Journal of Environmental and Natural Resource Economics
Volume 4, Number 10, Winter 2024, pp. 123-161
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/EENR.2025.84510.205

ATU PRESS

Original Research
Received: 23/February/2025
Accepted: 24/May/2025
ISSN: 2538-4791
eISSN: 2538-483X

Entrepreneurship, Ecological Footprint and Adaptation to Climate Change in WEF Countries: A Panel Smooth Transition Regression Approach

Zahra Ranjbarian — Ph.D Student in Economics Sciences, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Mahdi Khodaparast Mashhadi * — Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Masoud Homayounifar — Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Narges Salehnia — Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Mohammad Esmael Samei — Associate Professor, Department of Mathematics, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Abstract

Introduction

Given the far-reaching consequences of climate change for human societies, this study investigates the interplay between entrepreneurship, ecological footprint, and climate change adaptation. Specifically, it examines the nonlinear dynamics among these variables across member countries of the World Economic Forum (WEF) over the period 2008–2019, employing the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model. Linearity tests confirm the presence of significant nonlinear relationships, justifying the use of a regime-switching framework. For each transition variable, a specification featuring two logistic transition functions with two threshold parameters corresponding to a three-regime model was found to best capture the underlying nonlinearities.

* Corresponding Author: m_khodaparast@um.ac.ir
How to Cite: Ranjbarian, Z., Khodaparast Mashhadi, M., Homayounifar, M., Salehnia, N., Esmael Samei, M. (2024). Entrepreneurship, Ecological Footprint and Adaptation to Climate Change in WEF Countries: A Panel Smooth Transition Regression Approach. Journal of Environmental and Natural Resource Economics, 10(4), pp. 123-161.

The empirical results reveal that both the entrepreneurship index and the ecological footprint exert nonlinear effects on climate change adaptation. Notably, the majority of countries are situated in the second (efficiency-oriented) regime, indicating that they possess the foundational capabilities necessary to potentially advance toward the third (innovation-oriented) regime. Crucially, the findings demonstrate that higher levels of entrepreneurial activity and a lower ecological footprint are both associated with enhanced climate change adaptation outcomes. These results suggest that fostering entrepreneurial ecosystems particularly those oriented toward green innovation and sustainable technology development can significantly strengthen national capacities to adapt to climate change

Introduction

Climate change stands as one of the most pressing challenges of the 21st century, with far-reaching consequences for both natural ecosystems and human societies. Largely driven by anthropogenic activities particularly fossil fuel combustion and the consequent rise in greenhouse gas emissions it has significantly disrupted the planet's ecological balance. Member countries of the World Economic Forum (WEF), which collectively account for a substantial share of global economic output, are not only major contributors to emissions but are also increasingly vulnerable to climate-related risks. This dual role underscores the urgent need for strategic, evidence-based approaches to mitigate environmental impacts and strengthen adaptive capacity.

Entrepreneurship occupies a complex and dual position in this context. While conventional entrepreneurial ventures may intensify environmental degradation through heightened resource use and emissions, green or sustainable entrepreneurship offers a pathway toward ecological resilience by fostering innovation in clean technologies, circular business models, and low-carbon solutions. The ecological footprint a widely used metric of human demand on nature further highlights the challenge: WEF member countries generally exhibit above-average footprints, reflecting patterns of high energy consumption, material-intensive lifestyles, and unsustainable production systems.

Effective climate change adaptation demands transformative shifts in both production and consumption paradigms. In this transition, sustainable entrepreneurship can serve as a catalyst particularly through the development of green enterprises in sectors such as renewable energy, sustainable agriculture, and eco-efficient infrastructure. However, the scalability and impact of such initiatives hinge on supportive macro-level conditions, including coherent environmental policies, sustained investment in clean technologies, and robust institutional frameworks that incentivize sustainability.

To capture the nuanced and potentially nonlinear dynamics among these factors, this study employs the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model. The analysis incorporates a comprehensive set of indicators, including the entrepreneurship index, ecological footprint index, energy intensity index, Legatum Prosperity Index (as a proxy for socioeconomic development and governance quality), and the state fragility index (to account for institutional stability and resilience capacity).

Methods and Materials

This study is applied in nature with respect to its objectives and analytical in its approach to data analysis. The statistical population comprises member countries of the World Economic Forum (WEF), classified into three distinct groups resource-driven, efficiency-driven, and innovation-driven economies based on the WEF's Global Competitiveness Framework. This classification reflects varying stages of economic development, institutional maturity, and entrepreneurial ecosystems across the sample.

The study covers the period from 2008 to 2019, a timeframe selected primarily due to data availability and its relevance to contemporary climate and economic dynamics. To examine the complex interplay among the key variables, the research employs the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model a nonlinear panel data technique well-suited for capturing regime-dependent relationships and smooth transitions across heterogeneous economies.

The central research question guiding this investigation is: Does a significant nonlinear relationship exist between climate change adaptation, entrepreneurship, and the ecological footprint among WEF member countries? By addressing this question, the study aims to uncover how the impact of entrepreneurship and environmental pressure on adaptation capacity varies across different development regimes

Results and Discussion

The estimation results confirm the presence of a nonlinear relationship among the core variables of the study-entrepreneurship, ecological footprint, and climate change adaptation. For each transition variable, two threshold values were identified, supporting a three-regime smooth transition structure.

Notably, the estimated slope (or transition speed) parameters reveal that climate change adaptation is considerably more responsive to changes in entrepreneurship (transition speed = 21.1871) than to fluctuations in the ecological footprint (transition speed = 9.8720). This suggests that entrepreneurial dynamics exert a sharper and more immediate influence on adaptive capacity across different development regimes.

This finding is consistent with green entrepreneurship theory, which emphasizes the role of entrepreneurial activity as a catalyst for systemic transformation toward a low-carbon, climate-resilient economy. It implies that fostering entrepreneurial ecosystems particularly those oriented toward sustainability and innovation can accelerate progress in climate change adaptation more effectively than focusing solely on reducing ecological pressure

Regime Analysis Based on the Entrepreneurship Variable

The nonlinear relationship between entrepreneurship and climate change adaptation varies significantly across three distinct regimes defined by the level of entrepreneurial activity:

- **First Regime (Low Entrepreneurship):** In this stage, entrepreneurship exhibits a neutral or slightly negative effect on climate change adaptation. This suggests that entrepreneurial initiatives are predominantly driven by short-term economic motives, with limited integration of environmental considerations or sustainability principles.

● **Second Regime (Moderate Entrepreneurship):** A positive and statistically significant relationship emerges, indicating a turning point where entrepreneurship begins to contribute meaningfully to adaptive capacity. This shift likely reflects the growing prevalence of sustainability-oriented ventures and heightened awareness of environmental challenges among entrepreneurs and policymakers.

● **Third Regime (High Entrepreneurship):** Entrepreneurship demonstrates a strongly positive and substantial impact on climate change adaptation. At this stage, environmental innovation becomes embedded in core business strategies, aligning with the principles of sustainable entrepreneurship theory. The findings underscore that mature entrepreneurial ecosystems can serve as powerful engines for climate resilience through green technologies, circular business models, and systemic innovation

Regime Analysis Based on the Ecological Footprint Variable

The influence of the ecological footprint on climate change adaptation also follows a nonlinear, three-regime pattern:

● **First Regime (Low Ecological Footprint):** The impact is minimal and largely neutral, suggesting that environmental pressures have not yet reached thresholds that significantly constrain adaptive capacity. This phase typically corresponds to early stages of economic development, where resource use remains relatively modest.

● **Second Regime (Moderate Ecological Footprint):** The relationship becomes highly nonlinear, reflecting a critical transitional phase. Countries in this regime may be actively grappling with the trade-offs between growth and sustainability, potentially initiating policy reforms or green investments to steer development toward more resilient pathways.

● **Third Regime (High Ecological Footprint):** A pronounced negative effect emerges, signaling that excessive environmental degradation severely undermines climate adaptation efforts. This finding is particularly concerning, as it implies that once ecological thresholds are crossed, natural and socio-institutional systems may lose their capacity to absorb shocks. In such contexts, entrepreneurship and innovation become essential levers to reverse degradation trends and avert irreversible environmental damage.

Conclusion

The findings indicate that sustainable entrepreneurship and green innovation play a pivotal role in enhancing climate change adaptation. Policymakers should facilitate the transition from traditional to sustainable entrepreneurship by implementing targeted incentive mechanisms such as support for clean technologies, environmental taxation, and green licensing systems. Management of the ecological footprint must also be aligned with countries' stages of development: preventing footprint expansion should be prioritized in early development phases, whereas reducing existing footprints becomes critical in more advanced stages.

Given that most countries in the sample fall within the intermediate (efficiency-driven) regime, efficiency-oriented policies such as improving energy productivity and scaling up renewable energy deployment represent effective near-term strategies. The results clearly demonstrate that the relationship among entrepreneurship,

ecological footprint, and climate change adaptation is complex, nonlinear, and threshold-dependent, thereby requiring differentiated policy approaches across development stages. Ultimately, successful climate change adaptation strategies must be firmly anchored in entrepreneurship and innovation to mitigate the adverse effects of environmental degradation and accelerate the transition toward sustainable development.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the insightful comments and constructive suggestions provided by the anonymous reviewers and the editorial team.

Keywords: Entrepreneurship, Ecological Footprint, Climate Change Adaptation, Panel Smooth Transition Regression (PSTR)

JEL Classification: C23 , Q54 , Q56 , L26

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۳

ISSN: ۴۷۹۱-۲۵۳۸

eISSN: ۴۸۳-۲۵۳۸X

فصلنامه محیط زیست و منابع طبیعی

سال ٤، شماره ۱۰، زمستان ۱٤۰۳، صفحات ۱۲۳-۱٦۱

Jiee.atu.ac.ir

DOI: http://dx.doi.org/10.22054/EENR.2025.84510.205

کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییر اقلیم در کشورهای عضو (WEF): رویکرد رگرسیون انتقال ملایم پانلی[1]

زهرا رنجبریان — دانشجوی دکتری اقتصاد منابع، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

مهدی خداپرست مشهدی * — دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

مسعود همایونی‌فر — دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

نرگس صالح نیا — دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

محمداسماعیل سامعی — دانشیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

با توجه به تأثیرات گسترده تغییرات اقلیمی بر جوامع انسانی، این پژوهش به بررسی رابطه بین کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییرات اقلیمی می‌پردازد. هدف اصلی پژوهش، تحلیل اثرات غیرخطی این متغیرها در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۸ با استفاده از الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR) است. وجود رابطه غیرخطی بین متغیرهای پژوهش، با توجه به آزمون خطی بودن تأیید شده است. همچنین برای هرکدام از متغیرهای انتقال، در نظر گرفتن دو تابع انتقال با دو عامل آستانه‌ای که بیانگر الگوی سه رژیمی است به منظور تصریح رابطه غیرخطی بین متغیرهای الگوی مناسب است. نتایج پژوهش نشان‌داد که شاخص کارآفرینی و شاخص ردپای اکولوژیکی هر دو تأثیرات غیرخطی بر سازگاری با تغییر اقلیم دارند. همچنین نتایج حاکی از این است که تقریباً تمامی کشورها در رژیم دوم (کارایی‌محور) قرار گرفته‌اند که نشان می‌دهد کشورهای مورد مطالعه عناصر اساسی لازم برای حرکت بالقوه به سمت رژیم سوم (نوآوری‌محور) را دارند. یافته‌های کلیدی این پژوهش نشان داد، رشد کارآفرینی و کاهش ردپای اکولوژیکی هر دو به افزایش سازگاری با تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند؛ بنابراین تشویق به توسعه فناوری‌های جدید مبتنی بر فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند بهبودهای قابل توجهی در سازگاری با تغییر اقلیم ایجاد کند.

کلیدواژه‌ها: کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی، سازگاری با تغییر اقلیم، رگرسیون انتقال ملایم پانلی

طبقه‌بندی JEL: L26 , Q56 , Q54 , C23

---

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد است.

* نویسنده مسئول: m_khodaparast@um.ac.ir

۱. مقدمه

تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی قرن حاضر، پیامدهای گسترده‌ای بر نظام‌های طبیعی و انسانی دارد. این پدیده عمدتاً ناشی از فعالیت‌های بشری مانند مصرف سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و انتشار گازهای گلخانه‌ای است که منجر به برهم خوردن تعادل اکولوژیکی کره زمین شده است (پورتنر و همکاران[1]، ۲۰۲۲). در این میان، کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد[2] به دلیل سهم عمده‌ای که در اقتصاد جهانی دارند و همچنین آسیب‌پذیری در برابر پیامدهای تغییرات اقلیمی، نیازمند اتخاذ راهبردهای هوشمندانه برای کاهش اثرات این پدیده و افزایش تاب‌آوری هستند (استرن و همکاران[3]، ۲۰۲۲)

کارآفرینی به‌عنوان موتور محرکه رشد اقتصادی می‌تواند نقش دوگانه‌ای در این زمینه ایفا کند. از یک‌سو، فعالیت‌های کارآفرینانه سنتی ممکن است با افزایش مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها، فشار بر محیط‌زیست را تشدید کنند. از سوی دیگر، کارآفرینی سبز و پایدار می‌تواند با ارائه راهکارهای نوآورانه، هم به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند و هم سازگاری با تغییرات اقلیمی را تسهیل نماید (شومپیتر[4]، ۱۹۳۴ و دین و مک‌مولن[5]، ۲۰۰۷). این دوگانگی لزوم بررسی دقیق‌تر رابطه بین کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییر اقلیم را در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد آشکار می‌سازد.

ردپای اکولوژیکی[6] به‌عنوان شاخصی کلیدی برای اندازه‌گیری فشار انسان بر محیط زیست، میزان منابع طبیعی مورد نیاز برای پشتیبانی از فعالیت‌های اقتصادی را محاسبه می‌کند (واکرناگل و ریس[7]، ۱۹۹۶). کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد عموماً ردپای اکولوژیکی بالاتری نسبت به میانگین جهانی دارند که این امر ناشی از سطح بالای مصرف انرژی، وابستگی به منابع فسیلی و الگوهای تولید و مصرف ناپایدار است (شبکه جهانی ردپا[8]، ۲۰۲۳). این وضعیت، این کشورها را در معرض ریسک‌های ناشی از تغییرات اقلیمی قرار داده و ضرورت بازنگری در الگوهای توسعه اقتصادی را پررنگ می‌سازد.

---

1. Pörtner et al.
2. World Economic Forum
3. Stern et al.
4. Schumpeter
5. Dean & McMullen
6. Ecological Footprint
7. Wackernagel & Rees
8. Global Footprint Network

سازگاری با تغییرات اقلیمی مستلزم تحول در شیوه‌های تولید و مصرف است که در این میان، کارآفرینی پایدار می‌تواند نقش‌محوری ایفا کند. توسعه کسب‌وکارهای سبز در حوزه‌هایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، کشاورزی هوشمند و فناوری‌های کم‌کربن، نمونه‌هایی از این تحول هستند (بانک جهانی[1]، ۲۰۲۲). با این حال، موفقیت این راهکارها نیازمند هماهنگی بین سیاست‌های کلان، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و ایجاد بسترهای نهادی مناسب است. این پژوهش با تمرکز بر کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد، به بررسی این سؤال کلیدی می‌پردازد که چگونه می‌توان از کارآفرینی به‌عنوان ابزاری برای کاهش ردپای اکولوژیکی و افزایش سازگاری با تغییرات اقلیمی بهره برد؟

بنابراین برای تحلیل این رابطه پیچیده، این پژوهش از روش رگرسیون انتقال ملایم پانلی[2] استفاده می‌کند که امکان شناسایی روابط غیرخطی و تغییرات ساختاری را فراهم می‌سازد. در این الگو، شاخص‌های کارآفرینی و ردپای اکولوژیکی به‌عنوان متغیرهای انتقال و شاخص‌های شدت مصرف انرژی، رفاه لگاتوم و شکنندگی دولت به‌عنوان متغیرهای کنترلی در نظر گرفته شده‌اند.

ساختار مقاله بدین شرح است که در ادامه و پس از مقدمه در بخش دوم ادبیات پژوهش، در بخش سوم روش پژوهش، در بخش چهارم برآورد الگو و در بخش پنجم بحث و نتیجه‌گیری آورده شده است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران در طراحی راهبردهای کارآفرینی پایدار که هم‌زمان اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی را دنبال می‌کنند، کمک شایانی نماید.

۲. ادبیات پژوهش

امروزه تمامی کشورها به نوعی با پدیده تغییر اقلیم مواجه هستند؛ اما درجه آسیب‌پذیری آن‌ها متفاوت است. میزان تلاش کشورها برای تطبیق و سازگاری متناسب با تغییرات اقلیمی تعیین‌کننده خواهد بود. میونگ و همکاران[3] (۲۰۱۹) در این راستا به توافقنامه پاریس (۲۰۱۵) در ارتباط با اهمیت سازگاری اجتماعی ـ اقتصادی با تغییرات اقلیمی در سطح ملی و محلی اشاره نمودند. مطابق این توافقنامه، ۱۸۹ کشور متعهد شدند برنامه‌های مشارکت ملی[4] را اجرا

1. World Bank
2. Panel Smooth Transition Regression Model
3. Myung et al.
4. Intended Nationally Determined Contribution

و افزایش دمای کره زمین را به زیر ۲ درجه سانتی‌گراد محدود کنند. به‌عنوان مثال، بسیاری از کشورهای اتحادیه اروپا درصدد برآمدند انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۸۰ درصد کاهش دهند.

مشاهدات و الگوهای علمی نشان می‌دهد که اقلیم زمین به دلیل فعالیت‌های انسان در حال تغییر است. این پدیده، با عنوان تغییر اقلیم انسانی[1] شناخته می‌شود. در تغییر اقلیم انسانی، فعالیت‌های انسان همانند استفاده از سوخت‌های فسیلی، تبدیل جنگل‌ها به مزارع و شهرها، پرورش دام و ایجاد گازهای گلخانه‌ای با تغییر اقلیم همراه می‌گردد (ریدی[2]، ۲۰۱۶). افزایش سریع جمعیت در سراسر جهان نیز فشار بر تقاضای منابع اکولوژیکی و آسیب به اکوسیستم طبیعی را تسریع می‌نماید. همچنین به دلیل افزایش رشد و توسعه اقتصادی در قرن گذشته و به تبع آن، تقاضای فزاینده برای کالاها و خدمات و ارتقای استانداردهای زندگی، این وضعیت را وخیم‌تر نموده است (مانچینی و همکاران[3]، ۲۰۱۶). آمارها نشان می‌دهد[4] از دهه ۱۹۷۰، میزان استفاده افراد از منابع مصرفی که با اصطلاح ردپای اکولوژیکی (EF) انسان بر روی زمین شهرت دارد، از ظرفیت کره زمین بیشتر شده و سال‌به‌سال نیز افزایش می‌یابد. افزایش جمعیت در آینده نیز فشار بر منابع را تشدید خواهد کرد (شبکه جهانی ردپا، ۲۰۱۸).

کارآفرینی نقش دوگانه‌ای در تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند؛ از یکسو فعالیت‌های اقتصادی متعارف ممکن است ردپای کربن را افزایش دهند (مثلاً رشد ۱۰٪ بخش ICT[5] بدون انرژی پاک تا ۷٪ انتشار CO_2 را افزایش می‌دهد). (هالدر و ستی[6]، ۲۰۲۲) و از سوی دیگر کارآفرینی سبز با ارائه راهکارهای نوآورانه مانند بهبود ۲۳ درصدی کارایی انرژی توسط استارت‌آپ‌های فناوری پاک به کاهش اثرات اقلیمی کمک می‌کند (گاست و همکاران[7]، ۲۰۱۷). مطالعات نشان می‌دهد رابطه کارآفرینی و تغییرات اقلیمی به صورت U معکوس است (عسگری و جهانگیری، ۱۴۰۰) و شهرهای دارای اکوسیستم کارآفرینی سبز ۲۵٪

1. Anthropogenic Climate Change
2. Riedy
3. Mancini et al.
۴. شاخص EF نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰، تقاضای انسان برای منابع تجدیدپذیر و خدمات زیست‌محیطی نزدیک به ۱۴۰ درصد (از ۷/۶ به ۱۸/۱ میلیارد هکتار جهانی) افزایش یافته است. در سال ۲۰۱۰، بشریت معادل ۱/۵۴ برابر ظرفیت ثروت کره زمین، خدمات زیست‌محیطی تقاضا نمود (گزارش سیاره زنده، ۲۰۱۴).
5. Information Communications Technology
6. Haldar & Sethi
7. Gast et al.

ردپای اکولوژیکی کمتری دارند (بلچاکوا و همکاران[1]، ۲۰۱۷). عوامل کلیدی در این رابطه شامل نوآوری فناورانه مسئول ۶۸٪ کاهش انتشار صنعتی (آریاس و همکاران[2]، ۲۰۲۱) و رشد ۴۰ درصدی سرمایه‌گذاری خطرپذیر در استارت‌آپ‌های اقلیمی (دیده‌بان جهانی کارآفرینی[3]، ۲۰۲۲) هستند. با وجود چالش‌هایی مانند عدم قطعیت سیاستی و محدودیت‌های مالی، کارآفرینی از طریق توسعه فناوری‌های کم‌کربن، ایجاد بازارهای سبز و بهبود بهره‌وری منابع می‌تواند به کاهش تغییرات اقلیمی کمک کند.

تلاش‌ها و طرح‌هایی توسط دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش پیامدهای تغییرات اقلیمی انجام شده است. به‌عنوان مثال، سازمان ملل متحد، هفده (۱۷) هدف را به منظور تضمین توسعه پایدار معرفی کرد. این تلاش‌های سازمان ملل برای محافظت از مردم و محیط زیست در برابر فعالیت‌های مضر تولید صنعتی است که منجر به تغییرات اقلیم می‌شود (فیگرس و همکاران[4]، ۲۰۱۷).

کارآفرینان اقلیم می‌توانند راه‌حل‌های اقلیمی را از طریق نوآوری (تولید فناوری‌ها، فرآیندها یا الگوهای جدید برای کاهش یا سازگاری) یا از طریق تسهیل (گسترش سازگاری و اقدامات کاهشی موجود از طریق الگوهای کسب‌وکار که امکان استفاده محلی از فناوری یا شیوه‌ها را فراهم می‌کند) هدایت کنند. این همیشه یک «این/یا آن» برای الگوهای کسب‌وکار نیست، زیرا بسیاری از کارآفرینان ممکن است هم در حال نوآوری باشند و هم برخی از عناصر فناورانه جدید را تطبیق دهند که ضرورت دارد امکانات و تسهیلات مورد نیاز برای کارآفرینان ساکن هر اقلیم فراهم شود (شبکه توسعه کارآفرینان آسپن[5]، ۲۰۲۱).

مطالعات نشان می‌دهند ردپای اکولوژیکی به‌عنوان معیاری کلیدی برای سنجش فشار انسانی بر محیط زیست، تأثیر مستقیمی بر تغییرات اقلیمی دارد (واکرناگل و ریس، ۱۹۹۶). این تأثیر از طریق سه مکانیسم اصلی ۱) تخریب اکوسیستم‌ها و کاهش ظرفیت جذب کربن (شبکه جهانی ردپا، ۲۰۲۲)، ۲) افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (آریاس و همکاران، ۲۰۲۱) و ۳) تغییر الگوهای کاربری اراضی (فولی و همکاران[6]، ۲۰۰۵) عمل می‌کند. شواهد تجربی

1. Belčáková et al.
2. Arias et al.
3. Global Entrepreneurship Monitor
4. Figueres et al.
5. Aspen Network of Development Entrepreneurs (ANDE)
6. Foley et al.

حاکی از آن است که حدود ۶۰٪ از تغییرات اقلیمی اخیر ناشی از رشد ردپای اکولوژیکی بوده و کشورهای با ردپای بالا ۳۰٪ بیشتر تحت تأثیر پیامدهای تغییر اقلیم قرار دارند (راک‌استرم و همکاران[1]، ۲۰۰۹ و صندوق جهانی طبیعت[2]، ۲۰۲۰). راهکارهای مؤثر برای کاهش این تأثیرات شامل توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (مالیخ[3]، ۲۰۲۲)، بهبود بهره‌وری منابع (مک آرتور و هدینگ[4]، ۲۰۱۹) و اصلاح الگوهای مصرف (اولهوف[5]، ۲۰۲۱) است. این یافته‌ها بر ضرورت اتخاذ سیاست‌های یکپارچه برای مدیریت ردپای اکولوژیکی و مقابله با تغییرات اقلیمی تأکید می‌کنند.

دو استراتژی کلی برای رسیدگی به تغییرات اقلیمی مورد نیاز است: کاهش محرک‌های تغییرات اقلیمی و سازگاری با تأثیرات تغییر اقلیم. محرک‌های تغییرات اقلیمی فرآیندهایی هستند که میزان گازهای گلخانه‌ای (GHGs)[6] را افزایش می‌دهند که گرما را در جو به دام می‌اندازد یا توانایی طبیعی سیاره را برای جداسازی آن گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌دهند. تأثیرات تغییر اقلیم، تغییرات اکولوژیکی و فیزیولوژیکی است که بر روی کره زمین رخ می‌دهد و پیامدهای اجتماعی و بهداشتی ناشی از آن تغییراتی است که انسان باید خود را با آن‌ها سازگار کند (امبری و همکاران[7]، ۲۰۱۹).

گازهای گلخانه‌ای که از کسب‌وکارهای کوچک متصاعد می‌شود، دو جزء دی‌اکسیدکربن و متان را دربر می‌گیرد. هرچند، به مسئلهٔ انتشار CO_2[8] بیشتر پرداخته می‌شود؛ اما یافته‌ها حاکی از آن است که متان در حدود ۲۵ برابر قدرت جذب حرارت بالاتری دارد. همچنین، در کنار جنگل‌زدایی برای ایجاد زمین‌های کشاورزی، یکی از عوامل اصلی تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی نیز محسوب می‌گردد. متان از طریق آروغ یا نفخ نشخوارکنندگان ـ عمدتاً گاو ـ آزاد می‌شود؛ ازاین‌رو، می‌توان گفت دام‌ها عامل انتشار ۱۴/۵ درصد از گازهای گلخانه‌ای جهان هستند. آلاینده‌های اقلیمی کوتاه‌مدت نیز هرچند عمری کمتر از ۱۰۰ سال در جو زمین دارند؛ اما یکی از دغدغه‌های موجود در ارتباط با تغییرات اقلیم به شمار می‌روند.

1. Rockström et al.
2. World Wide Fund for Nature
3. Malykh
4. Macarthur & Heading
5. Olhoff
6. Greenhouse Gases
7. Embry et al.
8. Carbon Dioxide

ازجملهٔ این آلاینده‌ها می‌توان به کربن سیاه اشاره نمود که در نتیجهٔ روش‌های مرسوم پخت‌وپز متصاعد می‌شود. کربن سیاه، علی‌رغم اندازه بسیار کوچکی که دارد، بسیار برای سلامت انسان مضر بوده، همچنین، قادر است ۱ میلیون برابر بیشتر از CO_2 انرژی خورشیدی را به دام اندازد (شبکه توسعه کارآفرینان آسپن، ۲۰۲۱).

تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی رابطه دوجانبه دارند. استفاده انسان از منابع طبیعی و انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث افزایش دمای زمین و تشدید رویدادهای شدید آب‌وهوایی می‌شود. این تغییرات به نوبهٔ خود بر زندگی انسان تأثیر می‌گذارند. سازگاری با تغییرات اقلیمی مستلزم پیش‌بینی و برنامه‌ریزی مناسب است. اقدامات سازگاری شامل تنوع بخشیدن به تولید غذا، اجتناب از ساخت‌وساز در مناطق پرخطر و تقویت سامانه‌های موجود است. آسیب‌پذیری یک سیستم در برابر تغییرات اقلیمی از طریق شاخص‌هایی مانند در معرض قرار گرفتن، حساسیت و ظرفیت سازگاری اندازه‌گیری می‌شود (ادگر و همکاران[1]، ۲۰۰۳). آمادگی نیز از دیگر شاخص‌های سازگاری است که توانمندی کشورها در مقابله با تغییر اقلیم را نشان می‌دهد؛ ازاین‌رو، هر اقدام و یا راهکاری که آمادگی کشورها را افزایش و یا میزان آسیب‌پذیری آن‌ها را کاهش دهد به افزایش سازگاری منجر خواهد شد.

رفتار کارآفرینانه که در ادبیات مرتبط با تغییر اقلیم، از آن با عنوان راهبرد سازگاری نیز یاد می‌شود، ازجمله اقدامات مؤثر در ارتقای سازگاری است که نوعی خلاقیت در پاسخ به محیط زیست محسوب می‌شود. همان‌گونه که دراکر[2] (۱۹۹۴) نیز بدان اشاره داشت، یک کارآفرین با بهره‌گیری از فرصت‌ها، به دنبال ایجاد و یا پاسخ به تغییرات است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۵)؛ بنابراین، می‌توان از کارآفرینی و ارتقای استانداردها در این زمینه، به منظور افزایش سازگاری با تغییر اقلیم و مدیریت آسیب‌پذیری ناشی از ردپای اکولوژیکی، استفاده نمود[3]. محوریت تعریف کارآفرینی بر تلاش متعهدانه، سندی بر این مدعاست[4]. هرچند، محدودیت ایجادشده به دنبال تغییرات اقلیم و لزوم سازگاری با آن، خود بستر

1. Adger et al.
2. Peter Drucker
۳. کنوانسیون چهارچوب تغییر اقلیم در سازمان ملل (۲۰۱۸) نیز اذعان داشت کارآفرینان این توانمندی را دارند که نقش مهمی در توسعه فناوری‌های اقلیمی ایفا نمایند. این امر به جوامع در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و سازگاری با تغییرات اقلیمی، کمک خواهد نمود.
۴. کارآفرینی به تلاش متعهدانه با در نظر گرفتن ریسک‌های احتمالی، برای خلق یک ارزش جدید اطلاق می‌شود.

مناسبی برای بروز فعالیت‌های کارآفرینانه ایجاد خواهد کرد. رحیم و همکاران[1] در سال ۲۰۱۱، این ارتباط معکوس را بدین‌صورت توصیف می‌نمایند که در بطن عدم قطعیت ناشی از تغییرات اقلیم، فرصت‌های فوق‌العاده‌ای برای نوآوری، کارآفرینی و سرمایه‌گذاری نهفته است. جستجوی فرصت به بینش، اشتیاق و تعهد نیاز دارد و موجب انتقال منابع از مناطق با بهره‌وری پایین به مناطق با بهره‌وری بالا خواهد شد.

مطابق تعریف مجمع جهانی اقتصاد[2]، می‌توان کشورها را برحسب مراحل توسعه‌یافتگی و شاخص کارآفرینی جهانی، در سه دسته کشورهای منبع‌محور، کارایی‌محور و نوآوری‌محور قرار داد (شواب[3]، ۲۰۱۸). مایکل پورتر[4] ارتباط بین کشورها را این‌گونه توصیف می‌کند که در طی مراحل توسعه اقتصادی، کشورها از اقتصاد منبع‌محور، به اقتصاد کارایی‌محور منتقل‌شده، سپس، به اقتصاد مبتنی بر نوآوری مبدل خواهند شد (دوتا و مرندا[5]، ۲۰۱۱). طبیعی به نظر می‌رسد که کشورها با توجه به جایگاهشان در مسیر توسعه‌یافتگی، به لحاظ میزان استفاده از منابع طبیعی، محافظت از محیط زیست، میزان تغییرات اقلیمی و زیرساخت‌ها، متفاوت باشند. علاوه بر آن، شاخص کارآفرینی یکسانی نیز ندارند؛ ازاین‌رو، نمی‌توان گفت ارتقای استانداردهای کارآفرینی و یا توسعه کارآفرینی در این کشورها به سازگاری یکسانی با تغییرات اقلیمی منجر خواهد شد؛ بنابراین، پژوهش حاضر تأثیر کارآفرینی و ردپای اکولوژیکی بر سازگاری با تغییر اقلیم را در کشورهای مختلف بررسی می‌کند.

مرور اجمالی بر مطالعات انجام شده، نشان می‌دهد پرداختن به پیوند بین کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییر اقلیم، علی‌رغم اهمیتی به سزایی که دارد، در ادبیات مرتبط با تغییرات اقلیم مغفول مانده است؛ ازاین‌رو، انتظار بر آن است نتایج پژوهش حاضر، ضمن در نظر گرفتن تفاوت کشورها به لحاظ شاخص جهانی کارآفرینی و سطح توسعه‌یافتگی، کاستی موجود را تا اندازه‌ای برطرف نماید. اهمیت پدیده تغییرات اقلیمی در شرایط حال حاضر جهان نیز مستلزم انجام مطالعاتی جامع، به منظور برطرف نمودن حداکثری خلأ موجود است. ماهیت پژوهش و هدف مورد بررسی، ایجاب می‌کند که از الگوهای

1. Raheem et al.
2. World Economic Forum
3. Schwab
4. Michael Porter
5. Dutta & Merenda

غیرخطی به منظور برآورد استفاده گردد. در بین مجموعه الگوهای غیرخطی موجود که در آن‌ها امکان برآورد ضرایب در رژیم‌های مختلف وجود دارد، الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی[1] برای تحقق هدف پژوهش، الگوی مناسبی به نظر می‌رسد. استفاده از این الگو از دیگر وجوه تمایز پژوهش حاضر است.

در رگرسیون انتقال ملایم پانلی که فرم تعدیل‌یافته الگوهای آستانه‌ای پانل است، مشاهدات براساس مقدار متغیر آستانه به دو یا چند رژیم تقسیم می‌شوند. در این الگو، نحوه اثرگذاری مشاهدات قبل و بعد از مقدار آستانه با تغییرات قابل‌توجهی همراه است. تفاوت اصلی این الگو با الگوهای آستانه‌ای پانل، استفاده از تابع انتقال است. شیب تابع انتقال سرعت تعدیل و تغییر ضرایب رگرسیون در جابه‌جایی بین رژیم‌ها را تعیین می‌کند (خاکی و همکاران، ۱۴۰۰). از دیگر مزایای این الگو، امکان انتقال ملایم بین رژیم‌های مختلف است (غردالو[2]، ۲۰۲۲). این ویژگی امکان بررسی نامتقارن بودن اثرات کارآفرینی و ردپای اکولوژیکی بر سازگاری با تغییر اقلیم را در طول زمان و بین کشورهای مختلف فراهم می‌کند. در این پژوهش، اثرات آستانه‌ای شاخص کارآفرینی و ردپای اکولوژیکی بر سازگاری با تغییر اقلیم در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد، با استفاده از الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۸ بررسی می‌شود.

۳. پیشینه پژوهش

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد تاکنون مطالعات معدودی در رابطه با کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و تغییر اقلیم صورت گرفته است. در ادامه مطالعاتی که بیشترین ارتباط را با موضوع مورد مطالعه دارند، آورده شده است.

در مطالعه شبکه توسعه کارآفرینان آسپن (۲۰۲۱)، با عنوان «کارآفرینی اقلیم در اقتصادهای در حال توسعه: حمایت از کارآفرینان در مقابله با تغییرات اقلیمی»، یک مرور کلی از ادبیات فعلی در مورد تلاقی کارآفرینان و تأثیر اقلیمی در ابعاد مختلف کارآفرینی و تغییرات اقلیمی و همچنین فراخوانی آن‌ها برای آموزش، اقدام و چگونگی مواجهه با تغییر اقلیم در نظر گرفته شده است.

1. Panel Smooth Transition Regression
2. Ghardallou

ژانگ و همکاران[1] (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای تحت عنوان «اکولوژی و محیط زیست کمربند و جاده تحت تغییرات اقلیمی جهانی: بررسی نظام‌مند الگوهای فضایی، کارایی هزینه و ردپای اکولوژیکی»، با توجه به اینکه طرح کمربند و جاده نقش اساسی در تقویت اقتصاد جهان دارد و از طرفی بخش اصلی کمربند و جاده در مناطق اکولوژیکی شکننده خشک، نیمه‌خشک یا نیمه‌مرطوب است که با تغییرات اقلیمی جهانی و تشدید فعالیت‌های انسانی، در آینده با چالش‌های زیست‌محیطی مبرم زیادی مواجه خواهد شد؛ تحقیقات زیست‌محیطی مرتبط با طرح را در قالب الگوهای فضایی و شناخت، کارایی و ارزیابی هزینه، امنیت و ارزیابی اکولوژیکی، ردپای اکولوژیکی و ظرفیت برداشت زمین را به صورت خلاصه بیان می‌کند.

یونسکو و همکاران[2] (۲۰۲۰)، توانمندی نوآوری و کارآفرینی در کشورهای اتحادیه اروپا در زمینهٔ توسعه پایدار را با استفاده از تجزیه‌وتحلیل خوشه‌بندی سلسه‌مراتبی در ۲۷ کشور برای سال ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج اصلی نشان داد که کشورهای با عملکرد بالا از نظر توانمندی نوآوری و کارآفرینی، بایستی اطلاعات مرتبط برای سیاست‌گذاران، مجریان تجارت، سازمان‌های غیردولتی و دانشگاهیان ارائه دهند تا الگوهای عملکرد خوب را در کشورهایی با عملکرد پایین‌تر از بهینه تطبیق داده و پیاده‌سازی کنند تا از آن‌ها برای بهبود توانمندی نوآوری و کارآفرینی حمایت کنند.

امبری و همکاران[3] (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای با عنوان «تغییر اقلیم و کارآفرینی»، کارآفرینی (اقتصادی، اجتماعی، نهادی و محیطی) را به‌عنوان روشی اغلب نادیده گرفته‌شده و در عین حال امیدوارکننده برای رسیدگی به تغییرات اقلیمی ناشی از انسان مورد بحث قرار داده‌اند؛ و با دسته‌بندی علل و تأثیرات تغییرات اقلیمی ناشی از انسان به موارد زیر پرداخته‌اند: ۱) اثرات اکولوژیکی که شامل آب‌وهوا، اقلیم و پیامدهای زیست‌محیطی است؛ ۲) تأثیرات اجتماعی که هم شامل مسائل اقتصادی و هم مهاجرت جمعیت است؛ و ۳) تأثیرات سلامتی انسان که شامل علائم جسمی و روانی است.

دی‌بلوک و همکاران[4] (۲۰۱۹)، مطالعه‌ای با عنوان «شکل دادن به شرایط برای کارآفرینی در سازگاری با تغییرات اقلیمی: مطالعه موردی یک ترتیبات حکمرانی در حال ظهور در

1. Zhang et al.
2. Ionescu et al.
3. Embry et al.
4. de Block et al.

هلند»، به روش توصیفی انجام داده‌اند. یافته‌ها نشان داده است که رویکردهای سازگاری با تغییرات اقلیمی مستلزم تلاش‌های مداوم بر سر شرایطی است که موفقیت کارآفرینی را ممکن می‌سازد.

بلچاکوا و همکاران[1] (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای با عنوان «ردپای اکولوژیکی در رابطه با استراتژی تغییر اقلیم در شهرها»، به تشریح مبانی نظری، مفروضات و نتایج عملی پیامدهای تغییر اقلیم در شهرهای براتیسلاوا و نیترا (اسلواکی)، توانمندی کاهش اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی پرداخته است و اطلاعاتی را برای عموم و افراد حرفه‌ای در مورد مفروضات نظری در محاسبه ردپای اکولوژیکی ارائه داده است.

هال و همکاران[2] (۲۰۱۰)، در مطالعه‌ای با عنوان «توسعه پایدار و کارآفرینی: مشارکت‌های گذشته و جهت‌گیری‌های آینده» که به صورت مروری انجام شده است کارآفرینی به مثابه کانال اساسی محصولات و روندهای ثابت شناسایی و سرمایه‌گذاری‌های جدید به‌عنوان نوشدارویی برای بسیاری از نگرانی‌های اجتماعی و زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است.

٤. روش پژوهش

با گسترش روش‌های اقتصادسنجی پانلی، نیاز به الگوهایی که بتوانند تغییرات ساختاری و ناهمگنی میان واحدهای مقطعی و زمانی را به صورت پویا شناسایی کنند، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. الگوهای سنتی اثرات ثابت و تصادفی، اگرچه تا حدی این ناهمگنی را کنترل می‌کنند؛ اما قادر به تغییرات غیرخطی و انتقال تدریجی بین رژیم‌های مختلف نیستند (هسیائو[3]، ۲۰۲۲). در این راستا الگوی رگرسیون آستانه‌ای پانلی که توسط هنسن[4] (۱۹۹۹) ارائه شده است، گام اولیه‌ای در جهت الگوسازی تغییرات رژیمی بودند. با این حال، این الگوها به دلیل ماهیت گسسته‌شان، در نقاط آستانه با تغییرات ناگهانی و غیرواقعی مواجه بودند. به‌گونه‌ای که داده‌های بسیار نزدیک به مقدار آستانه به دلیل اختلاف ناچیز، در دو گروه مجزا قرار می‌گیرند که چگونگی تأثیرگذاری آن‌ها با یک جهش بسیار بزرگ همراه است (چیو و شان[5]، ۲۰۱۱)؛ ازاین‌رو، به منظور رفع این

1. Belčáková et al.
2. Hall et al.
3. Hsiao
4. Hansen
5. Chiou & SHAN

محدودیت، فوک و همکاران[1] (۲۰۰۵)، الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی را ارائه نمودند که با استفاده از توابع انتقال پیوسته، تغییرات تدریجی بین رژیم‌ها را الگو می‌کند و کولیتاز و هارولین[2] (۲۰۰۶) و گونزولز و همکاران[3] (۲۰۰۵) نیز در تکمیل و توسعه آن تلاش نموده‌اند. این الگو به‌ویژه در مطالعات محیط‌زیستی و اقتصادی که در آن‌ها روابط غیرخطی و وابسته به آستانه‌های پیوسته وجود دارد، کاربرد گسترده‌ای یافته است (گونزالس و همکاران[4]، ۲۰۱۷).

این الگو به‌عنوان الگوی توسعه‌یافته رگرسیون آستانه‌ای پانلی با در نظر گرفتن تابع انتقال از عالی‌ترین الگوهای تغییر رژیمی[5] دارای مشخصات و ویژگی‌های فراوانی است. به‌گونه‌ای که این الگو با انعطاف‌پذیری بسیار بالا، نه‌تنها تابع محدودکننده و خاصی را بر ارتباط بین متغیرها تحمیل نمی‌کند، حتی احتمال وجود رابطه غیرخطی بین متغیرها را با تابع انتقال و براساس داده‌های متغیر آستانه با روش‌های پیوسته الگوسازی می‌نماید. این الگو به ضرایب برآوردشده اجازه می‌دهد تا در طول زمان و برای کشورهای مختلف تغییر نماید که راه‌حل مناسبی برای غلبه بر مشکل ناهمگنی عامل‌های برآوردی است. این الگو در حالت کلی به فرم معادله (۱) معرفی می‌گردد:

$$y_t = \acute{\pi} w_t + \left(\acute{\theta} w_t\right) + G(q_{it}; \gamma . c), \qquad (۱)$$

که در آن

$$,w_t = (1. y_{t-1}. \dots . y_{t-p^1}. x_t. x_{t-1}. \dots . x_{t-p^2})$$

y_t متغیر درون‌زا، x_t متغیرهای برون‌زا، θ و π بردارهای عامل‌ها و q_t متغیر انتقال است که با تغییر آن ضرایب متغیرهای برآوردی نیز تغییر می‌نماید. بر مبنای مطالعات کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶)، متغیر انتقال می‌تواند از بین متغیرهای برون‌زا، وقفه متغیر درون‌زا، یا هر متغیر دیگری خارج از الگو که از لحاظ مبانی نظری در ارتباط با الگوی مورد پژوهش بوده و عامل ایجادکننده رابطه غیرخطی باشد، انتخاب شود. تابع $G(q_{it}; \gamma, c)$ بیانگر تابع انتقال است که مقدار آن بین صفر و یک قابل تغییر است؛ ازاین‌رو، ضرایب در الگوی رگرسیون

1. Fok et al.
2. Colletaz and Hurlin
3. Gonzulez et al.
4. Gonzalez et al.
5. Regim Switching

انتقال ملایم پانلی بین π و π + θ نوسان خواهد داشت. تابع انتقال شامل عامل شیب[1] γ و عامل موقعیت[2] c است. عامل شیب، سرعت انتقال بین دو الگوی حدی و عامل موقعیت، حد آستانه[3] بین رژیم‌ها را مشخص خواهد کرد. مقدار متغیر انتقال و تابع انتقال $G(0)$، الگوی حاکم در دوره t را معین خواهد کرد.

به منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه در چارچوب الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی، یک الگوی دو رژیمی با یک تابع انتقال به فرم رابطه (۲) تصریح می‌شود:

$$y_{it} = \mu_i + \acute{\beta}_0 x_{it} + \acute{\beta}_1 x_{it} G(q_{it}; \gamma. c) + u_{it}, \qquad (۲)$$

که در آن $i = 1, \dots, N$ بیانگر مقاطع، $t = 1, \dots, T$ بیانگر طول دوره زمانی است و y_t متغیرهای درون‌زا، x_{it} متغیرهای برون‌زا، μ_i اثرت ثابت و u_{it} جمله خطا را با فرض $u_{it} \sim N(0, \sigma_e^2)$ نشان می‌دهد. همچنین $G(q_{it}; \gamma, c)$ بیانگر تابع انتقال است که به پیروی از گونزولز و همکاران (۲۰۰۵) به فرم رابطه (۳) تصریح می‌شود:

$$G(q_{it}; \gamma. c) = \left[1 + \exp\left(-\gamma \prod_{j=1}^{m} (q_{it} - c_j)\right)\right]^{-1}. \gamma > 0, \qquad (۳)$$

در تابع لاجستیک رابطه (۳)، q_{it} بیانگر متغیر انتقال و γ عامل شیب است که بیانگر سرعت تعدیل بین رژیم‌ها است و $c = c_1, \dots, c_m$ نیز بیانگر عامل‌های حد آستانه‌ای یا برداری از مکان‌های تغییر رژیم است.

در تخمین الگو معمولاً دو حالت $m = 1$ $(LSTR_1)$ و $m = 2$ $(LSTR_2)$ در نظر گرفته می‌شود. در حالت $m = 1$ عامل‌های $\pi + \theta G(q_{it}; \gamma, c)$ به صورت تابعی یکنوا[4] از q_{it}، بین πو π + θ تغییر می‌یابند. در حالت $m = 2$ عامل‌های $\pi + \theta G(q_{it}; \gamma, c)$ به صورت متقارن[5] حول مقدار میانی $\frac{c_1 + c_2}{2}$ تغییر می‌یابد.

نظر به اینکه، تابع انتقال معمولاً دارای یک یا دو حد آستانه‌ای $(m = 2)$ و $(m = 1)$ است، ویژگی پیوسته و کراندار بودن آن که بین صفر و یک است بررسی می‌گردد. در حالت $m = 1$، یک تابع انتقال با دو رژیم حدی وجود دارد که با میل کردن عامل شیب به

1. Slope Parameter
2. Location Parameter
3. Threshold
4. Monotonic Function
5. Semmetric

سمت بی‌نهایت، در صورتی که $q_{it} > c$ باشد مقدار عددی تابع انتقال یک $G = 1$ و در صورتی که $q_{it} c$ باشد، مقدار عددی تابع انتقال صفر $G = 0$ است. در حالت $m = 2$، با میل کردن عامل شیب به سمت بی‌نهایت یک تابع انتقال سه رژیمی ایجاد خواهد شد که دو رژیم بیرونی آن مشابه و متفاوت از رژیم میانی است و برای مقادیر کوچک‌تر و بزرگ‌تر از متغیر انتقال، مقدار عددی تابع انتقال یک $G = 1$ و در غیر این صورت مقدار عددی آن صفر $G = 0$ خواهد بود. با میل کردن عامل شیب یا سرعت انتقال میان‌رژیمی به سمت صفر، الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی به یک الگوی خطی با اثرات ثابت تبدیل خواهد شد.

بنا به مطالب مذکور، روابط زیر برای تابع انتقال برقرار است:

$$G(q_{it};\gamma.c) = \begin{cases} 1 & if\, q_{it} \geq 0. \\ 0 & otherwis \end{cases} \quad (۴)$$

شکل تعمیم‌یافته الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی با بیش از یک تابع انتقال به فرم رابطه (۵) است:

$$,y_{it} = \mu_i + \hat{\beta}_0 x_{it} + \sum_{j=1}^{r}[\hat{\beta}_1 x_{it}]\, G_j(q_{it}^{j};\gamma.c) + u_{it} \quad (۵)$$

که در آن r تعداد توابع انتقال و بیانگر رفتار غیرخطی است. الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی با حذف اثرات ثابت از طریق نادیده گرفتن میانگین‌های انفرادی و استفاده از روش حداقل مربعات غیرخطی[1] که معادل برآوردگر حداکثر درستنمایی[2] است، تخمین‌زده خواهد شد. در ادامه مراحل لازم به منظور تخمین الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی توضیح داده خواهد شد.

الف) آزمون وجود و عدم وجود رابطه خطی باقیمانده‌ها

پیرو مطالعات فوک و همکاران (۲۰۰۵)، گونزولز و همکاران (۲۰۰۵)، کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶) و جودی[3] (۲۰۱۰) به منظور تصریح الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی، بایستی آزمون خطی بودن را در مقابل الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی انجام داد و در صورت رد فرضیه صفر و خطی بودن ارتباط بین متغیرها، تعداد توابع انتقال لازم به منظور تشریح رفتار غیرخطی بین متغیرها انجام گردد.

1. Non-Linear Least Squares
2. Maximum Likelihood
3. Jude

بنابراین، به منظور آزمون خطی بودن لازم است متغیر انتقال مشخص شود. انتخاب متغیر انتقال نه‌تنها در آزمون خطی بودن بلکه در تعیین نوع الگو و برآورد نهایی اهمیت بسیار بالایی خواهد داشت. بدین‌منظور تسای[1] (۱۹۸۹) و تراسویرتا[2] (۱۹۹۴) بیان می‌کنند که به منظور انتخاب متغیر انتقال مناسب، لازم است آزمون خطی بودن الگو برای همهٔ متغیرهای بالقوه انجام و سپس متغیری انتخاب شود که آماره آزمون خطی مرتبط به آن در میان سایر متغیرها حداقل باشد.

آزمون غیرخطی بودن الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی می‌تواند با آزمون فرضیه $H_0:\gamma = 0$ و یا $H_0:\beta_1 = 0$ انجام گیرد؛ اما ازآنجایی‌که الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی تحت فرضیه صفر دارای عامل‌های نامعین است، آماره‌های آزمون دو فرضیه مذکور غیراستاندارد هستند؛ بنابراین، جایگزین نمودن تابع انتقال با تقریب سری تیلور[3] حول $\gamma = 0$ و درنهایت آزمون یک فرضیه معادل در رگرسیون کمکی[4] به‌عنوان راه‌حلی به منظور غلبه بر این مشکل مطرح می‌گردد (گونزولز و همکاران، ۲۰۰۵). سری تیلور برای یک الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی با تعداد n حد آستانه به فرم رابطه (۶) است:

$$y_{it} = \mu_i + \beta_0 x_{it} + \beta_1 x_{it} q_{it} + \cdots + \beta_m x_{it} q_{it}^m + u_{it} \quad (۶)$$

با عنایت به تقریب سری تیلور در رابطه فوق، آزمون خطی بودن الگو به‌وسیله آزمون فرضیه $H_0:\beta_1 = \cdots = \beta_m = 0$ در برابر $H_0:\beta_1 \neq \cdots \neq \beta_m = 0$ انجام می‌گیرد. بنابراین؛ کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶) آماره‌های ضریب لاگرانژ والد[5] ضریب لاگرانژ فیشر[6] و نسبت درستنمایی[7] را جهت آزمون فرضیه خطی بودن الگو پیشنهاد کردند.

$$LM_W = \frac{TN(SSR_0 - SSR_1)}{SSR_0} \quad (۷)$$

$$LM_F = \frac{[(SSR_0 - SSR_1)/Km]}{[SSR_0/(TN - N - mK)]} \quad (۸)$$

$$LR = -2[\log\ (SSR_1) - \log(SSR_0)] \quad (۹)$$

1. Tsay
2. Terasvirta
3. The Taylor Series Approximation
4. Auxiliary Regression
5. Wald Lagrange Multiplier
6. Fisher Lagrange Multiplier
7. Likelihood Ratio

که در روابط مذکور، SSR_0 جمع مربعات باقیمانده الگوی خطی و SR_1 جمع مربعات باقیمانده غیرخطی الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی است. N تعداد مقاطع، T دوره زمانی، K تعداد متغیرهای مستقل و m بیانگر تعداد حدهای آستانه هستند. در صورتی که رابطه غیرخطی بین متغیرها تأیید گردد، سپس آزمون عدم وجود رابطه غیرخطی باقیمانده‌ها به منظور مشخص نمودن تعداد توابع انتقال برای تصریح الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی انجام می‌شود. در آزمون عدم وجود رابطه غیرخطی باقیمانده‌ها، فرضیه وجود یک تابع انتقال در برابر فرضیه وجود حداقل دو تابع انتقال آزمون می‌شود. انجام این آزمون مشابه آزمون خطی بودن است، با این اختلاف که در این آزمون تابع انتقال دوم به فرم تقریب سری تیلور در رابطه (۱۰) ارائه می‌گردد:

$$y_{it} = \mu_i + \beta_0 x_{it} + \beta_1 x_{it} G\left(q_{it}^{(1)}.\gamma.c\right) + \beta_{21} x_{it} q_{it}^{(2)} + \cdots + \beta_{2m} x_{it} q_{it}^{(2)m} + u_{it} \quad (۱۰)$$

آزمون عدم وجود رابطه غیرخطی باقیمانده توسط آزمون $H_0: \beta_{21} = \cdots = \beta_{2m} = 0$ در مقابل فرضیه $H_0: \beta_{21} \neq \cdots \neq \beta_{2m} = 0$ انجام می‌شود. در صورتی که فرضیه صفر رد شود، حداقل دو تابع انتقال به منظور تصریح الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی مورد نیاز است، در ادامه باید فرضیه وجود دو تابع انتقال در برابر فرضیه وجود حداقل سه تابع انتقال مورد آزمون قرار گیرد. این فرآیند تا جایی ادامه می‌یابد که فرضیه صفر پذیرفته شود. در نهایت تعداد توابع انتقال و تعداد رژیم‌ها تعیین خواهد شد.

ب) انتخاب تعداد مکان‌های آستانه‌ای

پس از تعیین کافی بودن لحاظ یک تابع انتقال به منظور توضیح رابطه غیرخطی بین متغیرها، در مرحله بعدی باید تعداد موقعیت‌های مناسب تغییر رژیم مشخص گردد؛ ازاین‌رو، به پیروی از کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶) و جودی (۲۰۱۰)، دو الگو با یک یا دو حد آستانه‌ای برآورد شده و برای هرکدام از آن‌ها، مجموع مجذور باقیمانده‌ها[1]، معیار شوارتز[2] و معیار آکائیک[3] محاسبه می‌شود.

$$,AIC = \left({}^{RSS}/_{n}\right)exp^{{}^{2k}/_{n}}\ BIC = \left({}^{RSS}/_{n}\right)exp^{{}^{k}/_{n}} \quad (۱۱)$$

1. Sum of Squared Residuals
2. Schwartz Criterion
3. Akaike Information Criterion (AIC)

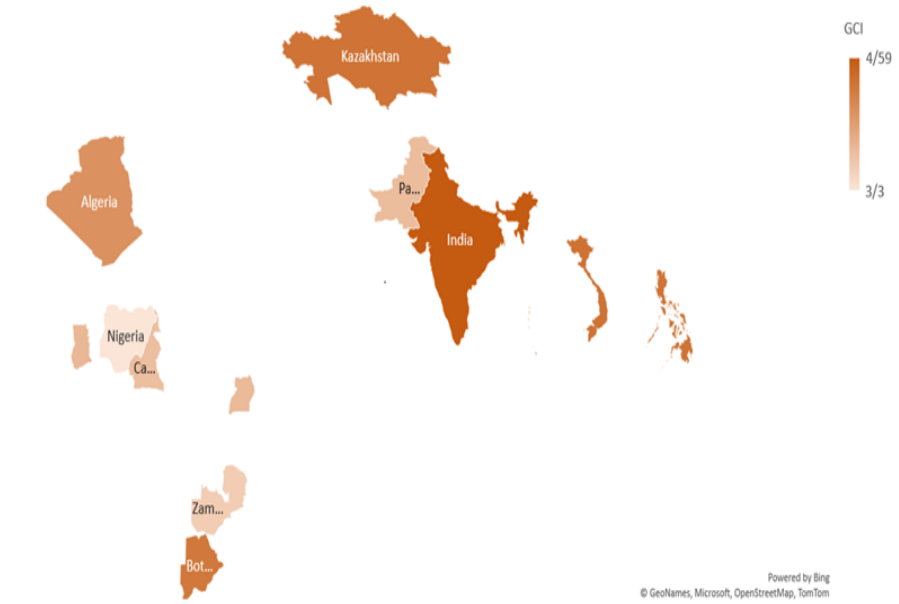
به‌طور معمول، این دو معیار نتایج یکسانی ارائه می‌دهند که در صورت تضاد، معیار شوارتز مورد استفاده قرار می‌گیرد (جودی، ۲۰۱۰)؛ زیرا به‌طور معمول برای داده‌های با تعداد کم، الگوی خلاصه‌تری را تعیین می‌کند.[۱]

گفتنی است داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از سایت‌های دانشگاه نوتردام[۲]، مؤسسه جهانی کارآفرینی و توسعه[۳]، شبکه جهانی ردپا، مؤسسه لگاتوم[۴] و بانک جهانی گردآوری شده است. همچنین کشورهای مورد مطالعه (کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد) شامل ۵۲ کشور در سه گروه منبع‌محور (کامرون، غنا، هند، پاکستان، اوگاندا، زامبیا، الجزایر، بوتسوانا، قزاقستان، نیجریه، فیلیپین، ویتنام)، کارایی‌محور (برزیل، کلمبیا، اکوادور، مصر، گواتمالا، جامائیکا، ایران، مالزی، مکزیک، پاناما، پرو، روسیه، اسلواکی، آفریقای جنوبی، تایلند، ترکیه، شیلی، کرواسی، مجارستان، لاتویا، لهستان، رومانی و اروگوئه) و نوآوری‌محور (بلژیک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، اسرائیل، ایتالیا، کره جنوبی، هلند، نروژ، پرتغال، اسلوونی، اسپانیا، سوئد، سوئیس، انگلیس و آمریکا) هستند (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴).

شکل ۱. کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد

۱. به منظور اجتناب از اطاله کلام و مشاهده توضیحات بیشتر، پیشنهاد می‌گردد برای آشنایی کامل با الگوی انتقال ملایم پانلی به مقالات فوک و همکاران (۲۰۰۵)، گونزولز و همکاران (۲۰۰۵) و کولیتاز و هورلین (۲۰۰۶) مراجعه گردد.

2. University of Notre Dame
3. Global Entrepreneurship and Development Institute
4. Legtum Institute



شکل ۲. کشورهای منبع‌محور

شکل ۳. کشورهای کارایی‌محور

شکل ٤. کشورهای نوآوری‌محور

ج) برآورد الگو

الگوی اقتصادسنجی به کار گرفته شده در این پژوهش برگرفته از الگوی گونزولز و همکاران (۲۰۰۵) به فرم رابطه (۱۲) است:

$$CLIM_{it} = \beta_0 ENTR_{it} + \beta_1 EF_{it} + \beta_2 EI_{it} + \beta_3 LEGATUM_{it} + \beta_4 FSI_{it} + G(q_{it};\gamma.c)[\alpha_0 ENTR_{it} + \alpha_1 EF_{it} + \alpha_2 EI_{it} + \alpha_3 LEGATUM_{it} + \alpha_4 FSI_{it}] + u_{it} \quad (۱۲)$$

متغیرهای الگو در رابطه مذکور معرفی شده‌اند. متغیر وابسته، شاخص سازگاری با تغییر اقلیم و متغیرهای مستقل به ترتیب شاخص کارآفرینی و شاخص ردپای اکولوژیکی به‌عنوان متغیرهای انتقال و شاخص شدت مصرف انرژی، شاخص رفاه لگاتوم و شاخص شکنندگی دولت متغیرهای کنترلی هستند.

د) نتایج آزمون مانایی

براساس ادبیات اقتصادسنجی، قبل از هر برآورد و جهت جلوگیری از بروز رگرسیون‌های کاذب ابتدا بایستی مانایی متغیرها را مورد بررسی قرار داد. در صورتی که متغیرهای الگو مانا باشند، برآوردهای حاصل‌شده مشکل رگرسیون ساختگی را نخواهند داشت.

به منظور بررسی مانایی متغیرها از آزمون مانایی پسران[1] استفاده شده است. این آزمون به گونه‌ای طراحی‌شده که آثار وابستگی متغیرها را از بین برده و درستی آزمون مانایی را نتیجه می‌دهد. در این آزمون، فرضیهٔ صفر وجود ریشه واحد است. در صورتی که سطح معنی‌داری (مقدار احتمال) از ۰/۰۵ کمتر باشد به این معنی است که فرضیه صفر رد می‌شود و متغیرهای مورد نظر ایستا هستند. با توجه به نتایج جدول (۱)، متغیرهای ENTR و LEGATUM در سطح ایستا هستند و متغیرهای CLIM، EF، EI و FSI با یک‌بار تفاضل‌گیری ایستا شدند.

جدول ۱. نتایج آزمون مانایی (CIPS) در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد

متغیر	CIPS	نتیجه
CLIM	-۱/۷٤	I(1)
ENTR	-۲/۰۳	I(0)
EF	-۲/۰۹	I(1)
EI	-۲/۳۱	I(1)
LEGATUM	-۱/۷۹	I(0)
FSI	-۱/۹۳	I(1)

مأخذ: یافته‌های پژوهشگر

ه) نتایج آزمون وجود رابطه غیرخطی و تعیین تعداد توابع انتقال

به منظور برآورد الگوی انتقال ملایم آستانه‌ای، بایستی مراحل تصریح، تخمین و ارزیابی بررسی گردد. در مرحله تصریح، آزمون الگوی پانل همگن در برابر الگوی PSTR توسط آزمون‌های ضریب لاگرانژ والد، ضریب لاگرانژ فیشر و نسبت راست‌نمایی توسط کولیتاز و هارولین[2] (۲۰۰۶) انجام می‌گردد. در صورتی که فرضیه وجود رابطه خطی بین متغیرها (تک رژیم) در مقابل دو رژیمی بودن رد شود، استفاده از الگوی انتقال ملایم پانلی تأیید می‌شود. این ارتباط غیرخطی بیانگر یک ناهمگنی است که فقط مختص به مقاطع و زمان ناست و براساس مقدار متغیر انتقال نیز تعیین می‌گردد. نتایج آزمون فرضیه وجود رابطه خطی در مقابل فرضیه رابطه غیرخطی بین متغیرها با لحاظ نمودن متغیرهای کارآفرینی و ردپای اکولوژیکی به‌عنوان متغیر انتقال در جداول (۲) و (۳) به ترتیب نشان داده شده است.

---

۱. این آزمون با استفاده از نرم‌افزار STATA انجام شده است.

2. Colletaz & Hurlin

جدول ۲. آزمون‌های وجود رابطه غیرخطی در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال شاخص ENTR)

	حالت وجود یک حد آستانه‌ای (m=1)			حالت وجود دو حد آستانه‌ای (m=2)		
	LM_W	LM_F	LR	LM_W	LM_F	LR
$\begin{cases}H_0: r=0\\H_1: r=1\end{cases}$	۱۸/۸۱۷ (۰/۰۰۱)	٤/٤١٥ (۰/۰۰۲)	۱۹/۱۰٦ (۰/۰۰۱)	۲۷/۹۳٦ (۰/۰۰۰)	۳/۳۰٤ (۰/۰۰۱)	۲۸/۵۸۰ (۰/۰۰۰)

نکته: r و m به ترتیب بیانگر تعداد توابع انتقال و تعداد مکان‌های آستانه‌ای است. احتمال مربوط به هر آماره نیز داخل پرانتز نشان‌داده شده است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر در نرم‌افزار MATLAB

جدول ۳. آزمون‌های وجود رابطه غیرخطی در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال شاخص EF)

	حالت وجود یک حد آستانه‌ای (m=1)			حالت وجود دو حد آستانه‌ای (m=2)		
	LM_W	LM_F	LR	LM_W	LM_F	LR
$\begin{cases}H_0: r=0\\H_1: r=1\end{cases}$	۲۵/۵۷۸ (۰/۰۰۰)	٦/۰٦۹ (۰/۰۰۰)	۲٦/۱۱۷ (۰/۰۰۰)	٦۰/۹۰۷ (۰/۰۰۰)	۷/٦۲٦ (۰/۰۰۰)	٦٤/۰۸۸ (۰/۰۰۰)

نکته: r و m به ترتیب بیانگر تعداد توابع انتقال و تعداد مکان‌های آستانه‌ای است. احتمال مربوط به هر آماره نیز داخل پرانتز نشان‌داده شده است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر در نرم‌افزار MATLAB

نتایج آزمون‌های انجام‌شده برای هرکدام از متغیرهای انتقال نشان‌دهنده این است که آماره آزمون ضریب لاگرانژ والد، ضریب لاگرانژ فیشر و نسبت درستنمایی از الگوی غیرخطی تبعیت می‌کنند که درواقع بیانگر وجود حداقل یک تابع انتقال در الگو است.

پس از حصول اطمینان از وجود رابطه غیرخطی بین متغیرها، بایستی در مرحله بعدی آزمون ارتباط غیرخطی باقیمانده به منظور تعیین تعداد توابع انتقال بررسی گردد. بدین‌منظور به پیروی از گونزولز و همکاران (۲۰۰۵) و کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶)، فرضیه صفر وجود یک تابع انتقال در مقابل فرضیه وجود حداقل دو تابع انتقال برای یک حد آستانه‌ای و دو حد آستانه‌ای در این الگو آزمون و نتایج آن در جداول (۴) و (۵) ارائه شده است.

جدول ٤. آزمون‌های وجود رابطه غیرخطی باقیمانده در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال شاخص ENTR)

	حالت وجود یک حد آستانه‌ای (m=1)			حالت وجود دو حد آستانه‌ای (m=2)		
	LM_W	LM_F	LR	LM_W	LM_F	LR
$\begin{cases}H_0: r=1\\H_1: r=2\end{cases}$	١٤/٨٣٧ (٠/٠٠٥)	٣/٤١٠ (٠/٠٠٩)	١٥/٠١٧ (٠/٠٠٥)	٢٣/٣٢٤ (٠/٠٠٣)	٢/٦٩٩ (٠/٠٠٦)	٢٣/٧٧١ (٠/٠٠٣)
$\begin{cases}H_0: r=2\\H_1: r=3\end{cases}$	١/٨٩٣ (٠/٧٥٥)	٠/٤٢٣ (٠/٧٩٢)	١/٨٩٦ (٠/٧٥٥)	٧/٧١٨ (٠/٤٦١)	٠/٨٦٤ (٠/٥٤٧)	٧/٧٦٦ (٠/٤٥٧)

نکته: r و m به ترتیب بیانگر تعداد توابع انتقال و تعداد مکان‌های آستانه‌ای است. احتمال مربوط به هر آماره نیز داخل پرانتز نشان‌داده شده است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر در نرم‌افزار MATLAB

جدول ٥. آزمون‌های وجود رابطه غیرخطی باقیمانده در کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال شاخص EF)

	حالت وجود یک حد آستانه‌ای (m=1)			حالت وجود دو حد آستانه‌ای (m=2)		
	LM_W	LM_F	LR	LM_W	LM_F	LR
$\begin{cases}H_0: r=1\\H_1: r=2\end{cases}$	٣/٦٣٥ (٠/٤٥٨)	٠/٨٢٠ (٠/٥١٣)	٣/٦٤٥ (٠/٤٥٦)	٣٠/٢٥٧ (٠/٠٠٠)	٣/٥٤٢ (٠/٠٠١)	٣١/٠١٥ (٠/٠٠٠)
$\begin{cases}H_0: r=2\\H_1: r=3\end{cases}$	–	–	–	٨/٤٨١ (٠/٣٨٨)	٠/٩٥١ (٠/٤٧٤)	٨/٥٣٩ (٠/٣٨٣)

نکته: r و m به ترتیب بیانگر تعداد توابع انتقال و تعداد مکان‌های آستانه‌ای است. احتمال مربوط به هر آماره نیز داخل پرانتز نشان‌داده شده است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر در نرم‌افزار MATLAB

بعد از آزمون غیرخطی بودن و مشخص نمودن دو تابع انتقال می‌بایست تعداد مکان‌های آستانه‌ای به منظور تخمین الگوی نهایی بررسی گردد. بدین‌منظور معیار شوارتز و آکائیک و مقادیر مجموع مجذور باقیمانده‌ها به‌عنوان معیارهایی برای تعیین تعداد مکان‌های آستانه‌ای به منظور تصریح بهتر الگو استخراج می‌گردد. براساس مقادیر سه معیار مذکور که نتایج آن در جداول (۶) و (۷) ارائه شده است، برای هر دو متغیر انتقال، الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی با دو تابع انتقال و دو حد آستانه‌ای جهت بررسی رابطه غیرخطی، الگوی مناسبی است.

جدول ٦. تعیین تعداد مکان‌های آستانه‌ای در یک تابع انتقال کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال شاخص ENTR)

	مجموع مجذور باقیمانده‌ها	معیار آکائیک AIC	معیار شوارتز BIC
m=1	٤٧٥/١١٩	-۰/١٩٤	-۰/۰٨۰
m=2	٤٦٥/٣٤٩	-۰/٢۰٥	-۰/۰٧٧

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم‌افزار MATLAB

جدول ۷. تعیین تعداد مکان‌های آستانه‌ای در یک تابع انتقال کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال شاخص EF)

	مجموع مجذور باقیمانده‌ها	معیار آکائیک AIC	معیار شوارتز BIC
m=1	٤٨٧/٤٨١	-۰/١٩٧	-۰/١٢٦
m=2	٤٤٦/٧۰١	-۰/٢٤٦	-۰/١١٨

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم‌افزار MATLAB

و) نتایج برآورد الگو

پس از تأیید نتایج آزمون‌ها به منظور برآورد الگو با دو تابع انتقال و دو مقدار آستانه‌ای که بیانگر الگو با سه رژیم است به تخمین الگو پرداخته شد. نتایج به دست آمده از برآورد الگوی نهایی در جداول (۸) و (۹) ارائه شده است. گفتنی است که در هر دو حالت برآورد، تقریباً تمام ضرایب متغیرهای مستقل اعم از بخش خطی و غیرخطی معنی‌دار هستند. این نشان می‌دهد که ارتباط بین متغیرهای مورد پژوهش غیرخطی است و با وجود دو مقدار آستانه برای هرکدام از متغیرهای انتقال مشخص می‌گردد.

عامل‌های شیب در این پژوهش نشان‌دهنده سرعت متفاوت انتقال بین رژیم‌هاست. سرعت بالای انتقال برای متغیر کارآفرینی (۲۱/۱۸۷۱ از رژیم اول به دوم) نسبت به ردپای اکولوژیکی (۹/۸۷۲۰) حاکی از حساسیت بیشتر سازگاری با تغییر اقلیم به تغییرات در فعالیت‌های کارآفرینانه است. این نتیجه با نظریه کارآفرینی سبز که توسط گیبس[1] (۲۰۰۶) مطرح‌شده، همسو است که بر نقش تسریع‌کننده کارآفرینی در انتقال به اقتصاد کم‌کربن تأکید دارد.

1. Gibbs

ز) تحلیل رژیم‌ها در حالتی که متغیر انتقال کارآفرینی است

رژیم اول ($ENTR < -۱/۹۹۱۳$):

در این رژیم، تأثیر کارآفرینی بر سازگاری با تغییرات اقلیمی نسبتاً منفی یا خنثی است. این یافته ممکن است نشان‌دهنده مرحله‌ای باشد که فعالیت‌های کارآفرینانه عمدتاً بر اهداف اقتصادی متمرکزند و توجه کمی به ملاحظات محیط‌زیستی دارند. این نتیجه با مطالعه باومگارتنر[1] (۲۰۱۱) در مورد کارآفرینی سنتی که کمترین توجه را به پایداری محیط زیستی دارد، مطابقت دارد.

رژیم دوم ($-۱/۹۹۱۳ \leq ENTR < ۰/۵۶۲۴$):

این رژیم نشان‌دهنده نقطه عطفی است که در آن کارآفرینی شروع به تأثیرگذاری مثبت و معنادار بر سازگاری با تغییر اقلیم می‌کند و به منظور مداخلات سیاستی بسیار حائز اهمیت است. این مرحله احتمالاً مربوط به ظهور کارآفرینی مسئولیت‌پذیر اجتماعی است که در آن بنگاه‌ها به تدریج ملاحظات محیط زیستی را در الگوهای کسب‌وکار خود ادغام می‌کنند (شالتگر و واگنر[2]، ۲۰۱۱).

رژیم سوم ($۰/۵۶۲۴ \leq ENTR$):

در این مرحله، کارآفرینی تأثیر چشمگیری بر بهبود سازگاری با تغییر اقلیم دارد. این نتیجه از نظریه کارآفرینی پایدار حمایت می‌کند که مطابق آن، در سطوح بالای بلوغ کارآفرینی، نوآوری‌های زیست‌محیطی به بخش جدایی‌ناپذیر استراتژی‌های کسب‌وکار تبدیل می‌شوند (دین و مک‌مولن[3]، ۲۰۰۷) و می‌توانند به‌طور چشمگیری به استراتژی‌های سازگاری با تغییر اقلیم کمک نمایند.

ح) تحلیل رژیم‌ها در حالتی که متغیر انتقال ردپای اکولوژیکی است:

رژیم اول ($EF < ۱/۱۴۰۳$):

تأثیر کم ردپای اکولوژیکی در رژیم اول احتمالاً نشان‌دهنده مرحله‌ای از توسعه اقتصادی باشد که در آن فشار بر محیط زیست هنوز به حد آستانه بحرانی نرسیده است. در این رژیم،

1. Baumgartner
2. Schaltegger & Wagner
3. Dean & McMullen

ممکن است مداخلاتی که هدف آن‌ها کاهش ردپای اکولوژیکی باشد، به‌طور ویژه‌ای مفید باشند، چون اثرات منفی بر سازگاری با تغییر اقلیم حداقل است. این نتیجه با نظریه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (گروسمن و کروگر[1]، ۱۹۹۵) همخوانی دارد که پیش‌بینی می‌کند در مراحل اولیه توسعه، رشد اقتصادی تأثیر محدودی بر کیفیت محیط زیست دارد.

رژیم دوم ($۱/۱۴۰۳ \leq EF < ۵/۶۱۰۳$):

این رژیم نشان‌دهنده مرحله‌ای است که در آن رابطه بین ردپای اکولوژیکی و سازگاری اقلیمی به شدت غیرخطی می‌شود و تعامل پیچیده‌تری را نشان می‌دهد که در آن کارآفرینی و اقدامات زیست‌محیطی می‌توانند به‌طور قابل توجهی سازگاری با تغییر اقلیم را تحت تأثیر قرار دهند. این نتیجه ممکن است بازتابی از تله توسعه زیست‌محیطی باشد که در آن کشورها در مرحله انتقال از توسعه اقتصادی سریع به توسعه پایدار قرار دارند (داسگوپتا و همکاران[2]، ۲۰۰۲).

رژیم سوم ($EF \leq ۵/۶۱۰۳$):

در این رژیم، اثرات منفی ردپای اکولوژیکی بالا مشهود است. این نتیجه هشداردهنده با پژوهش‌های راک‌استروم و همکاران (۲۰۰۹) در مورد مرزهای سیاره‌ای همسو است که نشان می‌دهد عبور از آستانه‌های خاص زیست‌محیطی می‌تواند منجر به تخریب بازگشت‌ناپذیر سامانه‌های طبیعی شود و بیانگر این است که استراتژی‌های مؤثر سازگاری با تغییر اقلیم بایستی به شدت به کارآفرینی و نوآوری متکی باشند تا اثرات منفی تخریب محیط‌زیست را کاهش دهند.

1. Grossman & Krueger
2. Dasgupta et al.

جدول ۸. نتایج برآورد الگوی PSTR کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال ENTR)

نتایج برآورد الگو (متغیر انتقال ENTR)			
متغیر	رژیم اول (بخش خطی)	رژیم دوم (بخش غیرخطی)	رژیم سوم (بخش غیرخطی)
EF	−۰/۱۸۲٤ (−۱/۹۹۰۰)	۰/٤۷۹٤ (٤/۳۵۸٦)	−۰/۵۸۵٤ (−۵/۲۳۵۱)
EI	−۸/٦۵۵۹ (−۱/۹۱۸۱)	۱۵/٦۵۳۲ (۲/۲۱٤٦)	−۱۰/۹۱۰٦ (−۱/۳۷۹۱)
LEGATUM	۲/۰٦۱۷ (۳/۵٤۲۷)	−۰/٦۸۰۸ (−۷/۷۳٤۲)	۰/٦۲۵۲ (٦/۹۲٦۸)
FSI	−۰/۳۸٦۷ (−۲/۲۹۲۹)	۰/۱٦٤٤ (۲/۵۹۷۳)	−۰/۰۹۰۳ (−۱/۳۷۹۸)
مکان تغییر رژیم اول: C_1: −۱/۹۹۱۳ مکان تغییر رژیم دوم: C_2: ۰/۵٦۲٤			
عامل شیب رژیم اول: γ_1: ۲۱/۱۸۷۱ عامل شیب رژیم دوم: γ_2: ۷/۱۸۱۸			

نکته: c و γ به ترتیب نشان‌دهنده حد آستانه‌ای و عامل شیب هستند. اعداد داخل پرانتز نیز بیانگر آماره t است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم‌افزار MATLAB

جدول ۹. نتایج برآورد الگوی PSTR کشورهای عضو مجمع جهانی اقتصاد (متغیر انتقال EF)

نتایج برآورد الگو (متغیر انتقال EF)			
متغیر	رژیم اول (بخش خطی)	رژیم دوم (بخش غیرخطی)	رژیم سوم (بخش غیرخطی)
ENTR	۰/۱٦۸٤ (۲/۷۸۹۱)	−۰/۲۲۰۷ (−۲/٦۲۳۳)	−۰/۲۷٦۰ (−۳/۰۵۰٤)
EI	−۸/۹٦۷۵ (−۱/٦۷۵۱)	٤۰/۸۰۲٤ (٦/۵۵۱۸)	−۲۵/۷۸۵٦ (−۲/۸۲۹۲)
LEGATUM	۱/٦۸۱٦ (۳/۱٤٤۹)	−۰/۲۵۲٦ (−۵/۹۷۸۰)	−۰/۱۹٤۰ (−۱/۳۱۲۱)
FSI	−۰/۳۷۹۷ (−۱/۹٤۷۳)	۰/۰٤۲۲ (۱/۰۳۰۸)	۰/۱۲۹۲ (۰/۵۷۳۳)
مکان تغییر رژیم اول: C_1: ۱/۱٤۰۳ مکان تغییر رژیم دوم: C_2: ۵/٦۱۰۳			
عامل شیب رژیم اول: γ_1: ۹/۸۷۲۰ عامل شیب رژیم دوم: γ_2: ۰/۰۰۰			

نکته: c و γ به ترتیب نشان‌دهنده حد آستانه‌ای و عامل شیب هستند. اعداد داخل پرانتز نیز بیانگر آماره t است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر از نرم‌افزار MATLAB

با عنایت به اینکه ضرایب همهٔ متغیرها در کشورهای مختلف براساس عامل شیب و متغیر انتقال تغییر می‌نماید و در طول زمان ثابت نیست، به‌طور مستقیم به تفسیر مقادیر عددی ضرایب ارائه شده در جدول نمی‌توان پرداخت، بنابراین به منظور بیان نتایج برآورد تنها به علائم و تغییرات آن‌ها اشاره می‌گردد (گونزولز و همکاران، ۲۰۰۵). به منظور ارائه درک بهتری از نتایج، برای هر دو متغیر انتقال سه رژیم موجود بررسی می‌گردد؛ بنابراین، برای متغیر انتقال کارآفرینی می‌توان بیان کرد رژیم حدی اول، حالتی است که عامل شیب به سمت بی‌نهایت میل می‌نماید و مقدار متغیر آستانه کارآفرینی از مقدار حد آستانه اول کمتر است. در این صورت تابع انتقال، مقدار عددی صفر را می‌گیرد و به فرم رابطه (۱۳) است.

$$CLIM_{it} = \mu_i - 0.1824\, EF_{it} - 8.6559\, EI_{it} + 2.0617\, LEGATUM_{it} - 0.3867\, FSI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۳)$$

در رژیم دوم نیز عامل شیب به سمت بی‌نهایت متمایل است و مقدار متغیر آستانه کارآفرینی بزرگ‌تر یا مساوی مقدار حد آستانه اول و کوچک‌تر از حد آستانه دوم است. در این صورت تابع انتقال، مقدار عددی بین صفر و یک را به خود می‌گیرد. رژیم دوم نیز به فرم رابطه (۱۴) است.

$$CLIM_{it} = \mu_i + 0.297\, EF_{it} + 6.9973\, EI_{it} + 1.3809\, LEGATUM_{it} - 0.2223\, FSI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۴)$$

در رژیم حدی سوم عامل شیب به سمت بی‌نهایت میل می‌نماید و مقدار متغیر آستانه کارآفرینی کوچک‌تر یا مساوی مقدار حد آستانه دوم است. در این صورت تابع انتقال، مقدار عددی یک را به خود می‌گیرد. رژیم سوم نیز به فرم رابطه (۱۵) است.

$$CLIM_{it} = \mu_i - 0.2884\, EF_{it} - 3.9133\, EI_{it} + 2.0061\, LEGATUM_{it} - 0.3126\, FSI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۵)$$

همچنین نتایج حاصل‌شده از سه رژیم موجود برای متغیر انتقال ردپای اکولوژیکی بیانگر آن است که رژیم حدی اول، حالتی است که عامل شیب به سمت بی‌نهایت میل می‌نماید و مقدار متغیر آستانه ردپای اکولوژیکی از مقدار حد آستانه اول کمتر است. در این صورت تابع انتقال، مقدار عددی صفر را می‌گیرد و به فرم رابطه (۱۶) است.

$$CLIM_{it} = \mu_i + 0.1684\, ENTR_{it} - 8.9675\, EI_{it} + 1.6816\, LEGATUM_{it} - 0.3797 FSI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۶)$$

در رژیم دوم نیز عامل شیب به سمت بی‌نهایت متمایل است و مقدار متغیر آستانه ردپای اکولوژیکی بزرگ‌تر یا مساوی مقدار حد آستانه اول و کوچک‌تر از حد آستانه دوم است. در این صورت تابع انتقال، مقدار عددی بین صفر و یک را به خود می‌گیرد. رژیم دوم نیز به فرم رابطه (۱۷) است.

$$CLIM_{it} = \mu_i - 0.0523\, ENTR_{it} + 31.8349\, EI_{it} + 1.429\, LEGATUM_{it} - 0.3375 FSI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۷)$$

در رژیم حدی سوم عامل شیب به سمت بی‌نهایت میل می‌نماید و مقدار متغیر آستانه ردپای اکولوژیکی کوچک‌تر یا مساوی مقدار حد آستانه دوم است. در این صورت تابع انتقال، مقدار عددی یک را به خود می‌گیرد. رژیم سوم نیز به فرم رابطه (۱۸) است.

$$CLIM_{it} = \mu_i - 0.3283\, ENTR_{it} + 6.0493\, EI_{it} + 1.235\, LEGATUM_{it} - 0.2083 FSI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۸)$$

درنهایت، با استفاده از قانون اکثریت، تقریباً تمامی کشورهای مورد پژوهش در رژیم دوم (کارایی‌محور) قرار می‌گیرند. این طبقه‌بندی نشان می‌دهد که این کشورها درک کرده‌اند که نیاز به ادغام پایداری در الگوهای رشد آن‌ها وجود دارد. این امر می‌تواند سیاست‌هایی را تقویت نماید که انرژی سبز، کارآفرینی پایدار و شیوه‌های دوستدار محیط زیست را تشویق کنند. طبقه‌بندی مشترک نشان می‌دهد که این کشورها عناصر اساسی لازم را برای حرکت بالقوه به سمت رژیم نوآوری‌محور دارند. تشویق به توسعه فناوری‌های جدید مبتنی بر فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند بهبودهای قابل توجهی در سازگاری با تغییر اقلیم ایجاد کند. استفاده از قانون اکثریت در سیستم طبقه‌بندی، رویکردی عملی ارائه می‌دهد. اگر شاخص‌های کارآفرینی و ردپای اکولوژیکی یک کشور در چندین سال آن را عمدتاً در رژیم کارایی‌محور قرار دهد، این نشان‌دهنده پایداری در تلاش‌ها برای سازگاری با تغییر اقلیم است که می‌تواند امیدوارکننده باشد.

۵. نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم اثرات نامطلوب بسیاری در تمام سطح جهان به همراه دارد. از خطرات طبیعی گرفته تا تهدید امنیت غذایی، سلامت و توسعه کلی ازجمله این موارد هستند. در این پژوهش ارتباط بین کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییر اقلیم در کشورهای عضو

مجمع جهانی اقتصاد مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی این موضوع از الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی استفاده شده است. دوره زمانی مورد پژوهش سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ است. در این راستا اثرات غیرخطی شاخص کارآفرینی و شاخص ردپای اکولوژیکی بر شاخص سازگاری با تغییر اقلیم بررسی شده است.

با توجه به نقش مثبت کارآفرینی در سطوح بالاتر، سیاست‌گذاران باید مشوق‌هایی برای انتقال بنگاه‌ها از کارآفرینی سنتی به کارآفرینی پایدار طراحی کنند. این می‌تواند شامل حمایت از نوآوری‌های سبز، مالیات‌های زیست‌محیطی و نظام‌های صدور مجوز باشد. یافته‌ها نشان می‌دهند که مدیریت ردپای اکولوژیکی باید متناسب با سطح توسعه کشورها باشد. بدین‌صورت که در مراحل اولیه، تمرکز باید بر پیشگیری از افزایش ردپا باشد، درحالی‌که در مراحل پیشرفته، کاهش ردپای موجود اولویت دارد. همچنین، با توجه به قرارگیری اکثر کشورها در رژیم دوم، سیاست‌های کارایی‌محور مانند بهبود بهره‌وری انرژی و ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند مؤثرترین راهبرد باشد.

نتایج برآورد الگو نشان می‌دهد بالا بودن شاخص کارآفرینی منجر به سازگاری بیشتری در برابر تغییر اقلیم می‌شود؛ و بیانگر این است که فعالیت‌های کارآفرینی نوآورانه و پایدار می‌توانند به‌طور چشمگیری به استراتژی‌های سازگاری با تغییر اقلیم کمک نمایند. این پژوهش به‌طور قانع‌کننده‌ای نشان می‌دهد که رابطه بین کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییر اقلیم نه‌تنها پیچیده و غیرخطی است، بلکه به سطوح آستانه‌ای وابسته است. یافته‌ها از نیاز به سیاست‌های متفاوت در مراحل مختلف توسعه حمایت می‌کنند و بر اهمیت ادغام ملاحظات کارآفرینی و زیست‌محیطی در استراتژی‌های سازگاری با تغییر اقلیم تأکید دارند. به گونه‌ای که استراتژی‌های مؤثر سازگاری با تغییر اقلیم بایستی به شدت به کارآفرینی و نوآوری متکی باشند تا اثرات منفی تخریب محیط زیست را کاهش دهند.

٦. تعارض منافع

مقاله تعارض منافع ندارد.

۷. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از داوران گران‌قدر و همکاران مجله کمال تشکر و قدردانی را دارند.

ORCID

Zahra Ranjbarian https://orcid.org/0009-0001-6307-9786
Mahdi Khodaparast Mashhadi https://orcid.org/0000-0003-2670-8720
Masoud Homayounifar https://orcid.org/0000-0003-1475-7832
Narges Salehnia https://orcid.org/0000-0002-7505-5335
Mohammad Esmael Samei https://orcid.org/0000-0002-5450-3127

۸. منابع

اکبری، محمدرضا؛ رضوان‌فر، احمد و علم‌بیگی، امیر. (۱۳۹۵). تحلیل رفتار کارآفرینانه کشاورزان در مواجهه با تغییر اقلیم (شواهدی از بخش‌های کام‌فیروز و کر استان فارس). *توسعه کارآفرینی*، ۹ (۳)، ۴۱۴-۳۹۷

خاکی، نرگس؛ خورسندی، مرتضی؛ محمدی، تیمور؛ فریدزاد، علی و عزیزی، زهرا. (۱۴۰۰). تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای منتخب صادرکننده نفت: رویکرد الگوی رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR). *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۱۰ (۳۹)، ۱۲۵-۹۹

عسکری، حشمت‌الله و جهانگیری، صفورا. (۱۴۰۰). بررسی علیت متقابل تغییر اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران با روش تودا ـ یاماموتو. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۱ (۴)، ۱۰۵-۹۱

References

Adger, W. N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in development studies*, 3(3), 179-195.

Akbari, M., Rezvani, A., & Alambeigi, A. (2016). Analysis of farmers' entrepreneurial behavior in facing climate change (Evidence from Kamfiruz and Kor regions in Fars province). *Journal of Entrepreneurship Development*, 9(3), 397-414. [In Persian].

Arias, P., Bellouin, N., Coppola, E., Jones, R., Krinner, G., Marotzke, J., ... & Zickfeld, K. (2021). Climate Change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; technical summary.

Asgari, H. A., Jahangiri, S. (2022). Investigating the Causality of Climate Change and Energy Consumption in the Main Sectors of the Iranian Economy by Toda-Yamamato Method. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 11(42), 91-105. [In Persian].

Aspen Network of Development Entrepreneurs (2021). Climate Entrepreneurship in Developing Economies; Supporting Entrepreneurs Tackling Climate Change. *The Lemelson Foundation*.

Baumgartner, R. J. (2011). Critical perspectives of sustainable development research and practice. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 783-786.

Belčáková, I., Diviaková, A., & Belaňová, E. (2017, October). Ecological footprint in relation to climate change strategy in cities. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 245, p. 062021). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/6/ 062021

Chiou, J. S., & SHAN, W. P. (2011). How Derivative Trading Among Banks Impacts SME Lending.

Colletaz, G., & Hurlin, C. (2006). Threshold effects of the public capital productivity: an international panel smooth transition approach.

Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of economic perspectives*, 16(1), 147-168.

de Block, D., Feindt, P. H., & van Slobbe, E. (2019). Shaping conditions for entrepreneurship in climate change adaptation. *Ecology and Society*, 24(1).

Dean, T. J., & McMullen, J. S. (2007). Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action. *Journal of business venturing*, 22(1), 50-76.

Dutta, D. K., Li, J., & Merenda, M. (2011). Fostering entrepreneurship: impact of specialization and diversity in education. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 7, 163-179.

Embry, E., Jones, J., & York, J. G. (2019). Climate change and entrepreneurship. In *Handbook of Inclusive Innovation* (pp. 377-393). Edward Elgar Publishing.

Figueres, C., Schellnhuber, H. J., Whiteman, G., Rockström, J., Hobley, A., & Rahmstorf, S. (2017). Three years to safeguard our climate. *Nature*, 546(7660), 593-595.

Fok, D., Van Dijk, D., & Franses, P. H. (2005). A multi-level panel STAR model for US manufacturing sectors. *Journal of Applied Econometrics*, 20(6), 811-827.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *science*, 309(5734), 570-574. https://doi.org/10.1126/science.1111772

Gast, J., Gundolf, K., & Cesinger, B. (2017). Doing business in a green way: A systematic review of the ecological sustainability entrepreneurship literature and future research directions. *Journal of cleaner production*, 147, 44-56. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.065

Ghardallou, W. (2022). Financial system development and democracy: A panel smooth transition regression approach for developing countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(2), 1714-1735.

Gibbs, D. (2006). Sustainability entrepreneurs, ecopreneurs and the development of a sustainable economy. *Greener management international*, (55), 63-78.

Global Entrepreneurship Monitor. (2022). 2021/2022 Global Report: Opportunity Amid Disruption. https://www.gemconsortium.org/reports

Global Footprint Network (2018). *National Footprint Accounts*. https://www.footprintnetwork.org

Global Footprint Network. (2022). *Ecological Footprint* and climate change. https://www.footprintnetwork.org

Global Footprint Network. (2023). *Ecological Footprint Atlas 2023.* https://www.footprintnetwork.org

Gonzalez, A., Teräsvirta, T., Van Dijk, D., & Yang, Y. (2017). *Panel smooth transition regression models*.

Gonzulez, A., Terasvirta, T., & van DIJK, D. (2005). Panel smooth transition regression model. In *Working paper series in economics and finance, no. 604, Stockholm.*

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.

Haldar, A., & Sethi, N. (2022). Environmental effects of Information and Communication Technology: Exploring the roles of renewable energy, innovation, and financial development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111754. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111754

Hall, J. K., Daneke, G. A., & Lenox, M. J. (2010). Sustainable development and entrepreneurship: Past contributions and future directions. *Journal of business venturing*, 25(5), 439-448.

Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of econometrics*, 93(2), 345-368.

Hsiao, C. (2022). *Analysis of panel data*. Cambridge university press.

https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2005.09.003

Ionescu, G. H., Firoiu, D., Pîrvu, R., Enescu, M., Rădoi, M. I., & Cojocaru, T. M. (2020). The potential for innovation and entrepreneurship in EU countries in the context of sustainable development. *Sustainability*, 12(18), 7250. https://doi.org/10.3390/su12187250

Jude, E. C. (2010). Financial development and growth: A panel smooth regression approach. *Journal of Economic Development*, 35(1), 15.

Khaki, N., Khorsandi, M., Mohammadi, T., Faridzad, A., & Azizi, Z. (2021). The impact of economic complexity index on greenhouse gas emissions in selected oil-exporting countries: A panel smooth transition regression (PSTR) approach. Iranian Journal of Energy Economics, 10(39), 99-125. [In Persian]

Macarthur, E. L. L. E. N., & Heading, H. E. A. D. I. N. G. (2019). How the circular economy tackles climate change. *Ellen MacArthur Found*, *1*, 1-71.

Malykh, E. B. (2022). Worldwide development of renewable energy in the context of Russia's geo-economic interests. *Редакционная коллегия*, 256.

Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M., & Marchettini, N. (2016). Ecological footprint: refining the carbon footprint calculation. *Ecological indicators*, 61, 390-403.

Myung, J. K., An, H. T., & Lee, S. Y. (2019). Corporate competitiveness index of climate change: A balanced scorecard approach. *Sustainability*, 11(5), 1445.

Olhoff, A. (2021). Introduction-emissions gap report 2021: The heat is on–a world of climate promises not yet delivered.

Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., ... & Rama, B. (2022). IPPC 2022: Climate Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability: working group II contribution to the sith assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

Raheem, S., Oyelola, O. T., Adu, J. T., & Cole, B. M. (2011). CLIMATE CHANGE, ENTREPRENEURSHIP AND GREEN JOBS PROVISION. *Sustainable Development*, 2(2), 1-5.

Riedy, C. (2016). Climate change. In G. Ritzer (Ed.), *The Blackwell encyclopedia of sociology*. Blackwell. https://doi.org/10.1002/9781405165518.wbeos0737

Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., ... & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *nature*, 461(7263), 472-475. https://doi.org/10.1038/461472a

Schaltegger, S., & Wagner, M. (2011). Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: categories and interactions. *Business strategy and the environment*, 20(4), 222-237.

Schumpeter, J. A. (1934). The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. *Harvard University Press*.

Schwab, K. (2018, October). The global competitiveness report 2018. World Economic Forum.

Stern, N., Stiglitz, J., & Taylor, C. (2022). The economics of immense risk, urgent action and radical change: towards new approaches to the economics of climate change. *Journal of Economic Methodology*, 29(3), 181-216.

Teräsvirta, T. (1994). Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models. *Journal of the american Statistical association*, 89(425), 208-218.

Thomas J. Dean, Jeffery S. McMullen. (2007). Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action. *Journal of Business Venturing*, 22(1), 50-76.

Tsay, R. S. (1989). Testing and modeling threshold autoregressive processes. *Journal of the American statistical association*, 84(405), 231-240.

Wackernagel M., & Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.

World Bank. (2022). *Sustainable entrepreneurship and climate adaptation: Green business models for a resilient future*. https://www.worldbank.org

World Wide Fund for Nature (2020). Living planet report 2020. *Bending the Curve of Biodiversity Loss: A Deep Dive into Freshwater*.

World Wild life Fund. Living Planet Report 2014: Species and Spaces, People and Places. (2014). www.panda.org (October 2021, date last accessed).

Zhang, D., Wu, L., Huang, S., Zhang, Z., Ahmad, F., Zhang, G., ... & Xu, H. (2021). Ecology and environment of the Belt and Road under global climate change: A systematic review of spatial patterns, cost efficiency, and ecological footprints. *Ecological Indicators*, 131, 108237.

استناد به این مقاله: رنجبریان، زهرا؛ خداپرست مشهدی، مهدی؛ همایونی‌فر، مسعود؛ صالح‌نیا، نرگس؛ سامعی، محمداسماعیل. (۱۴۰۳). کارآفرینی، ردپای اکولوژیکی و سازگاری با تغییر اقلیم در کشورهای عضو (WEF): رویکرد رگرسیون انتقال ملایم پانلی، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۱۰(۴)، صفحات ۱۲۳-۱۶۱.

Journal of Environmental and Natural Resource Economics licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.