Impact of Energy Internet on Green Economic Growth in the Provinces of Iran: An Approach of Spatial Econometric

Seyed Kamal Sadeghi*[1] **Mohamad Kareem Khozayr[2]**

[1] Prof. in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran, Email: sadeghiseyedkamal@gmail.com, **Orcid:** https://orcid.org/0009-0009-1034-5321.

[2] M.Sc. Student in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran, Email: mohamed.kreem1992@gmail.com, **Orcid:** https://orcid.org/0009-0006-5504-7641.

Abstractn:

In recent decades, due to the increasing negative effects of economic growth on the environment quality, green economic growth has become the most important goal of all countries in the world. Accordingly, this study aims to investigate the impact of energy internet on green economic growth and the role of of digital economy in accelerating this influence in the provinces of Iran during the period of 1385-1401 the approach of Spatial Durbin Model. Spatial method is an econometric technique that is used in data that has a spatial component and there is a possibility of spatial correlation in the desired regression model. SDM model explains the changes of the dependent variable as a linear combination of neighboring provinces. In this method, the lag of dependent variable and independent variables are also included in the model. According to the results, the spatial dependence between provinces is confirmed. It means that green economic growth of the provinces is affected by the conditions of the neighboring provinces. Moreover, the findings show that energy internet has a positive and significant effect on green economic growth. Moreover, an increase in digital economy makes the role of the internet of energy more prominent in increasing green economic growth. In addition, the variables of urbanization and trade openness have negative and significant effects, and the variables of financial development and education have positive and significant effects on green economic growth. According to the results, it is recommended to policymakers that develop ICT in the field of economics, increase R&D in the field of Energy Internet, reduce the export of environmentally polluting goods and services, promot the financial development of the provinces, increase the living standards in the rural areas, and increase people's awareness about environmental issues.

Keywords: Digital Economy, Energy Internet Environment, Green Economic Growth, Spatial Durbin Model.

JEL Classification: C21, C23, O44.

(In Press)

Extended Abstract

1. Introduction

In recent decades, due to the increasing environmental deterioration and the irreparable effects of economic growth on the quality of the environment, green economic growth has become the most important goal of all countries in the world. In this regard, researchers seek to find solutions to improve the quality of environment without reducing economic growth. Issues such as climate change and global warming, increasing greenhouse

[1] Corresponding Author: Seyed Kamal Sadeghi **E-mail:** sadeghiseyedkamal@gmail.com
Address: Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, 29 Bahman Boulevrd, Tabriz, East Azerbaijan, Postal Code: 16471-51666, Iran.

gases emissions, water pollution, and deforestation are examples of environmental problems, most of which are caused by human activities and have affected the whole world in recent decades. In the meantime, energy production and consumption is considered as one of the main sources of environmental destruction, and therefore, the use of clean and high-efficiency energy production process is vital to achieve green economic growth. Iran, like many countries with natural resources, due to the ease of access to fossil fuels on one hand, and the lack of a suitable energy consumption pattern on the other hand, witnesses an excessive increase in energy consumption and energy supply without applying optimal management. Now, due to the increase in energy consumption and the decrease in non-renewable sources of energy, one of the most important solutions to deal with the crisis of inefficient production and excessive energy consumption is the Internet of Energy. Digital economics facilitates entering this path and makes it possible to establish a balance between the supply and demand of energy. In addition, digital economics helps to create an effective operation model through promoting the effective interaction of distributed energy, flexible resources and energy networks, and as a result, it can make a strong link between the Energy Internet and Green economic growth. Accordingly, this study aims to investigate the impact of energy internet on green economic growth and the role of digital economy in accelerating this influence in the provinces of Iran during the period of 1385-1401 the approach of Spatial Durbin Model.

2. Method

The present study examines the relationship between Internet Energy and green economic growth, as well as the role of digital economics considering spatial effects. Therefore, Spatial Durbin Model (SDM) is used. Spatial method is an econometric technique that is used in data that has a spatial component and there is a possibility of spatial correlation in the desired regression model. SDM model explains the changes of the dependent variable as a linear combination of neighboring provinces. In this method, the lag of dependent variable and independent variables are also included in the model. The model that is estimated in the present study is derived from the model introduced by Wang et al. (2022).

3. Findings

Before reporting the final results, applying Im-Pesaran-Shin and Levin-Lin-Chu unit root test, and also using the second generation unit root test of Pesaran (2003), the stationarity of all variables were confirmed. Then, comparing AIC and BIC criteria, it was concluded that SDM is the best model among different spatial models. According to the results of the estimation, the spatial dependence between provinces is confirmed. It means that green economic growth of the provinces is affected by the conditions of the neighboring provinces. Therefore, it can be stated that the closer province A is to province B and also the more economic condition of province A is to province B, the greater will be the impact of the green growth of province B on the green growth of province A. Moreover, the findings show that energy internet has a positive and significant effect on green economic growth with the coefficient of 0.148. The coefficient related to the multiplication of internet of energy and digital economy is also positive and significant. It means that the increase in digital economy makes the role of the internet of energy more prominent in increasing green economic growth. In addition, the variables of urbanization and trade openness have negative and significant effects, and the variables of financial development and education have positive and significant effects on green economic growth. Therefore, it can be explained that the effect of increasing urbanization on green growth is negative due to the expansion of industrialization and polluting factors such as more use of cars, increase in urban sewage, and such factors. Trade openness also has negative effect on green growth, because developing economies sometimes turn to polluting industries to improve their international trade. In addition, the increase of exports requires the use of more natural resources and energy. Moreover, education leads to more awareness of people about environmental issues, and this can save energy consumption and reduce environmental degradation. In addition, the positive effect of financial development on green growth shows that banks and financial institutions focus on environmental issues to some extent in granting

their facilities, and therefore, financial development in the provinces causes more investment in environmentally friendly projects and this increases green growth.

4. Conclusion

According to the results, following policy recommendations are presented:

• To develop information and communication technology in the field of economics

• To Attract more researchers and increase research and development in the field of Energy Internet

• To reform existing laws and regulations in order to reduce the export of environmentally polluting goods and services

• To promote the financial development of the provinces in order to perform environmentally friendly projects

• To improve the facilities and increase the living standards in the rural areas in order to deal with the increasing migration to the cities

• To focus on education sector and increase people's awareness in the field of environmental issues

Funding: There is no funding support

Conflict of interest: Authors declared no conflict of interest

Authors' contribution: Authors contributed to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

(In Press) در حال انتشار

تأثیر اینترنت انرژی بر رشد اقتصادی سبز در استان‌های ایران: رویکرد اقتصادسنجی فضایی

سید کمال صادقی[*1] **محمد کریم خضیر**[2]

[1] استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل: sadeghiseyedkamal@gmail.com. شناسه ارکید: https://orcid.org/0009-0009-1034-5321

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل: mohamed.kreem1992@gmail.com. شناسه ارکید: https://orcid.org/0009-0006-5504-7641

چکیده

اهداف: در دهه‌های اخیر، با توجه به اثرات منفی رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست، رشد اقتصادی سبز به مهم‌ترین هدف همه کشورهای جهان تبدیل شده است. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر اینترنت انرژی در رشد اقتصادی سبز و بررسی نقش اقتصاد دیجیتال در تسریع این تأثیر در استان‌های ایران در دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۸۵ با استفاده از روش اقتصادسنجی مدل دوربین فضایی (SDM) بوده است.

روش مطالعه: روش فضایی یک تکنیک اقتصادسنجی است که در داده‌هایی که دارای مؤلفه مکانی هستند و امکان همبستگی فضایی در مدل رگرسیونی مورد نظر وجود دارد، استفاده می شود. مدل SDM تغییرات متغیر وابسته را به صورت ترکیب خطی استان‌های همجوار توضیح می‌دهد. در این روش وقفه متغیر وابسته و متغیر مستقل نیز در مدل گنجانده شده است.

یافته‌ها: یافته‌ها وابستگی فضایی بین استان‌ها را تأیید می‌کنند. به این مفهوم که رشد اقتصادی سبز استان‌ها از شرایط استان‌های مجاور تأثیر می‌پذیرد. می‌توان این نتیجه را این‌گونه توضیح داد که هرچه استان اول به استان دوم نزدیک‌تر باشد و همچنین شرایط اقتصادی مشابه‌تری با آن داشته باشد، رشد سبز استان اول به میزان بیشتری از استان دوم، تأثیر می‌پذیرد. همچنین، اینترنت انرژی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی سبز دارد و گسترش اقتصاد دیجیتال این ارتباط را تقویت می‌کند. علاوه بر این، متغیرهای شهرنشینی و باز بودن تجاری تأثیر منفی بر رشد اقتصادی سبز دارند، اما متغیرهای توسعه مالی و آموزش تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی سبز دارند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود که اقداماتی در راستای توسعه ICT در حوزه اقتصاد، افزایش تحقیق و توسعه در حوزه اینترنت انرژی، کاهش صادرات کالاها و خدمات آلاینده، ارتقای توسعه مالی استان‌ها، افزایش سطح زندگی در روستاها و افزایش آگاهی مردم نسبت به مسائل زیست‌محیطی اتخاذ نمایند. پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اقتصاد دیجیتال، اینترنت انرژی، رشد اقتصادی سبز، محیط زیست، مدل دوربین فضایی.

طبقه‌بندی JEL: C21، C23، O44.

[*1] نویسنده مسئول: سید کمال صادقی **ایمیل:** sadeghiseyedkamal@gmail.com

آدرس: دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، کد پستی: ۱۶۴۷۱-۵۱۶۶۶.

(In Press) در حال انتشار

مقدمه

در دهه‌های اخیر، با توجه به افزایش بحران محیط زیست و اثرات جبران‌ناپذیر رشد اقتصادی بر محیط زیست، رشد اقتصادی سبز به مهم‌ترین هدف کشورهای جهان تبدیل شده است. در همین راستا، محققان و سیاست‌گذاران، به دنبال یافتن راهکارهایی برای ارتقای کیفیت محیط زیست بدون کاهش رشد اقتصادی بوده‌اند. مسائلی از قبیل تغییرات آب و هوا و گرم شدن کره زمین، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی آب، و جنگل‌زادیی نمونه‌هایی از معضلات محیط زیست می‌باشند که بخش عمده‌ای از آن‌ها ناشی از فعالیت‌های بشری بوده و در دهه‌های اخیر سراسر جهان را تحت تأثیر قرار داده‌اند. دمای کره زمین از زمان انقلاب صنعتی به طور متوسط حدود ۰/۹ درجه سانتیگراد گرم شده است و در صورتی که کشورهای جهان، روند کنونی را ادامه داده و سیاست‌های مناسبی را اتخاذ نکنند، تا پایان قرن به بیش از ۴ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت و فاجعه‌هایی همچون بالا آمدن آب دریاها، ذوب شدن یخچال‌های طبیعی، کاهش تولید مواد غذایی، و انقراض گونه‌ها را به دنبال خواهد داشت (ژنگ[1] و همکاران، ۲۰۲۲). در این میان، تولید و مصرف انرژی یکی از منابع اصلی تخریب محیط زیست قلمداد می‌شود و بنابراین، استفاده از فرایند تولید انرژی پاک و دارای راندمان بالا برای دستیابی به رشد اقتصادی سبز حیاتی است. ایران نیز مانند بسیاری از کشورهای دارای منابع طبیعی، با توجه به سهولت دسترسی به منابع طبیعی فسیلی از یک سو و فقدان الگوی مصرف انرژی مناسب از سوی دیگر، به ویژه در سال‌های اخیر، شاهد افزایش بی‌رویه مصرف انرژی و تأمین انرژی بدون اعمال مدیریت بهینه بوده است. ادامه این روند می‌تواند منجر به وقوع یک بحران جدی انرژی در کشور گردد (حسینی، ۱۳۸۷).

حال با توجه به افزایش روزافزون مصرف انرژی و کاهش منابع تجدیدناپذیر انرژی همچون نفت، یکی از مهم‌ترین راهکارهای مقابله با بحران تولید ناکارا و مصرف بی‌رویه انرژی و آثار مخرب آن، اینترنت انرژی است. اینترنت انرژی مفهومی است که به عنوان یک راهکار آینده مصرف انرژی، در راستای مدیریت تولید، توزیع و مصرف انرژی پدید آمده و اهداف پایداری توسعه را فراهم می‌کند (تقوی و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین، ترویج برنامه‌ریزی و ساخت اینترنت انرژی برای خدمت و حمایت از توسعه انرژی پاک یک منطق اساسی و اجتناب‌ناپذیر برای حل معضل انرژی فسیلی و همچنین دستیابی به رشد اقتصادی سبز است (فرهان[2] و همکاران. ، ۲۰۱۸). اقتصاد دیجیتال و رشد فزاینده اقتصاد مبتنی بر فناوری شبکه‌های هوشمند، ورود به این مسیر را تسهیل نموده و این امکان را فراهم می‌کند که با استفاده از تکنولوژی‌های اقتصادی موجود در زمینه اینترنت، تعادلی بین عرضه و تقاضای انرژی برقرار گردد و در نتیجه دستیابی به توسعه پایدار تسریع گردد. بنابراین، می‌توان بیان نمود که توسعه اینترنت انرژی در بستر اقتصاد دیجیتال، نه تنها از الگوهای تولید و مصرف انرژی، به‌طور مؤثرتری استفاده می‌شود، بلکه تحول

[1] Zheng
[2] Farhan

(In Press) در حال انتشار

منجر به تحول انرژی و به دنبال آن دستیابی به رشد اقتصادی سبز نیز می‌گردد. (ولاسوف[1] و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این، اقتصاد دیجیتال، به ایجاد یک مدل عملیات مؤثر از طریق ابزارهای مبتنی بر بازار، و ترویج تعامل مؤثر انرژی توزیع‌شده، منابع انعطاف‌پذیر و شبکه‌های انرژی کمک می‌کند و در نتیجه، می‌تواند یک پیوند قوی بین اینترنت انرژی و رشد اقتصادی سبز ایجاد شد (علی[2] و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات بسیار کمی وجود دارد که به تحلیل تجربی موضوع اینترنت انرژی و تأثیر آن بر رشد اقتصادی سبز بپردازند و علاوه بر آن، نقش اقتصاد دیجیتال را نیز بررسی نماید. بر این اساس، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی نقش اینترنت انرژی در رشد اقتصادی سبز و نقش میانجی اقتصاد دیجیتال بر آن در استان‌های ایران در دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۸۵ با بکارگیری روش اقتصادسنجی فضایی SDM می‌باشد. سازماندهی پژوهش حاضر به این صورت است که بعد از مقدمه، مروری بر ادبیات نظری و تجربی تحقیق انجام می‌گیرد. سپس به توضیح روش مورد استفاده برای برآورد مدل پرداخته می‌شود. در بخش چهارم، یافته‌های تحقیق، گزارش و تجزیه و تحلیل گردیده و در نهایت، خلاصه و پیشنهادات سیاستی ارائه می‌گردد.

پیشینه پژوهش

پیشینه نظری

رشد سریع اقتصاد جهانی از دهه ۱۹۵۰ تا کنون، بسیاری از نیازهای مادی بشر را تأمین نموده است، اما در مقابل، همه کشورهای جهان هزینه سنگینی از لحاظ منابع طبیعی، محیط زیست و سلامتی انسان‌ها پرداخت کرده‌اند. بر این اساس، امروزه سازمان‌های بین‌المللی و همچنین دولت‌های کشورهای مختلف به دنبال وضع قوانینی هستند که ضمن رشد اقتصادی، کمترین آسیب به منابع طبیعی و محیط زیست وارد شود. به عنوان مثال، در سال ۲۰۰۸، سازمان ملل[3] و بانک جهانی[4] مفهوم اقتصاد سبز را تبیین نمودند. اقتصاد سبز یک الگوی اقتصادی از توسعه پایدار که می‌تواند مزایای اقتصادی، اجتماعی و زیست-محیطی عظیمی به همراه داشته باشد (لین و ژو[5]، ۲۰۲۲).

در این میان، اینترنت انرژی یکی از جدیدترین موضوعاتی است که به عنوان عامل مهم مؤثر بر رشد اقتصادی سبز شناخته شده است. اینترنت انرژی به ترکیبی از فناوری و توزیع انرژی است و نسخه نوینی از انرژی با توان بالاتر، سازگاری بیشتر با محیط زیست، و دارای بیشترین ویژگی‌های انرژی تجدیدپذیر است که می‌تواند به عنوان یک رویکرد یکپارچه، نقش قابل توجهی در توسعه پایدار ایفا کند (تقوی و همکاران، ۱۳۹۹). امروزه کاهش روزافزون منابع انرژی تجدیدناپذیر از یک سو و افزایش بی‌رویه مصرف انرژی از سوی دیگر، و همچنین گرمایش جهانی به عنوان عمده‌ترین مشکل زیست‌محیطی ناشی از

[1] Vlasov
[2] Ali
[3] United Nations Environment Program
[4] World Bank
[5] Lin and Zhou

(In Press) در حال انتشار

تولید و مصرف فزاینده انرژی، باعث شده است که محققان به دنبال استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات و اینترنت اشیاء در جهت ارائه راهکارهایی برای مقابله با اتلاف منابع و استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید انرژی باشند. در واقع ترکیب فناوری اطلاعات و ارتباطات با با اینترنت اشیاء، و برقراری تعادل بین تولید، توزیع، و مصرف انرژی، به اینترنت انرژی معروف است (حبیبی و احمدی‌فر، ۱۳۹۸). به عبارت دیگر، بر اساس تعریف هانان[1] و همکاران (۲۰۱۸)، اینترنت اشیاء که به مفهوم بستری است که در آن، اشیاء از طریق آدرس‌های اینترنتی قابل شناسایی و دسترسی هستند، در شبکه هوشمند توسعه پیدا می‌کند و اینترنت انرژی را به وجود می‌آورد. ایده ساخت اینترنت انرژی بعد از حادثه خاموشی ایالات متحده و کانادا در سال ۲۰۰۳، مطرح شد و اولین بار توسط جرمی ریفکین[2] در کتابی با عنوان «انقلاب صنعتی سوم: قدرت جانبی چگونه انرژی، اقتصاد و جهان را متحول می‌کند» که در سال ۲۰۱۱ منتشر شد، به طور سیستماتیک مورد بحث قرار گرفت. ریفکین معتقد بود که اینترنت انرژی یک سیستم استفاده از انرژی جدید است که انرژی‌های تجدیدپذیر، نیروگاه‌های توزیع شده، هیدروژن، فن‌آوری-های ذخیره‌سازی و وسایل نقلیه الکتریکی را با فناوری اینترنت ادغام می‌کند (ژو[3] و همکاران، ۲۰۱۶). با مشکلات فزاینده مربوط به منابع طبیعی و محیط زیست ناشی از تولید برق متمرکز در مقیاس بزرگ که بخش عمده‌ای از آن ناشی از فعالیت-های اقتصادی بوده است، ساختن یک سیستم انرژی پاک‌تر ضروری به نظر می‌رسید و بنابراین، توسعه سریع فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند نیروی باد و انرژی خورشیدی، توسعه تولید برق پراکنده و ریزشبکه‌ها را ممکن کرده و اتکا به انرژی فسیلی را کاهش داده است. بنابراین، می‌توان بیان نمود که اینترنت انرژی یک گام اساسی در راستای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی رشد اقتصادی به شمار می‌رود. در حالت کلی، اینترنت انرژی را می‌توان به عنوان یک سیستم توزیع انرژی پاک از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات تعریف نمود. برای بررسی تأثیر اینترنت انرژی بر رشد اقتصادی سبز، بررسی تأثیرات زیست‌محیطی انرژی ضروری به نظر می‌رسد. اول این که انرژی، به عنوان یک عامل تولید و نهاده جایگزین، یک محرک کلیدی رشد اقتصادی است. مطالعات متعددی همچون اعظم[4] (۲۰۱۹) و وو[5] و همکاران (۲۰۲۱) بیان کرده‌اند که نقش مهم انرژی در رشد اقتصادی، در سرمایه‌گذاری و مصرف انرژی منعکس می‌شود. اگر در بخش انرژی سرمایه‌گذاری ناکافی انجام گیرد، کمبود تولید انرژی منجر به کاهش رشد اقتصادی خواهد شد. علاوه بر این، تولید ناکارای انرژی که می‌تواند ناشی از تولید بیش از حد و همچنین تولید از طریق سوخت‌های فسیلی و به روش ناپاک باشد، استفاده غیربهینه از عوامل تولید را در پی دارد. بر این اساس، افزایش سرمایه‌گذاری در تولید انرژی‌های جدید، علاوه بر این که به رشد اقتصادی کمک می‌کند، در تقویت اقتصاد سبز و مبارزه با آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز، حیاتی است (وانگ[6] و همکاران، ۲۰۲۲). اورباچ و ساتر[7] (۲۰۰۶)

[1] Hannan
[2] Jeremy Rifkin
[3] Zhou
[4] Azam
[5] Wu
[6] Wang
[7] Awerbuch and Sauter

در مطالعه خود اظهار داشته‌اند که جایگزین کردن گاز و نفت و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند از زیان‌های پرهزینه اقتصاد کلان ناشی از اثر نفت بر تولید ناخالص داخلی جلوگیری نماید.

در این میان، اقتصاد دیجیتال را می‌توان به عنوان یک عامل مؤثر در تشدید رابطه بین اینترنت انرژی و رشد اقتصادی سبز در نظر گرفت. اقتصاد دیجیتال یک تحول جهانی در حوزه اقتصاد است که به مفهوم اقتصاد مبتنی بر یک شبکه جهانی از اقتصاد و فناوری اطلاعات و ارتباطات است. مبنای اساسی اقتصاد دیجیتال انفجار ارتباط اقتصادی و پیوستگی افراد از طریق اینترنت، تلفن همراه و اینترنت اشیاء می‌باشد (کسار[1] و همکاران، ۲۰۲۰). اقتصاد دیجیتال از طریق گسترش مقیاس و دامنه کاربرد خود، نیروی محرکه جدید برای رشد اقتصادی آینده می‌باشد. (مبانیله و وانگ[2]، ۲۰۲۲). اقتصاد دیجیتال انواع جدیدی از انرژی پاک را برای رشد اقتصادی سبز امکان‌پذیر می‌کند. موختورونا[3] (۲۰۲۱) و رن[4] و همکاران (۲۰۲۲) استدلال می‌کنند که اقتصاد اقتصاد دیجیتال به مفهوم گسترش زیرساخت‌های اطلاعاتی مانند دستگاه‌های ارتباطی، زیرساخت‌های مخابراتی و اینترنت، منجر به فعالیت‌های کارآمدتر اقتصادی و کاهش هزینه‌های تولید شده و رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. حال اگر اقتصاد دیجیتال در حوزه اینترنت انرژی مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند از طریق کمک به بهبود کیفیت محیط زیست، در توسعه پایدار و رشد اقتصادی سبز نیز مؤثر باشد. نظام[5] و همکاران (۲۰۲۰) بیان می‌کنند که اقتصاد دیجیتال می‌تواند به طور مداوم آلودگی جهانی را با تسریع نوآوری فناوری سبز در مدیریت منابع زیست‌محیطی کاهش دهد. بنابراین بر اساس دیدگاه‌های موجود، اقتصاد دیجیتال می‌تواند از طریق تأمین زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات برای اینترنت انرژی به رشد اقتصادی سبز کمک کند.

به طور خلاصه، می‌توان بیان نمود که اینترنت انرژی از طریق مدیریت تولید، توزیع، و مصرف انرژی پاک به بهبود رشد اقتصادی سبز کمک می‌کند و در این میان، اقتصاد دیجیتال می‌تواند از طریق ارتقای اینترنت انرژی این رابطه را تشدید نماید.

پیشینه تجربی

الف) مطالعات خارجی

وانگ و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از آمار و اطلاعات مربوط به ۳۰ استان چین در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۶ و با بکارگیری مدل دوربین پویای فضایی به شناسایی تأثیر اینترنت انرژی و اقتصاد دیجیتال بر رشد اقتصادی سبز پرداخته و دریافتند که نه تنها رشد اقتصادی سبز در دوره قبل تأثیر معنی‌داری بر رشد اقتصادی سبز در دوره جاری دارد، بلکه این متغیر در یک منطقه

[1] Cassar
[2] Mbanyele and Wang
[3] Mukhtorovna
[4] Ren
[5] Nizam

(In Press) در حال انتشار

بر رشد اقتصادی سبز در مناطق هم‌جوار خود نیز مؤثر است. علاوه بر این، اینترنت انرژی و اقتصاد دیجیتال تأثیر مثبت و معنی‌داری بر متغیر وابسته دارند و یک رابطه غیرخطی بین اینترنت انرژی، اقتصاد دیجیتال، و رشد اقتصادی سبز وجود دارد. لین و ژو (۲۰۲۲) یک سیستم شاخص جامع اقتصاد سبز ایجاد کرده و با بکارگیری رویکرد TOPSIS وزنی آنتروپی به ارزیابی رشد اقتصادی سبز از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ در چین پرداخته و دریافته‌اند که از قرن ۲۱، اقتصاد سبز چین به طور مداوم بهبود یافته است و تمدن اکولوژیکی و پیشرفت اجتماعی پشتوانه اصلی رشد اقتصادی سبز هستند. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه، تفاوت‌های آشکار منطقه‌ای در رشد اقتصادی سبز وجود دارد و منطقه شرقی بهتر از مناطق مرکزی و غربی است، اما این تفاوت‌ها در حال کاهش است. همچنین اندازه جمعیت، سطح توسعه اقتصادی، نوآوری تکنولوژیک، ساختار صنعتی، شهرنشینی، مقررات زیست‌محیطی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد اقتصادی سبز تأثیر دارند، اما اثر فضایی هر یک از عوامل تأثیرگذار متفاوت است.

یانگ[1] و همکاران (۲۰۲۱) با در نظر گرفتن استاندارد[2] NEDC و با بکارگیری مدل نامطلوب SBM برای اندازه‌گیری معیار بهره‌وری عوامل، و همچنین مدل PSM-DID و مدل اثر واسطه‌ای تأثیر اجرای استاندارد مذکور بر بهره‌وری کل عوامل سبز در ۱۰۶ شهر مبتنی بر منابع چین دردوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داده است که NEDC می‌تواند از طریق اثرات ساختاری، اثرات نوآوری تکنولوژیکی، و اثرات حمایت مالی، به طور قابل توجهی بهره‌وری کل عوامل سبز را بهبود بخشد. در حالت کلی، این مطالعه تأیید می‌کنند که سیاست مربوط به انرژی جدید، در شهرهای مبتنی بر منابع می‌تواند رشد اقتصادی سبز را به طور قابل توجهی بهبود بخشد.

ماگنانی و وانو[3] (۲۰۱۳) با بکارگیری روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و با استفاده از آمار و اطلاعات مربوط به ۲۰ منطقه ایتالیا در دوره زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ به بررسی اثرات سرریز منطقه‌ای تولید انرژی تجدیدپذیر در ایتالیا پرداخته و دریافتند که تولید انرژی‌های تجدیدپذیر محدودیت‌های تراز پرداخت‌ها را کاهش می‌دهد و کاهش مواجهه اقتصادهای منطقه با نوسانات قیمت سوخت فسیلی و کاهش اثرات منفی محیطی و بهداشتی ناشی از منابع انرژی فسیلی سنتی بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارد.

ب) مطالعات داخلی

کلانتری‌پور و همکاران (۱۴۰۲) با بکارگیری روش خودرگرسیون با وقفه گسترده (ARDL) به بررسی اثر شاخص نوآوری و اقتصاد دانش‌بنیان بر رشد اقتصادی سبز در سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۵ در ایران پرداخته و دریافتند که کشش‌های جزئی تولید برای نهاده‌های مصرف انرژی سوخت، نیروی کار، موجودی سرمایه، سرمایه انسانی، شاخص نوآوری جهانی و شاخص تحصیلات

[1] Yang
[2] New Energy Demonstration City
[3] Magnani and Vaona

(In Press) در حال انتشار

همان ضرایب متغیرها در تابع تولید است. با توجه به ثابت بودن کشش‌های نهاده‌ها در تابع کاب-داگلاس، این مطالعه استدلال کرده است که کشش تولید سبز با یک وقفه، سرمایه انسانی، شاخص نوآوری جهانی، شاخص نوآوری جهانی با یک وقفه، شاخص‌های تحصیلات و تحصیلات با یک وقفه، به ترتیب ۰/۲۲، ۰/۲۱، ۰/۱۸، ۰/۳۵، ۰/۵۱، و ۰/۹۷ می‌باشند.

تقوی و همکاران (۱۳۹۹) به ارائه مدل اینترنت انرژی برای مدیریت بهینه انرژی با استفاده از رویکرد ساختاری-تفسیری و مصاحبه با خبرگان پرداخته و مجموعه‌ای از شاخص‌های کاربردی مفهوم اینترنت انرژی راشناسایی کردند. این مطالعه با استفاده از الگوی روابط علی با تکنیک دیمتل فازی دریافتند که وجود سرورهای اینترنتی قدرتمند در کشور، تجهیز لوازم مصرفی به اینترنت، و نظارت بر خط بر میزان مصرف انرژی هر فرد در سطح نخست قرار گرفته و پایه‌ای‌ترین شاخص‌ها جهت پیاده‌سازی مفهوم اینترنت انرژی هستند. همچنین این مطالعه استدلال کرده است که وجود این شاخص‌ها به وجود منابع مالی و عزم و اراده قوی در سطح کلان نیازمند است.

حبیبی و احمدی‌فرد (۱۳۹۸) با بکارگیری رویکرد مبتنی بر پارادایم تفسیری و مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان حوزه مدیریت دولتی به ارائه الگوی پیاده‌سازی اینترنت انرژی در سازمان‌های دولتی کشور پرداخته و به این نتیجه رسیدند که ۱۷ مقوله و ۱۵۹ رابطه به عنوان شاخص‌های الگوی اینترنت انرژی وجود دارد. شاخص پیاده‌سازی صحیح اینترنت انرژی در سازمان‌های دولتی از بیشترین وابستگی و کمترین نفوذ برخوردار است. همچنین بر اساس نتایج، شاخص دسترسی به امکانات و تجهیزات سخت‌افزاری به روز با ۱۹ رابطه در کانون روابط مدل خوشه‌ای قرار گرفته است.

روش مطالعه

مطالعه حاضر به بررسی رابطه اینترنت انرژی در رشد اقتصادی سبز و همچنین نقش اقتصاد دیجیتال در این رابطه با در نظر گرفتن اثرات فضایی می‌پردازد. به این منظور، از روش اقتصادسنجی فضایی دوربین (SDM) استفاده می‌شود. علت استفاده از این روش، آن است که بر اساس ماهیت شرایط محیط زیست و همچنین با توجه به مطالعاتی همچون وانگ و همکاران (۲۰۲۲)، انتظار می‌رود که وضعیت توسعه پایدار و به ویژه شرایط زیست‌محیطی یک منطقه، از وضعیت توسعه پایدار، به ویژه شرایط اقتصادی (همچون درآمد) و شرایط زیست‌محیطی (همچون آلودگی) در مناطق مجاور خود تأثیر بپذیرد. اقتصادسنجی فضایی به مفهوم نوعی تکنیک اقتصادسنجی می‌باشد که در داده‌هایی استفاده می‌شود که دارای جزء مکانی هستند و احتمال وجود رابطه متقابل فضایی در مدل رگرسیون مورد نظر وجود دارد. در حالت کلی، مدل رگرسیون فضایی به صورت معادله (۱) تصریح می‌شود:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \rho \sum_{j=1}^{n} W_{ij} Y_{jt} + \sum_{k=1}^{K} X_{itk} \beta_k + \sum_{k=1}^{K} \sum_{j=1}^{n} W_{ij} X_{itk} \theta_k + \mu_i + \theta_i + \varepsilon_{it} \qquad \text{معادله (۱)}$$

مدل SDM تغییرات متغیر وابسته را به صورت ترکیب خطی از استان‌های همسایه توضیح می‌دهد. در الگوی دوربین فضایی وقفه فضایی متغیر وابسته و متغیرهای مستقل نیز وارد الگو می‌شوند. مدلی که در مطالعه حاضر برآورد خواهد شد، برگرفته از

مدل معرفی شده توسط وانگ و همکاران (۲۰۲۲) می‌باشد. در این مطالعه، دو ویژگی تحرک جغرافیایی و تأخیر زمانی در گرفته می‌شود و بنابراین، رشد اقتصادی سبز دوره قبل نیز در رگرسیون گنجانده می‌شود تا از این طریق تورش احتمالی ناشی از برآورد ایستای فضایی از بین برود. بنابراین، مدل تحت بررسی این مطالعه، به شکل معادله (۲) خواهد بود:

$$GEG_{it} = \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^{n} W_{ijt} GEG_{it} + \alpha_1 GEG_{it-1} + \alpha_2 EI_{it} + \alpha_3 DE_{it} + \alpha_4 \sum_{i \neq j}^{N} W_{ijt} EI_{it} + \alpha_5 \sum_{i \neq j}^{N} W_{ijt} DE_{it} + \alpha_6 EI_{it} * DE_{it} + \sum_{k=1}^{6} \delta_{it} X_{it} + \mu_i + \theta_i + \varepsilon_{it} \quad \text{معادله (۲)}$$

در اینجا، i و t به ترتیب استان و سال مورد نظر را نشان می‌دهند. GEG، نشان‌دهنده رشد اقتصادی سبز، EI نشان‌دهنده اینترنت انرژی، و DE نشان‌دهنده اقتصاد دیجیتال است. علاوه بر این، X نشان‌دهنده متغیرهای کنترل می‌باشد که عبارتند از نرخ شهرنشینی (UR)، درجه باز بودن تجاری (OP)، توسعه مالی (FI)، زیرساخت‌ها (IN)، حمایت دولت (GOV) و آموزش به عنوان سرمایه انسانی (EDU) است.

ماتریس فضایی مورد استفاده در این مطالعه بر اساس مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۲۲)، به صورت حاصل ضرب عناصر دو ماتریس جداگانه خواهد بود. ماتریس اول (W1)، ماتریس وزنی فاصله جغرافیایی است که روابط جغرافیایی بین مناطق را نشان می‌دهد. عناصر این ماتریس، به صورت معکوس مربع فاصله مراکز دو استان متناظر تعریف می‌گردد. ماتریس دوم (W2)، ماتریس وزن جغرافیای اقتصادی است. این ماتریس، تعامل فضایی با اقتصادهای مجاور را نشان می‌دهد.

$$W1 = \begin{cases} 0 . i = j \\ 1 / d_{ij}^2 . i \neq j \end{cases} \quad \text{معادله (۳)}$$

$$W2 = \begin{cases} 1 . i = j \\ 1 / |rgdp_i - rgdp_j| + 1 . i \neq j \end{cases}$$

$$W = W1 \times W2$$

در اینجا d فاصله جغرافیایی بین مرکز دو استان i و j، و rgdp میانگین تولید ناخالص داخلی استان در دوره تحت بررسی را نشان می‌دهد.

شایان ذکر است که برای تأیید اعتبار مدل برآورد شده، لازم است قبل از گزارش نتایج نهایی، آزمون‌های ریشه واحد مربوط به متغیرها انجام گیرد. همچنین برای انتخاب بین دو رویکرد اثرات ثابت و اثرات تصادفی، از آزمون هاسمن استفاده می‌گردد. مدل اثرات ثابت فضایی، این امکان را می‌دهد که ویژگی انفرادی واحدهای تحت بررسی با یکدیگر متفاوت باشند و عرض از مبدأ متفاوتی برای هر گروه وجود داشته باشد. اما در روش اثرات تصادفی فضایی، ویژگی‌های انفرادی واحدهای مورد بررسی، در جمله خطا وارد می‌شود. همچنین برای آزمون همبستگی فضایی، از شاخص موران استفاده می‌شود. علاوه بر این، جهت اطمینان از صحت انتخاب مدل مناسب از بین مدل‌های فضایی مختلف، بررسی معیارهای آکائیک[1] (AIC) و بیزین[1] (BIC) نیز ضروری است.

[1] Akaike Information Criterion

متغیرهای مورد استفاده در مدل پژوهش حاضر عبارتند از:

رشد اقتصادی سبز: رشد اقتصادی سبز ترکیبی از وضعیت اقتصادی و کیفیت محیط زیست می‌باشد. همانطور که قبلا ذکر شد، برای اندازه‌گیری این متغیر دو روش وجود دارد. مطالعه حاضر از مفهوم بهره‌ری کل عوامل سبز برای تعیین این شاخص استفاده می‌کند. بهره‌وری کل عوامل سبز نشان‌دهنده کارایی رشد و عوامل زیست‌محیطی است. برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل سبز در این مطالعه، از شاخص بهره‌وری مالمکوییست[۲] استفاده می‌گردد. به این صورت که با توجه به در نظر گرفتن عوامل زیست‌محیطی رشد اقتصادی، متغیرهای سرمایه، نیروی کار، و مصرف انرژی به عنوان نهاده‌های تولید در نظر گرفته می‌شود و تولید ناخالص داخلی به عنوان ستانده مطلوب و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به عنوان ستانده نامطلوب وارد مدل شده و بهره‌وری عوامل برای هر دوره و هر استان، به روش مالمکوییست محاسبه می‌شود. متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه رشد اقتصادی سبز در جدول (۱) نشان داده شده است. شایان ذکر است که در بخش نهاده‌ها، با توجه به محدودیت داده‌های موجود از یک سو و اهمیت بخش صنعت نسبت به سایر بخش‌های اقتصاد از سوی دیگر، نیروی کار و سرمایه بخش صنعت به عنوان شاخصی برای نیروی کار و سرمایه کل اقتصاد در نظر گرفته شده است.

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه رشد اقتصادی سبز

متغیر	نوع شاخص	تعریف شاخص
رشد اقتصادی سبز	نهاده	سرمایه (میزان سرمایه‌گذاری در کارگاه‌های صنعتی، میلیون ریال)
		نیروی کار (تعداد کارگران مشغول به کار در صنعت)
		مصرف انرژی (میزان مصرف نفت و گاز، متر مکعب)
	ستانده	GDP (ارزش کل تولید ناخالص داخلی، میلیون ریال)
		انتشار گاز CO2 (میزان انتشار دی‌اکسید کربن، میلیون تن)

منبع: یافته‌های تحقیق

اینترنت انرژی: اینترنت انرژی یک سیستم جدید است که اینترنت اشیاء و فناوری‌های انرژی را ادغام می‌کند. برخی از مهم-ترین متغیرهایی که در مطالعات پیشین به عنوان شاخص‌هایی برای بکارگیری اینترنت انرژی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارتند از: وجود سرورهای اینترنتی قدرتمند (هوانگ[۳] و همکاران، ۲۰۱۱)، دسترسی آزاد به اینترنت (سانی[۴] و همکاران، ۲۰۱۹)، دسترسی به امکانات و تجهیزات مدرن (هنان[۵] و همکاران، ۲۰۱۸)، زیرساخت‌های نرم‌افزاری مناسب (لین[۶] و همکاران،

[1] Bayesian information criterion
[2] Malmquist
[3] Huang
[4] Sani
[5] Hannan
[6] Lin

(In Press) در حال انتشار

۲۰۱۸)، و بهینه‌ساز زیرساخت‌های مربوط به تولید انرژی (هانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۹). مشکل عمده اکثر این شاخص‌ها، تک-بعدی بودن آن‌هاست. با توجه به این که اینترنت انرژی، یک مفهوم جامع است، می‌توان با در نظر گرفتن محدودیت داده‌های موجود، برای محاسبه این متغیر از یک شاخص ترکیبی استفاده نمود. این متغیر به صورت ترکیبی از سه شاخص محاسبه می-شود که عبارتند از: تعامل برق، توسعه انرژی پاک، و هماهنگی انرژی-اقتصادی-اجتماعی-زیست‌محیطی. با توجه به فقدان آمار مربوط به نیروگاه‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی هسته‌ای و بادی، آمار مربوط به شاخص توسعه انرژی پاک به صورت مجازی تعریف می‌شود، به این صورت که اگر استانی دارای حداقل یک نیروگاه هسته‌ای یا بادی است، عدد یک و در غیر این صورت عدد صفر را می‌گیرد. همچنین به دلیل عدم امکان تفکیک انتشار گاز CO2 ناشی از تولید برق از سایر عوامل، انتشار کل CO2 به عنوان شاخصی برای انتشار حاصل از تولید برق در نظر گرفته می‌شود. به دلیل تفاوت واحدهای اندازه-گیری هر یک از معیارهای مذکور، همه این شاخص‌های با الهام از نحوه محاسبه شاخص فیزیکی کیفیت زندگی و با استفاده از فرمول زیر تمامی معیارها به عددی بی مقیاس بین صفر و یک تبدیل می‌شود:

معادله (۴) $$Index = \frac{Real_{it} - Min_i}{Max_i - Min_i}$$

در اینجا، Real مقدار واقعی متغیر در سال t در استان j، Min حداقل مقدار متغیر در استان i و Max حداکثر مقدار متغیر در استان j می‌باشد. بر این اساس، متغیر اینترنت انرژی بر اساس میانگین معیارهای محاسبه شده، عددی بین صفر و یک خواهد بود. به این صورت که هر چه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، نشانه‌ای از بستر مناسبتر اینترنت انرژی است. متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه متغیر اینترنت انرژی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه اینترنت انرژی

متغیر	نوع شاخص	تعریف شاخص
اینترنت انرژی	تعامل برق	تولید برق (تولید برق نیروگاه‌های حرارتی، میلیون کیلو وات ساعت) دسترسی به برق (تعداد مشترکین برق)
	توسعه انرژی پاک	نیروگاه بادی یا هسته‌ای (متغیر مجازی ۰ و ۱) انتشار گاز CO2 (میزان انتشار دی‌اکسید کربن، میلیون تن)
	هماهنگی انرژی-اقتصادی-اجتماعی-زیست‌محیطی	GDP (ارزش کل تولید ناخالص داخلی، میلیون ریال) ضریب جینی (شاخص نابرابری اقتصادی، بین صفر و یک) نرخ تورم (شاخص قیمت مصرف‌کننده) انتشار گاز CO2 (میزان انتشار دی‌اکسید کربن، میلیون تن) مصرف انرژی (میزان مصرف نفت و گاز، متر مکعب)

منبع: یافته‌های تحقیق

[1] Hong

(In Press) در حال انتشار

اقتصاد دیجیتال: در رابطه با اقتصاد دیجیتال نیز یک معیار کلی وجود ندارد. مقاله حاضر شاخص‌های اقتصاد دیجیتال را در چهار بعد شبکه تلفن همراه، آموزش استعدادها، قابلیت نوآوری و تحول فناوری، و زیرساخت تکنولوژیکی و اقتصادی محاسبه می‌کند. شاخص اقتصاد دیجیتال نیز از محاسبه میانگین متغیرهای مذکور به دست می‌آید و عددی بین صفر و یک خواهد بود. متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه متغیر اقتصاد دیجیتال در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳. متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه اقتصاد دیجیتال

متغیر		
اقتصاد دیجیتال	شبکه تلفن همراه	استفاده از تلفن همراه (خطوط مشغول به کار تلفن همراه) اتصال به اینترنت (تعداد جمعیت کاربر اینترنت)
	آموزش استعدادها	شاخص آموزش (تعداد دانش‌آموزان ثبت‌نام شده در مقاطع مختلف)
	قابلیت نوآوری و تحول فناوری	اشتراک تلفن ثابت (تعداد تلفن ثابت مشغول به کار) هزینه تحقیق و توسعه (درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه دولت به کل GDP)
	زیرساخت تکنولوژیکی و اقتصادی	GDP (ارزش کل تولید ناخالص داخلی، میلیون ریال) دستمزد سرانه (درآمد ماهانه هر خانوار، ریال)

منبع: یافته‌های تحقیق

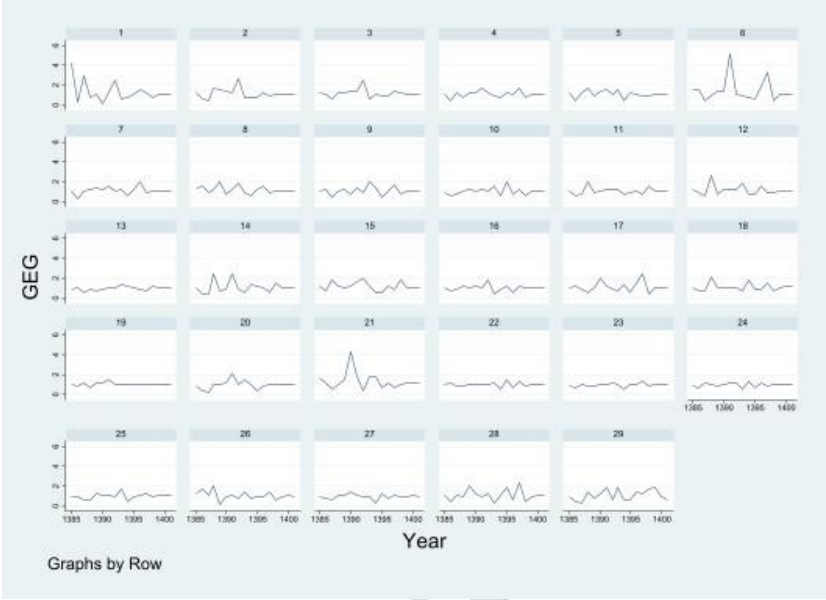
متغیرهای کنترل: بر اساس مطالعات نظری و تجربی پیشین و با استفاده از مدل وانگ و همکاران (۲۰۲۰) متغیرهای کنترلی که وارد مدل می‌شوند، عبارتند از: شهرنشینی، باز بودن تجاری، توسعه مالی، زیرساخت‌ها، حمایت دولت و سرمایه انسانی. شهرنشینی به‌صورت نسبت جمعیت شهرنشین به کل جمعیت استان، باز بودن تجاری به‌صورت درصد مجموع صادرات و واردات از تولید ناخالص داخلی استان، توسعه مالی به صورت لگاریتم مانده تسهیلات بانک‌ها و مؤسسات مالی استان، زیرساخت‌ها به‌صورت درصد مخارج سرمایه‌ای دولت از تولید ناخالص داخلی استان، حمایت دولت از طریق لگاریتم کل بودجه تعلق گرفته به استان، و سرمایه انسانی به‌صورت لگاریتم تعداد دانش‌آموزان ثبت‌نام شده در مقاطع مختلف تعریف می‌شود. داده‌های مربوط به مطالعه حاضر، از سالنامه‌های آماری استان‌ها که در پایگاه داده‌های مرکز آمار ایران موجود است، شایان ذکر است که دو استان البرز و خراسان جنوبی به دلیل فقدان داده‌های کافی، از مدل حذف شده‌اند.

یافته‌ها

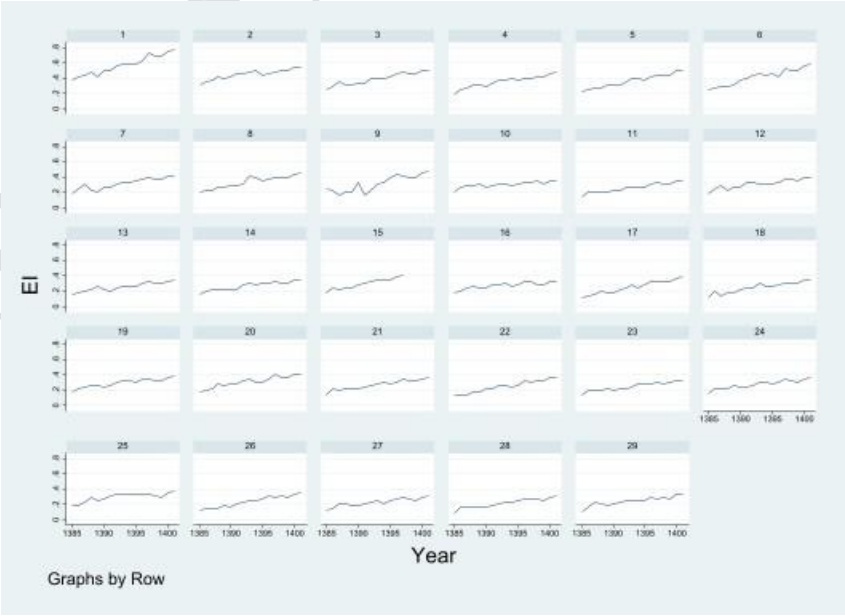
نمودار (۱) و (۲) به ترتیب روند تغییر دو شاخص رشد اقتصادی سبز و اینترنت انرژی در استان‌ها ایران را نشان می‌دهد. در این نمودارها، استان‌های ۱ تا ۲۹ به ترتیب عبارتند از: تهران، اصفهان، خراسان رضوی، مازندران، فارس، خوزستان، آذربایجان-شرقی، گیلان، کرمان، آذربایجان‌غربی، کرمانشاه، یزد، گلستان، همدان، مرکزی، سمنان، لرستان، اردبیل، قزوین، هرمزگان، بوشهر، کردستان، زنجان، قم، سیستان و بلوچستان، چهارمحال و بختیاری، ایلام، کهگیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی.

در حال انتشار (In Press)

مشاهده می‌شود که شاخص رشد اقتصادی سبز در همه استان‌های ایران در دوره تحت بررسی، دارای روند خنثی و همراه با نوساناتی به ویژه در استان‌های تهران، خوزستان و بوشهر بوده است. همچنین در رابطه با شاخص اینترنت انرژی نیز، مشاهده می‌شود که این شاخص برای همه استان‌های ایران در دوره زمانی تحت بررسی روندی صعودی داشته است.



نمودار ۱. روند تغییر شاخص رشد اقتصادی سبز در استان‌های ایران



نمودار ۲. روند تغییر شاخص اینترنت انرژی در استان‌های ایران

جدول (۴) آمار توصیفی مربوط به میانگین متغیرهای اصلی مدل در استان‌ها را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین میانگین هر سه متغیر رشد اقتصادی سبز، اینترنت انرژی، و اقتصاد دیجیتال، مربوط به استان تهران می‌باشد که به ترتیب عبارتند از ۲/۷۶ و ۰/۵۷ و ۰/۶۷. کمترین میانگین رشد اقتصادی سبز، ۰/۹۵ می‌باشد که به استان گلستان، زنجان و ایلام مربوط می‌شود. همچنین کمترین مقدار اینترنت انرژی ۰/۲۱ می‌باشد و مربوط به استان کهگیلویه و بویراحمد است. در رابطه با میانگین اقتصاد دیجیتال نیز، کمترین مقدار، ۰/۰۲ است و به استان‌های چهار محال و بختیاری، ایلام، و خراسان شمالی است.

جدول ۴. میانگین متغیرهای اصلی مدل

استان	میانگین رشد اقتصادی سبز	میانگین اینترنت انرژی	میانگین اقتصاد دیجیتال
تهران	۲/۷۶	۰/۵۷	۰/۶۷
اصفهان	۱/۱۵	۰/۴۵	۰/۲۱
خراسان رضوی	۱/۱۳	۰/۳۹	۰/۲۰
مازندران	۱/۰۸	۰/۳۵	۰/۱۳
فارس	۱/۱۰	۰/۳۶	۰/۱۹
خوزستان	۱/۴۳	۰/۴۱	۰/۲۳
آذربایجان‌شرقی	۱/۰۹	۰/۳۱	۰/۱۳
گیلان	۱/۱۷	۰/۳۳	۰/۰۹
کرمان	۱/۰۸	۰/۳۱	۰/۰۸
آذربایجان‌غربی	۱/۰۳	۰/۳۰	۰/۰۹
کرمانشاه	۱/۰۷	۰/۲۶	۰/۰۶
یزد	۱/۱۴	۰/۳۱	۰/۰۵
گلستان	۰/۹۵	۰/۲۶	۰/۰۵
همدان	۱/۰۹	۰/۲۷	۰/۰۵
مرکزی	۱/۱۷	۰/۳۰	۰/۰۶
سمنان	۱/۰۳	۰/۲۷	۰/۰۳
لرستان	۱/۱۰	۰/۲۵	۰/۰۴
اردبیل	۱/۰۸	۰/۲۵	۰/۰۴
قزوین	۱/۰۴	۰/۲۹	۰/۰۴
هرمزگان	۰/۹۷	۰/۳۱	۰/۰۵
بوشهر	۱/۳۴	۰/۲۷	۰/۰۷
کردستان	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۰۵
زنجان	۰/۹۵	۰/۲۵	۰/۰۳
قم	۰/۹۶	۰/۲۷	۰/۰۴
سیستان و بلوچستان	۰/۹۹	۰/۳۰	۰/۰۷

(In Press) درحال انتشار

چهارمحال و بختیاری	۱/۰۵	۰/۲۴	۰/۰۲
ایلام	۰/۹۵	۰/۲۳	۰/۰۲
کهگیلویه و بویراحمد	۱/۰۸	۰/۲۱	۰/۰۳
خراسان شمالی	۱/۰۸	۰/۲۴	۰/۰۲

برای برآورد مدل رشد اقتصادی سبز با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی SDM، مرحله اول اطمینان از پایا بودن متغیرها با استفاده از آزمون ریشه واحد داده‌های تابلویی می‌باشد. در این راستا، با استفاده از روش لوین-لین-چو[1] و ایم-پسران-شین[2] آزمون ریشه واحد و همچنین آزمون ریشه واحد نسل دوم پسران (۲۰۰۳)، برای همه متغیرهای مورد استفاده انجام گرفته است. نتایج این آزمون در جدول (۵) قابل مشاهده است. با توجه به رد فرضیه صفر در آزمون همه متغیرها، می‌توان بیان نمود که همه متغیرها، مانا می‌باشند.

جدول ۵. نتایج آزمون ریشه واحد

	Im-Pesaran-Shin		Levin-Lin-Chu		Pesaran (2003)	
متغیر	**آماره**	**P-Value**	**آماره**	**P-Value**	**آماره**	**P-Value**
GEG	-۱۱/۱۴	۰/۰۰	-۱۲/۲۸	۰/۰۰	-۴/۶۸	۰/۰۰
FI	-۷/۱۰	۰/۰۰	-۱۰/۶۵	۰/۰۰	-۳/۰۶	۰/۰۰
UR	-۱/۹۶	۰/۰۲	-۵/۹۹	۰/۰۰	-۶/۰۶	۰/۰۰
EI	-۱۱/۱۱	۰/۰۰	-۱۲/۲۵	۰/۰۰	-۳/۴۶	۰/۰۰
OP	-۴/۴۱	۰/۰۰	۵۰/۷۴	۰/۰۰	-۲/۲۶۲	۰/۰۰
EDU	-۹/۵۷	۰/۰۰	-۱۲/۳۶	۰/۰۰	-۴/۷۷	۰/۰۰
IN	-۲/۲۵	۰/۰۱	-۲/۵۸	۰/۰۰	-۳/۴۴	۰/۰۰
GOV	-۶/۷۹	۰/۰۰	-۱۶/۶۰	۰/۰۰	-۲/۵۷	۰/۰۰
DE	-۴/۵۵	۰/۰۰	-۶/۶۹	۰/۰۰	-۲/۶۷	۰/۰۰

بعد از اطمینان از مانا بودن متغیرها، از طریق مقایسه معیارهای آکائیک و بیزین، بهترین مدل از بین مدل‌های فضایی مختلف انتخاب می‌گردد. نتایج این معیارها برای برای مدل‌های خودرگرسیون فضایی (SAR)، مدل دوربین فضایی (SDM)، مدل خودرگرسیون فضایی با اختلالات (SAC)، و مدل خطای فضایی (SEM) در جدول ۶ گزارش شده است. مشاهده می‌گردد که کمترین مقدار هر دو معیار، مربوط به مدل دوربین فضایی می‌باشد. بر این اساس، می‌توان بیان نمود که بهترین، مدل از بین مدل‌های فضایی، مدل دوربین است.

[1] Levin-Lin-Chu
[2] Im-Pesaran-Shin

(In Press) در حال انتشار

جدول ۶. معیارهای آکائیک و بیزین

مدل	معیار آکائیک	معیار بیزین
SDM	۱۴۳۴/۲۶۵	۱۴۹۳/۰۷۲
SAC	۱۴۵۶/۶۳۵	۱۴۹۴/۴۴
SAR	۱۵۰۷/۹۳	۱۵۴۵/۷۳۵
SEM	۱۵۰۸/۷۴۵	۱۵۴۶/۵۵

بعد از اطمینان از صحت انتخاب مدل دوربین فضایی، با استفاده از آزمون هاسمن، انتخاب بین دو رویکرد اثرات ثابت و تصادفی انجام می‌گیرد. نتیجه آزمون هاسمن در جدول (۷) گزارش شده است. با توجه به این که فرضیه صفر این آزمون، رد نمی‌شود، می‌توان بیان نمود که روش اثرات ثابت ناکارا می‌باشد و استفاده از روش اثرات تصادفی به دلیل کارا بود آن، مناسب‌تر است.

جدول ۷. نتیجه آزمون هاسمن

آزمون هاسمن	آماره	P-Value
	۴/۵۱	۰/۳۴

نتایج برآورد مدل دوربین فضایی در جدول (۸) گزارش شده است.

جدول ۸. نتایج برآورد مدل دوربین فضایی

اثرات غیرمستقیم	ضریب	آماره	خطای استاندارد	P-Value
EI	۰/۱۴۸۸	۲/۴۰	۰/۰۶	۰/۰۱
EI*DE	۲/۳۸۵۸	۲/۱۹	۱/۰۹	۰/۰۲
FI	۱۳۷/۳۰۱۹	۲/۶۰	۵۲/۸۹	۰/۰۰
OP	-۲۱/۱۴۷۲	-۲/۸۱	۷/۵۱	۰/۰۰
EDU	۲/۵۲۲۵	۳/۱۷	۰/۷۹	۰/۰۰
UR	-۰/۰۹۵۲	-۱/۹۷	۰/۰۵	۰/۰۴
rho	-۲۱/۱۰۸۴	-۵/۱۷	۴/۰۸	۰/۰۰
اثرات مستقیم	**ضریب**	**آماره**	**خطای استاندارد**	**P-Value**
EI	۰/۰۰۰۴	۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۵۶
EI*DE	۰/۰۰۷۰	۰/۵۵	۰/۰۱	۰/۵۸
FI	۰/۱۵۸۷	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۷۴
OP	۰/۳۹۵۲	۳/۵۳	۰/۱۱	۰/۰۰
EDU	۰/۰۸۸۷	۹/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰
UR	۰/۰۰۲۴	۱/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۸

در حال انتشار (In Press)

شایان ذکر است که از بین متغیرهای کنترلی، دو متغیر زیرساخت‌ها و حمایت دولت، به دلیل معنی‌دار نبودن تأثیر، از مدل نهایی حذف شده‌اند. با توجه به نتایج گزارش شده در این جدول، می‌توان اطمینان حاصل کرد که وابستگی فضایی، بین استان‌های ایران وجود دارد. به این مفهوم که رشد اقتصادی سبز استان‌ها از شرایط استان‌های مجاور تأثیر می‌پذیرد. با توجه به ماتریس مجاورت تعریف شده، می‌توان این‌گونه بیان نمود که هرچه استان A به استان B نزدیک‌تر باشد و همچنین شرایط اقتصادی مشابه‌تری داشته باشد، رشد سبز استان A به میزان بیشتری از استان B تأثیر می‌پذیرد. علاوه بر این، همانطور که انتظار می‌رفت، تأثیر مستقیم اینترنت انرژی بر رشد اقتصادی سبز در استان‌های ایران، مثبت و معنی‌دار می‌باشد. این بدان معنی است که اگر شاخص اینترنت انرژی به میزان یک واحد افزایش یابد، شاخص رشد اقتصادی سبز به میزان ۰/۱۵ افزایش می‌یابد. این نتیجه منطبق بر نظریه‌ها و مطالعات تجربی پیشین همچون اعظم (۲۰۱۹)، وو و همکاران (۲۰۲۱) و وانگ و همکاران (۲۰۲۲) می‌باشد. در رابطه با اثر انتقالی اقتصاد دیجیتال بر رابطه بین اینترنت انرژی و رشد اقتصادی سبز نیز، مشاهده می‌شود که ضریب مربوط به حاصل‌ضرب دو شاخص اینترنت انرژی و اقتصاد دیجیتال نیز مثبت و معنی‌دار است. این بدان معنی است که اقتصاد دیجیتال بطور غیرمستقیم و از طریق تأثیرگذاری بر اینترنت انرژی، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی سبز دارد و افزایش شاخص اقتصاد دیجیتال، نقش اینترنت انرژی را در افزایش رشد اقتصادی سبز پررنگ‌تر می‌کند. بنابراین، می‌توان بیان نمود که هرچه دامنه اقتصاد دیجیتال در یک استان، توسعه‌یافته‌تر و گسترده‌تر باشد، اینترنت انرژی در آن استان، تأثیر بیشتری بر رشد اقتصادی سبز خواهد داشت. این نتیجه نیز منطبق بر انتظارات بوده و با مطالعات تجربی همچون وانگ و همکاران (۲۰۲۰) سازگار می‌باشد، چرا که با توجه به نظریه‌ها و مطالعات انجام شده، گسترش اقتصاد دیجیتال از طریق ارتقای فناوری‌های مرتبط با زیرساخت‌های اطلاعاتی و ارتباطی، امکان توسعه اینترنت انرژی و مدیریت تولید و توزیع انرژی پاک و درنتیجه بهبود کیفیت محیط زیست را در کنار رشد اقتصادی تسهیل می‌نماید و از این طریق به کارایی و پایداری توسعه کمک می‌کند. علاوه بر این، با توجه به نتایج مربوط به اثرات مستقیم، مشاهده می‌گردد که ضرایب اثر اینترنت انرژی و همچنین اثر انتقالی اقتصاد دیجیتال کوچک‌تر از اثرات غیرمستقیم می‌باشد، اما این اثرات معنی‌دار نیست. بر این اساس، می‌توان بیان نمود که اثرات فضایی استان‌های مجاور، توانسته است تأثیر این دو متغیر را در جهت مثبت تقویت نماید.

همچنین با توجه به جدول (۸) می‌توان بیان نمود که متغیرهای شهرنشینی، توسعه مالی، باز بودن تجاری، و آموزش نیز، تأثیر معنی‌داری بر رشد اقتصادی سبز دارند. در این میان متغیرهای شهرنشینی و باز بودن تجاری، تأثیر منفی و معنی‌دار و متغیرهای توسعه مالی و آموزش تأثیر مثبت و معنی‌داری بر متغیر وابسته داشته‌اند. بنابراین می‌توان اینگونه توضیح داد که برآیند تأثیر افزایش شهرنشینی بر رشد سبز، با توجه به گسترش صنعتی شدن و عوامل آلوده‌کننده‌ای از قبیل استفاده بیشتر از اتومبیل شخصی، افزایش فاضلاب شهری و مواردی از این قبیل، منفی می‌باشد. باز بودن تجاری نیز، همانطور که در ادبیات تجارت بین‌المللی نیز تبیین شده است، اقتصادهای در حال توسعه، برای بهبود تجارت بین‌المللی خود، گاهی به صنایع آلاینده

روی می‌آورند. علاوه بر این با توجه به این که افزایش صادرات، مستلزم استفاده از منابع طبیعی و انرژی بیشتر است و با توجه به این که در حال حاضر بخش عمده‌ای از انرژی مورد نیاز ایران از سوخت‌های فسیلی و منابع تجدیدناپذیر تأمین می‌شود، افزایش ارتباط با سایر کشورها، علیرغم تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی، منجر به تخریب بیشتر محیط زیست و در نتیجه کاهش رشد اقتصادی سبز می‌گردد (متفکرد آزاد و محمدی خانقاهی، ۲۰۱۲). در مقابل، آموزش بیشتر، منجر به آگاهی بیشتر عموم مردم از مسائل زیست‌محیطی می‌شود و این امر می‌تواند در صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش تخریب محیط زیست گردد. در رابطه با توسعه مالی نیز، می‌توان گفت که مثبت بودن تأثیر توسعه مالی بر رشد سبز نشان می‌دهد که بانک‌ها و مؤسسات مالی در اعطای تسهیلات خود تا حدی مسائل زیست‌محیطی را رعایت می‌کنند و بنابراین، گسترش توسعه مالی در استان‌ها باعث می‌شود که در پروژه‌های دوستدار محیط زیست سرمایه‌گذاری بیشتری صورت گیر و این امر رشد سبز را افزایش می‌دهد. علاوه بر آنچه ذکر شد، مشاهده می‌شود که ورود تأثیرات فضایی استان‌های مجاور در متغیرهای باز بودن تجارت و شهرنشینی، منجر به تغییر جهت تأثیر آنها شده است، اما تأثیر فضایی توسعه مالی و آموزش، تأثیرات غیرفضایی را تقویت نموده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، رشد اقتصادی سبز به یکی از مهم‌ترین اهداف همه کشورهای جهان تبدیل شده است. بر این اساس، بسیاری از محققان و اقتصاددانان به دنبال مطالعه راه‌های دستیابی به رشد اقتصادی سبز در سایه ارتقای کیفیت محیط زیست می‌باشند. در این میان، می‌توان بیان نمود که یکی از عوامل تخریب محیط زیست، مصرف انرژی است و بنابراین، تولید انرژی پاک یکی از اهداف اساسی سیاست‌گذاران به شمار می‌رود. در دعصر جدید فناوری، یکی از راهکارهای مقابله با مصرف بی‌رویه و ناکاری انرژی، اینترنت انرژی است. بر این اساس، با توجه به اهمیت روزافزون محیط زیست از یک سو و نیاز کشورهای در حال توسعه همچون ایران به افزایش رشد اقتصادی از سوی دیگر، و همچنین با در نظر گرفت این که مدیریت تولید، توزیع، و مصرف انرژی پاک یکی از مهم‌ترین راهکارهای کاهش تخریب محیط زیست می‌باشد، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی تأثیر اینترنت انرژی در رشد اقتصادی سبز و تبیین نقش اقتصاد دیجیتال در رابطه بین اینترنت انرژی و رشد اقتصادی سبز، در استان‌های ایران در دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۸۵ با بکارگیری رویکرد مدل دوربین فضایی (SDM) بوده است. نتایج حاصل از برآورد مدل، نشان می‌دهد که وابستگی فضایی بین استان‌های ایران در رابطه با رشد اقتصادی سبز وجود دارد، همچنین بر اساس نتایج، اینترنت انرژی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی سبز دارد و گسترش اقتصاد دیجیتال این ارتباط را قوی‌تر می‌کند. این نتیجه سازگار با مطالعات نظری و تجربی پیشین همچون اعظم (۲۰۱۹)، وو و همکاران (۲۰۲۱)، و وانگ و همکاران (۲۰۲۲) می‌باشد. علاوه بر این، متغیرهای کنترلی شامل شهرنشینی، توسعه مالی، باز بودن تجاری، و آموزش تأثیر معنی‌داری بر رشد اقتصادی سبز دارند؛ بدین صورت که شهرنشینی و باز بودن تجاری، تأثیر منفی و توسعه مالی و آموزش تأثیر مثبت داشته‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهادات سیاستی به‌صورت زیر ارائه می‌گردد:

(In Press) در حال انتشار

- ساخت امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری برای اقتصاد دیجیتال باید ترویج گردد و گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات در حوزه اقتصاد، اولویت سیاست‌های دولت قرار گیرد. بطور کلی، سیاست‌گذاران باید عرضه امکانات و خدمات شبکه‌ای را افزایش دهند تا به پوشش جامع تولید دیجیتال، زندگی دیجیتال، و حاکمیت دیجیتال دست یابند. در حالت کلی، علاوه بر ارتقا و تحول شبکه‌های استان‌ها و گسترش پوشش شبکه، سیاست‌گذاران باید به تحول دیجیتال و نوسازی زیرساخت‌های سنتی اقدام کنند تا از این طریق، از تغییر روش‌های توسعه اقتصادی حمایت کنند.
- فرایند هوشمند اینترنت انرژی باید بر صنعت دیجیتال متمرکز شود تا تأثیر قابل توجهی بر توسعه پایدار داشته باشد. بنابراین، سیاست‌گذاران دولتی باید ادغام اینترنت انرژی و صنعت دیجیتال را تسریع نمایند و از طریق جذب محققان و افزایش تحقیق و توسعه در زمینه اینترنت انرژی و اقتصاد دیجیتال، به ادغام و تعاملات این دو حوزه کمک نماید.
- در راستای کاهش تأثیرات منفی تجارت بین‌المللی، بهتر است دولت اقدام به اصلاح قوانین و مقررات موجود در زمینه صادرات و واردات نماید تا از این طریق، صادرات کالاها و خدمات پاک را جایگزین صادرات مواد اولیه و کالاها و خدمات آلاینده محیط زیست نماید.
- با توجه به تأثیر مثبت توسعه مالی بر رشد اقتصادی سبز، سیاست‌گذاران و بانک‌داران می‌توانند از طریق ارتقای توسعه مالی استان‌ها و تأمین مالی بیشتر پروژه‌های دوست‌دار محیط زیست، به بهبود توسعه پایدار کمک نمایند.
- در راستای کاهش اثرات آلاینده شهرنشینی، سیاست‌گذاران می‌توانند از طریق ارتقای کیفیت زندگی و بهبود امکانات و خدمات و همچنین افزایش اشتغال در مناطق روستایی، از مهاجرت بی‌رویه به شهرها جلوگیری نمایند.
- با توجه به تأثیر آموزش در افزایش رشد اقتصادی سبز، نهادهای مربوطه در استان‌ها می‌توانند از طریق تمرکز بر ارتقای آموزش و نیز تخصیص بخشی از بودجه به افزایش آگاهی مردم، رفتار سازگار با محیط زیست را ترویج دهند.

تأمین مالی: نویسندگان اعلام کردند که هیچ حمایت مالی برای این پژوهش وجود ندارد.

تضاد منافع: نویسندگان اعلام کردند که هیچگونه تضاد منافع برای این پژوهش وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان: نویسندگان در مفهوم سازی و نگارش مقاله مشارکت داشتند. همه نویسندگان محتوای مقاله را تأیید کردند و در مورد تمام جنبه های کار توافق داشتند.

(In Press) در حال انتشار

References

Ali, M. A., Hoque, M. R., and Alam, K. (2018). An Empirical Investigation of the Relationship between E-Government Development and the Digital Economy: The Case of Asian Countries. *Journal of Knowledge Management*, Vol. 22 (5), pp. 1176–1200. https://doi.org/10.1108/JKM-10-2017-0477.

Azam, M. (2019). Relationship between Energy, Investment, Human Capital, Environment, and Economic Growth in four BRICS Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26 (33), pp. 34388–34400. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06533-9·

Awerbuch, S., and Sauter, R. (2006). Exploiting the Oil–GDP Effect to Support Renewables Deployment. *Energy Policy*, Vol. 34 (17), pp. 2805–2819. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.04.020.

Cassar, C., Heath, D., and Micallef, L. (2020). What is Digital Economy? *Unicorns, Transformation and the Internet of Things*. Deloitte Article. https://www2.deloitte.com/mt/en/pages/technology/articles/mt-what-is-digitaleconomy.html.

Farhan, L., Kharel, R., Kaiwartya, O., Hammoudeh, M., and Adebisi, B. (2018). Towards Green Computing for Internet of Things: Energy Oriented Path and Message Scheduling Approach. *Sustainable Cities and Society*, Vol. 38, pp. 195–204. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.018.

Habibi, A., and Ahmadifard, M. (2020). Presenting the Model of Energy Internet Implementation in Government Organizations with the Approach of Strategic Options Analysis and Causal Mapping. *Digital and Smart Libraries Researches*, Vol. *6* (4), pp. 11-24. https://doi.org/10.30473/mrs.2021.54716.1435 (In Persian).

Hannan, M. A., Faisal, M., Ker, P. J., Mun, L. H., Parvin, K., Mahlia, T. M. I., and Blaabjerg, F.

(2018). A Review of Internet of Energy Based Building Energy Management Systems: Issues and Recommendations. IEEE Access, Vol. 6, pp. 38997-39014. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2852811.

Hong, Z., Feng, Y., Zhiwu, L., Wong, Y., and Zheng, H. (2019). An Integrated Approach for Multi-Objective Optimisation and MCDM of Energy Internet Under Uncertainty. Future Generation Computer Systems, Vol. 18, pp. 1-20. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.046.

Hosseini, M. (2008). *Crisis Management*, Shahr Publishing House, Tehran, Iran. (In Persian).

Huang, A. Q., Crow, M. L., Heydt, G. T., Zheng, J. P., and Dale, S. J. (2011). The Future Renewable Electric Energy Delivery and Management (FREEDM) System: The Energy Internet. Proceedings of the IEEE, Vol. 99 (1), pp. 133-148. https://doi.org/10.1109/JPROC.2010.2081330

Kalantari pour, M., Akbari, M., Najafi Alamdarlo, H., and Mousavi, S. H. (2024). Will the Advancement of Knowledge-Based Economy Lead to Green Economic? *Agricultural Market and Economics*. Vol. 1 (1), pp. 51-59. https://doi.org/10.61186/ame.1.1.60 (In Persian).

Lin, B., and Zhou, Y. (2022). Measuring the Green Economic Growth in China: Influencing Factors and Policy Perspectives. *Energy*, Vol. 241, 122518. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122518.

Lin, C. C., Deng, D. J., Kuo, C. C., and Liang, Y. L. (2018). Optimal Charging Control of Energy Storage and Electric Vehicle of an Individual in the Internet of Energy with Energy Trading. IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 14 (6), pp. 2570-2578. https://doi.org/10.1109/TII.2017.2782845.

Lin, E. Y., Chen, P. Y., and Chen, C. C. (2013) Measuring Green Productivity of Country: A Generlized Metafrontier Malmquist Productivity Index Approach. *Energy*, Vol. 55, pp. 340-353. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.055.

Magnani, N., and Vaona, A. (2013). Regional Spillover Effects of Renewable Energy Generation in Italy. Energy Policy, Vol. 56 (56), pp. 663–671. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.032.

Mbanyele, W., and Wang, F. (2022). Environmental Regulation and Technological Innovation: Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 29 (9), pp. 12890-12910. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14975-3.

Motafakkerazad, M., and Mohammadi Khaneghahi, R. (2012). The Impacts of Economic Growth, Energy Consumption and Openness on the Environmental Quality in I. R. Iran. *Iranian Energy Economics*, Vol. 3, pp. 89-106 (In Persian).

Mukhtorovna, N. D. (2021). Importance of Foreign Investments in the Development of the Digital Economy. *ResearchJet Journal of Analysis and Inventions*, Vol. 2 (04), pp. 219–224. https://reserchjet.academiascience.org/index.php/rjai/article/view/89.

Nizam, H. A., Zaman, K., Khan, K. B., Batool, R., Khurshid, M. A., Shoukry, A. M., Sharkawy, M., Aldeek, F., Khader, J., and Gani, S. (2020). Achieving Environmental Sustainability Through Information Technology: Digital Pakistan Initiative for Green Development. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 27 (9), pp. 10011–10026. https://doi.org/10.1007/s11356-020-07683-x.

Ren, S., Hao, Y., and Wu, H. (2022a). How Does Green Investment Affect Environmental Pollution? Evidence from China. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 81 (1), pp. 25–51. https://doi.org/10.1007/s10640-021-00615-4.

Ren, S., Hao, Y., and Wu, H. (2022b). Digitalization and Environment Governance: Does Internet Development Reduce Environmental Pollution? *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 66 (7), pp. 1533-1562. https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2033959.

Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*. New York: St. Martin's Griffin.

Sani, A. S., Yuan, D., Jin, J., Gao, L., Yu, S., and Dong, Z. Y. (2019). Cyber Security Framework for Internet of Things-based Energy Internet. Future Generation Computer Systems, Vol. 93, pp. 849-859. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.01.029.

Taghavi, M. H., Akhavan, P., Ahmadi, R., and Bonyadi Naeini, A. (2021). Modeling of the Internet of Energy (IOE) for Optimal Energy Management with an Interpretive Structural Modeling (ISM)

Approach. *Iranian Journal of Information Processing and Management*, Vol. 36 (4), pp. 1049-1080 (In Persian). https://doi.org/10.52547/jipm.36.4.1049

Vlasov, A. I., Shakhnov, V. A., Filin, S. S., and Krivoshein, A. I. (2019). Sustainable Energy Systems in the Digital Economy: Concept of Smart Machines. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, Vol. 6 (4), pp. 1975-1986. https://doi.org/10.9770/jesi.2019.6.4(30).

Wang, J., Wang, W., Ran, Q., Irfan, M., Ren, S., Yang, X., Wu, H., and Ahmad, M. (2022). Analysis of the Mechanism of the Impact of Internet Development on Green Economic Growth: Evidence from 269 Prefecture Cities in China. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 29 (7), pp. 9990–10004. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16381-1.

Wang, Y., Sun, X., Wang, B., and Liu, X. (2020). Energy Saving, GHG Abatement and Industrial Growth in OECD Countries: A Green Productivity Approach. *Energy*, Vol. 194, 116833. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116833.

Wang, W., Yang, X., Cao, J., Bu, W., Dagestani, A. A., Adebayo, T. S., Dilanchiev, A., and Ren, S. (2022). Energy Internet, Digital Economy, and Green Economic Growth: Evidence from China. *Innovation and Green Development,* Vol. 1 (2), 100011. https://doi.org/10.1016/j.igd.2022.100011.

Wu, H., Hao, Y., Ren, S., Yang, X., and Xie, G. (2021). Does Internet Development Improve Green Total Factor Energy Efficiency? Evidence from China. *Energy Policy*, Vol. 153 (C). https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112247.

Yang, X., Wang, W., Wu, H., Wang, J., Ran, Q., and Ren, S. (2021). The Impact of the New Energy Demonstration City Policy on the Green Total Factor Productivity of Resource-Based Cities: Empirical Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 66 (2), pp. 293-326. https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1988529.

Zheng, C., Deng, F., Zhuo, C., and Sun, W. (2022). Green Credit Policy, Institution Supply and Enterprise Green Innovation. *Journal of Economic Analysis*, Vol. 1 (1), pp. 28–51. https://doi.org/10.58567/jea01010002.

Zhou, K, and Yang, S. (2016). Exploring the Uniform Effect of FCM Clustering: A Data Distribution Perspective. *Knowl-Based Syst*, Vol. 96, pp. 76–83. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.01.001.