



Spillover effects of neighboring regions on the interrelationships of financial development, energy consumption, and green GDP within a regional union

Mahnaz Kalantaripor¹ | Hamed Najafi Alamdarlo^{2✉} |
Fatemeh Ostovar Mahmoodabadi³

1. Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: m.kalantaripor@modares.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: hamed_najafi@modares.ac.ir
3. Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: f.ostovar@modares.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 06 June 2025

Received in revised form 27
November 2025

Accepted 06 January 2026

Keywords:

Economic cooperation

Organization (ECO),

Energy consumption,

Financial development, Green

GDP,

Renewable energy

infrastructure,

Spatial spillover effects,

Sustainable development.

ABSTRACT

This study explores the spatial spillover effects of energy consumption and financial development on Green Gross Domestic Product (GGDP) in Economic Cooperation Organization (ECO) member countries during the period 2005–2023. Employing a Spatial Autoregressive (SAR) model, the research evaluates the dynamic interrelations among energy consumption, financial development, trade openness, government expenditure, labor force, and capital inventory, incorporating spatial dependencies arising from geographical and economic proximity among ECO nations. Key findings reveal that fossil fuel consumption significantly decreases GGDP, highlighting the environmental cost of reliance on nonrenewable energy. Similarly, financial development negatively impacts GGDP by promoting industrial activities without adequate environmental safeguards. Conversely, trade openness, government expenditure, labor force participation, and capital inventory positively influence GGDP, underscoring their roles in fostering sustainable economic growth. A notable discovery is the positive spatial lag effect, indicating that the GGDP of one country benefits from improvements in neighboring countries through clean technology transfer, green goods trade, and shared environmental policies. These findings emphasize the importance of regional collaboration for advancing sustainable development. The study recommends substantial investment in renewable energy infrastructure, policy reforms to enhance trade openness, and regional cooperation in environmental and energy policies to mitigate fossil fuel dependence and improve environmental quality. The study's conclusions provide actionable insights for ECO policymakers, advocating for a holistic approach to green growth that integrates economic, social, and environmental strategies. Future research should broaden the geographical scope and employ advanced methodologies to capture nonlinear and complex interdependencies, ensuring more robust and generalized findings.

Cite this article: Kalantaripor, M., Najafi Alamdarlo, H., & Ostovar Mahmoodabadi, F. (2025). Spillover effects of neighboring regions on the interrelationships of financial development, energy consumption, and green GDP within a regional union. *Journal of Natural Environment*, 78 (4), 689-703.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.396675.2813>



اثرات همجواری در روابط متقابل توسعه مالی، مصرف انرژی و تولید سبز در اتحادیه منطقه‌ای

مهناز کلانتری پور^۱ | حامد نجفی علمدارلو^۲ | فاطمه استوار محمودآبادی^۳

۱. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: m.kalantaripor@modares.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: hamed_najafi@modares.ac.ir
۳. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: f.ostovar@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۰۶	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶	
کلیدواژه‌ها:	
اثرات سرریز فضایی،	
توسعه مالی،	
تولید ناخالص داخلی سبز،	
سازمان همکاری اقتصادی (ECO)،	
مصرف انرژی.	

استناد: کلانتری پور، مهناز، نجفی علمدارلو، حامد، و استوار محمودآبادی، فاطمه (۱۴۰۴). اثرات همجواری در روابط متقابل توسعه مالی، مصرف انرژی و تولید سبز در اتحادیه منطقه‌ای. محیط زیست طبیعی، ۷۸ (۴)، ۶۸۹-۷۰۳.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.396675.2813>



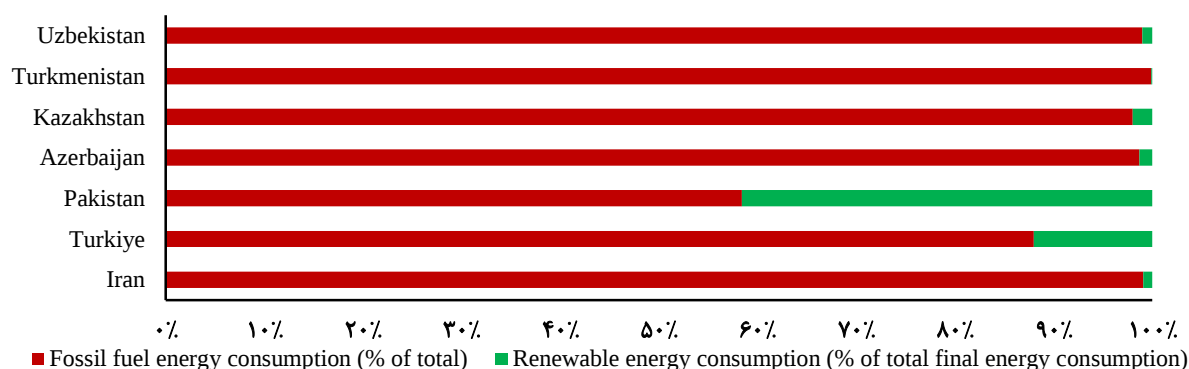
مقدمه

انرژی یکی از عوامل مهم محرک توسعه اقتصادی کشورها، بهبود استاندارد و کیفیت زندگی مردم در چند دهه گذشته بوده است. براساس پیش‌بینی‌ها، مصرف جهانی انرژی از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۵۰ نزدیک به ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت (EIA, 2019). اگرچه تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر در حال رشد است، سوخت‌های فسیلی همچنان سهم غالب (بیش از ۸۰ درصد) را در سبد انرژی جهان دارا هستند (Energy Information Administration, 2019) و انتظار می‌رود این تسلط تا دهه‌های آینده هم ادامه یابد (World Energy Council, 2019).

این وابستگی به سوخت‌های فسیلی، به ویژه افزایش مصرف زغال‌سنگ، منجر به انتشار قابل توجه گازهای گلخانه‌ای شده است. غلظت کربن دی‌اکسید به سطح نگران‌کننده‌ای افزایش یافته که عامل اصلی گرمایش است (Azad et al., 2015). بخش حمل و نقل با سهم ۴۹ درصدی، بزرگترین منبع انتشار این گازها محسوب می‌شود (Environmental Protection Agency, 2017). برای کاهش چالش‌های محیط‌زیستی ناشی از افزایش مصرف انرژی، بهبود بهره‌وری انرژی برای کاهش انتشار CO₂ و پاسخگویی به تقاضای فزاینده انرژی بسیار مهم است (Azad et al., 2015). در نتیجه، سیاست‌گذاران صرفه‌جویی در انرژی، بهره‌وری انرژی، کاهش انرژی و به‌ویژه ترویج انرژی پاک‌تر را در اولویت قرار داده‌اند (Farhani and Ozturk, 2015).

از سوی دیگر، توسعه مالی به عنوان موتور محرک رشد اقتصادی (Ohlan, 2017) با افزایش تقاضای انرژی و تشدید آلودگی محیط‌زیست نیز همراه بوده است (Olatunji and Lawrence, 2022). توسعه مالی از سه کانال مستقیم (تسهیل وام به مصرف‌کنندگان برای خرید کالاهای انرژی‌بر)، تجاری (تأمین مالی بنگاه‌ها و افزایش تولید) و ثروت (تحریک اعتماد و فعالیت اقتصادی از طریق بازار سهام) بر مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد (Sadorsky, 2010, 2011). در راستای اثرگذاری توسعه مالی بر مصرف انرژی، این فرآیند بر روی آلودگی محیط‌زیست نقش دوگانه‌ای دارد. از یک‌سو، می‌تواند دسترسی به فناوری‌های جدید را تسهیل کند و الگوهای مصرف را برای کاهش آلودگی محیط‌زیستی اصلاح کند. از طرفی، به دلیل افزایش تولید می‌تواند آلودگی را تشدید کند (Sadeghi and Ebrahimi, 2013). علاوه بر این، توسعه مالی پتانسیل فقرزدایی و کمک به دستیابی به اهداف توسعه هزاره در کشورها را دارد (Akinboade and Kinfack, 2015). همچنین، افزایش مشکلات محیط‌زیستی ناشی از رشد اقتصادی و مصرف انرژی، اهمیت ثبات مالی را به دلیل توانایی آن در کنترل سطح انتشار از طریق فناوری سازگار با محیط‌زیست و بهبود کارایی انرژی نشان می‌دهد (Shahbaz et al., 2013; Abosedra et al., 2015). از سوی دیگر، آنچه کشورها را در رسیدن به اهداف توسعه پایدار با چالش‌های مهمی مواجه می‌کند؛ توجه به روند رشد، بدون در نظر گرفتن ملاحظات محیط زیستی در سیاست‌ها و برنامه‌های کلان است. علت اصلی این موضوع لحاظ نکردن خسارات محیط‌زیستی در تولید ناخالص داخلی کشورها به عنوان یک نشانه وضعیت ناپایداری رشد اقتصادی است و از این‌رو سرمایه‌گذاری‌ها در سطح برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی معمولاً به سمت بخش‌هایی سوق پیدا می‌کند که سهم عمده‌ای را در تولید ناخالص داخلی دارند. بنابراین چنانچه ارزش‌گذاری مناسبی از منابع محیط‌زیستی به عمل نیاید، سرمایه‌گذاری در این بخش متناسب با ارزش واقعی این منابع در تولید ناخالص داخلی به وجود نیامده و باعث تضعیف محیط‌زیست می‌شود (Mohammadbagheri, 2014). علاوه بر این، بسیاری از اقتصاددانان تولید ناخالص داخلی (GDP) را یک شاخص ناقص برای ارزیابی رفاه می‌دانند، زیرا آلودگی، تخریب اکوسیستم و مشکلات اقلیمی فاکتورهایی هستند که در محاسبات تولید ناخالص داخلی لحاظ نمی‌شوند. یکی از مهمترین عوارض ناشی از رشد فعالیت‌های اقتصادی ایجاد آلودگی‌ها و کاهش کیفیت محیط‌زیستی و انسانی ناشی از آن است. از این‌رو، اقتصاددانان متغیر جدید تولید ناخالص داخلی تعدیل شده یا متغیر تولید سبز را تعریف کردند که در آن ارزش پولی خسارات محیط‌زیستی را در نظر گرفته و هزینه‌های تغییر آب‌وهوا نیز آورده شده است (Aghili and Sadeghi, 2003). در حقیقت تولید سبز به عنوان یک شاخص رفاه تلقی می‌شود که کیفیت رشد اقتصادی را در حالت توسعه مطلوب نشان می‌دهد (Vesilind et al., 2005). هدف اصلی سازمان همکاری اقتصادی (Economic Cooperation Organization)، که با مشارکت کشورهای ایران، ترکیه، پاکستان، افغانستان، تاجیکستان، آذربایجان، ازبکستان، ترکمنستان، قزاقستان، قرقیزستان ایجاد شده است، ارتقای رشد اقتصادی پایدار و حمایت از برنامه‌های اکولوژیک و محیط‌زیستی کشورهای عضو است (ECO).

(Annual Economic Report, 2021). این هدف به وضوح نیازمند همکاری و هماهنگی میان کشورهای عضو در زمینه سیاست‌گذاری‌های انرژی و مالی است. سیاست‌گذاری مشترک می‌تواند به کشورهای عضو کمک کند تا به طور مؤثرتری به چالش‌های ناشی از وابستگی به سوخت‌های فسیلی و مشکلات محیط‌زیستی پاسخ دهند. این همکاری می‌تواند شامل تبادل دانش، فناوری‌های پاک، و ایجاد چارچوب‌های قانونی مشترک برای بهره‌وری انرژی و کاهش آلودگی باشد. با توجه به اینکه کشورهای اکو تحت تأثیر سیاست‌های مشترک قرار دارند، می‌توانند با همکاری در زمینه تبادل فناوری و سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی، به بهبود کیفیت زندگی و پایداری اقتصادی دست یابند (ECO Annual Economic Report, 2021). با این وجود اما، در سال‌های اخیر، کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی اکو (ECO) با چالش‌های جدی در زمینه تأمین انرژی و توسعه پایدار مواجه شده‌اند. این کشورها با وجود پتانسیل‌های فراوان برای بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر، هنوز به شدت به سوخت‌های فسیلی وابسته هستند که بیش از ۸۰ درصد از ترکیب انرژی جهانی را تشکیل می‌دهند (شکل ۱). چنین وابستگی نه تنها بر رشد اقتصادی تأثیر منفی می‌گذارد، بلکه به ناپایداری محیط‌زیستی و افزایش آلودگی نیز دامن می‌زند (World Bank, 2018).



شکل ۱- نمودار درصد مصرف انرژی فسیلی و تجدیدپذیر در کشورهای عضو اکو در سال ۲۰۲۱

از این رو، سوخت فسیلی که بازده پایینی دارد منبع اولیه انرژی در کشورهای عضو اکو است. این سوخت‌ها منجر به انتشار گازهایی مانند CO₂ می‌شوند. علاوه بر این، مصرف سوخت فسیلی کشورهای عضو به نسبت رشد اقتصادی آنها در مقایسه با کشورهای توسعه‌یافته روند افزایشی داشته است. بدین صورت که کشورهایی مانند ایران، ترکیه و پاکستان در کنار کشورهای پردرآمد مانند چین و ایالات متحده آمریکا در میان کشورهای دارای مصرف سوخت فسیلی بالا قرار دارند (World Bank, 2018). این روند افزایشی بر نیاز به رشد اقتصادی پایدار و حمایت از برنامه‌های محیط‌زیستی تأکید می‌کند.

جدول ۱- نرخ رشد جمعیت، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در کشورهای عضو اکو طی در سال ۲۰۲۱

منطقه	نرخ رشد جمعیت (درصد)	نرخ رشد اقتصادی (درصد)	مصرف انرژی (میلیون تن)	نرخ رشد مصرف انرژی (درصد)	انتشار دی اکسید کربن (میلیون تن)
ایران	۰/۷۲	۴/۷	۱۲/۱۹	۱/۷	۶۶۰/۵
ترکیه	۰/۹۱	۱۱/۴	۶/۸۳	۶/۳	۴۰۳/۳
پاکستان	۱/۸۳	۶/۵	۳/۸۶	۱۰	۲۲۶/۴
آذربایجان	۰/۴۴	۵/۶	۰/۶۶	۳/۶	۳۵/۳
قزاقستان	۲/۲۹	۳/۴	۲/۸۵	-۱/۲	۲۱۹/۴
ترکمنستان	۱/۴۵	۶/۲	۱/۶۰	۲۰/۲	۹۴/۳
ازبکستان	۱/۹۷	۷/۴	۱/۹۷	۵/۲	۱۱۲/۳
جهان	۰/۸۶	۶/۲	۵۹۵/۱۵	۵/۸	۳۳۸۸۴/۱

منبع: British Petroleum Statistical Review of World Energy 2022 and World Bank Open Data 2022

همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، مصرف انرژی در جهان به میزان ۵/۸ درصد افزایش یافته و سوخت‌های فسیلی ۸۲ درصد از این مصرف را به‌خود اختصاص داده‌اند. شایان ذکر است، این درصد نسبت به سال ۲۰۱۹ (۸۳ درصد) و پنج سال قبل (۸۵ درصد) کاهش جزئی یافته است (Birtish petroleum Statistical Review of World Energy, 2022). ترکمنستان با ۲۰/۲ درصد بیشترین رشد مصرف انرژی را تجربه کرده در حالی که قزاقستان با ۱/۲- درصد کمترین رشد را بین کشورهای عضو اکو داشته است. همزمان ایران به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده نفت و گاز در بین این کشورهای برجسته بوده است. از سوی دیگر، در سطح جهانی انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی، فرآیندهای صنعتی و انتشار متان (در معادل دی‌اکسیدکربن) در سال ۲۰۲۱ با سهم ویژه ۴/۶ درصد از مصرف انرژی و ۲/۹ درصد از انتشار کربن، ۵/۷ درصد افزایش یافته است (Birtish petroleum Statistical Review of World Energy, 2022). طی دو دهه اخیر، میانگین سرانه انتشار کربن در کشورهای عضو این سازمان به ۴/۷۱ تن رسیده است که با توجه به میانگین جهانی درآمد سرانه طی این سال‌ها که تقریباً ۳۴۰۰ دلار بوده است، رقم قابل توجهی است (World Bank, 2018). جدول ۱ جزئیات بالاترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را در بین کشورهای عضو سازمان اکو طی سال‌های منتخب ارائه می‌کند که ایران بالاترین انتشار در تمام سال‌ها را به‌ثبت رسانده است. رشد مثبت در انتشار کربن‌دی‌اکسید در کشورهای عضو اکو از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ به استثناء ازبکستان مشاهده شده است. شایان ذکر است که انتشار کربن‌دی‌اکسید در تمامی کشورهای مذکور از میانگین جهانی در این سال‌ها فراتر رفته و پاکستان و ترکمنستان به‌ترتیب با ۴/۵ و ۴/۶ درصد بالاترین نرخ رشد را تجربه کرده‌اند. به‌طور مشابه، رشد مصرف انرژی در کشورهای عضو اکو از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱، به استثناء ازبکستان از میانگین مصرف جهانی بالاتر بوده است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (Foreign Direct Investment) به‌عنوان منبع اصلی تأمین مالی خارجی برای توسعه عمل می‌کند. در سطح جهانی برای کشورهای عضو اکو، بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که روند جذب سرمایه در دوره ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴ در مقایسه با سال ۲۰۱۷ نوسانات زیادی داشته است و الگوی یکسانی برای همه کشورهای وجود ندارد. در همین حال، ترکیه با حفظ جایگاه خود به‌عنوان پیشتاز و ازبکستان با رشدی چشمگیر نسبت به سال ۲۰۱۷، عملکرد قابل توجهی داشته‌اند. طبق آمار گزارش‌شده، ترکیه در سال ۲۰۲۳ رقمی بالغ بر ۱۰/۵ میلیارد دلار (۱۰۵۴۷ میلیون دلار) و قزاقستان حدود ۳/۷ میلیارد دلار (۳۷۱۴ میلیون دلار) جذب سرمایه را ثبت کرده‌اند (هرچند قزاقستان در سال ۲۰۲۴ با خروج سرمایه مواجه شده است). همچنین آمارهای برآوردی سال ۲۰۲۴ حاکی از تداوم ثبات نسبی در جذب سرمایه برای ایران (با حدود ۱/۴ میلیارد دلار) و رشد ملایم برای پاکستان است که علی‌رغم کاهش نسبت به سال ۲۰۱۷، نشان‌دهنده تلاشی برای احیای جریان منابع مالی بین‌المللی در دوران گذار اقتصادی است (World Investment Report, 2025).

جدول ۲- جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (million \$) برای کشورهای عضو اکو در سال‌های ۲۰۱۷، ۲۰۲۲، ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴

کشور	جریان ورودی				جریان خروجی			
	۲۰۱۷	۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۴	۲۰۱۷	۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۴
ایران	۵۰۱۹ ^b	۱۵۰۰ ^c	۱۴۲۳ ^c	۱۴۴۹ ^c	-	۱۰۰ ^c	۸۷ ^c	۸۹ ^c
ترکیه	۱۰۸۶۴	۱۲۸۸۱	۱۰۵۴۷	۱۰۵۹۱	۲۶۳۰	۴۷۱۵	۵۸۵۳	۵۹۳۹
پاکستان	۲۸۰۶	۱۳۳۹	۲۰۴۸	۲۵۶۸	۶۷	۱۳۳۱	۳۲	۱۵۳
آذربایجان	۲۸۶۷	-۴۴۷۴	۲۵۳	۲۳۱	۲۵۶۴	۱۷۲	۱۸۷۵	۷۴۲
قزاقستان	۴۶۳۴	۶۱۰۸	۳۷۱۴	-۲۵۵۰	۷۸۷	-۱۸۰۸	۹۳۰	-۳۷۶۰
قرقیزستان	۹۴	۲۹۱	۱۵۹	۷۰۵ ^c	-۱	-۴۵۸	۸	۲۰ ^c
ترکمنستان	۲۳۱۴ ^b	۹۳۶ ^c	۱۳۷۸ ^c	۱۶۴۵ ^c	-	-	-	-
ازبکستان	۹۶ ^b	۲۵۳۱ ^b	۲۱۵۶ ^b	۲۸۳۶ ^b	۲۶۸	۴ ^b	۱۲ ^b	۳۷ ^b

منبع: World Investment Report 2025 ((b)) مبنای دارایی/بدهی و ((c)) برآوردها (تخمین‌ها)

از آنجا که کشورها تلاش می‌کنند توسعه اقتصادی را با حفظ محیط‌زیست متعادل کنند، مفهوم تولید ناخالص داخلی سبز به‌عنوان یک معیار حیاتی ظاهر شده است. مفهوم تولید ناخالص داخلی سبز (Green GDP) به‌عنوان یک شاخص حیاتی در ارزیابی پایداری رشد اقتصادی با ادغام هزینه‌های محیط‌زیستی در معیارهای اقتصادی سنتی ظهور کرده است. برخلاف تولید ناخالص

داخلی (GDP) متعارف که صرفاً فعالیت اقتصادی را بدون در نظر گرفتن تخریب محیط زیست منعکس می کند، تولید ناخالص داخلی سبز این رقم را با کسر هزینه های مرتبط با کاهش منابع طبیعی و آسیب های اکولوژیک تعدیل می کند. این اصلاح، ارائه دهنده یک تصویر دقیق تر از عملکرد اقتصادی یک کشور در رابطه با تأثیر محیط زیستی آن است، که در نتیجه، شیوه های توسعه پایدار را نیز ترویج می کند (Stjepanović et al., 2017; Kalantaripor and Najafi Alamdarlo, 2021). شاخص تولید ناخالص داخلی سبز با هدف ارتقای مسئولیت پذیری محیط زیستی، دستیابی به اهداف توسعه پایدار (Kwilinski et al., 2023) و مدیریت منابع (Wang et al., 2021; Kwilinski et al., 2023) مطرح شده است. همچنین کشورهایی که در پیمان های منطقه ای هستند، اغلب اثرات سرریز مثبتی را تجربه می کنند که در آن پیشرفت های مالی سبز نه تنها به اقتصاد آنها سود می رساند، بلکه از طریق فناوری های مشترک و شیوه های مشترک، بر مناطق همسایه نیز تأثیر مثبت می گذارد. این همکاری منطقه ای می تواند تلاش های جمعی برای پایداری و تاب آوری اقلیمی را تقویت کند (Kwilinski et al., 2023; Sun et al., 2023). اثرات سرریز به این موضوع اشاره دارد که چگونه تغییرات در یک حوزه یا منطقه می تواند بر حوزه ها یا مناطق دیگر، به ویژه در کشورهای سازگار با محیط زیست، تأثیر بگذارد. این فرآیند هم در مورد مصرف انرژی (Wang et al., 2021; An et al., 2023) و هم توسعه مالی (Wang et al., 2021; An et al., 2023) وجود داشته است.

با توجه به ارتباط نزدیک میان توسعه مالی، مصرف انرژی و رشد اقتصادی، بررسی اثرات سرریز آنها بر تولید سبز در کشورهای عضو اکو ضروری است. این تحقیق به دنبال شناسایی روابط میان مصرف انرژی، توسعه مالی و تأثیرات محیط زیستی ناشی از آنها می باشد. با توجه به اینکه این کشورها عمدتاً در حال توسعه هستند و در یک منطقه جغرافیایی وسیع و غنی از منابع طبیعی قرار دارند، تحلیل دقیق این روابط می تواند به سیاست گذاران کمک کند تا راهکارهای مؤثری برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار ارائه دهند. در نهایت، نتایج این تحقیق می تواند به عنوان مبنایی برای تدوین سیاست های اقتصادی و محیط زیستی پایدار در کشورهای عضو اکو مورد استفاده قرار گیرد.

مروری بر ادبیات موضوع در حوزه اقتصاد انرژی و محیط زیست نشان می دهد که در دهه های اخیر، تمرکز محققان از تمرکز صرف بر رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی (فرضیه محیط زیستی کوزنتس) به تحلیل های چندوجهی با محوریت «تولید سبز» و «توسعه مالی» تغییر یافته است. مبانی نظری نشان می دهد که توسعه مالی می تواند با تسهیل دسترسی به سرمایه برای پروژه های پاک و بهبود تکنولوژی، منجر به کاهش مصرف انرژی فسیلی و افزایش تولید سبز شود؛ با این حال، برخی دیدگاه ها بر اثر مقیاس تأکید دارند که براساس آن، توسعه مالی با تحریک تقاضای کل، مصرف انرژی را افزایش می دهد. با این حال، آنچه در مطالعات کلاسیک کمتر مورد توجه قرار گرفته است، ماهیت فرامرزی و اثرات سرریز فضایی این متغیرهاست. با توجه به ادغام بازارهای مالی و وابستگی متقابل کشورها در بلوک های منطقه ای، نادیده گرفتن وابستگی های فضایی می تواند منجر به نتایج ارباب شود. بنابراین، در سال های اخیر از رویکرد اقتصادسنجی فضایی برای تبیین دقیق تر این روابط به کار گرفته شده است.

در مطالعات داخلی، تأثیر توسعه مالی منطقه ای بر رشد اقتصادی از طریق روش هایی مانند تصحیح خطای برداری و داده های تابلویی پویا بررسی شده است که نتایج نشان دهنده وجود رابطه مثبت و معنی دار میان توسعه مالی و رشد اقتصادی است (Rezaei et al., 2015; Ahmadpour and Dahmarde, 2019). با این حال، برخی مطالعات نشان می دهند که توسعه مالی لزوماً اثرات سرریز مثبتی بر مناطق همجوار ندارد، در حالی که سرمایه گذاری مستقیم خارجی می تواند چنین اثراتی داشته باشد (Keyghobadi et al., 2021). در میان پژوهشگران ایرانی، توجه به ابعاد فضایی و منطقه ای در تحلیل های محیط زیستی در سال های اخیر پررنگ تر شده است. Kalantaripor و Najafi Alamdarlo (۲۰۲۱) در مطالعه ای برجسته با عنوان «اثرات فضایی مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی سبز در موافقت نامه های منطقه ای»، کشورهای عضو سازمان همکاری شانگهای (که اشتراکات زیادی با منطقه اکو دارند) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها با استفاده از داده های پنل فضایی نشان داد که همجواری کشورها تأثیر مثبت و معنی داری بر تولید سبز دارد؛ بدین معنی که رشد تولید سبز در یک کشور، موجب بهبود آن در کشورهای همسایه می شود. یافته های آنها همچنین حاکی از آن بود که اگرچه مصرف سوخت های فسیلی تأثیر منفی شدیدی بر تولید سبز دارد، اما انرژی های تجدیدپذیر هنوز نتوانسته اند به طور کامل جایگزین شوند. پیش از این نیز، Najafi Alamdarlo و

همکاران (۲۰۱۲) کاربرد اقتصادسنجی فضایی را در کشورهای عضو آکو آزمون کرده و اهمیت در نظر گرفتن وابستگی فضایی در تحلیل‌های تجاری این منطقه را تأیید کرده بودند. همچنین مطالعاتی مانند Kohansal و Shayanmehr (۲۰۱۶) با استفاده از سیستم معادلات همزمان در ایران، تعامل دوطرفه میان مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست را نشان دادند، هرچند که در آن زمان تمرکز کمتری بر مفهوم «تولید سبز» وجود داشت.

در سطح بین‌المللی، مطالعات متعددی به بررسی رابطه میان مصرف انرژی، توسعه مالی و پایداری پرداخته‌اند. Sadorsky (۲۰۱۰) تأکید دارد که مصرف انرژی می‌تواند رشد اقتصادی را افزایش دهد اما در عین حال به محیط‌زیست آسیب برساند. Azad و همکاران (۲۰۱۵) بهره‌وری انرژی را ابزاری مؤثر برای دستیابی به توسعه پایدار می‌دانند. همچنین، Sadorsky (۲۰۱۱) و Farhani و همکاران (۲۰۱۵) نقش توسعه مالی در افزایش مصرف انرژی و همچنین دسترسی به فناوری‌های پاک را بررسی کرده‌اند. با توجه به این چالش‌ها، مفهوم تولید ناخالص داخلی سبز (Green GDP) به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی اثرات محیط زیستی رشد اقتصادی مطرح شده است (Vesilind et al., 2015; Kalantaripor and Najafi Alamdarlo, 2021). همچنین، مطالعات جدید به بررسی اثرات سرریز فرامرزی مصرف انرژی و توسعه مالی پرداخته‌اند و تأکید کرده‌اند که همکاری منطقه‌ای در حوزه مالی سبز می‌تواند به بهبود پایداری محیط‌زیستی منجر شود (Wang et al., 2021; An et al., 2023). نهایت، Shahbaz و همکاران (۲۰۱۳) و Abosedra و همکاران (۲۰۱۵) بر ضرورت ثبات مالی به‌عنوان پیش‌شرط توسعه پایدار و زیست‌سازگار تأکید دارند. Zhang و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای جامع بر روی اقتصادهای نوظهور، دریافتند که توسعه مالی سبز دارای اثرات سرریز فضایی مثبت است؛ بدین معنی که توسعه ابزارهای مالی در یک کشور، موجب ارتقای تولید سبز در کشورهای همسایه می‌شود. در پژوهشی دیگر، Liu و Dong (۲۰۲۴) با تمرکز بر کشورهای جاده ابریشم، نشان دادند که رابطه میان مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی سبز یک رابطه غیرخطی است و نادیده گرفتن وابستگی فضایی منجر به کم‌برآوردی اثرات توسعه مالی می‌شود. همچنین Osman و همکاران (۲۰۲۲) در تحلیل خود برای گروهی از کشورهای آسیایی استدلال کردند که توسعه مالی اگرچه در کوتاه‌مدت مصرف انرژی را بالا می‌برد، اما در بلندمدت از طریق کانال بهره‌وری انرژی، محرک اصلی تولید سبز محسوب می‌شود و این اثر در میان کشورهای عضو یک اتحادیه قوی‌تر است.

جمع‌بندی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اگرچه روابط دوجانبه بین توسعه مالی، مصرف انرژی و رشد اقتصادی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، اما بررسی همزمان این سه متغیر با تمرکز بر «تولید سبز» (به‌جای صرفاً کاهش آلودگی) هنوز محدود است. لازم به ذکر است که اکثر مطالعات داخلی و حتی بسیاری از مطالعات خارجی مرتبط با منطقه آکو، از مدل‌های اقتصادسنجی کلاسیک استفاده کرده و از «اثرات سرریز فضایی» غافل بوده‌اند. با توجه به ساختار اقتصادی همگن و مرزهای مشترک کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی (ECO)، فرض استقلال مشاهدات که در روش‌های سنتی گنجانده شده است، نقض می‌شود. بنابراین، مطالعه حاضر با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی پانل با تمرکز بر دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۳، تلاش دارد تا این شکاف مطالعاتی را پر کرده و نقش همجواری را در تبیین روابط متقابل توسعه مالی و تولید سبز آشکار سازد. هدف این تحقیق، تبیین اثرات سرریز فضایی این متغیرها، با هدف ارائه بینشی دقیق‌تر برای سیاست‌گذاری پایدار از طریق درک بهتر این ارتباطات بین منطقه‌ای است. با توجه به چالش‌های محیط‌زیستی جهانی، تحلیل این پویایی‌ها می‌تواند به تدوین سیاست‌هایی برای رشد پایدار کمک کند. هدف این تحقیق آزمون این فرضیه است که آیا توسعه مالی و مجاورت جغرافیایی تأثیر معنی‌داری بر تولید سبز در کشورهای آکو دارد یا خیر.

روش‌شناسی پژوهش

مدل‌های اقتصادسنجی سنتی مبتنی بر همبستگی خطی، همواره موقعیت مکانی اشیاء مشاهده شده را نادیده می‌گیرند، بنابراین، نمی‌توانند تأثیر فضایی عناصر جغرافیایی را منعکس کنند (Hao and Liu, 2015). در نتیجه پس از اینکه تجزیه و تحلیل خودهمبستگی فضایی وابستگی مکانی عناصر جغرافیایی را تأیید کرد، ایجاد یک مدل اقتصادسنجی فضایی برای ارزیابی اثر فضایی و تعامل عناصر جغرافیایی ضروری است (Elhorst, 2003; Xu et al., 2019). در این مقاله ما ابتدا یک مدل داده پانل خطی استاندارد را بدون اثرات فضایی تخمین می‌زنیم. این مدل می‌تواند به‌عنوان مرجعی برای نتایج تخمین مدل‌های داده‌های

پانل فضایی و همچنین برای بررسی استحکام این نتایج تخمین استفاده شود (Yang et al., 2017). رابطه ۱ مدل رگرسیون خطی استاندارد (SLM) به شرح زیر است (Baum and Christopher, 2006; Tatoglu, 2012):

$$y_{it} = x'_{it}\beta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (\text{رابطه ۱})$$

جایی که y متغیر توضیح داده شده است، i نشان دهنده افراد است و $(N=8)$ کشورها را تشکیل می دهد. t بعد سری زمانی (۲۰۰۵ تا ۲۰۲۳) است. x'_{it} بردار $k \times 1$ مشاهدات متغیرهای توضیحی و β بردار $k \times 1$ ضرایب نامشخص است. u_i یک اثر فردی است که نمی توان آن را مستقیماً مشاهده و کمیت کرد و ε_{it} یک جمله خطا است که با فرد و زمان متفاوت است. اگر u_i مربوط به x_{it} باشد، مدل داده پانل یک مدل اثرات ثابت است. در غیر این صورت، این یک مدل اثرات تصادفی است (Fotheringham and Rogerson, 2008). مدل های داده های پانل فضایی شامل مدل خودرگرسیون فضایی (SAR)، مدل خطای مکانی (SEM)، مدل خودهمبستگی فضایی (SAC) و مدل فضایی دوربین (SDM) است. این مدل ها اثرات فضایی را براساس SLM در نظر می گیرند و با استفاده از اصل حداکثر درست نمایی برآورد می شوند. در میان آنها، مدل SAR اثر سرریز فضایی متغیر وابسته را در نظر می گیرد. از این رو، فرمول آن شامل عبارت تأخیر مکانی متغیر وابسته است که می تواند به صورت زیر بیان شود:

$$y_{it} = \rho W y_t + x'_{it}\beta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که $\rho W y_t$ تأخیر فضایی متغیر وابسته است و $W y_t = \sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt}$ مجاورت براساس ماتریس وزن دار Rook است. ρ ضریب خودرگرسیون فضایی است. اگر ρ دارای اهمیت آماری باشد، وجود یک وابستگی فضایی قابل توجه در بین متغیرهای وابسته را نشان می دهد. یعنی یک مورد تأیید شده در یک منطقه به مناطق مجاور بستگی دارد. مقدار ρ منعکس کننده درجه وابستگی فضایی است (Gelfand et al., 2010). SEM اثرات متغیرهای حذف شده را بر روی مشاهده متغیر تعیین شده (وابسته) در یک منطقه که حاوی یک عبارت خطای مکانی است، کشف می کند. بنابراین یک خودهمبستگی فضایی بین باقیمانده ها عملی است و SEM را می توان به صورت رابطه های زیر بیان کرد:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W \varepsilon_t + v_{it} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن $\lambda W \varepsilon_t$ عبارت خطای مکانی است، λ عامل اتورگرسیون است، و v_{it} یک عبارت خطای تصادفی است که معمولاً مستقل و به طور یکسان توزیع شده فرض می شود (i.i.d). اگر λ از نظر آماری معنی دار باشد، می توانیم وجود متغیرهای مستقل پنهان را با خودهمبستگی فضایی تأیید کنیم، که منجر به روند یک خودهمبستگی فضایی قابل توجه در باقیمانده ها می شود. مدل ترکیبی از مدل های SAR و SEM است، متشکل از متغیر وابسته تأخیر مکانی و یک خطای مکانی است که می تواند به صورت زیر بیان شود:

$$y_{it} = \rho W y_t + x'_{it}\beta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W \varepsilon_t + v_{it}$$

در رابطه فوق، مطابق با توابع و نیازهای تحقیقاتی مختلف، SWM W1 و SWM W2 (ماتریس وزن فضایی) می توانند یکسان یا متفاوت باشند (LeSage, 2008; Yang et al., 2017). در این مطالعه، ما از همان SWM برای تخمین مدل استفاده کردیم، یعنی $W1=W2=W$ ، و اصطلاحات باقیمانده همان مواردی است که در بالا نشان داده شد.

SDM شامل تأخیرهای فضایی متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی است. از اثرات حاشیه ای متغیرهای توضیحی از مناطق / حالت مجاور براساس مدل SAR استفاده می کند. مشخصات رایج برای SDM به شرح زیر است:

$$y_{it} = \rho W y_t + x'_{it}\beta + W X_t \delta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (\text{رابطه ۶})$$

جایی که $W X_t \delta$ تأخیر فضایی متغیرهای توضیحی است، X_t ماتریس متغیر مستقل $(k-1) \times n$ است، و δ بردار $1 \times (k-1)$ پارامترها است که اثرات حاشیه ای متغیرهای مستقل را از مشاهدات مجاور بر روی متغیر وابسته تعیین می کند.

در نهایت، مدلی که برای آزمون اثرات فضایی در مورد تولید ناخالص داخلی سبز در کشورهای اکو به کار برده شده است، به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{LnGGDP} = & \alpha_0 + \alpha_1 \text{LnFDI}_{it} + \alpha_2 \text{LnFFE}_{it} + \alpha_3 \text{LnCO}_{it} + \alpha_3 \text{LnGGF}_{it} \\ & + \alpha_3 \text{LnL}_{it} + \alpha_4 \text{LnK}_{it} + \alpha_5 \text{Wax}_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که i نشان‌دهنده کشور و t زمان است. GGDP تولید ناخالص داخلی سبز (Green GDP) که به صورت ارزش تولید ناخالص داخلی که ارزش تولید گاز CO2 از آن کسر می‌گردد، تعریف می‌شود (Aghali and Sadeghi, 2003) و FDI شاخص توسعه مالی (Financial Development Index)، FFE مصرف انرژی سوخت فسیلی (Fossil Fuels Energy Consumption)، CO باز بودن تجاری (Commercial Openness)، GGF مخارج مصرف نهایی دولت (General Government Final Consumption Expenditure)، L نیروی کار (Labor Force)، K موجودی سرمایه (Capital Inventory) و Wax متغیر تأخیر فضایی هر یک از کشورهای اکو می‌باشد. رابطه ۷ در دو حالت پنل ساده و پنل فضایی و به صورت لگاریتمی تخمین زده می‌شود. برای تخمین پویا، از روش تعمیم یافته گشتاورها (GMM) که توسط آرانو-بونو، آرانو-بور، نیوی و رسن و ولتر وایکن توسعه داده شده، استفاده شده است. برای رفع همبستگی متغیر باوقفه و سایر متغیرهای توضیحی، از ماتریس ابزارها استفاده می‌شود که آرانو-بونو تخمین زن GMM دومرحله‌ای را ارائه می‌دهند. داده‌ها از داده‌های پانل ۸ کشور (ایران، ترکیه، پاکستان، آذربایجان، قزاقستان، قرقیزستان، ازبکستان، تاجیکستان) عضو سازمان همکاری اقتصادی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۳ است. کشور افغانستان و ترکمنستان به دلیل عدم وجود آمار متغیرهای آورده شده در مدل در نظر گرفته نشده است. تمام داده‌های مربوطه از بانک جهانی به دست آمده است.

یافته‌های پژوهش و بحث

مشخصات آماری داده‌های مربوط به کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی در دوره زمانی ۲۰۰۵-۲۰۲۳ شامل میانگین، حداقل، حداکثر، واریانس و انحراف معیار در جدول ۳ نشان داده شده است. جدول ۳ نشان می‌دهد که در بسیاری از شاخص‌ها، کشورهای عضو ECO تفاوت‌های چشمگیری با یکدیگر دارند. این تفاوت‌ها ممکن است به دلایل اقتصادی، ساختارهای اجتماعی یا سیاست‌های متنوع هر کشور باشد.

جدول ۳- مشخصات آماری داده‌های مربوط به کشورهای عضو اکو در دوره ۲۰۰۵-۲۰۲۱

متغیر	واحد	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
GG	US Billion \$	۲۰۵/۲۸	۲/۳۱	۹۵۷/۷۸	۲۵۴/۵۹
FDI	-	۳۷/۴۱	۱۹/۹۰	۳۶/۵۷	۴/۳۲
FFE	% of total final energy consumption	۸۲/۶۲	۱۹/۷۳	۹۹/۶۶	۹۹/۵۷
CO	US Billion \$	-۱/۷۴	-۶۱/۳۷	۴۶/۸۹	۱۶/۳۰
GGF	US Billion \$	۲۶/۰۲	۰/۳۱	۱۳۴/۲۶	۳۵/۵۶
K	US Billion \$	۵۹/۶۱	۰/۲۶	۲۸۳/۷۰	۷۸/۶۷
L	Millions of people	۱۸/۱۴	۱/۸۵	۷۲/۹۳	۱۹/۱۲

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی آماره F لیمر با مقدار ۲۱/۹۸ با سطح معنی‌داری ۹۹ درصد نشان‌دهنده عدم رد فرضیه یک است. به عبارتی دیگر، روش داده‌های ترکیبی (Panel Data) به روش داده‌های تلفیقی (Pooled Data) ترجیح داده می‌شود. همچنین آزمون هاسمن برای انتخاب بین اثرات ثابت (Fixed Effect) یا روش اثرات تصادفی (Random Effect)، بررسی می‌کند که آیا تفاوت معنی‌داری بین اثرات ثابت و تصادفی وجود دارد یا خیر. اگر مقدار احتمال (Prob) کمتر از ۰/۱ باشد، مدل اثرات ثابت انتخاب می‌شود و در غیر این صورت مدل اثرات تصادفی مناسب‌تر است. براساس نتایج جدول ۴، مدل‌های رگرسیون نرمال (NR)، مدل دوربین فضایی (SDM) و مدل خودرگرسیون فضایی (SAR)، مقدار احتمال بیشتر از ۰/۱ بوده و مدل اثرات تصادفی مناسب تشخیص داده شده است. این رویکرد به افزایش اعتبار یافته‌های پژوهش و انطباق بهتر مدل‌ها با ساختار داده‌ها کمک می‌کند.

جدول ۴- نتایج آزمون هاسمن

مدل	نوع مدل	آماره χ^2	احتمال
NR	رگرسیون نرمال (متغیر وابسته تولید ناخالص داخلی سبز)	۳/۰۰	۰/۸۰
SDM	مدل دوربین فضایی (متغیر وابسته تولید ناخالص داخلی سبز)	۵/۶۷	۰/۹۵
SAR GGD	مدل خود رگرسیون فضایی (متغیر وابسته تولید ناخالص داخلی سبز)	۴/۹۰	۰/۷۶
SAR FDI	مدل خود رگرسیون فضایی (متغیر وابسته شاخص توسعه مالی)	۰/۹۰	۰/۹۹
SAR FFE	مدل خود رگرسیون فضایی (متغیر وابسته مصرف انرژی سوخت فسیلی)	۵/۱۲	۰/۷۴
SAR CO	مدل خود رگرسیون فضایی (متغیر وابسته باز بودن تجاری)	۴۴/۴۴	۰/۰۰
SAR GGF	مدل خود رگرسیون فضایی (متغیر وابسته مخارج مصرف نهایی دولت)	۱/۴۷	۰/۹۹

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵ نتایج مدل رگرسیون معمولی با اثرات ثابت و اثرات تصادفی را نشان می‌دهد. در این دو روش، مقدار ضریب متغیر FDI در هر دو روش منفی است، اما اثر متغیرهای درجه باز بودن تجاری (TO)، مخارج نهایی دولت (GGF) و موجودی سرمایه (K) بر تولید ناخالص سبز در هر دو روش مثبت و معنی‌دار است. به‌ویژه تأثیر درجه باز بودن تجاری و مخارج دولتی اثرات بیشتری داشته‌اند. متغیر L تنها در مدل اثرات تصادفی معنی‌دار است، که نشان‌دهنده تأثیر نیروی کار در شرایط خاص مدل تصادفی است. در روش اثرات تصادفی (Random Effects)، σ_u و واریانس مؤلفه مقطعی در مدل است و نشان‌دهنده میزان تغییرپذیری متغیر وابسته ناشی از تفاوت‌های بین مقاطع است. در اینجا، مقدار ۰/۰۹۹ نشان می‌دهد که اختلافات بین مقاطع در متغیر وابسته نسبتاً قابل توجه است. σ_e واریانس خطای درون مقطعی بوده و بیانگر نوسانات متغیر وابسته در داخل هر مقطع است که با توضیحات مدل پوشش داده نشده‌اند. مقدار ۰/۰۷۶ نشان‌دهنده این است که تغییرات درونی مقاطع کمتر از تغییرات بین مقاطع است. rho ضریب بیانگر نسبت واریانس بین مقاطع به مجموع واریانس کل (یعنی مجموع σ_u و σ_e) است. مقدار ۰/۶۲۷ نشان می‌دهد که حدود ۶۲/۷ درصد از تغییرات در متغیر وابسته ناشی از تفاوت‌های بین مقاطع است و مابقی ناشی از تفاوت‌های درون مقاطع می‌باشد. R^2 نشان‌دهنده قدرت توضیح‌دهندگی مدل است و نشان می‌دهد که مدل تصادفی اثرات توانسته است ۹۹/۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را براساس متغیرهای مستقل توضیح دهد. این مقدار بالا نشان‌دهنده تناسب بسیار خوب مدل با داده‌ها است و دقت بالایی آن را در پیش‌بینی متغیر وابسته نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج رگرسیون نرمال (مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی)

متغیر	اثرات ثابت			اثرات تصادفی	
	ضریب	انحراف معیار	t آزمون (احتمال)	ضریب	انحراف معیار
FDI	-۰/۵۳۱	۰/۴۵۵	-۱/۱۷ (۰/۲۴۵)	-۰/۵۷۷	۰/۲۷۲
FFE	-۰/۱۱۲	۰/۰۹۳	-۱/۲۰ (۰/۲۳۳)	-۰/۲۱۰	۰/۰۸۵
CO	۰/۲۲۳	۰/۰۲۸	۷/۸۴ (۰/۰۰)***	۰/۲۱۶	۰/۰۲۵
GGF	۰/۵۵۵	۰/۰۴۱	۱۳/۵۰ (۰/۰۰)***	۰/۵۲۹	۰/۰۳۸
K	۰/۴۴۷	۰/۰۳۷	۱۱/۸۱ (۰/۰۰)***	۰/۴۵۶	۰/۰۳۶
L	۰/۰۲۷	۰/۱۳۸	۰/۲۰ (۰/۸۴۰)	۰/۱۱۰	۰/۰۴۶
C	۳/۵۱۷	۱/۴۴۴	۲/۴۴ (۰/۰۱)***	۳/۱۳۵	۰/۵۹۶
σ_u	۰/۱۶۴			۰/۰۹۹	
σ_e	۰/۰۷۶			۰/۰۷۶	
rho	۰/۸۲۰			۰/۶۲۷	
R^2	۰/۹۹۱			۰/۹۹۵	

منبع: یافته‌های تحقیق. *، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معنی‌داری ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد هستند.

با توجه به اثرگذاری مقاطع بر روی هم و عضویت در اتحادیه‌های تجاری، در ادامه نتایج تخمین انواع مدل‌های رگرسیون فضایی نیز ارائه شده است، چرا که کشورهای مورد بررسی عضو سازمان همکاری اقتصادی اکو (ECO) هستند و به دلیل نزدیکی جغرافیایی و تعاملات اقتصادی، وجود وابستگی‌های فضایی محتمل است. از این رو به منظور نتایج دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر، از مدل پنل فضایی استفاده شده است تا علاوه بر بررسی اثرات زمانی و مقطعی، تعاملات و همبستگی‌های فضایی بین کشورها نیز تحلیل شوند. با این روش، تأثیرات پویای منطقه‌ای و وابستگی‌های متقابل به‌طور دقیق‌تر ارزیابی خواهند شد.

به‌منظور به‌دست آوردن متغیر تأخیر فضایی، ابتدا باید ماتریس مجاورت را به‌دست آورده و سپس آن را به ماتریس مجاورت اول استاندارد شده تبدیل نمود و در نهایت، با استفاده از آن می‌توان متغیر تأخیر فضایی را به‌دست آورد. برای انتخاب مدل مناسب جهت تحلیل رابطه مورد مطالعه، ابتدا از آزمون مناسب بودن مدل دوربین فضایی استفاده شد. این آزمون با هدف بررسی توانایی مدل در توضیح اثرات فضایی و متقابل بین متغیرهای اصلی، شامل مصرف انرژی، توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی سبز انجام شد. نتایج نشان داد که فرضیه H_0 مبنی بر مناسب بودن مدل دوربین فضایی رد می‌شود. مقدار آماره کی‌دو (χ^2) بابر با ۹/۹۵ و سطح معنی‌داری ۰/۱۲ نشان دادند که مدل دوربین فضایی قادر به توضیح کافی تعاملات فضایی میان متغیرهای پژوهش نیست. این نتیجه نشان می‌دهد که اثرات فضایی خاصی که برای تحلیل دقیق رابطه مورد نظر ضروری هستند، توسط این مدل به‌طور کامل شبیه‌سازی نمی‌شوند.

با توجه به موارد فوق، مدل خودرگرسیون فضایی به‌عنوان مدل مناسب انتخاب شد. این مدل به دلیل ساختار ویژه خود، می‌تواند تأثیرات متقابل فضایی و سرریزهای منطقه‌ای را با دقت بیشتری ارزیابی کند. همچنین، با لحاظ کردن تأخیر فضایی متغیر وابسته (تولید سبز)، این امکان را فراهم می‌کند که اثرات جغرافیایی ناشی از تعاملات اقتصادی، محیط‌زیستی و انرژی میان کشورهای عضو اکو بهتر شبیه‌سازی شود. انتخاب این مدل با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای (مجاورت جغرافیایی و تعاملات تجاری) کشورهای عضو اکو نیز منطقی به نظر می‌رسد. مدل خودرگرسیون فضایی با تمرکز بر این روابط، امکان تحلیل دقیق‌تری از پدیده‌های پیچیده، مانند تأثیر مصرف انرژی و توسعه مالی بر تولید سبز، را فراهم می‌کند. برآورد تمام الگوهای فضایی در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- نتایج تخمین مدل تحقیق

متغیر	SDM RE (مدل ۱)		SAR GGDP RE (مدل ۲)	SAR FDI RE (مدل ۳)	SAR FFE RE (مدل ۴)	SAR CO FE (مدل ۵)	SAR GGF RE (مدل ۶)
	ضرایب ساده	ضرایب فضایی					
GGD	-۰/۷	-۰/۲۹	-۰/۵۴	-۰/۰۲	-۰/۱۴	۱/۴	۱/۱۵
	(۰/۰۲)**	(۰/۴۲)	(۰/۰۸)**	(۰/۰۴)**	(۰/۰۸)*	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**
FDI	-۰/۲۱	-۰/۰۷	-۰/۱۸	۰/۰۵	۱/۲	-۱/۰۵	۱/۷۱
	(۰/۰۱)**	(۰/۴۲)	(۰/۰۳)**	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**	(۰/۳۴)	(۰/۰۰)**
FFE	۰/۲۲	-۰/۰۴	۰/۲۱	-۰/۰۰۴	۰/۱۰	۰/۶۸	-۰/۱۷
	(۰/۰۰)**	(۰/۲۷)	(۰/۰۰)**	(۰/۹۳۸)	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**	(۰/۱۷)*
CO	۰/۵۲	۰/۱۵	۰/۵۱	۰/۰۲	-۰/۰۸	-۰/۴۶	-۰/۱۶
	(۰/۰۰)**	(۰/۰۱)**	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**	(۰/۱۵)	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**
GGF	۰/۴۲	۰/۰۱	۰/۴۱	۰/۰۱	۰/۲۳	-۱/۰۳	-۰/۱۹
	(۰/۰۰)**	(۰/۸۲)	(۰/۰۰)**	(۰/۰۸)**	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**
K	۰/۱۴	-۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۲۰	-۰/۰۰۸
	(۰/۰۰)**	(۰/۴۲)	(۰/۰۲)**	(۰/۰۰)**	(۰/۳۱)	(۰/۵۴)	(۰/۹۳)
L	۴/۱۸	۱/۷۹	-۰/۲۶	۱/۹۰	۱/۹۰	-۴/۴۶	(۰/۰۰)**
	(۰/۰۰)**	(۰/۰۲)**	(۰/۲۲)	(۰/۰۳)**	(۰/۰۳)**	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**
C	-۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۵۰	-۰/۱۶	۰/۱۲	-۰/۰۷	(۰/۰۳)**
	(۰/۴۲)	(۰/۰۰)**	(۰/۰۰)**	(۰/۰۵)*	(۰/۱۱)	(۰/۰۳)**	(۰/۰۳)**
rho	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۶
R ²							

منبع: یافته‌های تحقیق. *، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معناداری ۱، ۵ و ۱۰ درصد هستند.

براساس نتایج جدول ۶، که در آن متغیر تولید سبز به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده (مدل ۲)، تمام ضرایب متغیرها معنی دار می باشد. شاخص توسعه مالی تأثیر منفی و معنی داری بر تولید سبز دارد. این تأثیر تأییدی بر فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای عضو اکو است. این امر نشان می دهد که FDI ورودی عمدتاً به سمت فعالیت های صنعتی و استخراج منابع با بازدهی پایین و آلوده کننده سوق می یابد. نبود نظارت کافی بر استانداردهای محیط زیستی در جذب FDI، منجر به افزایش تخریب محیط زیستی و کاهش تولید سبز می شود. این یافته تأییدکننده فرضیه پناهگاه آلودگی است، به این معنا که ممکن است فناوری های وارد شده از کشورهای توسعه یافته در این کشورها، استانداردهای محیط زیستی را رعایت نکنند و در نتیجه تولید سبز کاهش یابد. بنابراین کشورهای اکو باید برای جلب سرمایه گذاری های خارجی، استانداردهای محیط زیستی را رعایت کرده و نظارت دقیقی بر اثرات محیط زیستی داشته باشند. این نتیجه با یافته های Sadeghi و Ebrahimi (۲۰۱۳) هم راستا است و تأکید بر لزوم تغییر سیاست ها و استراتژی های مالی به منظور حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار دارد.

مصرف سوخت فسیلی نیز رابطه منفی و معنی داری با تولید سبز دارد، به طوری که افزایش یک درصدی مصرف سوخت های فسیلی منجر به کاهش ۰/۱۸ درصدی تولید سبز می شود. این نتایج تأکید می کند که وابستگی به سوخت های فسیلی در کشورهای در حال توسعه نه تنها آلودگی محیط زیست را افزایش می دهد، بلکه تولید سبز را کاهش می دهد. بنابراین کشورهای عضو اکو باید سیاست های جدی برای کاهش مصرف سوخت های فسیلی و ترویج انرژی های تجدیدپذیر اتخاذ کنند. این نتیجه با مطالعات قبلی (Al-Mulali, 2014; Hongxian, 2018; Marinko et al., 2020; Kalantaripour and Najafi Alamdarloo 2021) و مطابقت داشته و حاکی از آن است که تأثیر مصرف سوخت های فسیلی بر تولید سبز منفی است.

باز بودن تجاری تأثیری مثبت و معنی دار بر تولید سبز دارد و افزایش یک درصدی آن تولید سبز را ۰/۲۱ درصد افزایش می دهد. این نتیجه حاکی از اهمیت تعاملات بین المللی است که می تواند موجب ورود فناوری های نوین و محصولات سبز به کشورهای عضو اکو شود. بنابراین، توصیه می شود که این کشورها سیاست های تجاری آزاد را پیش بگیرند تا از مزایای رقابت و نوآوری در زمینه فناوری های سبز بهره مند شوند. این نتیجه با یافته های مقاله Pourfeydooni و همکاران (۲۰۲۰) و Zhang و همکاران (۲۰۲۱) هم راستا است. در این مقالات تأکید شده که آزادسازی تجاری می تواند به بهبود کیفیت محیط زیست کمک کند و اثرات مثبت بر تولید سبز داشته باشد.

مخارج مصرف نهایی دولت نیز اثری مثبت و معنی دار بر تولید سبز دارد، که نشان دهنده نقش حیاتی سیاست های کلی دولت در تحریک تقاضا و سرمایه گذاری در جهت های پایدار است. به نظر می رسد افزایش مخارج دولتی، حتی در سطح عمومی، با حمایت از بخش های مولد و همچنین احتمالاً سیاست گذاری های ضمنی محیط زیستی، به طور کلی به بهبود تولید سبز کمک کرده است. نیروی کار و موجودی سرمایه نیز هر دو تأثیر مثبت بر تولید سبز داشته اند، اما اثر موجودی سرمایه بیشتر بوده است. بنابراین، با توجه به اهمیت عامل سرمایه گذاری، کشورهای عضو اکو باید بر تخصیص سرمایه گذاری به فناوری های پاک و پایدار متمرکز شوند تا به بهبود تولید سبز و کاهش آلودگی کمک کنند. کشورهای عضو اکو باید به این سمت حرکت کنند تا کیفیت محیط زیست را ارتقا دهند.

با توجه به معنی داری آماره rho در مدل SAR، خودهمبستگی فضایی در داده ها تأیید شده است. این ضریب نشان می دهد که تغییرات در متغیر وابسته در یک منطقه تحت تأثیر مقادیر همان متغیر در مناطق مجاور قرار می گیرد. عدم لحاظ این اثر در مدل، منجر به برآوردهای تورش دار می شود. مقدار $\rho = 0.76$ نشان دهنده تأثیر مثبت تأخیر فضایی است، به این معنا که تولید سبز یک کشور تحت تأثیر تولید سبز کشورهای مجاور قرار می گیرد، اما شدت این وابستگی نسبتاً کم است. این اثر از لحاظ آماری معنی دار بوده و مدل SAR به دلیل توانایی در شبیه سازی اثرات پیچیده فضایی، برای تحلیل کشورهای اکو مناسب تر است. یافته های این پژوهش، تأثیر مثبت و معنی دار متغیر تأخیر فضایی را تأیید می کند و نشان می دهد انتقال فناوری های پاک و سیاست های محیط زیستی موفق میان کشورهای همسایه می تواند بهبودهای چشمگیری در محیط زیست منطقه ایجاد کند. این نتیجه با مطالعات داخلی (Behboudi et al., 2012; Najafi Alamdarloo et al., 2013; Kahansal et al., 2016; Liang et al., 2019; Molaghasemi 2016; Kalantaripour and Najafi Alamdarloo, 2021) و مطالعات خارجی (Liang et al., 2019; Molaghasemi 2016; Kalantaripour and Najafi Alamdarloo, 2021) مطابقت دارد.

همانگی در سیاست‌های محیط‌زیستی برای رشد اقتصادی و کاهش آلودگی تأکید دارند. (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2021) هم‌خوانی دارد که بر اهمیت تعاملات منطقه‌ای، تبادل دانش و فناوری و

نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثرات سرریز مصرف انرژی و توسعه مالی بر تولید سبز در کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی (ECO) طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۱ با استفاده از مدل خودرگرسیون فضایی (SAR) بود. انتخاب کشورهای اکو به دلیل اهمیت ویژه این سازمان برای ایران انجام شده است. نتایج نشان داد مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعه مالی اثر منفی، اما باز بودن تجاری، مخارج مصرف نهایی دولت، نیروی کار، و موجودی سرمایه اثر مثبت و معنی‌داری بر تولید سبز دارند. یکی از نتایج کلیدی پژوهش، تأثیر مثبت تأخیر فضایی بر تولید سبز است؛ به‌طوری‌که کشورهای اکو می‌توانند از سیاست‌های محیط زیستی مؤثر یکدیگر مانند انتقال فناوری‌های پاک، تجارت کالاهای سبز، و تبادل دانش از طریق سرریزهای فضایی بهره‌مند شوند.

با توجه به وابستگی شدید کشورهای اکو به سوخت‌های فسیلی، پیشنهاد می‌شود با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، همکاری دولت و بخش خصوصی، و تغییر الگوهای مصرف انرژی، گذار به انرژی پاک تسریع شود. همچنین، با اصلاح قوانین تجاری و تقویت زیرساخت‌های حمل‌ونقل، می‌توان تجارت فناوری‌های پاک و جذب سرمایه‌گذاری خارجی را تقویت کرد. دولت‌ها در کشورهای در حال توسعه، باید با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز، اجرای برنامه‌های آموزشی، ایجاد مشوق‌های مالی و توسعه زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نقش فعالی در تحقق توسعه پایدار ایفا کنند. همچنین، توانمندسازی نیروی کار و حمایت از کسب‌وکارهای سبز می‌تواند به افزایش بهره‌وری، اشتغال و رشد اقتصادی پایدار منجر شود.

یکی از یافته‌های کلیدی پژوهش، تأثیر مثبت و معنی‌دار متغیر تأخیر فضایی بر تولید سبز است؛ به‌طوری‌که ۷/۶ درصد تولید سبز هر کشور تحت تأثیر تولید سبز کشورهای همسایه قرار دارد. بر این اساس همکاری‌های منطقه‌ای در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از محیط‌زیست برای تحقق توسعه پایدار در کشورهای اکو ضروری است. این همکاری‌ها باید با رویکردی جامع شامل سرمایه‌گذاری‌های گسترده، همکاری‌های منطقه‌ای، اصلاحات ساختاری و تغییر الگوهای مصرف انرژی دنبال شود. با وجود نتایج ارزشمند، این مطالعه با برخی محدودیت‌ها مواجه است که باید در تحقیقات آتی مدنظر قرار گیرد. تمرکز بر کشورهای اکو ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را به سایر مناطق کاهش دهد. همچنین، مدل‌های فضایی به کاررفته ممکن است روابط پیچیده و غیرخطی میان متغیرها را به‌خوبی نشان ندهند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی با گسترش دامنه نمونه و بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته‌تر، به تحلیل دقیق‌تر پویایی‌ها بپردازند.

References

- Abosedra, S., Ghosh, S., 2015. Energy consumption, financial development, and economic growth in Lebanon. *Energy Studies Review* 22(1), 24-32.
- Aghili, A., Sadeghi, H., 2003. Green Gross National Product and Its Calculation Methods. *Iranian Journal of Natural Resources* 56(1-2), 83-93. (In Persian)
- Ahmadpour, A., Dahmrah Ghaleh To, N., 2019. The effect of financial development and institutional quality on the economic growth of OECD member countries. *Quarterly Journal of Regional Economics and Development Research* 26(17), 33-62. (In Persian)
- Akinboade, O.A., Kinfack, E.C., 2015. Financial development, economic growth and millennium development goals in South Africa: Is there a link?. *International Journal of Social Economics* 42(5), 459-479.
- Al-mulali, U., 2014. GDP growth – energy consumption relationship: Revisited. *International Journal of Energy Sector Management* 8(3). (In Persian)
- An, Q., Lin, C., Li, Q., Zheng, L., 2023. Research on the impact of green finance development on energy intensity in China. *Frontiers in Earth Science* 11, Article 1118939.

- An, X., Li, C., Li, J., 2023. Energy consumption and financial development spillover effects: Evidence from neighboring countries. *Energy Economics* 112, 106047.
- Azad, A., Khalid, M., Shah, M., 2015. Energy efficiency and its relationship with environmental quality and economic growth. *Environmental Economics and Policy Studies* 17(1), 129-145.
- Azad, A.K., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., Sharma, S.C., Bhuiya, M.M.K., 2015. Study on Australian energy policy, socio-economic, and environment issues. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 7, 063131-20.
- Baum, C.F., Christopher, F., 2006. *An Introduction to Modern Econometrics Using Stata*. Stata Press.
- Behboodi, D., Fallahi, F., Shibaie, A., 2012. Investigating the convergence of productivity in a selection of OPEC member countries with a spatial econometric approach. *Journal of Applied Economic Studies in Iran* 1(3), 53-80. (In Persian)
- British Petroleum (bp), 2022. *Statistical Review of World Energy*. Coronavirus: EU mobilises €10 million for research, 2020 January 31.
- Elhorst, J.P., 2003. Specification and estimation of spatial panel data models. *International Regional Science Review* 26, 244-268.
- Energy Information Administration., 2019. *International Energy Outlook 2019: With Projections to 2050*. Washington: The U.S. Energy Information Administration.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2017. *Global GHG Emission Data*.
- Farhani, S., Ozturk, I., 2015. Financial development, energy consumption, and environmental degradation: Evidence from selected countries. *Environmental Science and Pollution Research* 22(22), 18154-18167.
- Fotheringham, A.S., Rogerson, P.A., 2008. *The SAGE Handbook of Spatial Analysis*. Sage.
- Gelfand, A.E., Diggle, P., Guttorp, P., Fuentes, M., 2010. *Handbook of Spatial Statistics*. CRC Press.
- Hao, Y., Liu, Y.M., 2015. The influential factors of urban PM2.5 concentrations in China: A spatial econometric analysis. *Journal of Cleaner Production* 112, 1443-1453.
- Hongxian, X., 2018. Influences energy consumption has on Green GDP growth in China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 113(1).
- Kalantaripor, M., Najafi Alamdarlo, H., 2021. Spatial effects of energy consumption and Green GDP in regional agreements. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, Sustainability* 13, 10078.
- Keyghobadi, M., Pahlavani, M., Hosseinzadeh, R., 2021. Spatial effects of financial development on regional economic growth: A spatial econometrics approach. *Development and Capital Journal* 6(1), 19-32. (In Persian)
- Kohansal, M., Shayan Mehr, S., 2016. Interactions of energy consumption, economic growth and environmental pollution: application of the model of simultaneous spatial equations of panel data. *Iranian Journal of Energy Economics* 5(19), 179-216. (In Persian)
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., Pimonenko, T., 2023. Spillover effects of green finance on attaining sustainable development: Spatial Durbin model. *Computation* 11(10), 199.
- LeSage, J.P., 2008. An introduction to spatial econometrics (123), 19-44.
- Liang, X., Chen, Y., 2019. Renewable energy investments and their spatial spillover effects in East Asian countries. *Energy Economics* 81, 347-360.
- Liu, Y., & Dong, F. 2024. How does green finance affect green total factor productivity? Evidence from spatial econometric analysis of Silk Road countries. *Energy Economics* 129, 107-119.
- Marinko, S., Daniel, T., Sasa, S., 2020. Energy consumption and Green GDP in Europe: A panel cointegration analysis 2008-2016. *Acta Montanistica Slovaca* 25(1), 46-56.
- Mohammadbagheri, A., 2014. *The Role of Calculating Environmental Costs in Achieving Sustainable Development Goals*. National Conference on Environment and Energy of Iran, Kharazmi International Institute of Education and Research, August 11, Shiraz. (In Persian)
- Molagasmi, H., 2016. Application of spatial econometrics in the study of factors affecting private sector investment in selected Islamic countries: A panel data approach. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on New Research in Management, Economics and Humanities*, Batumi, Georgia. (In Persian)
- Najafi Alamdarlo, H., Mortazavi, S., Shamshadi Yazdi, K., 2012. The application of spatial econometrics in the study of factors affecting the export of agricultural products in ECO member countries: panel data approach. *Journal of Economic Research* 3, 49-62. (In Persian)

- Ohlan, R., 2017. The relationship between tourism, financial development and economic growth in India. *Future Business Journal* 3, 9-22.
- Olatunji, A.S., Ogbeifun, L., 2022. The criticality of financial development and energy consumption for environmental sustainability in OECD countries: Evidence from dynamic panel analysis. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 29(2), 153-163.
- Osman, M., Gachino, G., Hoque, A., 2022. Electricity consumption, financial development, and green economic growth in Asian economies: A spatial spillover analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112778.
- Pourfreidouni, N., Akbarifard, H., Ghaseminejad, A., 2020. The Impact of Trade Liberalization on Green Gross Domestic Product Growth in Iran Using Gravitational Search and Firefly Algorithms. *Quarterly Journal of Research in Planning and Development* 1(1), 179-207.
- Rezaei, H., Salimifar, M., 2015. The relationship between regional financial development and economic growth (A panel data analysis). *Regional Economics and Development Journal* 22(9), 68-94. (In Persian)
- Sadeghi, S.K., Ebrahimi, S., 2013. The Impact of Financial Development, Gross Domestic Product, and Energy Consumption on Environmental Pollution in Iran (ARDL Approach). *Iranian Energy Economics Quarterly (Environment and Energy Economics)* 2(7), 43-73.
- Sadorsky, P., 2010. The impact of renewable energy on energy consumption and economic growth. *Energy Policy* 38(7), 4527-4532.
- Sadorsky, P., 2011. Financial development and energy consumption in emerging economies. *Energy Economics* 33(1), 40-48.
- Sadorsky, P., 2011. Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies. *Energy Policy* 39, 999-1006.
- Shahbaz, M., Tiwari, A.K., Nasir, M., 2013. The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO2 emissions in South Africa. *Energy Policy* 61, 1452-1459.
- Stjepanović, D., Tomić, M., Škare, A., 2017. GREEN GDP: An Analysis for Developing and Developed Countries. *CORE*.
- Sun, Z., Zhang, X., Gao, Y., 2023. The Impact of Financial Development on Renewable Energy Consumption: A Multidimensional Analysis Based on Global Panel Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(4), 3124.
- Tatoglu, F.Y., 2012. *Panel veri ekonometrisi*.
- Vesilind, P.A., Givens, W.L., Peirce, S.E., 2005. *Environmental Pollution and Control*. Butterworth-Heinemann.
- Wang, H., Jiang, L., Duan, H., Wang, Y., Jiang, Y., Lin, X., 2021. The Impact of Green Finance Development on China's Energy Structure Optimization. *Journal of Environmental and Public Health* 2021, Article ID 2633021.
- Wang, H., Zhang, L., Zhou, D., 2020. Regional environmental policies and their spatial spillover effects: Evidence from China. *Environmental Science and Policy* 114, 1-12.
- Wang, J., Zhang, J., Li, K., 2021. Green financial development and economic spillover effects in neighboring countries. *Journal of Environmental Economics and Management* 108, 102489.
- World Bank., 2018. *World Development Indicators*.
- World Energy Council., 2019. *World Energy Scenarios 2019*. London: World Energy Council.
- World Investment Report, 2025. *Economic Reports*.
- Xu, D., Huang, Z.F., Hou, G.L., Zhang, C., 2019. The spatial spillover effects of haze pollution on inbound tourism: Evidence from mid-eastern China. *Tourism Geographies*.
- Yang, W., Chen, B.Y., Cao, X., Li, T., Li, P., 2017. The spatial characteristics and influencing factors of modal accessibility gaps: A case study for Guangzhou, China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 60, 21-32.
- Zhang, D., Mohsin, M., Taghizadeh-Hesary, F., 2023. Green finance, energy efficiency, and carbon reduction: A spatial analysis of emerging economies. *Technological Forecasting and Social Change* 186, 122166.
- Zhang, J., Wang, Y., Liu, H., 2021. Trade openness and carbon emissions: A spatial spillover analysis in developing countries. *Journal of Cleaner Production* 298, 126847.