-- Iranian Journal of Economic Research---------
Volume 29, Issue 100, Autumn 2024, 235-271
ijer.atu.ac.ir
https://doi.org/10.22054/ijer.2024.79437.1278

ATU PRESS

The Relationship Between Multidimensional Economic Complexity and Inclusive Green Growth: An Analysis of Developed and Developing Countries

Fariba Rashnoo — Ph.D. Candidate in Economic Development, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

Ahmad Sarlak* — Associate Professor, Faculty of Economics, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

Abstract

In an era of economic complexity, where goods and services are produced using advanced technologies and with significant diversity, achieving economic growth without environmental pollution has become one of the primary goals for nations worldwide. This objective necessitates measures such as investment in knowledge-based production, which in turn relies heavily on investment in research and development. The present study aimed to examine the relationship between multidimensional economic complexity and inclusive green economic growth. Given the geographic proximity of some developed and developing countries, the research employed a spatial panel econometric method using data from these nations. The results indicated a significant relationship between inclusive green growth and economic complexity in both developed and developing countries. However, this relationship is relatively weaker in developing countries.

1. Introduction

The most crucial factor influencing the level of economic development in any country is the extent to which knowledge is generated and applied in its production processes (Kazemi, 2013). Moreover, the integration of knowledge into production significantly reduces greenhouse gas emissions (Barbieri, 2012). Economic complexity, through the knowledge channel, promotes resource efficiency,

* Corresponding Author: a-sarlak@iau-arak.ac.ir
How to Cite: Rashnoo, F. & Sarlak, A. (2024). The Relationship Between Multidimensional Economic Complexity and Inclusive Green Growth: An Analysis of Developed and Developing Countries. *Iranian Journal of Economic Research*, *29*(100), 235-271.

eISSN:2476-6445 ISSN: 1726-0728 Accepted: 12/10/2024 Revised: 5/8/2024 Received: 5/5/2024 Original Research

enhances the quality of production institutions, and facilitates the establishment of green productive structures (Hassan et al., 2022). Since developing countries often rely on the production of a limited range of goods, it is essential to examine their level of economic complexity. Furthermore, given the strong link between economic complexity and the technology required for renewable energy production, it is critical to examine the relationship between multidimensional economic complexity and economic growth through the technology production channel. In this context, countries like Iran must be analyzed in terms of economic complexity and compared with developed nations. Despite the importance of this issue, no study to date has explored the relationship between economic complexity and inclusive green economic growth across both developed and developing countries. The present research tried to address the following question: What is the relationship between economic complexity and green economic growth in developed and developing countries? To answer the question, the study first reviewed the theoretical foundations of green economic growth and economic complexity, followed by a discussion of the methods and models.

2. Materials and Methods

The present study relied on the model built upon the work of Mohammadi et al. (2023), who investigated the impact of economic complexity and renewable energy consumption on environmental pollution in developing countries. Spatial econometrics in Stata software was used to analyze the relationship between economic complexity and inclusive green economic growth from 2000 to 2022. This approach not only examines the relationship between independent and dependent variables but also incorporates the spatial characteristics of the locations involved, as highlighted in studies such as AbuGhunmi et al. (2023). Additionally, data from both developed and developing counties was used to conduct a comparative analysis. The first step in estimating the spatial panel model is to create the adjacency matrix. In this research, the proximity matrix for the seven OPEC member countries with common borders of spatial heterogeneity refers to the deviations in relationships between observations at different geographical locations. In this matrix, neighboring and non-neighboring countries are assigned a value of 1 and 0, respectively. Next, autocorrelation is tested through methods such as the Moran and Gray tests. Once autocorrelation is confirmed, the model type is determined through parent, multiple parent, and Akaike and Schwartz tests. Finally, the model is estimated.

3. Results and Discussion

The results of estimating the relationship between multidimensional economic complexity and green economic growth in developing countries are presented in Table 1, and those for developed countries are shown in Table 2.

Table 1. Model Estimation Results With the Dependent Variable in Developing Countries

Effects	Variables	Coefficient	Probability
Direct effects	INF	-0.08	0.000
	CO2	-0.09	0.000
	R&D	0.3	0.000
	TECHEX	0.21	0.000
	EC	0.12	0.000
Indirect effects	INF	-0.1	0.000
	CO2	0.11	0.000
	R&D	0.24	0.000
	R&D(-1)	0.21	0.000
	TECHEX	0.20	0.000
	EC	0.2	0.000
Total effects	INF	-0.11	0.000
	CO2	0.19	0.000
	R&D	0.13	0.000
	TECHEX	0.12	0.000
	EC	0.21	0.000
Spatial correlation coefficient		-0.236	0.039
Hausman test		7.11	0.81

Source: Research findings

Table 2. Model Estimation Results With the Dependent Variable in Developed Countries

Effects	Variables	Coefficient	Probability
Direct effects	INF	-0.06	0.000
	CO2	-0.04	0.000
	R&D	0.41	0.000
	TECHEX	0.33	0.000
	EC	0.24	0.000
Indirect effects	INF	-0.05	0.000
	CO2	-0.06	0.000
	R&D	0.36	0.000
	TECHEX	0.21	0.000
	EC	0.29	0.000
Total effects	INF	-0.03	0.000
	CO2	-0.06	0.000
	R&D	0.29	0.000
	TECHEX	0.21	0.000
	EC	0.39	0.000
Spatial correlation coefficient		-0.249	0.029
Hausman test		6.99	0.78

Source: Research findings

As observed in the calculations, both the direct and indirect effects, as well as the total economic complexity, have a direct and significant

impact on green economic growth. As expected, this effect is stronger in developed countries than in developing ones. The effect coefficient for total economic complexity in developing and developed countries is 0.21 and 0.39, respectively. These figures indicate that the overall impact of economic complexity on economic growth is greater in developed countries. This relationship can be explained using the Kuznets curve. According to the results, economic complexity fosters green economic growth by increasing the use of technology in production and reducing emissions.

4. Conclusion

The results indicated that the impact of economic complexity on green growth is smaller in developing countries compared to developed countries. Additionally, since economic complexity reflects the use of advanced technologies and increased costs in the production process, the rise in technology use and in research and development expenditures will not only drive the production process towards greener, pollution-free methods but will also help reduce production costs over time. The coefficients presented in the table for both developed and developing countries showed the positive effect of economic complexity on green production and growth.

Keywords: Economic Complexity, Inclusive Green Growth, Developed Countries, Developing Countries

JEL Classification: Q4,O4,C43.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۵/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲۱

ISSN:۱۷۲۶-۰۷۲۸

eISSN:۲۴۷۶-۶۴۴۵

-- پژوهش‌های اقتصادی ایران ---------

دوره ۲۹، شماره ۱۰۰، پاییز ۱۴۰۳، ۲۳۵-۲۷۱

ijer.atu.ac.ir

https://doi.org/10.22054/ijer.2024.79437.1278

رابطه بین پیچیدگی اقتصادی چندبعدی و رشد سبز فراگیر در منتخبی از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه

فریبا رشنو دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی گرایش توسعه اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

احمد سرلک * استادیار دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

چکیده

در شرایط پیچیدگی اقتصادی که تولید کالاها و خدمات با فناوری‌های بالا و با تنوع بسیار زیاد انجام می‌شود، دستیابی به رشد اقتصادی بدون آلودگی از مهمترین اهداف کشورهای دنیا به حساب می‌آید. این امر مستلزم اقداماتی مانند سرمایه‌گذاری در تولید دانش‌بنیان است که خود نیازمند سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه است. لذا در این پژوهش به بررسی رابطه پیچیدگی اقتصادی چندبعدی و رشد اقتصادی سبز فراگیر پرداخته شده است. ازآنجاکه تعدادی از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه به لحاظ جغرافیایی با یکدیگر همسایه هستند، در این پژوهش روش اقتصادسنجی پنل فضایی و داده‌های کشورهای مزبور استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین رشد سبز فراگیر و پیچیدگی اقتصادی، هم در کشورهای درحال‌توسعه و هم در کشورهای توسعه‌یافته رابطه معنی‌داری وجود دارد و شدت این رابطه در کشورهای درحال‌توسعه به‌طور نسبی کمتر است.

کلیدواژه‌ها: پیچیدگی اقتصادی، رشد سبز فراگیر، کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه.

طبقه‌بندی JEL: C43، O4،Q4

* نویسنده مسئول: a-sarlak@iau-arak.ac.ir

۱. مقدمه

یکی از راهبردها و اهداف مهم هر اقتصادی رسیدن به بالاترین رشد اقتصادی در یک دوره است. اغلب کشورها به منظور رسیدن به این هدف اقدام به برنامه‌ریزی‌هایی می‌نمایند که جنبه‌های مختلف اقتصادی و غیراقتصادی را در بر می‌گیرد زیرا برای رسیدن به رشد اقتصادی بالا و پایدار، نه تنها برنامه‌ریزی‌های تولید بلکه برنامه‌ریزی‌های مختلف غیراقتصادی در سطح کلان و خرد نیاز است. برای مثال انتشار گازهای گلخانه‌ای از عواقب رشد اقتصادی بالا و فراگیر است. بنابراین برنامه‌ریزی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از برنامه‌ریزی‌ها در راستای رشد اقتصادی است (Baland, et al., 2022). انتشار گازهای گلخانه‌ای در نتیجه تغییر در روش‌های تولید و فناوری‌های تولید است که استفاده از سوخت‌های فسیلی را افزایش می‌دهد (محمودی اصل و همکاران، ۱۳۹۸) زیرا لازمه تغییر در تنوع محصولات، تغییر در فناوری‌های تولید است و با تغییر در فناوری‌های تولید، انتشار گازهای گلخانه‌ای اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. به عبارت دیگر، به منظور تولید متنوع و بهتر، میزان استفاده از دانش در پروسه تولید بیشتر خواهد بود. بنابراین می‌توان گفت که استفاده هر چه بیشتر از تکنولوژی و دانش در فرآیند تولید را پیچیدگی اقتصادی می‌نامند (Napolitano, et al., 2022).

پیچیدگی اقتصادی مفهومی است که میزان توانایی کشورها در تولید کالاهای پیچیده و کاربری کردن دانش در فرایند تولید، از رهگذر بهبود ساختار مولد را نشان می‌دهد. بر پایه این تعریف، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده میزان توسعه‌یافتگی اقتصادی هرکشور، میزان دانش شکل گرفته و استفاده شده در فرآیند تولید در آن کشور است (کاظمی، ۱۳۹۳). همچنین میزان به‌کارگیری دانش در فرآیند تولید موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Barbier, 2012) زیرا هر چه دانش به‌کار رفته در فرآیند تولید در سطح بالاتری باشد، موجب بهبود روش‌های بهینه تولید و بازدهی می‌شود و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد. پیچیدگی اقتصادی از کانال دانش باعث صرفه‌جویی در منابع و بهبود کیفیت نهادهای تولیدی و شکل‌گیری ساختارهای مولد تولیدی سبز می‌شود (حسنوند و همکاران، ۱۴۰۱).

طی سال‌های اخیر، هاسمن و هیدالگو[1] (۲۰۱۱) با معرفی شاخص پیچیدگی اقتصادی (IEC) قابلیت‌های تولیدی ضمنی و پایه کشورها و توانایی‌های ساختار تولیدی آنها را با استفاده از ترکیب محصولاتی که صادر می‌کنند، اندازه‌گیری نمودند. معرفی شاخص پیچیدگی اقتصادی معیار مناسبی برای ارزیابی ساختار کارآمد تولید و بررسی ارتباط آن با سطح رشد اقتصادی، رفاه، فقر و توزیع درآمد کشورها فراهم نمود که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرارگرفت. وضعیت شاخص پیچیدگی کشورهای درحال‌توسعه چندان مطلوب نیست به‌طوری‌که رتبه پیچیدگی اقتصادی ایران، مصر و اندونزی به عنوان نماینده کشورهای درحال‌توسعه، به ترتیب ۷۱، ۶۵ و ۱۱۷ در سال ۲۰۲۰ است (حسنوند و همکاران، ۱۴۰۱). کشورها در صورتی می‌توانند پیچیدگی اقتصادی خود را بهبود بخشند که بتوانند خود را درگیر تعداد فعالیت‌های مختلفی با فناوری‌های بالا کرده و به‌صورت موفقیت‌آمیز قادر به انجام آنها باشند. همچنین با حرکت به سمت فعالیت‌های پیچیده‌تر و استفاده از فناوری‌های به‌روزتر نیز می‌توانند این شاخص را بهبود بخشند.

بدیهی است که به منظور دست‌یابی به پیچیدگی اقتصادی بالاتر نیاز به نوآوری و فناوری در بخش‌های مختلف اقتصادی است (اسماعیل‌پور مقدم و کرمی، ۱۴۰۰). نوآوری به عنوان توانایی تبدیل مداوم دانش و ایده‌ها به محصولات، فرایندها وسیستم‌های جدید تعریف می‌شود (Saunila, 2019). امروزه، متداول‌ترین معیارهای پیچیدگی براساس داده‌های تجارت مورد استفاده قرار می‌گیرند (Hartmann, et al., 2017). با این حال، داده‌های تجاری ممکن است کلید اطلاعات مربوط به فعالیت‌های نوآورانه مانند درخواست‌های ثبت اختراع و انتشارات تحقیقاتی را از دست بدهند که می‌تواند مرتبط با رشد سبز فراگیر جغرافیای آن باشد. مثلاً تحقیق و فناوری می‌تواند فرآیندهای تولید را شکل دهد و بر مهارت‌ها و غرامت کارگران و شدت انتشار از فعالیت‌های صنعتی تأثیر بگذارد. علاوه بر این، معیارهای پیچیدگی مبتنی بر تجارت می‌تواند پیچیدگی‌های اقتصادی کلی را که در بازارهای جهانی وجود دارند تحت تأثیر قرار بدهد. به عبارت دیگر، پیچیدگی مبتنی بر تجارت درصد بالایی از پیچیدگی اقتصادی را در بر می‌گیرد که به نوبه خود ممکن است رشد اقتصادی سبز فراگیر را نیز در بر گیرد (Solinas & Monoz, 2021). یعنی پیچیدگی

1. Hausmann, R., & Hidalgo, C. A.

اقتصادی برخی کشورها مانند استرالیا، شیلی و نیوزیلندکه از نظر منابع طبیعی غنی اما از بازارهای بین‌المللی دور هستند، ممکن است توانایی بهتری در تولید محصولاتی مانند تحقیقات علمی و نوآوری‌های قابل ثبت نسبت به کالاهای صادراتی با پیچیدگی بالا داشته باشند (Stojkoski, et al., 2023).

با توجه به این‌که کشورهای درحال‌توسعه بیشتر بر تولید یک یا چند کالا متکی هستند، ضروری است میزان پیچیدگی اقتصادی در این کشورها مورد بررسی قرار گیرد. برای مثال با توجه به متکی بودن اقتصاد ایران به نفت و بالا بودن انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران، تأثیر انرژی به‌ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر و با تکنولوژی بالا، بر رشد اقتصادی انکارناپذیر است. همچنین ازآنجاکه پیچیدگی اقتصادی و تکنولوژی مربوط به تولید انرژی‌های تجدیدپذیر ارتباط تنگاتنگی دارند لذا ضروری است که رابطه بین پیچیدگی اقتصادی چندبعدی و رشد اقتصادی از کانال تولید تکنولوژی مورد بررسی قرار گیرد. لذا ضروری است که کشورهایی مانند ایران از منظر پیچیدگی اقتصادی مورد بررسی قرارگرفته و پیچیدگی اقتصادی آنها با کشورهای توسعه‌یافته مقایسه شود.

در مورد پیچیدگی اقتصادی در ایران و کشورهای دیگر مطالعاتی انجام گرفته است اما تاکنون مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین پیچیدگی اقتصادی و رشد سبز اقتصادی فراگیر در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه نپرداخته است. دغدغه و سؤال اصلی در این پژوهش این است که پیچیدگی اقتصادی چه رابطه‌ای با رشد اقتصادی سبز در کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته دارد؟ به منظور دستیابی به پاسخ سؤال پژوهش ابتدا مبانی نظری مطرح شده در زمینه رشد اقتصادی سبز و همچنین پیچیدگی اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و روش‌ها و الگوهای مورد استفاده ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

۲- ۱. مفهوم پیچیدگی اقتصادی

شاخص پیچیدگی اقتصادی یکی از جدیدترین شاخص‌هایی است که منعکس‌کننده میزان دانش به‌کار رفته در ساختار تولیدی و اقتصادی یک کشور است. ازآنجاکه تولید هر محصول نیازمند دارا بودن دانش خاصی است و هرچه تولیدات یک کشور متنوع‌تر باشد، دانشِ شکل‌گرفته و مجتمع‌شده بیشتری در آن کشور وجود دارد، بنابراین اقتصادهایی پیچیده

هستند که می‌توانند حجم زیادی از دانش مرتبط را در قالب شبکه‌های بزرگ افراد گرد هم جمع کرده و مجموعه متنوعی از کالاهای دانش‌بر را تولید کنند و به عکس، اقتصادهای ساده پشتوانه ضعیفی از دانش مولد داشته و کالاهای کمتر و ساده‌تری تولید می‌کنند که مستلزم شبکه کوچک‌تری از تعاملات است (Hidalgo & Hausmann, 2009). هیدالگو و هاسمن[1] (2009) نشان دادندکه در برخی نواحی فضای محصولی، کالاها از نظر پیوند با بسیاری محصولات دیگر، دارای تراکم بیشتر هستند، درحالی‌که در سایر نواحی، کالاها از ارتباط کمتری برخوردار هستند. بدین ترتیب در اقتصادهای با پیچیدگی بالا ارتباط فرآیند تولید کالاهای پیچیده با سایر کالاها بیشتر و در اقتصادهای با پیچیدگی پایین ارتباط تولید این کالاها با سایر کالاها کمتر است لذا این ارتباط بیشتر را هسته محصولی و ارتباط کمتر را محیط و پیرامون در نظر گرفته‌اند. همچنین ضمن بررسی ایشان مشخص گردید که سبد صادراتی کشورهای ثروتمندتر، دارای گرایش به نواحی پرتراکم‌تری از فضای محصولات هستند. دو واژه تنوع و فراگیری از واژگان کلیدی ادبیات پیچیدگی اقتصادی هستند. چنانچه کشوری به تولید تعداد زیادی از محصولات بپردازد، دارای تنوع محصول است. همچنین محصولی که توسط تعداد کمی از کشورها تولید شود، آن محصول کمتر فراگیر شناخته می‌شود. بنابراین کشوری که ضمن تولید محصولات متنوع، با کالاهایی پیوند داشته باشد که تعداد کمتری از کشورها اقدام به تولید آن می‌نمایند، کشوری با درجه بالای پیچیدگی اقتصادی خوانده می‌شود (حسنوند و همکاران، ۱۴۰۱).

۲-۲. پیچیدگی اقتصادی و رابطه آن با رشد سبز فراگیر

بدیهی است که رشد اقتصادی کشورها متفاوت است و با توجه به شرایط مربوط به تکنولوژی‌های استفاده شده در تولید کشورها، میزان و کیفیت تولید آنها متفاوت است (پژم و سلیمی‌فر، ۱۳۹۴). بخش عمده‌ای از رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته در اثر پیشرفت تکنولوژی و فناوری‌های تولید است که کشورهای توسعه‌یافته در پروسه تولید از آن استفاده کرده و میزان و کیفیت تولید را افزایش می‌دهند. این جمله به این معنی است که کشورهای توسعه‌یافته همزمان با تولید گسترده و باکیفیت به دنبال بهبود روش‌های تولید هستند و مخارج

1. Hidalgo,C.A .& Hausmann,R .

تحقیق و توسعه در زمینه‌های روش‌های تولید را در اولویت قرار می‌دهند (شعبانی و عبدالملکی، ۱۳۹۰). مسئله اساسی این است که آیا فناوری‌های تولید پیشرفته موجب کاهش میزان آلایندگی در فرآیند تولید می‌شوند یا خیر؟ نظریه‌های رشد اغلب به دو عامل نیروی کار و سرمایه در رشد اقتصاد کشورها تأکید دارند اما با توجه به شرایط موجود و سرریز دانش در فرآیند تولید، نظریه‌های قدیمی توفیق چندانی در توضیح شرایط رشد اقتصادی کشورها ندارند. دانش و فناوری از دو منظر بر تولید و فرآیندهای آن تأثیر دارد: ۱- تأثیر دانش و تکنولوژی در بهبود کیفیت و کمیت تولید و ۲-تأثیر دانش بر فناوری‌های تولید مانند بهبود دستگاه‌ها و عوامل فیزیکی تولید. مورد دوم جایی است که دانش بر نحوه تولید با کاهش گازهای گلخانه‌ای تأکید دارد. به عبارت دیگر با وجود دانش و هزینه‌های تحقیق و توسعه، روش‌های تولید بهینه‌تر شده و میزان تولید آلاینده‌ها کاهش می‌یابد. برای مثال پیشرفت تکنولوژی در حوزه مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر موجب شده تا میزان گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید کاهش یابد (شاکری و همکاران، ۱۳۹۸).

۲- ۳. رشد اقتصادی

اگر چه برخی از اقتصاددانان مباحثی در مورد رشد را مطرح نموده‌اند اما پس از سال ۱۸۷۰ است که رشد به‌عنوان یک نظریه اقتصادی مطرح می‌شود. به‌طوری‌که از مقاله‌های موجود در نوشته‌های اقتصادی سال‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۳۲ آشکار است، برای اولین بار اقتصاددانی به نام فون نیومن[1] در سمیناری در وین، یک مدل ریاضی برای نظریه رشد ارائه نمود که این مدل به لحاظ ریاضی از یک معادله خطی بسیار ساده تشکیل یافته بود. اما مدل هارود[2] اولین مدل رشدی بود که رفتار اقتصاد را در بلندمدت بررسی می‌کرد. بعد از اثر هارود، دومار[3] هم کار مشابهی را به‌طور مستقل انجام داده و به نتایج مشابهی نیز رسیده است (Branson, 1989).

مدل‌های رشد عموماً بر سه فرض اساسی بنا شده است (Branson,1989)

۱-عرضه نیروی کار به صورت برون‌زا تعیین می‌شود.

۲-تابع تولید، نهاده‌های نیروی کار و سرمایه را به سطح تولید مربوط می‌کند.

۳-رابطه بین پس‌انداز و سرمایه‌گذاری.

---

1. Von Neumann, J.
2. Harrod, R.
3. Domar, E.D.

مطابق فرض یک، نیروی کار دارای نرخ رشد برون‌زا است که این نرخ رشد خارج از سیستم تعیین می‌شود و با در دست داشتن این نرخ ، میزان نیروی کار موجود در هر لحظه از زمان را می‌توان به‌دست آورد. از طرفی، علاوه بر رشد حجم نیروی کار، بهره‌وری آن نیز در طول زمان در حال رشد است که اگر آن را با Y نشان دهیم، نیروی کار مؤثر در هر لحظه از زمان L خواهد بود.

فرض تابع تولید دومین رابطه اساسی در مدل‌های رشد است که نهاده‌های سرمایه و نیروی کار را به تولید تبدیل می‌کند:

$$Y_t = F(K_t, L_t) \qquad (۱)$$

سرمایه‌گذاری و تشکیل سرمایه، آخرین و مهم‌ترین رابطه در ساختمان مدل‌های رشد است که رابطه بین پس‌انداز و سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد. هر اقتصادی باید نسبت معینی از درآمدش را پس‌انداز کند حتی اگر این پس‌انداز تنها به منظور جانشین ساختن کالاهای سرمایه‌ای و ساختمان، ماشین‌آلات و نیز مواد خام و مستهلک شده باشد. به عبارتی طبق فرض سوم، سرمایه‌گذاری جدید که نمایانگر افزایش ویژه‌ای در موجودی سرمایه است لازم و ضروری است.

$$I_t = \Delta K_t = \frac{dk}{dt} \qquad (۲)$$

که در حالت تعادل می‌بایست این سرمایه‌گذاری برابر با کل پس‌انداز (S) باشد. یعنی:

$$S_t = I_t = \frac{dk}{dt} \qquad (۳)$$

۲- ٤. رشد اقتصادی و دانش

تأثیر دانش بر رشد اقتصادی را می‌توان در تفکر دانشمندان اقتصادی قرن‌های گذشته نیز مشاهده کرد. اسمیت[1] از جمله اقتصاددانانی است که به نقش دانش در رشد اقتصادی واقف بود و از طبقه‌ای از متخصصان نام می‌برد که هم آینده نگری دارند و هم با تولید دانشی که به لحاظ اقتصادی مفید است به رشد اقتصادی کمک می‌کنند. صد سال بعد از اسمیت، اقتصاددان آلمانی فردیش لیست[2] بر اهمیت زیرساخت‌ها و نهادهایی تأکید کرد

1. Smith, A.
2. List, F.

کـه موجـب توسـعه نیروهـای‌تولیدی هستند. او منشأ این زیرساخت‌ها و نهادها را تولید دانش و توزیع مناسـب دانـش در اقتصـاد می‌داند. هگل[1] هم عامل توسعه و تحول نظام‌های اجتماعی و اقتصادی را تضاد بین نهادهای موجـود با ادراکات رشد یافته می‌داند که خود از رشد دانش متأثر است. وبر[2] نیز حدود صد سال بعد از اسمیت، موتور محرکه تغییر نظام اقتصادی را تضاد بین نیروهای تولیدی بـا روابـط اجتمـاعی تولیـد می‌داند و تحول نیروهای تولیدی را برون‌زا فرض می‌کند زیـرا رشـد نیروهـای تولیـدی را حاصـل رشد دانش و توسعه علوم می‌داند که برون‌زا است. از همین رو، عامل اصلی در تحولات نظـام‌هـای اقتصادی و تحول به سوی نظام برتر، یعنی سوسیالیسم علمی را چیزی جز رشد دانش و توسعه علوم و کاربرد آن در صنعت یعنی پیشرفت تکنولوژی نمی‌دانند (پژم و سلیمی‌فر، ۱۳۹۴). اقتصـاددانان نئوکلاسـیک در اوایل قرن بیستم نیز به تأثیر دانش در رشد اقتصادی توجه کردند زیرا در تابع تولید، کار و سرمایه و مواد اولیه را عامل تولید فرض می‌کردند که بازده نزولی دارند یعنی به ازای افزایش هر یک از این عوامل تولید، زمانی فرا می‌رسد که بازده نزولی آنها آغاز شود اما با رشد تکنولوژی و فرض ثبات عوامل تولید، منحنی تولید به سمت بالا نقل مکان کرده و تأثیر منفی بازده نزولی را جبران می‌کند. بنابراین اقتصاددانان نئوکلاسیک، رشد فناوری را تابعی از کاربرد دانش و علوم در ابزار تولید می‌دانستند. از همین رو با رشد دانش و ظهور آن در فناوری‌ها و با به‌کارگیری آن فناوری‌ها، رشد اقتصادی حاصل می‌شود. در مدل رشد نئوکلاسیکی سولو[3] نیز آن بخش از رشد اقتصادی که توسط دو متغیر حجم سرمایه و نیروی کار توضیح داده نمی‌شود و به پسماند[4] مشهور است، توسط پیشرفت فنی تعیین می‌شود (شاکری، ۱۳۸۷).

۲- ۵. رشد اقتصادی سبز

رشد اقتصادی سبز اصطلاحی برای توصیف مسیری از رشد اقتصادی است که با استفاده از منابع موجود در طبیعت به‌صورت بنیادی و پایدار ایجاد می‌گردد. به عبارت دیگر، مسیری است که در آن از طبیعت و فرآیندهای طبیعی به عمل آمده در طبیعت انرژی حاصل می‌شود

1. Hegal, V. F.
2. Weber, M.
3. Solows
4. Residual

و با فناوری‌های مخصوص، این انرژی‌های پایان‌ناپذیر در خدمت تولید قرار می‌گیرد که در آن از تولید گازهای گلخانه‌ای خبری نیست. این موضوع در سطح جهان، برای ارائه مفهومی جایگزین رشد اقتصادی معمول صنعتی، مورد استفاده قرار می‌گیرد و مسیر و مقصد حرکت آینده آن به اقتصاد سبز منجر می‌گردد (Scott & Davis, 2015).

۲- ٦. تکنولوژی پیشرفته

واژه تکنولوژی پیشرفته به تکنولوژی‌های مدرن یا پیچیده اطلاق می‌شود. طیف گسترده‌ای از صنایع که مشخصاتی خاص دارند، از این تکنولوژی استفاده می‌کنند. اگر شرکتی دارای ویژگی‌های زیر باشد آنگاه آن را شرکت بهره‌مند از تکنولوژی پیشرفته می‌نامند (Tan, et al., 2006):

۱. از کارکنان با تحصیلات بالا استفاده می‌کند. یعنی تعداد زیادی از کارکنان آن را دانشمندان و مهندسان تشکیل می‌دهند.
۲. با نوآوری تکنولوژیک رقابت می‌کند.
۳. بودجه تحقیق و توسعه آن بالاست (یک راهنمای کلی این است که نسبت مخارج تحقیق و توسعه به فروش دو برابر میانگین صنعت باشد).
٤. می‌تواند از تکنولوژی برای رشد سریع استفاده کند و با ظهور تکنولوژی رقیب، بقایش تهدید می‌شود.

۲- ۷. هزینه‌های تحقیق و توسعه (R&D)

تحقیق و توسعه کلید اصلی رشد فناوری محسوب می‌شود و امروزه بیشتر فناوری‌های‌جدید به‌وسیله سازمان‌ها یا مؤسسات تحقیق و توسعه انجام می‌گیرد و یکی از نتایج مهم پژوهش در هر بخش اقتصادی، افزایش قابل ملاحظه بهره‌وری عوامل تولید است. در چارچوب نظریات رشد اقتصادی نیز می‌توان به این موضوع اشاره کرد که محور اصلی نظریات رشد درون‌زا دو مقوله سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه هستند و تجربیات رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته نیز نشان می‌دهد که این دو عامل نقش بسیار مهم و اساسی در ارتقای نرخ رشد اقتصادی این‌کشورها داشته‌اند (انوشه،۱۳۹۰). هزینه‌های تحقیق و توسعه که توسط بنگاه‌های تجاری صورت می‌گیرد، درتولید کالاها و خدمات جدید، کیفیت

بالاتر تولید و فرآیندهای تولیدی جدید اثرگذار هستند و موجب رشد بهره‌وری در هر دو سطح خرد بنگاه‌ها و کلان اقتصادی می‌شوند. تأثیر R&D بخش تجاری بر بهره‌وری در بسیاری از مطالعات تجربی مورد بررسی قرار گرفته است و تأثیر آن در کلیه سطوح (اعم از واحد تجاری، بنگاه‌ها، صنعت و برای بسیاری از کشورها به‌ویژه ایالات متحده آمریکا) مشخص گردیده است. تحقیق و توسعه صورت پذیرفته توسط بخش تجاری، یا توسط خود این بخش و یا توسط دولت تأمین مالی می‌شود (Guellec & Potterie, 2000). طی دهه گذشته، مدل‌های رشد اقتصادی بر اهمیت سرمایه‌گذاری در دارایی‌های نامشهود به عنوان یک منبع اصلی رشد اقتصادی تأکید فراوان کرده‌اند. مطالعات تجربی در سطوح کلان اقتصادی ارتباط مثبت بین رشد و مخارج تحقیق و توسعه را نشان می‌دهند. بسیاری از اقتصاددانان عقیده دارند مخارج بر روی R&D، نقش اساسی در رشد اقتصادی یک کشور ایفا می‌نماید و به عقیده این‌گروه سطح بالای زندگی، بهبود وسایل‌حمل‌ونقل اعم از زمینی، دریایی، هوایی و شرایط بهداشتی در کشورهای توسعه‌یافته از نتایج مستقیم افزایش مخارج R&D خواهد بود و کمبود R&D را مشکل اصلی و مانع مهم توسعه‌نیافتگی قلمداد می‌نمایند (انوشه، ۱۳۹۰).

۲- ۸. انتشار گازهای گلخانه‌ای

انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از مشکلات اصلی جامعه جهانی است که در صورت عدم رفع آن و ادامه روند انتشار، خسارات جبران‌ناپذیری به کره زمین و موجودات وارد خواهد شد. از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای می‌توان به دی‌اکسیدکربن، متان، ازن و اکسید نیتروژن اشاره کرد. انتشار گازهای گلخانه‌ای مشکلات متعددی را نظیر گرمایش زمین، اسیدی شدن آب دریاها، تغییر در رشد گیاهان و سطح تغذیه، مه و آلودگی و تخریب لایه ازن به وجود خواهد آورد. در سال ۲۰۱۹، ۴۵ میلیارد تُن دی‌اکسیدکربن معادل در جهان تولید شده که در سه دهه اخیر شاهد رشد ۱/۷ درصد بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲).

۲- ۹. صادرات کالاهای تکنولوژیک

کشورهای درحال‌توسعه را به لحاظ عملکرد صادراتی می‌توان به سه دسته تقسیم کرد.

- برخی موفق عمل کرده، مقدار (درآمد) و کیفیت صادرات خود را ارتقاء بخشیده‌اند. آنها از بعد کیفی ترکیب صادراتی خود را از تکنولوژی‌بری پـایین، مهـارت‌بـری انـدک و کاربری بالا به سمت تکنولوژی بالا سوق داده و به‌شدت مهارت‌بر کرده‌انـد.
- دسـته دوم کشورهایی هستند که صادرات خود را به کالاهای سرمایه‌بر اختصاص داده‌اند اما تکنولوژی‌های تولید این کالاها را از کشورهای توسعه‌یافته وارد می‌نمایند و در مورد تکنولوژی تولید به کشورهای توسعه‌یافته وابسته هستند.
- دسته سوم کشورهایی هستند که به صادرات کالاها و مواد اولیه مانند نفت و فلزات می‌پردازند. این کشورها نیز به لحاظ تکنولوژی تولید عملاً به کشورهای توسعه‌یافته وابسته هستند (Stojkoski, et al., 2023).

اما کشورهای توسعه‌یافته در امر صادرات به‌گونه‌ای متفاوت عمل می‌نمایند. این کشورها اغلب اقدام به تولید کالاهایی می‌نمایند که به لحاظ تکنولوژی تولید در سطح بالایی قرار دارند. استراتژی صادرات در این کشورها به‌گونه‌ای است که از صادرات کالاهای استراتژیک خودداری کرده و کالاهایی را صادر می‌کنند که تکنولوژی پایین‌تری دارند. یعنی با توسعه تکنولوژی و تولید کالاها با تکنولوژی بالاتر، کالای با تکنولوژی پایین‌تر صادر می‌نمایند (محمودی اصل و همکاران، ۱۳۹۸).

۳. پیشینه پژوهش

استوجکوسکی و همکاران[1] (۲۰۲۳) در پژوهش خود به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی چندبعدی و رشد سبز فراگیر در ۹۸ کشور دنیا پرداخته‌اند. ایشان بیان می‌کنند که برای دستیابی به رشد سبز فراگیر، کشورها نیاز به در نظر گرفتن تنوع اقتصادی عوامل اجتماعی و محیطی دارند و اغلب با معیارهای پیچیدگی اقتصادی به‌دست آمده از جغرافیای تجارت حاصل می‌شود. بنابراین اطلاعات کلیدی در مورد فعالیت‌های نوآورانه از دست رفته است. برای پر کردن این شکاف، داده‌های تجاری را با داده‌های مربوط به درخواست‌های ثبت اختراع و انتشارات تحقیقاتی برای ساخت مدل‌ها ترکیب کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که به‌طور قابل توجه و قوی، توانایی معیارهای پیچیدگی اقتصادی برای توضیح تغییرات

1. Stojkoski, V., et al.

بین‌المللی در رشد سبز فراگیر بهبود می‌یابد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که چگونه جغرافیای تجارت، فناوری و تحقیقات برای توضیح رشد سبز فراگیر ترکیب می‌شوند.

کاظم‌زاده و همکاران[1] (۲۰۲۳) در تحقیقی به بررسی پیچیدگی اقتصادی شدت انرژی (EI) از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ با استفاده از همگرایی باشگاه و مدل‌های رگرسیون چندک پانل (PQR) پرداخته‌اند. باشگاه نتایج همگرایی نشان داد که از ۶۲ کشور، ۴۲ کشور در شدت انرژی در طول دوره همگرا شدند. سپس با استفاده از مدل PQR عوامل تعیین‌کننده EI برای این ۴۲ کشور مورد ارزیابی قرار گرفت: پیچیدگی اقتصادی، شهرنشینی، باز بودن تجارت، تولید صنعتی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، قیمت نفت و رشد اقتصادی. نتیجه مدل PQR تأیید کرد که پیچیدگی اقتصادی رابطه معکوس U شکل با EI دارد. شهرنشینی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت و فزاینده‌ای بر EI دارند. علاوه بر این، باز بودن تجارت مثبت بر EI، عمدتاً در چندک‌های ۱۰ و ۲۵ تأثیر می‌گذارد. از سوی دیگر، رشد اقتصادی اثر کاهشی بر EI دارد.

بالند و همکاران[2] (۲۰۲۲) در پژوهشی اهداف پیچیدگی اقتصادی را دنبال کردند. اولین مورد، خلاصه کردن مبانی نظری کلیدی و اصول پیچیدگی اقتصادی است. دوم بررسی مختصر ابزارها و معیارهای توسعه‌یافته در ادبیات پیچیدگی اقتصاد است که از اطلاعات رمزگذاری شده در ساختار الگوهای اقتصاد برای یافتن تجربیات جدید استفاده می‌کند. هدف نهایی برجسته کردن بینش از پیچیدگی اقتصادی برای بهبود پیش‌بینی و تصمیم‌گیری سیاسی است. نهادهایی از جمله بانک جهانی، کمیسیون اروپا، مجمع جهانی اقتصاد،OECD و مجموعه‌ای از سازمان‌های ملی و منطقه‌ای شروع به پذیرش اصول اقتصادی پیچیدگی و چارچوب تحلیلی آن کرده‌اند. ایشان در مورد پیامدهای سیاستی این زمینه، به‌ویژه مفید بودن ساخت سیستم‌های توصیه برای تصمیم‌گیری‌های عمده سرمایه‌گذاری عمومی در دنیای پیچیده بحث می‌کنند.

میلی و همکاران[3] (۱۹۷۸) در مقاله خود یک روش جدید برای اندازه‌گیری قابلیت‌های تولیدی در اقتصاد سبز ایجاد می‌کند. با ساخت یک مجموعه داده جامع جدید از محصولات

1. Kazemzadeh, E., et al.
2. Balland, K., et al.
3. Miles, R.E., et al.

سبز معامله شده و با استفاده از روش‌های پیچیدگی اقتصادی، کشورها را از نظر توانایی آنها در صادرات سبز پیچیده محصولات به‌صورت رقابتی رتبه‌بندی می‌کنند. ایشان نشان می‌دهندکه کشورهایی با رتبه بالاتر، به احتمال زیاد محیط زیست بالاتر، نرخ ثبت اختراع بالاتر، انتشار کمتر CO_2 و سیاست‌های زیست‌محیطی سختگیرانه‌تر حتی پس از کنترل برای هر تولید ناخالص داخلی سرانه دارند. سپس پتانسیل کشورها را برای انتقال به محصولات سبز در آینده بررسی می‌کنند و وابستگی مسیر در انباشت قابلیت‌های سبز را قوی می‌یابند. نتایج ایشان روشنگر صنعتی شدن سبز است و تعدادی پیامد برای سیاست صنعتی سبز دارد.

کن و همکاران[1] (۲۰۲۲) در پژوهش خود به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در مطالعه موردی ۲۱ کشور توسعه‌یافته و ۴۴ کشور درحال‌توسعه برای دوره ۱۹۷۱–۲۰۱۴ پرداختند. در این زمینه پیچیدگی اقتصادی بیانگر سطح پیچیدگی سبد صادراتی یک کشور است. این مقاله در قیمت انرژی و درآمد به عنوان متغیرهای توضیحی درDurbin-H پانل هم‌انباشتگی تجزیه و تحلیل در نظر گرفته است و تست هم‌انباشتگی با شکست‌های ساختاری برای بررسی روابط بلندمدت اعمال می‌شود. برای برآوردهای بلندمدت، از روش گروه میانگین افزوده و رگرسیون پویا به ظاهر نامرتبط استفاده می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی مصرف انرژی را در کشورهای درحال‌توسعه افزایش می‌دهد. در حالی که مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته کاهش می‌یابد. این یک بینش مهم برای کشورهایی است که نگران وابستگی انرژی خود هستند. تنوع سبدهای تولید و صادرات آنها می‌تواند نیاز انرژی را کاهش دهد. این مقاله در نهایت توصیه‌های سیاستی را براساس برآوردهای تجربی ارائه می‌دهد.

لیوو و همکاران[2] (۲۰۲۱) همبستگی متقابل بین مصرف انرژی (مصرف انرژی، هم مصرف انرژی سوخت فسیلی و هم انرژی‌های تجدیدپذیر را بررسی می‌کند) و پیچیدگی اقتصادی در همکاری Lancang-Mekong (از این پس LMC) کشورها، از ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ را بررسی می‌کند. همینطور برای تجزیه و تحلیل تجربی، یک خودرگرسیون برداری مدل پانل (PVAR) به‌کار گرفته شد. نتایج این تحقیق وجود یک رابطه یکطرفه را بین مصرف انرژی و شاخص پیچیدگی اقتصادی تأیید می‌کند که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یک

1. Kan,D., et al.
2. Liu,Q., et al.

جایگزین ممکن برای انرژی سنتی است و می‌تواند پیچیدگی اقتصادی را افزایش دهد. این تحقیق به عنوان یک اکتشاف پیشگام در کشورهای LMC با اضافه کردن مشاهدات اصلی در مطالعات موجود پیشنهاد شده است و در نهایت، پیامدهای سیاستی این کار را مورد بحث قرار می‌دهند.

سپهوند و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از داده‌های بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ و روش رگرسیون حداقل مربعات دومرحله‌ای SLS و EGLS، علاوه بر بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست‌محیطی ۱۸ کشور منطقه منا، به بررسی فرضیه منحنی کوزنتس در این کشورها پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده رابطه معکوس و معنی‌دار بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص عملکرد زیست‌محیطی است، به‌گونه‌ای که با افزایش یک واحدی شاخص پیچیدگی اقتصادی، شاخص عملکرد زیست‌محیطی بیش از ۷ واحد کاهش می‌یابد.

انوشه (۱۳۹۰) در مقاله‌ای تأثیرات مخارج تحقیق و توسعه بر روی رشد اقتصادی در کشورهای عضو سازمان کنفرانس اسلامی (OCI) را مورد بررسی قرار داده است. به همین منظور با تفکیک سرمایه‌گذاری در R&D برحسب بخش‌های مختلف در درون یک الگوی رشد درون‌زا، از روش داده‌های تابلویی برای برآورد الگو طی دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۹ استفاده کرده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از تأثیر مثبت و معنادار مخارج تحقیق و توسعه دولت، آموزش عالی، تشکیلات تجاری و مأسسات غیر انتفاعی بر رشد اقتصادی است.

پژم و سلیمی‌فر (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی در ۴۲ کشور برتر در تولید علم می‌پردازند. ایشان برای این منظور با به‌کارگیری اقتصادسنجی داده‌های پانلی ۴۲ کشور منتخب، سعی در برآورد و آزمون مدل رشد ارائه شده در تحقیق را دارند و نتایج به‌دست آمده از آن نشان‌دهنده نامناسب بودن استفاده از داده‌های تابلویی در برآورد مدل این تحقیق و البته تأثیر معنی‌دار و مثبت این متغیر بر رشد اقتصادی در برآورد مدل براساس داده‌های مقطعی کشورهای مورد مطالعه است.

شاه‌آبادی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه خود به دنبال بررسی ارتباط بین پیچیدگی اقتصادی و نرخ تورم در ۳۰ کشور عضو سازمان همکاری‌های اسلامی طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۱۸ بوده است. مدل‌سازی داده‌ها و اطلاعات آماری تحقیق ایشان بر پایه مدل‌های پانل و با استفاده از تکنیک گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) قرار گرفته است. تحلیل نتایج این

مطالعه دلالت بر آن دارد که در کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اسلامی پیچیدگی اقتصادی تأثیر منفی و معنی‌دار بر نرخ تورم دارد.

محمدی و همکاران (۱۴۰۲) در تحقیق خود به بررسی اثرات پیچیدگی به عنوان شاخص تولید پیشرفته مبتنی بر دانش و مصرف انرژی تجدیدپذیر و همچنین اثرات متقابل آنها بر آلودگی محیط زیست در کشورهای درحال‌توسعه در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۹ با استفاده از روش GMM پرداخته‌اند. نتایج حاصل از مطالعه ایشان نشان می‌دهد که شاخص پیچیدگی اقتصادی تأثیر منفی و معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای درحال‌توسعه دارد. متغیرهایی مانند باز بودن تجارت و شدت انرژی باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شوند و فرضیه منحنی کوزنتس برای کشورهای درحال‌توسعه تأیید می‌شود و همچنین پیچیدگی اقتصادی در این کشورها منجر به حرکت رو به بالای منحنی کوزنتس می‌گردد.

دهمرده قلعه‌نو و دلگرم (۱۴۰۱) به بررسی تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر نتایج سلامت برای ۱۷ کشور منتخب از کشورهای منطقه با استفاده از داده‌های پانل در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۹ با استفاده از روش رگرسیونی کوانتایل و روش حداقل مربعات معمولی OLS پرداخته است. مطابق با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، متغیرهای شاخص پیچیدگی اقتصادی، جهانی شدن، رشد اقتصادی و باز بودن تجارت سبب بهبود سلامت می‌شود. نتایج این پژوهش به‌ویژه با اقتصادهای درحال‌توسعه که معمولاً از سلامت ضعیف و سطوح پایین پیچیدگی اقتصادی رنج می‌برند، مرتبط است.

مطالعات گذشته در داخل و خارج از کشور عمدتاً به بررسی تأثیر و رابطه پیچیدگی اقتصادی با رشد اقتصادی و متغیر کلان اقتصادی مانند نرخ تورم و متغیرهای زیست‌محیطی پرداخته‌اند و مبحث رشد سبز در آنها مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین روش‌های اقتصادسنجی در این پژوهش‌ها اکثراً به روش‌های اقتصادسنجی پنل دیتا و روش‌های خطی اختصاص یافته است و ازآنجاکه سرریزهای دانش و تکنولوژی در روش‌های دیگر لحاظ نمی‌شود بنابراین استفاده از روش پنل فضایی مناسب‌تر است.

٤. تصریح مدل و روش‌های اندازه‌گیری

مدل ارائه شده در پژوهش حاضر براساس مدل ارائه شده محمدی و همکاران (۱۴۰۲) است که به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه پرداخته‌اند.

در روش هاسمن و هیدالگو جهت محاسبه پیچیدگی اقتصادی از ماتریس Mcp استفاده شده است. بدین ترتیب که اگر کشور c درخصوص محصول p دارای مزیت نسبی آشکار شده[1] (RCA) بزرگتر از یک باشد، درایه‌های ماتریس، عدد یک را به خود اختصاص داده و در غیر اینصورت، عدد صفر برای آن لحاظ می‌گردد. حال می‌توان اعداد مربوط به درایه‌های ماتریس Mcp را بدین صورت تعریف نمود:

$$M_{cp} = \begin{cases} 1 & \text{اگر } RCA_{cp} \geq 1 \\ 0 & \text{درغیراین صورت} \end{cases} \quad (۴)$$

بر این اساس می‌توان متنوع بودن و فراگیر بودن کالاها را با جمع زدن ردیف‌ها و ستون‌ها محاسبه نمود، بنابراین

$$Diversity = K_{c.o} = \sum_p M_{cp} \quad (۵)$$

$$Ubiquity = K_{p.o} = \sum_c M_{cp} \quad (۶)$$

برای ایجاد شاخصی دقیق از تعداد قابلیت‌ها و توانمندی‌های موجود در یک کشور یا تعداد قابلیت‌های مورد نیاز برای ساخت یک کالا، لازم است اطلاعات مربوط به تنوع و فراگیری را تکمیل نمود. این موضوع را می‌توان چنین نمایش داد:

$$K_{c.N} = \frac{1}{K_{c.o}} \sum_c M_{cp} \,.\, K_{c.N-1} \quad (۷)$$

$$K_{p.N} = \frac{1}{K_{p.o}} \sum_c M_{cp} \,.\, K_{c.N-1} \quad (۸)$$

سپس رابطه (۵) را در رابطه (۴) قرار داده و به‌دست می‌آید:

$$K_{c.N} = \frac{1}{K_{c.o}} \sum_c M_{cp} \,.\, \frac{1}{K_{p.o}} \sum_{c'} M_{c'p} \,.\, K_{c'.N-2} \quad (۹)$$

$$K_{c.N} = \sum_{c'} K_{c'.N-2} \sum_p \frac{M_{c.p} . M_{c'.p}}{K_{c.o} . K_{p.o}} \quad (۱۰)$$

1. Revealed Comparative Advantage

و دوباره به این صورت نوشته می‌شود:

$$K_{c.N} = \sum_{c\prime} \tilde{M}_{c.c\prime}.K_{c\prime.N-2} \quad (۱۱)$$

که در آن:

$$\tilde{M}_{cc\prime} = \sum_{p} \frac{M_{c.p}.M_{c\prime.p}}{K_{c.o}.K_{p.o}} \quad (۱۲)$$

رابطه (۹) وقتی برقرار است که $K_{c.N} = K_{c.N-2} = 1$. این بردار ویژه $MC\acute{C}$ است که با بزرگترین مقدار ویژه مرتبط است. ازآنجاکه این بردار ویژه، برداری از اعداد یک است، دربردارنده اطلاعات مفیدی نیست. بنابراین به جای آن از بردار ویژه‌ای که مقدار واریانس را منعکس می‌کند و شاخصی برای اندازه‌گیری پیچیدگی اقتصادی است، استفاده می‌شود. بنابراین پیچیدگی اقتصادی (ECI) را می‌توان چنین تعریف کرد (محمدی و همکاران، ۱۴۰۲).

$$ECI = \frac{\overline{K} - < \overline{K} >}{stdev(\overline{K})} \quad (۱۳)$$

نماد $\overline{K}$ معرف میانگین، $stdev$ نشان‌دهنده انحراف معیار و $< \overline{K} >$ بردار ویژه ماتریس $\tilde{M}_{cc\prime}$ مرتبط با دومین مقدار ویژه بزرگ آن است.

٤- ١. مدل اقتصادسنجی فضایی

در سال‌های اخیر، علاقه بسیاری به تجزیه و تحلیل و برآورد روابط اقتصادی براساس داده‌های پنل نشان داده شده است. این علاقه را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که در داده‌های پانلی، محققان امکان مدل‌سازی بیشتری را در مقایسه با داده‌های کاملاً مقطعی و یا داده‌های سری زمانی دارند. استفاده از داده‌های پانلی باعث کاهش از دست رفتن درجه آزادی و افزایش کارآیی در تخمین می‌شود. داده‌های پانل همچنین می‌توانند فرضیه‌های رفتاری پیچیده‌تری، از جمله تأثیراتی که با استفاده از داده‌های کاملاً مقطعی و یا سری زمانی قابل حل نیستند را فراهم آورند (Adewuyi & Awodumi, 2017).

اما استفاده از داده‌های پانلی محققین را با دو مشکل مواجه می‌کند: اول آنکه وابستگی فضایی ممکن است بین مشاهدات در هر نقطه از زمان وجود داشته باشد. به بیان دیگر فاصله میان کشورها می‌تواند بر رفتار اقتصادی تأثیرگذار باشد که این امر در مدل‌های پانلی نادیده

گرفته می‌شود. در نظریه علوم منطقه‌ای خاطرنشان می‌شود که عوامل اقتصادی ممکن است بسته به ۱) شرایط بازار منطقه مورد نظر با سایر مناطق و ۲) فاصله بین مناطق، تصمیمات خود را تغییر دهند. ایراد دوم نیز مربوط به نادیده گرفتن ناهمسانی فضایی میان مشاهدات است.

جهت تخمین مدل پنل فضایی، اولین گام ایجاد ماتریس مجاورت است. ماتریس مجاورت از جمله مهم‌ترین مباحث در بحث مدل‌های فضایی به شمار می‌رود. در اکثر مطالعات از میان انواع ماتریس‌های موجود از ماتریس مرز مشترک استفاده شده است. در تحقیق حاضر نیز ماتریس مجاورت، برای هفت کشور عضو اوپک که دارای مرز مشترک ناهمسانی فضایی هستند به انحراف در روابط بین مشاهدات در سطح مکان‌های جغرافیایی اشاره دارد. در این راستا استفاده از تکنیک‌های فضایی می‌تواند جهت رفع این مشکلات کمک شایانی نماید.

در این ماتریس، کشورهای همجوار عدد یک و کشورهای غیرهمجوار عدد صفر را به خود اختصاص داده‌اند. پس از ایجاد ماتریس مجاورت، در گام بعدی می‌بایست از طریق آزمون‌های خودهمبستگی همانند آزمون موران و گری[1] خودهمبستگی را مورد بررسی قرار داد. درگام سوم و پس از تأیید خودهمبستگی در مدل، از طریق آزمون‌های والد[2]، والد چندگانه و معیارهای آکائیک و شوارتز، نوع مدل را مشخص نمود و در نهایت مدل را برآورد نمود.

در مطالعه حاضر جهت تجزیه و تحلیل پیوند میان پیچیدگی اقتصادی و رشد اقتصادی سبز فراگیر طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ از اقتصادسنجی فضایی که با استفاده از نرم‌افزار Stata صورت گرفته است، نه تنها رابطه میان متغیرهای مستقل و متغیر وابسته را در نظر می‌گیرد بلکه ویژگی‌های مکانی را نیز به تجزیه و تحلیل تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته الگوی مورد استفاده بر طبق مطالعات (AbuGhunmi, et al., 2023) در نظر گرفته است که به‌صورت رابطه (۱۲) است. همچنین به منظور بررسی و مقایسه موضوع مورد مطالعه بین کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته از داده‌های مربوط به کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای توسعه‌یافته استفاده شده است. دلیل اصلی برای این مقایسه این است که

1. Moran & Geary
2. Wald

کشورهای درحال‌توسعه از انرژی‌های تجدیدناپذیر بیشتری استفاده می‌کنند و کشورهای توسعه‌یافته از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می نمایند (Freeman, 2002).

$$GERGDP_t = f(INF_t, CO2_t, R\&D_t, TECHEX_t, EC_t) \quad (۱۴)$$

که در آن طبق تعریف سازمان محیط زیست جهانی[1] رشد اقتصادی سبز به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$GREENGDP_t = \frac{GDP_t}{FF_t} - \frac{GDP_t}{GF_t} \quad (۱۵)$$

که در آن FF سوخت فسیلی، GF سوخت‌های تجدیدپذیر و GDP نیز تولید ناخالص داخلی است. عدد به‌دست آمده می‌تواند منفی یا مثبت و حتی صفر باشد، به این ترتیب که عدد منفی نشان‌دهنده هر چه بیشتر استفاده از انرژی‌های فسیلی و عدد مثبت نشان‌دهنده استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است.

INF (تورم): عبارت است از افزایش سطح عمومی قیمت‌ها در یک دوره نسبت به دوره گذشته (کاظمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

$R\&D$ (هزینه‌های تحقیق و توسعه): درصدی از تولید ناخالص داخلی است که به پروژه‌ها و تحقیقات علمی اختصاص می‌یابد (محمودی اصل و همکاران، ۱۳۹۸).

$TECHEX$ (صادرات کالاهای تکنولوژیک): میزان صادارتی از کالاها و خدمات است که در تولید آنها از تکنولوژی برتر فنی و تولیدی استفاده شده باشد (اسماعیل‌پور مقدم و کرمی، ۱۴۰۰).

$CO2$ (انتشار گاز دی‌اکسید): میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در یک دوره مانند یک سال است (اسماعیل‌پور مقدم و کرمی، ۱۴۰۰).

ECI (پیچیدگی اقتصادی): شاخص پیچیدگی اقتصادی سنجش ویژگی‌های محصولات تولیدی سیستم‌های اقتصادی در سطح کشورها است. این شاخص در پی توضیح سیستمی اقتصادی به عنوان یک کل به جای مجموع قطعات آن است. به عبارت دیگر، براساس محصول تولید شده به نهادهای مورد نیاز آن می‌رسد. شاخص پیچیدگی اقتصادی به دنبال تبیین دانش انباشته شده در جمعیت یک کشور است (شبکه‌هایی که توسط مردم شکل

1. IUCN

می‌گیرند) که نتیجه آن در ترکیب صنعتی کشورها قابل مشاهده است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Freeman, 2002):

$$ECI = \frac{\overline{K} - < \overline{K} >}{sr(\overline{K})} \quad (۱۶)$$

در این رابطه نماد $\overline{K}$ معرف میانگین، sr نشان‌دهنده انحراف معیار و $< \overline{K} >$ بردار ویژه ماتریس مرتبط با دومین مقدر ویژه بزرگ آن است.

منبع استخراج کلیه داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش، سایت بانک جهانی[1] است.

۵. یافته‌ها

۵- ۱. نتایج تحلیل آماری (کشورهای درحال‌توسعه)

۵- ۱-۱. آزمون همبستگی

با استفاده از ادبیات مربوط با رشد اقتصادی، گنجاندن اثرات مکانی به این معنی است که رشد اقتصادی در یک کشور یا منطقه خاص فقط به عوامل تعیین‌کننده در اقتصاد خود کشور بستگی ندارد بلکه ویژگی‌های اقتصادهای همسایه نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد. موران در سال ۱۹۵۰ به منظور مطالعه پدیده‌های تصادفی که در فضا در دو یا چند بعد توزیع می‌شوند، اولین آزمون همبستگی فضایی را معرفی نمود. در تحقیق حاضر جهت بررسی وجود همبستگی در داده‌های مورد بررسی از آزمون موران و گری استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۱ قابل مشاهده است. با توجه به اینکه فرضیه صفر در این آزمون‌ها عدم وجود خودهمبستگی فضایی است، با آزمون‌های موران و گری وجود خودهمبستگی فضایی تأیید می‌شود.

جدول ۱. نتایج آزمون همبستگی

آزمون همبستگی	آماره	سطح احتمال
آزمون موران	۰/۰۷	۰/۰۰۰۰
آزمون گری	۰/۰۳	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. The World Bank

۵- ۱- ۲. آزمون تشخیص مدل

پس از انجام آزمون همبستگی فضایی، باید از مدل دوربین فضایی به عنوان مدلی کلی شروع کرد و گزینه‌های مختلف آزمایش شوند. به عبارتی فرض می‌شود که مدل مورد بررسی ما دوربین فضایی است اما علاقه‌مندیم بدانیم که آیا بهترین مدل برای داده‌های موجود است یا خیر. برای این کار از آزمون والد استفاده شده است. در این آزمون در صورتی که احتمال آزمون کمتر از ۰/۰۵ باشد، می‌توان مدل دوربین فضایی را برآورد نمود ولی اگر سطح احتمال، بالای ۰/۰۵ شود، بهتر است مدل خودرگرسیون فضایی باشد.

بدین منظور آزمون والد چندگانه جهت انتخاب برآورد مدل به‌صورت دوربین فضایی و خطای فضایی انجام می‌گیرد. در این آزمون نیز با توجه به مقدار سطح احتمال مدل دوربین فضایی تأیید می‌گردد.

جدول ۲. نتایج آزمون والد و والد چندگانه

آزمون‌ها	آماره کای ۲	احتمال‌ها
آزمون والد	۱۳۰/٤۲	۰/۰۰۰۰
آزمون والد چندگانه	۱۳۱/٦۳	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در نهایت با استفاده از معیارهای آکائیک و شوارتز از میان مدل دوربین فضایی و اتورگرسیو فضایی، مدلی انتخاب می شود که دارای کمترین مقدار آکائیک و شوارتز باشد. نتایج بررسی سه آزمون در جدول ۲ و ۳ حاکی از انتخاب مدل دوربین فضایی است.

جدول ۳. بررسی معیارهای آکائیک و شوارتز

مدل	معیار آکائیک	معیار شوارتز
دوربین فضایی	٥٦۳/۹٦	۷٥۲/۹٦
اتورگرسیو فضایی	۷۸۹/٦۳	۷۹۸/۳٦

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵- ۲. نتایج تخمین مدل فضایی

نتایج تخمین رابطه بین پیچیدگی اقتصادی چندبعدی بر رشد اقتصادی سبز در کشورهای درحال‌توسعه در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج آزمون هاسمن بیانگر تخمین مدل به روش اثرات تصادفی است. همچنین با توجه به آنکه مدل دوربین فضایی جهت برآورد مدل مورد تأیید قرار گرفته است لذا دارای اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل خواهیم بود. اثرات مستقیم به‌صورت تأثیر متغیر توضیحی در یک کشور بر متغیر وابسته در همان کشور محاسبه و میانگین گرفته می‌شود. اثرات غیرمستقیم نیز از طریق میانگین کل اثراتی که از تأثیر متغیرهای توضیحی یک کشور بر متغیر وابسته کشور دیگر به‌دست می‌آید، حاصل می‌شود. در نهایت اثر کل مجموع اثرات مستقیم و غیرمستقیم را تشکیل می‌دهد. براساس این نتایج، اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی سبز مثبت است. این رابطه را می‌توان با استفاده از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس توضیح داد. در نخستین دوره پیشرفت اقتصادی، افزایش مصرف انرژی به دلیل گسترش منابع و فعالیت برای تولید محصولات پیچیده‌تر افزایش می‌یابد. ازآنجاکه کشورهای درحال‌توسعه، ساختاری تک‌محصولی و وابسته به درآمدهای نفتی دارند، اکثراً از تکنولوژی پیشرفته‌ای برخوردار نیستند و شدت انرژی در این کشورها بالاست و از طرف دیگر عمده انرژی مصرفی آنها سوخت‌های فسیلی است که درجه آلایندگی بالایی دارند و در مرحله اول منحنی زیست‌محیطی کوزنتس واقع شده‌اند که با نتایج مطالعات کول و نیومر[1] (۲۰۰۴)، یورک و همکاران[2] (۲۰۰۳)، لی و همکاران[3] (۲۰۰۹)، دوت[4] (۲۰۰۹) و جابرت و همکاران[5] (۲۰۱۲) مشابهت دارد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیچیدگی اقتصادی به دلیل اینکه استفاده از تکنولوژی در تولید را بالاتر می‌برد موجب کاهش آلایندگی و افزایش رشد اقتصادی سبز می‌شود.

مهم‌ترین بخش مدل‌های فضایی بررسی اثر سرریزهای فضایی به کشورهای مجاور است. نتایج سرریز مدل نشان می‌دهد که بهبود و افزایش پیچیدگی اقتصادی در کشورهای

1. Cole, M.A. & Neumeyer, E.
2. York, R., et al.
3. Lee, C.C., et al.
4. Dutt, K.
5. Jobert, T., et al.

مجاور سبب کاهش انتشار دی‌اکسید آن در کشور مقصد می‌شود که علت آن می‌تواند سیاست‌های سختگیرانه محیط زیستی باشد.

جدول ٤. نتایج تخمین مدل با متغیر وابسته

اثرات	متغیرها	ضریب	احتمال
اثرات مستقیم	INF	-۰/۰۸	۰/۰۰۰
	CO2	-۰/۰۹	۰/۰۰۰
	R&D	۰/۳	۰/۰۰۰
	TECHEX	۰/۲۱	۰/۰۰۰
	EC	۰/۱۲	۰/۰۰۰
اثرات غیرمستقیم	INF	-۰/۱	۰/۰۰۰
	CO2	۰/۱۱	۰/۰۰۰
	R&D	۰/۲٤	۰/۰۰۰
	R&D(-1)	۰/۲۱	۰/۰۰۰
	TECHEX	۰/۲۰	۰/۰۰۰
	EC	۰/۲	۰/۰۰۰
اثرات کل	INF	-۰/۱۱	۰/۰۰۰
	CO2	۰/۱۹	۰/۰۰۰
	R&D	۰/۱۳	۰/۰۰۰
	TECHEX	۰/۱۲	۰/۰۰۰
	EC	۰/۲۱	۰/۰۰۰
ضریب همبستگی فضایی		-۰/۲۳٦	۰/۰۳۹
آزمون هاسمن		۷/۱۱	۰/۸۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نکته قابل توجه این است که متغیرهای هزینه‌های تحقیق و توسعه با یک وقفه وارد مدل شده است. به عبارت دیگر در کشورهای درحال‌توسعه به دلیل پایین بودن سطح تکنولوژی تأثیر پیشرفت تکنولوژی بر کاهش گازهای گلخانه‌ای دچار وقفه می‌شود اما در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل بالا بودن سطح تکنولوژی این وقفه به‌وجود نمی‌آید.

۵- ۳. نتایج تحلیل آماری (کشورهای توسعه‌یافته)

۵- ۳- ۱. آزمون همبستگی

در تحقیق حاضر جهت بررسی وجود همبستگی در داده‌های مورد بررسی از آزمون موران و گری استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۵ قابل مشاهده است. با توجه به اینکه فرضیه صفر در این آزمون‌ها، عدم وجود خودهمبستگی فضایی است، با آزمون‌های موران و گری وجود خودهمبستگی فضایی تأیید می‌شود.

جدول ۵. نتایج آزمون همبستگی

آزمون همبستگی	سطح احتمال
آزمون موران	۰/۰۰۰
آزمون گری	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵- ۳- ۲. آزمون تشخیص مدل

آزمون والد و والد چندگانه جهت انتخاب برآورد مدل به‌صورت دوربین فضایی و خطای فضایی انجام می‌گیرد. در این آزمون نیز با توجه به مقدار سطح احتمال مدل دوربین فضایی تأیید می‌گردد.

جدول ٦. نتایج آزمون والد و والد چندگانه

آزمون‌ها	آماره کای ۲	احتمال‌ها
آزمون والد	۱۲۸/۲۵	۰/۰۰۰۰
آزمون والد چندگانه	۱٤۲/۳۹	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در نهایت با استفاده از معیارهای آکائیک و شوارتز از میان مدل دوربین فضایی و اتورگرسیو فضایی مدلی انتخاب می‌شود که دارای کمترین مقدار آکائیک و شوارتز باشد. نتایج بررسی طبق جداول ۶ و ۷ حاکی از انتخاب مدل دوربین فضایی است.

جدول ۷. بررسی معیارهای آکائیک و شوارتز

مدل	معیار آکائیک	معیار شوارتز
دوربین فضایی	۵۲۱/۱۱*	۷۱٤/٦۱*
اتورگرسیو فضایی	۷۹۹/۲۹	۷۸۷/۱٦

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵- ٤. نتایج تخمین مدل فضایی

نتایج تخمین رابطه بین پیچیدگی اقتصادی چندبعدی بر رشد اقتصادی سبز در کشورهای توسعه‌یافته در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. نتایج تخمین مدل با متغیر وابسته

اثرات	متغیرها	ضریب	احتمال
اثرات مستقیم	INF	-۰/۰٦	۰/۰۰۰
	CO2	-۰/۰٤	۰/۰۰۰
	R&D	۰/٤۱	۰/۰۰۰
	TECHEX	۰/۳۳	۰/۰۰۰
	EC	۰/۲٤	۰/۰۰۰
اثرات غیرمستقیم	INF	-۰/۰۵	۰/۰۰۰
	CO2	-۰/۰٦	۰/۰۰۰
	R&D	۰/۳٦	۰/۰۰۰
	TECHEX	۰/۲۱	۰/۰۰۰
	EC	۰/۲۹	۰/۰۰۰
اثرات کل	INF	-۰/۰۳	۰/۰۰۰
	CO2	-۰/۰٦	۰/۰۰۰
	R&D	۰/۲۹	۰/۰۰۰
	TECHEX	۰/۲۱	۰/۰۰۰
	EC	۰/۳۹	۰/۰۰۰
ضریب همبستگی فضایی		-۰/۲٤۹	۰/۰۲۹
آزمون هاسمن		٦/۹۹	۰/۷۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همانطور که در جدول ۸ مشخص است، نتایج مربوط به آزمون هاسمن نشان می‌دهد که برای کشورهای توسعه‌یافته نیز تخمین مدل با استفاده از روش اثرات تصادفی انجام شده است. با توجه به محاسبات انجام شده، تأثیرات مستقیم، غیرمستقیم و کل پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی سبز مستقیم و معنی‌دار است؛ همانطور که مشخص است این تأثیر در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه از میزان بالاتری برخوردار است. عدد به‌دست آمده برای ضریب تأثیرات کل پیچیدگی اقتصادی برای کشورهای درحال‌توسعه ۰/۲۱ است، درحالی‌که همان ضریب برای کشورهای توسعه‌یافته ۰/۳۹ است. این اعداد نشان می‌دهد که تأثیر اثرات کل پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است. این رابطه با استفاده از منحنی کوزنتس قابل توجیه است. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیچیدگی اقتصادی به دلیل اینکه استفاده از تکنولوژی در تولید را بالاتر می‌برد، موجب کاهش آلایندگی و افزایش رشد اقتصادی سبز می‌شود.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ازآنجاکه پیچیدگی اقتصادی از شاخص‌های مهم در اقتصاد فعلی در دنیا است و رابطه مستقیمی با هرینه‌های تحقیق و توسعه دارد لذا بر رشد اقتصادی و سایر مؤلفه‌های اقتصادی تأثیر مستقیم دارد. پیچیدگی اقتصادی نشان‌دهنده تأثیر دانش‌های سبز یا دانش‌هایی که بر فناوری‌های تولید سبز و بدون آلودگی هوا مؤثر باشد، است. هر چقدر پیچیدگی اقتصادی در یک کشور سطح بالاتری داشته باشد تأثیر آن بر تولید سبز و پاک بودن هوا پررنگ‌تر خواهد بود. در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل اینکه سطح تکنولوژی تولید بالاتر است میزان تأثیرگذاری آن بر تولید سبز و کاهش آلودگی هوا بیشتر است. این موضوع در کشورهای درحال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته متفاوت است زیرا سطح تکنولوژی در کشورهای درحال‌توسعه پایین‌تر است.

با توجه به نتایجی که در تحلیل‌های استنباطی این پژوهش به‌دست آمده است، تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر رشد سبز در کشورهای درحال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته کمتر است. به عبارت دیگر تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر رشد سبز در کشورهای توسعه‌یافته بهتر است. همچنین ازآنجاکه پیچیدگی اقتصادی نشان‌دهنده استفاده بیشتر فناوری‌ها و هزینه‌ها در پروسه تولید است بنابراین با افزایش استفاده از فناوری و افزایش هزینه‌های تحقیق

و توسعه، نه تنها روند تولید به طرف تولید سبز و هوای پاک خواهد رفت بلکه با افزایش سطح تکنولوژی، کاهش هزینه تولید نیز دور از انتظار نخواهد بود و با کاهش هزینه‌های تولید و کاهش قیمت تمام شده کالاهای تولید شده، موجب کاهش تورم نیز خواهد شد. با توجه به ضرایبی که در جدول مربوط به ضرایب کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه به‌دست آمده است، تأثیر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر تولید و رشد سبز و همچنین تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر تورم و کاهش گازهای گلخانه‌ای نیز نشان داده شده است.

به‌طور اجمالی پیشنهادات پژوهش به شرح زیر است:

۱. در جریان تولید کالاهایی که از فناوری‌های پیچیده‌ای برخوردارند، می‌بایست از هزینه‌های تحقیق و توسعه بیشتر استفاده کرد. به عبارت دیگر، تولیدکنندگان برای تولید کالاهایی با پیچیدگی بالا به منظور رقابت با سایر رقبا، نیاز به استفاده بیشتر از فناوری‌های روز دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای بالا بردن میزان فناوری و پیچیدگی در تولید، قراردادهایی با شرکت‌های دانش بنیان و سازمان‌ها و شرکت‌های تولیدی بسته شده و فناوری‌های روز به پروسه تولید انتقال یابد. این قراردادها دو مزیت خواهد داشت: اول اینکه فناوری‌های به‌وجود آمده توسط یک شرکت دانش‌بنیان به‌صورت انحصاری به شرکت تولیدی که با آن قرارداد بسته است تعلق خواهد داشت و دوم اینکه سرعت انتقال فناوری به خط تولید شرکت‌های تولیدی بالا خواهد رفت.

۲. کشورهای درحال‌توسعه به دلیل استفاده کردن از فناوری‌های پایین، پیچیدگی اقتصادی پایین‌تری نسبت به کشورهای توسعه‌یافته دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود کشورهای درحال‌توسعه با شرکت‌های دانش‌بنیانِ کشورهای توسعه‌یافته قراردادهایی مشابه قراردادهایی که در پیشنهاد اول ذکر شده است، ببندند و همچنین به منظور درک و کشف این فناوری‌ها، مرکزهایی تأسیس نمایند که این فناوری‌ها را بررسی و در پروسه تولید خود استفاده نمایند.

۳. سیاستگذاران حوزه‌های اقتصادی و سیاسی می‌توانند با ارائه پیشنهاداتی به شرکت‌های دانش‌بنیان خارجی و داخلی و دادن امتیازات و تخفیفات مالیاتی، این شرکت‌ها را تشویق به ارائه فناوری‌های خود به شرکت‌های تولیدی پربازده نمایند.

با این روش شرکت‌های دانش‌بنیان علاقه بیشتری به همکاری با سازمان‌های دولتی و تولیدی برای همکاری در زمینه فناوری‌های تولید خواهند داشت.

٤. قراردادها و روش‌هایی که در پیشنهادهای قبلی ذکر شده است، می‌تواند بین دولت و شرکت‌های تولیدی خصوصی عقد شود لذا این قراردادها برای دولت و سازمان‌های حفظ محیط زیست نیز دارای مزیت است زیرا این قراردادها موجب افزایش سطح فناوری و کاهش تولیدات آلودگی‌آور خواهد شد.

به‌طور کلی نتیجه اصلی از تحلیل‌های انجام گرفته شده در این پژوهش این است که با افزایش سطح پیچیدگی اقتصادی، تولیدات یک اقتصاد به طرف تولید سبز و بدون آلودگی هوا خواهد رفت و همچنین پیچیدگی اقتصادی از کانال کاهش هزینه‌ها موجب کاهش تورم و کاهش گازهای گلخانه‌ای خواهد شد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Ahmad Sarlak https://orcid.org/0000-0001-7237-2880

Fariba Rashnoo https://orcid.org/0000-0001-9943-173X

منابع

اسماعیل‌پور مقدم، هادی و کرمی، آرزو. (۱۴۰۰). اثر نوآوری فین تک بر رشد سبز در ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۱۰ (۳۹)، ۱۱-۳۴.
doi: 10.22054/jiee.2022.66206.1890

انوشه، شهرزاد. (۱۳۹۰). اثر مخارج تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی به تفکیک بخش‌های سرمایه‌گذار (مطالعه موردی کشورهای عضو سازمان کنفرانس اسلامی (OIC)). *اقتصاد کاربردی*، ۲۲ (۷)، ۵۹-۷۸. SID. https://sid.ir/paper/202066/fa

برانسون، ویلیام، اچ. (۱۹۸۹). *تئوری و سیاست‌های اقتصاد کلان*. ترجمه عباس شاکری. چاپ هفتم. تهران: نی.

پژم، سیدمهدی و سلیمی‌فر، مصطفی. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی در ۴۲ کشور برتر در تولید علم. *اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، ۲(۳)، ۵۵-۶۹. https://doi.org/10.22067/erd.v22i10.41690

حسنوند، علی، کریمی، محمدشریف، فلاحتی، علی و خانزادی، آزاد. (۱۴۰۱). اثر پیچیدگی اقتصادی بر نابرابری درآمدی در کشورهای منتخب درحال‌توسعه؛ رویکرد پانل دینامیک. *اقتصاد مالی (اقتصاد مالی و توسعه)*، ۱۶(۵۸)، ۱۹۳-۲۱۴. https://sid.ir/paper/956981/fa

دهمرده قلعه‌نو، نظر و دلگرم، عاطفه. (۱۴۰۱). تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) برنتایج سلامت ایران و منتخبی از کشورهای درحال‌توسعه. *دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی*، ۲۰(۳)، ۲۶۱-۲۷۸. https://civilica.com/doc/1634050

سپهوند، رامین، سایه‌میری، علی و شیرخانی، اسما. (۱۴۰۰). تأثیرپیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست محیطی در کشورهای منطقه منا. *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۲۱(۳)، ۱۷۷-۲۰۸. http://dorl.net/dor/20.1001.1.17356768.1400.21.3.5.7

شاکری، عباس. (۱۳۸۷). *نظریه‌ها و سیاست‌های اقتصاد کلان (جلد ۱)*. تهران: پارس نویسا.

شاکری، عباس، مؤمنی، فرشاد، خادم علیزاده، امیر و مخزن موسوی، سیدهادی. (۱۳۹۸). سنجش شاخص ترکیبی عدالت اقتصادی با رویکردی اسلامی در ایران (۱۳۷۳—۱۳۹۶)، *دوفصلنامه جستارهای اقتصادی ایران با رویکرد اقتصاد اسلامی*، ۱۶(۳۱)، ۹-۴۰. https://doi.org/10.30471/iee.2019.1585

شاه‌آبادی، ابوالفضل، کرمی، بهاره و ارغند، هانیه. (۱۴۰۱). تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر تورم در کشورهای منتخب سازمان همکاری اسلامی. *اقتصاد مقداری*، ۱۹(۲)، ۶۷-۹۱. https://doi.org/10.22055/jqe.2021.32056.2197

شعبانی، احمد و عبدالملکی، حجت‌الله. (۱۳۹۰). توسعه اقتصادی دانش پایه؛ مبنای نظری، تجربیات و الزامات سیاستگذاری (مقایسه تطبیقی ایران و کشورهای پیشرو). *برنامه ریزی و بودجه*، ۱۶(۱)، ۱۲۷-۹۷. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22519092.1390.16.1.5.8

کاظمی، سعید. (۱۳۹۳). شاخص پیچیدگی اقتصادی و ارتباط آن با رشد اقتصادی. *اقتصاد آسیا*، ۲۱(۵۲۵)، ۳-۱. https://doi.org/10.30495/fed.2022.691507

کاظمی‌زاده، غلامرضا، علی‌محمدی اصل، ابراهیم و نظری، رضا. (۱۳۹۵). ارزیابی بانک‌های خصوصی با استفاده از مدل BSC و تکنیک‌های MADM (پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار). *مدیریت بهره‌وری*، ۹(۳۶)، ۱۶۳-۱۸۶. https://civilica.com/doc/1381683

محمدی، نجمه، سحابی، بهرام، حیدری، حسن و صادقی سقدل، حسین. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه. *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۲۳(۴)، ۱۱-۳۶. http://dx.doi.org/10.22034/ECOR.23.4.1

محمودی اصل، ابراهیم، کمالی دهکردی، پروانه، غبیشاوی، عبدالخالق و عبداللهی، فرشته. (۱۳۹۸). مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن با رویکرد پنل فضایی و پیچیدگی اقتصادی: مطالعه موردی کشورهای عضو اوپک. *اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، ۳(۷)، ۹۵-۱۱۴. https://doi.org/10.22054/eenr.2020.12490

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۲). *داده‌ها و گزارشات مربوط به آلودگی آب و هوا در ایران*.

References

AbuGhunmi, D., AbuGhunmi, L., Khamees, B.A., Anderson, K. & AbuGunmi, M. (2023). Green economy and stock market returns: Evidence from European stock markets. *Open Innovation: Technol Market and Complexity*, *9*(2023), 100146. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100146

Adewuyi, A. & Awodumi, O. (2017). Biomass energy consumption, economic growth and carbon emissions: fresh evidence from west affricating a simultaneous equation model. *Energy*, *119*(15), 453-471. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.059

Anoushe, Sh. (1390). The effect of research and development expenses on economic growth by capital sectors transition (case study of member countries of the organization of the Islamic Conference (OIC)). *economy Applied*, *22*(7), 59-78. https://sid.ir/paper/202066/fa.[In Persian]

Baland, K., Arat, L. & Jara, P. (2022). The nexus between economic complexity and energy consumption under the context of sustainable environment: evidence from the LMC countries. *Int. J. Environ. Res. Public Health 2021*, 18, 124. https://doi.org/10.3390/ijerph18010124

Barbier, E.B. (2012). The Green Economy Post Rio+20. *Science*, 338, 887-888. https://doi.org/10.1126/science.1227360

Branson, W.H. (1989). *Macroeconomic theory and policies*. Translated by Abbas Shakri. The seventh edition. Tehran: Ney. [In Persian]

Cole, M. & Neumeyer, E. (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment*, *26*(1), 5-21. doi:10.1023/B:POEN.0000039950.85422.eb

Dehmardeh Ghale Nou, N. & Delgaram, A. (1401). The effect of economic complexity index (ECI) on the health outcomes of Iran and a selection of developing countries. *Journal of Health Faculty and Health Research Institute*, *20*(3), 261-278. https://civilica.com/doc/1634050/ [In Persian]

Dutt, K. (2009). Governance, institutions and the environment-income relationship: a cross-country study. *Environment, Development and Sustainability, 11*(4), 705-723. doi:10.1007/s10668-007-9138-8

Freeman, S.R. (2002). Option exercise games: an application to the equilibrium investment strategies of firms. *The Review of Financial Studies, 15*(3), 691-721. doi:10.1093/rfs/15.3.691

Guellec, D. & Potterie, BvP. (2000). Applications, grants and the value of patent. 14. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102328

Hartmann, D., Guevara, M.R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M. & Hidalgo, C.A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development, 93*(2017), 75–93, https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.020

Hassanvand, A.,Karimi, M., Fallahati, A. & Khanzadi, A. (1401). The effect of economic complexity on income inequality in selected developing countries; Dynamic panel approach. *Financial Economics (Financial Economics and Development), 16*(58), 193-214. https://sid.ir/paper/956981/fa [In Persian]

Hausmann, R. & Hidalgo, C.A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth, 16*(4), 309-342. doi:10.1007/s10887-011-9071-4

Hidalgo, C. & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America, 106*(26), 10570-10575. https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106

Iran Statistics Center (1402). Data and reports related to air pollution in Iran. [In Persian]

Ismailpour, A., Karimi, M. & Salehifar, M. (1401). Investigating the relationship between the quality of financial reporting and investment decisions of companies, emphasizing the governance role of accounting information. *Investment Knowledge, 11*(42). 11-34. doi: 10.22054/jiee.2022.66206.1890 [In Persian]

Jobert, T., Karanfil, F. & Tykhonenko, A. (2012). Environmental Kuznets curve for carbon dioxide emissions: lack of robustness to heterogeneity?. *Galatasaray University Economic Research Center, 1*(2012), 1-29. https://shs.hal.science/halshs-00721675

Kazemi, S. (2013). economic complexity index and its relationship with economic growth. *Asian Economic Monthly, 21*(525), 1-3. https://doi.org/10.30495/fed.2022.691507 [In Persian]

Kazemizadeh, Gh.R., Ali Mohammadi Asl, E. & Nazari, R. (2015). Evaluation of banks. private using the BSC model and MADM techniques (accepted in the stock exchange Bahadar). *Productivity Management, 9*(36), 163-186. https://civilica.com/doc/1381683 [In Persian]

Kazemzadeh, E., Fuinhas, J.A., Shirazi, M., Koengkan, M. & Silva, N. (2023). Does economic complexity increase energy intensity? *Energy Efficiency, 16*(4), 28-50. doi:10.1007/s12053-023-10104-w

Ken, D., Yang, X., Liu, C. & Yang, W. (2022). Business strategy and firm efforts on environmental protection: Evidence from China. *Business Strategy and the Environment*, *29*(3), 445-464. doi:10.1002/bse.2376

Lee, C.C., Chiu, YB. & Sun, C.H. (2009). Does one size fit all? reexamination of the environmental Kuznets curve using the dynamic panel data approach. *Applied Economic Perspectives and Policy*, *31*(4), 751-778. https://doi.org/10.1111/j.1467-9353.2009.01465

Liu, H., Liang, S. & Cui, Q. (2021). The nexus between economic complexity and energy consumption under the context of sustainable environment: evidence from the LMC countries. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *18*(1), 124. https://doi.org/10.3390/ijerph18010124

Mahmoudi, A.E., Kamali, D., Parvaneh, Gh., Abdul, K. & Abdullahi, F. (2018). Energy consumption and carbon dioxide emissions with the spatial panel approach and economic complexity: a case study of OPEC member countries. *Environmental Economics and Natural Resources Quarterly*, *3*(7), 95-114. https://doi.org/10.22054/eenr.2020.12490 [In Persian]

Miles, R.E., Snow, C.C., Meyer, A.D. & Coleman, H.J. (1978). Organizational strategy, structure, and process. *Academy of Management Review*, *3*(3), 546-62. doi:10.5465/AMR.1978.4305755

Mohammadi, N., Sahabi, B., Vahidari, H. & Sadeghi Saqdel, H. (1402). Examining the effect of complexity Economic and renewable energy consumption on environmental pollution in the countries in the present development. *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, *23*(4), 11-36. http://dx.doi.org/10.22034/ECOR.23.4.1 [In Persian]

Napoliano, M., Vertiani, L. & Jackman, K. (2022). The effect of export composition on energy demand: A fresh evidence in the context of economic complexity. *Review of Development Economics*, *26*(2), 687-703. doi: 10.1111/rode.12854

Pejam, S. & Salimifar, M. (2014). Investigating the impact of the economic complexity index on economic growth in the top 42 countries in science production. *Journal of Regional Economics and Development*, *2*(3), 55-69. https://doi.org/10.22067/erd.v22i10.41690 [In Persian]

Saunila, M. (2019). Innovation capability in SMEs: A systematic review of the literature. *Journal of Innovation & Knowledge*, 5, 260–265. http//doi.org/10.1016/j.jik.2019.11.002.

Scott, W.R. & Davis, G.F. (2015). Organizations and Organizing: Rational, Natural and Open Systems Perspectives. 1. New York: Routledge, *29*(1), 363-402. https://doi.org/10.4324/9781315663371

Sepahvand, R., Sayeh Miri, A. & Shirkhani, A. (1400). The impact of economic complexity on environmental performance in MENA countries. *Economic Research Quarterly (Sustainable Growth and Development)*, *21*(3), 177-208. http://dorl.net/dor/20.1001.1.17356768.1400.21.3.5.7 [In Persian]

Shabani, Ahmad & Abdul Maleki, Hojtollah (2010). Economic development of basic knowledge; Theoretical basis, experiences and policy requirements (comparative comparison of Iran and leading countries). *planning quarterly and Budget*, *16*(1): 97-127. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22519092.1390.16.1.5.8 [In Persian]

Shahabadi, A., Karmi, B. & Arghand, H. (1401). The effect of economic complexity on inflation Selected countries of organization of Islamic cooperation. *Quarterly Journal of Economics*, *19*(2), 67-91. https://doi.org/10.22055/jqe.2021.32056.2197 [In Persian]

Shakeri, A. (2008). *Macroeconomic theories and policies* (volume 1). 1. Tehran: Pars navisa. [In Persian]

Shakri, A., Momeni, F., Khadem Alizadeh, O. & Mousavi Reservoir, S. (2018). Measurement the combined index of economic justice with an Islamic approach in Iran (1373-1396). *Bi-Monthly Journal Iranian Economic Essays with the Approach of Islamic Economy, 16*(31), 9-40. https://doi.org/10.30471/iee.2019.1585 [In Persian]

Solinas, G. & Muñoz, S. (2021). Proximity and horizontal policies: the backbone of export diversification and complexity. Working Paper No, *(International Monetary Fund, 2021)*, *2021/064* https://doi.org/10.5089/9781513571614.001

Stojkoski, V., Koch, P. & Hidalgo, C.A. (2023). Multidimensional economic complexity and inclusive green growth. *Commun Earth Environ*, 4, 130. https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.08382

Tan, H., Weston, R. & Tang, Y. (2006). Applying the Miles and Snow's business strategy typology to China's real estate development industry: a research framework. *Proceedings of the 12th Pacific Ri Real Estate Society Conference PRRES*, (2006), 1-21.

The World Bank (2022). World Development Indicators.

York, R., Rosa, E.A. & Dietz, T. (2003). Stir pat, IPAT and impact-analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, *46*(2003), 351-365. doi:10.1016/S0921-8009(03)00188-5

استناد به این مقاله: رشنو، فریبا و سرلک، احمد. (۱۴۰۳). رابطه بین پیچیدگی اقتصادی چندبعدی و رشد سبز فراگیر در منتخبی از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۹ (۱۰۰)، ۲۳۵-۲۷۱.

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