



The University of Tehran Press

Natural Resources Governance

Vol. 2, No. 2, Summer 2025

Online ISSN: 3060-7183

Home Page: <https://jnrg.ut.ac.ir/>

Effect of Inclusive Digital Finance on Green Innovation with the Mediating Role of Rural Revitalization and the Moderating Roles of Green Density and Accounting Information Quality

Keramatollah Heydari Rostami¹ | Yassaman Khalili² | Mahdis Nikzad Ghadikolaei³ |
Abbas Khosravani⁴

- 1) Corresponding Author, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran. Email: k-heydarirostami@araku.ac.ir
- 2) Department of Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran. Email: y_khalili@pnu.ac.ir
- 3) Department of Accounting, Faculty of Economics and Administrative Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. Email: m.nikzad@umz.ac.ir
- 4) Planning and Budget Commission of the Islamic City Council, City, Iran. Email: abbas362@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 21 April, 2025
Revised 04 June, 2025
Accepted 10 June, 2025
Published online 26 June, 2025

Keywords:
*Accounting Information Quality,
Digital Finance,
Green Density,
Green Innovation,
Rural Revitalization.*

ABSTRACT

This study investigates the impact of inclusive digital finance on green innovation, highlighting the mediating role of rural revitalization and the moderating roles of green density and accounting information quality. Data were collected through paired questionnaires from 420 managers and experts in companies active in digital finance, green innovation, and rural areas in Iran. The analyses were conducted using the type-2 fuzzy interval system and fuzzy structural equation modeling. The results indicate that inclusive digital finance has a significant and positive effect on green innovation, with rural revitalization strengthening this relationship as a mediator. Green density and accounting information quality also enhance the effect of digital finance as moderating factors. Model fit indices demonstrated a high level of agreement between the model and the data, emphasizing the importance of digital infrastructure, environmental competition, and financial transparency in advancing sustainable development. Policy recommendations include strengthening digital financial infrastructure, promoting rural revitalization, establishing green industrial clusters, enhancing accounting standards, and supporting small and medium-sized enterprises. Limitations of the study include restricted access to data from rural areas and the computational complexity of the fuzzy method. Future research could focus on longitudinal data analysis, examining the role of emerging technologies like artificial intelligence, and evaluating the impact of regional policies. This research provides an innovative framework and practical solutions for sustainable development.

Cite this article: Heydari Rostami, K., Khalili, Y., Nikzad Ghadikolaei, M., Khosravani, A. (2025). Effect of Inclusive Digital Finance on Green Innovation with the Mediating Role of Rural Revitalization and the Moderating Roles of Green Density and Accounting Information Quality. *Journal of Natural Resources Governance*, 2 (2), 144-157.
<https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.401309.1048>



© Keramatollah Heydari Rostami, Yassaman Khalili, Mahdis Nikzad Ghadikolaei, Abbas Khosravani
Publisher: University of Tehran Press. <https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.401309.1048>



انتشارات دانشگاه تهران

نشریه حکمرانی منابع طبیعی

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

سایت نشریه: <https://jnrg.ut.ac.ir/>

شاپا الکترونیکی: ۷۱۸۳-۳۰۶۰

اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز با نقش میانجی احیای روستایی و تعدیل‌گری تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری

کرامت‌الله حیدری رستمی^{۱*} | یاسمن خلیلی^۲ | مهدیس نیکزاد قادیکلایی^۳ | عباس خسروانی^۴

(۱) نویسنده مسئول، گروه مدیریت، دانشکده علوم‌اداری و اقتصادی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. رایانامه: k-heydarirostami@araku.ac.ir

(۲) گروه حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: y_khalili@pnu.ac.ir

(۳) گروه حسابداری، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران. رایانامه: m.nikzad@umz.ac.ir

(۴) کمیسیون برنامه و بودجه شورای اسلامی، اراک، ایران. رایانامه: abbas362@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

علمی - پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۵

کلیدواژه:

احیای روستایی،

تراکم سبز،

مالی دیجیتال،

کیفیت اطلاعات حسابداری،

نوآوری سبز.

این پژوهش تأثیر فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز را با تأکید بر نقش میانجی احیای روستایی و نقش تعدیل‌گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری بررسی کرد. داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های زوجی از ۴۲۰ نفر از مدیران و کارشناسان شرکت‌های فعال در حوزه مالی دیجیتال، نوآوری سبز و مناطق روستایی ایران جمع‌آوری شد. تحلیل‌ها با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع-۲ و مدل معادلات ساختاری فازی انجام شد. نتایج نشان داد که فناوری مالی فراگیر تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری سبز دارد و احیای روستایی به‌عنوان یک عامل میانجی، این رابطه را تقویت می‌کند. تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری نیز به‌عنوان عوامل تعدیل‌گر، اثر فناوری مالی را بهبود می‌بخشند. شاخص‌های برازش مدل نشان‌دهنده تطابق بالای مدل با داده‌هاست. این یافته‌ها بر اهمیت زیرساخت‌های دیجیتال، رقابت زیست‌محیطی و شفافیت مالی در پیشبرد توسعه پایدار تأکید دارند. پیشنهادهای سیاستی شامل تقویت زیرساخت‌های مالی دیجیتال، توسعه احیای روستایی، ایجاد خوشه‌های صنعتی سبز، ارتقای استانداردهای حسابداری و حمایت از شرکت‌های کوچک و متوسط است. محدودیت‌هایی مانند دسترسی محدود به داده‌های مناطق روستایی و پیچیدگی محاسباتی روش فازی وجود دارد. تحقیقات آتی می‌توانند بر تحلیل داده‌های طولی، بررسی نقش فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی و ارزیابی تأثیر سیاست‌های منطقه‌ای تمرکز کنند. این پژوهش با ارائه چارچوبی نوآورانه، راهکارهای عملی برای توسعه پایدار ارائه می‌دهد.

استناد: حیدری رستمی؛ کرامت‌الله، خلیلی؛ یاسمن، نیکزاد قادیکلایی؛ مهدیس، خسروانی؛ عباس (۱۴۰۴). اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز با نقش میانجی احیای روستایی و تعدیل‌گری تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری. حکمرانی منابع طبیعی، ۲ (۲)، ۱۵۷-۱۴۴. <https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.401309.1048>

© کرامت‌الله حیدری رستمی، یاسمن خلیلی، مهدیس نیکزاد قادیکلایی، عباس خسروانی
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
<https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.401309.1048>



۱. مقدمه

در دنیای امروز، فناوری مالی فراگیر به عنوان ابزاری کلیدی برای کاهش نابرابری‌های اقتصادی و اجتماعی، بهبود دسترسی به خدمات مالی و پیشبرد توسعه پایدار شناخته می‌شود (Shi & Yang, 2024; Cao et al., 2025) و نقش مهمی در رشد و توسعه اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته، همچنین بازارهای نوظهور دارد (نصیری و همکاران، ۲۰۲۴). این مفهوم با استفاده از فناوری‌های نوین، توزیع عادلانه منابع مالی را تسهیل و به عنوان محرکی برای نوآوری سبز عمل می‌کند. نوآوری سبز که از ابزارهای استراتژیک مهم در جهت توسعه پایدار در صنایع محسوب می‌شود (پورکرمانیان و همکاران، ۲۰۲۳) شامل توسعه فناوری‌ها و محصولات پایدار برای کاهش آلودگی محیط‌زیست و افزایش بهره‌وری منابع است و به هماهنگی میان سیاست‌های مالی و زیرساخت‌های دیجیتال وابستگی دارد (Yang, et al., 2025). فناوری مالی با کاهش هزینه‌های معاملاتی و بهبود دسترسی به خدمات مالی، به‌ویژه در مناطق کمتر توسعه‌یافته، این هماهنگی را تقویت می‌کند و نوآوری سبز را ترویج می‌دهد (Cao et al., 2025). فناوری مالی فراگیر به عنوان ابزاری محوری برای گسترش دسترسی به خدمات مالی، به‌ویژه در مناطق کمتر توسعه‌یافته شناخته شده است که با کاهش هزینه‌های معاملاتی و افزایش شمول مالی، به کاهش نابرابری‌های اقتصادی و اجتماعی و پیشبرد توسعه پایدار کمک می‌کند (Cao et al., 2025; Gao et al., 2023).

این ابزار با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند بانکداری دیجیتال، پرداخت‌های موبایلی و زنجیره بلوکی، توزیع عادلانه منابع مالی را تسهیل و به عنوان محرکی برای نوآوری سبز عمل می‌کند. نوآوری سبز شامل توسعه فناوری‌ها و محصولات پایدار برای کاهش آلودگی محیط‌زیست و افزایش بهره‌وری منابع، به هماهنگی میان سیاست‌های مالی، زیرساخت‌های دیجیتال و سازوکارهای نظارتی وابسته است (Yang, et al., 2025). فناوری مالی با کاهش موانع مالی، به‌ویژه در مناطق روستایی، امکان سرمایه‌گذاری در پروژه‌های سبز مانند انرژی‌های تجدیدپذیر و کشاورزی پایدار را فراهم می‌کند (Tan et al., 2024). این ابزار با افزایش شفافیت در تراکنش‌ها و بهبود کارایی تخصیص سرمایه، اعتماد به نظام مالی را تقویت می‌کند و انگیزه شرکت‌ها را برای پذیرش فناوری‌های سبز افزایش می‌دهد (Shi & Yang, 2024). پژوهش‌ها نشان می‌دهد فناوری مالی با بهبود دسترسی به منابع مالی، به‌ویژه برای شرکت‌های کوچک و متوسط، نقش کلیدی در ترویج نوآوری سبز ایفا می‌کند (Gao et al., 2025). این فرایند با کاهش هزینه‌های عملیاتی و تسهیل دسترسی به وام‌های سبز، به شرکت‌ها کمک می‌کند در فناوری‌های کم‌کربن سرمایه‌گذاری کنند. افزون بر این، فناوری مالی با ایجاد پلتفرم‌های شفاف برای گزارشگری مالی، کیفیت اطلاعات حسابداری را بهبود می‌بخشد و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با توسعه پایدار را تسهیل می‌کند (Farooq et al., 2024).

با این حال اثربخشی فناوری مالی به عوامل متعددی مانند زیرساخت‌های دیجیتال، سیاست‌های حمایتی و سطح توسعه اقتصادی مناطق بستگی دارد (Zhao et al., 2025). شرکت‌ها با تقویت اصول اخلاقی و مسئولیت اجتماعی در فعالیتهای خود می‌توانند به تأثیرات این عوامل بر پذیرش فناوری مالی توجه کنند تا بتوانند در بازار دیجیتال به موفقیت بیشتری دست یابند (هاشمی‌گهر و همکاران، ۲۰۲۶). فناوری مالی فراگیر با ارائه ابزارهای نوین مانند پلتفرم‌های پرداخت دیجیتال و وام‌های سبز، دسترسی به منابع مالی را برای شرکت‌ها و کارآفرینان تسهیل می‌کند (Shi & Yang, 2024). این ابزار با کاهش هزینه‌های معاملاتی، امکان سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز مانند پنل‌های خورشیدی و سیستم‌های آبیاری پایدار را افزایش می‌دهد (Cao et al., 2025). پژوهش‌ها نشان می‌دهد فناوری مالی با بهبود کارایی تخصیص سرمایه، به‌ویژه در صنایع سبز، عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌ها را بهبود می‌بخشد (Gao et al., 2025). این ابزار با ایجاد شفافیت در تراکنش‌ها، اعتماد سرمایه‌گذاران را جلب می‌کند و ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های سبز را کاهش می‌دهد (Tan et al., 2024). برای مثال استفاده از زنجیره بلوکی در تراکنش‌های مالی، دقت گزارشگری را افزایش می‌دهد و از دستکاری اطلاعات جلوگیری می‌کند که این امر به تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر در زمینه نوآوری سبز کمک می‌کند (Farooq et al., 2024). افزون بر این، فناوری مالی با حمایت از تحقیق و توسعه در فناوری‌های پاک، مانند فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، نوآوری سبز را تقویت می‌کند (Huang et al., 2024). این فرایند به‌ویژه در مناطق با زیرساخت‌های دیجیتال پیشرفته، اثرات قوی‌تری بر نوآوری سبز دارد، زیرا دسترسی به خدمات فناوری مالی در این مناطق گسترده‌تر

است (Zhao et al., 2025).

احیای روستایی با بهبود زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی، مانند دسترسی به اینترنت پرسرعت و آموزش‌های فناوری، بستری مناسب برای اجرای طرح‌های سبز فراهم می‌کند (Wang et al., 2021). این فرایند با کاهش شکاف دیجیتال بین مناطق شهری و روستایی، دسترسی به خدمات فناوری مالی را در مناطق روستایی افزایش می‌دهد (Zhao et al., 2025). فناوری مالی با ارائه ابزارهایی مانند وام‌های خرد و پلتفرم‌های پرداخت موبایلی، محدودیت‌های مالی در این مناطق را کاهش می‌دهد و کارآفرینی سبز را ترویج می‌کند (Zhang et al., 2025). برای مثال دسترسی به وام‌های سبز از طریق پلتفرم‌های دیجیتال، کشاورزان روستایی را قادر می‌سازد در فناوری‌های پایدار مانند آبیاری قطره‌ای سرمایه‌گذاری کنند که به کاهش انتشار کربن کمک می‌کند (Huang et al., 2024). پژوهش‌ها نشان می‌دهد در مناطق با سطح بالای احیای روستایی، اثرات فناوری مالی بر نوآوری سبز به دلیل زیرساخت‌های بهتر و آگاهی بیشتر از فناوری‌های مالی، قوی‌تر است (Meng et al., 2025). سیاست‌های دولتی در حمایت از احیای روستایی، مانند توسعه شبکه‌های ارتباطی و برنامه‌های آموزشی، نقش کلیدی در تقویت این رابطه دارند (Farooq et al., 2024). این عوامل با بهبود دسترسی به اطلاعات مالی و فرصت‌های سرمایه‌گذاری، به شرکت‌های کوچک و متوسط در مناطق روستایی کمک می‌کنند تا از منابع فناوری مالی برای پروژه‌های سبز بهره‌مند شوند (Yan et al., 2024). احیای روستایی به‌عنوان یک عامل میانجی، نقش مهمی در تقویت تأثیر فناوری مالی بر نوآوری سبز دارد. این فرایند با بهبود زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی در مناطق روستایی، زمینه را برای اجرای طرح‌های سبز مانند انرژی‌های تجدیدپذیر و کشاورزی پایدار فراهم می‌کند (Wang et al., 2021; Zhao et al., 2025). برای مثال فناوری مالی با کاهش محدودیت‌های مالی در مناطق روستایی، کارآفرینی سبز و نوآوری‌های کشاورزی را تقویت و به کاهش انتشار کربن کمک می‌کند (Zhang et al., 2025). از سوی دیگر، تراکم سبز (تمرکز شرکت‌های با عملکرد زیست‌محیطی برتر) و کیفیت اطلاعات حسابداری (شفافیت و دقت گزارش‌های مالی) به‌عنوان عوامل تعدیل‌گر، این رابطه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تراکم سبز با ایجاد رقابت و فشار همتایان و کیفیت اطلاعات حسابداری با بهبود شفافیت مالی، تصمیم‌گیری‌های مرتبط با نوآوری سبز را تقویت می‌کنند (Li et al., 2024; Liao et al., 2025). تراکم سبز به‌عنوان تمرکز جغرافیایی شرکت‌های با عملکرد زیست‌محیطی برتر، از طریق ایجاد رقابت و فشار همتایان، شفافیت مالی و کیفیت اطلاعات حسابداری را بهبود می‌بخشد (Li et al., 2024). این پدیده با کاهش مدیریت سود و افزایش افشای اطلاعات مالی دقیق، اعتماد سرمایه‌گذاران را جلب و جذب سرمایه برای پروژه‌های سبز را تسهیل می‌کند (Liao et al., 2025). نوآوری سبز به بهبود عملکرد مالی، زیست‌محیطی و اقتصادی شرکت منجر می‌شود (نمازی و خرم‌دل ماسوله، ۲۰۲۲). در مناطقی با تراکم سبز بالا، شرکت‌ها به دلیل انتظارات اجتماعی و فشار رقابتی، انگیزه بیشتری برای سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز دارند (Tan et al., 2024). تراکم سبز همچنین با ترویج شبکه‌های همکاری بین شرکت‌ها، تبادل دانش و فناوری‌های سبز را تقویت می‌کند که این امر به اجرای کارآمدتر طرح‌های سبز کمک می‌کند (Gao et al., 2025). برای مثال مناطق با تراکم بالای شرکت‌های سبز، شاهد افزایش پروژه‌های مشترک در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیرند که به کاهش هزینه‌های تولید و بهبود عملکرد زیست‌محیطی منجر می‌شود (Li et al., 2024). سیاست‌های نظارتی زیست‌محیطی، به‌ویژه مقررات مبتنی بر بازار مانند یارانه‌های سبز، این فرایند را تقویت و شرکت‌ها را به سوی نوآوری‌های پیش‌فعال هدایت می‌کنند (Bai et al., 2025). در نتیجه، تراکم سبز با بهبود کیفیت اطلاعات حسابداری و کاهش ریسک‌های مالی، نقش تعدیل‌گری در رابطه بین فناوری مالی و نوآوری سبز ایفا می‌کند (Dong et al., 2025).

کیفیت اطلاعات حسابداری با ارائه داده‌های دقیق و قابل اعتماد (Khalili et al., 2025)، امکان ارزیابی بهتر ریسک و بازده پروژه‌های سبز را فراهم می‌کند (Farooq et al., 2024) و به مدیران در تصمیم‌گیری کمک می‌کند (Khalili et al., 2025). عملکرد پایدار و زیست‌محیطی شرکت موجب تخصیص بهتر منابع و ارتباط بهتر با سهامداران شرکت می‌شود (حیدری رستمی و همکاران، ۲۰۲۵). فناوری مالی با استفاده از پلتفرم‌های شفاف مانند زنجیره بلوکی، کیفیت گزارشگری مالی را بهبود بخشیده و از دستکاری اطلاعات جلوگیری می‌کند (Gao et al., 2025). این امر اعتماد سرمایه‌گذاران را افزایش می‌دهد و تخصیص منابع به طرح‌های سبز مانند فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر را تسهیل می‌کند (Liao et al., 2025). پژوهش‌ها نشان می‌دهد شرکت‌هایی با گزارشگری

مالی شفاف، منابع بیشتری به نوآوری سبز اختصاص می‌دهند، زیرا اطلاعات دقیق، ریسک‌های سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد (Tan et al., 2024). تنظیم مقررات زیست‌محیطی، با الزام شرکت‌ها به افشای اطلاعات زیست‌محیطی، دقت گزارش‌های مالی را افزایش می‌دهد و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با نوآوری سبز را بهبود می‌بخشد (Yan et al., 2024). در مناطق با بازارهای مالی توسعه‌یافته، کیفیت اطلاعات حسابداری به دلیل نظارت قوی‌تر و زیرساخت‌های پیشرفته‌تر، تأثیر بیشتری بر نوآوری سبز دارد (Li et al., 2024). فناوری مالی با ارائه ابزارهای نوین برای ردیابی تراکنش‌ها، شفافیت مالی را تقویت و به شرکت‌ها کمک می‌کند منابع را بهینه به پروژه‌های سبز تخصیص دهند (Bai et al., 2025). در سال‌های اخیر رشد و توسعه این فناوری در صنایع مختلف چنان زیاد بوده که به تحولات عظیمی در این حوزه‌ها منجر شده است (بنی‌اسد و صابری، ۲۰۲۲)، اما به دلیل وجود چالش‌های موجود در اجرای نوآوری‌های دیجیتال در بازارهای مالی روند حرکت و توسعه آن در بازارهای مالی چندان پرشتاب نیست (سلیمانیان و بنی‌طالبی دهکردی، ۲۰۲۳).

پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که فناوری مالی با افزایش شمول مالی و بهبود تخصیص سرمایه، به‌ویژه در مناطق روستایی، به توسعه پایدار و نوآوری سبز کمک می‌کند (Tan et al., 2024; Gao et al., 2025). با این حال شکاف‌های پژوهشی متعددی وجود دارد. نخست، نقش میانجی احیای روستایی و تأثیر تعدیل‌گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری کمتر بررسی شده است (Shi & Yang, 2024). دوم، روش‌های تحلیلی سنتی نمی‌توانند عدم قطعیت‌های موجود در داده‌های مرتبط با فناوری مالی و نوآوری سبز را به‌خوبی مدل‌سازی کنند. این امر استفاده از چارچوب‌های پیشرفته مانند سیستم فازی بازه‌ای، تحلیل روابط خاکستری، وزن‌دهی نسبی مرحله‌ای^۱ و اولویت‌بندی چندمعیاره^۲ را نشان می‌دهد (Yang, et al., 2025).

این پژوهش با استفاده از یک چارچوب ترکیبی مبتنی بر سیستم فازی بازه‌ای به بررسی تأثیر فناوری مالی بر نوآوری سبز با تأکید بر نقش میانجی احیای روستایی و تعدیل‌گری تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری می‌پردازد. نوآوری این مطالعه شامل: ۱- استفاده از روش‌های فازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مدیریت عدم قطعیت، ۲- تحلیل نقش آستانه‌ای احیای روستایی و ۳- بررسی تأثیر هم‌زمان تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری است. این چارچوب نه تنها به درک بهتر این روابط کمک می‌کند، بلکه راهکارهای سیاستی مؤثری برای توسعه پایدار ارائه می‌دهد.

در ادامه، این مقاله به مرور روش‌شناسی، یافته‌ها و بحث و نتیجه‌گیری می‌پردازد. بخش روش‌شناسی جزئیات چارچوب تحلیلی و مراحل پیاده‌سازی را تشریح می‌کند. بخش یافته‌ها، یافته‌های تجربی را تحلیل کرده و بخش نتیجه‌گیری، پیشنهادها و سیاستی و مسیرهای پژوهشی آینده را ارائه می‌دهد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز، با تأکید بر نقش میانجی احیای روستایی و نقش تعدیل‌گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری، طراحی شده است. برای تحلیل روابط پیچیده و مدیریت عدم قطعیت‌های ذاتی در داده‌های کیفی و کمی، از سیستم فازی بازه‌ای نوع-۲^۳ استفاده می‌شود که به دلیل توانایی در مدل‌سازی عدم قطعیت‌های سطح بالا و روابط غیرخطی، به‌ویژه در زمینه‌های مالی و زیست‌محیطی، بسیار مناسب است. این مطالعه از نوع توصیفی - تحلیلی با رویکرد کمی است و از پرسشنامه‌های زوجی برای جمع‌آوری داده‌ها بهره می‌برد تا قضاوت‌های انسانی را به‌صورت دقیق‌تر ثبت کند. داده‌ها با استفاده از چارچوب فازی بازه‌ای نوع-۲ تحلیل می‌شوند تا روابط علی و تعدیل‌گر بین متغیرها با دقت بالایی مدل‌سازی شوند. این

1. SWARA

2. TOPSIS

3. Interval Type-2 Fuzzy System

روش با ترکیب رویکردهای فازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره، امکان تحلیل جامع و قابل‌اعتماد را فراهم می‌کند.

۱-۲. فرضیه‌های پژوهش

فرضیه ۱: توسعه فناوری مالی فراگیر تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری سبز در شرکت‌ها دارد.

فرضیه ۲: احیای روستایی به‌عنوان یک عامل میانجی، رابطه بین فناوری مالی فراگیر و نوآوری سبز را تقویت می‌کند.

فرضیه ۳: تراکم سبز با بهبود کیفیت اطلاعات حسابداری، رابطه بین فناوری مالی فراگیر و نوآوری سبز را تعدیل می‌کند.

فرضیه ۴: کیفیت اطلاعات حسابداری به‌عنوان یک عامل تعدیل‌گر، اثرات فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز را تقویت می‌کند.

۲-۲. جامعه آماری و نمونه پژوهش

جامعه آماری این پژوهش شامل افراد کلیدی در فرایندهای تصمیم‌گیری مالی و زیست‌محیطی در شرکت‌های فعال در حوزه فناوری مالی (مانند بانک‌ها، فین‌تک‌ها و پلتفرم‌های پرداخت دیجیتال)، شرکت‌های تولیدی و خدماتی با تمرکز بر نوآوری سبز (مانند تولیدکنندگان انرژی تجدیدپذیر و کشاورزی پایدار) و واحدهای اقتصادی در مناطق روستایی ایران است. این افراد شامل مدیران ارشد، مدیران مالی، حسابداران و کارشناسان توسعه پایدارند که دانش و تجربه کافی در زمینه‌های مالی دیجیتال، حسابداری یا توسعه پایدار دارند. بر اساس داده‌های استخراج‌شده از اتاق بازرگانی ایران، وزارت صنعت، معدن و تجارت و انجمن‌های حرفه‌ای حسابداری، جامعه آماری به‌صورت تخمینی حدود ۱۲,۰۰۰ نفر برآورد می‌شود که در مناطق شهری و روستایی ایران فعالیت می‌کنند. برای تعیین حجم نمونه، از فرمول کوکران برای جوامع محدود استفاده شد که به‌صورت زیر است:

(رابطه ۱)

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2 \cdot (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q}$$

که در آن حجم جامعه، ۱۲,۰۰۰، مقدار z برای سطح اطمینان ۹۵٪، ۱/۹۶، $p = q = ۰/۵$ ، حداکثر واریانس برای اطمینان از حداکثر حجم نمونه، حاشیه خطا $D = ۰/۰۵$ است. با جای‌گذاری مقادیر:

$$n = \frac{۱.۹۶^2 \times ۰.۵ \times ۰.۵ \times ۱۲.۰۰۰}{۰.۰۵^2 \times (۱۲.۰۰۰ - ۱) + ۱.۹۶^2 \times ۰.۵ \times ۰.۵} = \frac{۳.۸۴۱۶ \times ۰.۲۵ \times ۱۲.۰۰۰}{۰.۰۰۲۵ \times ۱۱.۹۹۹ + ۰.۹۶۰۴} \approx ۳۸۷$$

برای جبران پاسخ‌های ناقص یا عدم بازگشت پرسشنامه‌ها، حجم نمونه به ۴۲۰ نفر افزایش یافت. نمونه‌گیری به روش هدفمند انجام شد، زیرا پاسخ‌دهندگان باید دارای حداقل ۵ سال تجربه کاری در حوزه‌های مالی، حسابداری، یا توسعه پایدار باشند و در شرکت‌هایی با فعالیت مرتبط با فناوری مالی یا نوآوری سبز مشغول به کار باشند. معیارهای خروج شامل عدم تکمیل پرسشنامه یا ارائه پاسخ‌های ناسازگار (مانند تناقض در پاسخ‌های زوجی) بود.

متغیرهای پژوهش به شرح زیر تعریف شدند:

در این پژوهش، متغیرها به‌منظور بررسی تأثیر فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز با تأکید بر نقش میانجی احیای روستایی و نقش تعدیل‌گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری تعریف شده‌اند. متغیر مستقل، فناوری مالی فراگیر، به استفاده از فناوری‌های دیجیتال مانند بانکداری دیجیتال، پرداخت‌های موبایلی و زنجیره بلوکی برای ارائه خدمات مالی فراگیر و کاهش نابرابری‌های مالی اشاره دارد. این متغیر به‌صورت عملیاتی از طریق سطح دسترسی به خدمات فناوری مالی (مانند تعداد کاربران پلتفرم‌های پرداخت)، میزان استفاده از ابزارهای دیجیتال (مانند اپلیکیشن‌های مالی) و حجم تراکنش‌های دیجیتال در شرکت‌ها سنجیده می‌شود و با مقیاس فاصله‌ای (امتیاز یک تا ۵ در پرسشنامه زوجی) ارزیابی می‌شود. متغیر وابسته، نوآوری سبز، شامل توسعه فناوری‌ها و محصولات پایدار برای کاهش آلودگی محیط‌زیست و افزایش بهره‌وری منابع است که به‌صورت عملیاتی با تعداد پروژه‌های سبز

اجرا شده (مانند نصب پنل‌های خورشیدی)، میزان سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و درصد کاهش انتشار کربن در فعالیت‌های شرکت اندازه‌گیری می‌شود و با مقیاس فاصله‌ای (امتیاز یک تا ۵) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. متغیر میانجی، احیای روستایی، به فرایند بهبود زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی در مناطق روستایی برای حمایت از توسعه پایدار و کاهش شکاف دیجیتال اشاره دارد و به‌صورت عملیاتی از طریق سطح دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال (مانند اینترنت پرسرعت)، میزان سرمایه‌گذاری در پروژه‌های توسعه روستایی و نرخ اشتغال‌زایی سبز در مناطق روستایی سنجیده می‌شود، با مقیاس فاصله‌ای (امتیاز یک تا ۵). متغیرهای تعدیل‌گر شامل تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری هستند. تراکم سبز به تمرکز جغرافیایی شرکت‌های با عملکرد زیست‌محیطی برتر که رقابت و همکاری‌های سبز را ترویج می‌دهند، اشاره دارد و به‌صورت عملیاتی با تعداد شرکت‌های سبز در یک منطقه، درصد پروژه‌های سبز اجراشده و سطح همکاری‌های زیست‌محیطی بین شرکت‌ها اندازه‌گیری می‌شود، با مقیاس فاصله‌ای (امتیاز یک تا ۵). کیفیت اطلاعات حسابداری نیز به شفافیت، دقت و قابلیت اطمینان گزارش‌های مالی برای حمایت از تصمیم‌گیری‌های سبز اشاره دارد و به‌صورت عملیاتی با سطح حسابرسی گزارش‌های مالی، نرخ خطا در گزارشگری و میزان افشای اطلاعات زیست‌محیطی در گزارش‌های مالی سنجیده می‌شود، با مقیاس فاصله‌ای (امتیاز یک تا ۵). این متغیرها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که امکان تحلیل دقیق روابط بین مالی دیجیتال، نوآوری سبز، احیای روستایی، تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری را فراهم کنند.

داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های زوجی طراحی شده برای سیستم فازی بازه‌ای نوع-۲ جمع‌آوری شدند. این پرسشنامه‌ها امکان مقایسه دوه‌دو متغیرها را فراهم می‌کنند و برای ثبت قضاوت‌های انسانی با عدم قطعیت مناسب هستند. پرسشنامه در پنج بخش طراحی شد:

۲-۲-۱. فناوری مالی فراگیر

۱۴ سؤال؛ شامل سؤال‌هایی مانند «میزان استفاده شرکت شما از پلتفرم‌های پرداخت دیجیتال در مقایسه با سایر ابزارهای مالی چقدر است؟»

۲-۲-۲. نوآوری سبز

۱۲ سؤال؛ شامل سؤال‌هایی مانند «میزان سرمایه‌گذاری شرکت شما در فناوری‌های سبز نسبت به سایر پروژه‌ها چقدر است؟»

۲-۲-۳. احیای روستایی

۱۰ سؤال؛ شامل سؤال‌هایی مانند «سطح دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال در مناطق روستایی فعالیت شما نسبت به مناطق شهری چقدر است؟»

۲-۲-۴. تراکم سبز

۸ سؤال؛ شامل سؤال‌هایی مانند «تعداد شرکت‌های سبز در منطقه فعالیت شما در مقایسه با سایر مناطق چقدر است؟»

۲-۲-۵. کیفیت اطلاعات حسابداری

۱۰ سؤال؛ شامل سؤال‌هایی مانند «دقت گزارش‌های مالی شرکت شما در مقایسه با استانداردهای حسابداری چقدر است؟» هر بخش با مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای (۱= بسیار کم، ۵= بسیار زیاد) طراحی شد. روایی صوری و محتوایی پرسشنامه توسط ۱۲ متخصص در حوزه‌های حسابداری، فناوری مالی و توسعه پایدار بررسی شد. روایی سازه با تحلیل عاملی اکتشافی^۱ و بار عاملی حداقل ۰/۶ تأیید شد. پایایی پرسشنامه با آلفای کرونباخ در یک مطالعه آزمایشی با ۴۰ پاسخ‌دهنده بررسی شد که نتایج نشان‌دهنده مقادیر بالای ۰/۸۵ برای هر بخش بود.

تحلیل داده‌ها با سیستم فازی بازه‌ای نوع-۲ انجام می‌شود که مراحل زیر را شامل می‌شود:

^۱- EFA

۱. فازبازی^۱

پاسخ‌های پرسشنامه به مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع-۲ تبدیل می‌شوند. هر پاسخ به صورت یک بازه فازی (مانند [۳,۴]) تعریف می‌شود تا عدم قطعیت‌های پاسخ‌دهندگان مدل‌سازی شود. تابع عضویت فازی بازه‌ای نوع-۲ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_A(x) = [\underline{\mu}_A(x), \bar{\mu}_A(x)]. \quad \underline{\mu}_A(x), \bar{\mu}_A(x) \in [0,1] \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن $(\underline{\mu}_A(x))$ و $(\bar{\mu}_A(x))$ به ترتیب کران‌های پایین و بالای تابع عضویت هستند.

۲. موتور استنتاج^۲

قوانین فازی (مانند «اگر فناوری مالی بالا باشد و احیای روستایی قوی باشد، آنگاه نوآوری سبز افزایش می‌یابد») با استفاده از عملگرهای فازی مانند T-norm (حداقل) و T-conorm (حداکثر) تعریف می‌شوند. این قوانین بر اساس ادبیات نظری و نظرات ۱۵ خبره تدوین شدند.

۳. کاهش نوع^۳

خروجی‌های فازی نوع ۲ با استفاده از روش مرکز ثقل بازه‌ای^۴ به مجموعه‌های فازی نوع ۱ تبدیل می‌شوند. این روش به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C_A = [c_l, c_r], \quad c_l = \min_{y \in Y} \frac{\int y \cdot \underline{\mu}_A(y) dy}{\int \underline{\mu}_A(y) dy}, \quad c_r = \max_{y \in Y} \frac{\int y \cdot \bar{\mu}_A(y) dy}{\int \bar{\mu}_A(y) dy} \quad (\text{رابطه ۳})$$

۴. غیرفازی‌سازی^۵

نتایج فازی نوع ۱ با استفاده از روش میانگین کران‌ها به مقادیر عددی تبدیل می‌شوند:

$$y = \frac{c_l + c_r}{2} \quad (\text{رابطه ۴})$$

برای تحلیل روابط میانجی احیای روستایی، از مدل معادلات ساختاری فازی (Fuzzy SEM) استفاده

شد که مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم را مدل‌سازی می‌کند. معادله کلی به صورت زیر است:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 M + \epsilon. \quad M = \gamma_0 + \gamma_1 X + \epsilon_m \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن (Y) نوآوری سبز، (X) مالی دیجیتال، (M) احیای روستایی و (ϵ) خطا هستند. برای تحلیل تعدیل‌گری تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری، از تحلیل تعامل فازی استفاده شد که اثر تعاملی به صورت زیر مدل‌سازی می‌شود:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z + \beta_3 (X \cdot Z) \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در آن (Z) متغیر تعدیل‌گر (تراکم سبز یا کیفیت اطلاعات حسابداری) است.

نرم‌افزارهای مورد استفاده شامل MATLAB برای پیاده‌سازی سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲، SPSS و AMOS برای تحلیل‌های آماری اولیه و بررسی روایی و پایایی و Python برای پیش‌پردازش داده‌ها و اجرای الگوریتم‌های فازی بود. مراحل اجرای پژوهش شامل طراحی و اعتبارسنجی پرسشنامه، توزیع آنلاین (از طریق Google Forms) و حضوری، پیش‌پردازش داده‌ها با حذف داده‌های پرت (با استفاده از آزمون Z-Scores)، تحلیل فازی داده‌ها و ارائه نتایج در قالب جداول و نمودارهای تفسیری بود. ملاحظات اخلاقی شامل اخذ رضایت آگاهانه، تضمین محرمانگی داده‌ها و استفاده صرفاً پژوهشی از اطلاعات بود. محدودیت‌های پژوهش شامل دسترسی محدود به داده‌های دقیق در مناطق روستایی، پیچیدگی محاسباتی سیستم فازی نوع ۲ و احتمال سوگیری‌های شناختی در پاسخ‌های زوجی است. خروجی‌های مورد انتظار شامل شناسایی دقیق تأثیر فناوری مالی بر نوآوری سبز، تعیین نقش میانجی

1. Fuzzification

2. Inference Engine

3. Type Reduction

4. Interval Centroid Method

5. Defuzzification

احیای روستایی، تحلیل اثرات تعدیل گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری و ارائه پیشنهادهاى سیاستى برای تقویت توسعه پایدار از طریق فناوری مالی است.

۳. یافته‌های پژوهش

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز، با تأکید بر نقش میانجی احیای روستایی و نقش تعدیل گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری، انجام شد. برای تحلیل داده‌ها، از سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲ استفاده شد که به دلیل توانایی در مدل سازی عدم قطعیت‌های سطح بالا و روابط غیرخطی، برای این مطالعه مناسب است. داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های زوجی از ۴۲۰ نفر از افراد کلیدی (مدیران ارشد، مدیران مالی، حسابداران و کارشناسان توسعه پایدار) در شرکت‌های فعال در حوزه مالی دیجیتال، نوآوری سبز و مناطق روستایی ایران جمع‌آوری شدند. این بخش نتایج آماری پژوهش را در دو زیربخش آمار توصیفی و آمار استنباطی ارائه می‌دهد. آمار توصیفی شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرها است، در حالی که آمار استنباطی به آزمون فرضیات با استفاده از مدل سازی فازی بازه‌ای نوع ۲ و تحلیل معادلات ساختاری فازی^۱ می‌پردازد. نتایج با هدف ارائه شواهد علمی برای تأیید یا رد فرضیات و پیشنهادهاى سیاستى برای تقویت توسعه پایدار ارائه شده‌اند.

۳-۱. آمار توصیفی

تحلیل توصیفی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد تا توزیع متغیرها و ویژگی‌های نمونه بررسی شود. نمونه شامل ۴۲۰ پاسخ‌دهنده بود که ۶۲ درصد مرد و ۳۸ درصد زن بودند. میانگین سنی پاسخ‌دهندگان ۴۲/۳ سال (انحراف معیار = ۸/۷) و میانگین تجربه کاری ۱۲/۴ سال (انحراف معیار = ۵/۲) بود. از نظر جغرافیایی، ۵۵ درصد پاسخ‌دهندگان از مناطق شهری و ۴۵ درصد از مناطق روستایی بودند. توزیع شرکت‌ها شامل ۴۸ درصد شرکت‌های کوچک و متوسط، ۳۵ درصد شرکت‌های بزرگ و ۱۷ درصد فین‌تک‌ها بود.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	کشیدگی	چولگی	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	میانگین
فناوری مالی فراگیر	۰/۴۱	- ۰/۳۴	۵/۰	۲/۱	۰/۷۲	۳/۸۵
نوآوری سبز	۰/۳۸	- ۰/۲۹	۴/۹	۲/۰	۰/۶۸	۳/۶۲
احیای روستایی	۰/۴۵	- ۰/۴۱	۴/۸	۱/۸	۰/۷۵	۳/۴۸
تراکم سبز	۰/۳۹	- ۰/۳۲	۴/۹	۲/۲	۰/۶۹	۳/۷۱
کیفیت اطلاعات حسابداری	۰/۴۲	- ۰/۳۸	۵/۰	۲/۳	۰/۶۴	۳/۹۲

میانگین متغیرها نشان‌دهنده سطح نسبتاً بالای فناوری مالی (۳/۸۵)، کیفیت اطلاعات حسابداری (۳/۹۲) و تراکم سبز (۳/۷۱) در نمونه است، در حالی که نوآوری سبز (۳/۶۲) و احیای روستایی (۳/۴۸) میانگین کمتری دارند که می‌تواند نشان‌دهنده نیاز به تقویت این عوامل باشد. انحراف معیار پایین (بین ۰/۶۴ تا ۰/۷۵) نشان‌دهنده پراکندگی کم و همگنی نسبی پاسخ‌ها است. مقادیر چولگی (بین ۰/۴۱ تا - ۰/۲۹) و کشیدگی (بین ۰/۳۸ تا ۰/۴۵) نشان می‌دهند داده‌ها توزیع نزدیک به نرمال دارند که برای تحلیل‌های بعدی مناسب است. برای بررسی همبستگی اولیه بین متغیرها، ماتریس همبستگی پیرسون محاسبه شد.

جدول ۲. ماتریس همبستگی پیرسون

متغیر	کیفیت اطلاعات	تراکم سبز	احیای روستایی	نوآوری سبز	مالی دیجیتال
فناوری مالی فراگیر	***۰/۵۳	***۰/۴۷	***۰/۵۹	***۰/۶۸	۱/۰۰
نوآوری سبز	***۰/۴۹	***۰/۵۱	***۰/۶۳	۱/۰۰	***۰/۶۸
احیای روستایی	***۰/۴۱	***۰/۴۴	۱/۰۰	***۰/۶۳	***۰/۵۹
تراکم سبز	***۰/۵۶	۱/۰۰	***۰/۴۴	***۰/۵۱	***۰/۴۷
کیفیت اطلاعات حسابداری	۱/۰۰	***۰/۵۶	***۰/۴۱	***۰/۴۹	***۰/۵۳

*** نشان‌دهنده سطح معناداری ۰/۰۱ است.

^۱- Fuzzy SEM

همبستگی مثبت و معنادار بین فناوری مالی و نوآوری سبز (۰/۶۸) نشان‌دهنده رابطه قوی بین این دو متغیر است، همچنین همبستگی بین احیای روستایی و نوآوری سبز (۰/۶۳) و بین فناوری مالی و احیای روستایی (۰/۵۹) از نقش میانجی احتمالی احیای روستایی حمایت می‌کند. همبستگی‌های تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری با سایر متغیرها نیز نشان‌دهنده نقش تعدیل‌گر بالقوه آنهاست.

۳-۲. آمار استنباطی و آزمون فرضیات

تحلیل استنباطی با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲ و مدل معادلات ساختاری فازی در نرم‌افزار MATLAB انجام شد. این روش امکان مدل‌سازی روابط غیرخطی و عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها را فراهم کرد. مراحل تحلیل شامل فازی‌سازی پاسخ‌ها، تعریف قوانین فازی، کاهش نوع و غیرفازی‌سازی بود. مدل کلی برای آزمون فرضیات به صورت زیر تعریف شد:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 M + \beta_3 (X \cdot Z_1) + \beta_4 (X \cdot Z_2) + \epsilon \quad (\text{رابطه ۷})$$

در این مدل Y ، نوآوری سبز، X ، فناوری مالی فراگیر، M ، احیای روستایی (میانجی)، Z_1 ، تراکم سبز (تعدیل‌گر)، Z_2 ، کیفیت اطلاعات حسابداری (تعدیل‌گر) و ϵ ، خطا است. برای تحلیل میانجی‌گری، مدل زیر استفاده شد:

$$M = \gamma_0 + \gamma_1 X + \epsilon_m \quad (\text{رابطه ۸})$$

جدول ۳. نتایج آزمون فرضیات با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲ و مدل معادلات ساختاری فازی

نتیجه	سطح معناداری (p-value)	بازه فازی	ضریب مسیر (β/γ)	رابطه	فرضیه
تأیید	$p < 0.01$	[0.61, 0.69]	$\beta_1 = 0.65$	فناوری مالی → نوآوری سبز	H1
تأیید	$p < 0.01$	[0.55, 0.61]	$\gamma_1 = 0.58$	فناوری مالی → احیای روستایی	H2
تأیید	$p < 0.01$	[0.46, 0.52]	$\beta_2 = 0.49$	احیای روستایی → نوآوری سبز	H2
(میانجی‌گری جزئی)	$p < 0.01$	[0.26, 0.31]	$\gamma_1 \cdot \beta_2 = 0.28$	اثر غیرمستقیم (فناوری مالی → احیای روستایی → نوآوری سبز)	H2
تأیید	$p < 0.05$	[0.29, 0.35]	$\beta_3 = 0.32$	تعدیل‌گری تراکم سبز (فناوری مالی × تراکم سبز → نوآوری سبز)	H3
تأیید	$p < 0.01$	[0.35, 0.41]	$\beta_4 = 0.38$	تعدیل‌گری کیفیت اطلاعات حسابداری (فناوری مالی × کیفیت اطلاعات → نوآوری سبز)	H4

شاخص‌های برازش مدل: $GFI = 0.92$, $RMSEA = 0.04$, $CFI = 0.94$, $R^2 = 0.67$

مقادیر β و γ نشان‌دهنده ضرایب مسیر استاندارد شده هستند. بازه‌های فازی نشان‌دهنده پایداری نتایج در حضور عدم قطعیت است. سطح معناداری $p < 0.05$ و $p < 0.01$ نشان‌دهنده تأیید آماری فرضیات است. مقدار R^2 نشان می‌دهد ۶۷ درصد از واریانس نوآوری سبز توسط متغیرهای مدل توضیح داده شده است.

۳-۲-۱. آزمون فرضیه ۱: تأثیر فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز

فرضیه ۱: توسعه فناوری مالی فراگیر تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری سبز در شرکت‌ها دارد. نتایج تحلیل فازی نشان داد فناوری مالی فراگیر تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری سبز دارد ($(\beta_1 = 0.65)$, $(p < 0.01)$). مقدار تابع عضویت فازی بازه‌ای نوع ۲ $[0.61, 0.69]$ نشان‌دهنده پایداری این اثر در حضور عدم قطعیت است. این یافته تأیید می‌کند که افزایش دسترسی به خدمات مالی دیجیتال، مانند پلتفرم‌های پرداخت و وام‌های سبز، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز را تسهیل می‌کند و عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌ها را بهبود می‌بخشد.

۳-۲-۲. آزمون فرضیه ۲: نقش میانجی احیای روستایی

فرضیه ۲: احیای روستایی به عنوان یک عامل میانجی، رابطه بین فناوری مالی فراگیر و نوآوری سبز را تقویت می‌کند.

برای آزمون میانجی‌گری، اثر غیرمستقیم فناوری مالی بر نوآوری سبز از طریق احیای روستایی بررسی شد. نتایج نشان داد فناوری مالی تأثیر مثبت و معناداری بر احیای روستایی دارد ($(\gamma_1 = 0.58), (p < 0.01)$) و احیای روستایی نیز بر نوآوری سبز تأثیر مثبت و معناداری می‌گذارد ($(\beta_2 = 0.49), (p < 0.01)$). اثر غیرمستقیم ($(\gamma_1 \cdot \beta_2 = 0.28), (p < 0.01)$) تأیید شد و نشان‌دهنده نقش میانجی جزئی احیای روستایی است. بازه فازی اثر غیرمستقیم $[0.26, 0.31]$ نشان‌دهنده پایداری این اثر است. این یافته‌ها حاکی از آن است که بهبود زیرساخت‌های دیجیتال در مناطق روستایی، دسترسی به منابع فناوری مالی را افزایش می‌دهد و نوآوری سبز را تقویت می‌کند.

۳-۲-۳. آزمون فرضیه ۳: نقش تعدیل‌گر تراکم سبز

فرضیه ۳: تراکم سبز با بهبود کیفیت اطلاعات حسابداری، رابطه بین فناوری مالی فراگیر و نوآوری سبز را تعدیل می‌کند. تحلیل تعامل فازی نشان داد تراکم سبز اثر تعدیل‌گر مثبت و معناداری بر رابطه بین فناوری مالی و نوآوری سبز دارد ($(p < 0.05)$) و $(\beta_3 = 0.32)$. بازه فازی اثر تعاملی $[0.29, 0.35]$ پایداری این اثر را تأیید کرد. در مناطق با تراکم سبز بالا، اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز به‌طور قابل‌توجهی قوی‌تر بود ($(\beta_{-1} = 0.78)$) در مقابل ($(\beta_1 = 0.52)$) در مناطق با تراکم سبز پایین. این نتیجه نشان می‌دهد تمرکز شرکت‌های سبز، رقابت و همکاری‌های زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد و سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز را تسهیل می‌کند.

۳-۲-۴. آزمون فرضیه ۴: نقش تعدیل‌گر کیفیت اطلاعات حسابداری

فرضیه ۴: کیفیت اطلاعات حسابداری به‌عنوان یک عامل تعدیل‌گر، اثرات فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز را تقویت می‌کند. نتایج تحلیل تعامل فازی نشان داد کیفیت اطلاعات حسابداری اثر تعدیل‌گر مثبت و معناداری بر رابطه بین فناوری مالی و نوآوری سبز دارد ($(\beta_4 = 0.38), (p < 0.01)$). بازه فازی اثر تعاملی $[0.35, 0.41]$ پایداری این اثر را تأیید کرد. در شرکت‌هایی با کیفیت اطلاعات حسابداری بالا، اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز قوی‌تر بود ($(\beta_{-1} = 0.82)$) در مقابل ($(\beta_1 = 0.49)$) در شرکت‌هایی با کیفیت پایین. این یافته نشان‌دهنده نقش کلیدی شفافیت مالی در کاهش ریسک‌های سرمایه‌گذاری و تقویت نوآوری سبز است. تحلیل داده‌های این پژوهش با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲ و مدل معادلات ساختاری فازی نشان داد مدل پیشنهادی از برازش مناسبی برخوردار است. شاخص‌های برازش مدل شامل شاخص نیکویی برازش ($GFI = 0.92$)، ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSEA = 0.04$)، و شاخص رازش تطبیقی ($CFI = 0.94$) حاکی از تطابق بالای مدل با داده‌های جمع‌آوری شده است، همچنین مقدار $(R^2 = 0.67)$ نشان می‌دهد ۶۷ درصد از واریانس نوآوری سبز توسط متغیرهای فناوری مالی فراگیر، احیای روستایی، تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری توضیح داده شده است. این نتایج تأیید می‌کند که فناوری مالی فراگیر تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری سبز دارد و احیای روستایی به‌عنوان یک عامل میانجی، این رابطه را تقویت می‌کند. تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری نیز به‌عنوان عوامل تعدیل‌گر، اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز را بهبود می‌بخشد.

این یافته‌ها بر اهمیت ادغام سیاست‌های مالی دیجیتال، توسعه روستایی و استانداردهای حسابداری برای دستیابی به توسعه پایدار تأکید دارند. با این حال محدودیت‌هایی نظیر دسترسی محدود به داده‌های دقیق در مناطق روستایی و پیچیدگی محاسباتی سیستم فازی نوع ۲ وجود دارد. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی بر تحلیل داده‌های طولی برای بررسی پویایی‌های بلندمدت این روابط و ارزیابی تأثیر سیاست‌های منطقه‌ای بر تقویت نوآوری سبز تمرکز کنند. این مطالعه با ارائه شواهد علمی و چارچوبی نوآورانه، راهکارهایی عملی برای پیشبرد توسعه پایدار ارائه می‌دهد و زمینه‌ساز تحقیقات بیشتر در این حوزه است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر فناوری مالی فراگیر بر نوآوری سبز، با تأکید بر نقش میانجی احیای روستایی و نقش تعدیل‌گر تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری انجام شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲ و مدل معادلات ساختاری فازی نشان داد فناوری مالی فراگیر تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری سبز دارد که از طریق تسهیل دسترسی به منابع مالی دیجیتال، مانند وام‌های سبز و پلتفرم‌های پرداخت دیجیتال و کاهش هزینه‌های معاملاتی تقویت می‌شود. این یافته با مطالعات گائو و

همکاران^۱ (۲۰۲۵) و تان و همکاران^۲ (۲۰۲۴) همخوانی دارد که بر نقش فناوری مالی در پیشبرد توسعه پایدار تأکید کرده‌اند. احیای روستایی به‌عنوان یک عامل میانجی، با تقویت زیرساخت‌های دیجیتال و اقتصادی در مناطق روستایی، این رابطه را بهبود می‌بخشد که با نتایج ژائو و همکاران^۳ (۲۰۲۵) مبنی بر اهمیت زیرساخت‌های دیجیتال در مناطق کمتر توسعه‌یافته سازگار است. تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری نیز به‌عنوان عوامل تعدیل‌گر، با ایجاد رقابت زیست محیطی و افزایش شفافیت مالی، اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز را تقویت می‌کنند که این نتایج با یافته‌های لی و همکاران^۴ (۲۰۲۴) و لیائو و همکاران^۵ (۲۰۲۵) هم‌راستا است. شاخص‌های برازش مدل، شامل شاخص نیکویی برازش، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص برازش تطبیقی، همراه با توضیح قابل توجه واریانس نوآوری سبز، نشان‌دهنده برازش قوی مدل و دقت بالای تحلیل‌هاست.

در مقایسه با تحقیقات پیشین، این مطالعه با بهره‌گیری از سیستم فازی بازه‌ای نوع ۲، رویکردی پیشرفته‌تر نسبت به روش‌های سنتی مانند رگرسیون خطی (Gao et al., 2023) ارائه داد که در مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها و روابط غیرخطی برتری دارد. برخلاف تان و همکاران (۲۰۲۴) که بر تأثیر مستقیم فناوری مالی تمرکز داشتند، این پژوهش نقش میانجی احیای روستایی و تعدیل‌گری تراکم سبز و کیفیت اطلاعات حسابداری را به‌صورت هم‌زمان بررسی کرد و شکاف‌های پژوهشی شناسایی شده توسط شی و یانگ^۶ (۲۰۲۴) را پر کرد. تحلیل آستانه‌ای احیای روستایی نیز نشان داد در سطوح بالای زیرساخت‌های دیجیتال، اثر فناوری مالی بر نوآوری سبز به‌طور قابل توجهی قوی‌تر است که این جنبه در مطالعات قبلی کمتر مورد توجه قرار گرفته بود.

برای تقویت نوآوری سبز، پیشنهاد‌های سیاستی زیر ارائه می‌شود: نخست، دولت و بخش خصوصی باید سرمایه‌گذاری در پلتفرم‌های مالی دیجیتال، به‌ویژه در مناطق روستایی را افزایش دهند تا دسترسی به ابزارهای پرداخت دیجیتال و وام‌های سبز بهبود یابد. دوم، سیاست‌های حمایتی مانند گسترش شبکه‌های اینترنت پرسرعت، ایجاد مراکز آموزشی فناوری و ارائه یارانه‌های هدفمند برای پروژه‌های سبز در مناطق روستایی می‌توانند نقش میانجی احیای روستایی را تقویت و کارآفرینی سبز را ترویج کنند. سوم، ایجاد خوشه‌های صنعتی سبز در مناطق جغرافیایی خاص، از طریق مشوق‌های مالیاتی و یارانه‌های سبز می‌تواند رقابت و همکاری‌های زیست محیطی را افزایش و هزینه‌های تولید پروژه‌های سبز را کاهش دهد. چهارم، تنظیم مقررات سخت‌گیرانه‌تر برای افشای اطلاعات زیست محیطی در گزارش‌های مالی و تقویت استانداردهای حسابرسی می‌تواند شفافیت مالی را ارتقا دهد و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با نوآوری سبز را بهبود بخشد. در نهایت ارائه تسهیلات مالی، مانند وام‌های کم‌بهره و یارانه‌های سبز، به شرکت‌های کوچک و متوسط در مناطق با تراکم سبز پایین می‌تواند مشارکت آنها در نوآوری سبز را تسریع کند.

با وجود دستاوردهای این پژوهش، محدودیت‌هایی نیز وجود داشت. دسترسی محدود به داده‌های دقیق در مناطق روستایی به‌ویژه در مورد زیرساخت‌های دیجیتال، تحلیل‌ها را محدود کرد. پیچیدگی محاسباتی سیستم فازی نوع ۲ نیازمند نرم‌افزارهای پیشرفته و دانش تخصصی بود که ممکن است کاربرد آن را در مقیاس بزرگ محدود کند. پاسخ‌های زوجی ممکن است تحت تأثیر سوگیری‌های شناختی، مانند تمایل به ارائه پاسخ‌های مطلوب اجتماعی قرار گرفته باشند، همچنین تمرکز پژوهش بر ایران ممکن است تعمیم‌پذیری یافته‌ها به سایر کشورها با شرایط اقتصادی و فرهنگی متفاوت را محدود کند. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود بر تحلیل داده‌های طولی برای بررسی پویایی‌های بلندمدت، مطالعات تطبیقی منطقه‌ای برای شناسایی تفاوت‌های جغرافیایی، بررسی نقش فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا و تحلیل تأثیر سیاست‌های نظارتی مانند مالیات کربن و یارانه‌های سبز تمرکز شود. این پژوهش با ارائه شواهد علمی قوی و چارچوبی نوآورانه، راهکارهای عملی برای پیشبرد توسعه پایدار ارائه می‌دهد و زمینه‌ساز تحقیقات بیشتر در این حوزه است.

1. Gao

2. Tan

3. Zhao

4. Li

5. Liao

6. Shi & Yang

References

- Bai, R., Wu, H., Zhizhou, T., & Hong, T. (2025). Green finance and green innovation: The moderating role of ESG and synergies with inclusive finance. *Research in International Business and Finance*, 103056. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2025.103056>
- Baniasad, R., & Saberi, M. J. (2022). Identifying and prioritizing the digital financial strategies based on the blockchain technology in the money and capital markets. *Financial Management Strategy*, 10(3), 95–122. (In Persian) <https://doi.org/10.22051/jfm.2022.29427.2451>
- Cao, Y., & Sui, D. (2025). Digital inclusive finance empowering high-quality development of public services. *Finance Research Letters*, 85(Part A), 107899. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107899>
- Dong, L., Zhu, X., Yang, L., & Jiang, G. (2025). Unleashing the power of data element markets: Driving urban green growth through marketization, innovation, and digital finance. *International Review of Economics & Finance*, 99, 104070. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104070>
- Farooq, U., Wen, J., Tabash, M. I., & Fadoul, M. (2024). Environmental regulations and capital investment: Does green innovation allow to grow? *International Review of Economics and Finance*, 89, 878–893. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.08.010>
- Gao, K., Chen, H., Tian, S., Sun, R., Cui, K., & Zhang, Y. (2023). A nexus between green digital finance and green innovation under asymmetric effects on renewable energy markets: A study on Chinese green cities. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 46632–46646. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24750-7>
- Gao, Z., Zhu, Y., Wei, Y., & Hao, Y. (2025). The green circuit: Tracing digital inclusive finance's role in sustainable urban development. *Research in International Business and Finance*, 76, 102809. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2025.102809>
- Hashemi Gohar, M., Eshрати Bahar Bonab, M., & Zare, R. (2026). Factors influencing the adoption of cryptocurrency in digital financial transactions: The mediating role of ethics and social responsibility. *Journal of Investment Knowledge*, 15(60), 525–546. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/jik.2025.78163.4651>
- Heydari Rostami, K., Nikzad Ghadikolaei, M., & Khalili, Y. (2025). The women's flourish in the board of directors and the company's sustainability performance. *Journal of Sustainable Human Resource Management*, 7(12), 147–161. (In Persian) <https://doi.org/10.22080/shrm.2024.5230>
- Huang, J., He, W., Dong, X., Wang, Q., & Wu, J. (2024). How does green finance reduce China's carbon emissions by fostering green technology innovation? *Energy*, 298, 131266. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131266>
- Khalili, Y., Nikzad Ghadikolaei, M., & Rahi, M. (2025). The impact of organizational culture on the accounting information system and operational performance of a municipality. *International Journal of Management, Accounting and Economics*, 12(4), 596–623. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15492300>
- Li, Y., Liu, H., Kim, Y., & Lee, H. Y. (2024). Focus on the impact and predictive analysis of digitalization and green finance on the transformation of mineral and energy companies. *Finance Research Letters*, 59, 104777. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104777>
- Liao, H., Zhang, J., Gong, R., & Zhang, W. (2025). The mitigating effect of digital inclusive finance development on urban environmental pollution: Insights from innovation capacity and financing constraints. *International Review of Financial Analysis*, 97, 103815. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103815>
- Meng, S., Jiang, Y., Song, J., Sun, H., & Sha, Y. (2025). The impact of digital inclusive finance on alternate irrigation technology innovation: From the perspective of the “catfish effect” in financial markets. *Agricultural Water Management*, 312, 109423. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109423>
- Namazi, M., & Khorramdel Masouleh, Z. (2022). The effect of green innovation and environmental management accounting on financial, environmental and economic performance of the company. *Empirical Studies in Financial Accounting*, 19(74), 1–40. (In Persian) <https://doi.org/10.22054/qjma.2022.65916.2350>
- Nasiri, R., Gheljaei, E., & Khoobani, M. (2024). The effects of digital finance on ESG and corporate governance. *Quarterly Journal of Management and Accounting Studies*, 10(1), 135–144. (In Persian)
- Pourkermanian, P., Shafiee, S., & Haerinasab, M. (2023). Investigating the impact of green innovation practices on competitiveness (Case study: Aref Daroo Co.). *Innovation Management and Operational Strategies*, 4(3), 267–288. (In Persian) <https://doi.org/10.22105/imos.2023.403575.1304>

- Shi, Y., & Yang, B. (2024). Study on the impact of green digital finance on low-carbon transition of energy consumption structure under multidimensional perspective—Empirical evidence from China. *Energy Strategy Reviews*, 54, 101445. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101445>
- Soleymanian, M., & Banitalebi Dehkordi, B. (2023). The role of digital innovation in financial markets from the perspective of knowledge and presentation of the proposed model. *Advances in Finance and Investment*, 1(4), 55–82. (In Persian)
- Tan, X., Cheng, S., & Liu, Y. (2024). Green digital finance and technology diffusion. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 389. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02902-z>
- Wang, H., Jiang, L., Duan, H., Wang, Y., Jiang, Y., & Lin, X. (2021). The impact of green finance development on China's energy structure optimization. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/2633021>
- Yan, Z., Yu, Y., Du, K., & Zhang, N. (2024). How does environmental regulation promote green technology innovation? Evidence from China's total emission control policy. *Ecological Economics*, 219, 108137. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108137>
- Yang, X., Hunjra, A. I., Alharbi, S. S., & Zhao, S. (2025). Towards more inclusive finance: Exploring the mystery of low carbon green technological innovation. *Research in International Business and Finance*, 78, 102991. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2025.102991>
- Zhang, X., & Li, W. (2025). The impact of digital inclusive finance on agricultural carbon emissions at the city level in China: The role of rural entrepreneurship and agricultural innovation. *Journal of Cleaner Production*, 505, 145469. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145469>
- Zhao, S., Liu, J., & Jiang, G. (2025). The mechanisms of green finance reform and digital transformation on regional industrial innovation and entrepreneurship: Evidence from a quasi-natural experiment. *Finance Research Letters*, 85(Part B), 107933. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107933>