

The Indirect Effects of Globalization on Sustainable Resource Management: A PSTR Approach

Afsaneh Mafi Asl¹, Hassan Khodavaisi² , Yusuf Mohammadzadeh³

1. Ph.D. Student of International Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and management, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: a.mafiasl@urmia.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and management, Urmia University, Urmia, Iran. (Corresponding Author) E-mail: h.khodavaisi@urmia.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and management, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: yo.mohammadzadeh@urmia.ac.ir

Abstract

The increasing use of natural resources and materials raises significant concerns, including economic issues—such as the rising costs of resource and materials management, inefficient usage, and unsustainable development—as well as environmental effects like carbon dioxide emissions, global warming, and climate change. Key factors such as resource productivity, economic growth, and business activities are closely related to the dynamics of domestic material consumption (DMC). Empirical research indicates that trade increasingly influences global resource use. Rising global demand for exports and imports fosters greater production of goods and services, which in turn places pressure on the use of natural resources and materials. Moreover, globalization expands the scale of economic activities such as trade and transportation, leading to increased resource use and pollution. While international organizations and policymakers have historically emphasized economic development and employment in discussions on human progress, recent attention has shifted toward inequality and environmental sustainability. This study addresses this shift, examining the significant role globalization plays in influencing environmental quality and sustainable resource use.

Article information

Review History:

Received: aug. 25, 2024

Revised: sep. 8, 2024

Accepted: sep. 24, 2024

Published online: sep. 15, 2025

Keywords:

Domestic Material Consumption

Globalization

PSTR

STIRPAT

SustainableResourceManagement

JEL Classification:

Q3, P28, F62, F64

Corresponding Author:

h.khodavaisi@urmia.ac.ir



Aim and Introduction:

The optimal and sustainable use of natural resources is critical for mitigating environmental risks and preventing resource depletion. While most studies on resource consumption assume a linear relationship between economic growth, population, and resource use, this research explores the often-overlooked nonlinear relationships between consumption and factors such as globalization, urbanization, and total factor productivity (TFP).

Globalization—encompassing social, political, and economic dimensions—plays a pivotal role in shaping production, consumption, and environmental outcomes. This study employs the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model to analyze how globalization influences the relationship between economic growth and domestic material consumption. The PSTR model, which accounts for regime shifts, enables the examination of nonlinear interactions and offers more precise empirical insights into these relationships. By allowing parameters to vary over time and across countries, the model captures the heterogeneous effects of economic development on resource consumption.

The primary objective is to investigate the nonlinear effects of globalization on gross domestic product (GDP) and resource consumption at different globalization stages. By leveraging the PSTR model, this study provides a nuanced understanding of the complex and dynamic relationships among economic growth, globalization, and environmental sustainability.

Methodology :

This study hypothesizes that domestic material consumption responds differently to varying levels of globalization. Specifically, it posits that the effect of economic growth changes across different globalization stages, implying a nonlinear globalization threshold in the relationship between economic growth and DMC. The PSTR method is well-suited to capturing nonlinearities, whether they involve steep or gradual regime transitions.

The corresponding PSTR model is specified as follows:

$$LDMC_{it} = \mu_i + \delta_0 X_{it} + \delta_1 X_{it} * G(S_{it}; \gamma; c) + \varepsilon_{it} \text{ with } \gamma > 0 \quad (1)$$

where $i = 1, 2, \dots, n$ and $t = 1, 2, \dots, T$ represent the number of cross-sections and time periods, respectively. $LDMC$ denotes the logarithm of domestic material consumption. $X_{it} = (X_{1t}, X_{2t})$ includes per capita GDP and other control variables such as urbanization, total factor productivity growth, and industrial value-added. $G(S_{it}; \gamma; c)$ is the smooth transition function, where S_{it} denotes the globalization index.

A simplified version of the model is:

$$LDMC_{it} = \mu_i + \delta_0 LGDP_{it} + \delta_1 LGDP_{it} * G(S_{it}; \gamma; c) + \varepsilon_{it} \quad \gamma > 0 \quad (2)$$

Following Gonzales et al. (2005), the transition function is assumed to be logistic:

$$G(S_{it}; \gamma; c) = [1 + \exp(-\gamma \prod_{j=1}^n (S_{it} - c_j))]^{-1} \quad (3)$$

here, γ is the slope parameter, and $c_j, j = 1, 2, \dots, n$ is an n -dimensional location vector representing the threshold values. Depending on the degree of globalization, the effect of economic growth on DMC changes. In the first regime (where $G(.) = 0$),

the elasticity of DMC with respect to economic growth is δ_0 . In the second regime, this elasticity becomes $\delta_0 + \delta_1$. The estimation procedure for the PSTR model involves the following steps: (i) The null hypothesis of linearity is tested against the alternative of a smooth transition. If linearity is rejected, the appropriate threshold variable S_{it} is selected. To address the issue of unidentified nuisance parameters under the null hypothesis (as discussed by Luukkonen et al., 1988), the transition $G(S_{it}; \gamma; c)$ is approximated around $\gamma = 0$ using a first-order Taylor expansion. The linearized form of the model is:

$$LDMC_{it} = \mu_i + \delta_0 X_{it} + \delta_1 X_{it} LKOF_{it} + \dots + \delta_m X_{it} LKOF_{it}^m + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

The linearity test between LDMC and LKOF is equivalent to testing the null hypothesis $H_0: \delta_0 = \delta_1 = \delta_m$ in equation (4). This test can be performed using an LM test, which follows an F distribution:

$$LM_F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/mK}{SSR_0/(TN - N - mK)} \sim F(mK, TN - N - K - m(K + 1)) \quad (5)$$

where SSR_0 and SSR_1 represent the panel sum of squared residuals under H_0 and H_1 , respectively. Here, K denotes the number of explanatory variables, T is the number of years, N is the number of countries, and m is the order of the logistic transfer function in equation (5).

(ii) The number r of transition functions and the number of extreme regimes, equal to $r + 1$, must be specified. For example, $r = 1$ indicates the presence of two regimes associated with the threshold variable in the PSTR model. When globalization is used as the threshold variable, the effect of economic growth on LDMC varies across different levels of globalization, which are defined according to the estimated threshold.

(iii) The parameters of the selected PSTR model are estimated using nonlinear least squares after data reduction, following the procedures outlined by Hansen (1999) and Gonzalez et al. (2005, 2017).

(iv) The validity of the estimated PSTR model is assessed by testing for the absence of residual heterogeneity. Accordingly, this study examines the indirect effect of globalization on environmental impact assessment and sustainable resource management in selected countries worldwide.

Results and Discussion :

The results indicate that the null hypothesis of linearity is rejected, confirming that the effects of economic growth, urbanization, industrialization, and total factor productivity (TFP) on domestic material consumption (DMC) vary with the level of globalization. The model features a threshold with two regimes and is estimated using a Panel Smooth Transition Regression (PSTR) approach, which is particularly well-suited for heterogeneous panel data. This study examines the indirect impact of globalization on sustainable resource management across 102 countries over the period 2000–2020. The estimated transition speed from the first regime to the second is 102.0487, with the regime change occurring at a threshold value of 4.3998. In the first regime, the logarithm of total factor productivity exerts a positive and statistically significant effect on the logarithm of domestic material consumption, indicating that at lower levels of globalization, productivity growth drives industrial expansion that relies heavily on

domestic materials. This, in turn, contributes to increased resource use and poses challenges for sustainable resource management.

However, as globalization intensifies and exceeds the identified threshold, the positive effect of TFP on DMC diminishes and eventually becomes negative. At higher levels of globalization, improvements in productivity are associated with the adoption of pollution control technologies and increased investment in cleaner production methods, leading to reduced material consumption and enhanced sustainability outcomes. These findings align with theoretical expectations and are consistent with empirical evidence from Ulucak et al. (2020) and Ma et al. (2023).

Urbanization displays a similarly nonlinear pattern. At lower globalization levels, urbanization is associated with a reduction in DMC. However, beyond the threshold, urbanization leads to increased material consumption. This shift reflects the reliance of large segments of the population in developing countries on traditional energy sources, which intensifies pollution. Furthermore, large-scale rural-to-urban migration results in habitat destruction, deforestation, and heightened pressure on ecosystems. Inadequate urban planning and the lack of environmentally sustainable infrastructure exacerbate environmental degradation. These observations are in line with the theoretical framework and corroborated by Ulucak et al. (2020), Ma et al. (2023), and Ullah and Lin (2024).

In contrast, industrialization consistently increases domestic material consumption across both regimes, thereby worsening sustainable resource management. This finding is also consistent with theoretical predictions and empirical studies by Ullah and Lin (2024).

Conclusion:

Efficient and sustainable resource use is essential to mitigating environmental threats and preventing resource depletion. A robust approach to sustainable resource management involves identifying and analyzing the key drivers of material consumption. Following the STIRPAT framework, this study investigates the effects of economic growth, total factor productivity, industrialization, urbanization, and globalization on domestic material consumption.

The empirical results reveal that TFP initially increases DMC in the first regime. However, after crossing the globalization threshold, TFP contributes to a decline in material consumption, thereby supporting sustainable resource management. Economic growth follows a similar pattern: while it increases DMC in the first regime, it reduces consumption in the second. Urbanization also has contrasting effects, reducing DMC at lower globalization levels but increasing it after the threshold is crossed. In contrast, industrialization has a consistently positive effect on DMC in both regimes, underscoring its detrimental impact on sustainable resource use. These findings highlight the importance of tailoring resource management strategies to globalization dynamics and provide valuable insights for policymakers aiming to align economic development with environmental sustainability.

تأثیر جهانی شدن بر مدیریت منابع پایدار: رویکرد پنل‌استار

افسانه مافی اصل^۱، حسن خداویسی^۲ , یوسف محمدزاده^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. a.mafiasl@urmia.ac.ir

۲. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول). h.khodavaisi@urmia.ac.ir

۳. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. yo.mohammadzadeh@urmia.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
استفاده بهینه از منابع، برای حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از کمبود منابع ضروری است. یک راه مؤثر در راستای مدیریت منابع پایدار، بررسی فاکتورهایی است که محرک مصرف منابع هستند. این مطالعه، با پیروی از رویکرد STIRPAT نشان می‌دهد که مصرف داخلی منابع چگونه به رشد اقتصادی، بهره‌وری کل عوامل، صنعتی سازی، رشد شهرنشینی و جهانی شدن واکنش نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن اثرات غیرمستقیم جهانی شدن، این مطالعه مدل رگرسیونی انتقال ملایم پانلی (PSTR) را بر روی داده‌های سالانه ۲۰۰۰-۲۰۲۰ در ۱۰۲ کشور جهان بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد بهره‌وری کل عوامل در رژیم اول مصرف داخلی منابع را افزایش و با عبور از حد آستانه‌ای در سطوح بالای جهانی شدن، آن را کاهش می‌دهد و به مدیریت منابع پایدار کمک می‌کند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در رژیم اول، رشد اقتصادی، موجب افزایش مصرف داخلی منابع می‌شود، اما با عبور از حد آستانه‌ای، موجب کاهش آن شده است. علاوه بر این، رشد شهرنشینی در رژیم اول، موجب کاهش مصرف داخلی منابع می‌شود، اما با عبور از حد آستانه‌ای، موجب افزایش آن شده است. در نهایت، صنعتی شدن در هر دو رژیم، موجب افزایش مصرف داخلی منابع می‌شود و مدیریت منابع پایدار را بدتر می‌کند.	تاریخچه داوری: دریافت: ۱۴۰۳/۶/۴ بازنگری: ۱۴۰۳/۶/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۳ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۶/۲۵
	کلمات کلیدی: جهانی شدن مصرف داخلی منابع مدیریت منابع پایدار PSTR STIRPAT طبقه‌بندی JEL: Q3, P28, F62, F64
	نویسنده مسئول: h.khodavaisi@urmia.ac.ir

۱. مقدمه

در هر بخش تولید، مواد به عنوان نهاده‌های اصلی برای تولید محصولات جدید یا کالای پیچیده‌تر استفاده می‌شوند. منابع انرژی فسیلی، مواد خام، فلزات و کانی‌های غیرفلزی، از مهم‌ترین منابع مصرفی در اقتصاد هستند. مصرف منابع شاخص کلیدی برای مدیریت پایدار منابع است (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۲۰۱۷). این افزایش مصرف منابع، سه نگرانی برای توسعه پایدار ایجاد می‌کند: مشکلات اقتصادی مانند افزایش هزینه و توسعه ناکارآمد (اوجی و ویگناتی، ۲۰۱۳)، مسائل اجتماعی مانند دسترسی برابر به کالاهای عمومی (کاناس و همکاران، ۲۰۰۳)، و تأثیرات زیست‌محیطی (گرابارچیک و همکاران، ۲۰۱۸؛ کوچاک و اولوکاک، ۲۰۱۹؛ نسانی و همکاران، ۲۰۱۹).

انتشار آلاینده‌های از مصرف منابع طبیعی و مواد اولیه، عامل اصلی مشکلات زیست‌محیطی است (کراوسمان و همکاران

، ۲۰۱۰؛ ویدن‌هفر و همکاران، ۲۰۰۷؛ کرونا و همکاران، ۲۰۱۷). لذا مدیریت پایدار منابع طبیعی برای رفع نگرانی‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ضروری است (چیو و همکاران، ۲۰۱۷؛ جورج و همکاران، ۲۰۱۵).

از اوایل دهه ۲۰۱۰ سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان ملل، بانک جهانی و نیز سازمان همکاری و توسعه اقتصادی به‌طور فزاینده‌ای به نابرابری و پایداری زیست محیطی توجه کرده‌اند که در اهداف توسعه پایدار سال ۲۰۱۵ نیز برجسته شده است (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۵).

فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)، بیان می‌کند که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، مصرف مواد اولیه به علت اثر مقیاس افزایش می‌یابد؛ اما با افزایش درآمد و بهبود فناوری، مصرف سرانه کاهش می‌یابد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). با پیشرفت فناوری و تغییرات ساختاری، استفاده از فناوری‌های پاک‌تر در بخش‌های کشاورزی و صنعتی افزایش می‌یابد و تقاضا برای مدیریت پایدار

1 . Organization for Economic Co-operation and Development (2017).

2 . Auci & Vignani (2013).

3 . Canas et al. (2003).

4 . Grabarczyk et al. (2018).

5 . Koçak & Ulucak (2019).

6 . Nassani et al. (2019).

7 . Krausmann et al. (2010).

8 . Wiedenhofer et al. (2007).

9 . Corona et al. (2017).

10 . Chiu et al. (2017).

11 . George et al. (2015).

12 . United Nations Economic and Social Council (2015).

13 . Zhang et al (2017).

منابع بیشتر می‌شود (اولوکاک، ۲۰۱۷). با این حال، در کشورهای کمتر توسعه یافته، به دلیل نبود فناوری‌های مدرن و تراکم بالای جمعیت، انتظار می‌رود مصرف داخلی منابع^۲ (DMC) همچنان افزایش یابد (استکل و همکاران، ۲۰۱۳؛ بانیا و همکاران، ۲۰۲۱ا).

افزایش تجارت جهانی، باعث افزایش تولید و حمل‌ونقل، و در نتیجه، باعث افزایش مصرف منابع می‌شود (پلانک و همکاران، ۲۰۱۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۹). از طرفی، برای مدیریت پایدار منابع، تحلیل روابط بین مصرف منابع و عواملی چون جهانی‌شدن، رشد اقتصادی و شهرنشینی ضروری است. جهانی‌شدن با ابعاد اجتماعی، سیاسی و اقتصادی، به‌طور مستقیم بر تولید، مصرف و محیط زیست اثر می‌گذارد (بیلگیلی و همکاران، ۲۰۲۰). بهره‌وری کل عوامل به‌عنوان شاخص فناوری تأثیر قابل توجهی بر مصرف منابع دارد (کوچاک و اولوکاک، ۲۰۱۹).

این مطالعه، از روش رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR) استفاده می‌کند که با مدل‌سازی غیرخطی، پویایی مصرف منابع را تحلیل کند. این روش، انعطاف‌پذیری بالایی دارد و رابطه غیرخطی محتمل میان متغیرها را با استفاده از تابع انتقال، پیوسته مدل‌سازی می‌کند. مدل PSTR مسائل اصلی اقتصادسنجی مانند ناهمگنی و تغییرپذیری زمانی را در حالت مقطعی و زمان کنترل می‌کند (گونزالس، تراسویرتا و یورو، ۲۰۰۶؛ وانگ و وی، ۲۰۱۹). لذا این رویکرد برای مدل‌سازی اثرات ناهمگن در سطوح متفاوت توسعه اقتصادی و مصرف منابع در منتخبی از کشورهای جهان مناسب‌تر است. همچنین انعطاف‌پذیری کافی جهت کنترل درونزایی و غیرخطی بودن در فرایند تولید داده را دارد (فوکاو و همکاران، ۲۰۰۸).

در این مطالعه، قصد داریم نشان دهیم که چگونه مراحل مختلف جهانی شدن، ممکن است تأثیرات متفاوتی بر مصرف منابع داشته باشد. از آنجایی که رابطه غیرخطی بین مصرف داخلی منابع با جهانی شدن، تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی، صنعتی شدن و بهره‌وری عوامل در منتخبی از کشورهای جهان مورد توجه قرار نگرفته است، در این تحقیق برخلاف مدل‌های سنتی خطی، از مدل پنل استار که انعطاف‌پذیری بیشتری دارد و می‌تواند تأثیرات غیرخطی و پویا را به‌درستی مدل‌سازی کند، استفاده شده است. همچنین این مدل به ما این امکان را می‌دهد که تغییرات مصرف منابع را براساس مراحل مختلف جهانی شدن به‌صورت پیوسته تجزیه و تحلیل کنیم. دوره زمانی از سال ۲۰۲۰-۲۰۰۰ برای منتخبی از کشورهای جهان می‌باشد.

1. Ulucak (2017).
2. Domestic Material Consumption
3. Steckel et al. (2013).
4. Baniya et al. (2021).
5. Plank et al. (2018).
6. Wang et al. (2019).
7. Fouquau et al. (2008).

بدین منظور، مقاله در شش بخش ساماندهی شده است. پس از ارائه مقدمه، در بخش دوم، مبانی نظری، در بخش سوم، پیشینه مطالعات و در بخش چهارم، روش‌شناسی تحقیق و معرفی مدل و داده‌ها عنوان شده است. بخش پنجم، به گزارش یافته‌های تجربی و تصریح نتایج می‌پردازد و در بخش آخر، نتیجه‌گیری کلی ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

منابع طبیعی، محرک‌های کلیدی توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی هستند. مدیریت ناکارآمد منابع، باعث اثرات منفی زیست‌محیطی می‌شود و مواد معدنی را برای نسل‌های آینده تخریب می‌کند (سیبولکا و گیلجوم، ۲۰۲۰). مصرف گسترده منابع مادی به مدیریت منابع پایدار^۲ (SRM) نیاز دارد (دولف و همکاران، ۳، ۲۰۲۱؛ رزاق و همکاران، ۴، ۲۰۲۳). SRM زیربنای اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد (SDG 12.2 «مدیریت پایدار منابع طبیعی» و SDG 8.4 «بهبود بهره‌وری منابع»^۵) است (لزن و همکاران، ۶، ۲۰۲۲؛ جی و همکاران، ۷، ۲۰۲۱a). برای دستیابی به این اهداف، SRM باید بهترین راه ممکن را تعیین کند که از طریق آن، حداقل مصرف منابع طبیعی، حداکثر رشد اقتصادی و مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی را ایجاد کند و مصرف مواد خام باید با توجه به اثر مقیاس با هدف ایجاد فرصت‌های بهبود کارایی منابع مورد توجه قرار گیرد (شائو و رزاق، ۸، ۲۰۲۲).

۲-۱. رابطه بین جهانی شدن و مدیریت منابع پایدار

باز بودن تجاری و جهانی شدن، که اغلب به عنوان تجارت خارجی شناخته می‌شوند، از عوامل مهم تأثیرگذار بر شاخص‌های زیست‌محیطی هستند. گروسمن و کروگر^۹ (۱۹۹۱)، اثرات تجاری بر محیط زیست را به سه اثر مقیاس، فناوری و ترکیب تقسیم می‌کنند. در مراحل اولیه رشد اقتصادی، تولید و مصرف منابع و انرژی افزایش می‌یابد، که منجر به اتلاف منابع و بدتر شدن کیفیت زیست‌محیطی می‌شود (دیندا، ۱۰، ۲۰۰۴؛ توراس و بویس، ۱۱، ۱۹۹۸). در مرحله بعدی، وقتی درآمد سرانه با افزایش رشد اقتصادی به سطح مشخصی برسد، لذا اقتصاد با یک دگرگونی ساختاری اثر آلاینده‌گی بر محیط زیست را کاهش می‌دهد؛ زیرا با افزایش سطح درآمد، ساختار اقتصاد از بخش صنعتی به بخش

1. Cibulka & Giljum (2020).
2. Sustainable Resource Management (SRM)
3. Dewulf et al. (2021).
4. Razzaq et al. (2023).
5. Resource Efficiency Improvements
6. Lenzen et al. (2022).
7. Ji et al. (2021).
8. Shao & Razzaq (2022).
9. Grossman & Krueger (1991).
10. Dinda (2004).
11. Torras & Boyce (1998).

خدماتی تغییر پیدا می‌کند و سهم فعالیت‌های اقتصادی که باعث آلودگی کمتر زیست محیطی می‌شوند، در تولید افزایش پیدا می‌کند. نهایتاً در مرحله بلوغ، اثر فناوری رخ می‌دهد (بیلگلی و همکاران، ۲۰۱۶). در این مرحله، کشورهایی با درآمد بالا، منابع بیشتری را به مخارج تحقیق و توسعه اختصاص می‌دهند که این امر، موجب بهبود فناوری‌های سازگار با محیط زیست می‌شود. لذا اقتصادها کیفیت زیست محیطی را با جایگزینی فناوری‌های جدید و پاک به جای فناوری‌های قدیمی و کثیف افزایش می‌دهند (کوپلند و تیلور، ۲۰۰۴).

اثر مقیاس، نشان‌دهنده اثر مخرب رشد اقتصادی بر محیط‌زیست است، در حالی که اثر ترکیب و اثر فناوری، کاهش آلودگی و افزایش درآمد را تبیین می‌کنند. باز بودن تجاری نیز با افزایش تولید و حمل‌ونقل، بویژه در کشورهای تولیدکننده، منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود (کیریککلی، ۲۰۲۲؛ مارکز راموس، ۲۰۱۵).

باز بودن تجاری به واسطه تعاملات جهانی تقویت می‌شود و رشد اقتصادی را تضمین می‌کند؛ اما این رشد، هزینه‌ای معادل با افزایش مصرف منابع دارد (اولوکاک و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین جهانی شدن، رفاه کشورها را با کاهش موانع تجاری و توزیع پیشرفت‌های فنی از کانال کاهش استفاده از منابع، مواد خام مضر و آلودگی بهبود می‌دهد (شهباز و همکاران، ۲۰۱۸). لذا بهبود در سیاست‌های تجاری می‌تواند تأثیر مفیدی بر مصرف منابع داشته باشد (وانگ و وی، ۲۰۲۰؛ لی و همکاران، ۲۰۱۸).

۲-۲. رابطه بین مدیریت منابع پایدار و منحنی زیست‌محیطی کوزنتس

هدف اقتصاد سبز، دستیابی به رشد اقتصادی بدون آسیب بر محیط زیست است. منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) که رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست را بررسی می‌کند، همچنان مورد توجه پژوهش‌ها است (آلتینتوس، ۲۰۲۰). عواملی مانند استفاده از فناوری‌های مدرن، انرژی‌های فسیلی، افزایش فعالیت‌های صنعتی، شهرنشینی و جهانی شدن، فشار زیادی بر محیط زیست می‌آورند و منجر به افزایش آلودگی و کاهش منابع طبیعی می‌شوند (انصاری و همکاران، ۱۰).

1. Bilgili et al. (2016).
2. Copeland & Taylor (2004).
3. Kirikkaleli (2022).
4. Marquez-Ramos (2015).
5. Ulucak et al. (2020).
6. Shahbaz et al. (2018).
7. Wang & Wei (2020).
8. Li et al. (2018).
9. Altintus (2020).
10. Ansari et al. (2020).

۲۰۲۰؛ وارنر و همکاران^۱، ۲۰۱۰؛ باگلیانی و همکاران^۲، ۲۰۰۸). بنابراین، بدتر شدن کیفیت زیست محیطی به یک نگرانی عمومی تبدیل شده است و این امر، به‌طور فزاینده‌ای در تدوین اقدامات مؤثر سیاستی اهمیت پیدا می‌کند (رحمان و همکاران^۳، ۲۰۱۸). لذا رابطه بین تخریب محیط زیست و عوامل مؤثر بر اقتصاد کلان باید بررسی شود و سیاست‌های اقتصادی و زیست محیطی مؤثرتری طراحی شوند (انصاری و همکاران، ۲۰۲۰؛ رحمان و همکاران، ۲۰۱۸). حداکثر کردن "رشد اقتصادی" برای همه اقتصادها موضوعی اساسی است؛ اما این رشد، اغلب با تخریب محیط زیست همراه است (نارایان و نارایان^۴، ۲۰۱۰؛ انصاری و همکاران، ۲۰۲۰). پیوند بین کیفیت زیست محیطی تخریب شده و رشد اقتصادی را می‌توان با فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس بهتر توصیف کرد. تولید بیشتر و استفاده از منابع و انرژی بیشتر، باعث انتشار آلاینده‌ها و بدتر شدن کیفیت محیط زیست می‌شود (دینداه^۵، ۲۰۰۴؛ توراس و بویس^۶، ۱۹۹۸)؛ اما بالاتر از سطح معینی از درآمد سرانه، روند معکوس می‌شود و رشد اقتصادی منجر به بهبود محیط زیست می‌شود. زیرا با افزایش سطح درآمد، ساختار اقتصاد از بخش صنعتی به بخش خدمات تغییر می‌کند و به تدریج سهم فعالیت‌های اقتصادی که کمتر محیط‌زیست را آلوده می‌کنند، در تولید افزایش می‌یابد (بیلگلی و همکاران^۷، ۲۰۱۶).

۳. پیشینه مطالعات

۳-۱. مطالعات خارجی

اوچی و ویگنانی (۲۰۱۳)، عوامل مؤثر بر مصرف داخلی منابع در کشورهای اتحادیه اروپا را با استفاده از روش داده‌های پانل طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) یعنی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف داخلی منابع را تأیید می‌کند و باز بودن تجاری، باعث کاهش مصرف داخلی منابع می‌شود. اولوکاک و همکاران^۸ (۲۰۲۰)، به بررسی اثرات آستانه‌ای جهانی شدن بر مصرف منابع با استفاده از روش رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR) و داده‌های سالانه طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۷ در ۲۸ کشور اتحادیه اروپا پرداخته‌اند، تا نشان دهند مصرف داخلی منابع چگونه به رشد اقتصادی/سطح درآمد،

1. Warner et al. (2010).
2. Bagliani et al. (2008)
3. Rahman et al. (2018).
4. Narayan & Narayan (2010).
5. Dinda (2004).
6. Torras & Boyce (1998).
7. Bilgili et al. (2016).
8. Ulucak et al. (2020).

بهره‌وری کل عوامل، سرمایه انسانی، جمعیت و جهانی‌سازی واکنش نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، در رژیم اول رشد اقتصادی، بهره‌وری کل عوامل و جمعیت، مصرف منابع را افزایش می‌دهند؛ ولی سرمایه انسانی مصرف منابع را کاهش می‌دهد. اما در رژیم دوم، مصرف منابع کاهش می‌یابد.

تلگا و تلگا^۱ (۲۰۲۰)، به بررسی شناسایی محرک‌های اصلی مصرف منابع در کشورهای اروپایی طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۶ با استفاده از مدل خودهمبستگی فضایی^۲ (SAR) پرداخته‌اند. نتایج، رابطه قوی بین مصرف منابع و تولید ناخالص داخلی سرانه را نشان می‌دهد.

سارکودی^۳ (۲۰۲۰)، به ارزیابی اثر علی عوامل محیطی، اقتصادی و مصرف مواد پرداخته و با استفاده از آزمون‌های علیت و پایداری پارامتر دامنه فرکانسی گرنجر برایتونگ-کاندلون^۴، به یک رابطه کوتاه‌مدت بین انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی رسیده است.

لاسیسی و همکاران^۵ (۲۰۲۱)، به بررسی نقش درآمد سرانه واقعی و شهرنشینی در مصرف داخلی منابع با روش رگرسیون کوانتایل پرداخته‌اند. نتایج، نشان می‌دهد، بین دو پارامتر شهرنشینی و مصرف منابع در چندک‌ها، رابطه منفی و معناداری وجود دارد.

ما و همکاران^۶ (۲۰۲۳)، تأثیر کارآیی فنی و جهانی‌سازی را بر مصرف منابع تعدیل‌شده تجاری (ردپای مواد) با استفاده از روش رگرسیون چندک تعمیم‌یافته بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که کارآیی فنی به‌طور قابل‌توجهی ردپای مواد را در چندک‌های پایین‌تر کاهش می‌دهد، ولی جهانی شدن و رشد اقتصادی، ردپای مواد را افزایش می‌دهد.

اولا و لین^۷ (۲۰۲۴)، به بررسی مهار اثرات هم‌افزایی ساختار مالی، صنعتی شدن و ردپای اکولوژیکی از طریق فرضیه EKC در پاکستان با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی پویا^۸ (DARDL) پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ساختار مالی، الگوی U شکل معکوس در رابطه با ردپای اکولوژیکی دارد؛ یعنی یک ساختار مالی عملگرایانه ردپای اکولوژیکی را کاهش می‌دهد. همچنین صنعتی شدن و شهرنشینی، باعث افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شوند و تنوع صادرات، ردپای اکولوژیکی را کاهش می‌دهد.

مطالعات پیشین در زمینه جهانی‌شدن و توسعه پایدار، عمدتاً به بررسی رابطه خطی میان این دو مفهوم پرداخته‌اند. بیشتر این پژوهش‌ها تأثیرات جهانی‌شدن را بر ابعاد مختلف توسعه و محیط زیست

1. Telega & Telega (2020).
2. spatial autocorrelation model (SAR)
3. Sarkodie (2020).
4. Breitung-Candelon
5. Lasisi et al. (2021).
6. Ma et al. (2023).
7. Ullah & Lin (2024).
8. dynamic Autoregressive Distributed Lag (DARDL)

ارزیابی کرده‌اند و جهانی‌شدن را به‌عنوان عاملی تأثیرگذار بر توسعه پایدار در نظر گرفته‌اند. با این حال، آنچه که در بسیاری از این مطالعات مغفول مانده، بررسی اثرات غیرخطی جهانی‌شدن بر مصرف منابع و توسعه پایدار است. پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر اثرات خطی و مستقیم جهانی‌شدن تمرکز کرده‌اند، بدون آنکه پیچیدگی‌های رابطه این پدیده با سایر متغیرها مانند شهرنشینی و مصرف منابع داخلی را در نظر بگیرند. همچنین تمرکز محدود بر یک منطقه جغرافیایی خاص از دیگر محدودیت‌های این مطالعات محسوب می‌شود.

پژوهش حاضر در چندین جنبه کلیدی از مطالعات پیشین متمایز است. نخست، این مطالعه با استفاده از مدل PSTR، به بررسی اثرات غیرخطی جهانی‌شدن بر مصرف و مدیریت پایدار منابع پرداخته است. برخلاف اکثر مطالعات، ما رابطه پیچیده و چندبعدی بین جهانی‌شدن و مدیریت منابع را در دو رژیم متفاوت مورد ارزیابی قرار داده‌ایم. این روش‌شناسی پیشرفته، امکان تحلیل دقیق‌تری از تعاملات پویا میان جهانی‌شدن، رشد شهرنشینی، و مصرف منابع داخلی فراهم می‌آورد. این پژوهش، جامعه آماری گسترده‌ای را مورد بررسی قرار داده است که به ما امکان داده تا به نتایجی جامع‌تر و قابل‌تعمیم‌تر دست یابیم. مطالعه حاضر، نه‌تنها به جنبه‌های نظری پرداخته، بلکه پیشنهادات کاربردی برای بهبود مدیریت پایدار منابع ارائه کرده است که این بُعد عملیاتی کمتر در سایر مطالعات دیده می‌شود.

در مجموع، با توجه به اینکه رویکرد PSTR برای مدل‌سازی اثر ناهمگن به‌دلیل تفاوت در سطوح توسعه اقتصادی و مصرف منابع در منتخبی از کشورهای جهان مناسب‌تر است و به اندازه کافی انعطاف‌پذیر است تا درون‌زایی و غیرخطی بودن بالقوه را در فرایند تولید داده کنترل کند (فوکاو و همکاران، ۲۰۰۸)، نوآوری این پژوهش، در تلفیق روش‌شناسی غیرخطی، تحلیل چندبعدی و ارائه راهکارهای عملی است که آن را از سایر تحقیقات متمایز می‌سازد و به فهم عمیق‌تری از رابطه جهانی‌شدن و توسعه پایدار منجر می‌شود.

۴. روش‌شناسی تحقیق

۴-۱. رویکرد رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR)

رویکرد رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR) توسط گونزالز و همکاران^۲، در ۲۰۰۵ پیشنهاد شده است. ادبیات موجود نشان می‌دهد که دوره‌های رشد اقتصادی بالا، تمایل به افزایش مصرف منابع دارند که این موضوع می‌تواند، چالش‌های جدی برای محیط‌زیست ایجاد کند. اکثر مطالعات قبلی

1. Fouquau et al.

2. Gonzalez et al. (2005).

تأثیر خطی رشد اقتصادی بر مصرف منابع را در نظر گرفته‌اند (اشنایدر و همکاران، ۲۰۱۰؛ شائو و همکاران، ۲۰۱۳؛ اشتاین‌برگر و همکاران، ۲۰۱۳)، اما در این مطالعه، فرض می‌شود که مصرف منابع به سطوح مختلف جهانی‌سازی، واکنش متفاوتی نشان می‌دهد و تأثیر رشد اقتصادی در مراحل مختلف جهانی شدن به صورت غیر خطی ظاهر می‌شود. مدل PSTR انواع غیر خطی‌ها را بدون هیچ گونه اطلاعات قبلی در مورد تغییر ساختاری متغیر انتقال مدیریت می‌کند. همچنین این مدل با مدیریت ناهمگونی و تغییرات زمانی، مسائل اقتصادسنجی را با تغییر پارامترها در طول زمان و بین مقاطع حل می‌کند (گونزالس و تراسویرتا، ۲۰۰۶؛ وانگ و وی، ۲۰۱۹). بنابراین، این رویکرد برای بررسی رابطه بین مصرف منابع، جهانی‌سازی و رشد اقتصادی در کشورهای مختلف مناسب‌تر است.

همچنین دی ووس و وسترلوند (۲۰۱۹)، شواهدی را نشان می‌دهند مبنی بر اینکه وقتی رگرسیون‌ها به صورت غیر خطی در مدل وارد می‌شوند، مدل PSTR این ناسازگاری را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، رویکرد PSTR در صورت درون‌زایی و غیر خطی بودن در فرایند تولید داده، بسیار کاربردی است. لذا برای تخمین سطح آستانه جهانی‌شدن با تغییرات تدریجی در مقدار ضرایب تخمینی در همه رژیم‌ها، مدل PSTR مربوطه با یک تابع انتقال به صورت زیر مشخص می‌شود (اولوکاک و همکاران، ۲۰۲۰):

$$LDMC_{it} = \mu_i + \delta_0 X_{it} + \delta_1 X_{it} * G(S_{it}; \gamma; c) + \varepsilon_{it} \text{ with } \gamma > 0 \quad (1)$$

$i = 1, 2, 3 \dots N$ و $t = 1, 2, \dots T$ به ترتیب تعداد مقطع و زمان است. μ_i فاکتورهای اثر ثابت را نشان می‌دهد. LDMC بیانگر مقدار مصرف داخلی منابع در یک اقتصاد است. $X_{it} = (X_{1t}, X_{2t})$ متغیر توضیحی تولید ناخالص داخلی سرانه (رشد اقتصادی) و سایر متغیرهای کنترلی (UPG: رشد شهرنشینی، LTFP: رشد بهره‌وری کل عوامل و LIND: لگاریتم ارزش افزوده صنعت) را نشان می‌دهد و ε_{it} به عنوان جزء خطای توزیع نرمال ($i.i.d$) می‌باشد. $G(S_{it}; \gamma; c)$ تابع انتقال پیوسته ملایم از S_{it} است، که در این مطالعه، سطح جهانی شدن ($LKOF_{it}$) می‌باشد (اولوکاک و همکاران، ۲۰۲۰). تابع انتقال نمایی است (گونزالز و همکاران، ۲۰۰۵):

$$G(S_{it}; \gamma; c) = [1 + \exp(-\gamma \prod_{j=1}^n (S_{it} - c_j))]^{-1} \quad (2)$$

1. Schneider et al. (2010).
2. Shao et al. (2013).
3. Steinberger et al. (2013).
4. González & Terasvirta (2006).
5. De Vos and Westerlund (2019).

γ پارامتر شیب است و سرعت انتقال از رژیمی به رژیم دیگر را نشان می‌دهد. $j = 1, 2, \dots, n, c_j$ بردار n بعدی مکان (متغیر آستانه) است. تابع انتقال بین صفر و یک محدود می‌شود که نشان‌دهنده تغییر رژیم است. بسته به درجه جهانی شدن، رابطه بین رشد اقتصادی و LDMC با پارامتر δ_0 در رژیم اول که در آن $G(\cdot) = 0$ و اثرات رشد اقتصادی بر (کشش X) مصرف داخلی منابع برابر با $\delta_0 + \delta_1$ که $G(\cdot) = 1$ در رژیم دوم است. وقتی S_{it} سطح بالاتری را نشان می‌دهد، تابع انتقال پارامترها را از δ_0 به $\delta_0 + \delta_1$ تغییر می‌دهد و اثرات رشد اقتصادی از معادله (۳) به دست می‌آید:

$$LDMC_{it} = \mu_i + \delta_0 LGDP_{it} + \delta_1 LGDP_{it} * G(S_{it}; \gamma; c) + \varepsilon_{it} \quad \gamma > 0 \quad (3)$$

معادله (۴) تأثیر رشد اقتصادی بر LDMC را از طریق نقش تابع انتقال $G(S_{it}; \gamma; c)$ نشان می‌دهد.

$$\frac{\partial LDMC_{it}}{\partial GDP_{it}} = \delta_0 + \delta_1 G(S_{it}; \gamma; c) \quad (4)$$

وقتی γ به صفر میل کند، تخمین PSTR به تخمین داده‌های پانل خطی تحت اثرات ثابت تبدیل می‌شود، و وقتی γ به بی‌نهایت میل کند، به مدل PTR تغییر می‌یابد. مدل (PSTR) را می‌توان برای نمونه‌ای که با زمان‌بندی ناهمگن اثرات آستانه‌ای مناسب نباشد، به کار گرفت، ولی چنین ناهمگونی در زمان‌بندی اثرات آستانه‌ای توسط مدل‌های انتقال ملایم مانند مدل PSTR بهتر ثبت می‌شود. روش PSTR از برآوردگر اثرات ثابت و برآوردهای حداقل مربعات غیرخطی (NLLS) استفاده می‌کند. گونزالز و همکاران (۲۰۰۵)، روش تخمین زیر را برای مدل‌های PSTR تعریف کرده‌اند:

(i) فرضیه صفر خطی بودن در برابر فرضیه غیرخطی بودن نوع انتقال ملایم (آزمون همگنی در مقابل PSTR) آزمون می‌شود. اگر خطی بودن رد شد، متغیر انتقال مناسب S_{it} و شکل تابع انتقال انتخاب می‌شود. آزمون بدین شرح است:

$$H_0: \gamma = 0 \text{ یا } H_0: \delta_0 = \delta_1$$

برای غلبه بر مشکل پارامترهای مزاحم تحت فرضیه صفر که توسط لوککونن و همکاران (۱۹۸۸) پیشنهاد شده است، تابع انتقال $G(S_{it}; \gamma; c)$ با "تقریب تیلور مرتبه اول" حول $\gamma = 0$ در معادله (۴) جایگزین می‌شود. با جایگزینی S_{it} با $LKOF_{it}$ رگرسیون کمکی زیر به دست می‌آید:

$$LDMC_{it} = \mu_i + \delta_0 X_{it} + \delta_1 X_{it} LKOF_{it} + \dots + \delta_m X_{it} LKOF_{it}^m + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

آزمون خطی بودن رابطه بین LDMC و LKOF معادل آزمون $H_0: \delta_0 = \delta_1 = \delta_m$ در معادله (۵) است. این آزمون را می‌توان با یک آزمون از نوع LM انجام داد که توزیع F به شرح زیر دارد:

$$LM_F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/mK}{SSR_0/(TN - N - mK)} \sim F(mK, TN - N - K - m(K + 1)) \quad (6)$$

که در آن، SSR_0 و SSR_1 با مجموع پانل مجذور باقیمانده‌های زیر H_0 و H_1 مطابقت دارند. K تعداد متغیرهای توضیحی، T تعداد سال، N تعداد کشورها، m ترتیب تابع انتقال لجستیک است.

(ii) r تعداد توابع انتقال و تعداد رژیم‌های مفرط با $r + 1$ مشخص می‌شود. با متغیر جهانی شدن به‌عنوان متغیر انتقال، اثر رشد اقتصادی بر LDMC با سطوح مختلف جهانی شدن، متفاوت است.

(iii) پارامترها در مدل PSTR انتخاب شده با استفاده از حداقل مربعات غیرخطی، پس از کاهش داده‌ها تخمین زده می‌شوند (هانس، ۱۹۹۹؛ گونزالز و همکاران، ۲۰۰۵؛ ۲۰۱۷).

(iv) اعتبار مدل تخمینی PSTR با انجام آزمون عدم وجود ناهمگنی باقیمانده بررسی می‌شود.

لذا این مطالعه به بررسی اثر غیرمستقیم جهانی شدن در ارزیابی اثرات زیست محیطی و مدیریت منابع پایدار در کشورهای جهان می‌پردازد.

۲-۴. تصریح مدل و تحلیل داده‌ها

پایگاه داده OECD شاخص مصرف داخلی منابع را با اطلاعات جامع مصرف مواد خام در مرزهای اقتصاد ارائه می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸). این شاخص شامل مواد معدنی، زیست‌توده، سنگ معدن و انرژی فسیلی است. ادبیات فعلی متمرکز بر عوامل مؤثر بر مصرف منابع (بانینلا و همکاران، ۲۰۱۹) و رویکرد اثرات تصادفی با رگرسیون بر جمعیت، منابع و تکنولوژی^۳ (STIRPAT) و مدل تأثیر زیست‌محیطی، جمعیت، منابع و فناوری (IPAT)^۴ است (دونگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ فرناندز-هررو و دوروه، ۲۰۱۹؛ وست و شاندل، ۲۰۱۸). محرک اصلی هر دو نظریه STIRPAT و IPAT، تولید ناخالص داخلی سرانه است. اما فرضیه کوزنتس مصرف منابع را از طریق اثرات ترکیبی و تکنیکی کاهش می‌دهد. ساختار اقتصادی و سطح فناوری کانال‌های اصلی تأیید این فرضیه هستند. روش IPAT اولین بار توسط ارلیچ و هولدرن^۷ (۱۹۷۱) معرفی شد و بعدها رزا و دیتز (۱۹۹۸) بینش

-
1. extreme regimes
 2. Baninla et al. (2019).
 3. The Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology (STIRPAT) model
 4. Environmental Impact, Population, Affluence, Technology (IPAT) model
 5. Fernandez-Herrero & Duro (2019).
 6. West & Schandl (2018).
 7. Ehrlich & Holdren (1971)

جدیدی را برای این مفهوم با بررسی "STIRPAT" مطرح کردند که در معادله (۷) با زمان (t) مقطع (i) بعد و خطای تصادفی (u) فرموله شده است:

$$I_{it} = \alpha P_{it}^{\theta_1} A_{it}^{\theta_2} T_{it}^{\theta_3} u_{it} \quad (7)$$

که در آن، α عرض از مبدأ و θ_1 ، θ_2 و θ_3 شاخص متغیرهای جمعیت، تولید ناخالص داخلی و فناوری هستند و باید تخمین زده شوند (وست و شاندل، ۲۰۱۸؛ یورک و همکاران، ۲۰۰۳). مطابق با نتیجه مطالعه یورک و همکاران (۲۰۰۳) و دیترز و همکاران (۲۰۰۷)، رویکرد STIRPAT می‌تواند با اضافه کردن متغیرهای بیشتر برای مشاهده تأثیر آنها بر محیط زیست بهبود یابد.

در این مطالعه، از تبدیل لگاریتمی استفاده شده و معادله (۸) اثرات رشد شهرنشینی، رشد اقتصادی، بهره‌وری، صنعتی شدن و جهانی شدن بر مدیریت منابع پایدار (مصرف داخلی منابع) را با پیروی از مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰)، ما و همکاران (۲۰۲۳) و مطالعه اولو و لین (۲۰۲۴) ارائه می‌دهد:

$$LDMC_{it} = \theta_1 LIND_{it} + \theta_2 LGDPP_{it} + \theta_3 LTFP_{it} + \theta_4 UPG_{it} + \theta_5 LKOF_{it} + u_{it} \quad (8)$$

LTFP به‌عنوان شاخص بهره‌وری کل عوامل، نماینده پیشرفت فناوری است (منبع: داده‌های جداول جهان پن ۳). این شاخص برای بررسی اثر فناوری بر مصرف منابع استفاده می‌شود (دوران، ۲۰۱۹؛ رمضان و همکاران، ۲۰۱۹؛ اولوکاک و بیلگلی، ۲۰۱۸). LIND شاخص صنعتی شدن و LKOF معرف جهانی شدن است که توسط درهر (۲۰۰۶) و درهر و همکاران (۲۰۰۸) معرفی و بعدها توسط گیگلی و همکاران (۲۰۱۹) به‌روزرسانی شد.

تحقیقات حاکی از تأثیرات مثبت جهانی شدن بر پایداری زیست‌محیطی از طریق بهبود کارایی در استفاده از مواد و کاهش آلودگی است (بیلگلی و همکاران، ۲۰۲۰). جهانی شدن فعالیت‌های اقتصادی مانند تجارت و حمل‌ونقل را افزایش می‌دهد که مصرف بیشتر منابع را در پی دارد (کوپلند و تیلور، ۲۰۱۰).

1. York et al. (2003).
2. Dietz et al. (2007).
3. <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/?lang=en>
4. Duran (2019).
5. Ramzan et al. (2019).
6. Ulucak & Bilgili (2018).
7. Dreher (2006).
8. Dreher et al. (2008).
9. Gygli et al. (2019).
10. Copeland & Taylor (2013).

۲۰۱۳). انتظار می‌رود کشورها با درآمد و استانداردهای زیست‌محیطی بالاتر از مزایای جهانی‌شدن بهره‌مند شوند، درحالی‌که کشورهای در حال توسعه با اثرات نامطلوب روبرو شوند. مطالعه حاضر، طبق معادله (۹)، متمرکز بر اثر جهانی‌شدن بر مصرف داخلی منابع است. LDMC: لگاریتم مصرف داخلی منابع که شاخصی برای مدیریت منابع پایدار است. این شاخص به بررسی مصرف مواد در یک اقتصاد می‌پردازد و میزان مواد استخراج شده، وارداتی و صادراتی کشور را دربر می‌گیرد. DMC به‌عنوان معیاری برای مصرف ظاهری مواد در اقتصاد مطرح شده و به فلزات، کانی‌های غیرفلزی، زیست‌توده و انرژی‌های فسیلی اشاره دارد (کاراکایا و همکاران، ۲۰۲۱، ما و همکاران، ۲۰۲۳). این شاخص به‌طور گسترده توسط نهادهای بین‌المللی برای نظارت بر کاهش مصرف منابع و پایداری زیست‌محیطی استفاده می‌شود و بر اساس تن سرانه اندازه‌گیری می‌گردد که در این مطالعه، با پیروی از باینلا و همکاران (۲۰۲۰)، وست و شاندل (۲۰۱۸) و اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰) از مصرف داخلی منابع (DMC) استفاده شده است (OECD^۲). UPG: رشد شهرنشینی همان رشد جمعیت شهری به‌صورت درصد می‌باشد. داده‌های مربوط به شهرنشینی از بانک جهانی و سازمان ملل متحد استخراج شده و مناطق شهری توسط ادارات آمار ملی تعریف می‌شوند (شاخص توسعه جهانی^۳). LGDPP: لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه براساس برابری قدرت خرید (PPP) برحسب دلار بین‌المللی ۲۰۱۷ اندازه‌گیری شده است (شاخص توسعه جهانی). LIND: لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت (به‌صورت درصد از تولید ناخالص داخلی) است، که این شاخص براساس طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی صنعتی (ISIC)، گزارش می‌شود. LTFP: نماینده پیشرفت تکنولوژی در کشور است (داده‌های جداول جهان پن). LKOF: لگاریتم شاخص کلی جهانی‌شدن، در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ است (مؤسسه اقتصادی سوئیس^۴). این متغیرها در مدل ما تأثیر عوامل مختلف بر مدیریت منابع پایدار را بررسی می‌کنند.

۵. یافته‌های تحقیق

۵-۱. نتایج آمار توصیفی

در جدول (۱)، ابزار آمار توصیفی مانند میانگین، میانه، حداقل و حداکثر داده‌ها و انحراف معیار برای متغیرها گزارش شده است. مهم‌ترین شاخص مرکزی، میانگین است که نشان‌دهنده مرکز ثقل داده‌ها است. برای متغیر لگاریتم مصرف داخلی منابع (LDMC) که نشان‌دهنده مدیریت منابع پایدار است، میانگین برابر ۲/۳۷۹۱۳۲ می‌باشد، به این معنا که اکثر مشاهدات حول این نقطه تمرکز یافته‌اند.

1. Karakaya et al. (2021).

2. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/material-consumption.html>

3. World Development Indicator

4. Swiss Economic Institute

میانها که وضعیت میانی داده‌ها را نشان می‌دهد، برای (LDMC) برابر $2/423917$ است؛ یعنی نیمی از داده‌ها کمتر و نیم دیگر، بیشتر از این مقدار هستند. بیشترین مقدار لگاریتم مصرف داخلی منابع هم برابر با $4/921804$ است که مربوط به کشور ماکائو (چین) در سال 2013 و کمترین مقدار این متغیر هم $0/1043360$ مربوط به کشور ماکائو (چین) در سال 2020 می‌باشد. انحراف معیار که شاخصی برای اندازه‌گیری پراکندگی داده‌ها است، برای (LDMC) $0/757083$ گزارش شده است. ضریب چولگی برای بررسی تقارن توزیع داده‌ها استفاده می‌شود. اگر چولگی برابر صفر باشد، توزیع متقارن است. در این مطالعه، متغیر رشد شهرنشینی چولگی مثبت (چوله به راست) دارد، در حالی که برای متغیرهای (LDMC)، (LKOF)، (LGDPP)، (LIND) و (LTFP)، چولگی منفی (چوله به چپ) گزارش شده است. آزمون جبارک فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن داده‌ها را در سطح 1% رد می‌کند، و نتایج پیشنهاد می‌کنند که باید از تخمین‌گر غیرخطی استفاده شود (رزاق و همکاران، $2022a$). همچنین مقادیر کشیدگی نیز تأیید می‌کنند که داده‌ها توزیع نرمال ندارند.

جدول ۱: نتایج آمار توصیفی متغیرها

Table.1: Results of Descriptive Statistics

LIND	UPG	LGDPP	LTFP	LKOF	LDMC	شاخص‌ها
3/2548	2/028	9/527	-0/028	4/102	2/379	میانگین
3/2559	1/8659	9/623	-0/011	4/127	2/423	میانها
4/4402	19/6120	11/99	0/793	4/537	4/921	بیشینه
1/3135	-3/4479	6/446	-1/356	3/143	0/104	کمینه
0/38415	1/7861	1/154	0/161	0/256	0/757	انحراف استاندارد
-0/7611	1/6012	-0/454	-0/979	-0/659	-0/032	ضریب چولگی
6/3290	12/9289	2/242	14/078	3/198	2/535	ضریب کشیدگی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۲-۵. آزمون وابستگی مقطعی

اولین گام، تشخیص استقلال مقطعی داده‌های پانلی می‌باشد. بدین منظور، دو آزمون بروش و پاگان (۱۹۸۰) و استقلال مقطعی پسران (CD) (۲۰۰۴) معرفی شده‌اند که برای داده‌های پانل متوازن و نامتوازن می‌باشد و در نمونه‌های کوچک، ویژگی‌های مطلوبی دارد. آزمون (CD) برخلاف روش بروش و پاگان (۱۹۸۰)، برای ابعاد مقطعی بزرگ و ابعاد زمانی کوچک معتبر است و نسبت به وقوع شکست ساختاری مقاوم می‌باشد (پسران، ۲۰۰۴). فرضیه صفر می‌گوید وابستگی مقطعی بین داده‌های پانل وجود ندارد و نتایج در جدول (۲) وجود وابستگی مقطعی را تأیید می‌کند. بنابراین، از آزمون ریشه واحد نسل اول یعنی ایم، شین و پسران برای بررسی وجود یا فقدان ریشه واحد استفاده می‌شود.

جدول ۲: آزمون وابستگی مقطعی مدل

Table.2: Cross-Sectional Dependence test

ارزش احتمال	آماره‌ی آزمون	آزمون وابستگی مقطعی
۰/۰۰۰۰	۲۲۳۰۹/۶۱	پروش-پاگان ^۱ LM
۰/۰۰۰۰	۱۶۹/۰۵۲۴	مقیاس شده پسران ^۲ LM
۰/۰۰۰۰	۸/۱۰۲۲۲۶	پسران ^۳ CD

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۳-۵. آزمون‌های ایستایی متغیرها

بر اساس ادبیات اقتصادسنجی، ایستایی متغیرها، یکی از گام‌های اساسی قبل از انجام هرگونه تخمین است تا از وقوع رگرسیون‌های کاذب جلوگیری شود. چنانچه متغیرها ایستا باشند، نتایج حاصل از تخمین‌ها معتبرتر خواهند بود و خطر ایجاد رگرسیون ساختگی کاهش می‌یابد. متغیر سری زمانی هنگامی ایستا تلقی می‌شود که میانگین، واریانس و کواریانس آن در طول زمان ثابت باقی بماند. با مشخص شدن اینکه بسیاری از سری‌های زمانی نایستا هستند، انجام آزمون‌های ایستایی برای بررسی مانایی متغیرها به یک ضرورت تبدیل شده است. آزمون ریشه واحد برای داده‌های پانلی توسط کوآه^۴ پایه‌ریزی گردید و سپس توسط ایم، پسران و شین^۵ و لوین، لین و چو^۶، کامل شد (آستریو^۷، ۲۰۰۶). ما به علت وجود وابستگی مقطعی در داده‌ها، از آزمون ریشه واحد نسل اول یعنی آزمون ایم، شین و پسران (IPS) استفاده کرده‌ایم. خلاصه نتایج در هر دو حالت، با عرض از مبدأ در جدول (۳) آمده است. مانایی متغیرها به یک ضرورت تبدیل شده است. آزمون ریشه واحد برای داده‌های پانلی توسط کوآه^۸ پایه‌ریزی گردید و سپس توسط ایم، پسران و شین^۹ و لوین، لین و چو^{۱۰}، کامل شد (آستریو^{۱۱}، ۲۰۰۶). ما به علت وجود وابستگی مقطعی در داده‌ها، از آزمون ریشه واحد نسل اول یعنی آزمون ایم، شین و پسران (IPS) استفاده کرده‌ایم. خلاصه نتایج در هر دو حالت، با عرض از مبدأ در جدول (۳) آمده است.

1. Breusch-Pagan LM
2. Pesaran scaled LM
3. Pesaran CD
4. Quah
5. Im, Pesaran & Shin
6. Levin, Lin & Chu
7. Astriou (2006).
8. Quah
9. Im, Pesaran & Shin
10. Levin, Lin & Chu
11. Astriou (2006).

جدول ۳: نتایج آزمون ریشه واحد
Table.3: Unit Root Test Results

آزمون ایم، شین، پسران (IPS)		متغیرها
-۲/۶۰۸	آماره t	LDMC
۰/۰۰۰	ارزش احتمال	
۶/۰۱۳	آماره t	LKOF
۱/۰۰۰	ارزش احتمال	
-۲/۵۳۱	آماره t	LGDPP
۰/۰۰۵۷	ارزش احتمال	
۰/۰۴۸	آماره t	LIND
۰/۵۱۹	ارزش احتمال	
-۳/۱۴۵	آماره t	LTFP
۰/۰۰۰	ارزش احتمال	
-۸/۰۷۸	آماره t	UPG
۰/۰۰۰	ارزش احتمال	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از آزمون IPS نشان می‌دهد که متغیرهای مصرف داخلی منابع، رشد اقتصادی، رشد بهره‌وری کل عوامل و رشد شهرنشینی در سطح زیر ۰/۰۵ درصد ایستا می‌باشند. ولی دو متغیر جهانی شدن و ارزش افزوده صنعت دارای ریشه واحد هستند، یعنی ناپایستا می‌باشند. وجود چنین متغیرهایی در مدل، منجر به ایجاد رگرسیون کاذب می‌شود. برای مقابله با این مشکل دو راه حل وجود دارد: ۱- تفاضل‌گیری، که با حذف اطلاعات سطح متغیرها باعث از بین رفتن روابط بلندمدت می‌شود و برای مدل‌سازی رابطه غیرخطی مناسب نیست. ۲- راه حل پیشنهادی توسط (کادیلی و مارکوف، ۲۰۱۱)، که تأکید دارد اگر پسماندهای خطی و غیرخطی مدل PSTR ایستا باشند، تخمین‌ها سازگار خواهند بود و مشکل رگرسیون کاذب حل می‌شود.

در این مطالعه نیز، پسماندهای خطی و غیرخطی مدل استخراج شده و با استفاده از آزمون ریشه واحد ایم، شین و پسران، ایستایی آن‌ها بررسی خواهد شد.

۶. برآورد مدل و تفسیر نتایج

۶-۱. نتایج آزمون‌های خطی

اولین گام در کاربرد رویکرد PSTR، آزمون خطی بودن است. نتایج آزمون‌های خطی، که در جدول (۴) گزارش شده، نشان می‌دهد، فرضیه خطی بودن در مقابل فرضیه غیرخطی بودن در سطح

معنی‌داری رد شده است؛ به این معنا که تأثیر عواملی مانند رشد اقتصادی، رشد شهرنشینی، صنعتی شدن و بهره‌وری کل عوامل تولید بر مصرف داخلی منابع، بسته به میزان جهانی شدن متفاوت است. بنابراین، برای بررسی دقیق‌تر این روابط، تخمین مدل PSTR ادامه می‌یابد. همچنین، بعد از تأیید غیرخطی بودن، تعداد رژیم‌های موجود در مدل مشخص خواهد شد.

جدول ۴: آزمون وجود رابطه غیرخطی

Table.4: Test for the Existence of Nonlinearity

حالت وجود صفر حد آستانه‌ای (m=1)			حالت وجود یک حد آستانه‌ای (m=2)		
ضریب لاگرانژ والد	ضریب لاگرانژ فیشر	نسبت درست‌نمایی	ضریب لاگرانژ والد	ضریب لاگرانژ فیشر	نسبت درست‌نمایی
۶۲/۹۰۸ (۰/۰۰۰)	۱۵/۳۹۲ (۰/۰۰۰)	۶۳/۸۷۵ (۰/۰۰۰)	۱۱۳/۹۹۵ (۰/۰۰۰)	۱۴/۲۷۸ (۰/۰۰۰)	۱۱۷/۲۲۷ (۰/۰۰۰)
H0: r = 0 vs H1: r = 1					

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Γ بیانگر تعداد توابع انتقال و m تعداد حد آستانه‌ای است. مقادیر داخل پرانتز احتمال مربوط به هر آماره است.

۱-۶. نتایج آزمون‌های غیر خطی باقیمانده

پس از تأیید رابطه غیرخطی بین مصرف داخلی منابع و عوامل تعیین‌کننده آن، باید بررسی شود که آیا رابطه غیرخطی دیگری نیز وجود دارد تا تعداد توابع انتقال مشخص شود. براساس روش گونزالز و همکاران (۲۰۱۷)، تعداد توابع انتقال، Γ و یا تعداد رژیم‌های افراطی تعیین می‌شود. نتایج این بررسی که در جدول ۵ ارائه شده است، نشان می‌دهد، فرضیه صفر مبنی بر اینکه مدل تنها یک حد آستانه‌ای دارد، در سطح ۵ درصد رد نمی‌شود. بنابراین، نتیجه گرفته می‌شود که مدل ما دارای یک حد آستانه‌ای با دو رژیم است و می‌توان با استفاده از مدل‌های PSTR با دو رژیم تخمین زد.

جدول ۵: آزمون وجود رابطه غیر خطی باقیمانده

Table.5: Test for Remaining Nonlinearity in the Residuals

حالت وجود صفر حد آستانه‌ای (m=1)			حالت وجود یک حد آستانه‌ای (m=2)		
ضریب لاگرانژ والد	ضریب لاگرانژ فیشر	نسبت درست‌نمایی	ضریب لاگرانژ والد	ضریب لاگرانژ فیشر	نسبت درست‌نمایی
۴/۹۰۷ (۰/۷۶۸)	۰/۵۸ (۰/۷۹۵)	۴/۹۱۳ (۰/۷۶۷)	۸/۸۴۴ (۰/۰۶۵)	۲/۰۹۹ (۰/۰۷۹)	۸/۸۶۳ (۰/۰۶۵)
H0: r = 0 vs H1: r = 1					

مأخذ: یافته‌های تحقیق (Γ بیانگر تعداد توابع انتقال است)

پس از تعیین تعداد توابع انتقال و غیرخطی بودن مدل، حالت بهینه تعداد حد آستانه‌ای ارزیابی و با مقایسه معیارهای شوارتز و آکائیک به پیروی از جود (۲۰۱۰) مدل بهینه انتخاب خواهد شد. نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که مدل PSTR با یک حد آستانه‌ای انتخاب خواهد شد.

جدول ۶: تعیین تعداد مکان‌های آستانه‌ای در یک تابع انتقال

Table.6: Specifying the number of transition points in a PSTR transition function

	مجموع مجذور باقیمانده‌ها	معیار شوارتز BIC	معیار آکائیک AIC
m=1	۷۰/۸۵۳	-۳/۳۶۷۹	-۳/۳۹۴۴
m=2	۷۱/۵۶۱	-۳/۳۵۳۹	-۳/۳۸۳۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

سپس یک مدل دو رژیم می‌شود، که نتایج آن در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷: نتایج برآورد مدل PSTR (متغیر انتقال جهانی شدن (LKOF))

Table.7: Results of the PSTR Model Estimation (Globalization LKOF Index)

متغیرها	رژیم اول (سطح پایین جهانی شدن)		رژیم دوم (سطح بالای جهانی شدن)	
	ضریب β_0	آماره t	ضریب β_1	آماره t
LIND	۰/۰۷۱۸	۰/۸۳۳۱	۰/۲۹۶۰	۴/۵۰۱۹
LTFP	۰/۴۷۲۷	۶/۰۴۴۹	-۰/۹۵۲۸	-۳/۸۴۹۱
LGDPP	۰/۴۷۸۰	۱۰/۸۴۷۰	-۰/۱۱۹۴	-۵/۷۳۲۶
UPG	-۰/۰۰۱۱	-۰/۱۷۵۹	۰/۱۰۶۸	۴/۷۲۳۳
حد آستانه‌ای (C)			۴/۳۹۹۸	
آنتی لگاریتم حد آستانه‌ای (C)			۸۱/۴۳۴۵۸	
پارامتر شیب (γ)			۱۰۲/۰۴۸۷	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در نتایج تخمین مدل، پارامتر شیب، نشان‌دهنده سرعت تعدیل بین رژیم‌ها است که مقدار آن ۱۰۲/۰۴۸۷ می‌باشد، مکان وقوع تغییر رژیم معادل ۴/۳۹۹۸ و مقدار آنتی لگاریتم حد آستانه‌ای ۸۱/۴۳۴۵۸ است. لذا وقتی مقدار جهانی شدن کمتر از این حد آستانه باشد، متغیرها طبق رژیم اول رفتار می‌کنند و اگر بیشتر از این مقدار باشد، طبق رژیم دوم. در رژیم اول، با میل پارامتر شیب به بی‌نهایت، تابع انتقال مقدار عددی صفر می‌گیرد و مدل به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$LDMC = C + 0/4727LTFP + 0/2960LIND + 0/4780LGDPP - 0/0011UPG \quad (9)$$

در رژیم دوم، پارامتر شیب به بی‌نهایت میل می‌کند و تابع انتقال مقدار یک می‌گیرد.

$$LDMC = C - 0/4801LTFP + 0/3678LIND + 0/35856LGDPP + 0/1057UPG \quad (10)$$

در رژیم اول، بهره‌وری کل عوامل و تولید ناخالص داخلی در سطح معنی‌داری ۵ درصد معنا دارند، در حالی که رشد شهرنشینی و صنعتی شدن از نظر آماری معنادار نیستند. در رژیم دوم، ضرایب همه

متغیرها در سطح ۱ درصد معنی دارند. با توجه به نایستایی متغیرهای مدل، برای جلوگیری از رگرسیون کاذب، ایستایی پسماندهای مدل بررسی شد. نتایج آزمون ریشه واحد IPS در جدول (۸) نشان می‌دهد که پسماندهای بخش خطی و غیرخطی مدل در سطح ۱ درصد ایستا هستند.

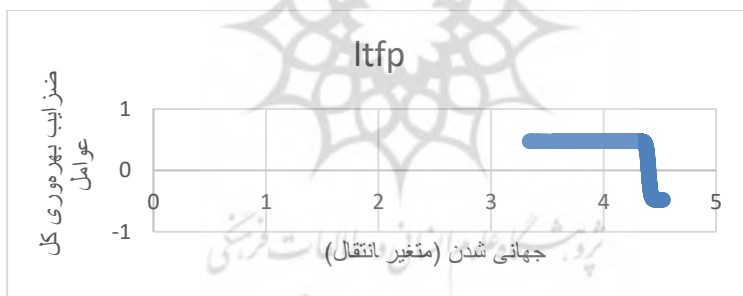
جدول ۸: نتایج آزمون مانایی پسماندها

Table.8: Stationarity Test Results of the Residuals

ارزش احتمال	آماره آزمون در سطح	پسماندهای قسمت خطی
۰/۰۰۰	-۳/۹۸۰	
۰/۰۰۰	-۵/۳۸۰	پسماندهای قسمت غیرخطی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ضرایب متغیرها در طول زمان و برای کشورهای مختلف با توجه به متغیر انتقال و پارامتر شیب تغییر می‌کنند. لذا نمی‌توان مقادیر دقیق ضرایب را مستقیماً تفسیر کرد و باید به تحلیل علامت‌ها پرداخت. مقدار عددی ضرایب ارائه شده در جدول (۵) به دو حالت حدی تابع انتقال مربوط می‌شوند و رفتار متغیرها بین این دو رژیم تغییر می‌کند. برای روشن‌تر شدن این موضوع، ضرایب هر متغیر بر اساس سطوح مختلف متغیر انتقال و پارامتر شیب محاسبه و در نمودارهای (۱) تا (۴) ترسیم شده‌اند.



نمودار ۱: ضرایب لگاریتم بهره‌وری عوامل کل در مقابل متغیر انتقال (جهانی شدن)

Chart 1: Estimated Coefficient of the Logarithm of Total Factor Productivity vs. Transition Variable (Globalization)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نمودار ۱، بهره‌وری کل عوامل (LTFP) در سطح پایین جهانی شدن (رژیم اول) تأثیر مثبتی بر مصرف داخلی منابع دارد و موجب افزایش آن می‌شود. در این سطح، بهره‌وری ناپایدار بوده و فناوری‌های پرمصرف منجر به استفاده مفرط از منابع طبیعی می‌گردند. این امر ناشی از اثر بازگشتی است، که با کاهش قیمت خدمات انرژی، تقاضا و مصرف منابع افزایش می‌یابد. با عبور از حد آستانه‌ای و ورود به سطح بالای جهانی شدن (رژیم دوم)، این اثر کاهش یافته و منفی می‌شود. در این حالت، دسترسی به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی موجب بهبود

بهره‌وری و مدیریت منابع بدون افزایش مصرف می‌شود. این نتایج با مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰) و ما و همکاران (۲۰۲۳) سازگار است.



نمودار ۲: ضرایب لگاریتم رشد اقتصادی در مقابل متغیر انتقال (جهانی شدن)

Chart 2: Estimated Coefficient of the Logarithm of Economic Growth vs. Transition Variable (Globalization)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۲ نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی (LGDPP) در رژیم اول، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف داخلی منابع دارد. این اثر به این صورت است که در سطح پایین جهانی شدن، کشورها عمدتاً در حال توسعه بوده و بر رشد اقتصادی تمرکز دارند که این امر، منجر به استخراج بی‌رویه منابع و نادیده گرفتن مدیریت منابع پایدار می‌شود. در این مرحله، فرضیه کوزنتس افزایش نابرابری و آسیب به محیط‌زیست را توضیح می‌دهد. در رژیم دوم، این اثر مثبت کاهش یافته ولی همچنان پابرجا است. در سطح بالای جهانی شدن، کشورها به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر و مدیریت بهینه‌تر دسترسی پیدا کرده و فشارهای جهانی برای رعایت استانداردهای زیست‌محیطی افزایش می‌یابد. بنابراین، رشد اقتصادی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع پایدار کمک کند. این نتایج با مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰)، ما و همکاران (۲۰۲۳) و اولو و لین (۲۰۲۴) مطابقت دارد.

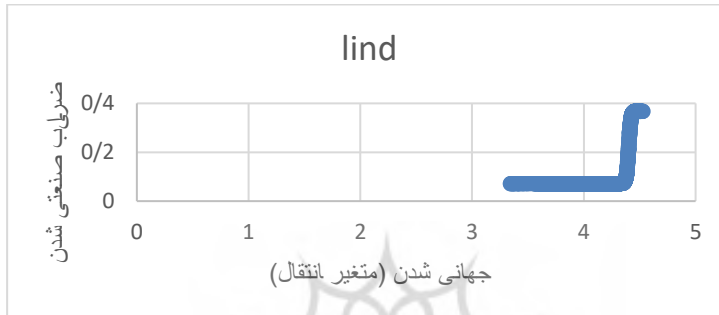


نمودار ۳: ضرایب رشد شهرنشینی در مقابل متغیر انتقال (جهانی شدن)

Chart 3: Estimated Coefficient of the Logarithm of Urbanization Growth vs. Transition Variable (Globalization)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۳ نشان می‌دهد که در رژیم اول، تأثیر رشد شهرنشینی (UPG) بر مصرف داخلی منابع منفی و بی‌معنی است؛ اما پس از ورود به رژیم دوم، این اثر مثبت و معنی‌دار می‌شود. در سطح پایین جهانی شدن، رشد شهرنشینی منجر به کاهش مصرف منابع می‌شود، اما در سطح بالای جهانی شدن، با رشد شهرنشینی، تقاضا برای زیرساخت‌های حمل و نقل و فعالیت‌های صنعتی در مناطق شهری افزایش می‌یابد، که این امر مصرف انرژی و منابع داخلی را افزایش داده و مدیریت منابع پایدار را مختل می‌کند. این نتیجه با مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰) و اول و لین (۲۰۲۴) همخوانی دارد.



نمودار ۴: ضرایب لگاریتم صنعتی شدن در مقابل متغیر انتقال (جهانی شدن)

Chart 4: Estimated Coefficient of the Logarithm of Industrialization vs. Transition Variable (Globalization)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۴ و رابطه (۹) نشان می‌دهد که در رژیم اول، صنعتی شدن تأثیر مثبت و بی‌معنی بر مصرف داخلی منابع (LDMC) دارد و مصرف منابع را افزایش می‌دهد. در این سطح، صنعتی شدن ممکن است منجر به تخریب محیط زیست، آلودگی آب و هوا و کاهش کیفیت زندگی جوامع محلی شود. با ورود به رژیم دوم (مجموع $\beta_0 + \beta_1$) افزایش یافته و معنی‌دار می‌شود. در سطح بالای جهانی شدن، صنعتی شدن منجر به افزایش تقاضا برای منابع طبیعی و انرژی در مقیاس وسیع می‌شود و می‌تواند به استخراج بی‌رویه منابع، آلودگی محیط زیست و تغییرات اقلیمی منجر شود. تولید انبوه و مصرف بالا نیز می‌تواند باعث افزایش زباله‌ها و فشار بر اکوسیستم‌ها شود. این نتایج با انتظارات تئوریک و مطالعات اول و لین (۲۰۲۴) سازگار است.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این مطالعه، به بررسی تأثیر غیرمستقیم جهانی شدن بر اثرات زیست‌محیطی و مدیریت منابع پایدار در ۱۰۲ کشور جهان طی دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۰ پرداخته است. با استفاده از مدل رگرسیونی انتقال ملایم تابلویی (PSTR)، نتایج نشان دهنده یک رابطه غیرخطی با دو رژیم و یک حد آستانه‌ای است.

سرعت تعدیل از رژیم اول به رژیم دوم معادل ۱۰۲/۰۴۸۷، مکان تغییر رژیم ۴/۳۹۹۸ و مقدار آنتی-لگاریتم حد آستانه‌ای ۸۱/۴۳۴۵۸ است.

نتایج نشان می‌دهد که در رژیم اول، بهره‌وری کل عوامل، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف داخلی منابع دارد، که به دلیل افزایش تولید و توسعه صنایع موجب افزایش مصرف منابع و بدتر شدن مدیریت منابع پایدار می‌شود که نشان دهنده اثر بازگشتی در مصرف منابع است؛ اما با عبور از حد آستانه و ورود به رژیم دوم، این اثر مثبت کاهش یافته و منفی می‌شود. در سطح بالای جهانی شدن، بهره‌وری کنترل آلودگی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز را تقویت کرده و مصرف منابع را کاهش می‌دهد، که این نتیجه با انتظارات تئوریکی و مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰) و ما و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد.

نتایج نشان می‌دهد که در رژیم اول و سطح پایین جهانی شدن، رشد اقتصادی مصرف منابع را افزایش می‌دهد، اما در رژیم دوم؛ این اثر کاهش یافته، اما همچنان مثبت است. این یافته‌ها فرضیه کوزنتس را تأیید می‌کنند؛ یعنی در مراحل اولیه توسعه اقتصادی و سطح پایین جهانی شدن، نابرابری و آسیب به محیط زیست افزایش می‌یابد، اما پس از رسیدن به یک سطح خاص از درآمد و جهانی شدن، این روند معکوس می‌شود و آسیب به محیط زیست کاهش می‌یابد. این نتایج با مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰)، ما و همکاران (۲۰۲۳) و مطالعه اولا و لین (۲۰۲۴) سازگار است.

همچنین، نتایج نشان می‌دهد که در رژیم اول و سطح پایین جهانی شدن، رشد شهرنشینی مصرف منابع را کاهش می‌دهد، اما با عبور از حد آستانه، موجب افزایش آن می‌شود. دلیل استفاده از منابع سنتی انرژی، مهاجرت گسترده از روستا به شهر، و تخریب زیستگاه‌ها است. همچنین افزایش تقاضا برای حمل و نقل و مسکن در کشورهای نوظهور، فشار بر مواد پرکربن و آلودگی محیط زیست را تشدید می‌کند. این نتایج با انتظارات تئوریکی و مطالعات اولوکاک و همکاران (۲۰۲۰) و ما و همکاران (۲۰۲۳) و اولا و لین (۲۰۲۴) همخوانی دارد. در نهایت، نتایج بیانگر این است که صنعتی شدن در هر دو رژیم، موجب افزایش مصرف داخلی منابع می‌شود که با انتظارات تئوریکی و مطالعه اولا و لین (۲۰۲۴) سازگار است.

اثر فزاینده بهره‌وری کل عوامل بر مصرف منابع در رژیم اول، نشان‌دهنده وجود اثر بازگشتی است، اما در سطوح بالاتر جهانی شدن، بهره‌وری و رشد اقتصادی، باعث کاهش مصرف منابع می‌شوند. بهبود بهره‌وری فنی با سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی، زیرساخت‌های فناوری، تحقیق و توسعه، و مصرف انرژی کارآمد امکان‌پذیر است. همچنین، سیاستگذاران باید قوانین منسجمی برای ترویج تولید و مصرف مسئولانه تدوین کنند و شفافیت در استفاده از منابع را تقویت کنند تا مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان، مسئولیت بیشتری در قبال مصرف منابع داشته باشند.

یافته‌های این مطالعه، می‌تواند در سطح بین‌المللی، کشوری و سازمانی توصیه‌ها و پیشنهادات سیاستی و مدیریتی داشته باشد. توصیه می‌شود کشورها به توسعه و استقرار فناوری‌های کارآمد مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و تحقیق و توسعه (R&D) بپردازند. ایجاد زیرساخت‌های پایدار و تشویق به نوآوری در صنعت می‌تواند بهره‌وری را افزایش داده و مصرف منابع را کاهش دهد.

در سطح سازمانی افزایش بهره‌وری باید با توسعه سرمایه انسانی همراه باشد. پیشنهاد می‌شود آموزش و توسعه مهارت‌ها، به‌ویژه در حوزه‌های مرتبط با تکنولوژی‌های سبز و مدیریت منابع برنامه‌ریزی شود تا نتیجه منجر به بهبود کارایی و کاهش مصرف منابع شود.

پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران قوانین و استانداردهایی را تنظیم کنند که تولید و مصرف مسئولانه را ترویج دهند. اجرای سیستم‌های شفافیت در استفاده از منابع می‌تواند، به کاهش مصرف و بهبود پاسخگویی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان منجر شود. علاوه بر این، توصیه می‌شود کشورهای مورد مطالعه سیاست‌هایی را تدوین کنند که به مسئولیت‌پذیری مشترک بین مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان در استفاده از منابع مادی منجر شود که می‌تواند از طریق مقرراتی که شفافیت و پاسخگویی را افزایش می‌دهند، به‌دست آید.

همچنین برای مقابله با اثرات منفی رشد اقتصادی و صنعتی شدن بر مصرف منابع، سیاست‌گذاران باید سیستم‌هایی ایجاد کنند که مصرف منابع را بهینه کرده و راه‌حلی برای کاهش فشار بر منابع طبیعی فراهم کنند. استفاده از استانداردهای بین‌المللی در مدیریت منابع و انرژی، می‌تواند به کاهش اثرات منفی این روند کمک کند.

از طرفی، با توجه به اینکه رشد سریع شهرنشینی نیاز به برنامه‌ریزی جامع شهری دارد که منابع پایدار را ترویج دهد، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران به توسعه زیرساخت‌های سبز و حمل‌ونقل عمومی کارآمد برای کاهش فشار بر منابع پرکربن و جلوگیری از تخریب زیستگاه‌های طبیعی توجه کنند. این پیشنهادها می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران کشورها کمک کند تا از تأثیرات منفی جهانی شدن و رشد اقتصادی جلوگیری کرده و مصرف داخلی منابع را کاهش دهند، درحالی‌که به سمت توسعه پایدار حرکت می‌کنند.

سپاسگزاری: موردی وجود ندارد.

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی وجود ندارد.

تعارض منافع: موردی وجود ندارد.

سهام نویسندگان در مقاله: نویسنده اول (۶۰ درصد)، نویسنده دوم (۳۰ درصد) و نویسنده سوم

(۱۰ درصد)

منابع مالی / حمایت‌ها: وجود ندارد.

References

- Ansari, M. A. et al. (2020). An environment kuznets curve for ecological footprint: Evidence from GCC countries. *Carbon Management Taylor & Francis*, 11(4), 1-14. <https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1790242>.
- Auci, S., & Vignani, D. (2013). Environmental Kuznets curve and domestic material consumption indicator: An European analysis. *Munich Pers. RePEc Arch. Pap.* 52882, 34.
- Bagliani, M., Bravo, G., & Dalmazzone, S. (2008). A consumption-based approach to environmental kuznets curves using the ecological footprint indicator. *Ecological Economics*, 65(3), 650-661. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.01.010>.
- Baninla, Y., Zhang, M., Lu, Y., Liang, R., Zhang, Q., Zhou, Y., & Khan, K. (2019). A transitional perspective of global and regional mineral material flows. *Resources, Conservation and Recycling*. 140, 91-101. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.014>.
- Baniya B., Giurco, D., & Kelly, S. (2021a). Green growth in Nepal and Bangladesh: Empirical analysis and future prospects. *Energy Policy*, 149, 112049. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112049>.
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: A revisited Environmental Kuznets curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>.
- Canas, A., Ferrao, P., & Conceicao, P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: Evidence from industrialized countries. *Ecological Economics*. 46, 217-229. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(03\)00123-x](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(03)00123-x).
- Chiu, A.S.F., Dong, L., Dong, L., Geng, Y., Rapera, C., & Tan, E. (2017). Philippine resource efficiency in Asian context: Status, trends and driving forces of Philippine material flows from 1980 to 2008. *J. Clean. Prod.* 153, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.158>.
- Cibulka, S., & Giljum, S. (2020). Towards a comprehensive framework of the relationships between resource footprints. *quality of life, and economic development. Sustainability*, 12 (11). <https://doi.org/10.3390/SU12114734>.
- Copeland, B.R., & Taylor, M.S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*. 42(1), 7-71. <https://doi.org/10.1257/002205104773558047>.
- Copeland, B.R., & Taylor, M.S. (2013). *Trade and the Environment: Theory and Evidence*. Princeton University Press, New Jersey.
- Corona, P., Franceschi, S., Pisani, C., Portoghesi, L., Mattioli, W., & Fattorini, L. (2017). Inference on diversity from forest inventories: A review. *Biodiversity and Conservation*, 26, 3037-3049. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-1017-2>.

- De Vos, I., & Westerlund, J. (2019). On CCE estimation of factor-augmented models when regressors are not linear in the factors. *Economics Letters*, 178, 5-7. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.02.001>.
- Dewulf, J., Hellweg, S., Pfister, S., Le' on, M.F.G., Sonderegger, T., de Matos, C.T., Blengini, G.A., & Mathieux, F. (2021). Towards sustainable resource management: Identification and quantification of human actions that compromise the accessibility of metal resources. *Resour. Conserv. Recycl.* 167. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105403>.
- Díaz, S., & Cristina, P. (2012). Factors of material consumption. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/7582>.
- Dietz, T., A Rosa, E., & York, R. (2007). Driving the human ecological footprint. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 13-18. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[13:dthef\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[13:dthef]2.0.co;2).
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49, 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>.
- Dreher, A. (2006). Does globalization affect growth? Evidence from a new index of globalization. *Applied Economics*, 38, 1091-1110. <https://doi.org/10.1080/00036840500392078>.
- Dreher, A., Gaston, N., & Martens, P. (2008). *Measuring Globalization - Gauging its Consequences*. Springer, New York, NY. <https://doi.org/10.1355/9789812304933-018>.
- Duran, H.E. (2019). Asymmetries in regional development: Does TFP or capital accumulation matter for spatial inequalities?. *The Journal of Economic Asymmetries*, 20, e00119. <https://doi.org/10.1016/j.jeca.2019.e00119>.
- Duro, J.A., Schaffartzik, A., & Krausmann, F. (2018). Metabolic inequality and its impact on efficient contraction and convergence of international material resource use. *Ecological Economics*, 145, 430-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.029>.
- Ehrlich, P.R., & Holdren, J.P. (1971). Impact of population growth. *Science*, 171 (80), 1212-1217. <https://doi.org/10.1126/science.171.3977.1212>.
- George, G., Jan Schillebeeckx, S.D., & Health System, A. (2015). The management of natural resources: An overview and research agenda. *Academy of Management Journal*, 58, 1595-1613. <https://doi.org/10.5465/amj.2015.4006>.
- Gonzalez, A., Terč.asvirta, T., & Van Dijk, D. (2005). Panel smooth transition regression models (No. 604), *SSE/EFI working paper*, Series in Economics and Finance. <https://doi.org/10.1920/wp.ifs.2005.0516>.
- Gonzalez, A., Terč.asvirta, T., van Dijk, D., & Yang, Y. (2017). Panel smooth transition regression models. *SSE/EFI Working Paper*, Series in Economics and Finance 604, Stockholm School of Economics.
- Grabarczyk, P., Wagner, M., Frondel, M., & Sommer, S. (2018). A cointegrating polynomial regression analysis of the material kuznets curve hypothesis. *Resour. Pol.* 57, 236-245. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.03.009>.

- Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of a north American free trade agreement. *NBER Working Papers* 3914, National Bureau of Economic Research, Inc. <https://doi.org/10.3386/w3914>.
- Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110, 353-377. <https://doi.org/10.4337/9781035334865.00025>.
- Guo, X., Meng, X., Luan, Q., & Wang, Y. (2023). Trade openness, globalization, and natural resources management: The moderating role of economic complexity in newly industrialized countries. *Resources Policy*, 85, 103757. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103757>.
- Gygli, S., Haelg, F., Potrafke, N., & Sturm, J.E. (2019). The KOF globalization index - revisited. *The Review of International Organizations*, 14, 543-574. <https://doi.org/10.1007/s11558-019-09344-2>.
- Hansen, B.E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of Econometrics*, 93, 345-368. [https://doi.org/10.1016/s0304-4076\(99\)00025-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4076(99)00025-1).
- Ji, X., Chen, X., Mirza, N., & Umar, M. (2021a). Sustainable energy goals and investment premium: Evidence from renewable and conventional equity mutual funds in the Euro zone. *Resources Policy*, 74, 102387. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102387>.
- Karakaya, E., Sari, E., & Alataş, S. (2021). What drives material use in the EU? Evidence from club convergence and decomposition analysis on domestic material consumption and material footprint. *Resources Policy*, 70, 101904. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101904>.
- Kirikaleli, D., Güngör, H., & Adebayo, T.S. (2022). Consumption-based carbon emissions, renewable energy consumption, financial development and economic growth in Chile. *Bus. Strat. Environ.* 31(3), 1123-1137. <https://doi.org/10.1002/bse.2945>.
- Koçak, E., & Ulucak, Z.S. (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO₂ emission reduction: Estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(14), 14328-14338. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04712-2>.
- Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., Miatto, A., Schandl, H., & Haberl, H. (2010). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th. century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(8), 1880-1885. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105226>.
- Lasisi, T.T., Eluwole, K.K., Alola, U.V., Aldieri, L., Vinci, C.P., & Alola, A.A. (2021). Do tourism activities and urbanization drive material consumption in the OECD countries? A Quantile Regression approach. *Sustainability*, MDPI, 13(14), 1-13. <https://doi.org/10.3390/su13147742>.

- Lenzen, M., Geschke, A., West, J., Fry, J., Malik, A., Giljum, S., Mil`a i Canals, L., Piñero, P., Lutter, S., Wiedmann, T., Li, M., Sevenster, M., Potočnik, J., Teixeira, I., Van Voore, M., Nansai, K., & Schandl, H., (2022). Implementing the material footprint to measure progress towards Sustainable Development Goals 8 and 12. *Nature Sustainability*, 5(2), 157-166. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00811-6>.
- Luukkonen, R., Saikkonen, P., & Teräsvirta, T. (1988). Testing linearity against smooth transition autoregressive models. *Biometrika*, 75, 491-499. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.3.491>.
- Lv, Z., & Xu, T. (2018). Is economic globalization good or bad for the environmental quality? New evidence from dynamic heterogeneous panel models. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 340-343. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.004>.
- M´arquez-Ramos, L. (2015). The relationship between trade and sustainable transport: A quantitative assessment with indicators of the importance of environmental performance and agglomeration externalities. *Ecological Indicators*, 52, 170-183. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.023>.
- M´arquez-Ramos, L. (2015). The relationship between trade and sustainable transport: A quantitative assessment with indicators of the importance of environmental performance and agglomeration externalities. *Ecological Indicators*, 52, 170-183. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.023>.
- Ma, Y., Fan, Y., & Razzaq, A. (2023). Influence of technical efficiency and globalization on sustainable resources management: Evidence from South Asian countries. *Resources Policy*, 81, 103281. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103281>.
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.005>.
- Nassani, A.A., Awan, U., Zaman, K., Hyder, S., Aldakhil, A.M., & Abro, M.M.Q. (2019). Management of natural resources and material pricing: Global evidence. *Resources Policy*, 64, 101500. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101500>.
- O'Neill D.W., Fanning, A.L., Lam, W.F., & Steinberger, J.K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1(2), 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.
- Plank, B., Eisenmenger, N., Schaffartzik, A., & Wiedenhofer, D. (2018). International trade drives global resource use: A structural decomposition analysis of raw material consumption from 1990-2010. *Environmental Science & Technology*, 52(7), 4190-4198. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06133>.
- Rahman, M. M., Bindu, K. J., & Islam, M. K. (2018). Linking per capita GDP to energy consumption, ecological footprint, and carbon dioxide emission in a developing economy in the world: The case of Bangladesh. *Journal of Banking and Financial Dynamics*, 2(1), 9-15. <https://doi.org/10.20448/journal.525.2018.21.9.15>

- Ramzan, M., Sheng, B., Shahbaz, M., Song, J., & Jiao, Z. (2019). Impact of trade openness on GDP growth: Does TFP matter?. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 28, 960-995. <https://doi.org/10.1080/09638199.2019.1616805>.
- Razzaq, A., Sharif, A., Afshan, S., & Li, C. J. (2023). Do climate technologies and recycling asymmetrically mitigate consumption-based carbon emissions in the United States? New insights from Quantile ARDL. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 186, 122138. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122138>.
- Rudolph, A., & Figge, L. (2017). Determinants of Ecological Footprints: What is the role of globalization?. *Ecological Indicators*, 81, 348-361. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2017.04.060>.
- Sarkodie, S.A. (2020). Causal effect of environmental factors, economic indicators and domestic material consumption using frequency domain causality test. *Science of The Total Environment*, 736, 139602. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139602>.
- Shahbaz, M., Lahiani, A., Abosedra, S., & Hammoudeh, S. (2018). The role of globalization in energy consumption: A quantile cointegrating regression approach. *Energy Economics*, 71, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.02.009>.
- Shao, Q., Schaffartzik, A., Mayer, A., & Krausmann, F. (2017). The high 'price' of dematerialization: A dynamic panel data analysis of material use and economic recession. *Journal of Cleaner Production*, 167, 120-132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.158>.
- Shao, S., & Razzaq, A. (2022). Does composite fiscal decentralization reduce trade-adjusted resource consumption through institutional governance, human capital, and infrastructure development?. *Resources Policy*, 79, 103034. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103034>.
- Steckel, J.C., Brecha, R.J., Jakob, M., Strefler, J., & Luderer, G. (2013). Development without energy? Assessing future scenarios of energy consumption in developing countries. *Ecological Economics*, 90, 53-67. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.02.006>.
- Steinberger, J.K., Krausmann, F., & Eisenmenger, N. (2010). Global patterns of materials use: A socioeconomic and geophysical analysis. *Ecological Economics*, 69, 1148-1158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.12.009>.
- Steinberger, J.K., Krausmann, F., Getzner, M., Schandl, H., & West, J. (2013). Development and dematerialization: An international study. *PLOS One* 8, e70385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070385>.
- Telega, I., & Telega, A. (2019). Driving factors of material consumption in European countries - spatial panel data analysis. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/21606544.2019.1675186>.
- Torras, M., & Boyce, J.K. (1998). Income, inequality, and pollution: A reassessment of the environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25, 147-160. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8).

- Ullah, S., & Lin, B. (2024). Harnessing the synergistic impacts of financial structure, industrialization, and ecological footprint through the lens of the EKC hypothesis. *Insights from Pakistan. Energy*, 132540. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132540>.
- Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.191>.
- Ulucak, R., Koçak, E., Erdogan, S., & Kassouri, Y. (2020). Investigating the non-linear effects of globalization on material consumption in the EU countries: Evidence from PSTR estimation. *Resources Policy*, 67, 101667. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101667>.
- United Nations. (2015). Transforming our world. *The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- United Nations Development Programme. (2010). *Human Development Report 2010: The real wealth of nations: Pathways to human development*. Palgrave Macmillan. <https://hdr.undp.org/2030agenda>.
- Vehmas, J., Luukkanen, J., & Kaivo-oja, J. (2007). Linking analyses and environmental Kuznets curves for aggregated material flows in the EU. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1662-1673. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.010>.
- Wang, H., & Wei, W. (2020). Coordinating technological progress and environmental regulation in CO₂ mitigation: The optimal levels for OECD countries & emerging economies. *Energy Economics*, 87, 104510. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104510>.
- Wang, H., Zhao, X., Zhang, Z., Li, S., & Yuan, J. (2019). Material flows embodied in China-Japan trade. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer Verlag, pp. 338-344. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15740-1_49.
- Watari, T., Nansai, K., & Nakajima, K. (2021). Contraction and convergence of in-use metal stocks to meet climate goals. *Global Environmental Change*, 69, 102284. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102284>.
- West, J., & Schandl, H. (2018). Explanatory variables for national socio-metabolic profiles and the question of forecasting national material flows in a globalized economy. *Journal of Industrial Ecology*. 22, 1451-1464. <https://doi.org/10.1111/jiec.12671>.
- Wiedenhofer, D., Fishman, T., Lauk, C., Haas, W., & Krausmann, F. (2019). Integrating material stock dynamics into economy-wide material flow accounting: Concepts, modelling, and global application for 1900-2050. *Ecological Economics*, 156, 121-133. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.010>.
- York, R., Rosa, E.A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46, 351-365. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5).
- Zhang, C., Chen, W.Q., Liu, G., & Zhu, D.J. (2017). Economic growth and the evolution of material cycles: An analytical framework integrating material flow and stock indicators. *Ecol. Econ.* 140, 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.021>.