

The Impact of digital economy, financial development, and green investment on economic sustainability in Iran

Mussa Ahmadzadeh¹, Seyed Kamal Sadeghi², Parviz Mohammadzadeh³

Received: 26/07/2025

Accepted: 31/12/2025

Extended Abstract

Introduction

Economic sustainability has emerged as a central pillar of sustainable development, particularly for developing economies facing structural vulnerabilities, environmental pressures, and institutional constraints. Sustainable economic performance is no longer assessed solely through output growth or capital accumulation; rather, it increasingly depends on an economy's resilience to financial shocks, technological transformations, and environmental challenges. In recent decades, three transformative forces-digitalization, financial development, and green investment-have played a critical role in reshaping economic systems and redefining pathways toward long-term sustainability. Digitalization, driven by advances in information and communication technologies (ICT), has altered production processes, reduced transaction costs, enhanced financial inclusion, and improved resource efficiency. Financial development, through the expansion of financial institutions and markets, facilitates capital mobilization, innovation financing, and risk diversification, thereby influencing economic stability and growth dynamics. Meanwhile, green investment has gained prominence as a mechanism to reconcile economic growth with environmental protection by directing resources toward renewable energy, energy efficiency, and low-carbon technologies.

For Iran, the relevance of economic sustainability is particularly pronounced. The Iranian economy has been characterized by chronic macroeconomic instability, high dependence on fossil fuels, volatile exchange rates, inflationary pressures, and institutional inefficiencies. Despite notable progress in ICT infrastructure and digital connectivity, the contribution of the digital economy to GDP remains

1. Department of Economics, Faculty of Management and Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2. Department of Economics, Faculty of Management and Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (Corresponding Author) sadegi@tabrizu.ac.ir-seyedkamal

3. Department of Economics, Faculty of Management and Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

How to cite this paper: Ahmadzadeh, M., Sadeghi, S. K., & Mohammadzadeh, P. (2025). The Impact of digital economy, financial development, and green investment on economic sustainability in Iran. *Advances in Finance and Investment*, 6(4), 139-180. [In Persian]

 <https://doi.org/10.71729/afi.2025.1213137>

modest compared to global benchmarks. Simultaneously, rising energy consumption and greenhouse gas emissions have intensified environmental concerns, underscoring the urgency of transitioning toward a greener and more resilient economic structure.

Although a growing body of literature has examined the effects of digitalization, financial development, and green investment individually, empirical studies that analyze their combined and interactive effects on economic sustainability—especially in the context of Iran—remain scarce. This study aims to fill this gap by providing an integrated empirical assessment of how these three key drivers influence economic sustainability in Iran over the period 1991-2022.

Literature Review

The theoretical foundations of this study draw on endogenous growth theory, financial development theory, and green growth frameworks. According to endogenous growth models, technological progress and innovation—often facilitated by digital technologies—are internal drivers of productivity growth and long-term economic performance (Romer, 1990). Digitalization enhances efficiency by optimizing resource allocation, strengthening institutional transparency, and facilitating access to financial services, thereby supporting sustainable economic outcomes.

The relationship between financial development and economic sustainability has been widely debated. Classical perspectives, rooted in Schumpeterian theory, emphasize the role of financial systems in promoting innovation and productive investment. Empirical evidence suggests that financial development can foster economic growth and stability; however, recent studies highlight the possibility of non-linear effects, where excessive financial expansion may increase vulnerability and instability, particularly in economies with weak institutional frameworks.

Green investment has gained increasing attention within the green growth and Porter hypothesis literature. Investments in environmentally friendly technologies and renewable energy are argued to simultaneously reduce environmental degradation and enhance economic efficiency through innovation and productivity gains. Nevertheless, empirical findings are mixed, with some studies indicating that the effectiveness of green investment depends on institutional quality, financial system maturity, and policy coherence.

Overall, the literature reveals three major gaps: (i) limited integrated analysis of digitalization, financial development, and green investment within a unified empirical framework; (ii) insufficient attention to non-linear relationships, particularly concerning financial development; and (iii) a lack of country-specific evidence for developing and resource-dependent economies such as Iran. This study addresses these gaps by adopting a comprehensive and context-sensitive approach.

Research Methodology

This study employs an applied-developmental research design using annual time-series data for Iran spanning 1991-2022. Data were collected from the World Bank and the Central Bank of Iran. To capture the multidimensional nature of the core concepts, composite indices for economic sustainability, digitalization, financial development, and green investment were constructed using Principal Component Analysis (PCA). This method reduces dimensionality, mitigates multicollinearity, and ensures objective weighting of underlying indicators.

Economic sustainability serves as the dependent variable, while digitalization, financial development, and green investment are the key explanatory variables. To account for potential non-linear effects, the squared term of financial development is included in the regression model. Stationarity properties of the variables were examined using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test. Long-run relationships among variables were tested using the Engle-Granger cointegration approach.

The estimated econometric model captures both linear and non-linear dynamics, allowing for a nuanced understanding of how structural and technological factors influence economic sustainability over time. This methodological framework enhances the robustness and interpretability of the empirical findings.

Results

The empirical results confirm the existence of a long-run cointegrating relationship among economic sustainability, digitalization, financial development, and green investment in Iran. Digitalization exhibits a positive and statistically significant effect on economic sustainability, indicating that improvements in ICT infrastructure and digital capabilities contribute to greater economic resilience and stability.

Financial development demonstrates a non-linear (inverted U-shaped) relationship with economic sustainability. At lower levels, financial development enhances sustainability by improving capital allocation and supporting productive investment. However, beyond a certain threshold, further financial expansion exerts a negative effect, potentially reflecting increased systemic risk, inefficient credit allocation, and institutional weaknesses.

Green investment shows a positive but relatively weaker impact on economic sustainability compared to digitalization and financial development. While green investment contributes to environmental improvement and long-term stability, its limited scale and structural constraints in Iran reduce its immediate macroeconomic effectiveness.

Discussion and Conclusion

The findings underscore the central role of digitalization as a catalyst for economic sustainability in Iran. By enhancing productivity, transparency, and financial

inclusion, digital technologies strengthen economic resilience and mitigate structural inefficiencies. The non-linear effect of financial development highlights the importance of institutional quality and regulatory oversight; financial deepening without adequate governance can undermine sustainability rather than reinforce it.

The comparatively modest impact of green investment suggests that environmental initiatives in Iran have yet to reach a scale or level of integration sufficient to exert a strong macroeconomic influence. This outcome aligns with previous studies emphasizing the conditional nature of green investment effectiveness, particularly in economies heavily reliant on fossil fuels and facing institutional constraints.

Overall, the results support the argument that economic sustainability requires a balanced and coordinated policy approach, integrating digital transformation, prudent financial development, and targeted green investment within a coherent institutional framework.

This study provides comprehensive empirical evidence on the combined effects of digitalization, financial development, and green investment on economic sustainability in Iran. The findings reveal that digitalization is a robust driver of sustainability, financial development exerts non-linear effects, and green investment plays a supportive yet currently limited role.

From a policy perspective, the results suggest that strengthening digital infrastructure, enhancing financial governance, and expanding effective green financing mechanisms are essential for improving economic sustainability. Future research may extend this framework by incorporating institutional quality indicators, sectoral analyses, or comparative cross-country studies to further elucidate the dynamics of sustainable economic development in resource-dependent economies.

Conflict of Interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Keywords: Digitalization, Economic Sustainability, Financial Development, Green Investment, Principal Component Analysis (PCA).

JEL Classification: Q01, G20, Q32, Q33.

پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری

سال ششم، زمستان ۱۴۰۴ - شماره ۴

صفحات ۱۸۰-۱۳۹

نوع مقاله: پژوهشی

اثر اقتصاد دیجیتال، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز بر پایداری اقتصادی

در ایران

موسی احمدزاده^۱، سید کمال صادقی^۲، پرویز محمدزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۰

چکیده

هدف: پایداری اقتصادی به‌عنوان یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار، برای اقتصادهایی نظیر ایران که با بی‌ثباتی‌های ساختاری، وابستگی به منابع فسیلی و چالش‌های نهادی مواجه‌اند، اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف این پژوهش بررسی اثر اقتصاد دیجیتال، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز بر پایداری اقتصادی ایران و تبیین نقش هم‌زمان این عوامل در چارچوبی یکپارچه است.

روش‌شناسی پژوهش: پژوهش حاضر از نوع کاربردی - توسعه‌ای بوده و با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه ایران طی دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۲ انجام شده است. برای سنجش مفاهیم چندبعدی، شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی، دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز از طریق روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استخراج شدند. پس از بررسی مانایی متغیرها با آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته، روابط بلندمدت میان متغیرها با بهره‌گیری از آزمون هم‌جمعی انگل - گرنجر و مدل‌سازی غیرخطی مورد آزمون قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاکی از وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهاست. دیجیتالی‌سازی اثر مثبت و معناداری بر پایداری اقتصادی دارد. توسعه مالی دارای رابطه‌ای غیرخطی و U معکوس با پایداری اقتصادی است، به‌گونه‌ای که پس از یک آستانه مشخص، اثر آن منفی می‌شود. سرمایه‌گذاری سبز نیز اثر مثبت اما نسبتاً ضعیف‌تری بر پایداری اقتصادی نشان می‌دهد.

اصالت / ارزش افزوده علمی: نوآوری این پژوهش در تحلیل هم‌زمان سه متغیر کلیدی دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز، استفاده از شاخص‌های ترکیبی مبتنی بر تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تمرکز بر روابط غیرخطی در بستر اقتصاد ایران است که خلأ مهمی در ادبیات تجربی پایداری اقتصادی را پوشش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل مؤلفه‌های اصلی، توسعه مالی، دیجیتالی‌سازی، سرمایه‌گذاری سبز، پایداری اقتصادی.

طبقه‌بندی موضوعی: Q01, G20, Q32, Q33.

۱. گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول). sadegi@tabrizu.ac.ir-seyedkamel

۳. گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

استناد: احمدزاده، موسی؛ صادقی، سید کمال؛ محمدزاده، پرویز. (۱۴۰۴). اثر اقتصاد دیجیتال، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز بر پایداری اقتصادی در ایران. *پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری*، ۶(۴)، ۱۸۰-۱۳۹.

۱- مقدمه

پایداری و ثبات اقتصادی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار، نقشی تعیین‌کننده در تضمین رشد بلند مدت، کاهش فقر، افزایش بهره‌وری و جلب اعتماد عمومی به سیاست‌های اقتصادی دارد. در دهه‌های اخیر، تحولات فناورانه، به‌ویژه در حوزه اقتصاد دیجیتال، در کنار گسترش زیرساخت‌های مالی و ظهور سرمایه‌گذاری‌های سبز، چشم‌انداز جدیدی برای حرکت به‌سوی اقتصادی پایدارتر ایجاد کرده‌اند. به‌بیان دیگر، هر چند رشد اقتصادی پایدار و بهینه‌سازی مصرف انرژی، از ارکان اساسی دستیابی به توسعه پایدار در عصر دیجیتال به شمار می‌روند (Wang et al., 2025; Hosan et al., 2022). اما با این حال، ترویج رشد و توسعه اقتصادی نباید به بهای تهدید منابع برای نسل‌های آینده تمام شود؛ به عبارت دیگر، پیشرفت اقتصادی باید همگام با پایداری زیست‌محیطی دنبال شود (Azam, 2019; Khan et al., 2025). در چنین شرایطی، توسعه پایدار به یکی از اولویت‌های اصلی و مشترک در سیاست‌گذاری کشورهای مختلف جهان بدل شده است (Musah et al., 2022; Singh et al., 2023). چالش اصلی از آنجا ناشی می‌شود که تحقق توسعه اقتصادی - به‌عنوان یکی از اهداف بنیادین نظام‌های اقتصادی - مستلزم مصرف بالای انرژی است؛ فرآیندی که به تولید گازهای گلخانه‌ای و پسماندهای زیست‌محیطی منجر می‌شود و می‌تواند آسیب‌های جدی به محیط‌زیست وارد کند؛ بنابراین، اتخاذ رویکرد رشد سبز و سازگار با محیط‌زیست، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای دولت‌ها به شمار می‌رود (Song et al., 2019). مطالعه‌ای توسط الرکابی و همکاران (Al-Rikabi et al., 2025) در کشورهای منتخب خاورمیانه نشان داد که توسعه مالی و FDI دارای اثرات غیرخطی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر هستند. در مراحل اولیه، منابع مالی بیشتر به صنایع آلاینده اختصاص می‌یابند، اما در سطوح پیشرفته‌تر، این منابع به پروژه‌های زیست‌محیطی و پایدار منتقل می‌شوند. این یافته‌ها تأکید بر طراحی سیاست‌های مرحله‌ای و هدفمند در حوزه مالی برای حمایت از انرژی‌های پاک دارد.

در ادبیات علمی برای تحقق پایداری اقتصادی و رفع این ناسازگاری‌ها، موضوعات و راهکارهای مختلفی مطرح شده است. در این راستا، سیاست‌های کلان اقتصادی متعددی با رویکردی محیط‌زیست محور پیشنهاد شده‌اند که هدف آن‌ها جداسازی روند رشد اقتصادی از میزان انتشار دی‌اکسیدکربن است (Luukkanen et al., 2019). این امر ضرورت سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر را به‌وضوح نشان می‌دهد. چرا که سرمایه‌گذاری در پروژه‌های سبز نقش حیاتی در رشد اقتصادی، حفاظت از محیط‌زیست و صرفه‌جویی در مصرف منابع ایفا می‌کند؛ و این اهداف از طریق حمایت از پروژه‌های سبز قابلیت تحقق دارند (Musah et al., 2022). برخی کشورها با سرمایه‌گذاری گسترده در انرژی پاک توانسته‌اند کیفیت زیست‌محیطی خود را بهبود بخشند (Nguyen et al., 2025). در این میان،

وجود ریسک‌های سیاسی و ناپایداری نهادی می‌تواند مانعی جدی در جذب سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی باشد؛ مسئله‌ای که در قالب تحلیل قراردادهای سرمایه‌گذاری دوجانبه نیز موردتوجه قرار گرفته است (Heidari Haratmeh, 2021).

همچنین فناوری‌های نوین و دیجیتالی‌سازی در دهه اخیر به‌عنوان ابزارهایی کلیدی در جهت بهبود پایداری اقتصادی بدون آسیب‌رسانی به محیط‌زیست مطرح شده‌اند. بر اساس دیدگاه شیباتا (Shibata, 2022)، فناوری‌های نوین می‌توانند بهره‌وری استفاده از منابع موجود را ارتقا داده و به پایداری زیست‌محیطی یاری رسانند. دستیابی به پیشرفت‌های فناورانه در این حوزه، ارتباط مستقیمی با فعالیت‌های R&D دارند (Sun et al., 2022; Gao and Zheng, 2017; Zeraibi et al., 2021). اقتصاد جهانی در سال‌های اخیر تحت‌تأثیر تحول سریع فناوری اطلاعات و گسترش نوآوری‌های دیجیتال، دگرگونی‌های بنیادینی را تجربه کرده است (Vyshnevskiy et al., 2020). توسعه شبکه‌ها، اینترنت و راه‌حل‌های فناورمحور نه تنها سبک زندگی انسان‌ها را متحول ساخته، بلکه مسیر توسعه اقتصادی کشورها را نیز دستخوش تغییر کرده است (Aleksandrova et al., 2022; Liu et al., 2023). پاندمی کووید - ۱۹ با شتاب بخشیدن به این روند، نقش ابزارهای دیجیتال را در ارتقاء تاب‌آوری اقتصادی و تقویت نوآوری اجتماعی پررنگ‌تر ساخت (Brodny and Tutak, 2022; Nagy and Somosi, 2022). شواهدی چون رشد پلتفرم‌های تجارت آنلاین و کاربرد روزافزون اپلیکیشن‌های فناورانه نیز بر این تحول دلالت دارد (Raeskyesa and Lukas, 2019). ازاین‌رو، تحلیل اثر نوآوری دیجیتال بر پایداری اقتصادی و بررسی فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌روی سیاست‌گذاران در این زمینه، اهمیتی دوچندان یافته است.

به‌موازات این تحولات، بازارهای مالی و نهادهای مالی نیز به‌عنوان اجزای کلیدی نظام‌های اقتصادی، نقش مهمی در پایداری اقتصادی ایفا می‌کنند. رشد اقتصادی عمدتاً به‌واسطه وجود یک نظام پولی کارآمد تسهیل می‌شود؛ نظامی که قادر است منابع را به شکلی خلاقانه و مؤثر در اقتصاد توزیع کند. پژوهش‌های متعددی همچون وو و همکاران (Wu et al., 2020)، محی‌الدین و همکاران (Mohieldin et al., 2019)، چن و همکاران (Chen et al., 2020)، شارما و کوتیش (Sharma and Kautish, 2020)، لنکا و شارما (Lenka and Sharma, 2020)، و موهانتی و بهانومورتی (Mohanty and Bhanumurthy, 2019) بر اهمیت توسعه مالی در تقویت پایداری اقتصادی تأکید کرده‌اند. در ادبیات اخیر نیز تأکید شده است که توسعه نظام مالی تنها زمانی می‌تواند به رشد پایدار منجر شود که کیفیت نهادی در سطح قابل‌قبولی باشد و ساختارهای ضد فساد در آن تقویت شده باشند (Karimi Khorami, 2024; Wu et al., 2020).

در مجموع، بررسی منابع علمی موجود حاکی از آن است که باتوجه‌به فشار فزاینده بر منابع طبیعی، تغییرات اقلیمی و ضرورت تحول ساختارهای اقتصادی، بررسی نقش سه عامل کلیدی؛ دیجیتالی‌سازی، سرمایه‌گذاری سبز و توسعه مالی، برای کشورهای درحال‌توسعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دیجیتالی‌سازی از طریق بهبود بهره‌وری و شفاف‌سازی مالی می‌تواند فرآیندهای اقتصادی را کارآمدتر سازد (Musah et al., 2022) و سرمایه‌گذاری سبز با هدایت منابع به سمت پروژه‌های پاک، همزمان رشد اقتصادی و حفاظت زیست‌محیطی را پشتیبانی کرده (Vyshnevskiy et al., 2020) و آسیب‌پذیری اقتصاد را در برابر شوک‌های جهانی کاهش می‌دهد. توسعه مالی نیز، در صورت وجود حکمرانی مؤثر، قادر است منابع لازم برای این گذار را تجهیز نماید (Nguyen et al., 2025). از این‌رو، تحلیل هم‌زمان نقش دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز می‌تواند نه‌تنها سهم هر یک از این عوامل را در پایداری اقتصادی مشخص سازد، بلکه چارچوبی علمی برای سیاست‌گذاری یکپارچه در مسیر تحقق توسعه پایدار ارائه دهد (Hung, 2023; Yaghoubian et al., 2024).

ضرورت توجه به موضوع پایداری اقتصادی در ایران، دوچندان به نظر می‌رسد. چرا که این موضوع در ایران، نه‌تنها یک هدف توسعه‌ای، بلکه ضرورتی راهبردی برای حفظ تاب‌آوری کشور در برابر بحران‌های چند وجهی اقتصادی، نهادی و زیست‌محیطی است. ویژگی خاص اقتصاد ایران در دهه‌های اخیر، بی‌ثباتی مزمن در شاخص‌های کلان اقتصادی، وابستگی بالا به منابع فسیلی، نوسانات شدید نرخ ارز و فقدان حکمرانی مالی مؤثر بوده است؛ شرایطی که امکان پیش‌بینی‌پذیری و برنامه‌ریزی بلندمدت را با چالش مواجه کرده‌اند (Khalili Araghi and Ramezanpour, 2001; Akhbari and Gholizadeh, 2015). همزمان، پیچیدگی روابط میان مؤلفه‌های اثرگذار بر پایداری اقتصادی از جمله دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز باعث شده است که تحلیل این مسئله در ایران، از جنبه نظری و تجربی، واجد ابهام‌های فراوان باشد. ساختار ناکارآمد حکمرانی اقتصادی، ضعف در شفافیت مالی و تأخیر در اثربخشی سیاست‌ها، از جمله عواملی‌اند که این پیچیدگی را مضاعف کرده است (Daneshvari et al., 2020; Hataminejad et al., 2022).

با توجه به تأکید فزاینده ادبیات علمی بر پایداری اقتصادی و کاهش آسیب‌پذیری نظام اقتصادی در برابر شوک‌های بیرونی و به‌کارگیری ابزارهای فناورانه در مدیریت منابع، مطالعه‌ای که بتواند این ابعاد را به‌صورت تلفیقی بررسی کند، از ارزش افزوده بالایی برخوردار خواهد بود (Amareti Bakhshayesh et al., 2022; Ahmadi, 2023). در چنین بستر پرچالشی، نه‌تنها لزوم طراحی الگوی مناسب برای تقویت پایداری اقتصادی آشکار می‌شود، بلکه خلأ مطالعاتی در حوزه پیوند میان فناوری، مالیه سبز و ثبات اقتصاد کلان نیز، اهمیت بالای این پژوهش را توجیه می‌کند. بدین‌سان، این پژوهش

تلاش دارد با تمرکز بر این سه متغیر کلیدی و نوین، پاسخی علمی برای یکی از مهم‌ترین مسائل حال و آینده اقتصاد ایران ارائه دهد.

ایران، به‌عنوان کشوری در حال توسعه با زیرساخت‌های صنعتی گسترده، یکی از مصرف‌کنندگان عمده انرژی و از منابع قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان محسوب می‌شود. اگرچه این کشور در سال‌های اخیر گام‌هایی مؤثر در جهت توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برداشته است، اما میزان اثربخشی این تحول فناورانه در ارتقای دسترسی به خدمات مالی و نقش آن در رشد پایدار اقتصادی کشور، همچنان به‌روشنی مشخص نشده است.

بر اساس گزارش‌های مرکز آمار ایران، کشورمان در میان ۱۶۹ کشور از نظر شاخص توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات رتبه ۸۴ را دارد. هرچند سهم اقتصاد دیجیتال در تولید ناخالص داخلی ایران افزایش یافته، اما این سهم که حدود ۲/۴ درصد است، در مقایسه با میانگین جهانی یا کشورهایی مانند عربستان سعودی با سهم ۱۴/۱ درصد، هنوز پایین است و نشان می‌دهد که در این زمینه جای رشد زیادی وجود دارد.

از سوی دیگر، روند توسعه صنعتی و اقتصادی ایران با افزایش چشم‌گیر مصرف انرژی و در پی آن، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه بوده است. بر اساس داده‌های رسمی، مصرف برق کشور در سال ۱۴۰۰ به حدود ۲۹۲ تراوات‌ساعت رسید که سهم قابل‌توجهی از آن در بخش‌های صنعتی و خانگی مصرف شده است. همچنین، ایران در سال ۲۰۲۰ با انتشار بیش از ۷۰۰ میلیون تن دی‌اکسیدکربن، در میان شش کشور نخست جهان از نظر میزان انتشار قرار گرفت. شدت بالای مصرف انرژی و وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی، نگرانی‌های جدی درباره پایداری بلندمدت زیست‌محیطی کشور ایجاد کرده است و شکاف قابل‌توجهی میان الگوهای فعلی سرمایه‌گذاری برای تامین انرژی مورد نیاز و الزامات توسعه پایدار وجود دارد.

با توجه به فشار فزاینده بر منابع طبیعی، ناپایداری‌های زیست‌محیطی و مصرف بالای انرژی‌های فسیلی، حرکت ایران به‌سوی اقتصاد سبز و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. سرمایه‌گذاری در منابع تجدیدپذیر و به‌کارگیری فناوری‌های کم‌کربن، در صورتی می‌تواند اثربخش باشد که هم‌زمان با آن، اصلاحات نهادی در نظام مالی و جهت‌گیری هوشمندانه در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی نیز دنبال شود. تعهد به کاهش انتشار کربن، استقرار چارچوب مالی سبز و حمایت از پروژه‌های محیط‌زیستی، می‌تواند جایگاه ایران را در مسیر مقابله با تغییرات اقلیمی تقویت کند. این موضوع به‌ویژه در زمانی اهمیت دارد که الگوی جهانی توسعه بر هماهنگی سه‌گانه بین اقتصاد،

جامعه و محیط‌زیست تأکید بیشتری دارد (Hataminejad et al., 2022; Daneshvari et al., 2020; Musah et al., 2022).

بررسی روند رشد اقتصادی ایران از دهه ۱۳۷۰ تاکنون نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی^۱ به‌طور میانگین در سطحی پایین‌تر از ظرفیت بالقوه خود باقی مانده و در عین حال، با نوسانات شدید در شاخص‌های اسمی مانند تورم، نرخ ارز و نقدینگی مواجه بوده است (Statistical Centre of Iran, 2023). برای نمونه، افزایش سریع هزینه‌های انرژی در مقایسه با رشد درآمد، به‌ویژه در میان دهک‌های پایین درآمدی، موجب تشدید نابرابری در دسترسی به انرژی شده است. این ناپایداری ساختاری، ضرورت توجه به نوآوری‌های فناورانه، توسعه اقتصاد دانش‌بنیان و تقویت پیوند بین بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات و اقتصاد کلان را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

فرآیندهای فناورانه، اجتماعی و اقتصادی چنان به هم تنیده‌اند که تنها از طریق رویکردهای یکپارچه می‌توان هماهنگی نظام‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در مواجهه با تحولات پیچیده و آینده نامطمئن تضمین کرد. این پژوهش در راستای پر کردن این خلأ، به بررسی پیوندهای میان اقتصاد دانش‌بنیان، نوآوری و فناوری در ایران می‌پردازد.

در مجموع، علی‌رغم رشد روزافزون مطالعات در زمینه دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری‌های زیست‌محیطی، تحلیل‌های ترکیبی و چندمتغیره همچنان محدود باقی مانده‌اند. بیشتر پژوهش‌ها، تنها به بررسی رابطه دوتایی میان یکی از این متغیرها با پایداری اقتصادی پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، ممدوح ارن و همکاران (Memduh Eren et al., 2022) نشان می‌دهند که توسعه مالی در کنار فناوری اطلاعات بر منحنی زیست‌محیطی کوزنتس اثرگذار است، اما به‌صورت مجزا؛ همچنین، سوگیارتو و نوگراها (Sugiarto and Nugraha, 2025)، با مرور ۶۰ مقاله، تأکید دارند که سرمایه‌گذاری سبز به بهبود رقابت‌پذیری و پایداری بنگاه‌ها کمک می‌کند، اما نبود دیدگاه کل‌نگرانه درباره تعامل این متغیرها با یکدیگر، از ضعف‌های مطالعات پیشین است. در هیچ‌یک از این مطالعات، سه‌گانه‌ی دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز در کنار یکدیگر و در بستر اقتصاد ایران، تحلیل نشده است. همین موضوع خلأ پژوهشی اصلی مطالعه حاضر را شکل داده است.

این مطالعه چندین نوآوری قابل‌توجه را به ادبیات موجود در حوزه پایداری اقتصادی، به‌ویژه در زمینه اقتصادهای در حال توسعه مانند ایران، اضافه می‌کند. نخست، برخلاف اغلب مطالعات پیشین که نقش توسعه مالی، دیجیتالی‌سازی یا سرمایه‌گذاری سبز را به‌صورت منفرد بررسی کرده‌اند، این پژوهش

با رویکردی جامع به بررسی هم‌زمان اثرات این سه متغیر کلیدی پرداخته است. این رویکرد یکپارچه به کاهش سوگیری‌های احتمالی ناشی از تحلیل مجزای متغیرها کمک می‌کند.

دوم، با توجه به ماهیت چندبعدی مفاهیمی مانند پایداری اقتصادی، توسعه مالی و تحول دیجیتال، در این پژوهش از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای شاخص‌سازی ترکیبی این پدیده‌ها استفاده شده است. این روش امکان سنجش ساختاریافته و دقیق‌تر متغیرهای نهفته را فراهم می‌آورد. سوم، مطالعه حاضر به بررسی روابط غیرخطی میان متغیرها پرداخته است؛ بعدی که در بسیاری از پژوهش‌ها پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بهره‌گیری از مدل‌سازی غیرخطی امکان شناسایی آستانه‌های حساس و واکنش‌های غیربازگشتی در رفتار متغیرها را ممکن می‌سازد.

چهارم و مهم‌تر از همه، این پژوهش تلاش کرده است تحلیل‌های خود را با شرایط خاص اقتصاد ایران هم‌راستا سازد. اقتصاد ایران با مشکلاتی نظیر بی‌ثباتی کلان، ضعف نهادی، فشارهای زیست‌محیطی و ناترازی‌های ساختاری مواجه است که آن را از بسیاری از کشورهای مورد مطالعه در پژوهش‌های بین‌المللی متمایز می‌کند. تفسیر یافته‌ها در چارچوب این بستر بومی، ارزش سیاستی مطالعه را افزایش داده و آن را برای تصمیم‌گیری‌های ملی قابل استفاده‌تر می‌سازد.

در مجموع، نوآوری‌های روش‌شناختی، تحلیلی و بومی‌سازی شده این مطالعه، ضرورت انجام آن را به‌خوبی توجیه می‌کند و می‌تواند سهم مؤثر در توسعه دانش نظری و کاربردی در حوزه پایداری اقتصادی داشته باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در دهه‌های اخیر، تحولات پرشتاب فناوریانه، فشارهای زیست‌محیطی و تغییرات ساختاری در نظام‌های مالی، چهره اقتصاد جهانی را به طور بنیادین دگرگون ساخته است. در چنین بستری، مفهوم پایداری اقتصادی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار، بیش از پیش اهمیت یافته است؛ چراکه رشد اقتصادی دیگر تنها بر مبنای افزایش تولید و سرمایه‌فیزیکی سنجیده نمی‌شود، بلکه میزان تاب‌آوری اقتصاد در برابر شوک‌های فناوریانه، مالی و زیست‌محیطی نیز معیار اصلی آن به شمار می‌رود. در این میان، سه نیروی تحول‌آفرین یعنی اقتصاد دیجیتال، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز، به‌صورت فزاینده‌ای در حال بازتعریف مسیر دستیابی کشورها به رشد پایدار و مقاوم هستند. این سه متغیر، هرچند در ظاهر مستقل‌اند، اما در واقع با برهم‌کنش‌های پیچیده‌ای، بنیان‌های پایداری اقتصادی را شکل می‌دهند.

اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد (SDGs) نیز به‌روشنی بر اهمیت سرمایه‌گذاری سبز در تحقق رشد اقتصادی پایدار و کم‌کربن تأکید دارند (Balsalobre-Lorente *et al.*, 2021). این اهداف در گزارش‌های جدیدتر نیز مورد بازنگری قرار گرفته‌اند و بر ضرورت توسعه اقتصادهای دیجیتال در کنار گسترش فناوری‌های پاک تأکید بیشتری شده است (Wang *et al.*, 2025). سرمایه‌گذاری سبز نه تنها به ارتقای دسترسی به منابع انرژی تجدیدپذیر و کارآمد منجر می‌شود، بلکه از طریق تحریک نوآوری‌های فناورانه و شکل‌گیری صنایع سبز، بستر دستیابی به اقتصاد دوستدار محیط‌زیست را فراهم می‌سازد (Vyshnevskiy *et al.*, 2020).

از منظر راهبردی، SDGها از فعالیت‌هایی حمایت می‌کنند که به توسعه پایدار شهری و حمایت از الگوهای مصرف و تولید مسئولانه انجام شود. همچنین، سرمایه‌گذاری‌هایی که آثار تغییرات اقلیمی را کاهش داده و به احیای زیرساخت‌های محیط‌زیستی کمک کنند، در اولویت این اهداف قرار دارند. اما تحقق این اهداف، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه‌ای نظیر ایران، مستلزم وجود یک نظام مالی کارآمد، شفاف و مقاوم است که توانایی تجهیز منابع برای طرح‌های سبز را داشته باشد.

نظام مالی توسعه‌یافته، با فراهم‌سازی بستر تأمین مالی برای پروژه‌های نوآورانه، از گسترش انرژی‌های پاک و فناوری‌های کاهش‌دهنده گازهای گلخانه‌ای پشتیبانی می‌کند. مطالعات تجربی نیز نشان داده‌اند که توسعه مالی، یکی از متغیرهای اساسی در توانمندسازی اقتصاد برای پاسخ‌گویی به چالش‌های زیست‌محیطی است، هرچند جهت این اثرگذاری در مطالعات مختلف، متغیر و بعضی مواقع متناقض بوده است (Nguyen *et al.*, 2025; Hung *et al.*, 2022).

برخی پژوهش‌ها حاکی از آن هستند که گسترش بخش مالی، به دلیل تحریک سرمایه‌گذاری و مصرف، ممکن است تقاضای انرژی را افزایش داده و در نتیجه، انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی را تشدید کند. در مقابل، مطالعات دیگر بر نقش مثبت توسعه مالی در حمایت از نوآوری‌های سبز، گسترش ابزارهای مالی پایدار و تسهیل انتقال به اقتصاد سبز تأکید کرده‌اند. این یافته‌ها نشان‌دهنده ضرورت بررسی زمینه‌محور و سیستمی رابطه میان توسعه مالی و پایداری اقتصادی است.

اکثر کشورها باتوجه به پیشرفت سریع فناوری اطلاعات، استراتژی‌های مشخصی برای دیجیتالی‌سازی طراحی کرده‌اند و آن را ابزاری حیاتی برای افزایش مزیت رقابتی و تحقق اهداف توسعه پایدار می‌دانند (Aleksandrova *et al.*, 2022). با تأثیرگذاری دیجیتالی‌سازی بر تقریباً تمام جنبه‌های اقتصاد، ظهور پارادایم جدید فناورانه - اقتصادی، نقطه عطفی در اقتصاد جهانی به شمار می‌رود (Maiti and Kayal, 2017).

این بخش به سه قسمت تقسیم می‌شود. در بخش نخست، مروری بر ادبیات مرتبط با رابطه میان دیجیتالی‌سازی و رشد اقتصادی ارائه می‌شود. بخش دوم به بررسی روابط علی میان پیشرفت مالی و پایداری اقتصادی می‌پردازد. در نهایت، بخش سوم به سرمایه‌گذاری سبز و توسعه و پایداری اقتصادی اختصاص دارد.

تحولات فناوری دیجیتال در دهه‌های اخیر، ساختار سنتی رشد اقتصادی را دگرگون کرده است و موجب پایداری اقتصادی می‌شود. از منظر نظری، مدل کلاسیک رشد سولو (Solow, 1956) فناوری را عامل برون‌زایی برای توضیح تفاوت‌های رشد میان کشورها در نظر می‌گیرد، اما مدل‌های رشد درون‌زا همچون رومر مطرح می‌کند که نوآوری و پیشرفت فناورانه می‌توانند محصول عوامل اقتصادی درون سیستم باشند. به بیان دیگر، بر اساس نظریه رشد درون‌زا، فناوری‌های دیجیتال نقش کلیدی در ارتقای بهره‌وری دارند (Romer, 1990). دیجیتالی‌سازی می‌تواند با بهبود بهره‌برداری از منابع، تسهیل فرآیندهای مالی و کاهش ناکارآمدی‌های نهادی، مسیر رشد پایدار اقتصادی را هموار سازد (Shibata, 2022; Hung, 2023). در این چارچوب، دیجیتالی‌سازی به‌عنوان نیروی محرکه نوین رشد، جایگاه ویژه‌ای یافته است.

دیجیتالی‌سازی می‌تواند از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند کاهش هزینه مبادلات، تسهیل تجارت الکترونیک، افزایش انعطاف‌پذیری عملیات مالی و بهبود بهره‌وری نیروی کار، در ارتقای تولید ناخالص داخلی اثرگذار باشد (Shibata, 2022). فناوری اطلاعات و ارتباطات همچنین نقش کلیدی در تقویت شفافیت اقتصادی، کاهش ناکارآمدی نهادی و گسترش دسترسی به خدمات مالی ایفا می‌کند. برخی مطالعات مانند فیلیپاک و همکاران (Filipiak et al., 2023) نشان می‌دهند که دیجیتالی‌سازی منجر به تخصیص بهینه‌تر منابع، کاهش هزینه‌های تولید و تحریک سرمایه‌گذاری در بخش‌های مولد اقتصاد می‌شود. بر این اساس، دولت‌ها در بسیاری از کشورها استراتژی‌های کلانی برای دیجیتالی‌سازی طراحی کرده‌اند تا از این مسیر، به مزیت رقابتی پایدار و تحقق اهداف توسعه پایدار دست یابند (Aleksandrova et al., 2022).

ظهور اقتصاد دیجیتال، به‌ویژه پس از پاندمی کووید - ۱۹، باعث تغییرات ساختاری در بسیاری از بازارهای جهانی شده است. پارادایم دیجیتال که بر پایه نوآوری، شبکه‌محوری و داده‌محوری بنا شده، اکنون به یکی از پیشران‌های اصلی توسعه تبدیل شده است (Maiti and Kayal, 2017). شواهد تجربی حاکی از آن است که دیجیتالی‌سازی در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، موجب ارتقای عملکرد مالی و باز بودن تجاری شده است (Habibi and Zabardast, 2020). در

خاورمیانه نیز، مطالعاتی همچون حبیبی و زبردست (Habibi and Zabardast, 2020) نشان داده‌اند که ICT و آموزش، رابطه معنادار مثبتی با توسعه اقتصادی دارند.

با این حال، ادبیات پژوهش در خصوص تأثیر دیجیتالی‌سازی بر رشد اقتصادی، از انسجام نظری کامل برخوردار نیست. برخی یافته‌ها مانند پژوهش ویشنوسکی و همکاران (Vyshnevskiy et al., 2020) تأکید می‌کنند که سطح دیجیتالی‌سازی اقتصادی، در مراحل اولیه توسعه نهادی، اثر معناداری بر رشد ندارد. الکساندرووا و همکاران (Aleksandrova et al., 2022) نیز در یک رویکرد سه‌گانه، بیان می‌دارند که اثر دیجیتالی‌سازی در بسترهایی قابل مشاهده است که محیط نهادی قوی و آمادگی دیجیتال کافی در جامعه وجود داشته باشد.

دیجیتالی‌سازی همچنین با توانمندسازی کسب‌وکارهای کوچک و متوسط (SMEs)، تسهیل منابع مالی جایگزین و ارتقای بهره‌وری عملیاتی، در کاهش شکاف‌های مالی و نهادی مؤثر است (Maiti and Kayal, 2017). در پژوهشی دیگر، شیباتا (Shibata, 2022) نشان می‌دهد که دیجیتالی‌سازی در ژاپن توانسته است به بهبود محیط‌های کاری و توسعه پایدار کمک کند، هرچند با چالش‌هایی نظیر تشدید فشار شغلی، شکاف دیجیتال و افزایش نظارت همراه بوده است. در سطح منطقه‌ای نیز مطالعاتی مانند برودنی و توتاکی (Brodny and Tutak, 2022) و بویکوا و همکاران (Boikova et al., 2021) به تحلیل تفاوت‌های سطح دیجیتالی‌سازی در میان کشورهای اروپایی پرداخته‌اند. آن‌ها تأکید می‌کنند که شاخص‌هایی نظیر ثبات اقتصاد کلان، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D)، باز بودن تجاری و سیاست‌های نوآوری، عوامل کلیدی در استفاده اثربخش از دیجیتالی‌سازی برای رشد اقتصادی محسوب می‌شوند.

بحث درباره رابطه میان توسعه مالی و رشد اقتصادی، سابقه‌ای طولانی در ادبیات اقتصادی دارد. شومپتر و سوندبرگ (Schumpeter and Swedberg, 2021)، در یکی از نخستین نظریه‌های کلاسیک، بر این باور بود که یک نظام مالی توسعه‌یافته، از طریق تسهیل فرآیند نوآوری و تخصیص کارآمد منابع، به رشد اقتصادی منجر می‌شود. در چارچوب نظریه مالی شومپتر و سوندبرگ (Schumpeter and Swedberg, 2021) و فرضیه عرضه‌محور، توسعه مالی از طریق تجهیز منابع، تسهیل اعتباردهی و افزایش سرمایه‌گذاری‌های مولد، نقش مهمی در تحقق رشد و پایداری اقتصادی ایفا می‌کند. با این حال، ادبیات اخیر بر رابطه غیرخطی بین توسعه مالی و پایداری تأکید دارد که در این مطالعه نیز مدنظر قرار گرفته است (Asteriou and Spanos, 2019; Ibrahim and Alagidede, 2019).

2018). در ادامه، پاتریک (Patrick, 1966)، با ارائه دو فرضیه‌ی مهم عرضه‌محور^۱ و تقاضا‌محور^۲ تعامل میان توسعه مالی و رشد اقتصادی را در مراحل مختلف توسعه کشورها مورد تحلیل قرار داد. در چارچوب فرضیه عرضه‌محور، توسعه بخش مالی به‌عنوان پیشران رشد پایدار اقتصادی عمل می‌کند. بر این اساس، ایجاد نهادهای مالی و گسترش ابزارهای مالی پیش از رشد تولید ناخالص داخلی صورت می‌گیرد و آن را تحریک می‌کند. در مقابل، فرضیه تقاضا‌محور معتقد است که افزایش تقاضای اقتصادی به توسعه بخش مالی منجر می‌شود؛ یعنی رشد اقتصادی پیش‌نیاز گسترش نظام مالی است.

مطالعات تجربی متعددی این فرضیه‌ها را در بسترهای جغرافیایی و اقتصادی مختلف مورد آزمون قرار داده‌اند. برای مثال، فتای (Fetai, 2018) با بررسی کشورهای در حال گذار اروپایی همچون روسیه و ترکیه، وجود رابطه مثبت بین شاخص‌های توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی را تأیید کرده است. پژوهش‌های لوین (Levine, 1997) و آریستیس و دمتریادس (Arestis and Demetriades, 1997) نیز بر اهمیت میزان دسترسی به نهادهای مالی، کارایی و ثبات نظام مالی در تبیین تفاوت‌های عملکرد اقتصادی کشورها تأکید کرده‌اند. در کشورهای با درآمد پایین، بیست (Bist, 2018) طی مطالعه‌ای روی ۱۶ کشور آفریقایی و غیرآفریقایی، نشان داد که توسعه مالی دارای تأثیر مثبت بلندمدت بر رشد اقتصادی است. به‌طور مشابه، ابراهیم و الاگیدده (Ibrahim and Alagidede, 2018) رابطه بین توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی را در ۲۹ کشور جنوب صحرای آفریقا از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۴ بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که تقویت نظام مالی به افزایش تولید ناخالص داخلی منجر می‌شود.

شواهد از کشورهای آسیایی نیز از این رابطه حمایت می‌کنند. مطالعات ارن و همکاران (Eren et al., 2019) در هند نشان داد که توسعه مالی نه تنها رشد اقتصادی را ارتقا می‌دهد، بلکه بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر نیز اثرگذار است. در همین راستا، آستریو و اسپانوس (Asteriou and Spanos, 2019) در تحلیل بحران مالی اخیر اروپا به این نتیجه رسیدند که توسعه مالی پیش از بحران موجب تقویت تولید ناخالص داخلی شده، اما پس از بحران اثرات منفی برجای گذاشته و باعث کندشدن رشد اقتصادی شده است.

در سطح کلان‌تر، مطالعاتی مانند امطار و بلاسرگ (Mtar and Belazreg, 2021) با استفاده از رویکرد پانل VAR در کشورهای OECD، رابطه علی یک‌طرفه از رشد اقتصادی به سمت توسعه مالی را برای ۲۷ کشور عضو OECD در بازه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ شناسایی کرده‌اند و هم‌زمان فرضیه خنثی بودن اثر توسعه مالی بر نوآوری و تولید ناخالص داخلی را نیز در برخی مسیرها تأیید کرده‌اند.

مطالعاتی نظیر زریبی و همکاران (Zeraibi et al., 2021) و مالارویژی و همکاران (Malarvizhi et al., 2019) نیز تأکید دارند که توسعه مالی از طریق تأمین مالی پروژه‌های نوآورانه و انرژی‌های پاک، می‌تواند هم رشد اقتصادی و هم کاهش اثرات زیست‌محیطی را تسهیل کند؛ هرچند یافته‌ها در این زمینه متفاوت‌اند. به‌عنوان مثال، زریبی و همکاران گزارش داده‌اند که توسعه مالی در برخی کشورها موجب افزایش ردپای زیست‌محیطی شده است، در حالی که نوآوری تجدیدپذیر آثار معکوس داشته‌اند.

در بستر کشورهای منطقه خاورمیانه و شورای همکاری خلیج فارس^۱، گازدار و همکاران (Gazdar et al., 2019) نشان دادند که توسعه نظام مالی اسلامی می‌تواند نقش واسطه‌ای در کاهش اثرات نوسانات قیمتی نفت و ارتقای رشد اقتصادی ایفا کند. در سطح کشور، پژوهش‌هایی مانند محی‌الدین و همکاران (Mohieldin et al., 2019) در مصر و چن و همکاران (Chen et al., 2020) در کنیا نیز تأیید می‌کنند که بین نسبت نقدینگی و تولید ناخالص داخلی رابطه مثبت وجود دارد، اگرچه این رابطه می‌تواند در کوتاه‌مدت یا بلندمدت، جهت‌های متفاوتی به خود بگیرد.

نتایج مطالعات جدیدتر در کشورهای نوظهور از جمله چین نیز نشان می‌دهد که توسعه مالی تأثیر معناداری بر رشد تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای دارد. در همین راستا، مطالعاتی که از چارچوب‌های غیرخطی و مدل‌های نامتقارن بهره گرفته‌اند، نشان می‌دهند که رابطه میان توسعه مالی و رشد اقتصادی می‌تواند به شرایط ساختاری و نهادی کشور بستگی داشته باشد و لزوماً خطی یا ثابت نباشد (Wang et al., 2019).

سرمایه‌گذاری سبز^۲، بنا بر تعریف ارائه‌شده توسط موسی و همکاران (Musah et al., 2022)، به سرمایه‌گذاری در پروژه‌ها یا کسب‌وکارهایی اطلاق می‌شود که با هدف حفظ منابع طبیعی، تولید و ارتقای انرژی‌های جایگزین، حفاظت از هوا و آب و اجرای سایر اقدامات زیست‌محیطی پایدار انجام می‌شوند. در این نوع سرمایه‌گذاری، رعایت مقررات زیست‌محیطی، ارتقاء مسئولیت اجتماعی بنگاه‌ها و خلق منافع اجتماعی ملموس در اولویت قرار دارد؛ از این رو، می‌توان آن را نوعی سرمایه‌گذاری اجتماعی - اخلاقی نیز تلقی کرد.

بر اساس دیدگاه پورتر و لینده (Porter and Linde, 1995)، هر اقدامی که به بهبود کیفیت محیط‌زیست بی‌انجامد، می‌تواند در زمره سرمایه‌گذاری سبز قرار گیرد. نظریه رشد سبز و فرضیه پورتر تأکید دارند که سرمایه‌گذاری در پروژه‌های زیست‌محیطی و منابع تجدیدپذیر نه تنها به کاهش آلاینده‌گی

1. GCC

2. Green Investment

کمک می‌کند، بلکه بهره‌وری و نوآوری را نیز ارتقاء می‌دهد (Shen et al., 2021). در کشورهای در حال توسعه و نفتی، با توجه به شدت مصرف انرژی و ساختار نهادی، اثربخشی سرمایه‌گذاری سبز نیازمند بستر نهادی مناسب است (Deng et al., 2024; Hung, 2025). این رویکرد با نتایج پژوهش خبو و همکاران (Xu et al., 2017) هم‌راستا بوده و تأکید دارند سرمایه‌گذاری سبز با کاهش وابستگی به منابع انرژی مخرب نظیر زغال‌سنگ و سایر سوخت‌های فسیلی، می‌تواند نقشی مؤثر در گذار به اقتصاد کم‌کربن ایفا کند. مطالعه‌ای توسط داودی و همکاران (Davoodi et al., 2025) نشان می‌دهد که هم‌افزایی میان تأمین مالی سبز و نوآوری سبز می‌تواند در کاهش ریسک‌پذیری سرمایه‌گذاری‌ها و هدایت منابع به سمت پروژه‌های پایدار مؤثر باشد، به‌ویژه زمانی که نهادهای مالی نقش فعالی در ساختاردهی به این پروژه‌ها ایفا کنند.

از این منظر، هرگونه هزینه‌کردی که به ارتقای بهره‌وری فرآیند تولید، کاهش مصرف منابع و بهبود عملکرد زیست‌محیطی منجر شود، در زمره سرمایه‌گذاری‌های سبز قرار می‌گیرد. حوزه‌هایی مانند بهره‌وری انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، بازیافت و فرآوری پسماند، تصفیه آب، کنترل آلاینده‌های صنعتی، حفاظت از تنوع زیستی و مقابله با آثار تغییرات اقلیمی، همگی مصادیق بارز چنین سرمایه‌گذاری‌هایی هستند.

با وجود آن‌که ادبیات علمی درباره نقش سرمایه‌گذاری سبز همچنان در حال گسترش است، اما منابع موجود در این زمینه نسبتاً محدود باقی مانده‌اند (Shen et al., 2021). با این حال، شماری از پژوهش‌ها به‌ویژه در دهه اخیر، اهمیت آن را در ترویج رشد سبز، کاهش تخریب زیست‌محیطی و تحقق اهداف توسعه پایدار تأیید کرده‌اند (Sun et al., 2022; Gao and Zheng, 2017).

تعدادی از این مطالعات به بررسی رابطه‌های پیش‌نگر و پس‌نگر^۱ میان سرمایه‌گذاری سبز و تولید ناخالص داخلی پرداخته‌اند که نتایج آن‌ها گاه متناقض بوده است. برای مثال، لوکانن و همکاران (Luukkanen et al., 2019) با بهره‌گیری از چارچوب پنجره پایداری^۲، نشان دادند که موضوعاتی چون آب و بهداشت، در مقایسه با انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، به شیوه‌ای پایدارتر مدیریت شده‌اند. سائونیلّا و همکاران (Saunila et al., 2018) در مطالعه‌ای انگیزه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از نوآوری‌های سبز را بررسی کرده و دریافتند که هرچه ارزش‌های اقتصادی، نهادی و اجتماعی در یک بنگاه بیشتر باشد، احتمال بیشتری برای گرایش به نوآوری‌های سبز وجود دارد.

1. Lead-Lag

2. Sustainability Window

یافته‌های آنان همچنین نشان می‌دهد که مشوق‌های اقتصادی و نهادهای قانون‌گذار، می‌توانند موجب تحریک نوآوری‌هایی شوند که از منظر پایداری اجتماعی نیز ارزش‌آفرین هستند.

در مطالعات موردی کشور چین، وانگ و همکاران (Wang et al., 2018) اثبات کردند که سرمایه‌گذاری سبز در شرکت‌هایی با هیئت‌مدیره دارای ارتباطات سیاسی، افزایش یافته است. با این حال، این رابطه در بسترهای با درجه بالای بازارگرایی^۱ تضعیف می‌شود؛ نکته‌ای که نشان‌دهنده نقش منطق نهادی در تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی است.

در همین راستا، سان و همکاران (Sun et al., 2022) با بررسی روابط علی پویا میان سرمایه‌گذاری سبز، انرژی پاک، توسعه اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی، به این نتیجه رسیدند که اگرچه هر دو عامل در کاهش آلودگی مؤثرند، اما اثربخشی آن‌ها به سطوح مختلف انتشار آلاینده‌ها (پایین، متوسط، بالا) بستگی دارد. در مطالعه‌ای دیگر، اندریاستوتی و چاریری (Indriastuti and Chariri, 2021) ارتباط میان سرمایه‌گذاری سبز و مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها^۲ را تحلیل کرده‌اند. نتایج آن‌ها حاکی از آن است که هر دو متغیر یادشده تأثیر مثبتی بر رشد مالی و توسعه پایدار دارند، اگرچه این تأثیر لزوماً در عملکرد مالی بلندمدت شرکت‌ها قابل‌مشاهده نیست.

در سطح نظری، گائو و ژنگ (Gao and Zheng, 2017) بیان می‌کنند که دغدغه‌های زیست‌محیطی از سوی نهادهای ناظر، لزوماً منجر به رفتار سبز از سوی بنگاه‌ها نمی‌شود. به باور آنان، سطح سرمایه‌گذاری سبز به نحوه تعامل عوامل بازار، ساختارهای عملیاتی شرکت‌ها و سطح حساسیت عمومی نسبت به محیط‌زیست بستگی دارد. یافته‌های آن‌ها همچنین بر اهمیت افزایش آگاهی زیست‌محیطی مشتریان، به‌عنوان راهبردی مؤثر در جهت تشویق بنگاه‌ها به رفتارهای سبز، تأکید دارند. مطالعه آزام (Azam, 2019) نیز ضمن بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و عوامل تعیین‌کننده آن، بر وجود روابط علی دوسویه میان مصرف انرژی، آلودگی، سرمایه‌گذاری، سرمایه انسانی و توسعه مالی تأکید می‌کند. او خاطر نشان می‌سازد که گرچه این عوامل موجب رشد اقتصادی می‌شوند، اما تخریب محیط‌زیست می‌تواند این روند را با موانعی مواجه سازد. بر این اساس، یافته‌های محسن و همکاران (Mohsin et al., 2021) نیز نشان می‌دهند که بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش انتشار کربن رابطه‌ای معنادار وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که افزایش ۱ درصدی در مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، به کاهش ۰/۱۹۳ درصدی در انتشار CO₂ منجر می‌شود.

روخماواتی (Rokhmawati, 2021) در تحلیلی تطبیقی درباره اندونزی، تأثیر سرمایه‌گذاری سبز، مالکیت خارجی و صادرات را بر رقابت‌پذیری بررسی کرده است. وی دریافته است که اگرچه سرمایه‌گذاری سبز موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود، اما اثر مثبت معناداری بر رقابت‌پذیری اقتصادی نداشته است. نینگ و همکاران (Ning et al., 2023) نیز با تمرکز بر ابزارهای مالی سبز، نقش اوراق قرضه سبز را در رشد اقتصادی و افزایش بهره‌وری انرژی بررسی کرده‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که بانک‌های سبز، از طریق تأمین مالی پروژه‌های بهره‌وری انرژی، در ارتقای عملکرد اقتصادی مؤثر بوده‌اند. در این میان، وام‌های بانکی نیز همچنان رایج‌ترین ابزار تأمین مالی چنین پروژه‌هایی محسوب می‌شوند.

مطالعه زهور و همکاران (Zahoor et al., 2022) در چین نیز تأیید می‌کند که سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک، علاوه بر کاهش انتشار CO₂ و ردپای زیست‌محیطی، به رشد اقتصادی کمک می‌کند؛ یافته‌ای که مؤید نقش دوگانه این سرمایه‌گذاری‌ها در اقتصاد و محیط‌زیست است. همچنین، شن و همکاران (Shen et al., 2021) با تمرکز بر درآمد حاصل از منابع طبیعی، سرمایه‌گذاری سبز، توسعه مالی و مصرف انرژی، نشان دادند که در حالی که مصرف انرژی و توسعه مالی با افزایش انتشار CO₂ همراه‌اند، سرمایه‌گذاری سبز می‌تواند تأثیر معکوس و کاهنده‌ای داشته باشد. در یک مطالعه منطقه‌ای، شنگ و همکاران (Sheng et al., 2021) افزایش سرمایه‌گذاری‌های سبز در استان‌های مختلف چین را بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷ بررسی کرده‌اند. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که عواملی مانند سطح تولید ناخالص داخلی، ساختار سرمایه‌گذاری سبز، رقابت منطقه‌ای و نحوه تخصیص منابع، اثرات متفاوتی در مناطق گوناگون بر جای گذاشته‌اند؛ که بیان‌گر اهمیت تحلیل‌های فضایی و زمانی در سیاست‌گذاری‌های توسعه سبز است.

در جمع‌بندی مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان بیان کرد که مرور ادبیات موجود نشان می‌دهد متغیرهای دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز، هر یک به‌طور مستقل در مطالعات متعددی به‌عنوان عوامل مؤثر بر توسعه اقتصادی یا پایداری زیست‌محیطی معرفی شده‌اند. با این حال، تحلیل هم‌زمان و ساختاریافته این سه متغیر در یک چارچوب تجربی یکپارچه، به‌ویژه در بستر کشوری با ساختار اقتصادی خاص مانند ایران، بسیار محدود و پراکنده باقی مانده است.

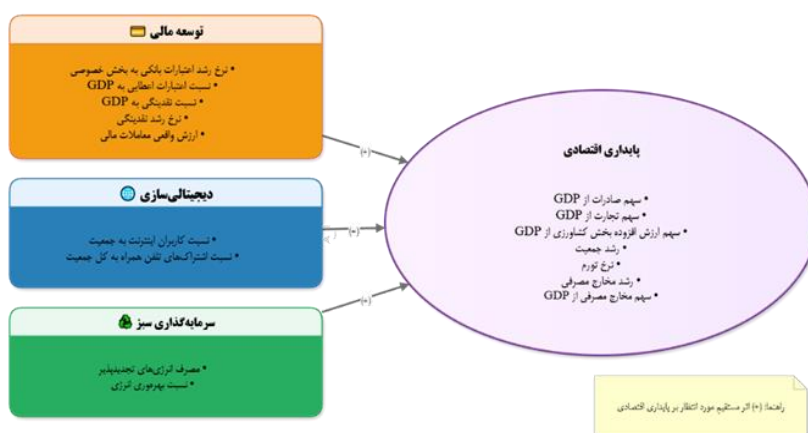
اگرچه ادبیات پیشین به نقش نظری سرمایه‌گذاری سبز در کاهش آلاینده‌ها و بهبود شاخص‌های زیست‌محیطی پرداخته است، اما بررسی‌های تجربی در بستر ایران حاکی از آن است که این عامل، در مقایسه با دیجیتالی‌سازی و توسعه مالی، نقش تعیین‌کننده کمتری در ارتقای پایداری اقتصادی ایفا می‌کند. یافته‌های پژوهش حاضر نیز مؤید همین نکته است.

بیشتر مطالعات تمرکز خود را بر تأثیر ابزارهای تأمین مالی سبز یا نوآوری‌های فناوریانه خاص قرار داده‌اند، بدون آن‌که تصویر جامع و تعاملی از نقش کلان متغیرهای نهادی و فناوریانه در پایداری اقتصادی ارائه کنند. علاوه بر این، غالب این پژوهش‌ها مبتنی بر مدل‌های ایستا و خطی هستند که قادر به درک پیچیدگی روابط علی، پویایی‌های زمانی و اثرات نامتقارن در شرایط واقعی اقتصادهای شکننده نیستند. در این میان، دو مؤلفه دیجیتالی‌سازی و توسعه مالی، در ادبیات جدید به‌عنوان محرک‌های اصلی تحول ساختاری اقتصادهای نوظهور شناخته شده‌اند. دیجیتالی‌سازی با بهبود بهره‌وری، ارتقاء شفافیت، گسترش زیرساخت‌های ارتباطی و ارتقای دسترسی به خدمات مالی، بستری مؤثر برای تقویت تاب‌آوری و رشد اقتصادی فراهم می‌کند. توسعه مالی نیز با تجهیز منابع، کاهش موانع سرمایه‌گذاری، و تسهیل فرآیندهای اعتباری، نقش کلیدی در تأمین مالی نوآوری‌ها و ارتقای پایداری ایفا می‌کند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی - توسعه‌ای است که باهدف بررسی اثر سه متغیر کلیدی (اقتصاد دیجیتالی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز) بر پایداری اقتصادی ایران انجام شده است. تمرکز پژوهش بر طراحی یک شاخص ترکیبی برای پایداری اقتصادی و بررسی روابط علی میان متغیرها در یک چارچوب سری زمانی است. دوره زمانی مورد بررسی، داده‌های سالانه ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۲ خواهد بود که از پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی و بانک مرکزی ج.ا.ایران جمع‌آوری شده است.

مدل مفهومی برگرفته از مطالعه منابع معتبر ادبیات پژوهش به‌خصوص هانگ (Hung et al., 2022)، به صورت شکل (۱) است:



شکل (۱) مدل مفهومی اثر توسعه مالی، دیجیتالی‌سازی و سرمایه‌گذاری سبز بر پایداری اقتصادی

Figure (1) Conceptual model The effect of financial development, digitalization, and green investment on economic sustainability

مدل رگرسیونی استفاده‌شده در پژوهش به صورت رابطه (۱) بیان شده است:

$$PES_T = \alpha + \beta_1 FINANC_t + \beta_2 FINANC2_t + \beta_3 DIGITAL_t + \beta_4 GREENINV_t + \varepsilon_t \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، PES شاخص ترکیبی پایداری اقتصادی (متغیر وابسته)، FINANC شاخص توسعه مالی، FINANC² توان دوم توسعه مالی برای بررسی رابطه غیرخطی، DIGITAL شاخص دیجیتالی‌سازی، GREENINV شاخص سرمایه‌گذاری سبز، ε جمله خطا. برای ترکیب متغیرهای مرتبط با پایداری اقتصادی از تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ استفاده شده است. برای بررسی وجود ریشه واحد و مانایی^۲ متغیرها از آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته^۳ استفاده شده است. پس از تایید ریشه واحد، برای بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها از آزمون هم‌جمعی^۴ انگل - گرنجر استفاده شده است.

در این پژوهش، برای ساخت شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی، توسعه مالی، دیجیتالی‌شدن و سرمایه‌گذاری سبز، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. این روش با کاهش ابعاد داده‌ها و رفع هم‌خطی میان متغیرها، امکان ورود شاخص‌های استانداردشده به مدل رگرسیونی و حفظ بیشترین اطلاعات آماری را فراهم می‌کند. بهره‌گیری از تحلیل مؤلفه‌های اصلی باعث افزایش دقت شاخص‌سازی و تحلیل اقتصادسنجی شده و از سوگیری ذهنی پژوهش‌گر جلوگیری می‌کند. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شاخص کیفیت Communalities نشان می‌دهد هر مؤلفه استخراج‌شده چه میزان از واریانس متغیرهای اصلی را توضیح می‌دهد.

$$Communalit y_i = j = 1 \sum k (loading_{ij})^2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن، $loading_{ij}$ بار عاملی^۵ متغیر i در مؤلفه و k تعداد مؤلفه‌های نگهداری‌شده (retained) است.

جدول (۱) تفسیر مقادیر مختلف شاخص کیفیت مدل مؤلفه‌های اصلی Communalit y

Table (1) Interpretation of different values of the Communalit y Principal Components Model Quality Index

مقدار Communalit y	تفسیر
> 0.70	بسیار خوب
$0.50 - 0.70$	قابل قبول
< 0.50	ضعیف؛ نشان‌دهنده ضعف مدل در توضیح متغیر

1. PCA
2. Stationarity
3. ADF
4. Cointegration
5. Factor Loading

از مهم‌ترین کاربرد شاخص کیفیت مدل^۱ در تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌توان به این موارد اشاره کرد:

ارزیابی کفایت مدل: اگر این شاخص کیفیت مدل برای بسیاری از متغیرها پایین باشد، نشان‌دهنده این است که مؤلفه‌های استخراج‌شده به‌خوبی ساختار داده را توضیح نمی‌دهند.

تصمیم درباره نگه‌داشتن یا حذف متغیرها: اگر یک متغیر کیفیت مدل بسیار پایین مثلاً کمتر از ۰/۳ دارد، ممکن است بهتر باشد از مدل حذف شود، چون در شاخص‌سازی نقش مؤثری ندارد.

وزن‌دهی در ساخت مؤلفه‌ها: متغیرهایی با کیفیت مدل بالا وزن بیشتری در مؤلفه‌ها می‌گیرند. همچنین، خروجی اصلی روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا تحلیل عاملی، ماتریس بارهای عاملی چرخش‌یافته^۲ است که نشان می‌دهد هر متغیر اصلی، چه سهمی در هر مؤلفه استخراج‌شده دارد. به زبان ساده، این ماتریس کمک می‌کند تا بفهمیم کدام متغیرها در شکل‌گیری هر مؤلفه نقش بیشتری دارند و هر مؤلفه نماینده چه نوع ساختاری از داده‌ها است. لازم به ذکر است در ماتریس بارهای عاملی چرخش‌یافته، با استفاده از چرخش (معمولاً Varimax)، ترکیب مؤلفه‌ها به‌گونه‌ای ساده‌سازی می‌شود که هر متغیر فقط روی یکی از مؤلفه‌ها بار زیادی دارد در نتیجه، تفسیر مؤلفه‌ها آسان‌تر و شفاف‌تر می‌شود.

هر عدد در ماتریس چرخش‌یافته، یک بار عاملی است. این عدد نشان می‌دهد که همبستگی بین یک متغیر و یک مؤلفه خاص چقدر است. محدوده مقادیر بین -۱ تا +۱ است. با مشاهده اینکه کدام متغیرها بارهای بالایی روی یک مؤلفه دارند، می‌توان برچسب معنایی برای آن مؤلفه تعیین کرد.

جدول (۲) سطح بندی بار عاملی

Table (2) Factor load leveling

تفسیر	مقدار بار عاملی
بسیار قوی	$0.70 > \text{یا} < -0.70$
قابل قبول	$0.50 - 0.70$
ضعیف و ممکن است نادیده گرفته شود	< 0.30

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

این بخش به بررسی و تحلیل یافته‌های تجربی پژوهش اختصاص دارد. ساختار تحلیل به‌صورت مرحله‌ای به این صورت تنظیم شده است: در گام نخست، شاخص‌های ترکیبی برای متغیر وابسته یعنی

1. Communalities

2. Rotated Component Matrix

ثبات و پایداری اقتصادی و سه متغیر مستقل شامل توسعه مالی، دیجیتالی‌شدن و سرمایه‌گذاری سبز ساخته می‌شود. این شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استخراج شده‌اند و ساختار و روند زمانی آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله دوم، ویژگی مانایی متغیرهای پژوهش با بهره‌گیری از آزمون‌های ریشه واحد بررسی می‌شود و متناسب با نتایج حاصل، تحلیل‌های آماری متناسب با وضعیت مانایی یا نامانایی متغیرها صورت می‌پذیرد. در گام سوم، رابطه بلندمدت میان متغیرها با استفاده از تکنیک‌های هم‌جمعی تحلیل می‌شود. در پایان، نتایج کلیدی پژوهش مورد بحث قرار گرفته و پیشنهادهای سیاستی مبتنی بر یافته‌ها ارائه خواهد شد.

در ابتدا می‌خواهیم به تشریح تعریف عملیاتی متغیرها و نحوه ساخت شاخص متغیرهای ثبات و پایداری اقتصادی (PES)، توسعه مالی (FINANC)، دیجیتالی‌شدن (DIGITAL) و سرمایه‌گذاری سبز (GREENINV) بپردازیم. **جدول (۳)** تعریف عملیاتی متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول (۳) تعریف عملیاتی متغیرها

Table (3) Operational definition of variables

متغیر	تعریف مفهومی	تعریف عملیاتی / شاخص‌ها	منبع داده
پایداری اقتصادی (PES)	ترکیب پایداری رشد، اشتغال، مالی و زیست‌محیطی	ترکیب ۶ شاخص از جمله تورم، بیکاری، GINI، شدت انرژی، نرخ رشد	داده‌های ملی و محاسبه از طریق PCA
توسعه مالی (FD)	میزان عمق، دسترسی و کارایی بازارهای مالی	پنج شاخص شامل: حجم نقدینگی به تولید ناخالص داخلی، تسهیلات بانکی، بدهی دولتی، وام به بخش خصوصی	بانک مرکزی و مرکز آمار ایران
دیجیتالی‌سازی (DIG)	میزان گسترش فناوری اطلاعات در کشور	درصد کاربران اینترنت، درصد استفاده تلفن همراه	گزارش‌های رسمی وزارت ICT
سرمایه‌گذاری سبز (GI)	سرمایه‌گذاری در پروژه‌های کاهش‌دهنده آلاینده‌گی	حجم سرمایه‌گذاری‌های بخش انرژی‌های تجدیدپذیر	ترازنامه انرژی و وزارت نیرو

برای ساخت شاخص ثبات و پایداری اقتصادی، از مجموعه‌ای از متغیرهای کلان اقتصادی استفاده شده است که در ادبیات نظری و تجربی به‌عنوان نمایندگان ابعاد مختلف پایداری اقتصادی معرفی شده‌اند. این متغیرها شامل صادرات و تجارت خارجی، رشد جمعیت، تورم، ارزش افزوده بخش کشاورزی و مصرف نهایی هستند. بر اساس مطالعات پیشین (Hung, 2023)، این شاخص‌ها نمایان‌گر پویایی،

تبادل ساختاری و فشارهای داخلی اقتصاد هستند. برای ترکیب آن‌ها، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است تا یک شاخص ترکیبی با وزن‌دهی مبتنی بر واریانس تبیین‌شده ساخته شود.

جدول (۴) متغیرهای شاخص سازی ثبات و پایداری اقتصادی (Hung, 2023)

Table (4) Economic stability and sustainability indexing variables (Hung, 2023)

شرح متغیرها	علائم اختصاری متغیرها
صادرات کالاها و خدمات به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی	ExportPer
سهم تجارت از تولید ناخالص داخلی معادل جمع صادرات و واردات کالاها و خدمات به‌عنوان سهمی از تولید ناخالص داخلی	TradePer
ارزش افزوده بخش کشاورزی، جنگلداری و ماهیگیری به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی	AgrValuAddPer
رشد سالانه جمعیت	Popgrowth
نرخ تورم، اندازه‌گیری شده با شاخص قیمت مصرف‌کننده به‌صورت درصد سالانه	Inflation
رشد سالانه مخارج نهایی مصرفی (بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۰)	expenditureGrowth
مخارج نهایی مصرفی به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی (بر اساس قیمت‌های ثابت ۲۰۱۰)	expenditurePerGDP

بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده برای اقتصاد ایران، یافته‌های زیر به‌دست‌آمده است. نتیجه محاسبات، شاخص کیفیت مدل به شکل جدول (۵) گزارش شده است.

جدول (۵) شاخص کیفیت مدل برای متغیرهای شاخص ثبات و پایداری اقتصادی

Table (5) Model quality indices for the economic stability and sustainability index variables

متغیر	واریانس توضیح داده شده	تفسیر شاخص
Export	۰/۸۵۱	بسیار خوب
Trade	۰/۵۴۴	قابل قبول
AgrValuAdd	۰/۷۴۷	بسیار خوب
PopulationGrowth	۰/۷۰۹	بسیار خوب
Inflation	۰/۷۸۳	بسیار خوب
ExpenditureGrowth	۰/۵۵۰	قابل قبول
ExpenditurePerGDP	۰/۸۲۶	بسیار خوب

در مجموع این جدول حاکی از آن است که مؤلفه‌های استخراج‌شده توانسته‌اند بیش از ۷۰ درصد واریانس اکثر متغیرها را جذب کنند که نشان از کفایت مدل است. تنها Trade و

ExpenditureGrowth در وضعیت بسیار خوب قرار ندارند ولی قابل قبول هستند. گزارش تعداد مؤلفه‌های استخراج‌شده و واریانس تبیین‌شده به صورت **جدول (۶)** است:

جدول (۶) تعداد مؤلفه‌های استخراج‌شده و واریانس تبیین‌شده

Table (6) Number of extracted components and explained variance

مؤلفه	واریانس تبیین‌شده	درصد تجمعی
مؤلفه اول	۴۳/۳٪	۴۳/۳٪
مؤلفه دوم	۲۸/۳٪	۷۱/۶٪

دو مؤلفه استخراج‌شده با هم بیش از ۷۱ درصد از کل اطلاعات متغیرهای اقتصادی را در خود خلاصه کرده‌اند. این سطح از واریانس توضیح‌داده‌شده برای شاخص‌سازی بسیار خوب است. ماتریس بارهای عاملی چرخش‌یافته برای شاخص‌سازی پایداری اقتصادی در **جدول (۷)** گزارش شده است. بر اساس محاسبات انجام‌شده، دو مؤلفه اصلی از میان متغیرهای اقتصادی استخراج شده است که هر یک نماینده ابعاد متفاوتی از پایداری اقتصادی هستند. مؤلفه نخست که می‌توان آن را پایداری ساختاری و تعادل داخلی نامید، بیشترین بار عاملی را از متغیرهای مخارج نهایی مصرفی به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی با ضریب ۰/۹۰۶، صادرات کالاها و خدمات به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی با ضریب منفی ۰/۸۹۴، سهم تجاری از تولید ناخالص داخلی با ضریب منفی ۰/۷۲۹ و ارزش افزوده بخش کشاورزی با ضریب ۰/۷۱۳ دریافت کرده است. این مؤلفه مجموعه‌ای از شاخص‌هایی را در بر می‌گیرد که عمدتاً با ساختار تولید، فعالیت‌های تجاری بین‌المللی و سهم مصرف در اقتصاد مرتبط هستند. بر این اساس، مؤلفه اول را می‌توان به‌عنوان نماینده‌ای از بعد ساختاری پایداری اقتصادی و وضعیت تعامل اقتصاد با بخش خارجی تفسیر کرد.

در مقابل، مؤلفه دوم که از آن با عنوان نوسانات اقتصاد داخلی و فشارهای درونی یاد می‌شود، بیشترین بار عاملی را از متغیرهای نرخ تورم با ضریب ۰/۸۸۰، رشد سالانه مخارج نهایی مصرفی با ضریب منفی ۰/۷۳۴ و رشد جمعیت با ضریب منفی ۰/۶۹۱ دریافت کرده است. این مؤلفه عمدتاً بازتاب‌دهنده ناپایداری‌های اقتصادی و اجتماعی درونی نظیر نوسان در قیمت‌ها، تغییرات جمعیتی و بی‌ثباتی در الگوی مصرف خانوارهاست. بنابراین، این مؤلفه می‌تواند به‌عنوان شاخصی از فشارهای داخلی مؤثر بر پایداری اقتصادی کشور شناخته شود.

جدول (۷) ماتریس بارهای عاملی چرخش‌یافته برای شاخص‌سازی پایداری اقتصادی

Table (7) Rotated factor loadings matrix for the construction of the economic sustainability index

متغیر	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	تفسیر
Export	-۰/۸۹۴	۰/۲۲۶	سهم زیاد در مؤلفه اول (منفی)
Trade	-۰/۷۲۹	۰/۱۱۵	مؤلفه اول
AgrValuAdd	۰/۷۱۳	۰/۴۸۸	بیشتر در مؤلفه اول
PopulationGrowth	۰/۴۸۱	-۰/۶۹۱	مؤلفه دوم
Inflation	۰/۰۹۰	۰/۸۸۰	مؤلفه دوم
ExpenditureGrowth	۰/۱۰۷	-۰/۷۳۴	مؤلفه دوم
	۰/۹۰۶	-۰/۰۷۴	مؤلفه اول

برای ساخت شاخص ثبات و پایداری اقتصادی، ابتدا باید بر اساس ضرایب Component Score Coefficient Matrix مقادیر مؤلفه‌ها محاسبه کنیم. تا از ترکیب وزنی دو مؤلفه شاخص ثبات و پایداری اقتصادی به دست آید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقادیر دو مؤلفه $FAC1_2_i$ و $FAC2_2_i$ از رابطه (۳) و رابطه (۴) محاسبه شدند.

$$FAC1_2_i = -0.300 \times Export_i - 0.249 \times Trade_i + 0.277 \times AgrValuAdd_i + 0.129 \times PopulationGrowth_i + 0.081 \times Inflation_i - 0.004 \times ExpenditureGrowth_i + 0.313 \times ExpenditurePerGDP_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$FAC2_2_i = +0.060 \times Export_i + 0.015 \times Trade_i + 0.277 \times AgrValuAdd_i - 0.308 \times PopulationGrowth_i + 0.432 \times Inflation_i - 0.350 \times ExpenditureGrowth_i + 0.015 \times ExpenditurePerGDP_i \quad \text{رابطه (۴)}$$

حال برای ساخت شاخص ترکیبی نهایی پایداری اقتصادی، از آنجا که مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۴۳/۳ درصد و ۲۸/۳ درصد از واریانس کل را توضیح داده‌اند، مجموع آن‌ها ۷۲ درصد است؛ بنابراین، وزن‌دهی به مؤلفه‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی به این صورت است.

$$PES_i = \left(\frac{43.3}{71.6}\right) \times FAC1_2_i + \left(\frac{28.3}{71.6}\right) \times FAC2_2_i \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$PES_i = 0.061 \times FAC1_2_i + 0.39 \times FAC2_2_i \quad \text{رابطه (۶)}$$

با رابطه (۵) و رابطه (۶)، شاخص پایداری اقتصادی با متغیرهای اولیه ساخته شدند تا تاثیر متغیرهای مستقل پژوهش موردبررسی قرار گیرد.

جدول (۸) شاخص کیفیت مدل برای متغیرهای شاخص پایداری اقتصادی

Table (8) Model quality indices for the economic sustainability indicator variables

متغیر	واریانس توضیح داده شده	تفسیر شاخص
InternetPer	۰/۹۸۴	بسیار خوب
MobilePer	۰/۹۸۴	بسیار خوب

جدول (۹) متغیرهای شاخص سازی دیجیتالی شدن (Hung, 2023)

Table (9) Variables for digitalization indexing (Hung, 2023)

علائم اختصاری	شرح متغیرها
InternetPer	نسبت کاربران اینترنت به کل جمعیت
MobilePer	نسبت اشتراک‌های تلفن همراه به کل جمعیت

برای ساخت شاخص دیجیتالی شدن در ادامه فرآیند شاخص سازی متغیرهای پژوهش، از دو متغیر کلیدی استفاده شده است که در ادبیات نظری و مطالعات بین المللی نیز به عنوان مهم ترین شاخص های توسعه دیجیتال شناخته می شوند. این متغیرها عبارت از نسبت کاربران اینترنت به کل جمعیت^۱ و نسبت اشتراک های تلفن همراه به کل جمعیت^۲ است.

برای ترکیب این دو متغیر در قالب یک شاخص ترکیبی واحد، از روش تحلیل مؤلفه های اصلی استفاده شد. هدف از به کارگیری این روش، کاهش ابعاد داده ها و ایجاد یک نمایه استاندارد و قابل مقایسه از میزان دیجیتالی شدن در اقتصاد ایران است. بر اساس بررسی ها و محاسبات صورت گرفته، فقط یک مؤلفه اصلی با مقدار ویژه بزرگتر از یک استخراج شد که توانست بیش از ۹۸ درصد واریانس این دو متغیر را توضیح دهد. این مقدار نشان دهنده کفایت بالای مدل و هم راستایی شدید میان دو شاخص انتخاب شده است. همچنین، مقادیر بار عاملی برای هر دو متغیر نزدیک به ۰/۹۹ بوده که نشان می دهد هر دو متغیر تقریباً به یک اندازه در شکل دهی به این مؤلفه نقش دارند. با توجه به ساختار ساده و تفسیرپذیر مؤلفه استخراج شده، مؤلفه اول به عنوان شاخص نهایی دیجیتالی شدن، انتخاب و برای استفاده در تحلیل های بعدی مانند رگرسیون، به صورت مقادیر مؤلفه ذخیره شد. گزارش تعداد مؤلفه های استخراج شده و واریانس تبیین شده به صورت جدول (۱۰) است.

جدول (۱۰) تعداد مؤلفه های استخراج شده و واریانس تبیین شده

Table (10) Number of extracted components and explained variance

مؤلفه	واریانس تبیین شده	درصد تجمعی
مؤلفه اول	۹۸/۳۵٪	۹۸/۳۵٪

مؤلفه دوم	%۱/۶۵	%۱/۶۵
-----------	-------	-------

به‌منظور اندازه‌گیری سطح توسعه مالی در اقتصاد ایران، مجموعه‌ای از شاخص‌های منتخب اقتصاد کلان استفاده شده است که در ادبیات نظری و تجربی، بازتاب‌دهنده ابعاد مختلف عمق مالی و پویایی نظام مالی هستند. این متغیرها شامل نرخ رشد اعتبارات بانکی، نسبت اعتبارات بانکی به تولید ناخالص داخلی، نسبت نقدینگی به تولید ناخالص داخلی، رشد سالانه نقدینگی و ارزش واقعی معاملات مالی هستند (جدول ۱۱). برای تجمیع این متغیرها و ساخت یک شاخص ترکیبی، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. در این روش، وزن‌دهی به متغیرها بر مبنای واریانس تبیین‌شده صورت می‌گیرد که موجب افزایش دقت و کاهش سوگیری در ترکیب نهایی شاخص می‌شود.

جدول (۱۱) متغیرهای شاخص سازی توسعه مالی (Hung, 2023)

Table (11) Variables used for constructing the financial development index (Hung, 2023)

علائم اختصاری متغیرها	شرح متغیرها
CreditBankGrowth	نرخ رشد سالانه اعتبارات اعطایی بانک‌ها به بخش خصوصی
creditBankPer	نسبت اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی توسط بانک‌ها به تولید ناخالص داخلی
MoneyPerGdp	نسبت نقدینگی (پول گسترده) به تولید ناخالص داخلی
MoneyGrowth	نرخ رشد سالانه نقدینگی (پول گسترده)
RStockValue	ارزش واقعی معاملات مالی (بر حسب میلیارد ریال)

بر اساس داده‌های سری زمانی اقتصاد ایران، تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مدل ساخته‌شده دارای کیفیت مناسبی است. جدول (۱۲) میزان واریانس تبیین‌شده برای هر متغیر را نشان می‌دهد.

جدول (۱۲) شاخص کیفیت مدل برای متغیرهای شاخص ثبات و پایداری اقتصادی

Table (12) Model quality index for the variables of the economic stability and sustainability index

متغیر	واریانس توضیح داده شده	تفسیر شاخص
CreditBankGrowth	۰/۸۷۶	بسیار خوب
CreditBankPer	۰/۹۰۱	قابل قبول
MoneyPerGdp	۰/۹۱۰	بسیار خوب
MoneyGrowth	۰/۹۲۱	بسیار خوب
RStockValue	۰/۵۱۱	قابل قبول

نتایج نشان می‌دهد که چهار متغیر اصلی مدل (CreditBankPer, CreditBankGrowth, MoneyPerGdp و MoneyGrowth) دارای واریانس تبیین‌شده بالاتر از ۸۷ درصد هستند که نشانه کفایت آماری بالای مدل است. تنها متغیر ارزش واقعی معاملات مالی (RStockValue) با مقدار

۰/۵۱۱، در آستانه حداقل قابل قبول قرار دارد، ولی همچنان در مدل حفظ شده است؛ زیرا، مشارکت معناداری در مؤلفه اول دارد.

جدول (۱۲) واریانس تبیین شده توسط مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد. دو مؤلفه اصلی استخراج شده توانسته‌اند در مجموع بیش از ۸۲/۴ درصد از واریانس کل داده‌ها را پوشش دهند؛ که نشان از عملکرد قوی مدل در فشرده‌سازی داده‌ها دارد:

جدول (۱۳) تعداد مؤلفه‌های استخراج شده و واریانس تبیین شده

Table (13) Number of extracted components and explained variance

مؤلفه	واریانس تبیین شده	درصد تجمعی
مؤلفه اول	۴۵/۸٪	۴۵/۸٪
مؤلفه دوم	۳۶/۶٪	۸۲/۴٪

ماتریس بارهای عاملی چرخش یافته (**جدول ۱۲**) اطلاعات دقیق تری از نقش هر متغیر در ساخت مؤلفه‌ها ارائه می‌دهد. بر اساس این ماتریس، مؤلفه اول را می‌توان به عنوان نماینده عمق مالی تفسیر کرد. این مؤلفه بیشترین بار عاملی را از متغیرهای CreditBankPer (۰/۹۴۹)، MoneyPerGdp (۰/۹۴۴) و Transaction Real Value (۰/۶۷۵) می‌گیرد. این مؤلفه بیان گر سطح دسترسی مالی، نقدینگی در اقتصاد و حجم فعالیت‌های واقعی بازار مالی است. به عبارت دیگر، مؤلفه اول ساختار منابع مالی در اقتصاد را نمایندگی می‌کند.

در مقابل، مؤلفه دوم را می‌توان با عنوان پویایی مالی معرفی کرد؛ چرا که بیشترین بار عاملی را از متغیرهای CreditBankGrowth (۰/۹۱۶) و MoneyGrowth (۰/۹۵۸) دارد. این مؤلفه نشان‌دهنده تغییرات سالانه در جریان نقدینگی و قدرت اعطای اعتبار در اقتصاد است و منعکس کننده پویایی و تحرک در سیستم مالی کشور است.

جدول (۱۴) ماتریس بارهای عاملی چرخش یافته برای شاخص سازی توسعه مالی

Table (14) Rotated factor loadings matrix for constructing the financial development index

متغیر	مؤلفه ۱ (عمق مالی)	مؤلفه ۲ (پویایی مالی)
CreditBankGrowth	-۰/۱۹۵	۰/۹۱۶
CreditBankPer	۰/۹۴۹	۰/۰۱۷
MoneyPerGdp	۰/۹۴۴	-۰/۱۳۸
MoneyGrowth	-۰/۰۵۸	۰/۹۵۸
RSTOCKValue	۰/۶۷۵	-۰/۲۳۵

در نهایت، برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه مالی، از وزن‌دهی بر اساس واریانس تبیین‌شده توسط هر مؤلفه استفاده شده است. بر این اساس، شاخص نهایی توسعه مالی با **جدول (۱۵)** و **رابطه (۷)** ساخته شده است.

جدول (۱۵) وزن واریانس مؤلفه‌ها پس از چرخش در ساخت شاخص ترکیبی توسعه مالی

Table (15) Variance weights of components after rotation in constructing the composite financial development index

مؤلفه	درصد واریانس تبیین‌شده	وزن در ترکیب
FAC1_6	۴۵/۷۶۹ %	۰/۶۳
FAC2_6	۳۶/۶۰۹ %	۰/۳۷

$$FIN_i = 0.63 \times FAC1_6_i + 0.37 \times FAC2_6_i \quad \text{رابطه (۷)}$$

این شاخص ترکیبی نمایان‌گر هر دو بعد ساختاری و پویای توسعه مالی در اقتصاد ایران است و در مراحل بعدی تحلیل می‌تواند به‌عنوان متغیر مستقل در مدل‌های رگرسیونی برای تبیین شاخص پایداری اقتصادی استفاده شود.

در این مطالعه، سرمایه‌گذاری سبز به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر ثبات و پایداری اقتصادی در نظر گرفته شده است. بر اساس ادبیات توسعه پایدار، دو متغیر اصلی یعنی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و نسبت بهره‌وری انرژی به‌عنوان نمایندگان کلیدی سیاست‌های زیست‌محیطی و عملکرد پایدار در اقتصاد شناخته می‌شوند. با توجه به اهمیت این موضوع به‌ویژه در زمینه اقتصاد ایران، این دو متغیر به‌صورت مستقل وارد مدل رگرسیونی شده‌اند تا اثرگذاری هر یک به‌طور جداگانه بررسی شود.

متغیر نخست، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر^۱، نشان‌دهنده میزان بهره‌گیری از منابع انرژی پاک و جایگزین به‌عنوان درصدی از مصرف نهایی انرژی است. این شاخص عمدتاً بازتاب‌دهنده تعهدات بلندمدت کشور در زمینه گذار انرژی، توسعه فناوری‌های پاک و سیاست‌گذاری زیست‌محیطی است. متغیر دوم، نسبت بهره‌وری انرژی^۲، شاخصی از کارایی مصرف انرژی و نسبت آن به تولید اقتصادی کشور بوده و بیشتر با عملکرد کوتاه‌مدت اقتصادی، بهینه‌سازی مصرف منابع و اصلاح ساختارهای مصرف مرتبط است.

از آنجا که سازوکار اثرگذاری این دو متغیر بر پایداری اقتصادی متفاوت است، تحلیل جداگانه آن‌ها در مدل این امکان را فراهم می‌سازد که سهم واقعی و خاص هر یک در تبیین پایداری اقتصادی به‌درستی شناسایی شود. چنین رویکردی نه تنها دقت تحلیل را افزایش می‌دهد، بلکه از منظر

سیاست‌گذاری نیز بسیار سودمند است؛ چراکه به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا سیاست‌های خود را به طور هدفمند بر اساس ابعاد مؤثرتر سرمایه‌گذاری سبز طراحی و اجرا کنند.

در مجموع، بررسی جداگانه مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی در مدل تحلیلی، امکان ارزیابی دقیق‌تری از نقش سرمایه‌گذاری‌های سبز در پایداری اقتصادی را فراهم کرده و گامی مؤثر در جهت تدوین سیاست‌های پایدار در حوزه انرژی و محیط‌زیست به شمار می‌رود.

یافته‌های مدل ناشی از تخمین رگرسیون به این صورت می‌باشد:

آزمون ADF به منظور بررسی مانایی متغیرها و شناسایی وجود ریشه واحد در سری‌های زمانی صورت می‌گیرد. اگر آماره آزمون از مقدار بحرانی در سطح معنی‌داری (۵ درصد) کوچکتر باشد و همچنین معناداری کمتر از ۰/۰۵ باشد، متغیر مانا در سطح در نظر گرفته می‌شود؛ در غیر این صورت، متغیر نامانا است و نیاز به تفاضل‌گیری دارد.

جدول (۱۶) نتایج آزمون ریشه واحد دیکی فولر
Table (16) Results of the Dickey-Fuller unit root test

نماد	متغیرها	نتایج در سطح		نتایج در تفاضل مرتبه اول
		آماره آزمون دیکی - فولر	معناداری	نتیجه در سطح اول
PES	ثبات و پایداری اقتصادی	-۲/۰۰۴۶	۰/۲۸۳۵	نامانا
DIGITAL	دیجیتالی شدن	-۱/۷۱۰۵	۰/۴۱۳۹	نامانا
FINANC	توسعه مالی	-۲/۲۱۰۹	۰/۲۰۶۴	نامانا
FINANC ²	توان دوم توسعه مالی	-۳/۲۵۳۱	۰/۰۹۲۴	نامانا
GREENINV	سرمایه‌گذاری سبز	-۲/۳۴۹۲	۰/۱۶۳۴	نامانا

باتوجه به نتایج آزمون دیکی - فولر^۱ گزارش شده در **جدول (۱۴)**، مشاهده می‌شود که هیچ‌یک از متغیرهای مورد بررسی در سطح مقطع مانا نیستند. مقادیر آماره آزمون برای تمام متغیرها (ثبات و پایداری اقتصادی، دیجیتالی شدن، توسعه مالی، توان دوم توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز)، در مقایسه با مقادیر بحرانی در سطح ۵ درصد، کوچک‌تر نبوده و همچنین مقادیر احتمال معناداری همگی بالاتر از ۰/۰۵ هستند. این بدان معناست که فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد نمی‌شود و بنابراین تمام این متغیرها نامانا تشخیص داده شده‌اند. حتی در مورد توان دوم توسعه مالی که آماره آزمون نسبتاً

نزدیک به حد بحرانی است (با مقدار ADF برابر $-3/2531$ و معناداری برابر $0/0924$)، در سطح ۵ درصد همچنان نامانا است.

نامانایی متغیرها به این معناست که سری زمانی آن‌ها دارای روند است و استفاده مستقیم از آن‌ها در مدل‌سازی اقتصادسنجی بدون تفاضل‌گیری می‌تواند منجر به نتایج گمراه‌کننده مانند رگرسیون کاذب شود. در چنین شرایطی، برای بررسی روابط پایدار میان متغیرها و برآورد دقیق مدل، لازم است ابتدا مرتبه مانایی آن‌ها مشخص شود. در این راستا، پیشنهاد می‌شود که آزمون مانایی مجدداً بر روی تفاضل اول هر متغیر انجام گیرد تا بررسی شود آیا این متغیرها پس از یک مرتبه تفاضل‌گیری مانا می‌شوند یا خیر. اگر چنین باشد و همه متغیرها $I(1)$ باشند، در مراحل بعدی آزمون‌های هم‌انباشتگی برای تحلیل روابط بلندمدت میان متغیرها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

جدول (۱۷) برآورد مدل

Table (17) Model estimates

متغیر	ضریب	آماره Z	معناداری
C	$-0/141131$	$-1/598217$	$0/1220$
PES(-1)	$0/556861$	$5/184114$	$0/0000$
FINANC	$-0/471807$	$-3/653053$	$0/0011$
FINANC ²	$0/274041$	$2/613829$	$0/0147$
DIGITAL	$0/273108$	$2/881248$	$0/0078$
GREENINV	$-0/030875$	$-0/417585$	$0/6797$

$$\begin{aligned}
 PES = & -0.14 + 0.56 \times PES(-1) - 0.47 \times FINANC \\
 & + 0.27 \times FINANC^2 + 0.27 \times DIGITAL \\
 & - 0.03 \times GREENINV
 \end{aligned}
 \quad \text{رابطه (۸)}$$

بر اساس نتایج تخمین مدل رگرسیونی با متغیر وابسته ثبات و پایداری اقتصادی که با روش حداقل مربعات، برآورد شده و شامل وقفه یک دوره‌ای متغیر وابسته نیز می‌باشد (به‌منظور کنترل خودهمبستگی)، این تحلیل ارائه می‌شود:

ضرایب برآورد شده برای متغیرها نشان می‌دهد که توسعه مالی (FINANC) دارای اثری منفی و معنادار بر پایداری اقتصادی است، به‌طوری‌که با افزایش یک‌واحدی در شاخص توسعه مالی، مقدار ثبات و پایداری اقتصادی به طور میانگین $0/47$ واحد کاهش می‌یابد (معناداری $= 0/0011$) این یافته ممکن است نشان‌دهنده آن باشد که توسعه مالی در سطوح پایین ممکن است ناپایدار یا ناکارا عمل کند یا در کوتاه‌مدت منجر به نوسانات اقتصادی شود.

در عین حال، توان دوم توسعه مالی ($FINANC^2$) دارای اثری مثبت و معنادار بر ثبات و پایداری اقتصادی است (معناداری = $0/0147$). این امر نشان‌دهنده یک رابطه غیرخطی میان توسعه مالی و پایداری اقتصادی است. به بیان دیگر، اثر توسعه مالی در ابتدا منفی بوده؛ ولی پس از عبور از یک آستانه، اثر آن مثبت می‌شود. چنین رابطه‌ای مطابق با فرضیه آستانه مالی است که بر اساس آن تنها پس از رسیدن به یک سطح بهینه از توسعه مالی، اقتصاد می‌تواند از مزایای آن بهره‌مند شود.

متغیر دیجیتالی‌شدن نیز اثری مثبت و معنادار دارد (معناداری = $0/0078$) این یافته نشان می‌دهد که افزایش دیجیتالی‌شدن در اقتصاد، به‌طور معناداری پایداری اقتصادی را بهبود می‌بخشد و می‌تواند به‌عنوان عاملی تقویت‌کننده در سیاست‌های توسعه‌ای کشور تلقی شود.

در مقابل، سرمایه‌گذاری سبز دارای ضریب منفی ولی غیرمعنادار است (معناداری = $0/679$) که به این معناست که شواهد آماری کافی برای اثبات تأثیر آن بر پایداری اقتصادی وجود ندارد. این می‌تواند ناشی از ناکارایی در اجرای پروژه‌های سبز، تأخیر در بازدهی آن‌ها یا حجم اندک سرمایه‌گذاری در این حوزه باشد.

ضرایب وقفه متغیر وابسته $PES(-1)$ نیز مثبت و بسیار معنادار است (معناداری نزدیک به صفر) که نشان‌دهنده وجود پویایی در ساختار پایداری اقتصادی است. این ضریب برابر با $0/56$ است که نشان می‌دهد مقدار ثبات و پایداری اقتصاد به‌شدت تحت تأثیر مقدار گذشته خود قرار دارد.

از نظر کلی، مدل دارای برازش خوبی است. مقدار R^2 برابر با $0/75$ و R^2 تعدیل‌شده برابر با $0/71$ است که نشان می‌دهد بیش از ۷۰ درصد تغییرات در ثبات و پایداری اقتصاد توسط متغیرهای مدل توضیح داده می‌شود. همچنین، مقدار آماره دوربین - واتسون^۱ نشان می‌دهد که مشکل خودهمبستگی جدی در باقی‌مانده‌ها وجود ندارد.

در مجموع، نتایج مدل نشان می‌دهد که دیجیتالی‌شدن و توسعه مالی به‌ویژه در سطوح بالا نقش مهمی در ارتقای پایداری اقتصادی دارند، در حالی که سرمایه‌گذاری سبز هنوز اثربخشی معناداری در این زمینه نشان نداده است. این تحلیل می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری در جهت تمرکز بیشتر بر توسعه زیرساخت‌های دیجیتال و اصلاح ساختارهای مالی کشور باشد.

نتایج آزمون ریشه واحد بر روی باقیمانده مدل (Residuals) تخمین زده‌شده، مبنای ارزیابی وجود هم‌جمعی میان متغیرهای نامانا در چارچوب روش انگل - گرانجر است. در این راستا، این تحلیل ارائه می‌شود:

در گام نخست، همان‌طور که در تحلیل‌های قبلی اشاره شد، کلیه متغیرهای مدل در سطح، نامانا بودند. بر اساس فرضیات روش انگل - گرانجر، اگر متغیرهای نامانا $(I(1))$ باشند، اما ترکیب خطی آن‌ها (باقیمانده مدل رگرسیونی) مانا $(I(0))$ باشد، این نشانه‌ای از وجود رابطه تعادلی بلندمدت (هم‌جمعی) بین آن‌ها است.

برای آزمون این موضوع، آزمون دیکی - فولر بر روی باقیمانده مدل انجام شد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، آماره آزمون دیکی - فولر برابر با $-6/1575$ است که بسیار کمتر از مقدار بحرانی در سطح ۱ درصد $(-3/6616)$ و همچنین در سطح ۵ درصد $(-2/9604)$ است. همچنین مقدار معناداری برابر با $0/00014$ بوده که به طور معناداری کوچکتر از $0/05$ است. این نتایج بیان‌گر آن است که فرض صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در باقیمانده رد می‌شود. بنابراین، باقیمانده مدل مانا است و رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرهای مدل وجود دارد.

از آنجا که همه متغیرهای مدل در سطح نامانا هستند، تفاضل اول برخی از متغیرها نیز همچنان نامانا گزارش شده‌اند و باقیمانده مدل مانا است، می‌توان نتیجه گرفت که بین متغیرها یک رابطه هم‌جمعی به روش انگل - گرانجر برقرار است. این امر نشان می‌دهد که علی‌رغم ناپایداری کوتاه‌مدت متغیرها، ترکیب خاصی از آن‌ها در بلندمدت به تعادل پایدار می‌رسد. این موضوع، اعتبار مدل را برای تحلیل بلندمدت روابط اقتصادی میان متغیرهایی چون دیجیتالی‌شدن، توسعه مالی و پایداری اقتصادی تقویت می‌کند و از نظر نظری و کاربردی اهمیت بالایی دارد.

برای استخراج رابطه بلندمدت از مدلی که به‌صورت خودرگرسیونی (دارای وقفه متغیر وابسته) تخمین زده شده، باید از ضرایب مدل نرمال‌سازی بلندمدت انجام گیرد. در مدل‌های دارای وقفه، رابطه تعادلی بلندمدت زمانی استخراج می‌شود که فرض کنیم سیستم در تعادل است و مقدار فعلی برابر با مقدار گذشته باشد.

$$PES = -0.32 - 1.06 \times FINANC + 0.62 \times FINANC^2 + 0.62 \times DIGITAL - 0.07 \times GREENINV \quad \text{رابطه (۹)}$$

به‌منظور ارزیابی اعتبار مدل تخمین زده‌شده و پاسخ به لزوم انجام آزمون‌های مکمل، مجموعه‌ای از آزمون‌های کلاسیک اقتصادسنجی به کار گرفته شد. آزمون جاک - برا^۱ برای بررسی نرمال بودن باقی‌مانده‌ها اجرا گردید که مقدار احتمال آن $(0/10)$ نشان داد فرض نرمال بودن رد نمی‌شود. آزمون‌های CUSUM و CUSUM of Squares برای بررسی پایداری ساختاری مدل اجرا شدند و در هر دو آزمون، نمودارها در داخل باندهای بحرانی ۵ درصد قرار گرفتند؛ که نشان‌دهنده ثبات ضرایب مدل در

طول زمان است. همچنین، آزمون Ramsey RESET برای بررسی درستی مشخص‌سازی مدل انجام گرفت که با مقدار احتمال $0/13$ فرض وجود شکل تابعی نادرست را رد نکرد. آزمون Pagan-Breusch-Godfrey برای بررسی ناهمسانی واریانس اجرا شد که با مقدار احتمال $0/76$ نشان داد مدل فاقد Heteroskedasticity است. برای بررسی خودهمبستگی باقی‌مانده‌ها نیز از دو آزمون مکمل استفاده شد: آزمون Ljung-Box Q-Statistic که در آن کلیه مقادیر احتمال تا وقفه ۱۶ بزرگ‌تر از $0/05$ بودند و همچنین آزمون Breusch-Godfrey LM Test که در وقفه دوم، مقدار احتمال آن $0/26$ بود. نتایج این دو آزمون نشان داد که باقی‌مانده‌ها فاقد خودهمبستگی سریالی معنادار هستند. بنابراین، مدل رگرسیونی از منظر فروض کلاسیک، پایایی و اعتبار آماری دارد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف تحلیل اثر دیجیتالی‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز بر پایداری اقتصادی ایران طی دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۲، در گام نخست با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شاخص ترکیبی پایداری اقتصادی را طراحی کرده است. دو مؤلفه اصلی شناسایی‌شده عبارت‌اند از: پایداری ساختاری، تعاملات خارجی اقتصاد و نوسانات اقتصاد داخلی و فشارهای درونی. این شاخص ترکیبی موفق شده است بیش از ۷۰ درصد واریانس کل متغیرهای تأثیرگذار را پوشش دهد که نشان‌دهنده اعتبار تحلیلی بالای آن در ارزیابی پایداری اقتصادی کشور است. شاخص‌های ترکیبی توسعه مالی و سایر متغیرهای مستقل هم به کمک این روش، ساخته شدند.

دیجیتالی‌سازی اثر مثبت و معناداری بر پایداری اقتصادی داشته است؛ یافته‌ای که با نتایج مطالعات صورت‌گرفته در کشورهای درحال توسعه مانند ویتنام هانگ (Hung, 2023) و چین دنگ و همکاران (Deng et al., 2024) همخوانی دارد. این مطالعات نشان می‌دهند که زیرساخت‌های دیجیتال و فناوری‌های مالی می‌توانند بهره‌وری اقتصادی، شفافیت مالی و ثبات کلان را بهبود بخشند.

رابطه توسعه مالی با پایداری اقتصادی نیز به‌صورت غیرخطی و به شکل یک منحنی U معکوس ظاهر شد؛ به‌گونه‌ای که تنها پس از عبور از یک آستانه مشخص، توسعه مالی منجر به رشد پایدار می‌شود. این یافته نیز با مطالعات انجام‌شده در کشورهای نوظهور مانند چین هم‌راستا است که بر نقش نهادهای مالی پیشرفته در پشتیبانی از پایداری تأکید دارند (Mehmood and Kaewsang-on, 2024).

در مقابل، اثر سرمایه‌گذاری سبز بر پایداری اقتصادی در ایران معنادار نبود؛ موضوعی که برخلاف مطالعات بین‌المللی در کشورهایی مانند ویتنام و چین است، جایی که سرمایه‌گذاری سبز نقش مهمی

در گذار به اقتصاد پایدار ایفا کرده است (Zhang, 2025). این تفاوت ممکن است ناشی از ضعف نهادی، عدم وجود چارچوب‌های حمایت‌گر و تأخیر در بروز آثار پروژه‌های زیست‌محیطی در ایران باشد. در مجموع، یافته‌های این پژوهش در زمینه دیجیتال‌سازی و توسعه مالی، هم‌راستا با نتایج جهانی است؛ اما اثر ضعیف سرمایه‌گذاری سبز در ایران، نیاز به اصلاح ساختاری و نهادسازی مؤثر برای تحقق اهداف توسعه پایدار را برجسته می‌سازد.

باتوجه به نتایج حاصل از مدل رگرسیونی، می‌توان مجموعه‌ای از کاربردهای سیاستی و اجرایی را برای ذی‌نفعان مختلف استخراج نمود. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که رویکرد ترکیبی به سه متغیر کلیدی، دیجیتال‌سازی، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری سبز، می‌تواند نقش مؤثری در ارتقاء پایداری اقتصادی ایفا کند. این امر، پیامدهای قابل‌توجهی برای طراحی سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های راهبردی دارد که در ادامه به صورت طبقه‌بندی شده ارائه می‌شود:

برای سیاست‌گذاران اقتصادی، نتایج پژوهش بر لزوم تقویت و گسترش زیرساخت‌های دیجیتال تأکید دارد. سرمایه‌گذاری در این حوزه نه تنها محرک بهره‌وری و نوآوری است، بلکه در بلندمدت به ارتقاء رشد پایدار منجر خواهد شد.

برای بانک‌ها و نهادهای مالی، ضرورت طراحی و توسعه محصولات مالی سبز احساس می‌شود. به‌کارگیری ابزارهای نوین مالی با رویکرد محیط‌زیستی می‌تواند واسطه‌گری مالی را در مسیر توسعه پایدار سوق دهد.

برای سرمایه‌گذاران، یافته‌ها نشان می‌دهد پروژه‌هایی که دارای هم‌افزایی میان مؤلفه‌های دیجیتال، مالی و زیست‌محیطی هستند، از بازدهی پایدارتر و ریسک پایین‌تری برخوردارند؛ بنابراین، ترکیب این مؤلفه‌ها می‌تواند در فرایند تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری، مبنای انتخاب قرار گیرد.

برای مراکز پژوهشی و دانشگاه‌ها: رویکردهای بین‌بخشی و میان‌رشته‌ای در تحلیل پایداری اقتصادی باید در دستور کار قرار گیرد. ترکیب مدل‌های اقتصادسنجی با شاخص‌های زیست‌محیطی و فناوریانه، افق‌های جدیدی در پژوهش‌های کاربردی خواهد گشود.

۶- تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

۷- منابع

- Ahmadi, S. (2023). Strategies for the development of the digital economy in Iran. *Economic Security Scientific Monthly*, 11(4), 4-16. [In Persian]
- Akhbari, M., & Gholizadeh, S. (2015). Macroeconomic stability in the approach of resistance economy. *Ravand Quarterly*, 17(71), 55-78. [In Persian]
- Aleksandrova, A., Truntsevsky, Y., & Polutova, M. (2022). Digitalization and its impact on economic growth. *Brazilian Journal of Political Economy*, 42(2), 424-441.
- Al-Rikabi, H., Sadeghi, S. K., & Mohamadzadeh, P. (2025). Decomposing scale and technical effects of financial development and foreign direct investment on renewable energy consumption: evidence from Middle Eastern economies. *Economic Modeling*, 18(4), 1-28. [In Persian]
- Amareti Bakhshayesh, M., Najafi Moghadam, A., Baghani, A., Hamidian, M., & Emamverdi, G. (2022). Investigating the impact of exchange rate fluctuations as an economic stability evaluation index on asset value stability indicators. *Financial Economics*, 16(60), 237-248. [In Persian]
- Arestis, P., & Demetriades, P. (1997). Financial development and economic growth: assessing the evidence. *The economic journal*, 107(442), 783-799.
- Asteriou, D., & Spanos, K. (2019). The relationship between financial development and economic growth during the recent crisis: Evidence from the EU. *Finance Research Letters*, 28, 238-245.
- Azam, M. (2019). Relationship between energy, investment, human capital, environment, and economic growth in four BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(33), 34388-34400.
- Balsalobre-Lorente, D., Driha, O. M., Leitão, N. C., & Murshed, M. (2021). The carbon dioxide neutralizing effect of energy innovation on international tourism in EU-5 countries under the prism of the EKC hypothesis. *Journal of Environmental Management*, 298, 113513.
- Bist, J. P. (2018). Financial development and economic growth: Evidence from a panel of 16 African and non-African low-income countries. *Cogent Economics & Finance*, 6(1), 1449780.
- Boikova, T., Zeverte-Rivza, S., Rivza, P., & Rivza, B. (2021). The determinants and effects of competitiveness: the role of digitalization in the European economies. *Sustainability*, 13(21), 11689.
- Brodny, J., & Tutak, M. (2022). Analyzing the level of digitalization among the enterprises of the European Union member states and their impact on economic growth. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2).
- Chen, H., Hongo, D. O., Ssali, M. W., Nyaranga, M. S., & Nderitu, C. W. (2020). The asymmetric influence of financial development on economic growth in Kenya: evidence from NARDL. *Sage Open*, 10(1), 2158244019894071.
- Daneshvari, S., Salatin, P., & Khalilzadeh, M. (2020). Impact of Renewable Energies on Green Economy. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(12), 165-179. [In Persian]

- Davoodi, S. M. R., Abedian, M., & Kazemi, N. (2025). The relationship between green finance and green innovation in corporate risk-taking: A game theory approach. *Journal of Green Development Management Studies*, 4(1), 23-48. [In Persian]
- Deng, X., Bakhsh, S., Ali, K., & Anas, M. (2024). How does green investment, financial inclusion, and digitalization drive environmental sustainability in China? A perspective based on quantile-on-quantile regression and wavelet coherence analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 1-32.
- Eren, B. M., Taspinar, N., & Gokmenoglu, K. K. (2019). The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption: Empirical analysis of India. *Science of the Total Environment*, 663, 189-197.
- Fetai, B. T. (2018). Does financial development accelerate economic growth? An empirical analysis of European countries in transition. *Journal of Financial Economic Policy*, 10(3), 426-435.
- Filipiak, B. Z., Dylewski, M., & Kalinowski, M. (2023). Economic development trends in the EU tourism industry. Towards the digitalization process and sustainability. *Quality & Quantity*, 57, 321-346.
- Gao, X., & Zheng, H. (2017). Environmental concerns, environmental policy and green investment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1570.
- Gazdar, K., Hassan, M. K., Safa, M. F., & Grassa, R. (2019). Oil price volatility, Islamic financial development and economic growth in Gulf Cooperation Council (GCC) countries. *Borsa Istanbul Review*, 19(3), 197-206.
- Habibi, F., & Zabardast, M. A. (2020). Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. *Technology in Society*, 63, 101370.
- Hataminejad, H., Mansourietminan, A., & Farhadi, E. (2022). Investigating the Role of Green Economy on Urban Poverty Reduction (Case Study: Mashhad). *Urban Social Geography*, 9(2), 257-274. [In Persian]
- Heidari Haratmeh, M. (2021). The Miderating Effect of Bilateral Investment Treaty Stringency on the Relationship between Political Instability and Subsidiary Ownership. *Advances in Finance and Investment*, 2(5), 91-112. [In Persian]
- Hosan, S., Karmaker, S. C., Rahman, M. M., Chapman, A. J., & Saha, B. B. (2022). Dynamic links among the demographic dividend, digitalization, energy intensity and sustainable economic growth: Empirical evidence from emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129858.
- Hung, N. T. (2023). Green investment, financial development, digitalization and economic sustainability in Vietnam: Evidence from a quantile-on-quantile regression and wavelet coherence. *Technological Forecasting and Social Change*, 186, 122185.
- Hung, N. T. (2025). Green bonds and asset classes: new evidence from time-varying copula and transfer entropy models. *Global Business Review*, 26(5), 1405-1424.

- Hung, N. T., Trang, N. T., & Thang, N. T. (2022). Quantile relationship between globalization, financial development, economic growth, and carbon emissions: evidence from Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(40), 60098-60116.
- Ibrahim, M., & Alagidede, P. (2018). Effect of financial development on economic growth in sub-Saharan Africa. *Journal of Policy Modeling*, 40(6), 1104-1125.
- Indriastuti, M., & Chariri, A. (2021). The role of green investment and corporate social responsibility investment on sustainable performance. *Cogent Business & Management*, 8(1), 1960120.
- Karimi Khorami, A. (2024). The effect of institutional quality on the relationship between corruption control and stock market development in selected Countries. *Advances in Finance and Investment*, 5(4), 59-84. [In Persian]
- Khalili Araghi, M., & Ramezanzpour, E. (2001). The Importance of A Stable Macroeconomic Environment. *Economic Research Quarterly*, 36(1), 1-28. [In Persian]
- Khan, I., Mahmood, T., Ahmad, S., & Shil, N. C. (2025). Factors impacting sustainable development in selected South Asian economies: Empirical evidence. *Sustainable Futures*, 9, 100557.
- Lenka, S. K., & Sharma, R. (2020). Re-examining the effect of financial development on economic growth in India: Does the measurement of financial development matter?. *Journal of Asia-Pacific Business*, 21(2), 124-142.
- Levine, R. (1997). Financial development and economic growth: views and agenda. *Journal of economic literature*, 35(2), 688-726.
- Liu, H., Alharthi, M., Zafar, M. W., Tahir, M. S., & Asghar, M. M. (2023). Understanding the role of technology in Asian economies: the environmental impact of remittances and economic complexity. *Evaluation Review*, 47(6), 951-982.
- Luukkanen, J., Kaivo-oja, J., Vähäkari, N., O'Mahony, T., Korkeakoski, M., Panula-Ontto, J., Phonhalath, K., Nanthavong, K., Reincke, K., Vehmas, J., & Hogarth, N. (2019). Green economic development in Lao PDR: A sustainability window analysis of Green Growth Productivity and the Efficiency Gap. *Journal of cleaner production*, 211, 818-829.
- Maiti, M., & Kayal, P. (2017). Digitization: its impact on economic development & trade. *Asian Economic and Financial Review*, 7(6), 541-549.
- Malarvizhi, C. A. N., Zeynali, Y., Mamun, A. A., & Ahmad, G. B. (2019). Financial development and economic growth in ASEAN-5 countries. *Global Business Review*, 20(1), 57-71.
- Mehmood, S., & Kaewsang-on, R. (2024). Charting an economic sustainability path: Quantile regression analysis of green finance and financial development in newly industrialized economies. *Global Business Review*, 09721509231224019.

- Memduh Eren, B., Katircioglu, S., & Gokmenoglu, K. K. (2022). The moderating role of informal economy on financial development induced ekc hypothesis in turkey. *Energy & Environment*, 33(6), 1203-1226.
- Mohanty, R. K., & Bhanumurthy, N. R. (2019). Analyzing the dynamic relationships between physical infrastructure, financial development and economic growth in India. *Asian Economic Journal*, 33(4), 381-403.
- Mohieldin, M., Hussein, K., & Rostom, A. (2019). On financial development and economic growth in Egypt. *Journal of Humanities and Applied Social Sciences*, 1(2), 70-86.
- Mohsin, M., Kamran, H. W., Nawaz, M. A., Hussain, M. S., & Dahri, A. S. (2021). Assessing the impact of transition from nonrenewable to renewable energy consumption on economic growth-environmental nexus from developing Asian economies. *Journal of environmental management*, 284, 111999.
- Mtar, K., & Belazreg, W. (2021). Causal nexus between innovation, financial development, and economic growth: The case of OECD countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 12(1), 310-341.
- Musah, M., Owusu-Akomeah, M., Kumah, E. A., Mensah, I. A., Nyeadi, J. D., Murshed, M., & Alfred, M. (2022). Retracted Article: Green investments, financial development, and environmental quality in Ghana: evidence from the novel dynamic ARDL simulations approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(21), 31972-32001.
- Nagy, S., & Somosi, M. V. (2022). The relationship between social innovation and digital economy and society. *Regional Statistics*, (2), 3-29.
- Nguyen, X. P., Le, N. D., Pham, V. V., Huynh, T. T., Dong, V. H., & Hoang, A. T. (2025). Mission, challenges, and prospects of renewable energy development in Vietnam. *Energy sources, part a: recovery, utilization, and environmental effects*, 47(1), 10367-10379.
- Ning, Y., Cherian, J., Sial, M. S., Álvarez-Otero, S., Comite, U., & Zia-Ud-Din, M. (2023). Green bond as a new determinant of sustainable green financing, energy efficiency investment, and economic growth: a global perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(22), 61324-61339.
- Patrick, H. T. (1966). Financial development and economic growth in underdeveloped countries. *Economic development and Cultural change*, 14(2), 174-189.
- Porter, M. E., & Linde, C. V. D. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of economic perspectives*, 9(4), 97-118.
- Raeskyesa, D. G. S., & Lukas, E. N. (2019). Does digitalization increase economic growth? Evidence from ASEAN8 countries. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 8(2), 267-278.
- Rokhmawati, A. (2021). The nexus among green investment, foreign ownership, export, greenhouse gas emissions, and competitiveness. *Energy Strategy Reviews*, 37, 100679.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5).

- Saunila, M., Ukko, J., & Rantala, T. (2018). Sustainability as a driver of green innovation investment and exploitation. *Journal of cleaner production*, 179, 631-641.
- Schumpeter, J. A., & Swedberg, R. (2021). *The theory of economic development*. Routledge.
- Sharma, R., & Kautish, P. (2020). Linkages between financial development and economic growth in the middle-income countries of South Asia: a panel data investigation. *Vision*, 24(2), 140-150.
- Shen, Y., Su, Z. W., Malik, M. Y., Umar, M., Khan, Z., & Khan, M. (2021). Does green investment, financial development and natural resources rent limit carbon emissions? A provincial panel analysis of China. *Science of the Total Environment*, 755, 142538.
- Sheng, R., Zhou, R., Zhang, Y., & Wang, Z. (2021). Green Investment changes in China: A shift-share analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6658.
- Shibata, S. (2022). Digitalization or flexibilization? The changing role of technology in the political economy of Japan. *Review of International Political Economy*, 29(5), 1549-1576.
- Singh, A. K., Zhang, Y., & Anu. (2023). Understanding the evolution of environment, social and governance research: Novel implications from bibliometric and network analysis. *Evaluation Review*, 47(2), 350-386.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.
- Song, X., Zhou, Y., & Jia, W. (2019). How do economic openness and R&D investment affect green economic growth? evidence from China. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 405-415.
- Statistical Centre of Iran. (2023). Iran Statistical Yearbook 1402 (Persian Calendar 1402 / 2023-2024). *Statistical Centre of Iran*.
- Sugiarto, A., & Nugraha, A. K. N. A. (2025). Fostering Competitiveness Through Green Business Practices: A Systematic Literature Review. *Interdisciplinary Journal of Management Studies*, 18(4).
- Sun, Y., Li, H., Zhang, K., & Kamran, H. W. (2022). Dynamic and casual association between green investment, clean energy and environmental sustainability using advance quantile ARDL framework. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 35(1), 3609-3628.
- Vyshnevskiy, O., Stashkevych, I., Shubna, O., & Barkova, S. (2020). Economic growth in the conditions of digitalization in the EU countries. *Studies of Applied Economics*, 38(4).
- Wang, C., Zhang, X., Ghadimi, P., Liu, Q., Lim, M. K., & Stanley, H. E. (2019). The impact of regional financial development on economic growth in Beijing–Tianjin–Hebei region: A spatial econometric analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 521, 635-648.

- Wang, J., Wu, H., Xiao, D., Luo, X., Liu, Y., & Wang, W. (2025). Can the digital economy address the loss of green development efficiency due to resource mismatch? Evidence from China's land transaction markets. *Journal of Environmental Planning and Management*, 68(2), 406-436.
- Wang, K., Zhang, H.-M., Tsai, S.-B., Wu, L.-D., Xue, K.-K., Fan, H.-J., Zhou, J., & Chen, Q. (2018). Does a board chairman's political connection affect green investment? – From a sustainable perspective. *Sustainability*, 10(3), 582.
- Wang, Q. J., Li, W. Z., Gong, Z. Y., & Fu, J. Y. (2025). The coupling and coordination between digital economy and green economy: Evidence from china. *Emerging Markets Finance and Trade*, 61(3), 562-578.
- Wu, C. F., Huang, S. C., Chang, T., Chiou, C. C., & Hsueh, H. P. (2020). The nexus of financial development and economic growth across major Asian economies: Evidence from bootstrap ARDL testing and machine learning approach. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 372, 112660.
- Xu, Q., Lei, Y., Ge, J., & Ma, X. (2017). Did investment become green in China? Evidence from a sectoral panel analysis from 2003 to 2012. *Journal of cleaner production*, 156, 500-506.
- Yaghoobian, M., Najafi Moghaddam, A., Haghnessab Kashani, F., & Nasrollahi, B. (2024). Designing paradigmatic model of investors' behavior at the capital market with an emphasis on local indicators. *Advances in Finance and Investment*, 4(3), 1-24. [In Persian]
- Zahoor, Z., Khan, I., & Hou, F. (2022). Clean energy investment and financial development as determinants of environment and sustainable economic growth: evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(11), 16006-16016.
- Zeraibi, A., Balsalobre-Lorente, D., & Murshed, M. (2021). The influences of renewable electricity generation, technological innovation, financial development, and economic growth on ecological footprints in ASEAN-5 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51003-51021.
- Zhang, J. (2025). Digital economy, green finance, and economic resilience. *PLoS One*, 20(2), e0314028.

COPYRIGHTS

© 2025 by the authors. Published by Islamic Azad University, Esfarayen Branch. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

