



Development of Sustainable and Resilient Strategies in Green Technology

Sabah Ahmed Ismaeel¹*, Seyed Kamal Sadeghi²*

¹ PhD Student, Department of Public Sector Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

² Professor, Department of Economic Development and Planning, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding author, Email: sadeghiseyedkamal@gmail.com

مقاله در دست انتشار

Keywords:

Sustainable Development,
Green Technologies,
Environmental Taxes,
Financial Incentives,
Renewable Energy.

Introduction: Sustainable development has become a multifaceted challenge in contemporary societies, requiring the integration of strategies across economic, social, and environmental dimensions. This concept means meeting current needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs, making it essential to pay attention to various aspects of development, including economic growth, social justice, and environmental protection. Iran, as a country facing numerous environmental challenges, including air pollution, climate change, soil erosion, and water scarcity, urgently needs innovative and sustainable approaches in the field of green technologies. These challenges not only affect the quality of life of the people but can also harm the country's economic development. Therefore, identifying and implementing green technologies as an effective solution to address these challenges and move towards sustainable development is of paramount importance. This research aims to identify and prioritize key indicators of green technologies in Iran and provide solutions for improving the country's environmental and economic status. The main objective of this study is to examine the factors influencing the development of green technologies and assess their impact on improving environmental quality and increasing economic productivity. To achieve this goal, scientific research methods and data analysis techniques will be employed. In this context, identifying key indicators of green technologies will allow us to recognize existing strengths and weaknesses and identify areas for improvement. Additionally, this research will explore successful international experiences in the field of green technologies and analyze how these experiences can be adapted to Iran's specific conditions. Ultimately, providing practical solutions and effective policies for promoting green technologies can not only improve the country's environmental status but also create new job opportunities and increase investment in this area. For this reason, this research can serve as a roadmap for policymakers and decision-makers in achieving sustainable development goals in Iran.

Methodology: This research employs a combined and systematic approach to identify and prioritize key indicators of green technologies. In the first stage, a comprehensive review of the existing literature on green technologies and sustainable development was conducted, which included examining scientific articles, international reports, and documents related to challenges and opportunities in this field. The aim of this stage was to gain a deeper understanding of the current status of green technologies and the specific needs of Iran. After completing the literature review, the next phase involved collecting the opinions and experiences of experts in this area using the fuzzy Delphi method. This method was selected due to its ability to manage uncertainty and ambiguity in data, especially regarding environmental issues. A group of experienced experts in green technologies and sustainable development was chosen and asked to provide their opinions on the key indicators of green technologies. After collecting the opinions, the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) was used to weight and rank these indicators. This method allows for both quantitative and qualitative evaluation and comparison of the

Received:

22/Mar/2024

Revised:

22/Mar/2024

Accepted:

16/Jun /2024

indicators, ultimately providing an accurate prioritization of the key indicators of green technologies.

Findings: The results of this research indicate that two indicators—the environmental investment foundation and output efficiency—have the most significant impact on the development of green technologies. These findings clearly demonstrate that special attention must be paid to these two factors to achieve sustainable development goals. Additionally, the proposed strategies include the development of environmental taxes, providing financial incentives for investment in renewable energy, and establishing appropriate infrastructure to support green technologies. This research identifies critical strategic objectives that are essential for supporting sustainable investment and clean production in Iran, aligning with the broader environmental and economic goals of the country. The results show that two key indicators—the environmental investment foundation and output efficiency—have a significant impact on the development of green technologies. Among the sub-indicators of output efficiency, CO₂ emissions are recognized as the most influential sub-indicator, highlighting the need for focused attention on this area to achieve sustainable development targets. The proposed strategies include implementing environmental taxes, providing financial incentives for investment in renewable energy, and creating appropriate infrastructure to support green technologies. This study employs a systematic approach, utilizing the fuzzy Delphi method to gather expert opinions and the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) for weighting and ranking indicators. The results indicate that the environmental



investment foundation holds the highest weight, emphasizing the importance of preserving and enhancing natural and environmental assets for sustainable development. The analysis also highlights the role of legal measures, such as environmental taxes, in shaping corporate behaviors and investment decisions, thereby facilitating the transition towards greener options. Furthermore, the research underscores the necessity of a supportive legal and policy framework to facilitate the adoption of green technologies. This framework should encourage innovation and investment while addressing natural resource preservation and improving environmental quality. The integration of green technologies into national economic strategies is crucial, with recommendations for governments to promote these technologies through supportive legislation and research funding.

Discussion and Conclusion: This research emphasizes the importance of integrating green technologies into national economic strategies and suggests that governments should promote these technologies through legislation and funding for research and development (R&D). For instance, allocating sufficient budget for research and development in the field of green technologies and strengthening international collaborations can accelerate the transition to a green economy. Ultimately, this study highlights the necessity of creating a suitable legal and policy framework to support green technologies. This framework should include laws that encourage innovation and investment in green technologies while also addressing natural resource preservation and improving environmental quality. Overall, this research serves as a guide for policymakers and decision-makers in the field of sustainable development and green technologies and can be used as a basis for formulating effective strategies in this area. Given the existing environmental challenges and the need for sustainable development, adopting innovative and scientific approaches in this field is essential.

How to cite this article:

Rangriz, H., & Karim, M.H. (2025) Designing a Model of Green Human Resources Management in the Country's Tax Affairs Organization. *Green Development Management Studies*, 4(2), 1-22. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.7449.1109>





توسعه استراتژی‌های پایدار و انعطاف‌پذیر در فناوری سبز

صبحاح احمد اسماعیل^۱، سید کمال صادقی^{۲*}^۱ دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد بخش عمومی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران^۲ استاد، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: sadeghiseyedkamel@gmail.com

چکیده

واژگان کلیدی:

در عصر حاضر، توسعه پایدار و فناوری‌های سبز به عنوان دو محور اصلی در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مطرح شده‌اند. این تحقیق به بررسی و توسعه استراتژی‌های پایدار و انعطاف‌پذیر در فناوری سبز در ایران می‌پردازد. با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی، این مطالعه به شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز با استفاده از یک رویکرد ترکیبی و سیستماتیک می‌پردازد. روش‌شناسی شامل مرور جامع ادبیات، استفاده از روش دلفی فازی برای نهایی‌سازی شاخص‌ها و به کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی این شاخص‌ها است. نتایج نشان می‌دهند که بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی و کارایی خروجی بالاترین تأثیر را دارند. همچنین، استراتژی‌های پیشنهادی شامل توسعه مالیات‌های زیست‌محیطی، ارائه مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای حمایت از فناوری‌های سبز است. این تحقیق بر اهمیت ادغام فناوری‌های سبز در استراتژی‌های اقتصادی ملی تأکید دارد و پیشنهاد می‌کند که دولت‌ها باید از طریق قوانین حمایتی و تأمین مالی تحقیق و توسعه (R&D) به ترویج این فناوری‌ها بپردازند.

توسعه پایدار، فناوری سبز، مالیات‌های زیست‌محیطی، مشوق‌های مالی، انرژی تجدیدپذیر.

تاریخ دریافت:

۳ فروردین ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری:

۳ فروردین ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش:

۲۷ خرداد ۱۴۰۳



مقدمه

در دورانی که نگرانی‌های زیست‌محیطی و مسئولیت‌های اجتماعی در حال بازسازی اقتصادهای جهانی هستند، سرمایه‌گذاری پایدار به عنوان یک استراتژی ضروری ظاهر شده است که نوآوری در فناوری سبز را تقویت کرده و بر تصمیم‌گیری میان دانشگاهیان و سیاست‌گذاران تأثیر می‌گذارد (ابوالمجد و هاشم^۱، ۱۳۹۸: ۸۵۴؛ الطائب^۲ و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۰). با توجه به مشکلات فزاینده زیست‌محیطی جهانی، از جمله گرمایش جهانی، از دست دادن جنگل‌ها و آلودگی آب، بحث در مورد توسعه پایدار اهمیت بیشتری پیدا کرده است. رابطه بین حفاظت از محیط زیست و استراتژی‌های شرکتی اغلب به عنوان یک معامله بین دستیابی به اهداف سبز و حداکثر کردن سود اقتصادی دیده می‌شود، با وجود اولویت‌هایی که بسیاری از سازمان‌ها برای پایداری قائل هستند. نیاز فوری به استراتژی‌های یکپارچه‌ای وجود دارد که توسعه پایدار را با رشد اقتصادی متعادل کنند، زیرا هم دولت‌ها و هم شرکت‌ها با چالش نوابری در مرز باریک بین پذیرش شیوه‌های دوستدار محیط زیست و پیگیری (دآدامو^۳ و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۵۵؛ وانگ و جو^۴، ۲۰۲۱: ۲۵۵) مواجه هستند. سازمان ملل در سال ۲۰۰۵ رشد سبز را به عنوان مؤثرترین استراتژی برای توسعه پایدار توصیه کرد. به گفته سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)، رشد سبز یک طرح نوآورانه برای ترویج توسعه و رشد اقتصادی در یک کشور بدون آسیب به محیط زیست یا افرادی است که در آنجا زندگی می‌کنند (عابید^۵ و همکاران، ۲۰۲۱: ۱۵۰). تأثیرات منفی فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست جهانی نیاز به توسعه پایدار را افزایش داده است (ون زانتن و ون تولدر^۶، ۲۰۲۱: ۱۲۸). در سال ۲۰۱۵، اهداف توسعه هزاره (MDGs) منقضی شد و جای آن با اهداف توسعه پایدار (SDGs) از دستور کار پس از ۲۰۱۵ جایگزین شد. این اهداف شامل ۱۷ هدف است که دامنه وسیعی از تلاش‌های انسانی را در سه بعد توسعه پایدار (مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی) پوشش می‌دهد و به طور قابل توجهی دامنه اقدام را گسترش می‌دهد. این اهداف به عنوان پنج P از دستور کار جدید، یعنی مردم، سیاره، رفاه، صلح و مشارکت شناخته می‌شوند و به عنوان یک برنامه عمل برای همه کشورها در نظر گرفته شده‌اند (سازمان ملل متحد^۷، ۲۰۱۵). فناوری‌های سبز نقش حیاتی در دستیابی به اهداف پایدار تعیین شده توسط سازمان ملل (UN) ایفا می‌کنند. آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) معتقد است که زیرساخت‌های انرژی کارآمد، حمل و نقل سبز و سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر می‌توانند به طور قابل توجهی انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند که برای مقابله با گرمایش جهانی ضروری هستند (آژانس بین‌المللی انرژی^۸، ۲۰۲۴). نوآوری‌های انرژی سبز همچنین به عنوان عوامل کلیدی برای رشد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی عمل می‌کنند که به نوبه خود برای توسعه پایدار بسیار مهم هستند (چاشتی و همکاران^۹، ۲۰۲۱: ۷۵). توسعه استراتژی‌های پایدار و انعطاف‌پذیر در فناوری سبز امری حیاتی و ضروری است، به ویژه در محیط‌هایی که با چالش‌های زیست‌محیطی مواجه هستند. ایران نیز به عنوان یک کشور با چالش‌های زیست‌محیطی متنوع، نیازمند توسعه استراتژی‌های پایدار و انعطاف‌پذیر در فناوری سبز است. با توجه به منابع غنی انرژی تجدیدپذیر در ایران، از جمله باد، خورشید و آب، این کشور دارای ظرفیت بالقوه برای توسعه فناوری‌های سبز است. از آنجایی که ایران نیز با مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا و آب، کاهش تنوع زیستی و تغییرات اقلیمی روبرو است، توسعه فناوری‌های سبز می‌تواند به بهبود وضعیت محیط زیست و کاهش اثرات منفی آن کمک کند. استراتژی‌های پایدار و انعطاف‌پذیر در فناوری سبز باید به تعادل بین توسعه

¹ Aboelmaged & Hashem

² Eltayeb, Zailani, & Ramayah

³ D'Adamo

⁴ Wang & Juo

⁵ Abid

⁶ van Zanten & van Tulder

⁷ United Nations

⁸ International Energy Agency

⁹ Chishti

اقتصادی، حفاظت از محیط زیست و رفاه اجتماعی توجه کنند. این استراتژی‌ها باید از رویکردهای نوآورانه و هماهنگ بین دولت، صنعت و جامعه برخوردار باشند. با توجه به اهمیت توسعه پایدار و فناوری سبز، ایران نیازمند تدوین و اجرای استراتژی‌های ملی مناسب در این زمینه است. این استراتژی‌ها باید به توانمندسازی صنایع محلی، ایجاد اشتغال، کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای و افزایش بهره‌وری منابع طبیعی منجر شود.

چارچوب نظری

مدل پذیرش فناوری (TAM) یکی از تاثیرگذارترین چارچوب‌ها برای پیش‌بینی و توضیح پذیرش فناوری است و در طول سال‌ها برای مطابقت با زمینه‌های مختلف، از جمله فناوری‌های سبز، توسعه یافته است (یوان و همکاران^۱، ۲۰۲۱: ۵۰۵). در هسته خود، TAM بیان می‌کند که سودمندی درک شده و سهولت استفاده درک شده، محرک‌های اصلی قصد فرد برای پذیرش یک فناوری هستند که متعاقباً بر استفاده واقعی آنها تأثیر می‌گذارد (سینگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۱۶۷۶). با افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، ارتباط TAM در پذیرش فناوری‌های سبز برجسته‌تر شده است، زیرا این عوامل می‌توانند به شدت بر پذیرش نوآوری‌های با هدف پایداری، مانند سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر یا روش‌های تولید سازگار با محیط زیست، تأثیر بگذارند. علاوه بر این، TAM ساختارهای اضافی مانند ریسک درک شده، اعتماد، فرهنگ نوآوری و فشار رقابتی را ادغام می‌کند که در زمینه پذیرش فناوری سبز بسیار مهم هستند (مین، و جیونگ^۳، ۲۰۲۱: ۱۳). به عنوان مثال، فناوری‌های سبز اغلب با چالش‌های مربوط به ریسک درک شده و هزینه‌های بالا روبرو هستند که می‌تواند پذیرش آنها را علی‌رغم مزایای زیست‌محیطی به تأخیر بیندازد. گنجاندن این عوامل، قدرت پیش‌بینی TAM را افزایش می‌دهد، به ویژه در درک چگونگی پذیرش نوآوری‌های سبز توسط سازمان‌ها مانند مدیریت انرژی مبتنی بر هوش مصنوعی یا فرآیندهای زنجیره تامین سازگار با محیط زیست (کشاو^۴ و همکاران، ۲۰۲۳: وانگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۵۹). درک چگونگی بهبود همزمان پایداری و کارایی عملیاتی توسط فناوری‌های سبز، کلید ترویج پذیرش و ادغام گسترده‌تر آنها است (کاتبی^۶ و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۰۳). کاهش ضایعات و استفاده از مواد غیر سمی و خطرناک، دو روشی هستند که از طریق آنها می‌توان به نوآوری سبز دست یافت (ابوالمجد و هاشم^۷، ۱۳۹۸: ۸۵۴؛ الطائب^۸ و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۰). علاوه بر این، سرمایه‌گذاری پیشگیرانه در فناوری‌های نوآورانه سبز، افزایش بهره‌وری سازمانی را ثابت کرده است (چیو^۹ و همکاران، ۲۰۱۱: ۸۷). این رویکردهای فعال همچنین با ایجاد شایستگی‌های زیست‌محیطی، به شرکت‌ها در کاهش خطرات زیست‌محیطی کمک می‌کنند. با این حال، شرکت‌ها می‌توانند به طور استراتژیک با کمک نوآوری سبز، هزینه‌های احتمالی را به حداقل برسانند که عملکرد اقتصادی را افزایش می‌دهد و باعث ارتقای پایداری می‌شود (جیانگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۰: ۷۶). فناوری سبز یک مفهوم گسترده و بین‌رشته‌ای است که دائماً در حال تغییر است اما فاقد یک تعریف واحد و جهانی است. فقدان طبقه‌بندی یا مجموعه استانداردهای یکپارچه، اغلب تعیین اینکه دقیقاً چه چیزی به عنوان فناوری سبز واجد شرایط است را دشوارتر می‌کند (اکرام^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۱: ۳۳). هدف از نوآوری سبز ایجاد و پیاده‌سازی فناوری‌های سبز است که در

¹ Yuen

² Singh

³ Min & Jeong

⁴ Kashav

⁵ Wang

⁶ Katebi

⁷ Aboelmaged & Hashem

⁸ Eltayeb, Zailani, & Ramayah

⁹ Chiou, Chan, Lettice, & Chung

¹⁰ Jiang, Lyu, Ye, & wenqian Zhou

¹¹ Ikram, Ferasso, Sroufe, & Zhang



طول ساخت، پیاده‌سازی و مصرف کالاها، آسیب به محیط زیست را به حداقل می‌رساند. این نوآوری‌ها ممکن است آسیب‌های زیست محیطی را در منبع خود ردیابی، نظارت و کاهش دهند. نوآوری فناوری سبز ممکن است به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، صرفه جویی در انرژی، مدیریت صحیح اثرات نامطلوب زیست محیطی و در نهایت افزایش پایداری کمک کند. اجرای این امر با فناوری غیر سبز فعلی دشوار است. بنابراین، تنها با تسریع پیشرفت‌های نوآوری سبز می‌توانیم اطمینان‌های عملی برای اجرای پیشرفت سبز و در نتیجه دستیابی واقعی به رشد سبز ارائه دهیم (سانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۷۵). به گفته هاتنروت^۲ و همکاران (۲۰۱۶)، استقرار فناوری‌های سبز، کاربرد نوآوری‌هایی است که برای کاهش انتشار کربن در نظر گرفته شده‌اند. این می‌تواند شامل استراتژی‌های جامع‌تر کاهش گازهای گلخانه‌ای (GHG) و همچنین کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی باشد. علاوه بر این، این دسته شامل اختراعات سبز است که بر حفاظت از انرژی و منابع تأکید دارند. هیدروژن سبز، یک سوخت خنثی از نظر کربن، این ظرفیت را دارد که به طور قابل توجهی انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد و در مبارزه با تغییرات آب و هوایی ضروری است. به عنوان یک جزء کلیدی از استراتژی‌های فناوری سبز، تولید آن از طریق منابع تجدیدپذیر مانند باد و خورشید می‌تواند انتقال به سیستم‌های انرژی پایدار را تسریع کند (د'آدامو^۳ و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۵۵؛ وانگ و جو^۴، ۲۰۲۱: ۲۵۵). ادغام هیدروژن سبز می‌تواند ابتکارات انرژی تجدیدپذیر موجود آن را افزایش داده و از اهداف پایداری این کشور پشتیبانی کند. همانطور که از دیدگاه OECD (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی) و بانک جهانی سنتز شده است، رشد سبز هدف رشد و توسعه اقتصادی است، اما تضمین می‌کند که بر اکوسیستم‌ها یا پایداری منابع تجدیدپذیر تأثیر منفی نمی‌گذارد (هیکل و کالیس^۵، ۲۰۲۰: ۴۹۵). این امر شامل محدود کردن یا کاهش تأثیر بر اکوسیستم با بهبود بهره‌وری، توسعه فناوری‌های جدید و اجرای مقرراتی است که از استفاده پایدار از منابع حمایت می‌کند. برای دستیابی به این هدف، تشویق نوآوری و سرمایه‌گذاری ضروری است که باعث گسترش مداوم و ایجاد فرصت‌های تجاری جدید می‌شود (سسی و رزاق^۶، ۲۰۲۳: ۱۹۴). فناوری نوآورانه سبز برای تشویق سرمایه‌گذاری پایدار ضروری است زیرا انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، استفاده از منابع را افزایش می‌دهد و نوآوری اکولوژیکی را تقویت می‌کند. اجرای فناوری‌های سبز برای کاهش اثرات زیست محیطی بسیار مهم است زیرا فرآیندهای تولید پاک‌تر را ترویج می‌کند و اهداف پایداری ملی و بین‌المللی را افزایش می‌دهد. فناوری سبز راهی برای رشد و توسعه پایدار و در عین حال حفظ ردپای اجتماعی-اقتصادی فراهم می‌کند، زیرا کشورها برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار (SDGs)، به ویژه آنهایی که مربوط به اقدام اقلیمی و حفظ منابع است، تلاش می‌کنند (گوئو^۷ و همکاران، ۲۰۲۰: ۷۴). منابع انرژی تجدیدپذیر، از جمله انرژی خورشیدی، بادی، آبی و زمین گرمایی، این ظرفیت را دارند که بخش قابل توجهی از نیازهای انرژی جهانی را بدون تأثیرات نامطلوب بر محیط زیست برآورده کنند. اتخاذ فناوری‌های سبز، مانند انرژی تجدیدپذیر و روش‌های تولید پایدار، برای ایجاد پایداری زیست محیطی و اقتصادی بلندمدت ضروری است. این فناوری‌ها به به حداقل رساندن کاهش منابع و اثرات زیست محیطی کمک می‌کنند و به آینده‌ای پایدارتر کمک می‌کنند (راجانی^۸ و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۷). نوآوری در انرژی سبز برای رشد پایدار بسیار مهم است زیرا امکان انتقال از سوخت‌های فسیلی به منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر را فراهم می‌کند. با این حال، موانع زیادی پیش روی نوآوری در انرژی سبز وجود دارد، مانند کمبود حمایت عمومی و محدودیت‌های مالی، سیاسی

¹ Song, Fisher, & Kwoh

² Hottenrott, Rexhäuser, & Veugelers

³ D'Adamo

⁴ Wang & Juo

⁵ Hickel & Kallis

⁶ Ceci, & Razzaq

⁷ Guo, Nowakowska-Grunt, Gorbanyov, & Egorova

⁸ Rajani, Heggde, & Kumar

و فنی (ارازالین^۱ و همکاران، ۲۰۲۴:۲۰). علی‌رغم این چالش‌ها، نوآوری در انرژی سبز پتانسیل زیادی برای ارتقای رشد اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید دارد. استفاده از انرژی سبز همچنین می‌تواند بقای بلندمدت کره زمین را تضمین کند و اثرات گرمایش جهانی را کاهش دهد. اگرچه مفهوم “رشد سبز” به طور فزاینده‌ای محبوب شده است، اما از فقدان یک چارچوب مفهومی روشن رنج برده است که منجر به مطالعات متعددی با هدف تعریف آن شده است. به طور خاص، OECD در سال ۲۰۰۹ رشد سبز را به عنوان استراتژی برای ارتقای رشد و توسعه در اقتصاد و در عین حال مقابله با گرمایش جهانی، کاهش از دست دادن تنوع زیستی، به حداقل رساندن آسیب‌های زیست محیطی و تضمین استفاده پایدار از منابع تعریف کرد (سارکودی^۲ و همکاران، ۲۰۲۴:۱۴۹). این تعریف خاص منجر به توسعه یک چارچوب اندازه‌گیری با شاخص‌های مختلف رشد سبز شد. در این چارچوب، این مطالعه پنج معیار خاص را به کار می‌گیرد: (۱) بنیاد سرمایه محیطی، (۲) اقدامات نظارتی، (۳) عملکرد اقتصادی، (۴) استانداردهای زندگی و (۵) بازده خروجی.

پیشینه پژوهش

آنتونی‌تی و مارزوچی^۳ (۲۰۱۴) شواهد محکمی برای تأثیر مثبت استراتژی‌های سرمایه‌گذاری ملموس سبزتر بر کارایی کسب و کار و عملکرد صادرات ارائه می‌کنند، و بدین ترتیب با این باور مرسوم که اهداف محیطی و اقتصادی ناسازگار هستند، مخالفت می‌کنند. نتایج آنها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سازگار با محیط زیست نه تنها کارایی یک سازمان را افزایش می‌دهد، بلکه به آن امکان می‌دهد تا وارد بازارهای خارجی با مقررات سخت‌گیرانه‌تر شود. این تحقیق به ویژه مهم است زیرا بر پتانسیل هم‌افزایی پایداری و اقتصاد قوی تأکید می‌کند. این تحقیق با نشان دادن اینکه چگونه استراتژی‌های سرمایه‌گذاری فناوری سبز می‌تواند به یک موقعیت “برد-برد” کمک کند و هم محیط زیست و هم عملکرد شرکت‌ها را بهبود بخشد، این فرضیه را تقویت می‌کند که سرمایه‌گذاری پایدار در فناوری‌های سبز ممکن است به عنوان یک محرک حیاتی برای توسعه اقتصادی و رقابت جهانی عمل کند. علاوه بر این، شن^۴ و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر سرمایه‌گذاری سبز، رشد اقتصادی و رشد مالی بر آلودگی محیط زیست در اقتصادهای G-7 را بررسی کردند. دریافتند که سرمایه‌گذاری‌های سبز به طور قابل توجهی با بهبود حفاظت از انرژی، ترویج پیشرفت در فناوری و بهبود فرآیندهای تولید، آلودگی را کاهش می‌دهد. این با نتایج آنتونی‌تی و مارزوچی (۲۰۱۴) که نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری‌های سبز تأثیر مثبتی بر کارایی شرکت و نتایج صادرات دارد، سازگار است. در محیط G-7، نشان داده شده است که شوک‌های مثبت و منفی در سرمایه‌گذاری سبز رابطه قابل توجهی با آلودگی محیط زیست دارند و پویایی پیچیده سرمایه‌گذاری را بر کیفیت محیط زیست نشان می‌دهند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری سبز، یک استراتژی حیاتی برای کاهش آلودگی محیط زیست است که توسط تأثیر مطلوب سرمایه‌گذاری‌های سبز در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن (CO2) در کشورهای G-7 در هر دو افق کوتاه و بلند پشتیبانی می‌شود. نوآوری تکنولوژیک برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ایجاد استراتژی‌های رشد پایدار بسیار مهم است. مطالعه‌ای بر روی کشورهای OECD نشان داد که پیشرفت‌های فنی به طور قابل توجهی انتشار گازهای گلخانه‌ای را از طریق سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و آموزش کاهش می‌دهد و در عین حال تأثیر اقتصادهای در حال رشد بر انتشار را تعدیل می‌کند (چنگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). در حالی که سرمایه‌گذاری پایدار طیف گسترده‌ای از عوامل ESG را بررسی می‌کند، M. Ikram and J.E. Sadki Sustainable Futures 8 (2024) 100327 4 مالی سبز به طور صریح ابزارهای مالی مورد نیاز برای ترویج فعالیت‌های آگاهانه زیست محیطی را مشخص می‌کند.

¹ Orazalin, Ntim, & Malagila

² Sarkodie, Owusu, & Taden

³ Antonietti, & Marzocchi

⁴ Shen

⁵ Cheng, Ren, Dong, Dong, & Wang



همانطور که توسط نپال^۱ و همکاران (۲۰۲۴) مشهود است، تامین مالی سبز با حمایت از تغییر به منابع انرژی پاک و افزایش اثربخشی استفاده از انرژی، تأثیر قابل توجهی بر صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر داشته است. علاوه بر این، چنین تحولی دوام سیستم انرژی تجدیدپذیر را بهبود می‌بخشد و آن را به یک جزء حیاتی از رشد پایدار تبدیل می‌کند. پری^۲ (۲۰۲۰) گزارش داد که مراکش باید اقدامات کاهش بیشتری را برای به حداقل رساندن میزان کربن در بخش انرژی برای برآورده کردن تعهدات تغییرات آب و هوایی (NDC) خود انجام دهد و تلاش‌های بیشتری را برای ترویج گذار موثر به یک اقتصاد پایدار انجام دهد. علاوه بر این، باید سرمایه‌گذاری بیشتری در انرژی‌های تجدیدپذیر انجام دهد و عملکرد انرژی خود را بهبود بخشد تا از تامین انرژی مطمئن و رشد پایدار اطمینان حاصل کند. برای مقابله با اثرات نامطلوب گرمایش جهانی، دولت‌ها از اقداماتی مانند یارانه‌ها، مقررات مستقیم و مالیات‌های زیست‌محیطی استفاده می‌کنند. در حالی که منتقدان بر این باورند که قوانین سختگیرانه زیست‌محیطی ممکن است سرمایه‌گذاری خصوصی را مهار کرده و گسترش اقتصادی را محدود کند، مطالعات نشان می‌دهد که مالیات‌های زیست‌محیطی ممکن است محیط زیست، عملکرد اقتصادی و استفاده از منابع را بهبود بخشد و از رشد سبز حمایت کند (کارماکر^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). به گفته چن و همکاران (۲۰۰۶) و اسدی و همکاران (۲۰۲۰)، دولت‌هایی که تعهدات محکمی به پایداری دارند، به طور فزاینده‌ای به عنوان موقعیت بهتری برای استفاده از سرمایه‌گذاری در فناوری سبز در نظر گرفته می‌شوند، که برای افزایش بهره‌وری انرژی، جلوگیری از آلودگی و بازیافت زباله بسیار مهم است. پس زمینه محیطی معاصر بر نیاز فوری به این فناوری‌ها تأکید می‌کند، که برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار نیاز به تعهد بیشتر کسب و کار دارد. سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز به عنوان یک رویکرد تاکتیکی برای دستیابی به این اهداف در حالی که مسیری نه تنها برای انطباق، بلکه برای حمایت از توسعه پایدار و رشد اقتصادی فراهم می‌کند، مطرح می‌شود (چنگ و همکاران، ۲۰۲۱). استراتژی‌های فناوری سبز نقش حیاتی در رسیدگی به چالش‌های زیست‌محیطی و بهبود رفاه انسان ایفا می‌کنند. سیستم‌های کیفیت محیط داخلی (IEQ) مبتنی بر هوش مصنوعی (AI) به طور قابل توجهی بر تغییرات رفتاری تأثیر می‌گذارند و منجر به بهبود سلامت و بهره‌وری می‌شوند. به عنوان مثال، نشان داده شده است که پیشرفت در IEQ مبتنی بر فناوری هوش مصنوعی بهره‌وری را افزایش می‌دهد و تأثیرات مثبت قابل توجهی بر سلامت روانی و جسمی دارد (بنجول^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). مقررات پایدار نقش مهمی در تشویق کسب و کارها به سرمایه‌گذاری در فناوری سبز ایفا می‌کند که یک روش حیاتی برای رسیدگی به مسائل مختلف مربوط به محیط زیست است. این محدودیت‌ها اغلب به عنوان کاتالیزور عمل می‌کنند و شرکت‌ها را به رعایت اهداف گسترده‌تر رشد پایدار که توسط مقامات تعیین شده است، ترغیب می‌کنند. دولت‌ها با ایجاد مقررات، ارائه حمایت مالی و اجرای قوانین دقیق، شرایط مساعدی را برای چنین سرمایه‌گذاری‌هایی فراهم می‌کنند (سونیلا^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). مالیات بر انرژی و سایر کالاها در تحریک اجرای نوآوری‌های سبز، به عنوان ابزاری موثر برای حمایت از سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز بسیار مهم است (شریف و همکاران، ۲۰۲۳). این روش مالی با افزایش هزینه منابع ناپایدار، شرکت‌ها را به پذیرش فعالیت‌های سازگار با محیط زیست تشویق می‌کند و در نهایت کسب‌وکارها را به سمت تصمیمات سبزتر سوق می‌دهد.

سوالات پژوهش

- چگونه می‌توان تکنیک‌های فناوری سبز را در استراتژی اقتصادی ملی گنجانده تا سرمایه‌گذاری‌های پایدار را ترویج کند؟
- چه زیرمعیارهای برای تصمیم‌گیری فناوری‌های سبز وجود دارد؟

¹ Nepal, Zhao, Liu, & Dong

² Perry

³ Karmaker, Al Aziz, Palit, & Bari

⁴ Bangwal, Kumar, Suyal, & Ghouri

⁵ Saunila, Ukko, & Rantala

— هر کدام از زیر معیارها چه درجه اهمیتی دارند؟

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز در ایران، با استفاده از یک رویکرد ترکیبی و سیستماتیک انجام شده است. این رویکرد، تلفیقی از روش‌های کیفی و کمی است که به محققان امکان می‌دهد تا با در نظر گرفتن شرایط خاص ایران، به نتایج جامع و کاربردی دست یابند. روش‌شناسی پژوهش حاضر شامل سه مرحله اصلی است: (۱) بررسی جامع ادبیات و شناسایی اولیه شاخص‌ها، (۲) نهایی‌سازی و دسته‌بندی شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی فازی، و (۳) وزن‌دهی و رتبه‌بندی شاخص‌ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP). در نهایت، از روش TOWS-FAHP برای تحلیل نتایج و ارائه استراتژی‌های توسعه فناوری‌های سبز در ایران استفاده شده است.

مرحله اول: بررسی جامع ادبیات و شناسایی اولیه شاخص‌ها در این مرحله، یک مرور جامع و سیستماتیک از ادبیات پژوهشی موجود در زمینه فناوری‌های سبز، هم در سطح بین‌المللی و هم در سطح ملی، انجام شد. پایگاه‌های داده علمی معتبر، مقالات پژوهشی، گزارش‌های سازمان‌های دولتی و غیردولتی مرتبط با حوزه انرژی، محیط زیست، و توسعه پایدار در ایران، به دقت مورد بررسی قرار گرفتند. هدف از این مرحله، شناسایی شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز بود که در مطالعات پیشین مورد استفاده قرار گرفته‌اند و با شرایط مختلف جغرافیایی و اقتصادی سازگار هستند. همچنین، تلاش شد تا شاخص‌های بومی و مناسب با شرایط خاص ایران، مانند منابع انرژی تجدیدپذیر موجود، شرایط اقلیمی، محدودیت‌های اقتصادی، و ساختار صنعتی، شناسایی شوند.

مرحله دوم: نهایی‌سازی و دسته‌بندی شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی فازی به منظور نهایی‌سازی و دسته‌بندی شاخص‌های شناسایی شده در مرحله قبل، از روش دلفی فازی استفاده شد. این روش به دلیل توانایی آن در جمع‌آوری و ترکیب نظرات متخصصان و در نظر گرفتن ابهام‌ها و عدم قطعیت‌های موجود در ارزیابی‌های انسانی، انتخاب شد.

- **انتخاب متخصصان:** برای این مرحله، ۱۵ متخصص از حوزه‌های مختلف مرتبط با فناوری‌های سبز، از جمله اساتید دانشگاه‌ها، پژوهشگران ارشد، مدیران سازمان‌های دولتی و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی، به عنوان شرکت‌کنندگان در فرایند دلفی فازی انتخاب شدند. این تنوع در تخصص‌ها، امکان دستیابی به دیدگاه‌های جامع‌تر و نتایج دقیق‌تر را فراهم کرد. روش نمونه‌گیری در این پژوهش نمونه‌گیری غیر تصادفی هدفمند بود.

اجرای روش دلفی فازی

- **دور اول:** در دور اول، از متخصصان خواسته شد تا نظرات خود را در مورد شاخص‌های شناسایی شده در مرحله قبل ارائه دهند و پیشنهادات خود را برای بهبود و تکمیل شاخص‌ها مطرح کنند.
- **دورهای بعدی:** نظرات جمع‌آوری شده در دور اول، با استفاده از اعداد فازی مثلثی (TFN) کمی‌سازی شدند. این اعداد فازی با توجه به شرایط و ویژگی‌های ایران تعریف شدند. سپس، نتایج در اختیار متخصصان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا نظرات خود را بر اساس بازخورد دور قبل بازبینی کنند. این فرایند به صورت تکراری انجام شد تا زمانی که یک اجماع نسبی در مورد شاخص‌های کلیدی و دسته‌بندی آن‌ها حاصل شود.

مرحله سوم: وزن‌دهی و رتبه‌بندی شاخص‌ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) پس از نهایی‌سازی و دسته‌بندی شاخص‌ها، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی شاخص‌های فناوری‌های سبز استفاده شد. این روش به دلیل قابلیت آن در ساختاردهی مسائل پیچیده تصمیم‌گیری و در نظر گرفتن ابهام‌ها و عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های انسانی، انتخاب شد.



- **ایجاد ساختار سلسله مراتبی:** ابتدا، یک ساختار سلسله مراتبی برای شاخص‌های فناوری‌های سبز ایجاد شد که شامل سطوح مختلفی از اهداف، معیارها، و زیرمعیارها بود.
- **مقایسات زوجی:** سپس، از متخصصان شرکت‌کننده در مرحله دلفی فازی خواسته شد تا مقایسه‌های زوجی بین شاخص‌ها انجام دهند و میزان اهمیت هر شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها را با استفاده از اعداد فازی بیان کنند.
- **تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی:** با استفاده از نظرات متخصصان، ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی برای هر سطح از ساختار سلسله مراتبی تشکیل شد.
- **تبدیل ماتریس‌های فازی به قطعی:** ماتریس‌های فازی با استفاده از رویکرد برش آلفا (α -cut) به ماتریس‌های قطعی تبدیل شدند.
- **محاسبه وزن‌های نهایی:** با استفاده از روش‌های ریاضی، وزن‌های نهایی برای هر شاخص در هر سطح از ساختار سلسله مراتبی محاسبه شد.
- **ارزیابی سازگاری:** نسبت سازگاری (CR) برای ارزیابی سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی محاسبه شد. اگر CR کمتر از ۰.۱ بود، ماتریس سازگار در نظر گرفته شد. در غیر این صورت، از متخصصان خواسته شد تا نظرات خود را بازبینی کنند تا سازگاری ماتریس‌ها بهبود یابد.

مرحله چهارم: تحلیل نتایج با استفاده از روش TOWS-FAHP در نهایت، نتایج به دست آمده از روش FAHP با استفاده از روش TOWS-FAHP تحلیل شد. روش TOWS به ما کمک کرد تا نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با فناوری‌های سبز در ایران را شناسایی کنیم. با ترکیب این روش با نتایج وزن‌دهی شاخص‌ها توسط FAHP، امکان تدوین استراتژی‌های مناسب و کارآمد برای توسعه فناوری‌های سبز در ایران فراهم شد.

ملاحظات روش‌شناختی

- **اعتبار و پایایی:** برای اطمینان از اعتبار و پایایی نتایج، از رویکردهای متعددی استفاده شد. از جمله، تنوع در انتخاب متخصصان، استفاده از روش‌های آماری معتبر، و ارزیابی سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی.
- **ملاحظات فرهنگی و زبانی:** در اجرای روش دلفی و FAHP، به ملاحظات فرهنگی و اجتماعی ایران توجه شد و از زبان فارسی برای ارتباط با متخصصان و ارائه نتایج استفاده شد.
- **محدودیت‌های پژوهش:** برخی از محدودیت‌های پژوهش شامل دسترسی محدود به داده‌ها و اطلاعات دقیق، و محدودیت‌های زمانی در اجرای مراحل تحقیق بوده است. با این حال، تلاش شده است تا با استفاده از روش‌های مناسب، این محدودیت‌ها تا حد ممکن کاهش یابند.

یافته‌های تحقیق

یک مرور جامع ادبیات برای شناسایی و کوتاه‌سازی شاخص‌های فناوری سبز مرتبط با زمینه ایران انجام شد. جستجو شامل کلمات کلیدی مانند "شاخص‌های سرمایه‌گذاری پایدار و تولید پاک در ایران"، "مسائل زیست‌محیطی در ایران" و "چالش‌های رشد سبز در ایران" بود. موتورهای جستجوی اصلی شامل Google Scholar، Science Direct، و Google بودند. با استفاده از روش دلفی، بیست و سه شاخص فناوری سبز برای ایران نهایی شدند. این شاخص‌ها به پنج دسته اصلی تقسیم شدند: بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی،

اقدامات قانونی، عملکرد اقتصادی، استانداردهای زندگی و کارایی خروجی. درون این دسته‌ها، پنج زیرشاخص تحت بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی، پنج زیرشاخص تحت اقدامات قانونی، چهار زیرشاخص تحت عملکرد اقتصادی، چهار زیرشاخص تحت استانداردهای زندگی و پنج زیرشاخص تحت کارایی خروجی شناسایی شدند. طبقه‌بندی این شاخص‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. زیرمعیارهای تصمیم‌گیری فناوری‌های سبز

کد زیرمعیارها	زیرمعیارها	کد معیار اصلی	معیارهای اصلی
ECF-1	کیفیت زمین	ECF	بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی
ECF-2	پوشش جنگل		
ECF-3	کیفیت و دسترسی به آب		
ECF-4	حفاظت از حیات وحش		
ECF-5	کیفیت هوا و اقلیم		
RM-1	پیشرفت نوآوری: تحقیق و توسعه	RM	اقدامات قانونی
RM-2	جریان‌های مالی بین‌المللی		
RM-3	سیاست‌های مدیریت زیست‌محیطی		
RM-4	مالیات‌ها و انتقال‌های زیست‌محیطی		
RM-5	نرخ‌های انطباق		
ECP-1	دسترسی به تأمین مالی سبز	ECP	عملکرد اقتصادی
ECP-2	رشد اقتصادی از بخش سبز		
ECP-3	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار		
ECP-4	دسترسی به تأمین مالی سبز		
LS-1	قرارگیری در معرض خطرات زیست‌محیطی	LS	استانداردهای زندگی
LS-2	کفایت تصفیه فاضلاب و زباله‌ها		
LS-3	دسترسی به آب شرب پاک		
LS-4	تأثیرات بهداشتی ناشی از عوامل زیست‌محیطی		
OE-1	انتشار CO2	OE	کارایی خروجی
OE-2	سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید کل انرژی		
OE-3	کارایی استفاده از منابع در تولید		
OE-4	تولید اقتصادی تنظیم شده برای عوامل زیست‌محیطی		
OE-5	نرخ بازیافت و بازیابی مواد		

دلفی فازی

نمره حداقل قابل قبول برای نمرات دلفی فازی از طریق میانگین شاخص‌های فناوری سبز تعیین می‌شود، که برابر با ۵ است. شاخص‌های فناوری سبز که نمره‌ای برابر با پنج یا بالاتر (نمره ≥ 5) کسب کردند، حفظ شدند، در حالی که سایر معیارها حذف شدند. جدول ۴ شامل بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی، اقدامات قانونی، عملکرد اقتصادی، استانداردهای زندگی و کارایی خروجی است که پنج معیار



اصلی پذیرفته شده با مقادیر بالای پنج (نمره ≤ 5) می‌باشد. این نشان می‌دهد که کارشناسان بر این نکته توافق دارند که این معیارها برای بررسی در این پژوهش مهم و مرتبط هستند. همچنین، چهار معیار اصلی بر اساس نمرات دلفی فازی رد شدند که برای آن‌ها نمره‌ای کمتر از پنج به دست آمد (نمره ≥ 5): استفاده از منابع، حمل و نقل، روابط خویشاوندی و کشاورزی/جنگلداری. این رد به این معنی نیست که این معیارها در مجموع بی‌اهمیت هستند؛ بلکه نشان می‌دهد که آن‌ها در این زمینه خاص به آستانه لازم نرسیدند. پنج معیار پذیرفته شده، محور اصلی این پژوهش را تشکیل می‌دهند. این معیارها که توافق قابل توجهی در میان کارشناسان نشان می‌دهند، به عنوان معیارهای قوی و حیاتی برای تحلیل در نظر گرفته می‌شوند.

نتایج دلفی فازی

جدول ۲- نتایج دلفی فازی

کد شاخص	انتخاب شده $\sqrt$ / رد شده $\times$	نمرات دلفی فازی	C	B	A	شاخص‌ها
ECF	$\sqrt$	۶۶۵	۱۰	۵.۷۴	۳	بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی
RES	$\times$	۲.۳۸	۱۰	۲.۷۲	۳	استفاده از منابع
RM	$\sqrt$	۵.۹۹	۵	۶.۸۱	۰	اقدامات قانونی
TRP	$\times$	۳.۵۷	۷	۵.۰۷	۳	حمل و نقل
ECP	$\sqrt$	۶.۱۷	۱۰	۸.۵۸	۳	عملکرد اقتصادی
LS	$\sqrt$	۷.۴۰	۱۰	۸.۱۲	۳	استانداردهای زندگی
NOP	$\times$	۲.۶۷	۵	۲.۱۰	۰	روابط خویشاوندی
OE	$\sqrt$	۶.۴۴	۱۰	۵.۸۸	۳	کارایی خروجی
AGF	$\times$	۳.۶۰	۱۰	۷.۷۰	۳	کشاورزی/جنگلداری

معیارهای اصلی FAHP

با استفاده از یک ماتریس اهمیت نسبی به عنوان مبنای کار، روش FAHP در مرحله بعدی پژوهش اعمال شد. این ماتریس با استفاده از الگوریتم میانگین هندسی برای تعیین نمره هر کارشناس به‌طور جداگانه تولید شد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، پنج معیار اصلی بر اساس دیدگاه‌های کارشناسان انتخاب شدند. هر معیار بین چهار یا پنج زیرمعیار دارد که برای بهبود و تقویت تحلیل حیاتی هستند زیرا هر معیار اصلی را به زیرمعیارهای عمیق‌تری تقسیم می‌کنند. خود FAHP شامل دو بخش است. وزن‌های پنج معیار اصلی برای فناوری‌های سبز تعیین و در روش AHP گنجانده شده است. محاسبه وزن‌های زیرمعیارها در بخش دوم FAHP پوشش داده می‌شود. رتبه‌بندی معیارهای اصلی فناوری‌های سبز در جدول ۵ ارائه شده است.

زیرمعیارهای FAHP

بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی

رتبه‌بندی زیرمعیارهای بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی را به صورت زیر ارائه می‌دهد: $ECF2 < ECF3 < ECF4 < ECF5$. $ECF1$ ، $ECF5 <$ که نمایانگر کیفیت هوا و اقلیم است، با وزنی برابر با ۳۳.۳۳٪، در رتبه اول قرار دارد، در حالی که حفاظت از حیات وحش با وزنی برابر با ۲۷.۶۷٪ در رتبه دوم است.

اقدامات قانونی

زیرمعیارهای معیار اقدامات قانونی به صورت زیر رتبه‌بندی شده‌اند: $RM3 < RM1 < RM5 < RM2 < RM4$. سه زیرمعیار تأثیرگذار عبارتند از مالیات‌ها و انتقال‌های زیست‌محیطی ($RM4$) که وزنی برابر با ۳۲.۱۲٪ کسب کرده است.

عملکرد اقتصادی

زیرمعیارهای عملکرد اقتصادی به صورت زیر رتبه‌بندی شده‌اند: $ECP1 < ECP2 < ECP3 < ECP4$. دسترسی به تأمین مالی سبز ($ECP4$) به عنوان مهم‌ترین زیرمعیار در این دسته با نمره ۴۳.۲۵٪ شناخته شده است.

استانداردهای زندگی

زیرمعیارهای استانداردهای زندگی به صورت زیر رتبه‌بندی شده‌اند: $LS3 < LS2 < LS1 < LS4$. تأثیرات بهداشتی ناشی از عوامل زیست‌محیطی ($LS4$) با نمره ۴۲.۳۹٪ در این دسته در رتبه اول قرار دارد.

کارایی خروجی

زیرمعیارهای کارایی خروجی به صورت زیر رتبه‌بندی شده‌اند: $OE4 < OE5 < OE3 < OE2 < OE1$. انتشار CO_2 ($OE1$) به عنوان تأثیرگذارترین زیرمعیار در این دسته با نمره ۳۰.۳۸٪ شناخته شده است.

رتبه‌بندی نهایی

رتبه‌بندی نهایی زیرمعیارها با ضرب وزن‌های زیرمعیارها در وزن مربوط به هر دسته تعیین می‌شود.

جدول ۳- رتبه‌بندی معیارهای اصلی فناوری‌های سبز

رتبه	وزن	کد معیار	معیارهای اصلی
1st	۰.۲۷۲۶	ECF	بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی
2nd	۰.۲۵۵۲	OE	کارایی خروجی
3rd	۰.۱۸۱۵	RM	اقدامات قانونی
4th	۰.۱۵۷۸	LS	استانداردهای زندگی
5th	۰.۱۳۲۹	ECP	عملکرد اقتصادی

جدول ۴ به بررسی وزن‌های نهایی فناوری‌های سبز می‌پردازد و نشان می‌دهد که چگونه معیارهای مختلف در ارزیابی و اولویت‌بندی فناوری‌های سبز در یک زمینه خاص، از جمله بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی، اقدامات قانونی، عملکرد اقتصادی، استانداردهای زندگی و کارایی خروجی، نقش دارند. از بین این معیارها، بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی با وزن ۰.۲۷۲۶ بالاترین اهمیت را دارد، که نشان‌دهنده تأکید بر حفظ و بهبود سرمایه‌های طبیعی و زیست‌محیطی در راستای توسعه پایدار است. در این دسته، زیرمعیار “کیفیت هوا و اقلیم” ($ECF1$) با وزن محلی ۰.۰۵۹۰ به عنوان مهم‌ترین زیرمعیار شناسایی شده است. به طور مشابه، اقدامات قانونی با وزن ۰.۱۸۱۵ و زیرمعیار “مالیات‌ها و انتقال‌های زیست‌محیطی” ($RM4$) با وزن محلی ۰.۰۸۱۴، به عنوان ابزارهای کلیدی برای تنظیم رفتارهای زیست‌محیطی و تشویق به سرمایه‌گذاری‌های سبز مطرح شده‌اند.



جدول ۴- وزن‌های نهایی فناوری‌های سبز

وزن محلی وزن جهانی نسبت سازگاری (CR)	کد زیرمعیار	زیرمعیارها	وزن معیار اصلی	معیارهای اصلی
۰.۰۵۹۰	۰.۰۶۶۸	۰.۱۷۴۳	ECF1	۰.۲۷۲۶
	۰.۰۳۷۰	۰.۰۴۱۱	ECF2	
	۰.۰۶۵۴	۰.۰۷۴۳	ECF3	بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی
	۰.۰۶۱۴	۰.۰۶۹۷	ECF4	
	۰.۰۲۵۹	۰.۰۲۸۱	ECF5	
۰.۰۱۴۷	۰.۰۱۰۳	۰.۱۷۹۱	RM1	۰.۱۸۱۵
	۰.۰۴۰۱	۰.۰۳۲۰	RM2	
	۰.۰۲۲۲	۰.۰۱۶۷	RM3	اقدامات قانونی
	۰.۰۵۲۱	۰.۰۴۲۲	RM4	
	۰.۰۸۱۴	۰.۰۵۹۰	RM5	
۰.۰۵۵۱	۰.۰۲۲۵	۰.۲۶۷۱	ECP1	۰.۱۳۲۹
	۰.۰۶۲۰	۰.۰۲۵۶	ECP2	عملکرد اقتصادی
	۰.۰۲۶۴	۰.۰۰۹۵	ECP3	
	۰.۰۲۰۷	۰.۰۰۶۹	ECP4	
۰.۰۴۹۲	۰.۰۸۴۴	۰.۰۱۱۴	LS1	۰.۱۵۷۸
	۰.۰۷۳۵	۰.۱۲۷۱	LS2	
	۰.۰۲۵۶	۰.۰۴۳۰	LS3	
	۰.۰۲۹۷	۰.۰۵۰۳	LS4	
۰.۰۶۲۳	۰.۰۶۱۰	۰.۳۶۸۱	OE1	۰.۲۵۵۲
	۰.۰۱۷۱	۰.۰۱۵۲	OE2	
	۰.۰۲۵۹	۰.۰۲۴۱	OE3	کارایی خروجی
	۰.۰۵۳۴	۰.۰۵۲۱	OE4	
	۰.۰۳۹۷	۰.۰۳۸۱	OE5	

جدول ۵ به تحلیل استراتژی‌های TWOS می‌پردازد که شامل استراتژی‌های قوت-فرصت، قوت-تهدید، ضعف-فرصت و ضعف-تهدید است. در اینجا، استراتژی "ST2" (قوت-تهدید) با وزن کلی ۰.۰۸۲ و رتبه اول، به عنوان استراتژی برتر شناخته شده است. این استراتژی به توسعه مالیات‌های زیست‌محیطی و انتقال‌ها برای حفظ کیفیت هوا و اقلیم تأکید دارد، که نشان‌دهنده اهمیت توجه به مسائل زیست‌محیطی در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی است. همچنین، استراتژی "SO3" (قوت-فرصت) با وزن ۰.۰۷۳۳ و رتبه دوم، بر افزایش

سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود کارایی منابع تأکید دارد. این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب استراتژی‌های مختلف می‌تواند به بهبود توسعه پایدار و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی کمک کند.

به طور کلی، این دو جدول به وضوح نشان‌دهنده اهمیت و اولویت‌های مختلف در زمینه فناوری‌های سبز و استراتژی‌های مرتبط با آن هستند و می‌توانند به عنوان راهنمایی برای تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۵- وزن‌های نهایی استراتژی‌های TWOS

رتبه	وزن کلی	نسبت سازگاری	معیار استراتژی	استراتژی‌های TWOS
15th	۰.۰۴۶۳	۰.۱۸۲۸۶	SO1	استراتژی‌های قوت-فرصت (SO)
4th	۰.۰۷۰۸	۰.۰۷۰۸	SO2	
2nd	۰.۰۷۳۲	۰.۰۷۳۲	SO3	
11th	۰.۰۵۹۰	۰.۰۵۹۰	SO4	
5th	۰.۰۶۹۹	۰.۱۷۸۰۶	ST1	استراتژی‌های قوت-تهدید (ST)
1st	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	ST2	
6th	۰.۰۶۸۳	۰.۰۶۸۳	ST3	
14th	۰.۰۵۱۲	۰.۰۵۱۲	ST4	
13th	۰.۰۵۲۸	۰.۲۶۳۳۴	WO1	استراتژی‌های ضعف-فرصت (WO)
7th	۰.۰۶۳۹	۰.۰۶۳۹	WO2	
3rd	۰.۰۷۲۹	۰.۰۷۲۹	WO3	
16th	۰.۰۴۵۰	۰.۰۴۵۰	WO4	
8th	۰.۰۶۲۴	۰.۰۰۷۶۴	WT1	استراتژی‌های ضعف-تهدید (WT)
10th	۰.۰۵۹۳	۰.۰۵۹۳	WT2	
12th	۰.۰۵۵۰	۰.۰۵۵۰	WT3	
9th	۰.۰۶۱۸	۰.۰۶۱۸	WT4	

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق ما اهداف استراتژیک مهمی را شناسایی کرده است که برای حمایت از سرمایه‌گذاری پایدار و تولید پاک در ایران ضروری هستند و با اهداف زیست‌محیطی و اقتصادی گسترده‌تر کشور هماهنگ می‌شوند. این بحث به اهمیت پژوهش ما در زمینه علمی اشاره می‌کند و تأثیرات عملی آن را برای سیاست‌گذاران، ذینفعان صنعتی و عموم مردم بررسی می‌کند. مالیات‌ها و انتقال‌های زیست‌محیطی ابزارهای مؤثری برای شکل‌دهی به رفتارهای شرکتی و تصمیمات سرمایه‌گذاری هستند. دولت‌ها می‌توانند با وضع هزینه‌هایی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای یا استفاده از منابع، فعالیت‌های زیست‌محیطی مضر را کاهش دهند و سرمایه‌گذاری را به سمت گزینه‌های سبزتر سوق دهند. به عنوان مثال، مالیات بر گازهای گلخانه‌ای می‌تواند شرکت‌ها را به کاهش انتشار آلاینده‌ها یا انتقال به منابع انرژی پاک ترغیب کند تا تأثیر مالی این مالیات را کاهش دهند. این مالیات‌ها به عنوان ابزارهای حیاتی برای حفظ محیط‌زیست و صرفه‌جویی در منابع عمل می‌کنند و در کوتاه‌مدت به محدود کردن انتشار آلاینده‌ها و ترویج استفاده منطقی از مواد صنعتی دوستدار محیط‌زیست کمک می‌کنند. در



درازمدت، این مالیات‌ها به پیشرفت فناوری و افزایش بهره‌وری تولید و رقابت‌پذیری بازار کمک می‌کنند. سرمایه‌گذاری در منابع انرژی پاک می‌تواند نیازهای انرژی ملی را به شیوه‌ای زیست‌محیطی تأمین کند و ایران را به عنوان یک رهبر منطقه‌ای در فناوری سبز معرفی کند، که ممکن است به فرصت‌های جدیدی منجر شود. این می‌تواند به ورود بیشتر سرمایه‌گذاری خارجی، انتقال فناوری و همکاری‌ها کمک کند و به اقتصاد فناوری سبز منطقه سود برساند.

دولت باید در پرورش این صنایع از طریق قوانین حمایتی، تأمین مالی تحقیق و توسعه (R&D) و ایجاد پلتفرم‌های نوآوری نقش کلیدی ایفا کند. ادغام فناوری‌ها در شیوه‌های پایدار مانند استفاده از انرژی پاک و بهینه‌سازی فرایندها برای بهبود کارایی زنجیره‌های تأمین و حمایت از پایداری زیست‌محیطی ضروری است. علاوه بر این، مشوق‌های مالی برای کاهش موانع پذیرش فناوری‌های سبز بسیار مهم هستند. مشوق‌هایی مانند معافیت‌های مالیاتی، کاهش تعرفه‌ها بر روی منابع انرژی تجدیدپذیر و تأمین مالی تحقیق و توسعه فناوری سبز می‌توانند به شرکت‌ها کمک کنند تا در بهبودها و ارتقاءهایی که تأثیرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند، سرمایه‌گذاری کنند. مطالعات مختلف بر اهمیت ارائه مشوق‌های اقتصادی همراه با چارچوب‌های قانونی برای افزایش پیاده‌سازی فناوری‌های سبز و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تأکید کرده‌اند. این مشوق‌ها می‌توانند هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری در ساختارهای انرژی خورشیدی یا بادی را کاهش دهند و این فناوری‌ها را برای شرکت‌ها مقرون به صرفه‌تر و اقتصادی‌تر کنند.

ترکیب این ابزارهای مالی با استراتژی‌های اقتصادی زیست‌محیطی که بر تغییرات ساختاری متمرکز است، مانند ایجاد استانداردهای پایداری و برچسب‌های اکولوژیکی، اطمینان حاصل می‌کند که انتقال به فناوری‌های سبز هم از نظر مالی و هم از نظر فرهنگی پایدار است. این رویکرد جامع نه تنها کاهش فوری در انتشار CO₂ را از طریق ابتکارات مشوقی تشویق می‌کند، بلکه همچنین یک تغییر گسترده‌تر در جامعه به سمت پایداری زیست‌محیطی را ترغیب می‌کند که برای قابلیت‌های آینده اهداف توسعه پایدار حیاتی است.

پیامدهای مدیریتی

نتایج این مطالعه پیامدهای مهمی برای سیاست‌های مدیریتی ایران در راستای تقویت فناوری‌های سبز و سرمایه‌گذاری پایدار دارند. مشوق‌های مالی می‌توانند سرمایه‌گذاری خصوصی در فناوری‌های سبز را تقویت کنند. دولت می‌تواند سیاست‌هایی را ایجاد و اجرا کند که نوآوری سبز را ترویج کرده و رقابت عادلانه‌ای برای پروژه‌های سبز فراهم کند. قوانین و مقررات یکنواخت، ابهام در سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهند و نوآوری سبز را تشویق می‌کنند. گزینه‌های پیشنهادی راهی برای ساخت یک سیستم انرژی پایدار و مقاوم فراهم می‌کنند که از تأثیرات مخرب گرمایش جهانی جلوگیری می‌کند. با تشویق سرمایه‌گذاری‌های دوستدار محیط‌زیست، یک کشور می‌تواند به طور قابل توجهی ردپای کربن خود را کاهش دهد و به حرکت جهانی به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر کمک کند. این برنامه پیشگیرانه نه تنها به اهداف محلی پایداری می‌پردازد، بلکه با ابتکارات جهانی برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست نیز ارتباط دارد و بر اهمیت سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک در تأمین ثبات اکولوژیکی و اقلیمی در بلندمدت تأکید می‌کند.

برای پیاده‌سازی موفق گزینه‌های فناوری سبز پیشنهادی در ایران، نیاز به رویکردی جامع وجود دارد که شامل ساختارهای قانونی حمایتی، مشارکت ذینفعان و بهبود زیرساخت‌ها باشد. اصلاحات در قوانین و مشوق‌های مالی، مانند مالیات‌های زیست‌محیطی، یارانه‌ها و کمک‌های مالی، برای افزایش پذیرش فناوری‌های سبز در بخش‌های دولتی و خصوصی حیاتی است. پذیرش فناوری‌های سبز می‌تواند منجر به مزایای اجتماعی قابل توجهی از جمله ایجاد شغل در بخش‌های انرژی تجدیدپذیر شود که می‌تواند بیکاری را کاهش دهد و معیشت را بهبود بخشد. علاوه بر این، افزایش آگاهی عمومی از پایداری و حفاظت از محیط‌زیست می‌تواند فرهنگ شیوه‌های دوستدار محیط‌زیست را تقویت کند. با درگیر کردن جوامع محلی و ذینفعان، ایران می‌تواند جامعه‌ای مقاوم‌تر بسازد که به طور فعال در انتقال به یک اقتصاد سبز شرکت کند و در نتیجه انسجام اجتماعی و توسعه پایدار را در بلندمدت تضمین کند.

پیامدهای نظری

مشارکت نظری تحقیق ما شامل ترویج پیاده‌سازی فناوری‌های سبز است. نتایج ما هم‌راستایی سرمایه‌گذاری‌های فناوری سبز با رشد سبز و یک اقتصاد پایدار را نشان می‌دهد. ایده سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز نه تنها آسیب‌های زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد بلکه به اقتصاد نیز کمک می‌کند، که نشان‌دهنده وضعیت برد-بردی است که معمولاً در مباحث رشد پایدار مطرح می‌شود. علاوه بر این، این تحقیق به رشته نظریه‌های سرمایه‌گذاری کمک می‌کند و به‌طور مشخص ثابت می‌کند که سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز تأثیر قابل توجهی بر اقتصاد ایران دارد. یافته‌های ما به‌طور قوی با چارچوب‌های نظری زیرین گسترش و پذیرش فناوری‌های جدید مرتبط هستند. بر اساس ارزیابی، پیاده‌سازی قوانین حمایتی و اقدامات استراتژیک دولتی، مانند مالیات‌های سبز و مشوق‌های مالی، می‌تواند به‌طور قابل توجهی استفاده گسترده از فناوری‌های سبز را در میان شرکت‌ها تسهیل کند. این یافته‌ها با نظریه نوآوری هم‌راستا است که استدلال می‌کند برنامه‌های عملیاتی مثبت دولتی و مشوق‌های مالی نقش کلیدی در تحریک پذیرش نوآوری‌ها و فناوری‌های جدید دوستدار محیط‌زیست دارند.

این تحقیق به دنبال توسعه یک چارچوب استراتژیک فناوری سبز برای سرمایه‌گذاری پایدار و تولید پاک در ایران با استفاده از روش ترکیبی TWOS و AHP فازی بود. این مطالعه شاخص‌های فناوری سبز مرتبط با سرمایه‌گذاری پایدار و تولید پاک در ایران را از ادبیات شناسایی و انتخاب کرد که سپس با ورودی‌های کارشناسی از طریق روش دلفی فازی تصفیه شدند. بیست و سه شاخص فناوری سبز در پنج گروه اصلی طبقه‌بندی شدند: بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی، اقدامات قانونی، عملکرد اقتصادی، استانداردهای زندگی و کارایی خروجی. وزن‌های این شاخص‌ها از طریق روش AHP فازی تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد که بنیاد سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی و کارایی خروجی بیشترین تأثیر را در میان پنج دسته دارند. به‌طور خاص، زیرمعیارهای تأثیرگذار شامل نرخ‌های انطباق (RM5)، کفایت تصفیه فاضلاب و زباله‌ها (LS2) و کیفیت و دسترسی به آب (ECF3) هستند که به ترتیب وزنی معادل ۸.۱۴٪، ۷.۳۵٪ و ۶.۵۴٪ دارند. این مطالعه اولین تلاش برای ارزیابی شاخص‌های فناوری سبز برای سرمایه‌گذاری پایدار از منظر ایران است. این تحقیق با استفاده از تحلیل TWOS برای اولویت‌بندی و پیاده‌سازی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری پایدار، ارزشمند است. چارچوب TWOS برای ارزیابی تهدیدات، ضعف‌ها، فرصت‌ها و قوت‌ها در چشم‌انداز سرمایه‌گذاری پایدار ایران به‌طور جامع مورد استفاده قرار گرفت. در نتیجه، سه اولویت استراتژیک کلیدی شناسایی شد: پیاده‌سازی مالیات‌ها و انتقال‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه برای حفظ کیفیت هوا و اقلیم (ST2)، تحریک رشد اقتصادی در بخش سبز با بهبود کارایی منابع و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر (SO3)، و ارائه مشوق‌های اقتصادی به صنایع برای کاهش انتشار CO2 و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (WO3).

استراتژی اول بر تضمین کیفیت هوا و اقلیم از طریق قوانین و مقررات قوی تأکید دارد. با اجرای مالیات‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه و تسهیل انتقال‌ها، ایران می‌تواند شرکت‌ها را به پذیرش شیوه‌های پاک‌تر و دوستدار محیط‌زیست تشویق کند و در نتیجه زباله و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد. استراتژی دوم شامل بهینه‌سازی استفاده از منابع و افزایش نسبت انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی ملی است. با تأکید بر بخش سبز، ایران می‌تواند تأثیرات زیست‌محیطی خود را کاهش دهد و از پتانسیل اقتصادی فناوری‌ها و کسب‌وکارهای سبز بهره‌برداری کند. استراتژی سوم بر اهمیت ارائه مشوق‌های مالی به شرکت‌ها برای کاهش انتشار CO2 و افزایش پذیرش منابع انرژی پاک تأکید دارد. این مشوق‌ها می‌توانند به اشکال مختلفی از جمله تأمین مالی، معافیت‌های مالیاتی و کمک‌های مالی باشند که همه به هدف ترغیب شرکت‌ها به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و انتقال به شیوه‌های پایدار کمک می‌کنند.

برای پیاده‌سازی موفق استراتژی‌های فناوری سبز در ایران، نیاز به رویکردی جامع شامل اصلاحات سیاستی، همکاری ذینفعان و بهبود زیرساخت‌ها وجود دارد. چارچوب‌های قانونی واضح به همراه مشوق‌هایی مانند یارانه‌ها و معافیت‌های مالیاتی می‌تواند صنایع را به پذیرش شیوه‌های پایدارتر ترغیب کند. تشویق همکاری بین بخش‌های عمومی و خصوصی همچنین کارایی منابع را افزایش داده و نوآوری‌های فناوری را ترویج می‌کند. ارزیابی‌های منظم از این ابتکارات به ایران کمک خواهد کرد تا در راستای اهداف پایداری و اقتصادی خود پیش



برود. این مطالعه دارای چندین محدودیت است که می‌تواند در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد. تحلیل محدود به ایران بود؛ بنابراین، توصیه‌های آن ممکن است به سایر مناطق قابل تعمیم نباشد. این مطالعه مجموعه محدودی از شاخص‌های فناوری سبز را در زمینه ایران پوشش می‌دهد. تحقیقات آینده می‌توانند دامنه وسیع‌تری از شاخص‌های فناوری سبز را در بخش‌های مختلف پوشش دهند تا بررسی جامع‌تری از استراتژی‌های فناوری سبز انجام دهند. ابتکارات فناوری سبز پیشنهادی بر اساس دیدگاه‌های کارشناسان است که ممکن است به‌طور کامل نیازها و نگرانی‌های تمام ذینفعان را منعکس نکند. این محدودیت بر امکان انحراف بین رویکردهای پیشنهادی و نگرانی‌های گسترده‌تر ذینفعان تأکید می‌کند که ممکن است بر عملی بودن و پذیرش استراتژی‌های ارائه‌شده در بخش‌ها و گروه‌های مختلف تأثیر بگذارد. مطالعات آینده می‌توانند این شکاف را با دربرگیری طیف وسیع‌تری از ورودی‌های کارشناسی پر کنند تا اطمینان حاصل شود که استراتژی‌های پیشنهادی شامل و مرتبط با نیازهای جامعه هستند. با وجود این محدودیت‌ها، مهم است که از مزایای قابل توجهی که از چنین تحقیقات و همچنین پتانسیل‌های بی‌شماری برای مطالعات آینده ناشی می‌شود، یادآوری کنیم.

منابع

- Abid, N., Ceci, F., & Ikram, M. (2022). Green growth and sustainable development: dynamic linkage between technological innovation, ISO 14001, and environmental challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(17), 25428-25447. doi:10.1007/s11356-021-17518-y
- Aboelmaged, M., & Hashem, G. (2019). Absorptive capacity and green innovation adoption in SMEs: The mediating effects of sustainable organisational capabilities. *Journal of cleaner production*, 220, 853-863. doi:10.1016/j.jclepro.2019.02.150
- Antonietti, R., & Marzucchi, A. (2014). Green tangible investment strategies and export performance: A firm-level investigation. *Ecological economics*, 108, 150-161. doi:10.1016/j.ecolecon.2014.10.017
- Asadi, S., Pourhashemi, S. O., Nilashi, M., Abdullah, R., Samad, S., Yadegaridehkordi, E., ... & Razali, N. S. (2020). Investigating influence of green innovation on sustainability performance: A case on Malaysian hotel industry. *Journal of cleaner production*, 258, 120860. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120860
- Bangwal, D., Kumar, R., Suyal, J., & Ghouri, A. M. (2023). Does AI-technology-based indoor environmental quality impact occupants' psychological, physiological health, and productivity?. *Annals of Operations Research*, 1-19. doi:10.1007/s10479-023-05431-1
- Ceci, F., & Razzaq, A. (2023). Inclusivity of information and communication technology in ecological governance for sustainable resources management in G10 countries. *Resources Policy*, 81, 103378. doi:10.1016/j.resourpol.2023.103378
- Chen, G. Q., Jiang, M. M., Chen, B., Yang, Z. F., & Lin, C. (2006). Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1-4), 161-173. doi:10.1016/j.agee.2006.01.005
- Cheng, C., Ren, X., Dong, K., Dong, X., & Wang, Z. (2021). How does technological innovation mitigate CO2 emissions in OECD countries? Heterogeneous analysis using panel quantile regression. *Journal of Environmental Management*, 280, 111818. doi:10.1016/j.jenvman.2020.111818
- Chiou, T. Y., Chan, H. K., Lettice, F., & Chung, S. H. (2011). The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 822-836. doi:10.1016/j.tre.2011.05.016
- Chishti, M. Z., Ahmad, M., Rehman, A., & Khan, M. K. (2021). Mitigations pathways towards sustainable development: assessing the influence of fiscal and monetary policies on carbon

- emissions in BRICS economies. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126035. doi:10.1016/j.jclepro.2021.126035
- D'Adamo, I., Di Carlo, C., Gastaldi, M., Rossi, E. N., & Uricchio, A. F. (2024). Economic performance, environmental protection and social progress: A cluster analysis comparison towards sustainable development. *Sustainability*, 16(12), 5049. doi:10.3390/su16125049
- Eltayeb, T. K., Zailani, S., & Ramayah, T. (2011). Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes. *Resources, conservation and recycling*, 55(5), 495-506. doi:10.1016/j.resconrec.2010.09.003
- Guo, M., Nowakowska-Grunt, J., Gorbanyov, V., & Egorova, M. (2020). Green technology and sustainable development: Assessment and green growth frameworks. *Sustainability*, 12(16), 6571. doi:10.3390/su12166571
- Gupta, S., Kumar, R., & Kumar, A. (2024). Green hydrogen in India: Prioritization of its potential and viable renewable source. *International Journal of Hydrogen Energy*, 50, 226-238. doi:10.1016/j.ijhydene.2023.08.166
- Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is green growth possible?. *New political economy*, 25(4), 469-486. doi:10.1080/13563467.2019.1598964
- Hottenrott, H., Rexhäuser, S., & Veugelers, R. (2016). Organisational change and the productivity effects of green technology adoption. *Resource and Energy Economics*, 43, 172-194. doi:10.1016/j.reseneeco.2016.01.004
- Ikram, M., Ferasso, M., Sroufe, R., & Zhang, Q. (2021). Assessing green technology indicators for cleaner production and sustainable investments in a developing country context. *Journal of Cleaner Production*, 322, 129090. doi:10.1016/j.jclepro.2021.129090
- International Energy Agency (IEA). (2024). IEA. 2024. Available from: <https://www.iea.org/>. (Accessed: 04 May 2024).
- Jiang, Z., Lyu, P., Ye, L., & wenqian Zhou, Y. (2020). Green innovation transformation, economic sustainability and energy consumption during China's new normal stage. *Journal of Cleaner Production*, 273, 123044. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123044
- Karmaker, C. L., Al Aziz, R., Palit, T., & Bari, A. M. (2023). Analyzing supply chain risk factors in the small and medium enterprises under fuzzy environment: Implications towards sustainability for emerging economies. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(1), 100032. doi:10.1016/j.stae.2022.100032
- Kashav, V., Garg, C. P., & Kumar, R. (2023). Ranking the strategies to overcome the barriers of the maritime supply chain (MSC) of containerized freight under fuzzy environment. *Annals of Operations Research*, 324(1), 1223-1268. doi:10.1007/s10479-021-04371-y
- Katebi, A., Homami, P., & Najmeddin, M. (2022). Acceptance model of precast concrete components in building construction based on technology acceptance model (TAM) and technology, organization, and environment (TOE) framework. *Journal of Building Engineering*, 45, 103518. doi:10.1016/j.jobe.2021.103518
- Mahmood, A., Egan, M., Pervez, S., Alghamdi, H. A., Tabinda, A. B., Yasar, A., ... & Pugazhendhi, A. (2020). COVID-19 and frequent use of hand sanitizers; human health and environmental hazards by exposure pathways. *Science of the Total Environment*, 742, 140561. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140561
- Min, S., So, K. K. F., & Jeong, M. (2021). Consumer adoption of the Uber mobile application: Insights from diffusion of innovation theory and technology acceptance model. In *Future of tourism marketing* (pp. 2-15). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003176039-2/consumer-adoption-uber-mobile-application-insights-diffusion-innovation-theory-technology-acceptance-model-somang-min-kevin-kam-fung-miyoung-jeong>



- Nepal, R., Zhao, X., Liu, Y., & Dong, K. (2024). Can green finance strengthen energy resilience? The case of China. *Technological Forecasting and Social Change*, 202, 123302. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123302>
- Orazalin, N., Ntim, C. G., & Malagila, J. K. (2024). Understanding the relation between climate change risks and biodiversity disclosures: an international analysis. *Journal of Accounting Literature*. [doi:10.1108/JAL-04-2024-0072](https://doi.org/10.1108/JAL-04-2024-0072)
- Perry, W. (2020). Social sustainability and the argan boom as green development in Morocco. *World Development Perspectives*, 20, 100238. [doi:10.1016/j.wdp.2020.100238](https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100238)
- Rajani, R. L., Heggde, G. S., & Kumar, R. (2022). Services redesign strategies for demand and capacity management and impact on company performance. *Vision*, 09722629221107238. [doi:10.1177/09722629221107238](https://doi.org/10.1177/09722629221107238)
- Sarkodie, S. A., Owusu, P. A., & Taden, J. (2024). Green growth assessment across 203 economies: Trends and insights. *Sustainable Horizons*, 10, 100083. [doi:10.1016/j.horiz.2023.100083](https://doi.org/10.1016/j.horiz.2023.100083)
- Saunila, M., Ukko, J., & Rantala, T. (2018). Sustainability as a driver of green innovation investment and exploitation. *Journal of cleaner production*, 179, 631-641. [doi:10.1016/j.jclepro.2017.11.211](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.211)
- Sharif, A., Kartal, M. T., Bekun, F. V., Pata, U. K., Foon, C. L., & Depren, S. K. (2023). Role of green technology, environmental taxes, and green energy towards sustainable environment: insights from sovereign Nordic countries by CS-ARDL approach. *Gondwana research*, 117, 194-206. [doi:10.1016/j.gr.2023.01.009](https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.01.009)
- Shen, Y., Ur Rahman, S., Hafiza, N. S., Meo, M. S., & Ali, M. S. E. (2024). Does green investment affect environment pollution: Evidence from asymmetric ARDL approach?. *Plos one*, 19(4), e0292260. [doi:10.1371/journal.pone.0292260](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292260)
- Singh, S., Sahni, M. M., & Kovid, R. K. (2020). What drives FinTech adoption? A multi-method evaluation using an adapted technology acceptance model. *Management Decision*, 58(8), 1675-1697. [doi:10.1108/MD-09-2019-1318](https://doi.org/10.1108/MD-09-2019-1318)
- Song, M., Fisher, R., & Kwoh, Y. (2019). Technological challenges of green innovation and sustainable resource management with large scale data. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 361-368. [doi:10.1016/j.techfore.2018.07.055](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.055)
- United Nations. (2015). Millennium Development Goals to SDGs, Sustainable Development Goals. Available From: <https://sdgs.un.org/goals>. (Accessed: 16 May 2024)
- van Zanten, J. A., & van Tulder, R. (2021). Towards nexus-based governance: defining interactions between economic activities and Sustainable Development Goals (SDGs). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28(3), 210-226. [doi:10.1080/13504509.2020.1768452](https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1768452)
- Wang, C. H., & Juo, W. J. (2021). An environmental policy of green intellectual capital: Green innovation strategy for performance sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3241-3254. [doi:10.1002/bse.2800](https://doi.org/10.1002/bse.2800)
- Wang, N., Tian, H., Zhu, S., & Li, Y. (2022). Analysis of public acceptance of electric vehicle charging scheduling based on the technology acceptance model. *Energy*, 258, 124804. [doi:10.1016/j.energy.2022.124804](https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124804)
- Yuen, K. F., Cai, L., Qi, G., & Wang, X. (2021). Factors influencing autonomous vehicle adoption: An application of the technology acceptance model and innovation diffusion theory. *Technology Analysis & Strategic Management*, 33(5), 505-519. [doi:10.1080/09537325.2020.1826423](https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1826423)

مقاله در زمینۀ زیست محیطی اقتصادی

مقدمه: توسعه پایدار در جوامع معاصر به یک چالش چندوجهی تبدیل شده است که نیازمند یکپارچگی استراتژی‌ها در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. این مفهوم به معنای تأمین نیازهای کنونی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود است و به همین دلیل، توجه به جنبه‌های مختلف توسعه، از جمله رشد اقتصادی، عدالت اجتماعی و حفاظت از محیط زیست، ضروری است. ایران، به عنوان کشوری با چالش‌های زیست‌محیطی فراوان، از جمله آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی، فرسایش خاک، و کمبود منابع آب، به شدت نیازمند رویکردهای نوآورانه و پایدار در زمینه فناوری‌های سبز است. این چالش‌ها نه تنها بر کیفیت زندگی مردم تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند به توسعه اقتصادی کشور نیز آسیب برسانند. بنابراین، شناسایی و پیاده‌سازی فناوری‌های سبز به عنوان یک راهکار مؤثر برای مقابله با این چالش‌ها و حرکت به سمت توسعه پایدار، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق به دنبال شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز در ایران و ارائه راهکارهایی برای بهبود وضعیت زیست‌محیطی و اقتصادی کشور است. هدف اصلی این مطالعه، بررسی عوامل مؤثر بر توسعه فناوری‌های سبز و ارزیابی تأثیر آن‌ها بر بهبود کیفیت محیط زیست و افزایش بهره‌وری اقتصادی است. برای دستیابی به این هدف، از روش‌های تحقیق علمی و تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده خواهد شد. در این



راستا، شناسایی شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز به ما این امکان را می‌دهد که نقاط قوت و ضعف موجود را شناسایی کرده و زمینه‌های بهبود را مشخص کنیم. همچنین، این تحقیق به بررسی تجارب موفق بین‌المللی در زمینه فناوری‌های سبز و تحلیل چگونگی انطباق این تجارب با شرایط خاص ایران خواهد پرداخت. در نهایت، ارائه راهکارهای عملی و سیاست‌های مؤثر برای ترویج فناوری‌های سبز، نه تنها می‌تواند به بهبود وضعیت زیست‌محیطی کشور کمک کند، بلکه می‌تواند به ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و افزایش سرمایه‌گذاری در این حوزه نیز منجر شود. به همین دلیل، این تحقیق می‌تواند به عنوان یک نقشه راه برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار در ایران عمل کند.

روش‌شناسی: این تحقیق از یک رویکرد ترکیبی و سیستماتیک برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز استفاده می‌کند. در مرحله اول، یک مرور جامع از ادبیات موجود در زمینه فناوری‌های سبز و توسعه پایدار انجام شد که شامل بررسی مقالات علمی، گزارش‌های بین‌المللی و اسناد مرتبط با چالش‌ها و فرصت‌ها در این حوزه بود. هدف این مرحله، درک عمیق‌تری از وضعیت کنونی فناوری‌های سبز و نیازهای خاص ایران بود. پس از اتمام مرور ادبیات، مرحله بعدی شامل جمع‌آوری نظرات و تجربیات کارشناسان در این زمینه با استفاده از روش دلفی فازی بود. این روش به دلیل توانایی آن در مدیریت عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها، به ویژه در مسائل زیست‌محیطی انتخاب شد. گروهی از کارشناسان با تجربه در فناوری‌های سبز و توسعه پایدار انتخاب شده و از آن‌ها خواسته شد تا نظرات خود را درباره شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز ارائه دهند. پس از جمع‌آوری نظرات، از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی این شاخص‌ها استفاده شد. این روش به ما این امکان را می‌دهد که شاخص‌ها را به صورت کمی و کیفی ارزیابی و مقایسه کنیم و در نهایت اولویت‌بندی دقیقی از شاخص‌های کلیدی فناوری‌های سبز ارائه دهیم.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که دو شاخص—پایه سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی و کارایی خروجی—بیشترین تأثیر را بر توسعه فناوری‌های سبز دارند. این یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهد که برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار، باید توجه ویژه‌ای به این دو عامل داشته باشیم. همچنین، استراتژی‌های پیشنهادی شامل توسعه مالیات‌های زیست‌محیطی، ارائه مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای حمایت از فناوری‌های سبز است. این تحقیق اهداف استراتژیک حیاتی را شناسایی می‌کند که برای حمایت از سرمایه‌گذاری پایدار و تولید پاک در ایران ضروری هستند و با اهداف زیست‌محیطی و اقتصادی گسترده‌تر کشور هماهنگ است. نتایج نشان می‌دهد که دو شاخص کلیدی—پایه سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی و کارایی خروجی—تأثیر قابل توجهی بر توسعه فناوری‌های سبز دارند. در میان زیرشاخص‌های کارایی خروجی، انتشار CO₂ به عنوان تأثیرگذارترین زیرشاخص شناخته می‌شود که نیاز به توجه ویژه به این حوزه را برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار برجسته می‌کند. استراتژی‌های پیشنهادی شامل اجرای مالیات‌های زیست‌محیطی، ارائه مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای حمایت از فناوری‌های سبز است. این مطالعه از یک رویکرد سیستماتیک استفاده می‌کند و از روش دلفی فازی برای جمع‌آوری نظرات کارشناسان و از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی شاخص‌ها بهره می‌برد. نتایج نشان می‌دهد که پایه سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی بالاترین وزن را دارد که اهمیت حفظ و بهبود سرمایه‌های طبیعی و زیست‌محیطی را برای توسعه پایدار تأکید می‌کند. تحلیل همچنین به نقش اقدامات قانونی، مانند مالیات‌های زیست‌محیطی، در شکل‌دهی به رفتارهای شرکتی و تصمیمات سرمایه‌گذاری اشاره می‌کند و بدین ترتیب به انتقال به گزینه‌های سبزتر کمک می‌کند. علاوه بر این، تحقیق بر ضرورت وجود یک چارچوب قانونی و سیاستی حمایتی برای تسهیل پذیرش فناوری‌های سبز تأکید می‌کند. این چارچوب باید نوآوری و سرمایه‌گذاری را تشویق کند و در عین حال به حفظ منابع طبیعی و بهبود کیفیت محیط زیست بپردازد. ادغام فناوری‌های سبز در استراتژی‌های اقتصادی ملی بسیار حائز اهمیت است و توصیه‌هایی به دولت‌ها برای ترویج این فناوری‌ها از طریق قانون‌گذاری حمایتی و تأمین مالی تحقیق و توسعه ارائه می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری: این تحقیق بر اهمیت ادغام فناوری‌های سبز در استراتژی‌های اقتصادی ملی تأکید می‌کند و پیشنهاد می‌کند که دولت‌ها باید این فناوری‌ها را از طریق قانون‌گذاری و تأمین مالی برای تحقیق و توسعه (D&R) ترویج کنند. به عنوان مثال، تخصیص بودجه کافی برای تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های سبز و تقویت همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند به تسریع انتقال به یک اقتصاد سبز کمک کند. در نهایت، این مطالعه ضرورت ایجاد یک چارچوب قانونی و سیاستی مناسب برای حمایت از فناوری‌های سبز را مورد تأکید قرار می‌دهد. این چارچوب باید شامل قوانینی باشد که نوآوری و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز را تشویق کند و در عین حال به حفظ منابع طبیعی و بهبود کیفیت محیط زیست بپردازد. به طور کلی، این تحقیق به

عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان در زمینه توسعه پایدار و فناوری‌های سبز عمل می‌کند و می‌تواند به عنوان مبنایی برای تدوین استراتژی‌های مؤثر در این حوزه مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی موجود و نیاز به توسعه پایدار، اتخاذ رویکردهای نوآورانه و علمی در این زمینه ضروری است.

مقاله در دست انتشار