)	۵/۶۸۶*** (۰/۱۹۶۵)	تولید ناخالص داخلی سرانه
-۰/۳۰۵*** (۰/۰۱۱۰)	-۰/۳۰۸*** (۰/۰۱۰۴)	-۰/۲۹۰*** (۰/۰۱۰۴)	توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه
۰/۰۱۰*** (۰/۰۰۱۳)	۰/۰۱۰*** (۰/۰۰۱۴)	۰/۰۱۱*** (۰/۰۰۱۲)	مصرف انرژی
۰/۱۲۶*** (۰/۰۱۸۲)	۰/۱۳۴*** (۰/۰۱۸۰)	۰/۱۳۲*** (۰/۰۲۰۶)	جهانی شدن اقتصادی
۰/۳۸۶*** (۰/۰۴۱۰)	۰/۴۰۵*** (۰/۰۴۰۵)	۰/۴۴۳*** (۰/۰۴۶۰)	صنعتی شدن
۰/۰۳۹** (۰/۰۲۱۴)	۰/۰۴۲** (۰/۰۲۱۶)	۰/۰۵۹*** (۰/۰۲۴۳)	شهرنشینی
-۳۰/۱۰۹*** (۱/۰۰۸۸)	-۳۰/۵۱۴*** (۰/۹۴۱۸)	-۲۸/۴۶۹*** (۰/۹۳۶۳)	جزء ثابت
۰/۱۹۹*** (۰/۰۲۰۹)	۰/۱۸۶*** (۰/۰۲۰۴)	-	Rho
-۰/۱۶۹*** (۰/۰۹۴۹)	-	۰/۳۰۷*** (۰/۰۸۸۷)	λ
۰/۸۱۹ ۱۱۹۹/۶۸۹ (۰/۰۰۰)	۰/۸۳۳ ۱۳۲۷/۴۰۲ (۰/۰۰۰)	۰/۹۶۰ ۶۳۴۴/۴۴۱ (۰/۰۰۰)	ضریب تعیین آماره والد
	۰/۱۲۳***		آزمون موران
	۰/۸۷۹***		آزمون گری
	-۰/۱۲۳***		آزمون گتیس اوردس
	۶/۴۸۰***		آزمون LM خطای فضایی (LM Error)
	۰/۵۸۹		آزمون LM وقفه فضایی (LM Lag)
	۶/۹۵۵**		آزمون LM وقفه فضایی + خطای فضایی (LM SAC)
	۶/۳۶۶***		آزمون LM خطای فضایی مستحکم (LM Error (Robust))
	۰/۴۷۵		آزمون LM وقفه فضایی مستحکم (LM Lag (Robust))

منبع: یافته‌های پژوهش (*، **، *** به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد است)

وجود رابطه فضایی مثبت در انتشار دی‌اکسیدکربن است. به عبارتی، انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منطقه منا اثری مثبت و فزاینده دارد و موجب انتشار بیش‌تر دی‌اکسیدکربن می‌شود. براساس آزمون‌های LM خطای فضایی و وقفه فضایی، می‌توان بیان داشت که

با توجه به این مهم که مصرف انرژی، عامل اصلی انتشار دی‌اکسیدکربن است، در ادامه، اثر متقابل این عامل با متغیرهای شهرنشینی، صنعتی شدن و جهانی شدن بر انتشار دی‌اکسیدکربن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آزمون‌های موران، گری و گتیس اورد بیانگر

(SEM، SAR و SAC) ارایه شده است که با توجه به کارایی بالاتر الگوی SAC، تنها ضرایب این الگو تفسیر شده است. نتایج ضریب تعیین و آماره والد نشان‌دهنده خوبی الگو است که متغیرهای توضیحی به‌طور مناسبی تغییرات متغیر وابسته را توضیح داده‌اند.

هیچکدام از دو الگو بر دیگری برتری نداشته و نتایج آزمون LM برای الگوی SAC که در برگیرنده همزمان وقفه فضایی و خطای فضایی است نشان‌دهنده این است که این الگو از کارایی بیشتری در مقایسه با دو الگوی دیگر برخوردار است. با این وجود نتایج هر سه الگو

جدول ۳- نتایج الگوهای خطای فضایی، وقفه فضایی و خودهمبستگی فضایی با اثرات متقابل متغیر مصرف انرژی با سایر متغیرها

SAC Model	SAR Model	SEM Model	متغیرها
۱/۴۲۲*** (۰/۱۸۱)	۱/۴۶۷*** (۰/۱۸۳)	۱/۴۰۱*** (۰/۱۷۹)	تولید ناخالص داخلی سرانه
-۰/۰۷۳*** (۰/۰۰۹)	-۰/۰۷۶*** (۰/۰۰۹)	-۰/۰۷۳*** (۰/۰۰۹)	توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه
۰/۰۰۲*** (۰/۰۰۱)	۰/۰۰۳*** (۰/۰۰۱)	۰/۰۰۳*** (۰/۰۰۱)	مصرف انرژی
۰/۳۷۳*** (۰/۰۳۰)	۰/۳۶۱*** (۰/۰۲۹)	۰/۳۵۵*** (۰/۰۲۹)	مصرف انرژی * جهانی شدن اقتصادی
۰/۲۴۲*** (۰/۰۱۴)	۰/۲۳۴*** (۰/۰۱۵)	۰/۲۳۲*** (۰/۰۱۵)	مصرف انرژی * صنعتی شدن
۰/۰۸۱*** (۰/۰۱۷)	۰/۰۸۵** (۰/۰۱۵)	۰/۰۹۲*** (۰/۰۱۴)	مصرف انرژی * شهرنشینی
-۱۳/۰۷۲*** (۰/۶۶۸)	-۱۳/۱۲۴*** (۰/۶۶۶)	-۱۲/۷۷۲*** (۰/۶۵۴)	جزء ثابت
۰/۰۰۰۴ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۵*** (۰/۰۰۲)	-	Rho
۰/۰۰۰۱ (۰/۰۰۰۰)	-	-۰/۰۰۱۲*** (۰/۰۰۰۴)	λ
۰/۹۹۱ ۲۸۶۰۰/۵۰۳ (۰/۰۰۰)	۰/۹۸۹ ۲۴۱۹۷/۰۰۲ (۰/۰۰۰)	۰/۹۸۹ ۲۴۷۸۲/۲۸۳ (۰/۰۰۰)	ضریب تعیین آماره والد
	۰/۱۰۸***		آزمون موران
	۰/۸۴۸**		آزمون گری
	-۰/۴۱۹***		آزمون گتیس اوردس
	۶/۰۳۹**		آزمون LM خطای فضایی (LM Error)
	۲۰/۵۵۳***		آزمون LM وقفه فضایی (LM Lag)
	۲۵/۲۷۶***		آزمون LM وقفه + خطای فضایی (LM SAC)
	۴/۷۲۳**		آزمون LM خطای فضایی مستحکم (LM Error (Robust)
	۱۹/۲۳۷***		آزمون LM وقفه فضایی مستحکم (LM Lag (Robust)

منبع: یافته‌های پژوهش (*، **، *** به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد است)

میزان اثرگذاری آن به چه میزان است؟ برای این منظور، از روش اقتصادسنجی فضایی و داده‌های تابلویی انتشار دی اکسید کربن کشورهای منطقه منا در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵ بهره گرفته شده است. یافته‌های تحقیق در برگیرنده پنج نتیجه کلی است: اول، انتشار دی-اکسیدکربن در کشورهای مجاور اثری سرریز بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور تحت مجاورت در منطقه منا دارد. از این‌رو، گسترش پیمان‌های منطقه ای برای جلوگیری از انتشار دی اکسید کربن ضروری است. دوم، مصرف انرژی اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی-اکسیدکربن در منطقه منا دارد، از این‌رو، با کاهش مصرف انواع حامل‌های انرژی می‌توان به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن امیدوار بود. سوم، متغیرهای جهانی شدن اقتصاد، صنعتی شدن و شهرنشینی اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. چهارم، متغیر درآمد سرانه اثری مثبت و معنی‌دار و توان دوم آن اثری منفی و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد که مؤید تأیید منحنی کوزنتس در انتشار دی‌اکسیدکربن در منطقه منا است. پنجم، افزایش متغیرهای جهانی شدن اقتصادی، صنعتی شدن و شهرنشینی موجب افزایش معنی‌دار اثر نهایی مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن می‌شود.

پیشنهاد‌های پژوهش بر اساس نتایج تحقیق به صورت زیر است. اول، اثرات سرریز فضایی انتشار دی اکسید کربن بر خود یک کشور و کشورهای هم جوار، اثری مثبت و معنی‌دار دارد، از این‌رو، ضرورت دارد سیاست‌گذاران در انتخاب راهکارهای سیاستی تنها به منافع اقتصادی ملی توجه نکرده و منافع زیست‌محیطی ملی و منطقه‌ای را در نظر گیرند. دوم، با توجه به معنی‌داری متغیر شهرنشینی، نیاز است که سیستم‌های حمل و نقل سبز، پایدار و دوستدار محیط زیست که از سوخت‌های فسیلی کمتری استفاده می‌شوند، توسعه و ترویج یابند. سوم، با توجه به اثر معنی‌دار صنعتی شدن و شهرنشینی، لازم است سیاست‌گذاران سیاست‌های تشویقی به منظور استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود تکنولوژی‌های سبز در سیستم‌های حمل و نقل و صنایع اتخاذ نمایند. از سوی دیگر، براساس توافق‌نامه پاریس نیاز است که افزایش کارایی انرژی‌های

بر اساس نتایج و مشابه با الگوی رابطه (۵)، تولید ناخالص داخلی سرانه و توان دوم آن به ترتیب اثری مثبت و منفی بر انتشار دی اکسید کربن دارند که این اثر در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. به‌عبارتی، وجود منحنی کوزنتس میان درآمد و انتشار آلودگی تأیید می‌شود.

نتایج بیانگر این است که مصرف انرژی اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. نتایج گویای این است که متغیرهای مصرف انرژی با متغیرهای جهانی شدن اقتصادی، صنعتی شدن و شهرنشینی دارای اثر متقابل مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن است. به‌عبارتی، افزایش جهانی شدن موجب افزایش اثر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. ارتقاء سهم در شبکه جهانی و بهبود شاخص جهانی شدن نیازمند اثرگذاری بیش‌تر بر جامعه جهانی است که این موضوع از مسیر تولید و تجارت بیشتر بدست می‌آید. لذا جهانی شدن موجب افزایش اثر مصرف انرژی بر انتشار آلودگی می‌شود. از سوی دیگر، صنعتی شدن نیز نیازمند مصرف بیش‌تر انرژی بوده که بسیاری از کشورها مسیر توسعه‌یافتگی را صنعتی شدن بیش‌تر می‌دانند. لذا، صنعتی شدن موجب اثرگذاری بیشتر انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و در نتیجه افزایش آلودگی می‌شود. در نهایت، دیگر اثرگذاری مصرف بیشتر انرژی از طریق شهرنشینی بیش‌تر است. چرا که شهرنشینی موجب استفاده بیش‌تر از خدمات می‌شود که نقش به‌سزایی در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. از سوی دیگر، با شهرنشینی سبک زندگی با تغییراتی همراه شده که نیاز به استفاده از کالاهای منتشرکننده دی‌اکسیدکربن بیش‌تر می‌شود. افزایش تقاضا برای محصولات مورد نیاز موجب افزایش تولیدات محصولات مصرفی می‌شود که نتیجه آن مصرف بیش‌تر انرژی است که به انتشار آلودگی بیش‌تر منجر می‌شود.

جمع‌بندی و پیشنهادها

انتشار دی‌اکسیدکربن تهدیدی برای زندگی انسان ها است که توجه بسیاری از محققان و سیاست‌گذاران را در سال‌های اخیر به خود معطوف داشته است. تحقیق حاضر به دنبال پاسخ این پرسش است که آیا مصرف انرژی اثری معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد و

نقشی مؤثر و بلندمدت در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته باشد. لذا، به‌منظور دستیابی به سیاست‌های پایدار و بلندمدت و اثرگذار ضرورت دارد این تفاوت‌ها در نظر گرفته شود که نتیجه آن پایداری بیشتر کشورهای به آن خواهد بود. برای مثال ارایه سیاست کاهش مصرف انرژی برای کشورهای همانند ایران، عربستان سعودی و امارات متحده عربی که بیش از دیگر کشورهای منطقه در مسیر صنعتی شدن گام برداشته‌اند، نمی‌تواند مورد پذیرش سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان داخلی قرار گیرد. لذا، ضرورت دارد در ارائه هر بسته پیشنهادی شرایط کشورها و ساختار آن‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

تجدیدناپذیر همانند سوخت‌های فسیلی و کاهش هزینه‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کوتاه-مدت و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی در بلندمدت دستور کار قرار گیرد. چهارم، با توجه به سطوح مختلف صنعتی شدن و جهانی شدن کشورهای منطقه منا و اثر معنی‌دار این متغیر بر انتشار دی‌اکسید کربن، نیاز است که سیاست‌گذاران در سیاست‌گذاری‌های خود تفاوت‌های کشور از ابعاد مختلف را مورد بررسی قرار داده و آن را با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کشور تعدیل نمایند. به عبارتی اتخاذ یک سیاست یکسان نمی‌تواند

REFERENCES

1. Alam, M.M., Murad, M.W., Noman, A.H.M., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466-479.
2. Al-Mulali, U., Tang, C. & Ozturk, I. (2015). Estimating the environment Kuznets curve hypothesis: evidence from Latin America and the Caribbean countries. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 50, 918-924.
3. Anselin, L. (1988). Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical analysis*, 20(1), 1-17.
4. Anselin, L., & Florax, R.J. (1995). *Small sample properties of tests for spatial dependence in regression models: Some further results*. In *New directions in spatial econometrics* (pp. 21-74). Springer, Berlin, Heidelberg.
5. Balado-Naves, R., Baños-Pino, J.F. & Mayor, M. (2018). Do countries influence neighboring pollution? A spatial analysis of the EKC for CO2 emissions. *Energy Policy*, 123, 266-279.
6. Balogh, J.M. & Jambor, A. (2017). Determinants of CO2 Emission: A Global Evidence. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(5), 217-226.
7. Bello, M.O., Solarin, S.A. & Yen, Y.Y. (2018). The impact of electricity consumption on CO2 emission, carbon footprint, water footprint and ecological footprint: The role of hydropower in an emerging economy. *Journal of Environmental Management*, 219, 218-230.
8. Bimanatya, T.E. & Widodo, T. (2018). Fossil Fuels Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(4), 90-97.
9. Charfeddine, L., & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 139, 198-213.
10. Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 138-154.
11. Chen, J., Wang, P., Cui, L., Huang, S. & Song, M. (2018). Decomposition and decoupling analysis of CO2 emissions in OECD. *Applied Energy*, 231, 937-950.
12. Elhorst, J.P. (2010). Applied spatial econometrics: raising the bar. *Spatial Economic Analysis*, 5(1), 9-28.
13. Elhorst, J.P. (2014). *Dynamic spatial panels: models, methods and inferences*. In *Spatial Econometrics* (pp. 95-119). Springer, Berlin, Heidelberg.
14. Esmaeili, A., & Fathi, F. (2012). Relationship between Energy Consumption, Income and Carbon Dioxides Emission in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 43(2), 175-181. (In Farsi)
15. Farhani, S. (2013). Renewable energy consumption, economic growth and CO2 emissions: Evidence from selected MENA countries, *Energy Economics Letters*, No. 1, pp. 24-41.
16. Haghghat, J., Shokri, T., Khodaverdizadeh, M., & Khodaverdizadeh, S. (2017). The Effect of Tourism Development and Economic Growth on CO2 Emissions in Kuznets Curve in Selected Islamic Countries (Non-linear Approach PST). *Tourism Planning and Development*, 19, 8-32. (In Farsi)

17. Hanif, I. (2018). Impact of fossil fuels energy consumption, energy policies, and urban sprawl on carbon emissions in East Asia and the Pacific: A panel investigation. *Energy Strategy Reviews*, 21, 16-24.
18. Haug, A.A. & Ucal, M. (2019). The role of trade and FDI for CO2 emissions in Turkey: Nonlinear relationships. *Energy Economics*, 81, 297-307.
19. Iwata, H., Okada, K. & Samreth, S. (2012). Empirical study on the determinants of CO2 emissions: evidence from OECD countries. *Applied Economics*, 44, 3513-3519.
20. Jebli, M.B. & Youssef, S.B. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators*, 74, 295-301.
21. Kahia, M., Kadria, M., Ben Aissa, M.S., & Lanouar, C., (2017). Modelling the treatment effect of renewable energy policies on economic growth: Evaluation from MENA countries. *Journal of Cleaner Production*, 149, 845-855.
22. Kang, Y.Q., Zhao, T., & Yang, Y.Y. (2016). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. *Ecological Indicators*, 63, 231-239.
23. Kargar Dehbidi, N., & Esmaeili, A. (2017). The effects of economic growth, energy consumption, trade openness and urbanization on environmental pollution In the MENA region during the period 1995- 2012. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 47(4), 815-824. (In Farsi)
24. Kelejian, H.H., & Prucha, I.R. (2010). Spatial models with spatially lagged dependent variables and incomplete data. *Journal of geographical systems*, 12(3), 241-257.
25. Khan, I., Khan, N., Yaqub, A. & Sabir, M. (2019). An empirical investigation of the determinants of CO2 emissions: evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(9), 9099-9112.
26. Kim, Y., Ok, J., Vithanage, M., Park, Y., Lee, J. & Kwon, E.E. (2019). Modification of Biochar Properties Using CO2, *Chemical Engineering Journal*, 372, 383-389.
27. Kiviyiro, P. & Arminen, H. (2014). Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: causality analysis for Sub-Saharan Africa. *Energy*, 74, 595-606.
28. Kohansal, M. R., & Shayan, M. S. (2016). The Interplay Between Energy Consumption, Economic Growth And Environmental Pollution: Application Of Spatial Panel Simultaneous-Equations Model. *Journal of Iranian Energy Economics*, 5(19),179-216.
29. Lin, B., & Benjamin, N. L. (2019). Determinants of industrial carbon dioxide emissions growth in Shanghai: A quantile analysis. *Journal of Cleaner Production*, 217, 776-786.
30. 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.
31. Liu, Y., Xiao, H., Lv, Y., & Zhang, N. (2017). The effect of new-type urbanization on energy consumption in China: A spatial econometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 163, S299-S305.
32. Liu, Z., Zhang, Z., Jia, Z., Zhao, L., Zhang, T., Xing, W., Komarneni, S., Subhan, F. & Yan, Z. (2018). New strategy to prepare ultra-micro porous carbon by ionic activation for superior CO2 capture. *Chemical Engineering Journal*, 337, 290-299.
33. Magazzino, C. & Cerulli, G. (2019). The Determinants of CO2 Emissions in MENA Countries: A Responsiveness Scores Approach. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-13.
34. Mamipour, S., Beheshtipour, H., Feshari, M., & Amiri, H. (2019). Factors influencing carbon dioxide emissions in Iran's provinces with emphasis on spatial linkages. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
35. Mirshojaeian Hosseini, H., Rahbar, F., Pourrostami, N. (2012). Spatial Autocorrelation of CO2 Pollution through the Spatial Spillover of Goods Governance in Middle Eastern and North African Countries. *Journal of Environmental Studies*, 38(1), 83-92.
36. Mohammadi, H, and Tirgari M. (2013). The relationship between economic growth, trade liberalization and environmen pollution: review of selected Middle East countreis. *Energy and Environment Economics*, 2 (6), 183-207.
37. Mousavi, S.N. (2015). The effect of trade liberalization on the quality of the environment evidence developed and developing countries. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(3), 623-632. (In Farsi)
38. Omri, A. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models. *Energy economics*, 40, 657-664.
39. Paziienza, P. (2019). The impact of FDI in the OECD manufacturing sector on CO2 emission: Evidence and policy issues. *Environmental Impact Assessment Review*, 77, 60-68.
40. Perera, F. (2018). Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1-17.

41. Sasana, H., & Ghozali, I. (2017). The impact of fossil and renewable energy consumption on the economic growth in Brazil, Russia, India, China and South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 194-200.
42. Shahbazi, K., Hamidi Razi, D., Feshari, M. (2015). Investigating the Factors Affecting Air Pollution Emissions in Caspian Sea Countries: Panel Spatial Durbin Model. *Journal of Environmental Studies*, 41(1), 107-127.
43. Tamizi, A. (2019). Economic and Environmental Factors Determining the Amount of Carbon Dioxide Emissions in the MENA Countries. *Journal of Urban Economics and Management*, 7(26), 115-130.
44. Tobler, W.R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, 46, 234-240.
45. Uzar, U. & Eyuboglu, K. (2019). The nexus between income inequality and CO2 emissions in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 227, 149-157.
46. Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S. & Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO₂ emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
47. Wang, S., Zeng, J., Huang, Y., Shi, C. & Zhan, P. (2018). The effects of urbanization on CO₂ emissions in the Pearl River Delta: A comprehensive assessment and panel data analysis. *Applied Energy*, 228, 1693-1706.
48. World Bank. (2019). World Bank Database. <https://data.worldbank.org/> .
49. Yang, S., Wang, Y., Ao, W., Bai, Y. & Li, C. (2018). Prediction and Analysis of CO₂ Emission in Chongqing for the Protection of Environment and Public Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1-15.
50. Yang, Y., Zhou, Y., Poon, J., & He, Z. (2019). China's carbon dioxide emission and driving factors: A spatial analysis. *Journal of Cleaner Production*, 211, 640-651.
51. You, W. & Lv, Z. (2018). Spillover effects of economic globalization on CO₂ emissions: A spatial panel approach. *Energy Economics*, 73, 248-257.
52. Yu, Y., Deng, Y. & Chen, F. (2018). Impact of population aging and industrial structure on CO₂ emissions and emissions trend prediction in China. *Atmospheric Pollution Research*, 9(3), 446-454.
53. Yu, Y. and Xu, W. (2019). Impact of FDI and R&D on China's industrial CO₂ emissions reduction and trend prediction. *Atmospheric Pollution Research*, Available online 5 June 2019.
54. Zhao, X., Burnett, J.W., & Fletcher, J.J. (2014). Spatial analysis of China province-level CO₂ emission intensity. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 33, 1-10.
55. Zhang, J. (2015). Carbon emission, energy consumption and intermediate goods trade: a regional study of East Asia. *Energy Policy*, 86, 118-122.
56. Zhang, Y., Jin, Y., Chevallier, J. & Shen, B. (2016). The effect of corruption on carbon dioxide emissions in APEC countries: A panel quantile regression analysis. *Technological Forecasting & Social Change*, 112, 220-227.
57. Zhang, Q., Yang, J., Sun, Z., & Wu, F. (2017). Analyzing the impact factors of energy-related CO₂ emissions in China: what can spatial panel regressions tell us?. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1085-1093.
58. Zhou, C. & Wang, S. (2018). Examining the determinants and the spatial nexus of city-level CO₂ emissions in China: A dynamic spatial panel analysis of China's cities. *Journal of Cleaner Production*, 171, 917-926.