



The University of Tehran Press

Natural Resources Governance

Vol. 2, No. 3, Autumn 2025

Online ISSN: 3060-7183

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

Environmental Accounting's Strategic Role in Sustainable Natural Resource Governance: A Q-Methodology and Cluster Analysis Hybrid Approach

Yassaman Khalili^{1*} | Mahdis Nikzad Ghadikolaei² | Keramatollah Heydari Rostami³

- 1) Corresponding Author, Department of Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran.
Email: y_khalili@pnu.ac.ir
- 2) Department of Accounting, Faculty of Economics and Administrative Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. Email: m.nikzad@umz.ac.ir
- 3) Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.
Email: k-heydarirostami@araku.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 28 July, 2025
Revised 18 September, 2025
Accepted 28 September, 2025
Published online 07 October, 2025

Keywords:
Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis, Governance Quality, Green Technology, Regional Clustering, Strategic Environmental Accounting, Sustainable Natural Resource Governance.

ABSTRACT

This study, conducted in 2025, examined the role of Strategic Environmental Accounting (SEA) in enhancing Sustainable Natural Resource Governance (SNRG) in Iran, focusing on Governance Quality (GQ), Resource Dependence (RD), and Green Technology Innovations (GTI). Data were collected from 45 stakeholders (15 public sector activists, 15 academic experts, and 15 private sector activists) using a hybrid Q-methodology and cluster analysis approach through Q-sort with 50 items (Cronbach's alpha = 0.87). The fsQCA analysis identified three main causal configurations: SEA × GQ (coverage=0.72, consistency=0.83), ~SEA × GTI (coverage=0.68, consistency=0.81), and GQ × ~RD (coverage=0.65, consistency=0.80), confirming the mediating role of GQ and the sufficiency of GTI. K-means cluster analysis (silhouette score=0.78) revealed three regional clusters: Northern (size=29, SNRG=0.710, GTI=0.80), Southern (size=16, SNRG=0.692, RD=0.85), and Central (size=15, SNRG=0.713, GQ=0.78). ANOVA (F=4.56, p=0.014) and chi-square tests ($\chi^2=12.34$, p<0.05) confirmed significant differences among clusters. Findings, supported by correlations above 0.70 and 85% Q-sort agreement, demonstrated that SEA enhances SNRG by improving transparency, particularly in high-GQ clusters, while GTI mitigates RD's negative effects. These results propose region-specific policies to address Iran's environmental challenges, such as climate change and resource depletion, and support (SDGs 7 and 13). Limitations include reliance on subjective perspectives and a limited sample size, though triangulation and peer debriefing enhanced result validity. Future research could utilize longitudinal data and technologies like blockchain for dynamic monitoring of resource sustainability.

Cite this article: Khalili, K., Nikzad Ghadikolaei, M., Heydari Rostami, K. (2025). Environmental Accounting's Strategic Role in Sustainable Natural Resource Governance: A Q-Methodology and Cluster Analysis Hybrid Approach. *Journal of Natural Resources Governance*, 2 (3), 248-264. <https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.403218.1056>



© Yassaman Khalili, Mahdis Nikzad Ghadikolaei, Keramatollah Heydari Rostami

Publisher: University of Tehran Press.

<https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.403218.1056>



نقش استراتژیک حسابداری محیط‌زیستی در بهبود حکمرانی پایدار منابع طبیعی: رویکرد هیبریدی مبتنی بر روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای

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

- (۱) نویسنده مسئول، گروه حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: y_khalili@pnu.ac.ir
 (۲) گروه حسابداری، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: m.nikzad@umz.ac.ir
 (۳) گروه مدیریت، دانشکده علوم‌اداری و اقتصادی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. رایانامه: k-heydarirostami@araku.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: علمی - پژوهشی	
تاریخ‌های مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵	
کلیدواژه: تحلیل کیفی تطبیقی فازی، حسابداری محیط‌زیستی استراتژیک، حکمرانی پایدار منابع طبیعی، خوشه‌بندی منطقه‌ای، فناوری سبز، کیفیت حکمرانی.	
	این پژوهش، انجام‌شده در سال ۱۴۰۴، نقش حسابداری محیط‌زیستی استراتژیک را در بهبود حکمرانی پایدار منابع طبیعی در ایران با تمرکز بر کیفیت حکمرانی، وابستگی به منابع طبیعی و نوآوری‌های فناوری سبز بررسی کرد. داده‌ها با استفاده از رویکرد هیبریدی روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای از ۴۵ ذی‌نفع (۱۵ فعال در بخش دولتی، ۱۵ کارشناس دانشگاهی و ۱۵ فعال در بخش خصوصی) از طریق مرتب‌سازی Q با ۵۰ گویه (آلفای کرونباخ ۰/۸۷) جمع‌آوری شدند. تحلیل کیفی تطبیقی فازی سه ترکیب علی اصلی را شناسایی کرد: $SEA \times GQ$ (پوشش = ۰/۷۲، سازگاری = ۰/۸۳)، $SEA \times GTI$ (پوشش = ۰/۶۸، سازگاری = ۰/۸۱) و $GQ \times \sim RD$ (پوشش = ۰/۶۵، سازگاری = ۰/۸۰) که نقش میانجی کیفیت حکمرانی و کفایت نوآوری‌های فناوری سبز را تأیید کرد. تحلیل خوشه‌ای $K - means$ (امتیاز سیلوئت = ۰/۷۸) سه خوشه منطقه‌ای را استخراج کرد: خوشه شمالی (اندازه ۲۹، $GTI = ۰.۸۰$ ، $SNRG = ۰.۷۱۰$)، خوشه جنوبی (اندازه ۱۶، $SNRG = ۰.۶۹۲$ ، $RD = ۰.۸۵$) و خوشه مرکزی (اندازه ۱۵، $GQ = ۰.۷۸$ ، $SNRG = ۰.۷۱۳$). آزمون ANOVA ($F = ۰.۰۱۴$ ، $p = ۴.۵۶$ و $p < ۰.۰۵$) و $\chi^2 = ۱۲.۳۴$ تفاوت‌های معنادار بین خوشه‌ها را تأیید کردند. یافته‌ها، با همبستگی‌های بالای ۰/۷۰ و توافق ۸۵ درصد در مرتب‌سازی Q، نشان دادند حسابداری محیط‌زیستی استراتژیک با تقویت شفافیت، به‌ویژه در خوشه‌های با کیفیت حکمرانی بالا، حکمرانی پایدار منابع طبیعی را بهبود می‌دهد و نوآوری‌های فناوری سبز اثرات منفی وابستگی به منابع را تعدیل می‌کند. این نتایج سیاست‌های منطقه‌ای برای کاهش چالش‌های محیط‌زیستی ایران، مانند تغییرات اقلیمی و فرسایش منابع و دستیابی به اهداف توسعه پایدار (۷ و ۱۳) را پیشنهاد می‌دهند. محدودیت‌ها شامل وابستگی به دیدگاه‌های ذهنی و حجم نمونه محدود است، اما سه‌سویه‌سازی و اعتبارسنجی همتایان اعتبار نتایج را تقویت کردند. تحقیقات آینده می‌توانند از داده‌های طولی و فناوری‌هایی مانند بلاکچین برای نظارت پویا بر پایداری منابع استفاده کنند.
	استناد: خلیلی، یاسمن، نیکزاد قادیکلایی، مهدیس، حیدری رستمی، کرامت‌الله (۱۴۰۴). نقش استراتژیک حسابداری محیط‌زیستی در بهبود حکمرانی پایدار منابع طبیعی: رویکرد هیبریدی مبتنی بر روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای. حکمرانی منابع طبیعی، ۲ (۳)، ۲۴۸-۲۶۴. https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.403218.1056
	© یاسمن خلیلی، مهدیس نیکزاد قادیکلایی، کرامت‌الله حیدری رستمی https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.403218.1056
	ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.



۱. مقدمه

جهان با چالش‌های محیط‌زیستی مانند تغییرات اقلیمی و کاهش تنوع زیستی مواجه است. ایران با وجود منابع طبیعی غنی، در مدیریت پایدار آنها با مشکلاتی نظیر وابستگی به منابع غیرتجدیدپذیر و ضعف‌های نهادی روبه‌روست. حسابداری محیط‌زیستی با تلفیق داده‌های مالی و محیط‌زیستی، شفافیت و کارایی را در مدیریت منابع طبیعی ارتقا می‌دهد (Hossain, 2025; El Nasser, 2025; Rahman & et al., 2025; Chen & Xie, 2024). حکمرانی پایدار منابع طبیعی نیازمند رویکردی چندوجهی با تلفیق فناوری، سیاست‌گذاری و ابزارهای مالی مانند حسابداری محیط‌زیستی است. این ابزار با ارائه داده‌های دقیق هزینه‌ها و فواید محیط‌زیستی، شفافیت و کارایی را در مدیریت منابع ارتقا می‌دهد و سیاست‌گذاران را به سمت فناوری‌های سبز و نوآوری‌های مالی هدایت می‌کند (Yap et al., 2025; Sadiq et al., 2025; Yang & Solangi, 2024; Jarijari et al., 2025; Raihan et al., 2024). وابستگی به منابع غیرتجدیدپذیر اغلب به «نفرین منابع» منجر و سبب تخریب محیط‌زیست و ناپایداری اقتصادی می‌شود، اما با حکمرانی باکیفیت، این منابع می‌توانند به «موهبت» تبدیل شوند. سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و فن‌تک، مانند تجربه برزیل، شفافیت و پایداری را افزایش می‌دهد (Feng et al., 2024; Ketchoua & Wirajing, 2025; Raihan et al., 2024; Bai et al., 2025; Marra et al., 2024).

این پژوهش با رویکرد هیبریدی، روش‌شناسی Q (تحلیل کیفی دیدگاه‌های ذی‌نفعان) و تحلیل خوشه‌ای (گروه‌بندی کمی داده‌ها) را تلفیق می‌کند تا نقش حسابداری محیط‌زیستی در حکمرانی پایدار منابع طبیعی در ایران را بررسی کند. این روش با استفاده از مجموعه‌های فازی، ترکیب‌های علی مؤثر بر پایداری را شناسایی و سیاست‌های هدفمند منطقه‌ای را تسهیل می‌کند (Rahman & Hossain, 2025; Ren et al., 2025). نوآوری این پژوهش در استفاده از رویکرد هیبریدی روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای است که امکان تحلیل چندوجهی تعاملات بین حسابداری محیط‌زیستی، کیفیت حکمرانی، وابستگی به منابع و فناوری‌های سبز را فراهم می‌کند، در حالی که مطالعات پیشین در ایران اغلب به تحلیل‌های تک‌بعدی یا کمی محدود بوده‌اند. تمرکز بر ایران، با توجه به وابستگی اقتصادی آن به منابع طبیعی و چالش‌های محیط‌زیستی خاص، به غنای ادبیات جهانی در این حوزه می‌افزاید و راهکارهای عملی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار ارائه می‌دهد.

خان و همکاران^۱ (۲۰۲۵) نقش امور مالی سبز را در مدیریت پایدار منابع معدنی^۲ در اقتصادهای نوظهور بررسی کردند و نشان دادند امور مالی سبز با میانجی‌گری نوآوری‌های فناوری و زیرساخت‌ها، پایداری منابع معدنی را در اقتصادهای نوظهور بهبود می‌دهد. لیو و همکاران^۳ (۲۰۲۵) دریافتند که دیجیتال‌سازی و نوآوری سبز در کشورهای BRICS با کاهش انتشار کربن و تعدیل اثرات منفی وابستگی به منابع، پایداری محیط‌زیستی را تقویت می‌کنند. وانگ و همکاران^۴ (۲۰۲۵) نشان دادند بیمه مسئولیت محیط‌زیستی در چین از طریق بهبود ESG و کاهش محدودیت‌های مالی، نوآوری سبز را تقویت می‌کند. رحمان و حسین^۵ (۲۰۲۵) نقش حکمرانی قوی در تقویت پایداری منابع طبیعی را تأیید کردند. ژانگ و همکاران^۶ (۲۰۲۵) ارتباط رشد انرژی سبز و شمول دیجیتال را با مدیریت منابع تأیید کردند. وانگ و همکاران^۷ (۲۰۲۵) رابطه N شکل بین رشد اقتصادی و سبزسازی را نشان دادند. جاريجاری و همکاران^۸ (۲۰۲۵) نقش منابع طبیعی و امور مالی سبز را در بهبود کیفیت محیط‌زیستی آفریقا تأیید کردند.

زنگ و همکاران^۹ (۲۰۲۴) نشان دادند که در کشورهای G7، نفرین منابع وجود دارد، اما حکمرانی محیط‌زیستی اثرات منفی را کاهش می‌دهد، در حالی که فن‌تک تأثیر منفی بر رشد سبز داشت. پنگ و همکاران^{۱۰} (۲۰۲۴) دریافتند در کشورهای G20، فن‌تک

¹ Khan

² Sustainable Management of Mineral Resources (SMR)

³ Liu

⁴ Wang

⁵ Rahman & Hossain

⁶ Zhang

⁷ Wang

⁸ Jarijari

⁹ Zeng

¹⁰ Pang

رشد سبز را تقویت می‌کند، اما استفاده از منابع طبیعی اثر منفی دارد. لی و تانگ^۱ (۲۰۲۴) نشان دادند در ۱۷ اقتصاد آسیایی، اثربخشی دولت و ثبات سیاسی نفرین منابع را کاهش می‌دهد. اوپوکو - منسا و همکاران^۲ (۲۰۲۴) کاهش ۰/۰۷۴۸ درصدی ردپای اکولوژیک را در کشورهای SCO گزارش و پیش‌بینی کردند که تا ۲۰۴۰ به ۰/۳۰۷۹ کاهش یابد. جیانگ و همکاران^۳ (۲۰۲۳) امور مالی سبز و اقتصاد دایره‌ای را برای پایداری در چین ضروری دانستند. اوزتورک و همکاران^۴ (۲۰۲۳) کاهش ردپای منابع را با حکمرانی محیط‌زیستی در G20 تأیید کردند. چو و همکاران^۵ (۲۰۲۳) بهبود مدیریت منابع را با فناوری‌های هوشمند تأیید کردند. اوفوری و همکاران^۶ (۲۰۲۳) تأثیر استاندارد ISO 14001، تغییر ساختاری و نوآوری فناوری را بر کاهش انتشار کربن در اروپا بررسی کردند. با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، آنها کاهش قابل توجه انتشار کربن را با گواهینامه ISO 14001 تأیید کردند. دبارما و چوی^۷ (۲۰۲۲) طبقه‌بندی حکمرانی سبز را برای توسعه پایدار پیشنهاد کردند. با تحلیل داده‌های هند و OECD، آنها نشان دادند که حکمرانی سبز با کاهش انتشار CO₂ و مصرف انرژی مرتبط است. وان و همکاران^۸ (۲۰۲۲) اثرات پویای مدیریت منابع طبیعی، امور مالی سبز، مقررات محیط‌زیستی را در چین (۲۰۱۹-۲۰۰۰) بررسی و با استفاده از روش Bootstrap ARDL، کاهش انتشار کربن را با مدیریت منابع و مالیات کربن تأیید کردند. آینی و سوبریادی^۹ (۲۰۲۲) رویکردهای حکمرانی و عملی فناوری اطلاعات سبز را بررسی کردند و با مرور ادبیات نشان دادند فناوری اطلاعات سبز اثرات محیط‌زیستی را کاهش می‌دهد. بین و لی^{۱۰} (۲۰۲۲) رابطه غیرخطی بین حکمرانی داده و عملکرد نوآوری فناوری سبز را در شرکت‌های چینی (۲۰۱۹-۲۰۱۳) بررسی و رابطه U شکل برای تمرکززدایی و معکوس U شکل برای تمرکزگرایی را تأیید کردند.

یانگ و همکاران^{۱۱} (۲۰۲۱) تأثیر مکانیسم‌های حکمرانی را بر یکپارچگی سبز مشتری در چین بررسی کردند و نشان دادند کنترل قراردادی و هنجارهای رابطه‌ای یکپارچگی سبز را تقویت می‌کنند. چنگ و همکاران^{۱۲} (۲۰۲۱) تأثیر برنامه شهرهای مبتنی بر منابع در چین (۲۰۲۰-۲۰۱۳) را بر رشد سبز اقتصادی بررسی و با استفاده از روش DID، بهبود کارایی اقتصادی سبز را تأیید کردند. فاسولیس^{۱۳} (۲۰۲۱) رژیم حکمرانی اقیانوسی نروژ را در چارچوب SDGs بررسی و با تحلیل منابع دولتی، تنظیمات قابل توجه و ضعف‌های نیازمند مداخله را شناسایی کرد. شیاوون و همکاران^{۱۴} (۲۰۲۱) ادراکات ذی‌نفعان را درباره زیرساخت‌های سبز در کشاورزی با منطق فازی بررسی کردند و نشان دادند سیاست‌های مترقی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سبز را تقویت می‌کنند. وروشمارتی و همکاران^{۱۵} (۲۰۲۱) امکان‌سنجی رویکردهای سبز - خاکستری را برای امنیت آبی جهانی بررسی کردند و نشان دادند حفظ سرمایه طبیعی هزینه‌های زیرساختی را تا ۳ تریلیون دلار تا سال ۲۰۵۰ کاهش می‌دهد.

این پژوهش با استفاده از رویکرد هیبریدی fsQCA و تحلیل خوشه‌ای، تعاملات غیرخطی SEA، GQ، RD و GTI را در ایران بررسی می‌کند. برخلاف مطالعات سنتی مبتنی بر رگرسیون، این مطالعه روابط پیچیده و غیرخطی را با تمرکز بر چالش‌های نهادی و اقلیمی ایران تحلیل می‌کند. روش‌شناسی شامل fsQCA، تحلیل خوشه‌ای و داده‌های بومی است. یافته‌ها برای بهبود حکمرانی پایدار منابع طبیعی تفسیر و سیاست‌های منطقه‌ای متناسب با تنوع اقلیمی پیشنهاد می‌شوند. پیشنهادهای سیاستی عملی برای سیاستگذاران و محققان ارائه می‌شود تا مدیریت پایدار منابع طبیعی تسهیل شود.

¹ Li & Tong

² Opoku-Mensah

³ Jiang

⁴ Ozturk

⁵ Chu

⁶ Ofori

⁷ Debbarma & Choi

⁸ Wan

⁹ Aini & Subriadi

¹⁰ Yin & Li

¹¹ Yang

¹² Cheng

¹³ Fasoulis

¹⁴ Schiavon

¹⁵ Vörösmarty

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. طراحی پژوهش

این پژوهش از رویکردی هیبریدی و نوآورانه بهره می‌گیرد که ترکیبی از روش‌شناسی Q (یک روش کیفی برای تحلیل دیدگاه‌های ذهنی ذی‌نفعان با استفاده از مرتب‌سازی گویه‌ها) و تحلیل خوشه‌ای (یک روش کمی برای گروه‌بندی داده‌ها بر اساس شباهت‌های ساختاری) را در بر می‌گیرد. این رویکرد که بر پایه اصول کیفی - کمی تطبیقی استوار است، امکان بررسی عمیق و چندبعدی تعاملات پیچیده میان حسابداری محیط‌زیستی، کیفیت حکمرانی و مدیریت پایدار منابع طبیعی را فراهم می‌کند. روش‌شناسی Q که توسط ویلیام استفنسون در دهه ۱۹۳۰ توسعه یافت و با ابزارهای فازی مانند تحلیل کیفی تطبیقی فازی (fsQCA) غنی‌سازی شد، با تمرکز بر دیدگاه‌های ذهنی ذی‌نفعان، روابط غیرخطی و شرطی را شناسایی می‌کند و از محدودیت‌های روش‌های کمی سنتی مانند فرض خطی بودن روابط اجتناب می‌ورزد (Rahman & Hossain, 2025). تحلیل خوشه‌ای به‌عنوان مکمل کمی این رویکرد، داده‌های حاصل از Q-sort را بر اساس شباهت‌های ساختاری گروه‌بندی و الگوهای منطقه‌ای را برای سیاستگذاری هدفمند استخراج می‌کند.

نوآوری اصلی این پژوهش در استفاده از رویکرد هیبریدی Q-Cluster است که شکاف‌های موجود در مطالعات پیشین را برطرف می‌کند. برخلاف پژوهش‌های قبلی که اغلب به روش‌های کمی مانند رگرسیون یا تحلیل‌های کیفی تک‌بعدی محدود بودند و نتوانسته‌اند روابط غیرخطی و پیچیده بین متغیرهای چندگانه مانند حسابداری محیط‌زیستی، کیفیت حکمرانی و وابستگی به منابع را به‌طور جامع تحلیل کنند (Cai et al., 2024; El Nasser et al., 2025)، این رویکرد با تلفیق داده‌های کیفی (از طریق Q-sort) و کمی (از طریق تحلیل خوشه‌ای و fsQCA)، امکان شناسایی ترکیب‌های علی و الگوهای منطقه‌ای را فراهم می‌کند. این تلفیق برخلاف مطالعات پیشین که به‌طور عمده بر داده‌های کمی متمرکز بودند یا تحلیل‌های کیفی را بدون ساختار کمی ترکیب کرده‌اند، به درک عمیق‌تر و کاربردی‌تری از تعاملات چندوجهی منجر می‌شود (Ren et al., 2025).

طراحی پژوهش به‌صورت تبیینی - پیش‌بینی طراحی شده است، زیرا نه تنها به شناسایی الگوهای ذهنی و توصیف روابط بین متغیرها (مانند روش‌های اکتشافی - توصیفی) می‌پردازد، بلکه با استفاده از ابزارهای پیشرفته مانند fsQCA و تحلیل خوشه‌ای، روابط علی و پیش‌بینی‌کننده را برای سیاستگذاری پایدار منابع طبیعی تحلیل می‌کند. این طراحی بر پایه چارچوب نظری مبتنی بر نظریه «نفرین منابع» و مدل‌های حکمرانی پایدار بنا شده است که در آن حسابداری محیط‌زیستی به‌عنوان متغیر مؤثر در کنار کیفیت نهادی، وابستگی به منابع و فناوری‌های سبز بررسی می‌شود. این رویکرد با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای تخصصی مانند PQMethod برای تحلیل Q و Python (با کتابخانه‌های cluster و fuzzywuzzy) برای تحلیل خوشه‌ای و fsQCA، دقت و قابلیت تکرارپذیری نتایج را تضمین می‌کند.

پژوهش در سه مرحله اصلی اجرا می‌شود:

۱) جمع‌آوری داده‌های کیفی از طریق Q-sort برای ثبت دیدگاه‌های ذهنی ذی‌نفعان

۲) تحلیل fsQCA برای شناسایی ترکیب‌های علی مؤثر بر پایداری

۳) تحلیل خوشه‌ای برای استخراج الگوهای سیاستگذاری منطقه‌ای متناسب با تنوع اقلیمی ایران.

این مراحل با رعایت اصول اخلاقی پژوهش (مانند رضایت آگاهانه و محرمانگی داده‌ها) و استانداردهای روش‌شناختی انجمن تحقیقات کیفی انجام می‌گیرد.

۲-۲. جامعه آماری و نمونه آماری

جامعه آماری این پژوهش شامل متخصصان، فعالان بخش دولتی و ذی‌نفعان در حوزه مدیریت منابع طبیعی، حسابداری محیط‌زیستی و حکمرانی پایدار است. این جامعه بر اساس گزارش‌های رسمی سازمان حفاظت محیط زیست ایران و وزارت جهاد کشاورزی شامل مدیران ارشد سازمان‌های دولتی (مانند سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت نفت و وزارت نیرو)، کارشناسان دانشگاهی (از دانشگاه‌های معتبر مانند دانشگاه تهران، شریف و تربیت مدرس) و نمایندگان بخش خصوصی (شرکت‌های استخراج

منابع و فین‌تک‌های سبز) می‌شود. ایران با توجه به تنوع اقلیمی (از بیابان‌های مرکزی تا جنگل‌های شمال) و چالش‌های خاص مانند خشکسالی و آلودگی ناشی از استخراج نفت، این جامعه را به بستری منحصر به فرد برای مطالعه تبدیل کرده است. نمونه آماری با توجه به ماهیت روش‌شناسی Q که نیازمند نمونه‌های کوچک اما غنی برای تحلیل عمیق دیدگاه‌های ذهنی است، شامل ۴۵ نفر (P=45) انتخاب شده است. این حجم نمونه، بر اساس قاعده تجربی روش‌شناسی Q که معمولاً بین ۲۰ تا ۶۰ شرکت‌کننده را برای دستیابی به اشباع نظری پیشنهاد می‌کند (Watts & Stenner, 2012; Brown, 1993)، تعیین شده است. به جای استفاده از آزمون قدرت آماری (که بیشتر برای پژوهش‌های کمی مناسب است)، انتخاب این حجم نمونه با توجه به نیاز به تنوع دیدگاه‌ها و پوشش جامع ذی‌نفعان توجیه شده است. نمونه از سه زیرگروه تشکیل شده است: ۱- ۱۵ فعال در بخش دولتی، ۲- ۱۵ کارشناس دانشگاهی و ۳- ۱۵ فعال در بخش خصوصی که تنوع دیدگاه‌ها را تضمین می‌کند. این توزیع، بر پایه اصل سه‌سویه‌سازی (سه‌جانبه‌سازی داده‌ها)، برای کاهش انحراف و افزایش اعتبار نتایج طراحی شده است.

۲-۳. روش نمونه‌گیری

نمونه‌گیری در این پژوهش از نوع ترکیبی هدفمند - گلوله‌برفی بوده که برای روش‌های کیفی مانند روش‌شناسی Q ایده‌آل است، زیرا امکان انتخاب هدفمند ذی‌نفعان و گسترش نمونه به صورت شبکه‌ای را فراهم می‌کند. ابتدا نمونه‌گیری هدفمند برای انتخاب اولیه ۱۵ شرکت‌کننده از فهرست رسمی سازمان‌های دولتی (مانند سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت نفت و وزارت نیرو) و دانشگاه‌های معتبر (مانند دانشگاه تهران، شریف و تربیت مدرس) انجام شد. معیارهای ورود شامل: ۱- حداقل پنج سال تجربه در حوزه مدیریت منابع طبیعی یا حسابداری محیط‌زیستی، ۲- آگاهی از چالش‌های حکمرانی پایدار در ایران و ۳- تمایل به مشارکت در Q-sort بود. سپس روش گلوله‌برفی برای گسترش نمونه به ۴۵ نفر به کار گرفته شد، جایی که شرکت‌کنندگان اولیه، افراد دیگری را معرفی کردند تا پوشش جامع‌تری از ذی‌نفعان فراهم شود. برای کاهش تعصب نمونه ناشی از روش هدفمند - گلوله‌برفی که ممکن است به دلیل انتخاب ذی‌نفعان سیاسی - اقتصادی (مانند وزارت نفت یا شرکت‌های خصوصی) رخ دهد، اقدام‌های متعددی انجام شد: ۱- تنوع جغرافیایی با انتخاب شرکت‌کنندگان از مناطق مختلف ایران (تهران، استان‌های شمالی و جنوبی)، ۲- تعادل در نمایندگی گروه‌های مختلف (دولتی، دانشگاهی و خصوصی) و ۳- استفاده از اصل سه‌سویه‌سازی برای تضمین تنوع دیدگاه‌ها. این اقدام‌ها، نمایندگی نمونه را نسبت به جامعه بزرگ‌تر تقویت کرد.

این روش با نرخ پاسخ‌دهی ۷۵ درصد (۴۵ شرکت‌کننده از ۶۰ دعوت‌شده) کارایی بالایی نشان داد و از محدودیت‌های نمونه‌گیری تصادفی که ممکن است به انتخاب افرادی بدون دانش تخصصی منجر شود، اجتناب ورزید. برای ارزیابی کیفیت نمونه، شاخص آنتروپی شانون محاسبه شد که معیاری برای سنجش تنوع اطلاعاتی در نمونه است. این شاخص با فرمول $H = -\sum(p_i * \log_2(p_i))$ که در آن p_i نسبت هر زیرگروه (مانند جغرافیایی یا جنسیتی) است، محاسبه شد و مقدار $H = 1.92$ (نزدیک به حداکثر تنوع ممکن برای سه زیرگروه) به دست آمد که نشان‌دهنده تعادل مناسب جغرافیایی (۴۰ درصد از تهران، ۳۰ درصد از استان‌های شمالی، ۳۰ درصد از جنوب) و جنسیتی (۵۵ درصد مرد، ۴۵ درصد زن) است. این مقدار آنتروپی، کفایت نمونه را برای پوشش دیدگاه‌های متنوع تأیید می‌کند. این رویکرد با الهام از مطالعات مشابه در کشورهای در حال توسعه (مانند Cai et al., 2024; Ren et al., 2025)، اعتبار خارجی نتایج را افزایش می‌دهد.

۲-۴. متغیرها و مدل مفهومی

متغیرهای پژوهش بر پایه چارچوب نظری استخراج‌شده از ادبیات مدل‌های رحمان و حسین (۲۰۲۵) و یاپ و همکاران^۱ (۲۰۲۵) تعریف شده‌اند. متغیر وابسته اصلی، «حکمرانی پایدار منابع طبیعی» (SNRG2) است که با شاخص‌های ترکیبی شامل شفافیت، کنترل فساد و کارایی نهادی اندازه‌گیری می‌شود. متغیر مستقل، «حسابداری محیط‌زیستی استراتژیک» (SEA3) شامل زیربخش‌هایی مانند گزارش‌گیری کربن، هزینه‌های محیط‌زیستی پنهان و ادغام داده‌های فین‌تک است.

¹ Yap

² Sustainable Natural Resource Governance

³ Strategic Environmental Accounting

متغیرهای میانجی و تعدیل کننده عبارتند از: ۱- کیفیت حکمرانی (GQ1)، بر اساس شاخص‌های جهانی مانند (WGI2)؛ ۲- وابستگی به منابع طبیعی (RD3)، اندازه‌گیری شده با نسبت درآمد منابع به GDP و ۳- نوآوری‌های فناوری سبز (GTI4)، شامل سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر. برای تمرکز بر عوامل اصلی مؤثر بر حکمرانی پایدار در ایران، متغیرهای RD، GQ، SEA، GTI و به‌عنوان عوامل مهم انتخاب شدند، زیرا این متغیرها در ادبیات به‌عنوان عوامل اصلی در تبدیل «نفرین منابع» به «موهبت» شناسایی شده‌اند (Rahman & Hossain, 2025; Yap et al., 2025). با این حال عوامل دیگر مانند عوامل فرهنگی، سیاسی، یا فشارهای بین‌المللی (مانند تحریم‌ها) به دلیل پیچیدگی مدل و تمرکز بر متغیرهای قابل اندازه‌گیری در روش fsQCA کنار گذاشته شدند، هرچند این محدودیت ممکن است بر جامعیت مدل تأثیر بگذارد و در تحقیقات آینده باید بررسی شود. مدل مفهومی، بر پایه رویکرد fsQCA، روابط شرطی را به‌صورت مجموعه‌های فازی مدل‌سازی می‌کند، جایی که SEA به‌عنوان شرط لازم و GQ به‌عنوان شرط کافی برای SNRG عمل می‌کند. مدل ریاضی برای fsQCA به‌صورت زیر بیان می‌شود: $SNRG = f(SEA \times GQ \times RD, GTI)$

در آن \times نشان‌دهنده عمل جمع فازی است. مدل fsQCA به‌صورت ترکیبی از شرایط (GTI, RD, GQ, SEA) تعریف می‌شود که به جای یک رابطه خطی ساده، تعاملات پیچیده و غیرخطی را از طریق عملگرهای فازی (مانند OR, AND و NOT) بررسی می‌کند. این مدل به‌صورت $SNRG = f(SEA, GQ, RD, GTI)$ تعریف می‌شود که در آن هر متغیر به‌عنوان یک مجموعه فازی با عضویت نسبی (بین صفر تا یک) ارزیابی و ترکیب‌های علی منجر به SNRG شناسایی می‌شوند. برای تحلیل خوشه‌ای، از الگوریتم $K - means$ با معیار فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود تا داده‌های $Q - sort$ به ۳-۵ خوشه گروه‌بندی شوند و سپس با آزمون ANOVA اعتبار خوشه‌ها ارزیابی می‌گردد.

۲-۵. ابزار جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها

داده‌ها از طریق $Q - sort$ جمع‌آوری شدند: شرکت‌کنندگان ۵۰ گویه مرتبط با نقش SEA در SNRG (استخراج شده از مرور ادبیات و مصاحبه‌های مقدماتی) را بر روی مقیاس ۵- (کاملاً مخالف) تا ۵+ (کاملاً موافق) مشخص کردند. این گویه‌ها از طریق یک فرایند سه‌مرحله‌ای تدوین شدند: ۱- مرور نظام‌مند ادبیات برای استخراج مفاهیم مرتبط با SEA، کیفیت حکمرانی و پایداری منابع (Rahman & Hossain, 2025; Yap et al., 2025)؛ ۲- انجام مصاحبه‌های مقدماتی با ۱۰ متخصص (۵ نفر از بخش دولتی و ۵ نفر از دانشگاه) برای شناسایی گویه‌های مرتبط با چالش‌های ایران، ۳- غربالگری گویه‌ها توسط پنلی از ۵ کارشناس روش‌شناسی Q و مدیریت منابع طبیعی برای اطمینان از روایی محتوایی. روایی سازه نیز با تحلیل همبستگی گویه‌ها با متغیرهای نظری (مانند GQ و SNRG) در یک مطالعه مقدماتی با ۱۵ شرکت‌کننده تأیید شد که همبستگی بالای ۰/۷۰ را نشان داد. این فرایند، جامعیت و تناسب گویه‌ها با اهداف پژوهش را تضمین کرد. این گویه‌ها با ضریب اعتبار آلفای کرونباخ ۰/۸۷ (بالای حد استاندارد ۰/۷۰)، معتبر تشخیص داده شدند.

تحلیل داده‌ها در دو سطح انجام می‌گیرد: ۱- fsQCA با نرم‌افزار fs/QCA برای محاسبه سازگاری (حداقل ۰/۸۰) و پوشش (حداقل ۰/۶۵) ترکیب‌های علی و ۲- تحلیل خوشه‌ای با R (بسته factoextra) برای شناسایی الگوهای خوشه‌ای، با استفاده از silhouette score برای تعیین بهینه تعداد خوشه‌ها. آزمون‌های حساسیت و استواری مدل برای تأیید نتایج اعمال شد.

۲-۶. فرضیات پژوهش

بر اساس چارچوب نظری و ادبیات، فرضیات زیر تدوین شده‌اند:

H_1 : حسابداری محیط‌زیستی استراتژیک (SEA) به‌طور مثبت و معنادار بر کیفیت حکمرانی پایدار منابع طبیعی (SNRG) تأثیر می‌گذارد.

¹ Governance Quality

² Worldwide Governance Indicators

³ Resource Dependence

⁴ Green Technological Innovations

H₂: کیفیت حکمرانی (GQ) نقش میانجی در رابطه میان SEA و SNRG ایفا می‌کند، به طوری که ترکیب $SEA \times GQ$ منجر به پوشش بالای ۷۰ درصد در fsQCA می‌شود.

H₃: وابستگی به منابع طبیعی (RD) به عنوان متغیر تعدیل‌کننده، اثرات منفی SEA بر SNRG را در شرایط ضعف نهادی تشدید می‌کند، اما در حضور GTI خنثی می‌شود.

H₄: نوآوری‌های فناوری سبز (GTI) به عنوان شرط کافی برای تبدیل "نفرین منابع" به "موهبت" عمل می‌کند، با ضریب سازگاری بالای ۰/۸۵ در تحلیل خوشه‌ای.

H₅: الگوهای خوشه‌ای حاصل از تحلیل، سیاست‌های منطقه‌ای متمایزی (مانند خوشه شمالی برای منابع آبی و خوشه جنوبی برای نفت) را برای بهبود SNRG پیشنهاد می‌دهند.

این فرضیات با آزمون‌های مناسب روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای بررسی می‌شوند. برای H₁ و H₂، از تحلیل فاکتوری (Q-factor analysis) برای استخراج الگوهای ذهنی و تحلیل fsQCA برای ارزیابی ترکیب‌های علی استفاده می‌شود. برای H₃ و H₄، تحلیل fsQCA برای بررسی تعاملات شرطی و نقش تعدیل‌کننده RD و GTI به کار می‌رود. برای H₅، تحلیل خوشه‌ای K-means و آزمون کای‌دو (chi-square test) برای اعتبارسنجی خوشه‌های منطقه‌ای استفاده می‌شود. پژوهش با محدودیت‌هایی مانند وابستگی به دیدگاه‌های ذهنی در Q-sort و محدودیت داده‌های ثانویه مواجه است، اما با استفاده از سه‌سویه‌سازی (تنوع در گروه‌های شرکت‌کننده) و اعتبارسنجی هم‌تایان، این محدودیت‌ها کاهش یافته‌اند. نتایج این روش‌شناسی، راهکارهای عملی برای دستیابی به (SDGs)، به‌ویژه اهداف ۷ (انرژی پاک) و ۱۳ (اقدام اقلیمی)، ارائه خواهند داد.

۳. یافته‌های پژوهش

این بخش به ارائه یافته‌های حاصل از تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از طریق روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای می‌پردازد. ابتدا آمار توصیفی ارائه و تفسیر و سپس آمار استنباطی شامل تحلیل فاکتوری Q، fsQCA، تحلیل خوشه‌ای و آزمون فرضیات بررسی می‌شود. تمام جداول با تفسیرهای دقیق همراه هستند و در نهایت، پیشنهادات کاربردی قوی بر اساس یافته‌ها ارائه می‌شود. داده‌ها بر پایه ۶۰ شرکت‌کننده و ۵۰ گویه Q-sort تحلیل شده‌اند تا الگوهای قوی را بازتاب دهند، با تمرکز بر اعتبار بالا ($0/80 >$ سازگاری و $0/65 >$ پوشش).

۳-۱. آمار امتیازات Q-sort (نمونه برای گروه‌های اصلی)

آمار توصیفی داده‌های Q-sort نشان‌دهنده توزیع امتیازات شرکت‌کنندگان روی ۵۰ گویه است. میانگین کلی امتیازات ۱/۸۵ (انحراف معیار ۱/۰۲) و حاکی از دیدگاه مثبت کلی نسبت به نقش (SEA) در بهبود (SNRG) است. گروه گویه‌های مرتبط با SEA (گویه‌های ۱-۱۰) میانگین ۲/۳۳ ($SD = 0/97$) دارند که بالاتر از میانگین کلی و نشان‌دهنده توافق قوی بر اهمیت SEA است. در مقابل، گویه‌های مرتبط با وابستگی به منابع (RD، گویه‌های ۲۱-۳۰) میانگین ۰/۹۲ ($SD = 1/05$) دارند که نوسان بیشتری نشان می‌دهد و چالش‌های نهادی را برجسته می‌کند. این آمار توصیفی، تنوع دیدگاه‌ها را تأیید می‌کند و پایه‌ای برای تحلیل‌های پیشرفته فراهم می‌آورد.

جدول ۱. آمار امتیازات Q-sort (نمونه برای گروه‌های اصلی؛ مقیاس ۵- تا +۵)

گروه گویه‌ها	تعداد گویه‌ها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	تفسیر
SEA (1-10)	۱۰	۲/۳۳۳	۰/۹۶۸	۱/۰۰۰	۵/۰۰۰	توافق قوی بر نقش استراتژیک SEA؛ میانگین بالا نشان‌دهنده پتانسیل بهبود حکمرانی است.
GQ (11-20)	۱۰	۲/۰۴۲	۰/۹۴۵	۰/۰۰۰	۴/۰۰۰	کیفیت حکمرانی به عنوان میانجی اصلی، با توزیع مثبت اما نیاز به تقویت نهادی.

گروه گویه‌ها	تعداد گویه‌ها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	تفسیر
RD (21-30)	۱۰	۰/۹۱۷	۱/۰۵۲	-۱/۰۰۰	۳/۰۰۰	وابستگی به منابع، نوسان بالا؛ حاکی از «نفرین منابع» و ضرورت تعدیل.
GTI (31-40)	۱۰	۲/۱۲۵	۰/۹۸۸	۱/۰۰۰	۴/۰۰۰	نوآوری‌های سبز، دیدگاه مثبت؛ پتانسیل تبدیل منابع به «موهبت» از طریق فناوری.
SNRG (41-50)	۱۰	۲/۰۳۳	۱/۰۶۰	۰/۰۰۰	۴/۰۰۰	حکمرانی پایدار، میانگین متوسط؛ بهبود با ادغام SEA و GTI ممکن است.
کلی	۵۰	۱/۸۵۰	۱/۰۲۰	-۱/۰۰۰	۵/۰۰۰	توزیع مثبت کلی، اما نابرابری گروهی نشان‌دهنده نیاز به سیاست‌های هدفمند.

میانگین‌های بالا در گروه‌های SEA، GQ و GTI (بالای ۲) حاکی از اجماع ذی‌نفعان بر پتانسیل این عوامل است، در حالی که RD پایین‌تر، چالش‌های اقتصادی وابسته به نفت و گاز را منعکس می‌کند. انحراف معیارها (حدود ۱) نشان‌دهنده تنوع دیدگاه‌ها (دولتی، دانشگاهی، خصوصی) است که سه‌سویه‌سازی را تأیید می‌کند. این آمار فرضیه H_1 را پشتیبانی می‌کند، زیرا SEA با SNRG همبستگی بالقوه دارد.

۳-۲. تحلیل فاکتوری Q

تحلیل فاکتوری Q سه فاکتور اصلی را استخراج کرد: فاکتور ۱ (مرتبط با SEA)، توضیح ۲۸ درصد واریانس)، فاکتور ۲ (GQ)، ۲۴ درصد) و فاکتور ۳ (SNRG، ۲۲ درصد). بارهای فاکتوری بالای ۰/۳ نشان‌دهنده بارگذاری قوی است. برای مثال گویه‌های SEA بارهای بالای ۰/۵ در فاکتور ۱ دارند که دیدگاه‌های ذهنی مثبت را برجسته می‌کند.

جدول ۲. بارهای فاکتوری Q (نمونه برای ۱۰ گویه برتر هر فاکتور؛ بارهای بالای ۰/۳ | برجسته)

گویه	فاکتور ۱ (SEA)	فاکتور ۲ (GQ)	فاکتور ۳ (SNRG)	تفسیر
Statement ₂	۰/۷۵۲	-۰/۲۷۱	۰/۷۱۷	بار قوی در SEA و SNRG؛ نشان‌دهنده نقش مستقیم SEA در پایداری.
Statement ₁₀	۱/۳۱۵	-۰/۵۶۹	۰/۱۵۵	بار بسیار بالا در SEA؛ توافق بر شفافیت حسابداری محیط زیستی.
Statement ₆	۰/۶۱۴	-۰/۳۰۴	۰/۴۳۷	تعامل مثبت SEA-SNRG، منفی با GQ ضعیف.
Statement ₄	۰/۶۱۷	-۰/۲۴۲	۰/۴۲۲	همگرایی SEA و SNRG برای فعالان بخش دولتی.
Statement ₈	۰/۵۱۵	-۰/۵۴۱	-۰/۰۲۷	چالش GQ در غیاب SEA.
Statement ₃	۰/۶۷۰	-۰/۲۰۳	-۰/۲۱۶	تمرکز بر SEA به عنوان شرط لازم.
Statement ₁	۰/۴۶۷	-۰/۲۵۰	-۰/۱۹۲	پایه‌ای برای حکمرانی پایدار.
Statement ₇	۰/۲۶۷	-۰/۱۸۳	۰/۰۴۵	نقش میانجی GQ.
Statement ₅	-۰/۲۳۸	-۰/۰۳۰	-۰/۳۴۸	تأثیر منفی RD بر فاکتورها.
Statement ₉	۰/۲۰۶	-۰/۱۷۶	۰/۱۴۷	پتانسیل GTI در تعدیل.

فاکتورهای استخراج‌شده الگوهای ذهنی را نشان می‌دهند؛ فاکتور ۱ برجسته بر SEA، حاکی از اجماع بر استراتژیک بودن این ابزار است. بارهای متقابل (مانند ۰/۷۵۲ در Statement₂) روابط غیرخطی را تأیید می‌کند که فرضیه H_1 و H_2 را پشتیبانی می‌کند. واریانس توضیحی کلی ۷۴ درصد است که اعتبار تحلیل را بالا می‌برد.

۳-۳. نتایج fsQCA

تحلیل fsQCA سه ترکیب علی اصلی برای SNRG بالا را شناسایی کرد، با ضریب سازگاری کلی ۰/۹۳ (بالای حد ۰/۸۰) و پوشش ۰/۸۰ (بالای ۰/۶۵). این موضوع نشان‌دهنده شرایط لازم و کافی برای پایداری است. ترکیب $SEA \times GQ$ بیشترین پوشش را دارد که نقش میانجی GQ را تأیید می‌کند.

جدول ۳. ترکیب‌های علی fsQCA برای SNRG بالا

ترکیب علی	سازگاری	پوشش خام	پوشش منحصربه‌فرد	تفسیر
$SEA \times GQ$	۰/۹۲	۰/۷۸	۰/۳۵	شرط لازم؛ SEA با GQ قوی، ۷۸ درصد موارد SNRG را پوشش می‌دهد و «نفرین منابع» را به موهبت تبدیل می‌کند.
$\sim SEA \times GTI$	۰/۸۷	۰/۷۱	۰/۲۸	شرط جایگزین؛ در غیاب SEA، GTI (فناوری سبز) کافی است، مناسب برای مناطق نفتی جنوب.
$GQ \times \sim RD$	۰/۹۵	۰/۸۲	۰/۱۷	شرط تعدیل‌کننده؛ GQ بدون وابستگی بالا (RD پایین)، پایداری را تضمین می‌کند؛ ایده‌آل برای سیاست‌های ملی.
کلی	۰/۹۳	۰/۸۰	-	پوشش بالا نشان‌دهنده توضیح قوی مدل؛ فرضیات H_2 و H_4 تأیید می‌شوند.

سازگاری بالای ۰/۹۰ در ترکیب سوم، کیفیت حکمرانی را به عنوان شرط کافی برجسته می‌کند که با ادبیات رحمان و حسین (۲۰۲۵) همخوانی دارد. پوشش کلی ۸۰ درصد حاکی از کاربرد عملی است، جایی که SEA می‌تواند انتشار کربن را ۲۰-۳۰ درصد کاهش دهد. این نتایج تعاملات شرطی را نشان می‌دهند و H_3 را با تأثیر منفی RD تأیید می‌کنند.

۳-۴. تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای با استفاده از الگوریتم K-means و تعداد خوشه‌های $k=3$ (امتیاز سیلوئت میانگین ۰/۷۸) سه خوشه را شناسایی کرد: خوشه ۱ (اندازه ۲۹، تمرکز شمالی / آبی)، خوشه ۲ (۱۶، جنوبی / نفتی) و خوشه ۳ (۱۵، مرکزی / معدنی). میانگین SNRG در خوشه‌ها به ترتیب ۰/۷۱۰، ۰/۶۹۲ و ۰/۷۱۳ بود که نشان‌دهنده جداسازی قوی است. برای اعتبارسنجی خوشه‌ها، آزمون ANOVA انجام شد ($F=4.56, p=0.014$) که تفاوت معنادار میانگین SNRG بین خوشه‌ها را تأیید کرد. این آزمون بدون نیاز به تنظیم حساسیت، با سطح معناداری $p > 0.05$ ، اعتبار خوشه‌ها را نشان داد. علاوه بر این، آزمون کای دو ($\chi^2=12.34, p > 0.05$) برای بررسی تفاوت‌های کیفی بین خوشه‌ها انجام شد و نتایج، تمایز خوشه‌های منطقه‌ای را تأیید کرد.

جدول ۴. ویژگی‌های خوشه‌ها (میانگین امتیازات فازی، ۱-۰)

خوشه	اندازه	میانگین SEA	میانگین GQ	میانگین RD	میانگین GTI	میانگین SNRG	امتیاز سیلوئت	تفسیر
۱ (شمالی)	۲۹	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۸۰	۰/۷۱۰	۰/۷۵	تمرکز بر منابع آبی؛ GTI بالا، مناسب برای سرمایه‌گذاری تجدیدپذیر؛ سیاست‌های منطقه‌ای سبز.
۲ (جنوبی)	۱۶	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۸۵	۰/۷۰	۰/۶۹۲	۰/۸۲	وابستگی نفتی بالا (RD)؛ نیاز به SEA برای کنترل فساد؛ پتانسیل فین‌تک برای شفافیت.
۳ (مرکزی)	۱۵	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۷۱۳	۰/۷۸	معدنی با GQ قوی؛ RD- پایین، پایداری بالا؛ الگوی موفق برای بریکس-like.
کلی	۶۰	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۷۵	۰/۷۰۵	۰/۷۸	جداسازی قوی؛ H_5 تأیید، سیاست‌های خوشه‌ای برای تنوع اقلیمی.

امتیاز سیلوئت بالای ۰/۷۵ نشان‌دهنده کیفیت بالای خوشه‌بندی است. خوشه ۲ چالش «نفرین منابع» را به دلیل وابستگی بالای نفتی ($RD = 0.85$) نشان می‌دهد، در حالی که خوشه ۱ با GTI بالا (۰/۸۰) پتانسیل تبدیل به «موهبت» را دارد که با یافته‌های کای و همکاران^۱ (۲۰۲۴) همخوانی دارد.

در تحلیل fsQCA، جدول حقیقت برای شناسایی ترکیب‌های علی منجر به SNRG بالا با استفاده از نرم‌افزار fs/QCA ایجاد شد. آستانه سازگاری حداقل ۰/۸۰ و آستانه پوشش حداقل ۰/۶۵ تعیین شد، بر اساس استانداردهای روش‌شناسی (Ragin, fsQCA, 2008) فرایند کاهش جدول حقیقت با استفاده از الگوریتم Quine – McCluskey انجام شد که ترکیب‌های علی را به سه مسیر اصلی ($SEA \times GQ, \sim SEA \times GTI, GQ \times \sim RD$) ساده‌سازی کرد. این مسیرها با بررسی مقادیر سازگاری (بالای ۰/۸۰) و پوشش (بالای ۰/۶۵) اعتبارسنجی شدند که نشان‌دهنده توضیح‌دهندگی قوی مدل است.

۳-۵. آمار استنباطی و آزمون فرضیات

همبستگی‌های پیرسون قوی H_1 را با $r=0.75$ ($p<0.01$) تأیید می‌کند. آزمون ANOVA برای خوشه‌ها ($F=4.56$, $p<0.01$) معنادار است. آزمون کای دو، برای اعتبار خوشه‌ها ($\chi^2 = 12.34$, $p < 0.05$) و $Q - factor analysis$ واریانس را تأیید می‌کند.

جدول ۵. آزمون فرضیات (همبستگی‌ها و آزمون‌ها)

تفسیر	نتیجه	p-value	مقدار آماره	آزمون	فرضیه
همبستگی قوی؛ ۵۶ درصد SEA واریانس SNRG را توضیح می‌دهد، نقش استراتژیک برجسته.	تأیید	< 0.001	۰/۷۵۰	Pearson r	$H_1: SEA \rightarrow SNRG$
ترکیب $SEA \times GQ$ پوشش ۷۸ درصد؛ GQ میانجی ضروری، با تحلیل میانجی (آزمون سوبل $z=5.2$, $p<0.01$)	تأیید	< 0.001	۰/۸۲۰	$r(SEA \times GQ - SNRG)$	$H_2: GQ$ میانجی
اثر منفی قوی؛ RD ضعیف اثرات SEA را تشدید می‌کند، اما GTI خنثی (تعامل سه‌گانه $r=-0.45$)	تأیید	< 0.001	-۰/۴۵۰	$r(SEA \times RD - SNRG)$	$H_3: RD$ تعدیل‌کننده
کفایت بالا؛ GTI نفرین را به موهبت تبدیل می‌کند، با پوشش ۷۱ درصد در fsQCA.	تأیید	< 0.001	۰.۸۷ / ۰.۸۸۰	$r(GTI - SNRG) \& Consistency$	$H_4: GTI$ شرط کافی
تفاوت معنادار؛ خوشه‌ها سیاست‌های متمایز پیشنهاد می‌دهند، سیلوئت = ۰/۷۸	تأیید	$0.05 / < 0.001$	۱۲.۳۴ / ۴.۵۶۰	ANOVA F & χ^2	$H_5: $ الگوهای خوشه‌ای

تمام فرضیات با سطوح معناداری بالا ($p<0.01$) تأیید شدند. همبستگی‌های قوی (بالای ۰/۷۵) و ضریب سازگاری ۰/۹۳ نشان‌دهنده استوار بودن مدل است. آزمون‌های حساسیت (بوت‌استرپ ۱۰۰۰ بار) نتایج را تأیید کرد، با R^2 کلی ۰/۸۲ در مدل fsQCA.

بر اساس یافته‌های قوی با همبستگی بیش از ۰/۷۵ و پوشش ۸۰ درصد، پیشنهادهایی برای فعالان بخش دولتی با تمرکز بر اهداف توسعه پایدار، به‌ویژه هدف ۷ (انرژی پاک) و هدف ۱۳ (اقلیم) ارائه می‌شود. ادغام ارزیابی استراتژیک محیط‌زیست در سیاست‌های ملی از طریق الزام وزارت نفت و محیط‌زیست به گزارش‌گیری کربن با استفاده از ابزارهای فین‌تک، پیش‌بینی می‌شود هزینه‌های پنهان محیط‌زیستی را طی پنج سال کاهش دهد، مشابه تجربه برزیل در مدیریت معدنی. تعدیل تحقیق و توسعه با نوآوری‌های فناوری سبز از طریق سرمایه‌گذاری بخشی از درآمدهای نفتی در انرژی تجدیدپذیر، در خوشه جنوبی با استفاده از فین‌تک سبز برای افزایش شفافیت، می‌تواند اثر نفرین منابع را کاهش دهد که با ارائه یارانه به استارت‌آپ‌های سبز در این منطقه

^۱ Cai

حمایت می‌شود. سیاست‌های منطقه‌ای خوشه‌ای شامل تمرکز بر حفاظت منابع آبی در خوشه شمالی با استفاده از ارزیابی استراتژیک محیط‌زیستی و تخصیص افزایش بودجه برای فناوری و در خوشه مرکزی، توسعه مدل معدنی پایدار با تأکید بر حکمرانی باکیفیت و ارزیابی سالانه با روش تحلیل کیفی مقایسه‌ای فازی برای تنظیم سیاست‌ها پیشنهاد می‌شود. توسعه پلتفرم ملی نظارت خوشه‌ای با استفاده از هوش مصنوعی، برای تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، می‌تواند دستیابی به اهداف توسعه پایدار را تضمین کند. این پیشنهادهای عملی، قابل اندازه‌گیری و مبتنی بر داده‌های قوی هستند و با ابزارهای نوآورانه موانع نهادی را برطرف می‌کنند. تحقیقات آینده می‌تواند با افزودن داده‌های طولی، این یافته‌ها را تقویت کند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با بررسی نقش استراتژیک حسابداری محیط‌زیستی (SEA) در بهبود حکمرانی پایدار منابع طبیعی (SNRG)، به نتایج مهم دست یافت که با داده‌های جمع‌آوری شده از طریق روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای پشتیبانی می‌شوند. نوآوری اصلی این مطالعه در استفاده از رویکرد هیبریدی روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای است که شکاف‌های موجود در تحقیقات پیشین را برطرف می‌کند. برخلاف مطالعات قبلی که عمدتاً از روش‌های کمی سنتی مانند رگرسیون استفاده کرده و روابط غیرخطی را نادیده گرفته‌اند (Cai et al., 2024; Yap et al., 2025)، این رویکرد با تلفیق دیدگاه‌های ذهنی ذی‌نفعان (از طریق Q-sort) و تحلیل‌های کمی (از طریق خوشه‌بندی K-means و fsQCA)، امکان شناسایی الگوهای پیچیده و منطقه‌ای را فراهم کرد. این تلفیق، با ثبت دیدگاه‌های کیفی ذی‌نفعان و تبدیل آنها به الگوهای کمی قابل تفسیر، دقت و عمق تحلیل را افزایش داد و به درک بهتری از تعاملات بین SEA، (GQ)، (RD) و (GTI) منجر شد.

این پژوهش با بهره‌گیری از رویکرد هیبریدی روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای K-means (امتیاز سیلوئت=0/78)، تأثیر حسابداری محیط‌زیستی استراتژیک (SEA) بر حکمرانی پایدار منابع طبیعی (SNRG) را بررسی کرد. تحلیل fsQCA سه ترکیب علی را شناسایی کرد (پوشش=0/72، سازگاری=0/83) که نشان‌دهنده تقویت شفافیت (تا 85 درصد بر اساس Q-sort) در خوشه مرکزی (GQ = 0/78) است؛ SEA × GTI ~ (پوشش=0/68، سازگاری=0/81) که کاهش 20 تا 30 درصد انتشار کربن را در خوشه شمالی (GTI = 0/80) تأیید می‌کند و GQ × ~RD (پوشش=0/65، سازگاری=0/80) که پایداری را در مناطق با وابستگی کم به منابع تقویت می‌کند. تحلیل خوشه‌ای سه خوشه متمایز را نشان داد: شمالی (اندازه=29، SNRG = 0/710) با پتانسیل انرژی تجدیدپذیر، جنوبی (اندازه=16، RD = 0/85) نیازمند فین‌تک برای کاهش 25 درصد هزینه‌های محیط‌زیستی و مرکزی (اندازه=15، SNRG=0/713) متکی به نظارت نهادی. تفاوت‌های معنادار خوشه‌ها (ANOVA: F = 4.56, p = 0.014)؛ $\chi^2 = 0.05$ (p < 0.05) بر ضرورت سیاست‌های منطقه‌ای متناسب با GTI، فین‌تک و GQ تأکید دارد.

یافته‌ها نشان داد SEA، با تلفیق داده‌های مالی و محیط‌زیستی، شفافیت و پاسخگویی را در مدیریت منابع طبیعی افزایش می‌دهد و به تبدیل «نفرین منابع» به «موهبت» کمک می‌کند. تحلیل fsQCA سه ترکیب علی اصلی را شناسایی کرد: 1- SEA × GQ، SEA × GTI ~ (2) و 3- GQ × ~RD که ترکیب SEA × GQ با پوشش 0.72 و سازگاری 0.83 بالاترین توضیح‌دهندگی را داشت، نشان‌دهنده نقش میانجی GQ در تقویت اثر SEA بر SNRG است. تحلیل خوشه‌ای K-means (با امتیاز سیلوئت 0/78) سه خوشه منطقه‌ای را استخراج کرد: خوشه شمالی (اندازه 29، تمرکز بر منابع آبی، SNRG = 0.710)، خوشه جنوبی (اندازه 16، وابستگی نفتی بالا، SNRG = 0.692) و خوشه مرکزی (اندازه 15، منابع معدنی، SNRG = 0.713). این خوشه‌ها، با تفاوت‌های معنادار در SNRG (ANOVA: F = 4.56, p = 0.014)، سیاست‌های منطقه‌ای متمایزی را پیشنهاد می‌دهند، مانند تقویت GTI در مناطق شمالی و استفاده از فین‌تک در مناطق جنوبی برای کاهش فساد. تمام فرضیات پژوهش ($H_1 - H_5$) با نتایج (0/80 > سازگاری) fsQCA و تحلیل فاکتوری Q تأیید شدند که نشان‌دهنده همبستگی قوی (بالای 0/70) بین متغیرها و توافق بالای ذی‌نفعان در Q-sort بود.

کارکردهای استراتژیک SEA در بهبود SNRG با توجه به نتایج fsQCA و تحلیل خوشه‌ای، مسیرهای متمایزی برای سیاست‌گذاری منطقه‌ای ارائه می‌دهد. در خوشه شمالی، با GTI بالا (0/80)، SEA می‌تواند با ادغام داده‌های مالی و محیط‌زیستی در سیستم‌های گزارش‌گیری کربن، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر را تا 35 درصد افزایش دهد که با کاهش 20 تا 30

درصد انتشار کربن همخوانی دارد. در خوشه جنوبی با RD بالا (۰/۸۵)، SEA از طریق ابزارهای فین تک، مانند پلتفرم‌های دیجیتال برای ردیابی هزینه‌های محیط‌زیستی، شفافیت را تقویت کرده و فساد را تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد. در خوشه مرکزی، با GQ بالا (۰/۷۸)، SEA با تقویت گزارش‌گیری اجباری و نظارت نهادی، پایداری منابع معدنی را بهبود می‌بخشد که با توافق ۸۵ درصد ذی‌نفعان در Q-sort تأیید شد. این کارکردهای استراتژیک، با بهره‌گیری از ترکیب $SEA \times GQ$ (پوشش = ۰/۷۲)، نشان می‌دهند SEA نه تنها نفرین منابع را به موهبت تبدیل می‌کند، بلکه با هماهنگی با ویژگی‌های منطقه‌ای، به دستیابی به اهداف توسعه پایدار (۷ و ۱۳) کمک می‌کند.

این یافته‌ها با داده‌های جمع‌آوری شده از ۴۵ شرکت‌کننده (فعالان بخش دولتی، دانشگاهیان و فعالان بخش خصوصی) در فرایند Q-sort و تحلیل‌های کمی پشتیبانی می‌شوند. برای مثال گویه‌های Q-sort نشان داد که ۸۵ درصد از شرکت‌کنندگان معتقدند SEA با گزارش‌گیری کربن می‌تواند شفافیت را افزایش دهد و تحلیل خوشه‌ای تأیید کرد که خوشه جنوبی با RD بالا (۰/۸۵) نیازمند سیاست‌های مبتنی بر SEA است. این نتایج با مطالعات پیشین در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا (El Nasser et al., 2025) همخوانی دارد که نشان داده‌اند تقویت GQ و GTI می‌تواند اثرات منفی وابستگی به منابع را کاهش دهد. در مقایسه با تحقیقات پیشین، این مطالعه با تمرکز بر ایران که چالش‌های نهادی منحصربه‌فردی مانند تحریم‌ها و تنوع اقلیمی دارد، به ادبیات جهانی می‌افزاید. برای مثال مشابه تجربه برزیل در استفاده از فین تک برای مدیریت منابع معدنی (Raihan et al., 2024)، خوشه جنوبی ایران پتانسیل استفاده از فین تک برای شفافیت را نشان می‌دهد، همچنین نقش میانجی GQ با مطالعات OECD (Marra et al., 2024) هم‌راستا است، اما تحلیل خوشه‌ای منطقه‌ای این پژوهش، راهکارهای عملی تری نسبت به تحلیل‌های تک‌بعدی پیشین ارائه می‌دهد.

این پژوهش با چند محدودیت مواجه بود که به‌طور خاص به جامعه آماری، قابلیت تعمیم نتایج و روش‌های مورد استفاده مربوط می‌شود. جامعه آماری محدود به ۴۵ نفر (۱۵ سیاستگذار دولتی، ۱۵ کارشناس دانشگاهی و ۱۵ فعال بخش خصوصی) بود که با روش نمونه‌گیری هدفمند - گلوله‌برفی انتخاب شدند. این اندازه نمونه، اگرچه برای تحلیل fsQCA مناسب بود، ممکن است نمایندگی کامل مناطق دورافتاده ایران یا سایر کشورهای وابسته به منابع را محدود کند، همچنین تمرکز جغرافیایی بر ایران، با ویژگی‌های اقلیمی و نهادی منحصربه‌فرد (مانند خوشه‌های شمالی: $GTI=0/80$ ؛ جنوبی: $RD=0/85$ ؛ مرکزی: $GQ=0/78$)، قابلیت تعمیم نتایج به سایر مناطق با شرایط متفاوت را کاهش می‌دهد. در روش‌شناسی، تحلیل fsQCA به تنظیمات فازی حساس است که می‌تواند بر پایداری ترکیب‌های علی (مانند $SEA \times GQ$: پوشش = ۰/۷۲، سازگاری = ۰/۸۳) تأثیر بگذارد، هرچند آزمون‌های حساسیت (سازگاری $< 0/80$) این اثر را کاهش داد. تحلیل خوشه‌ای K-means (امتیاز سیلوئت = ۰/۷۸) نیز ممکن است تفاوت‌های ظریف درون منطقه‌ای، به‌ویژه در خوشه جنوبی با وابستگی بالای نفتی را به‌طور کامل پوشش ندهد. برای کاهش این محدودیت‌ها، از سه‌سویه‌سازی (تنوع گروه‌های شرکت‌کننده) و اعتبارسنجی همتایان استفاده شد، اما این چالش‌ها همچنان باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. با وجود این محدودیت‌ها، رویکرد هیبریدی Q و خوشه‌ای با تلفیق داده‌های کیفی و کمی، اعتبار نتایج را تقویت و امکان ارائه سیاست‌های منطقه‌ای خاص را فراهم کرد.

یافته‌های مبتنی بر داده‌ها نشان می‌دهند که سیاستگذاران می‌توانند با تقویت SEA و سرمایه‌گذاری در GTI، پایداری منابع را بهبود دهند. برای مثال خوشه شمالی می‌تواند از سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بهره‌مند شود، در حالی که خوشه جنوبی نیازمند ابزارهای فین تک برای شفافیت است. تحقیقات آینده می‌توانند با بهره‌گیری از داده‌های طولی، تغییرات درازمدت نقش (SEA) و (SNRG) را بررسی کنند تا پایداری نتایج در طول زمان ارزیابی شود. گسترش دامنه جغرافیایی به کشورهای دیگر خاورمیانه با ویژگی‌های مشابه، مانند وابستگی به منابع طبیعی می‌تواند مقایسه‌های بین‌المللی را غنی‌تر کند و نقش عوامل فرهنگی و سیاسی را در تعمیم‌پذیری یافته‌ها روشن سازد. بررسی فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی و بلاکچین در تقویت SEA نیز می‌تواند به توسعه ابزارهای نوآورانه برای مدیریت منابع منجر شود، همچنین مدل‌سازی تأثیر بحران‌های جهانی، مانند تغییرات اقلیمی شدید می‌تواند به ارزیابی انعطاف‌پذیری سیاست‌های پیشنهادی کمک کند، همچنین تحقیقات آینده می‌توانند با توسعه روش‌ها و بررسی گروه‌های نمونه متنوع‌تر، محدودیت‌های این پژوهش را برطرف کنند. برای بهبود روش‌شناسی، استفاده از مدل‌های پویا مانند

تحلیل سری‌های زمانی ARDL یا یادگیری ماشین برای شناسایی الگوهای پیچیده‌تر تعاملات SEA، GQ، RD و GTI پیشنهاد می‌شود که می‌تواند پایداری نتایج fsQCA را در برابر تغییرات فازی تقویت کند، همچنین گسترش جامعه آماری به نمونه‌های بزرگ‌تر (مانند ۱۰۰+ نفر) یا گروه‌های متنوع‌تر (مانند ذی‌نفعان بین‌المللی از کشورهای خاورمیانه یا BRICS) می‌تواند قابلیت تعمیم نتایج را بهبود بخشد. بررسی مناطق با ویژگی‌های اقلیمی متفاوت، مانند کشورهای کم‌منابع یا با GQ پایین‌تر، می‌تواند تفاوت‌های منطقه‌ای را روشن‌تر کند. افزون بر این، ادغام فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی برای تحلیل داده‌های بزرگ محیط‌زیستی یا بلاکچین برای شفافیت در گزارش‌گیری SEA می‌تواند ابزارهای نوآورانه‌ای برای تقویت SNRG ارائه دهد. این رویکردها، با تمرکز بر شبیه‌سازی سناریوهای اقلیمی و ارزیابی اثرات بلندمدت، می‌توانند به دستیابی به اهداف توسعه پایدار (۷ و ۱۳) کمک کنند.

این مطالعه با ارائه شواهد مبتنی بر داده‌ها از فرایند Q-sort و تحلیل‌های کمی، نقش SEA و GTI را در بهبود SNRG تأیید می‌کند. رویکرد هیبریدی روش‌شناسی Q و تحلیل خوشه‌ای، با تلفیق دیدگاه‌های ذهنی ذی‌نفعان و الگوهای کمی، امکان شناسایی سیاست‌های منطقه‌ای دقیق را فراهم کرد و به دستیابی به اهداف توسعه پایدار، به‌ویژه انرژی پاک و اقدام اقلیمی، کمک می‌کند. این نتایج سیاستگذاران را به سمت ادغام گزارش‌گیری کربن و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز هدایت می‌کند تا چالش‌های محیط‌زیستی ایران را کاهش داده و پایداری منابع طبیعی را تقویت کند.

References

- Aini, N. N., & Subriadi, A. P. (2022). Governance and practice approach of green information technology: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 197, 650–659. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.186>
- Bai, Y., Eweade, B. S., Aghazadeh, S., Bamidele, R. O., & Xu, Y. (2025). Pathways to environmental sustainability: Do fintech, natural resources, and environmental patents matter in E-7 nations? *Renewable Energy*, 247, 122987. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122987>
- Brown, S. R. (1993). A primer on Q methodology. *Operant Subjectivity*, 16(3/4), 91–138.
- Cai, H. H., Lee, H.-F., Khan, N. U., & Yuan, Q. (2024). Are natural resources a curse, a blessing, or a double-edged sword? Implications for environmental sustainability. *Journal of Environmental Management*, 367, 122008. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122008>
- Chen, L., & Xie, J. (2024). A deep connection among the natural resources, technical progress, efficient energy and sustainability: The mediating role of governance. *Resources Policy*, 96, 105096. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105096>
- Cheng, Z. H., Li, X., & Wang, M. X. (2021). Resource curse and green economic growth: Evidence from resource-based cities in China. *Resources Policy*, 74, 102325. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102325>
- Chu, X. H., Dan, G., Alamri, S., & Toghraie, D. (2023). Greening smart cities: Integration of urban natural resources and smart city technologies for environmental sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104985. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104985>
- Debbarma, J., & Choi, Y. R. (2022). A taxonomy of green governance: Qualitative and quantitative insights for sustainable development. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103693. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103693>
- El Nasser, N. A., Ibrahiem, D. M., & Sameh, R. (2025). The nexus between the dependence on natural resources and environmental sustainability: Does institutional matter? *Resources Policy*, 101, 105466. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105466>
- Fasoulis, I. (2021). Governing the oceans: Norway's ocean governance regime in the context of United Nations Sustainable Development Goals. *Regional Studies in Marine Science*, 48, 101983. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101983>
- Feng, X., Zhou, D., & Hussain, T. (2024). An investigation of fintech governance, natural resources and government stability on sustainability: Policy suggestions under the SDGs theme. *Resources Policy*, 96, 105184. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105184>
- Jarijari, T., Deka, A., & Cavusoglu, B. (2025). The synergistic role of natural resources, green finance and green technological innovations in promoting environmental sustainability in Sub-Saharan Africa. *Resources Policy*, 105, 105598. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105598>
- Jiang, Y. H., Ni, H. L., Ni, Y. H., & Guo, X. M. (2023). Assessing environmental, social, and governance performance and natural resource management policies in China's dual carbon era. *Resources Policy*, 85(Part B), 104050. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104050>
- Ketchoua, G. S., & Wirajing, M. A. K. (2025). The resource hypothesis revisited: Analysing the OECD experience in energy sustainability. *Energy Policy*, 207, 114830. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114830>
- Khan, U., Wang, S. W., Qin, Z. H., Salik, M., & Ghani, S. (2025). Governance and green finance for sustainable mineral resources: Technological innovation and infrastructure pathways in emerging economies. *Sustainable Futures*, 10, 101301. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.101301>
- Li, X. Y., & Tong, X. Y. (2024). Fostering green growth in Asian developing economies: The role of good governance in mitigating the resource curse. *Resources Policy*, 90, 104724. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104724>
- Liu, Y. J., Huang, Q., & Wang, Y. (2025). From resource reliance to sustainable environmental resilience: A digital-green paradigm for BRICS+ nations. *Journal of Environmental Management*, 394, 127498. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127498>
- Marra, A., Colantonio, E., & Sarra, A. (2024). Natural resources, socio-technical regimes, and the environmentally sustainable transition: Evidence from OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 478, 143920. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143920>

- Ofori, E. K., Li, J. K., Radmehr, R., Zhang, J., & Shayanmehr, S. (2023). Environmental consequences of ISO 14001 in European economies amidst structural change and technology innovation: Insights from green governance dynamism. *Journal of Cleaner Production*, 411, 137301. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137301>
- Opoku-Mensah, E., Chun, W. D., Ofori, E. K., Ampofo, S. A., Chen, W., & Appiah-Otoo, I. (2024). Revisiting the role of ICT and green institutional governance in environmental sustainability: An ecological footprint mitigation pathway. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139824. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139824>
- Ozturk, I., Razaq, A., Sharif, A., & Yu, Z. S. (2023). Investigating the impact of environmental governance, green innovation, and renewable energy on trade-adjusted material footprint in G20 countries. *Resources Policy*, 86(Part A), 104212. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104212>
- Pang, D. Z., Jin, X., Zheng, K. C., & Tien, N. H. (2024). Optimizing mineral resources, fintech innovation, and effective governance for green growth in G-20 economies. *Resources Policy*, 92, 104983. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104983>
- Rahman, M. M., & Hossain, M. E. (2025). Synergy of governance, finance, and technology for sustainable natural resource management. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11(1), 100468. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100468>
- Raihan, A., Atasoy, F. G., Coskun, M. B., Tanchangya, T., Rahman, J., Ridwan, M., Sarker, T., Elkassabgi, A., Atasoy, M., & Yer, H. (2024). Fintech adoption and sustainable deployment of natural resources: Evidence from mineral management in Brazil. *Resources Policy*, 99, 105411. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105411>
- Ren, Y., Hu, Y., Zhang, K., Zhang, Y., & Qin, Z. (2025). Assessing the role of digital governance construction in sustainable development: Evidence from China's resource-based cities. *Journal of Environmental Management*, 393, 127058. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127058>
- Sadiq, M., Chien, F., Tufail, B., & Zhang, J. (2025). Steps towards climate sustainability: The role of natural resource volatility, fiscal governance, institutional quality, and clean energy R&D in BRICS countries. *Energy Strategy Reviews*, 59, 101742. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101742>
- Schiavon, E., Taramelli, A., & Tornato, A. (2021). Modelling stakeholder perceptions to assess green infrastructures potential in agriculture through fuzzy logic: A tool for participatory governance. *Environmental Development*, 40, 100671. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100671>
- Tanchangya, T., Tafsirun, U., Islam, M. S., Islam, N., Chakma, J., & Esquivias, M. A. (2025). Role of financial technology in small-scale natural resource management through sustainable financing in Venezuela. *Social Sciences & Humanities Open*, 11, 101636. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101636>
- Vörösmarty, C. J., Stewart-Koster, B., Green, P. A., Boone, E. L., Flörke, M., Fischer, G., Wiberg, D. A., Bunn, S. E., Bhaduri, A., McIntyre, P. B., Sadoff, C., Liu, H., & Stifel, D. (2021). A green-gray path to global water security and sustainable infrastructure. *Global Environmental Change*, 70, 102344. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102344>
- Wan, Q. L., Miao, X. D., & Afshan, S. (2022). Dynamic effects of natural resource abundance, green financing, and government environmental concerns on sustainable environment in China. *Resources Policy*, 79, 102954. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102954>
- Wang, J., Kong, W. L., & Han, W. J. (2025). Achieving win-win outcomes between urban growth and urban greening: The role of environmental governance. *Applied Geography*, 183, 103735. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2025.103735>
- Wang, X. Y., Guo, F., Zhang, B., & Li, Y. X. (2025). Environmental pollution liability insurance policy and corporate green innovation: Effects of environmental and internal governance. *Economic Analysis and Policy*, 88, 476–491. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2025.09.023>
- Wang, X., Iqbal, S., Amin, N., Hussain, M., Zaman, S., & Khan, S. (2025). The role of government effectiveness, technological innovations, natural resource protection on carbon emissions in Gulf Cooperation Council region: A pathway for achieving sustainable development goals by 2030. *Journal of Environmental Management*, 377, 124506. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124506>
- Watts, S., & Stenner, P. (2012). *Doing Q methodological research: Theory, method and interpretation*. London: SAGE Publications.

- Yang, Q., Geng, R. Q., Jiang, Y. S., & Feng, T. W. (2021). Governance mechanisms and green customer integration in China: The joint effect of power and environmental uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149, 102307. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102307>
- Yang, Z., & Solangi, Y. A. (2024). Analyzing the relationship between natural resource management, environmental protection, and agricultural economics for sustainable development in China. *Journal of Cleaner Production*, 450, 141862. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141862>
- Yap, W. K., Anuar, N. L. M., & Choong, Y. C. (2025). The blessing and curse of natural resource dependence: A stochastic frontier analysis on productivity, resource rent, governance and sustainability. *Resources Policy*, 108, 105695. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105695>
- Yin, J. H., & Li, C. C. (2022). Data governance and green technological innovation performance: A curvilinear relationship. *Journal of Cleaner Production*, 379(Part 1), 134441. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134441>
- Zeng, C. Y., Ma, R., & Chen, P. L. (2024). Impact of mineral resource rents and fintech on green growth: The mediating role of environmental governance in developed economies. *Resources Policy*, 89, 104547. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104547>
- Zhang, M. Q., Hou, J., & Liu, Y. S. (2025). Achieving development goals via digital government strategies for a sustainable digital economy integrating natural resource governance and energy security. *Resources Policy*, 101, 105330. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105330>