Original Article

The effectiveness of income as a moderating factor on the relationship between agricultural production and ecological footprint

Abolfazl Deylami, Pejman Avazpoor, Elnaz Nejatiyanpour,* Mahmoud Sabouhi Sabouni, Soheila Sarani

Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Introduction: Meeting the food demands of a rapidly growing global population is a substantial challenge for the agricultural industry, which requires a significant increase in food production. However, such expansion often triggers adverse environmental consequences, including ecosystem degradation, biodiversity loss, soil erosion, water contamination, and increased greenhouse gas emissions. Furthermore, environmental degradation poses a threat to agricultural stability, affecting incomes and food security, a particularly concerning issue in leading agricultural nations. This underscores the critical need to link agricultural development with environmental conservation for sustainable growth.

Material and Methods: This study investigates the potential role of income in the relationship between agricultural production and the ecological footprint—an indicator of environmental degradation—using panel data from the ten countries with the highest agricultural value added from 1996 to 2021. The research begins by assessing cross-section dependence through the Breusch-Godfrey test and examines the time series data for stationarity using the Levin, Lin, and Chu, and the Im, Pesaran, and Shin unit root tests. Subsequent panel cointegration tests by Pedroni and Kao determine the presence of a long-term equilibrium relationship among the variables. The study employs Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) and Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) cointegration techniques to explore the effects of agricultural production. The analysis also considers other variables such as adjusted net national income, renewable energy consumption, population size, the regulatory quality index, and the interactive impact of adjusted net national income on the agricultural production's ecological footprint.

Results and Discussion: Pesaran's test confirms the independence of the cross-sections. Although all variables become highly significant when differenced, they do not all exhibit stationarity in their levels. The empirical findings indicate the presence of cointegration between the dependent variable (ecological footprint) and the independent variables (adjusted net national income, renewable energy consumption, population size, regulatory quality index, and the interaction between adjusted net national income and

* Corresponding Author Email Address: nejatianpour84@gmail.com

agricultural production). The FMOLS and DOLS models reveal a positive relationship between the ecological footprint and both adjusted net national income and agricultural production. However, the interaction between these variables shows a negative and significant impact on environmental degradation, suggesting that income plays a mediating role in the relationship between agricultural production and ecological footprint. This indicates that higher income levels have the potential to mitigate the negative effects of agricultural production on environmental degradation. The findings also confirm the expected positive influence of population size and the negative impact of renewable energy consumption on environmental degradation. Furthermore, the regulatory quality index is found to inversely affect the ecological footprint.

Conclusion: Governments and policymakers should prioritize the elimination of poverty, raising income levels, and promoting financial solutions to encourage sustainable and environmentally responsible agricultural practices. Tax incentive policies, such as reductions in income tax for organic products, can enhance sustainable production methods. The enforcement of the rule of law and maintenance of public order are critical for the successful implementation of agricultural policies. Within this framework, policymakers can leverage electronic government systems to optimize management processes, reduce costs, increase competitiveness, and foster environmental responsibility in the agricultural sector.

Keywords: Environmental degradation, National income, Regulatory quality index, Panel data, Renewable energy consumption

نسخه پیش انتشار

مقاله پژوهشی

اثربخشی درآمد به عنوان عامل تعدیل‌کننده بر رابطه تولیدات کشاورزی و ردپای اکولوژیکی

ابوالفضل دیلمی، پژمان عوض پور، الناز نجاتیان پور*، محمود صبوحی صابونی، سهیلا سارانی

گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

زمینه و هدف: یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی در بخش کشاورزی تأمین پایدار مواد غذایی برای جمعیتی است که با نرخ فزاینده‌ای در حال افزایش بوده و ناگزیر به افزایش قابل توجه تولید محصولات کشاورزی است. این در حالی است که از بین رفتن اکولوژی، کاهش تنوع زیستی، فرسایش خاک، آلودگی منابع آب و افزایش گازهای گلخانه‌ای از جمله تأثیرات منفی گسترش بی‌رویه تولیدات کشاورزی بر محیط‌زیست است. علاوه بر این، تخریب محیط‌زیست می‌تواند به ناپایداری تولیدات محصولات کشاورزی منجر شده و از این طریق بر درآمدهای کشاورزی و امنیت غذایی تأثیر گذارد که این چالش به ویژه در کشورهای پیشگام در بخش کشاورزی نگران‌کننده است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، نقش احتمالی درآمد به عنوان یک عامل تعدیل کننده، در رابطه‌ی بین تولیدات کشاورزی و ردپای اکولوژیکی (شاخص تخریب محیط‌زیست)، با استفاده از داده‌های تابلویی، در ده کشور دارای بیش‌ترین ارزش افزوده کشاورزی در جهان، طی دوره ۲۰۲۱-۱۹۹۶ بررسی شد. برای تحلیل داده‌ها، در مرحله اول به ارزیابی استقلال مقاطع از طریق آزمون پسران پرداخته شد. در ادامه، ایستایی سری‌های زمانی مورد نظر با استفاده از آزمون‌های ریشه ایم، پسران و شین و لوین، لین و چو مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از آن، از طریق آزمون‌های پدرونی و کائو، وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای تعریف‌شده در مدل مورد آزمایش قرار گرفت. در نهایت برای درک اثرات بالقوه تولیدات کشاورزی برآوردگرهای حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده و حداقل مربعات معمولی پویا به‌کار گرفته شد. علاوه بر این از متغیرهای دیگر مانند درآمد ملی خالص تعدیل‌شده، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، جمعیت، شاخص کیفیت نظارتی و اثر متقابل درآمد ملی خالص تعدیل شده و تولیدات کشاورزی بر ردپای اکولوژیکی استفاده شد.

نتایج و بحث: آزمون پسران نشان داد که فرضیه صفر مبنی بر استقلال مقاطع پذیرفته می‌شود. در ادامه با وجود اینکه نتایج آزمون‌های ریشه واحد ایم، پسران و شین و لوین، لین و چو مانایی متغیرها را در اولین تفاضل تایید کرد اما جواب یکسانی برای ایستایی در سطح ارائه ندادند. با این حال، وجود هم انباشتگی بین متغیرهای مستقل (درآمد ملی خالص تعدیل‌شده، مصرف

نسخه پیش انتشار

انرژی‌های تجدیدپذیر، جمعیت، شاخص کیفیت نظارتی و اثر متقابل درآمد ملی خالص تعدیل شده و تولیدات کشاورزی) و متغیر وابسته (ردپای اکولوژیک) مدل توسط آزمون‌های کائو و پدرونی پذیرفته شد. در نهایت نتایج مدل‌های حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده و حداقل مربعات معمولی پویا حاکی از ارتباط مثبت بین ردپای اکولوژیکی با درآمد ملی خالص تعدیل شده و تولیدات کشاورزی است. اما اثر متقابل این دو متغیر، اثر منفی و معنی‌دار بر تخریب محیط‌زیست دارد که این امر نقش تعدیل کننده درآمد در رابطه‌ی بین تولیدات کشاورزی و رد پای اکولوژیکی را تایید کرده و نشان می‌دهد که درآمد می‌تواند تاثیر منفی تولیدات کشاورزی بر ردپای اکولوژیکی را تعدیل کند. در این مطالعه مطابق انتظار، نقش مثبت جمعیت و منفی مصرف انرژی تجدیدپذیر بر تخریب محیط‌زیست تایید شد. همچنین نتایج نشان داد که شاخص کیفیت نظارتی اثری معکوس بر ردپای اکولوژیکی دارد.

نتیجه‌گیری: دولت‌ها و سیاست‌گذاران باید بر رفع فقر و ارتقای سطوح درآمد تمرکز کنند و از راهکارهای مالی به منظور تشویق به کشاورزی پایدار و مسئولیت‌پذیر نسبت به محیط‌زیست بهره‌گیری نمایند. سیاست‌های تشویقی مالیاتی، مانند کاهش مالیات بر درآمد برای تولیدات ارگانیک به افزایش توجه به روش‌های پایدار تولید کمک می‌کند. رعایت حاکمیت قانون، از جمله احترام به قوانین و نظم عمومی، بستری را فراهم می‌آورد که در آن سیاست‌های کشاورزی می‌توانند به نتایج مطلوب دست یابند. در این چارچوب، سیاست‌گذاران می‌توانند با استفاده از سیستم‌های حکومتی الکترونیکی، فرایندهای مدیریتی را بهینه‌سازی کرده، هزینه‌ها را کاهش داده، رقابت‌پذیری را افزایش داده و مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی در بخش کشاورزی را تقویت نمایند.

واژه‌های کلیدی: تخریب محیط‌زیست، درآمد ملی، شاخص کیفیت نظارتی، داده‌های تابلویی، مصرف انرژی تجدیدپذیر

مقدمه

در سال‌های اخیر، آگاهی جوامع در مورد پیامدهای گرمایش جهانی و اهمیت تعاملات چندجانبه برای مهار و مدیریت تأثیرات زیان‌بار آن رشد قابل توجه‌ای داشته است (McCright and Dunlap, 2000). از زمان شناسایی پدیده گرمایش جهانی به عنوان یک مسئله بحرانی مرتبط با محیط‌زیست، نقش دولت‌ها در سطح ملی و بین‌المللی و اقدامات فردی و جمعی برای کاهش دمای کره زمین مورد تأکید قرار گرفته است (Salinger *et al*., 2000). انتشار گازهای گلخانه‌ای نه تنها کیفیت هوا را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه آثار مخربی بر سلامت انسان، محیط‌زیست، اکوسیستم‌های آبی و منابع آب شیرین داشته و تداوم چنین شرایطی در نهایت منجر به تشدید مشکلاتی چون فقر، گرسنگی، کاهش کیفیت زندگی و وضعیت سلامت جوامع شود (Watson and Albritton, 2001).

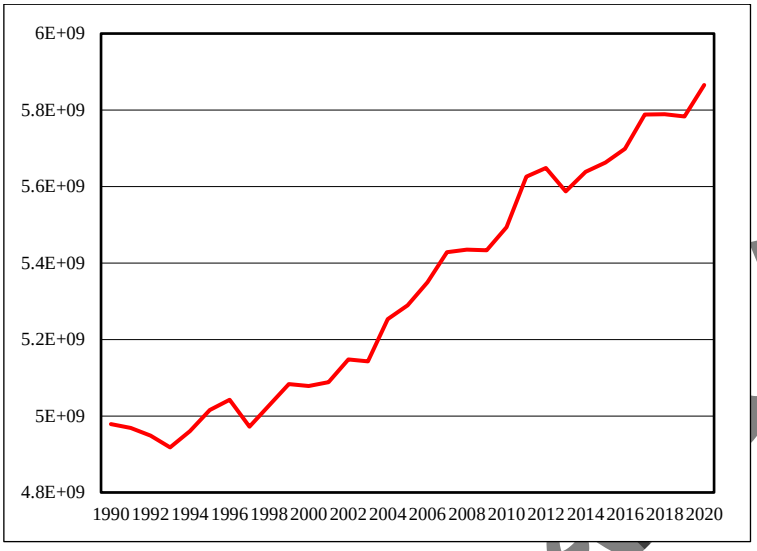
اجماع علمی برای تدوین استراتژی‌های مؤثر در مدیریت تبعات محیط‌زیستی فعالیت‌های اقتصادی، مبتنی بر عوامل بنیادین اجتماعی و اقتصادی است که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند (Pendrill *et al*., 2019; Liu *et al*., 2015;

Kanemoto *et al*., 2014). تخریب محیط‌زیست اغلب ناشی از فرآیندهایی چون احتراق سوخت‌های فسیلی، استفاده از زیست‌توده و فعالیت‌های مرتبط با کاربری اراضی مانند برداشت آب و جنگل‌داری صنعتی در پاسخ به افزایش نیازهای جهانی است (Pendrill *et al*., 2019; Davis and Caldeira, 2010). جنگل‌زدایی به عنوان منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای، تهدیدی جدی برای پایداری کشاورزی در سطح جهانی به شمار می‌رود (Pendrill *et al*., 2019; Kanemoto *et al*., 2014; Rehman *et al*.,2020).

در مسیر توسعه اقتصادی، صنایع، کشاورزی، معدن و نفت به شکلی تکامل یافته‌اند که به افزایش اقتصاد کلی می‌پردازند. این فعالیت‌ها نه تنها محرک‌های اصلی رشد اقتصادی هستند، بلکه علت اصلی آلاینده‌های زیست محیطی، مخصوصاً گازهای گلخانه‌ای، را تشکیل می‌دهند. این وضعیت دوگانه نیاز به رشد اقتصادی را با ضرورت حفاظت از محیط زیست و تعادل اکوسیستم‌ها در سیاست‌گذاری اقتصادی نشان می‌دهد (Abid, 2015).

بخش کشاورزی، به عنوان یکی از ارکان اصلی تحقق اهداف توسعه پایدار (SDGs) شناخته می‌شود و به‌طور قابل ملاحظه‌ای در ارتقای امنیت غذایی، تحریک رشد و توسعه اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی مؤثر است (Diao *et al*., 2007; Dorosh and Thurlow, 2018; Kogo *et al*., 2021; Ayinde *et al*., 2021). اکوسیستم کشاورزی نزدیک به ۴۰ درصد از سطح زمین را در بر می‌گیرد (Ali, 2004) و به طور قابل توجهی به مناطق روستایی محدود می‌شوند که تقریبا ۵۰ درصد از جمعیت جهان در این مناطق زندگی می‌کنند. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کشاورزی به عنوان محرک اصلی رشد اقتصادی در نظر گرفته می‌شود و تقریباً ۷۵ درصد ارزش افزوده کشاورزی در این کشورها تولید می‌شود (Cervantes-Godoy and Dewbre, 2010). با این حال، چالش عمده‌ای که بخش کشاورزی با آن روبرو است، تطابق تولیدات کشاورزی با نیازهای غذایی جمعیت در حال افزایش است. در پاسخ به این نیاز، به‌کارگیری کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، همراه با توسعه اراضی کشاورزی، منجر به افزایش قابل توجهی در انتشارات گازهای گلخانه‌ای (شکل ۱) شده است (Hofstra and Vermeulen, 2016; Fróna *et al*, 2019). فعالیت‌های کشاورزی رایج ممکن است باعث تخریب و فرسایش خاک، آلودگی هوا، جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی و بسیاری از اثرات منفی دیگر شود که به نوبه خود کیفیت محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد (Nunes *et al*, 2020). افزایش استفاده از آفت کش‌ها می‌تواند منابع آب زیرزمینی و سطحی را آلوده می کند (Aktar *et al*., 2009). کشاورزی بیش از ۱۱ درصد از کل انتشارات ناشی از فعالیت‌های انسانی را به خود اختصاص می‌دهد (Maraseni and Qu, 2016). انتشارات مستقیم کشاوری شامل متان (مدیریت کود دامی ۷ درصد، تولید برنج ۱۱ درصد و سوزاندن زیست توده ۱۱ درصد) و اکسید نیتروژن (نشخوارکنندگان ۳۲ درصد و خاک‌ها ۳۲ درصد) می‌باشد. علاوه بر این، با درنظر گرفتن انتشارات حاصل از تولید، ذخیره‌سازی، بسته‌بندی و حمل و نقل

نهاده‌های کشاورزی، این رقم در سطح جهانی ۳ تا ۶ درصد افزایش می‌یابد (Vermeulen *et al*., 2012, Bellarby *et al*., 2008).



شکل ۱- انتشار گازهای گلخانه ای توسط بخش کشاورزی (میلیون تن)

Fig 1- Emission of greenhouse gases by the agricultural sector (million tons)
Climate Watch (2023)

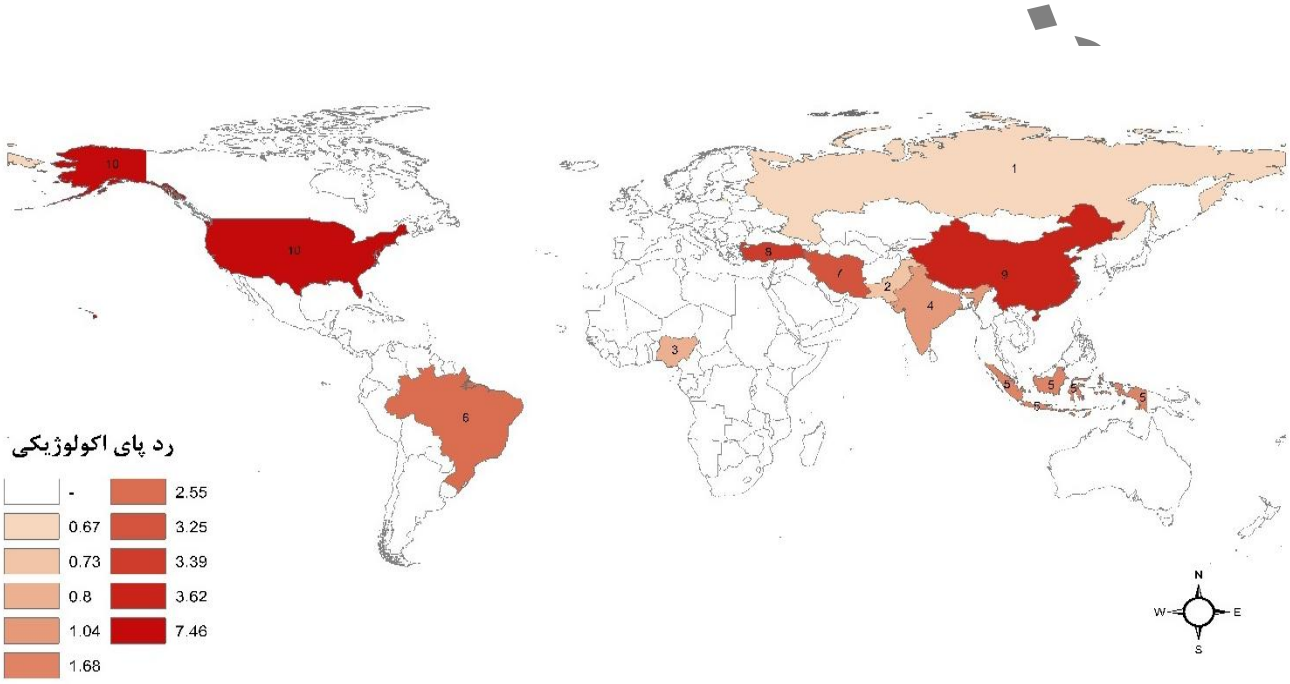
سرعت انتشار حاصل از محصولات کشاورزی به دلیل استفاده بسیار از انرژی در ماشین آلات‌کشاورزی و سایر نهاده‌های مرتبط، روز به روز افزایش یافته است. اگرچه کشاورزی منبع درآمد اولیه برای نزدیک به ۸۶٪ از جمعیت روستایی جهان است، اما محیط‌زیست را آلوده می‌کند و در نتیجه ممکن است به کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی منجر شود (Van Pham and Smith, 2014). Arora (2019) نشان داد که اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۰ بدون تغییر باقی بماند، متوسط کاهش عملکرد محصولات زراعی تقریباً ۴۵٪خواهد بود. به عنوان مثال عملکرد محصولات استراتژیک گندم و برنج به ترتیب ۵۰ و ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، حفظ و ارتقای تنوع زیستی می‌تواند به تقویت و پایداری سیستم‌های اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی کمک کرده و در مقابله با تغییرات محیط‌زیستی به کاهش آسیب‌پذیری منجر شود (Scherr and McNeely, 2008). وجود یک محیط طبیعی متعادل برای کشاورزی ضروری است، چرا که این محیط، منابع حیاتی مانند زمین و آب را برای تولید فراهم و همزمان، خدمات اکوسیستمی شامل تجزیه و تخلیص مواد زائد ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و تبدیل آن‌ها به محصولات جانبی بی‌خطر و مفید را ارائه می‌کند (Tietenberg and Lewis, 2012; Adetunji and Osarenoto, 2021). این وضعیت اهمیت بررسی تناقض موجود بین تولید کشاورزی و پایداری محیط‌زیستی را نمایان می‌سازد. بنابراین، بازنگری راهبردهای اقتصادی با توجه به ملاحظات محیط‌زیستی ضرورت است، تا بتوان ضمن حفظ رشد اقتصادی، از منابع طبیعی بهره‌برداری پایدار داشت و به سمت توسعه پایدار حرکت کرد.

با توجه به اهمیت پرداختن به مسائل محیطزیستی، بسیاری از تحقیقات ارتباط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار را بررسی کرده‌اند (Ozturk and Acaravci, 2010; Wang *et al*., 2011; Saboori *et al*., 2012; Shahiduzzaman and Alam, 2014; Salahuddin and Gow, 2014; Shahiduzzaman *et al*., 2015; Salahuddin *et al*., 2016). ضعف عمده بسیاری از مطالعاتی که رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و محیطزیست را بررسی کردند، استفاده از انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) به عنوان شاخصی برای اثرات محیطزیستی است (Wackernagel and Rees, 1996). در حالی‌که، انتشار CO_2، تنها بخشی از کل آسیب محیطزیستی ناشی از مصرف انرژی در مقیاس بزرگ را تشکیل می‌دهد (Al-Mulali *et al*., 2015a). در مقابل، ردپای اکولوژیکی نشان‌دهنده یک شاخص جامع از فشار انسانی بر محیطزیست است (Vackar, 2012; Dietz *et al*., 2007; Jorgenson, 2003; Jorgenson and Burns, 2007; Jorgenson and Rice, 2005; Rosa *et al*., 2004; Rothman, 1998; York *et al*., 2003; York *et al*., 2004; York *et al*., 2009). با تشخیص جامعیت آن به عنوان یک معیار، بسیاری از مطالعات اخیر از EF به عنوان شاخصی برای تأثیرات محیطزیستی استفاده کرده‌اند (Al-Mulali *et al*., 2015c; Wang et al., 2011; Galli *et al*., 2012a; Galli *et al*., 2012b; Mostafa, 2010; Caviglia-Harris *et al*., 2009; Bagliani *et al*., 2008).

Cornelia (2014) ردپای اکولوژیکی را به عنوان یک شاخص قابل اعتماد از پویایی استفاده از منابع تجدیدپذیر در نظر می‌گیرد. این روش به طور گسترده به عنوان شاخص پایداری برای یک جمعیت معین (Lenzen and Murray, 2001; Lenzen and Murray, 2003; Niccolucci *et al*., 2012; Wackernagel *et al*., 2004) و همچنین برای اندازه‌گیری و مدیریت استفاده از منابع در سراسر اقتصاد استفاده می شود. مزیت اصلی EF ترکیب داده‌های محیطی در یک اندازه‌گیری واحد است تا بتوان به راحتی با ظرفیت تولیدی مربوطه مقایسه شود (Costanza, 2000).

بنابراین، برای ارائه درک بهتر و دقیق رابطه بین فشار محیطزیستی و رشد اقتصادی با تاکید بر تولیدات بخش کشاورزی، این مطالعه EF را به عنوان شاخص ترکیبی فشار تجمعی انسان بر محیطزیست طبیعی در نظر می‌گیرد. بر اساس ادبیات، تأثیرات پنج متغیر مستقل ۱) درآمد خالص ملی تعدیل شده (این متغیر نشان‌دهنده توان اقتصادی و سطح درآمد کلی کشورهاست که می‌تواند تأثیر مستقیم بر مصرف منابع و تولیدات کشاورزی داشته باشد)، ۲) تولیدات کشاورزی (به عنوان یکی از عوامل اصلی فشار بر منابع طبیعی، تولیدات بخش کشاورزی نقش مهمی در تعیین میزان EF دارد)، ۳) جمعیت (افزایش جمعیت می‌تواند منجر به افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و مصرف منابع طبیعی شود)، ۴) مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (این متغیر نشان‌دهنده میزان استفاده از منابع انرژی پایدار و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی است که می‌تواند فشار محیطزیستی را کاهش دهد) و ۵) شاخص کیفیت نظارتی(این شاخص بیانگر کیفیت و کارآمدی سیاست‌ها و مقررات محیطزیستی است که می‌تواند به کاهش EF منجر شود) با استفاده از داده‌های تابلویی

۱۰ کشور با بیشترین ارزش افزوده کشاورزی در جهان، تحلیل می‌شوند. این کشورها به دلیل سهم بالای خود در تولیدات کشاورزی جهانی، نمونه‌های مناسبی برای بررسی رابطه بین EF و رشد اقتصادی می‌باشند. نتایج این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران و محققان کمک کند تا تاثیر متغیرهای مستقل ذکر شده بر EF را بهتر درک کنند و تدابیر مناسبی برای کاهش این فشارها و بهبود پایداری محیط‌زیستی در بخش کشاورزی اتخاذ نمایند. شکل ۱ محل جغرافیای کشورهای منتخب در این مطالعه را بر اساس میزان شاخص EF نشان می‌دهد.



شکل ۱- محل جغرافیای کشورهای منتخب

مروری بر ادبیات تحقیق

در ادامه به بررسی ادبیات موضوع پرداخته می‌شود. بر اساس گروهی از مطالعات اتکای مطلق به محیط‌زیست برای امرار معاش، می‌تواند دلیلی برای تخریب محیط‌زیست در میان تمامی گروه‌های درآمدی باشد در مطالعه López-Feldman (2014) نشان داده شد که بین اتکا به محیط‌زیست برای استخراج منابع و درآمد یک رابطه U شکل معکوس وجود دارد، یعنی اتکا به محیط‌زیست با افزایش درآمد کاهش می‌یابد. بنابراین، افراد ثروتمند به محیط‌زیست کمتر متکی هستند. Agudelo *et al*. (2003) نشان داد که تخریب محیط‌زیست ممکن است به طور مستقیم با فقر خانوار ارتباط نداشته باشد، اما با فعالیت‌های تولیدی کشاورزان ارتباط مستقیم دارد. نتایج مطالعه Ulucak and Bilgili (2018) بیانگر نقش تاثیرگذار سرمایه انسانی و ظرفیت‌زیستی بر کیفیت محیط‌زیستی است. Johnson *et al*. (2007) و Snyder *et al*. (2009) نگرانی‌هایی را در مورد کشاورزی به عنوان منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای مطرح می‌کنند. همچنین مطالعات نشان

می‌دهند که منابع ناکافی، رشد جمعیت و شیوه‌های کشاورزی ناپایدار به تخریب محیط زیست منجر می‌شود (Cleaver and Schreiber, 1993; Nana-Sinkam, 1995; Woods, 2004; Gray and Moseley, 2005; Nwokoro and Chima, 2017) مطالعات دیگر منابع تخریب محیط‌زیست را با عوامل اجتماعی سیاسی و اقتصادی مثل مهاجرت، درآمد واقعی، رشد اقتصادی (Bello and Abimbola, 2010; Alola *et al*., 2019)، رانت منابع طبیعی (Bekun *et al*., 2019)، پاسخگویی دموکراتیک (Usman *et al*., 2019)، مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر (Akadiri *et al*.,2019; Bekun *et al*., 2019)، سرمایه گذاری مستقیم خارجی (Solarin and Al-Mulali, 2018)، شهرنشینی و جهانی شدن (Destek and Ozsoy, 2015) و فرصت های اقتصادی پایدار (Olowu *et al*., 2018) مرتبط دانسته‌اند.

کیفیت محیط‌زیست در مراحل اولیه توسعه اقتصادی بدتر می‌شود و با کاهش رشد اقتصادی و بهبود استاندارد زندگی شهروندان به تدریج بهبود می‌یابد که به وسیله رابطه U شکل معکوس درآمد-نابرابری توسط Kuznets (1995) مطرح شد و از طریق فرضیه منحنی کوزنتس محیط زیستی[1] (EKC) تفسیر شده است. EKC بیان می‌کند که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، انتشار آلودگی افزایش می‌یابد، اما پس از یک سطح آستانه مشخص، کاهش می یابد و استدلال می‌شود که بهبود کیفیت محیط‌زیست به طور مداوم با رشد اقتصادی اتفاق می‌افتد. فرضیه EKC در ابتدا توسط Grossman and Krueger (1991) آزمایش شد و مطالعات متعددی مانند: Dinda and Coondoo (2006), Ozturk and Acaravci (2010), Al-Mulali *et al*. (2015a), Apergis and Ozturk (2015), Shahbaz *et al*. (2015), Al-Mulali *et al*. (2015b), Nathaniel *et all* (2024), Fakher and Ahmed (2023), Fakher *et al* (2023), Fakher and Murshed (2023). آن را با استفاده از مجموعه داده‌های مختلف و رویکردهای اقتصادسنجی بررسی کرده‌اند.

مطالعه Arrow *et al* (1995) نشان داد که با افزایش کیفیت محیط‌زیست، مردم نسبت بیشتری از درآمد خود را مصرف می‌کنند. Bergstrom and Goodman (1973) نشان داد که سطح بالاتر درآمد به بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک می‌کند. Boulatoff and Jenkins (2010) با استفاده از داده‌های سری زمانی از ۲۱ کشور نشان دادند یک رابطه بلندمدت منفی بین درآمد و انتشار CO_2 برای دوره ۲۰۰۶-۱۹۸۰ وجود دارد. با این حال، طبق یافته‌های Seldeon and Song (1994) و Panayotou (1993) رابطه بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست در طول مسیر توسعه ثابت نیست، زیرا با افزایش درآمد مردم یک کشور تقاضای محیطی پاک‌تر دارند. Shahiduzzaman and Alam (2012) و Saboori *et al* (2012) یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار CO_2 و تولید ناخالص داخلی (GDP) به ترتیب در کوتاه مدت و بلند مدت در استرالیا و مالزی نشان دادند. Fodha and Zaghdoud (2010) نشان دادند که یک رابطه بلندمدت بین انتشار سرانه دو آلاینده (CO_2 و SO_2) و تولید ناخالص داخلی سرانه در تونس طی دوره 2004-1961 وجود دارد. با این حال، نتایج تجربی این مطالعات فوق یکپارچگی لازم را ندارد. در مطالعات اخیر EF برای بررسی فرضیه EKC به کار گرفته شده است

Hervieux and Darné, 2014; Cornelia 2014; Caviglia-Harris *et al*., 2009; Daly and Farley 2004; York *et*) .(*al*., 2004

Al-Mulali., *et al.* (2015c) تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر و توسعه مالی بر محیط‌زیست را در کشورهای آمریکای لاتین و کارائیب بررسی کردند و نتایج نشان داد که برای کشورهای با درآمد بالا و متوسط رو به بالا EKC معتبر است اما برای کشورهای کم درآمد معتبر نیست Moran., *et al.* (2008) ارتباط مثبتی بین توسعه اقتصادی و EF یافت. Galli., *et al*. (2012a) ردپای کلی جهانی را ارزیابی کرد و استدلال کرد که در کشورهای با درآمد بالا ردپای اکولوژیکی افزایش یافت در حالی که در کشورهای با درآمد متوسط و پایین کاهش یافت یا ثابت ماند. همچنین Fakher *et al* (2022) نشان داد، تأثیر کیفیت محیطی بر رشد اقتصادی تنها در کشورهای با درآمد بالا مثبت است. و کیفیت محیطی بر رشد اقتصادی کشورهای کم درآمد تأثیری ندارد .

Toth and Szigeti (2016) همبستگی بین تولید ناخالص داخلی و EF را از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۵ برآورد و مشخص کردند که محرک اصلی رشد و تخریب محیط‌زیست به خودی خود جمعیت نیست، بلکه الگوها و سطح مصرف است. همچنین نتایج به‌دست‌آمده(Fakher *et al* (2021 *a* برای کشورهای منتخب حاکی از تأثیر منفی رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست است که نشان می‌دهد کشورها در تلاش برای دستیابی به رشد اقتصادی، کیفیت محیط زیست را قربانی می‌کنند(Fakher *et al* , 2021 b). Nasnia., *et al.* (2022) در مطالعه‌ای نقش فعالیت‌های کشاورزی بر تخریب محیط زیست بر پایه EF، به عنوان معیار تخریب محیط‌زیست، در کشورهای منتخب منا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در بلندمدت درآمد سرانه ملی، تولید کل کشاورزی و جمعیت کل اثر منفی و معنی‌داری بر EF دارند، اما در کوتاه‌مدت درآمد سرانه ملی و تولید کل کشاورزی تأثیر مثبت و معنی‌دار داشته و همچنین تولید کل کشاورزی و درآمد سرانه ملی بیشترین تأثیر را بر تخریب محیط زیست دارند.

نتایج مطالعه Olanipekun,. *et al.* (2019) که به بررسی تأثیر کشاورزی با در نظر گرفتن سطح درآمد بر محیط‌زیست، در یازده کشور آفریقای مرکزی و غربی پرداختند، حاکی از آن بود که ناپایداری در فعالیت‌های کشاورزی سبب تحریب محیط زیست شده و کاهش فقر یا افزایش درآمد در بین کشاورزان می‌تواند این اثر را کاهش دهد. Tarazkar ., *et al.* (2019) در مطالعه‌ای EF تولیدهای بخش کشاورزی در کشورهای اسلامی گروه D_8 را برآورد کردند. نتایج این پژوهش رابطه EF و تولید ناخالص داخلی سرانه را از لحاظ آماری معنی‌دار و افزایش نسبی مصرف سرانه انرژی، زمین زراعی و همچنین تولیدات دامی را علت افزایش EF قلمداد کرده‌اند.

با توجه به اینکه ادبیات تجربی، نتایج متفاوتی را در مورد عوامل موثر بر کیفیت محیط‌زیستی ارائه می‌دهد و همچنین با تبدیل شدن EF به عنوان یک معیار محبوب و یک ابزار جامع برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و بعلاوه گسترش ادبیات مربوط به رابطه انتشار-رشد، مطالعات کمی تاکنون از EF به عنوان شاخصی از اثرات محیط‌زیستی با تاکید بر تولیدات کشاورزی استفاده کرده‌اند و این مطالعات محدود نیز نتایج متناقضی را ارائه کرده‌اند. از طرفی کشورهایی که بیشترین ارزش افزوده کشاورزی را دارند، به عنوان موتورهای اقتصادی جهان در بخش کشاورزی شناخته می‌شوند. این کشورها باید با تمام جدیت به مسائل مربوط به محیط‌زیست که به فعالیت‌های کشاورزی مربوط می‌شوند، توجه ورزند. دلیل این نیاز به توجه، این است که اگر به آثار جانبی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، که به طور خاص به تخریب محیط‌زیست منجر می‌شوند، توجهی جدی نشود، نه تنها معضلاتی مانند تغییرات اقلیمی تشدید خواهد شد، بلکه امنیت غذایی در سطح جهانی نیز به چالش خواهد کشید. این چالش به دلیل تخریب و کاهش قابلیت حاصل خیزی خاک به وجود می‌آید. با توجه به اینکه تحقیقات محدود با نتایج متناقضی با تاکید بر تولیدات کشاورزی در این کشورها انجام شده است، بنابراین در این مطالعه به تحلیل اثربخشی درآمد به عنوان عامل تعدیل‌کننده بر رابطه تولیدات کشاورزی و ردپای اکولوژیکی در ۱۰ کشوری که بیشترین ارزش افزوده کشاورزی را دارند پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

مفهوم ردپای اکولوژیکی (EF)، به عنوان یک ابزار اندازه‌گیری کمی است که از آن برای محاسبه حجم منابع طبیعی مورد نیاز جهت پشتیبانی از سطح مصرف یک جمعیت و همچنین فرآیندهای دفع پسماند تولیدی توسط آن جمعیت طی یک دوره زمانی مشخص استفاده می‌شود. این جمعیت می‌تواند شامل افراد، شهرها، کشورها یا حتی کل جهان باشد. EF از طریق تبدیل میزان مصرف به معادل سطحی از زمین به نام هکتار جهانی[۲](GHA) که یک واحد استاندارد سطح است و قابلیت مقایسه بین کشورها را دارد، محاسبه می‌شود. واحد GHA تولید میانگین جهانی برای یک هکتار زمین در یک سال را منعکس می‌کند. بر اساس این تعریف، پنج دسته اصلی از زمین شناسایی شده‌اند که عبارتند از: زمین‌های کشاورزی برای تولید مواد غذایی گیاهی و فیبرها، مراتع برای تولید محصولات دامی، مناطق آبزی‌پروری برای محصولات دریایی، جنگل‌ها برای تولید چوب و سایر محصولات جنگلی و نهایتاً زمین‌هایی برای جذب کربن به منظور جذب دی‌اکسید کربن تولید شده توسط فعالیت‌های انسانی (Wackernagel and Rees, 1996; Wackernagel *et al*., 2002; Wood and Garnett, 2010). سپس عواملی نظیر فاکتورهای عملکرد خاص کشور و فاکتورهای هم‌ارزی زمین برای تبدیل هکتارهای واقعی به GHA مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wackernagel and Rees 1996). ضریب بازده به توانایی تولید یک کشور در مقایسه با میانگین جهانی برای نوع مشخصی از زمین اشاره دارد و به صورت سالانه و برای هر کشور

محاسبه می‌شود. در مقابل، ضریب هم‌ارزی، نرخ تبدیل استانداردی است که برای همه کشورها در یک سال معین به کار می‌رود. EF به عنوان یک ابزار برای برآورد تقاضای کلی برای منابع طبیعی عمل کرده و این تقاضا را با ظرفیت بیولوژیکی[۳] (BC) زمین مقایسه می‌کند. BC به توانایی محیط‌زیست برای تولید منابع قابل استفاده توسط بشر و جذب پسماندهای ناشی از فعالیت‌های انسانی اشاره دارد و در واقع نظیری برای EF است (Wackernagel *et al*.,2002; Ewing *et al*., 2010; Vackar, 2012). EF با تدوین ماتریسی که در آن مساحتی از زمین به هر دسته مصرفی اختصاص داده شده‌است، محاسبه می شود.

ردپای اکولوژیکی سرانه به عنوان یک شاخص کمی، از طریق جمع‌آوری کل مساحت‌های زمینی اکولوژیکی مولد (زراعی، مراتع، جنگل‌ها و آبزی‌پروری) مورد نیاز برای پشتیبانی از مصرف یک جمعیت، جذب پسماندهای تولیدی آن و سپس تقسیم این مجموع بر تعداد افراد جمعیت مربوطه، محاسبه می‌شود. نتیجه به دست آمده به واحد GHA بر سرانه جمعیت محاسبه می‌گردد که بیانگر میزان استفاده از منابع و خدمات اکوسیستمی یک فرد متوسط در مقیاس جهانی است (Wackernagel and Rees, 1996; Wackernagel *et al*., 2002; Ewing *et al*., 2010; Vackar 2012; Bagliani *et al*., 2008; Borucke *et al*., 2013).

حالتی که در آن EF بزرگتر از BC باشد نشانگر تجاوز به ظرفیت تجدیدپذیری و جذب پسماندهای محیطی اکوسیستم است. در این حالت، مصرف منابع توسط جمعیت هرکشور به گونه‌ای است که تجدید آن‌ها و جذب پسماندها در محدوده‌های اکولوژیکی آن کشور امکان‌پذیر نیست. این کسری منابع می‌تواند از چندین روش جبران شود: (۱) واردات منابع از دیگر کشورها، (ب) استهلاک سرمایه طبیعی و (ج) تجمع پسماند. همچنین ممکن است ترکیبی از این روش‌ها به کار گرفته شود. این شاخص به عنوان نماینده نیازهای بیوفیزیکی جمعیت عمل می‌کند و می‌تواند برای نمایش کلی بار محیط زیستی ناشی از مصرف به کار رود .این رویکرد به تحلیل و مقایسه تقاضای بشر(EF) با ظرفیت عرضه طبیعی (BC) در یک واحد اندازه‌گیری مشترک، یعنیGHA، می‌پردازد و بدین ترتیب، امکان تحلیل میزان فشار بشر بر بیوسفر را در هر سطح گرافیکی فراهم می‌کند (Wackernagel and Rees, 1996).

روش اقتصاد سنجی داده‌های تابلویی

روش داده‌های تابلویی در مواقعی که داده‌های مورد ارزیابی دارای دو بعد مکان و زمان باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند و از جمله روش‌های تلفیق داده‌های مکانی و زمانی می‌باشند (Baltagi, 2005). در مواردی که از داده‌های تابلویی استفاده می‌شود ابتدا لازم است با توجه به ماهیت داده‌ها (دوره زمانی هر مقطع، هرسال به صورت مقطعی، و یا تلفیقی) نحوه برآورد مدل مشخص می‌گردد (Dourandish *et al*., 2018). در این مطالعه، مجموعه‌ای از داده‌های تابلویی برای

نسخه پیش انتشار

ده کشور ایران، چین، هند، ایالت متحده آمریکا، اندونزی، نیجریه، برزیل، پاکستان، ترکیه و روسیه از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار می‌گیرند که در جدول (۱) قابل مشاهده هستند.

جدول ۱ - متغیرها

Table 1 - variables

نماد Symbol	متغیر Variable	منبع Source
Y	Ecological Footprint (gha) رد پای اکولوژیکی (هکتار جهانی)	GFN[1]
X1	Adjusted net national income (constant 2015 US$) درآمد خالص ملی تعدیل شده (دلار آمریکا، قیمت ثابت ۲۰۱۵)	WDI[2]
X2	Aggregate Agricultural Production (t) تولیدات کشاورزی (تن)	FAO[3]
X3	Population, total جمعیت (نفر)	WDI
X4	Renewable energy consumption (Btu) مصرف انرژی تجدید پذیر (معادل ۱۰۵۵ ژول)	EIA[4]
X5	Regulatory Quality Index[4] (شاخص کیفیت نظارتی)	WGI[5]
X6	Adjusted net national income *Agricultural Production (درآمد خالص ملی تعدیل شده* تولیدات کشاورزی)	

1) Global Footprint Network
2) World Development Indicators.
3) Food and Agriculture Organization
4) Energy Information Administration
5) Worldwide Governance Indicators

برای بررسی اثرات متغیرهای مستقل بر EF، مدل اقتصادسنجی برآورد شده است:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Lx_{1_{it}} + \beta_2 Lx_{2_{it}} + \beta_3 Lx_{3_{it}} + \beta_4 Lx_{4_{it}} + \beta_5 x_{5_{it}} + \beta_6 Lx_{6_{it}} + \varepsilon_{it} \quad ۱$$

که در آن $i = 1,2,3,\dots,N$ اثرات خاص کشورها و $t = 1,2,3,\dots,T$ اثرات سری‌زمانی را نشان می‌دهد. y ردپای اکولوژیکی و متغیر وابسته در این مدل است. متغیرهای برونزا مشخص شده عبارتند از: درآمد خالص ملی تعدیل شده، تولید کل کشاورزی، جمعیت کل، مصرف انرژی تجدیدپذیر، کیفیت نظارتی و درآمد خالص*تولیدات کشاورزی که به ترتیب با نماد x_1 تا x_6 نشان داده شده است و همه عوامل مشاهده نشده در عبارت خطای ε_{it} گنجانده شده‌اند.

آزمون استقلال مقاطع

پیش از برآورد الگوی داده‌های پانل، لازم است آزمون ایستایی متغیرها انجام شود. اما قبل از انجام آزمون ایستایی داده‌های ترکیبی، باید آزمون استقلال مقاطع به منظور انتخاب آزمون ریشه واحد مناسب صورت گیرد. آزمون‌های مختلفی جهت بررسی ایستایی متغیرهای داده‌های پانل وجود دارد که انتخاب آزمون مناسب از بین آن‌ها در مرحله اول نیازمند بررسی وجود وابستگی مقطعی است (Baltagi, 2005). آزمون‌های مختلفی بدین منظور ارائه شده که به طور کلی

نسخه پیش انتشار

این آزمون‌ها بر پایه ضرایب همبستگی جفت برگرفته از خطاهای OLS است. در صورت تایید وابستگی مقطعی در داده‌های ترکیبی، استفاده از روش‌های مرسوم ریشه واحد داده‌های ترکیبی نظیر آزمون لوین، لین و چو (LLC) و ایم، پسران و شین (IPS) احتمال وقوع نتایج ریشه واحد کاذب را افزایش خواهد داد. در این تحقیق از آزمون استقلال مقاطع (2004) Pesaran استفاده شده است. پسران آماره آزمون را تحت عنوان CD، برای مجموعه‌ای از مدل‌های پانل همگن، ایستا و پویا ارائه داد. فرضیه صفر این آزمون استقلال مقاطع و فرضیه جایگزین امکان وجود همبستگی در مقاطع مختلف در نظر گرفته شد.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{t=i+1}^{N}\hat{p}_{it}\right) \quad i=1,2,3,\ldots,N \quad t=1,2,3,\ldots,T \qquad (۲)$$

که در آن i, t به ترتیب نشان‌دهنده بعد مقطعی و زمانی داده‌های پانل هستند. همچنین $\hat{p}$ برآوردی از میزان همبستگی بین باقیمانده ها در زمان t است. اگر آماره CD معنی‌دار نبوده و فرض صفر رد نشود، استقلال مقطعی در پانل وجود خواهد داشت.

آزمون ایستایی

آزمون ریشه واحد در تحلیل داده‌های تابلویی برای تعیین ایستایی متغیرها استفاده می‌شود. اگر یک متغیر غیر ایستا باشد، می‌تواند منجر به نتایج رگرسیون کاذب شود. رگرسیون کاذب زمانی اتفاق می‌افتد که یک مدل آماری رابطه معنی‌داری بین دو یا چند متغیر نشان دهد، اما در واقعیت، هیچ ارتباط علی بین آن‌ها وجود ندارد (Gojarati, 2004). بنابراین، انجام آزمون‌های ریشه واحد در تحلیل داده‌های تابلویی برای اطمینان از پایایی نتایج و اعتبار روش‌های آماری مورد استفاده ضروری است.آزمون ریشه واحد LLC اولین بار در یک مقاله آموزشی توسط لوین و لین در سال ۱۹۹۲ ارائه شد و کار آن‌ها نهایتا در سال ۲۰۰۲ با همکاری چو به عنوان همکار منتشر گردید. آن‌ها آزمونی را که می‌تواند بطور واقعی تعمیم آزمون دیکی فولر باشد را مورد پذیرش قرار دادند. آزمون ریشه واحد ایم، پسران و شین (IPS, 2003) یکی دیگر از آزمون‌های ریشه واحد برای داده‌های پانل است که شامل تخمین معادله آزمایش دیکی-فولر (ADF) برای هر مقطع در پانل است.

هم انباشتگی

درصورتیکه متغیرهای مدل در سطح مانا نباشند، برای پرهیز از وجود رگرسیون کاذب در تخمین‌ها، باید هم‌انباشتگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گیرد (Noferesti, 2010). در مطالعه پدیده‌های اقتصادی و اجتماعی، تحلیل هم‌انباشتگی داده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا این تحلیل می‌تواند نشان‌دهنده روابط

نسخه پیش انتشار

درازمدت بین سری‌های زمانی مختلف باشد. آزمون‌های هم‌انباشتگی که بر روی داده‌های پانل انجام می‌شوند، به دلیل ترکیب دو بعد مقطعی و زمانی، قدرت آماری و اعتبار بالاتری در شناسایی روابط ثابت میان متغیرها دارند. حتی در مواقعی که نمونه‌ها از نظر زمانی، محدود و از نظر تعداد، کوچک باشند. این ویژگی‌ها به این دلیل است که داده‌های پانل امکان استفاده از اطلاعات مربوط به بُعد مقاطع و زمان را فراهم می‌آورند، که این امر منجر به افزایش توان تحلیل و کاهش احتمال خطاهای استاندارد می‌شود. بنابراین، آزمون‌های هم‌انباشتگی مبتنی بر داده‌های پانل در مقایسه با آزمون‌های مشابه برای داده‌های مقطعی یا سری‌زمانی مجزا، مزایای قابل توجهی دارند (Baltagi, 2005). آزمون‌های هم‌جمعی داده‌های پانل برای تعیین اینکه آیا یک رابطه پایدار و بلندمدت میان سری‌های زمانی غیر ثابت در مجموعه داده‌های پانل وجود دارد یا خیر، استفاده می‌شوند. محققان این آزمون‌ها را برای ارزیابی هم انباشتگی متغیرها در چندین واحد در طول زمان انجام می‌دهند. فرضیه صفر آزمون عدم وجود هم انباشتگی و فرضیه جایگزین وجود هم انباشتگی را نشان می‌دهد. آزمون هم‌انباشتگی شامل ارزیابی بردار همجمعی، میانگین پانل، روند زمانی و پارامتر AR است. اگر مشخص شد که متغیرها با هم ادغام شده‌اند، می‌توان مدل‌های بیشتری مانند مدل تصحیح خطای بردار پانل را برای بررسی پویایی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت به کار برد. در این تحقیق برای بررسی وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای الگو از آزمون‌های هم‌انباشتگی پدرونی (Pedroni, 2004) و کائو (Kao, 1990) استفاده می‌شود. در آزمون پدرونی هفت آماره‌ی همجمعی مختلف برای احاطه اثرات درون و بین تابلوها ارائه گردید و آزمون‌های آن در دو گروه دسته‌بندی می‌شود. گروه اول شامل چهار آزمون است که مبتنی بر ترکیب در طول ابعاد درونی است. در روش کائو به طور مشابه از رویکرد پدرونی استفاده می‌شود. با این تفاوت که فقط اثرات ثابت مقاطع و ضرایب همگن متغیرها، در رگرسیون اولیه در نظر گرفته خواهد شد.

تخمین‌زن‌های DOLS[5] و FMOLS[6]

در مدل‌های پانل در مواقعی که هم‌انباشتگی وجود دارد، درصورت استفاده از روش OLS جهت تخمین، نتایج تورش دار خواهند شد بنابراین استفاده از این روش برآورد قابل اعتمادی را به همراه نخواهد داشت. یکی از روش‌هایی که می‌توان در چنین شرایطی از آن استفاده کرد روش حداقل مربعات معمولی کاملا تعدیل شده (FMOLS) است که توسط پدرونی و به منظور برطرف کردن درونزایی بین رگرسورها ارئه شده است. به منظور بررسی تخمین زن FMOLS مدل زیر را در نظر بگیرید:

$$Y_{i,t} = a_i + \beta_i X_{i,t} + \varepsilon_{it} \qquad \forall t = 1, \dots, T \qquad i = 1, \dots, N \qquad ۳$$

نسخه پیش انتشار

در این معادله، فرض بر این است که $Y_{i,t}$ و $X_{i,t}$ با شیب β_i هم انباشته هستند و β_i نیز ممکن است در بین مقاطع مختلف i همگن باشد یا همگن نباشد. این معادله را می‌توان به صورت زیر باز نویسی کرد:

$$Y_{i,t} = a_i + \beta_i X_{i,t} + \sum_{j=-K_i}^{K_i} \gamma_{i,k_i} \Delta X_{i,t-k} + v_{it} \qquad \forall t = 1, \dots, T \qquad i = 1, \dots, N \qquad ۴$$

در این مدل متغیر X نشان‌دهنده برداری از متغیرهای توضیحی مدل و $\gamma_{i,k}$ ضریب با وقفه تفاضل مرتبه اول متغیرهای توضیحی مدل می‌باشد. با فرض اینکه $\xi_{i,t} = (\hat{\varepsilon}_{i,t}, \Delta X_{i,t})$ در نتیجه $\Omega_{i,t} = limE\left[\frac{1}{T}\left(\sum_{t=1}^{T}\xi_{i,t}\right)\left(\sum_{t=1}^{T}\xi_{i,t}\right)\right]$ و برابر است با کوواریانس بلند مدت فرآیند که می‌تواند به صورت $\Omega_i = \Omega_i^0 + \Gamma_i + \Gamma_i'$ نیز تجزیه گردد. در این معادله Ω_i^0 برابر با کوواریانس همزمان و Γ_i برابر مجموع وزنی اتو کواریانس می‌باشد. ضریب برآوردی تخمین‌زن FMOLS در این مدل برابر است با:

$$\hat{\beta}_{FMOLS}^{*} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[\left(\sum_{t=1}^{T}\left(X_{i,t} - \bar{X}_i\right)^2\right)^{-1}\left(\sum_{t=1}^{T}\left(X_{i,t} - \bar{X}_i\right)^2 Y_{i,t}^{*} - T\hat{\gamma}_i\right)\right] \qquad ۵$$

که در این معادله $Y_{i,t}^{*} = Y_{i,t} - \bar{Y}_i - \frac{\hat{\Omega}_{2,1,i}}{\hat{\Omega}_{2,2,i}}\Delta X_{i,t}$ و $\hat{\gamma}_i = \hat{\Gamma}_{2,1,i} + \hat{\Omega}_{2,1,i}^{0} - \frac{\hat{\Omega}_{2,1,i}}{\hat{\Omega}_{2,2,i}}\left(\hat{\Gamma}_{2,2,i} + \hat{\Omega}_{2,2,i}^{0}\right)$ است. تخمین زن DOLS، به منظور دستیابی به یک تخمین‌زن نااریب از پارامترهای بلند مدت و به دست آوردن تصحیح درونزایی متغیرها مورد استفاده در مدل، از برآوردی تخمین زن DOLS در این مدل برابر است با:

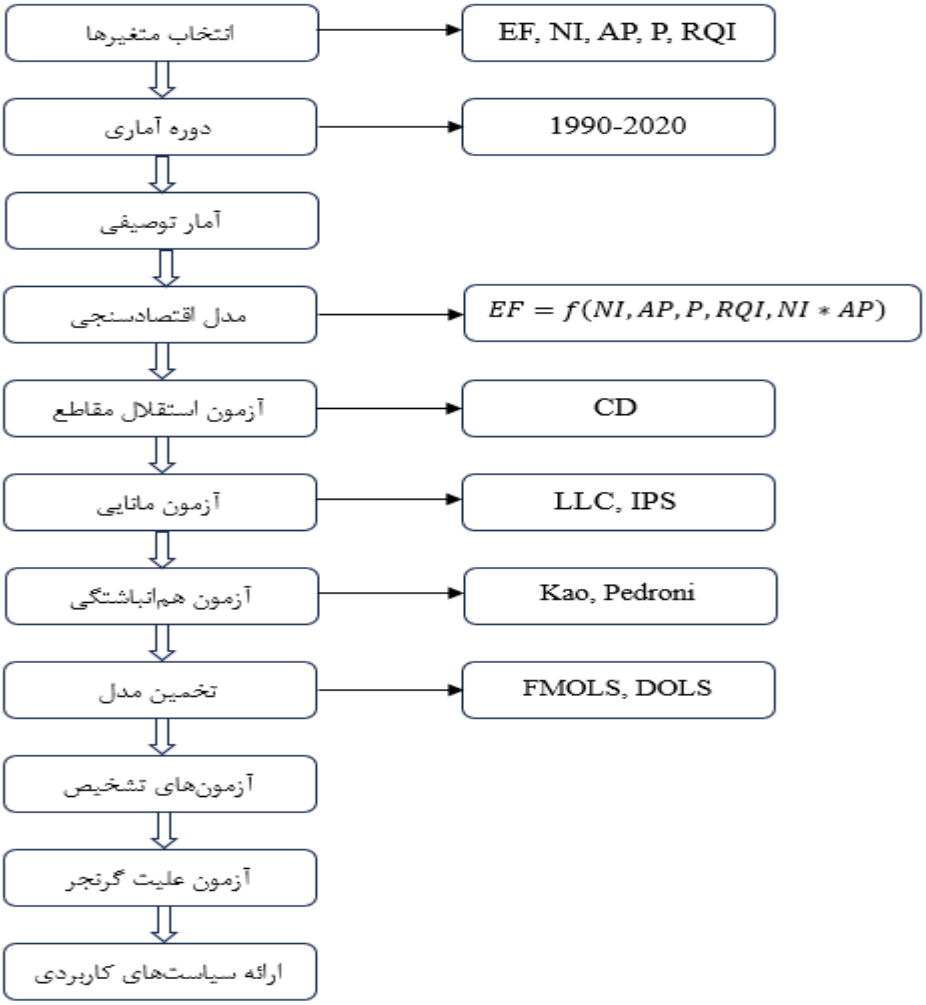
$$\hat{\beta}_{DOLS}^{*} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[\left(\sum_{t=1}^{T} z_{i,t} - z_{i,t}'\right)^{-1}\left(\sum_{t=1}^{T} z_{i,t}\,\tilde{y}_{i,t}\right)\right] \qquad ۶$$

که در معادله بالا $z_{i,t} = \left[X_{i,t} - \bar{X}_i, \Delta X_{i.t-k_i}, \dots, \Delta X_{i,t+K_i}\right]$ برداری از رگرسورها و $\tilde{y}_{i,t} = Y_{i,t} - \bar{Y}_i$ می‌باشد (Pedroni, 2001,2004)

آزمون علیت گرنجر

آزمون علیت گرنجر (1969) Granger یک آزمون فرضیه آماری است، برای تعیین اینکه آیا یک سری‌زمانی در پیش‌بینی سری دیگر مفید است یا خیر که اولین بار در سال ۱۹۶۹ توسط گرنجر پیشنهاد شد. این آزمون بر این ایده استوار است که اگر یک متغیر X باعث یک متغیر Y شود، آنگاه مقادیر گذشته X باید حاوی اطلاعاتی باشد که به پیش‌بینی Y کمک‌کند. خروجی آزمون شامل آمار آزمون و مقدار p مربوط به آن است. اگر مقدار p کمتر از سطح معناداری انتخاب شده باشد، فرضیه صفر رد می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که سری زمانی اول باعث سری زمانی دوم می‌شود و برعکس. مراحل انجام تحقیق در شکل (۲) ارائه شده است.

نسخه پیش انتشار



شکل ۲-مراحل انجام تحقیق

نتایج و بحث

آمار توصیفی متغیرهای به کار گرفته شده در تحقیق حاضر در جدول (۲) قابل مشاهده است

جدول ۲-آمار توصیفی

Table 2-Descriptive statistics

	متغیرها Variables	بیشترین Maximum	کمترین Minimum	میانه Median	میانگین Average	انحراف معیار standard deviation	جمع Total
ایران Iran, Islamic Rep.	Y	2.92E+08	1.33E+08	2.43E+08	1.25E+08	49879939	5.86E+08
	X1	4.44E+11	1.81E+11	3.06E+11	3.12E+11	7.65E+10	8.10E+12
	X2	858520359	54217119	75383104	72194111	9602797	1.88E+09
	X3	87923432	61598378	73820540	74402156	8168698	1.93E+09
	X4	1.62E+15	4.22E+13	1.26E+14	1.73E+14	2.93E+14	4.50E+15

انتشار

	X5	-1.17463	-1.70923	-1.46233	-1.45667	0.15527	-37.8734
	X6	3.53E+19	9.83E+18	2.38E+19	2.30E+19	7.49E+18	5.98E+20
چین	Y	5.64E+09	2.17E+09	3.89E+09	3.83E+09	1.20E+09	9.95E+10
China	X1	1.07E+17	1.62E+12	5.97E+12	4.12E+15	2.06E+16	1.07E+17
	X2	2.00E+09	1.13E+09	1.61E+09	1.59E+09	2.83E+08	4.14E+10
	X3	1.41E+09	1.22E+09	1.33E+09	1.33E+09	58583824	3.45E+10
	X4	2.05E+16	1.69E+15	6.00E+15	7.90E+15	6.01E+15	2.06E+17
	X5	-0.16431	-0.58277	-0.29257	-0.29704	0.085233	-7.72307
	X6	1.21E+26	1.86E+26	9.76E+21	4.68E+24	2.34E+25	1.22E+02
هند	Y	1.83E+09	8.00E+08	1.19E+09	1.23E+09	3.23E+08	3.20E+10
India	X1	2.42E+12	5.95E+11	1.34E+12	1.41E+12	6.23E+11	3.68E+13
	X2	1.41E+09	7.59E+08	1.01E+09	1.01E+09	2.02E+08	2.64E+10
	X3	1.41E+09	9.83E+08	1.22E+09	1.21E+09	1.29E+08	3.14E+10
	X4	3.01E+15	7.55E+14	1.46E+15	1.58E+15	6.71E+14	4.12E+16
	X5	-0.0788	-0.55335	-0.35634	-0.3353	0.122608	-8.71791
	X6	3.40E+21	4.52E+20	1.31E+21	1.56E+21	9.47E+20	4.05E+22
امریکا	Y	3.02E+09	2.50E+09	2.71E+09	2.74E+09	1.47E+08	7.13E+10
United States	X1	1.69E+09	1.06E+13	1.37E+13	1.40E+13	1.91E+12	3.64E+14
	X2	9.37E+08	6.65E+08	7.69E+08	7.77E+08	75368025	2.02E+10
	X3	3.32E+08	2.69E+08	3.05E+08	3.04E+08	19025996	7.90E+09
	X4	1.22E+16	5.16E+15	7.39E+15	8.22E+15	2.13E+15	2.14E+17
	X5	1.696121	1.247849	1.5421	1.495938	0.138487	38.89438
	X6	1.55E+22	7.06E+21	1.07E+22	1.10E+22	2.51E+21	2.86E+23
اندونزی	Y	5.07E+08	2.69E+08	3.44E+08	3.61E+08	72669941	9.39E+09
Indonesia	X1	8.97E+11	3.74E+10	5.11E+11	4.86E+11	2.73E+11	1.26E+13
	X2	4.53E+08	1.69E+08	2.72E+08	2.99E+08	1.00E+08	7.76E+09
	X3	2.74E+08	2.01E+08	2.39E+08	2.39E+08	22113093	6.22E+09
	X4	5.18E+14	8.65E+13	2.00E+14	2.57E+14	1.25E+14	6.69E+15
	X5	0.298162	-0.86661	-0.28351	-0.25841	0.284482	-6.71877
	X6	4.06E+20	6.56E+18	1.39E+20	1.71E+20	1.31E+20	4.44E+21
نیجریه	Y	2.25E+08	1.24E+08	1.90E+08	1.84E+08	30369574	4.77E+11
Nigeria	X1	3.96E+11	1.46E+11	3.33E+11	3.12E+11	7.92E+10	8.11E+12
	X2	2.13E+08	1.11E+08	1.55E+08	1.58E+08	31313089	4.10E+09
	X3	2.13E+08	1.11E+08	1.54E+08	1.57E+08	31125654	4.09E+09
	X4	8.30E+13	4.39E+13	6.13E+13	6.34E+13	1.01E+13	1.65E+15
	X5	-0.68177	-1.29282	-0.90018	-0.91025	0.147705	-23.6666
	X6	8.33E+19	1.62E+16	5.25E+19	5.13E+19	2.05E+19	1.33E+21
برزیل	Y	6.06E+08	4.80E+08	5.20E+08	5.32E+08	38046381	1.38E+10
Brazil	X1	1.60E+12	9.28E+11	1.43E+12	1.32E+12	2.26E+11	3.43E+13
	X2	1.17E+09	4.86E+08	9.52E+08	8.61E+08	2.51E+08	2.24E+10
	X3	2.14E+08	1.66E+08	1.94E+08	1.92E+08	14481456	5.00E+09

نسخه پیش انتشار

	X4	4.71E+15	2.98E+15	4.09E+15	3.94E+15	6.00E+14	1.03E+17
	X5	0.327298	-0.28046	0.102317	0.07847	0.175165	2.040212
	X6	1.76E+21	4.64E+20	1.40E+21	1.19E+21	4.97E+20	3.09E+22
پاکستان	Y	1.83E+21	1.06E+08	1.51E+08	1.46E+08	22500740	3.78E+09
Pakistan	X1	2.67E+11	1.24E+11	1.98E+11	2.00E+11	4.78E+10	5.16E+12
	X2	2.38E+08	1.11E+08	1.50E+08	1.59E+08	35345434	4.14E+09
	X3	2.31E+08	1.37E+08	1.88E+08	1.87E+08	27974745	4.85E+09
	X4	4.08E+14	1.76E+14	2.95E+14	2.93E+14	6.47E+13	7.62E+15
	X5	-0.47976	-1.04911	-0.6482	-0.67867	0.119153	-17.6455
	X6	6.35E+19	1.41E+19	3.06E+19	3.34E+19	1.49E+19	8.69E+20
ترکیه	Y	3.00E+08	1.49E+08	2.23E+08	2.24E+08	44739043	5.82+09
Turkiye	X1	6.99E+11	1.30E+11	4.96E+11	4.28E+11	1.94E+11	1.11E+13
	X2	1.54E+08	1.00E+08	1.18E+08	1.22E+08	15794500	3.17E+09
	X3	84775404	60293786	71773183	72478423	767781	1.88E+09
	X4	1.18E+15	2.79E+14	4.62E+14	5.82E+14	2.59E+14	1.51E+16
	X5	0.46303	-0.08191	0.257434	0.210627	0.156004	5.476305
	X6	9.29E+19	1.32E+19	5.84E+19	5.45E+19	2.83E+19	1.42E+21
روسیه	Y	8.27E+08	6.36E+08	7.40E+08	7.37E+08	45159316	1.92E+10
Russian	X1	1.15E+12	3.83E+11	1.05E+12	9.27E+11	2.35E+11	2.41E+13
	X2	2.86E+08	1.44E+08	2.08E+08	2.16E+08	41718665	3.76E+09
	X3	1.48E+08	1.43E+08	1.44E+08	1.45E+08	1658896	3.76E+09
	X4	1.84E+15	1.45E+15	1.62E+15	1.60E+15	9.60E+13	4.15E+16
	X5	-0.10043	-0.55995	-0.39543	-0.38307	0.129565	-9.95974
	X6	3.16E+20	7.03E+19	2.28E+20	2.07E+20	7.88E+19	5.38E+21

مرحله اول برآورد مدل در داده‌های پانلی آزمون استقلال مقاطع است. در این تحقیق از آزمون استقلال مقاطع پسران استفاده شده است. نتایج این ازمون در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به جدول، فرضیه صفر بر این مبنا که وابستگی مقطعی وجود ندارد (استقلال مقاطع) پذیرفته می‌شود.

جدول ۳-آزمون استقلال مقاطع

Table 3- Residual Cross-Section Dependence Test

آزمون	آماره	احتمال
Test	Statistic	Prob.
Pesaran CD	-0.167	0.866

آزمون ایستایی

با توجه به اثبات وجود استقلال مقاطع، از آزمون‌های ریشه واحد IPS و LLC برای بررسی مانایی متغیرهای مورد استفاده در تحقیق حاضر استفاده شد و نتایج در جدول (۴) گزارش شده است.

نسخه پیش انتشار

جدول ۴-آزمون ریشه واحد

Table 4- Unit Root Test

Levin, Lin & Chu (LLC)					Im, Pesaran and Shin (IPS)			
متغیر Variable	آماره Statistic	احتمال Prob.	شرایط آزمون Test conditions	نتیجه Result	آماره Statistic	احتمال Prob.	شرایط آزمون Test conditions	نتیجه Result
Lx1	-54.79	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)	-42.62	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)
LX2	-1.786	0.037**	Intercept عرض از مبدا	I (0)	-6.671	0.000***	Intercept عرض از مبدا	I (1)
LX3	-3.911	0.000***	Intercept عرض از مبدا	I (0)	-1.906	0.03**	Intercept عرض از مبدا	I (0)
LX4	-12.02	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (1)	-2.254	0.012**	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)
X5	-8.373	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (1)	-2.428	0.007***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)
LX6	-51.14	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)	-33.16	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)
LY	-8.779	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (1)	-9.614	0.000***	Intercept & trend با عرض از مبدا و روند	I (0)

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

نتایج حاصل از آزمون‌های ریشه واحد پانل نشان می‌دهد که متغیرها در اولین تفاضل پایا هستند. اما با توجه به یکسان نبودن نتایج آزمون ریشه واحد در سطح، با استفاده از آزمون‌های کائو و پدرونی، هم‌انباشتگی بین متغیرها، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمون‌ها در جداول (۵) و (۶) گزارش شده است.

جدول۵-آزمون هم انباشتگی کائو

Table 5- Kao Cointegration Test

آماره t t-Statistic	احتمال Prob
-2.222	0.013

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

جدول ۶- آزمون هم انباشتگی پدرونی

Table 6- Pedroni cointegration test

آماره‌های درون گروهی Within-dimension	آماره Statistic	احتمال Prob.	آماره وزنی Weighted Statistic	احتمال Prob.
Panel v-Statistic	4.386	0.000***	-3.064	0.998
Panel rho-Statistic	1.896	0.971	3.149	0.999
Panel PP-Statistic	-3.389	0.000***	-2.659	0.003***
Panel ADF-Statistic	-3.508	0.000***	-2.547	0.005***
آماره‌های بین گروهی Between-dimension	**آماره Statistic**	**احتمال Prob.**		
Group rho-Statistic	3.583	0.999		

نسخه پیش انتشار

Group PP-Statistic	-3.344	0.000***
Group ADF-Statistic	-2.751	0.003***

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

با توجه به نتایج آزمون‌های هم انباشتگی کائو و پدرونی، رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مورد استفاده تایید می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از آزمون F Limer، فرض برابر بودن عرض از مبداهای مقاطع، بررسی می‌شود. نتایج در جدول (۷) گزارش شده است.

جدول ۷-آزمون اثرات ثابت

Table 7- Redundant Fixed Effects Tests

آزمون اثرات Effects Test	آماره Statistic	احتمال Prob
F Limer	375.65	0.0000***

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

بر اساس نتایج جدول (۷)، فرض صفر مبنی بر برابری عرض از مبداها را نمی‌توان پذیرفت. بنابراین از روش پانل برای تخمین مدل استفاده می‌شود. سپس اثرات ثابت یا تصادفی روش تخمین با استفاده از آزمون هاسمن مشخص می‌شود.

جدول ۸-آزمون هاسمن

Table 7- Huasman Test

آزمون اثرات t Effects Test t	آماره Chi-Sq Chi-Sq. Statistic	احتمال Prob
Cross-section random	1.63	0.9502

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

با توجه نتایج جدول (8) فرض صفر مبنی بر سازگاری تخمین‌های اثر تصادفی پذیرفته می‌شود. پس از تایید وجود رابطه هم‌انباشتگی پانلی بین متغیرهای مدل، به تخمین و برآورد ضرایب بلندمدت متغیرهای مدل با استفاده از روش‌های FMOLS و DOLS پرداخته می‌شود.

جدول ۹- تخمین FMOLS

Table 9 - FMOLS estimation

متغیر Variable	ضریب Coefficient	انحراف معیار Std. Error	آماره t t-Statistic	احتمال Prob.
LX1	0.694	0.259	2.676	0.008***
LX2	1.167	0.382	3.051	0.002***
LX3	0.326	0.101	3.218	0.001***
LX4	-0.286	0.031	-9.060	0.000***
X5	-0.394	0.075	5.246	0.000***
LX6	-0.029	0.013	-2.195	0.029**
R-squared	0.9962	Adjusted R-squared		0.9960

نسخه پیش انتشار

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)
Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

جدول ۱۰- تخمین DOLS

Table 10- DOLS estimation

متغیر Variable	ضریب Coefficient	انحراف معیار Std. Error	آماره t t-Statistic	احتمال Prob.
LX1	0.926	0.281	3.295	0.001***
LX2	1.566	0.363	4.303	0.000***
LX3	0.341	0.123	2.765	0.006***
LX4	-0.318	0.025	-12.306	0.000***
X5	-0.422	0.095	4.427	0.000***
LX6	-0.044	0.013	-3.239	0.001***
R-squared	0.9953	Adjusted R-squared		

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)
Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

همانطور که مشاهده می‌شود، نتایج تخمین‌زن‌های DOLS و FMOLS تقریبا شبیه به یکدیگر است. نتایج نشان می‌دهد که در بلندمدت لگاریتم درآمد خالص ملی تعدیل شده در هر دو روش تأثیری مثبت (FMOLS=0.694 و DOLS=0.926) و معنی‌دار بر رد پای اکولوژیکی داشته و موجب افزایش آن می‌شود. دلیل این امر آن است که سطوح بالاتر مصرف انرژی و در نتیجه تخریب‌محیط زیست با سطوح بالاتر درآمد همراه است. این نتایج با یافته‌های مطالعات هم راستا است. این با ادبیات نظری و تجربی مثل مطالعات Dinda and Coondoo (2006); Wolde-Rufael (2009); Cerdeira Bento (2014) سازگار است. همچنین مطالعه Fakher *et al* (2020) نیز نشان داد که با افزایش کیفیت محیط‌زیست در کشورهایی با درآمد بالا، رشد اقتصادی افزایش پیدا می‌کند اما در کشورهایی با درآمد پایین این رابطه معنادار نشده.

از طرفی، طبق نتایج برآوردی و همانطور که انتظار میرفت لگاریتم تولیدات کشاورزی اثر مثبت و قابل توجهی بر ردپای اکولوژیکی داشته و موجب افزایش آن می‌شوند. در مدلFMOLS ردپای اکولوژیکی به ازای یک درصد افزایش در تولید محصولات کشاورزی به میزان ۱/۱۶۷ درصد و در مدل DOLS به میزان ۱/۵۶۶ درصد افزایش می‌یابد. افزایش تولیدات کشاورزی همراه با افزایش استفاده بیشتر از زمین‌های کشاورزی، مصرف آب، استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها، انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی و فرسایش خاک است. بنابراین می تواند تاثیر قابل توجهی بر EF بگذارد. این نتایج در مطالعات(2019) Gray and Moseley (2005); Nwokoro and Chima (2017); Olanipekun *et al,* نیز مورد تایید قرار گرفته است.

در هر دو مدل ضریب جمعیت کل بر ردپای اکولوژیکی مثبت و معنی‌دار است. زیرا رشد جمعیت با افزایش مصرف منابع طبیعی و سطوح بالاتر آلودگی همراه است. یافته‌های گزارش شده در مطالعات Sadorsky (2014) و McGranahan

نسخه پیش انتشار

(2010) به این نتیجه اعتبار می‌بخشد. همچنین Fakher *et al* (2023) در مطالعه خود نشان دادند که تراکم جمعیت از عواملی است که می‌تواند در کشورهای OPEC تاثیر منفی بر کیفیت محیط زیست بگذارد. با این حال، رابطه بین جمعیت و ردپای اکولوژیکی تنها با اندازه جمعیت تعیین نمی‌شود، بلکه توسط عواملی مانند تحصیلات، درآمد و سواد سلامت نیز تعیین می‌گردد.

لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر در هر دو رویکرد اثر منفی و معنی‌دار در بلندمدت بر روی بر ردپای اکولوژیکی دارد و افزایش یک درصدی در مصرف انرژی تجدیدپذیر منجر به کاهش ۰/۲۸۶درصدی ردپای اکولوژیکی در مدل FMOLS و ۰/۳۱۸ درصدی ردپای اکولوژیکی در مدل DOLS می‌شود. بعبارتی با افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر ردپای اکولوژیکی کاهش می‌یابد. دلیل این امر تأثیر شدید انرژی‌های فسیلی بر تخریب محیط‌زیست است که با انتظارات قبلی ما سازگار بود و در مطالعات Myers *et al,* (2010), Zhai *et al*, (2012), Al-Mulali *et al,* (2016) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. بعلاوه Nathaniel *et al* (2023) نیز در مطالعه خود نشان دادند که مصرف انرژی‌های تجدید پذیر در اقتصادهای نوظهر، انتشار CO_2 را کاهش می‌دهد.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که بهبود کیفیت مقررات تأثیر منفی و معنی‌داری بر ردپای اکولوژیکی دارد و می‌تواند به ماندگاری پروژه‌ها، برنامه‌ها و سیاست‌های محیط‌زیستی در طول زمان کمک کند. این نتیجه حاکی از آن است که اعتبار در حاکمیت قانون و عدم وجود بحران تولیدات کشاورزی کشورهای مورد تجزیه و تحلیل تأثیر می‌گذارد. Mueller and Mueller (2016) و Astuti, (2021) نیز در مطالعات خود به نتایج مشابه دست یافتند و در نهایت اثر متقابل تولیدات کشاورزی و درآمد ملی خالص تعدیل شده در هر دو رویکرد بر ردپای اکولوژیکی اثر منفی دارد ولی با تاثیر کم. این نتیجه نشان می‌دهد که هر چه سطح درآمد بالاتر باشد، تأثیر کشاورزی بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای منتخب کمتر است.

در نهایت، نتایج آزمون علیت گرنجر در جدول (۱۱) قابل مشاهده است.

جدول ۱۱- آزمون علیت گرنجر

Table 11- Granger causality tests

فرضیه صفر: **Null Hypothesis:**	**Obs** مشاهدات	**F** آماره **F-Statistic**	احتمال **Prob**
X1 does not Granger Cause Y X1 علت گرنجری Y نیست	216	12.3078	0.000***
Y does not Granger Cause X1 Y علت گرنجری X1 نیست		87.2094	0.000***
X2 does not Granger Cause Y X2 علت گرنجری Y نیست	216	4.62756	0.000***
		1.57408	0.209

نسخه پیش انتشار

Y does not Granger Cause X2 Y علت گرنجری X2 نیست	216	25.7096	0.000***
X3 does not Granger Cause Y X3 علت گرنجری Y نیست		1.31514	0.270
Y does not Granger Cause X3 Y علت گرنجری X3 نیست		9.95256	0.000***
X4 does not Granger Cause Y X4 علت گرنجری Y نیست	216	16.0789	0.000***
Y does not Granger Cause X4 Y علت گرنجری X4 نیست		6.44602	0.000***
X5 does not Granger Cause Y X5 علت گرنجری Y نیست	216	0.20013	0.8188
Y does not Granger Cause X5 Y علت گرنجری X5 نیست		35.5938	0.000***
X2 does not Granger Cause X1 X2 علت گرنجری X1 نیست	216	2.88609	0.058*
X1 does not Granger Cause X2 X1 علت گرنجری X2 نیست			

منبع: یافته‌های تحقیق(*، ** و ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

بر پایه یافته‌های پژوهش، مشاهده می‌شود که بین درآمد خالص ملی تعدیل‌شده و ردپای اکولوژیکی یک رابطه دوسویه علی وجود دارد. همچنین، رابطه علی تولید کشاورزی بر ردپای اکولوژیکی مورد تصدیق قرار گرفت ولی رابطه معکوس آن اثبات نشده است. بر این اساس، افزایش تولید در بخش کشاورزی به طور مستقیم بر اکوسیستم تأثیرگذار است، محصولات کشاورزی به طرق گوناگونی مانند انتشار دی‌اکسید کربن، استفاده از زمین و تنوع زیستی، بر ردپای اکولوژیکی اثرگذار هستند. این تأثیر به‌ویژه در محصولات غذایی حاصل از منابع دامی مشهود است که به انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرده و تولید دام به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع انتشار متان و اکسید نیتروژن شناخته می‌شود. علاوه بر این، روش‌های کشاورزی ممکن است به آلودگی، فرسایش خاک و جنگل‌زدایی منجر شود که این عوامل نیز به نوبه خود بر تنوع زیستی و محیط‌زیست تأثیر می‌گذارند. از دیگر یافته‌های این پژوهش رابطه علیت یک‌سویه‌ای از جمعیت به ردپای اکولوژیکی است که بیانگر این است که افزایش جمعیت می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر محیط‌زیست داشته باشد، به این صورت که با رشد جمعیت، تقاضا برای منابع و مصرف انرژی افزایش می‌یابد و در نهایت به ردپای اکولوژیکی بزرگ‌تر منجر می‌شود. همچنین، نتایج مطالعه، رابطه‌ای دوسویه بین ردپای اکولوژیکی و مصرف انرژی تجدیدپذیر را آشکار ساخته است. تحقیق همچنین نشان داده است که بین کیفیت نظارتی و ردپای اکولوژیکی یک رابطه علیت یک‌طرفه وجود دارد و کیفیت نظارتی می‌تواند در کاهش ردپای اکولوژیکی مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

نسخه پیش انتشار

هدف اصلی این مطالعه بررسی نقش احتمالی درآمد به عنوان یک عامل تعدیل‌کننده در رابطه بین تولید کشاورزی و تخریب محیط‌زیست در کشورهای منتخب بود. این تحقیق به دنبال بررسی تخریب محیط‌زیست و ارتباط آن با تولیدات کشاورزی است که یکی از مشکلات مهم جامعه معاصر محسوب می‌شود. مطالعه بر ضرورت تحلیل همزمان مشکلات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و عوامل اقتصادی و اجتماعی تاکید دارد. این تحلیل برای بهبود اثربخشی سیاست‌های محیط‌زیستی ضروری است. تقاضای رو به رشد برای کالاهای مصرفی در اقتصاد جهانی به افزایش فشارهای محیط‌زیستی منجر می‌شود. افزایش تولید کشاورزی، اغلب با گسترش زمین‌های کشاورزی و استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، به تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود. این وضعیت دوگانگی پیچیده‌ای بین تامین امنیت غذایی و حفاظت از محیط‌زیست ایجاد می‌کند. راهبردهای کشاورزی پایدار بر نوآوری و افزایش بهره‌وری تاکید دارند که می‌توانند از گسترش بی‌رویه زمین‌های کشاورزی جلوگیری کرده و تهدیدات بر تنوع زیستی را کاهش دهند. حفظ پوشش گیاهی برای تصفیه طبیعی منابع آب و بهبود کیفیت هوا، به‌ویژه در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی با حجم بالا، اهمیت بالایی دارد. کشاورزی ارگانیک با کاهش وابستگی به مواد شیمیایی مضر به حفظ حاصلخیزی خاک و امنیت غذایی کمک می‌کند. اجرای ابتکاراتی که هزینه‌ها را کاهش داده و سطح دانش و مهارت‌های مرتبط با کشاورزی ارگانیک را بهبود می‌بخشند، برای توسعه پایدار کشاورزی مفید است. همچنین، تعیین قیمت‌های رقابتی برای محصولات ارگانیک در مقایسه با محصولات کشاورزی سنتی می‌تواند به تداوم و گسترش آن‌ها در بازار کمک کند. نتایج نشان داد که درآمد و تولیدات کشاورزی باعث تشدید تخریب محیط‌زیست می‌شوند. اثر متقابل این دو متغیر تایید می‌کند که درآمد نقش تعدیل‌کننده در رابطه بین تولید کشاورزی و تخریب محیط‌زیست ایفا می‌کند. افزایش سطح درآمد، تأثیر منفی کشاورزی بر محیط‌زیست را کاهش می‌دهد. درآمد پایین ممکن است کشاورزان را به استفاده از شیوه‌های کشاورزی ناپایدار سوق دهد که شامل سوزاندن بقایای گیاهی، قطع بی‌رویه درختان، روش‌های آبیاری ناکارآمد و استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی است که همگی به تخریب محیط‌زیست منجر می‌شوند. بنابراین، دولت‌ها و سیاست‌گذاران باید بر رفع فقر و ارتقاء سطح درآمد تمرکز کنند و از راهکارهای مالی برای تشویق به کشاورزی پایدار استفاده کنند.

استفاده گسترده از منابع انرژی تجدیدپذیر و اجرای قوانین محیط‌زیستی موثر، در کاهش نرخ تخریب محیط‌زیست نقش بسزایی دارند. مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کنار بهره‌گیری از سیاست‌های تشویقی مالیاتی، مانند کاهش مالیات بر درآمد برای تولیدات ارگانیک، به افزایش توجه به روش‌های پایدار تولید کمک می‌کند. مصرف انرژی از منابع غیر آلاینده، تولید کشاورزی را بهبود می‌بخشد (Ben Jebli and Youssef, 2019؛ Lefore *et al*, 2021).

نسخه پیش انتشار

ثبات سیاسی به معنای پیش‌بینی‌پذیری در سیاست‌ها و قوانین است که امکان برنامه‌ریزی بلندمدت و سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی را افزایش داده و توسعه پایدار را تسهیل می‌کند. رعایت حاکمیت قانون، از جمله احترام به قوانین و نظم عمومی، بستر مناسبی برای دستیابی به نتایج مطلوب در سیاست‌های کشاورزی فراهم می‌آورد. سیاست‌گذاران می‌توانند با استفاده از سیستم‌های حکومتی الکترونیکی، فرایندهای مدیریتی را بهینه‌سازی کرده، هزینه‌ها را کاهش داده و مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی در بخش کشاورزی را تقویت کنند. در نهایت، تضاد بین رشد جمعیت و منابع طبیعی محدود می‌تواند به فشار زیادی بر منابع محیط‌زیستی و توانایی‌های اقتصادی کشورها منجر شود. مدیریت جمعیت باید به عنوان یک اولویت در برنامه‌ریزی سیاستی کشورها قرار گیرد. توجه به این موضوع می‌تواند به کاهش فشارهای محیط‌زیستی و بهبود شرایط اقتصادی از طریق الگوهای پایدار توسعه و برنامه‌ریزی منابع کمک کند.

با توجه به نتایج مطالعه، پیشنهادات زیر می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا پایداری کشاورزی و کاهش تخریب محیط‌زیست را محقق کنند:

۱. ایجاد برنامه‌های رفاهی و حمایت‌های مالی برای افزایش درآمد کشاورزان و کاهش فقر، از جمله ارائه یارانه‌ها، تسهیلات مالی و دسترسی به وام‌های با بهره کم.

۲. ترویج کشاورزی پایدار از طریق ایجاد سیاست‌های تشویقی مانند کاهش مالیات بر درآمد برای تولیدات ارگانیک.

۳. توسعه زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های خورشیدی و بادی برای کاهش وابستگی به منابع انرژی آلاینده.

۴. تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در فرآیندهای کشاورزی از طریق ارائه مشوق‌های مالی و کاهش مالیات.

۵. توسعه و ترویج فناوری‌های نوین کشاورزی مثل سیستم‌های آبیاری هوشمند، پهپادها برای نظارت بر مزارع و نرم‌افزارهای مدیریت مزرعه برای افزایش بهره‌وری کشاورزی و کاهش تخریب محیط‌زیست.

۶. تقویت قوانین حفاظت از محیط‌زیست و ایجاد سیستم‌های نظارتی کارآمد برای اجرای این قوانین و برخورد با تخلفات محیط‌زیستی.

۷. اجرای برنامه‌هایی برای حفظ و بازسازی پوشش گیاهی و منابع آب طبیعی که به تصفیه طبیعی آب و بهبود کیفیت هوا کمک می‌کنند.

نسخه پیش انتشار

۸. ترویج کشاورزی ارگانیک و پایدار که با کاهش استفاده از مواد شیمیایی مضر، به حفظ حاصلخیزی خاک و تنوع زیستی کمک می‌کند.

این پیشنهادات می‌تواند به دولت‌ها و سیاست‌گذاران کمک کند تا با ایجاد توازن بین توسعه کشاورزی و حفاظت از محیط‌زیست، به پایداری بلندمدت دست یابند.

به علاوه در این پژوهش باتوجه به محدودیت های موجود در جمع آوری اطلاعات و داده های رسمی، تفاوت‌های بین‌المللی در روش‌های کشاورزی، سیاست‌های اقتصادی و محیط زیستی، سطح تکنولوژی، شرایط جغرافیایی و آب و هوایی مورد بررسی قرار نگرفت این در حالی که هر یک از این موارد ممکن است بر نتایج مطالعه تأثیر بگذارد و نیاز به تحلیل‌های بیشتری دارد. همچنین بررسی در دوره های زمانی طولانی تر امکان بررسی دقیق تر تغییرات را فراهم می کند. لذا توجه به این محدودیت‌ها و پیشنهادات در تحقیقات آتی می‌توانند به درک بهتر و جامع‌تر از رابطه بین تولیدات کشاورزی، درآمد و تخریب محیط زیست کمک کنند و راهکارهای عملی تر و متفاوتی برای ارایه به سیاستگذاران ارایه دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

پی‌نوشت‌ها

[1] Environmental Kuznets curve
[2] Global Hectare
[3] Biocapacity
[4] نشان‌دهنده توانایی دولت‌ها در هر کشور برای تدوین و اجرای سیاست‌های صحیح و موثر و همچنین مقررات کارآمد فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف اقتصاد است
[5] dynamic ordinary least squares
[6] fully modified ordinary least squares

منابع

References

1. Abid, M., 2015. The close relationship between informal economic growth and carbon emissions in Tunisia since 1980: The (ir) relevance of structural breaks. Sustainable Cities and Society, 15, 11-21. https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.11.001.
2. Adetunji, C.O. and Osarenotor, O., 2021. Essential Soil Functions for Enhanced Agricultural Productivity and Food Production. In Applied Soil Chemistry (eds Inamuddin, M.I. Ahamed, R. Boddula and T. Altalhi). https://doi.org/10.1002/9781119711520.ch12
3. Agudelo, C., Rivera, B., Tapasco, J. and Estrada, R., 2003. Designing policies to reduce rural poverty and environmental degradation in a hillside zone of the Colombian Andes.World Dev. 31 (11), 1921–1931. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.06.007

نسخه پیش انتشار

4. Akadiri, S.S., Bekun, F.V., Taheri, E., and Akadiri, A.C., 2019. Carbon emissions, energy consumption and economic growth: a causality evidence. Int. J. Energy Technol. Policy 15 (2–3), 320–336. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.06.007.

5. Aktar, W., Sengupta, D. and Chowdhury, A., 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards, Interdiscipl Toxicol. 2 (1): 1–12 https://doi.org/10.2478%2Fv10102-009-0001-7
6. Ali, A., 2004. Technological change in agriculture and land degradation in Bangladesh: a case study, Land Degrad. Dev. 15 (3) 283–298. https://doi.org/10.1002/ldr.617
7. Al-Mulali, U., Ozturk, I. and Solarin, S.A., 2016. Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in seven regions: the role of renewable energy. Ecol. Indic. 67, 267–282. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.059.
8. Al-Mulali, U., Saboori, B. and Ozturk, I., 2015a. Investigating the environmental kuznets curve hypothesis in vietnam. Energy Policy 76, 123–131. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.019.
9. Al-Mulali, U., Sheau-Ting, L. and Ozturk, I., 2015b. The global move towards internet shopping and its influence on pollution: an empirical analysis. Environ. Sci.Pollut. Res. Int. 22 (13), 9717–9727. https://doi.org/10.1007/s11356-015-4142-2
10. Al-Mulali, U., Tang, C.F. and Ozturk, I., 2015c. Estimating the environment Kuznetscurve hypothesis: evidence from latin america and the caribbean countries. Renewable Sustain Energy Rev. 50, 918–924. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.017
11. Alola, A.A., Yalçiner, K., Alola, U.V. and Saint Akadiri, S., 2019. The role of renewable energy, immigration and real income in environmental sustainability target. Evidence from Europe largest states. Sci. Total Environ. 674, 307–315. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.163
12. Apergis, N. and Ozturk, I., 2015. Testing environmental Kuznets hypothesis in Asian countries. Ecol. Indic. 52 (2), 16–22. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.026
13. Arora, N.K., 2019. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. Environ. Sustain. 2, 95–96. https://doi.org/ 10.1007/s42398-019-00078-w.
14. Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C., Jansson, B.O., Levin, S., Maler, K.G., Perrings, C. and Pemental, D., 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment. Ecol. Econ. 15 (2), 91–95. https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00059-3
15. Astuti, R., 2021. Governing the ungovernable: The politics of disciplining pulpwood and palm oil plantations in Indonesia's tropical peatland. Geoforum 124, 381–391. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.03.004
16. Ayinde, A., Ayansina, S., Ibrahim, S. and Oyebode, D., 2021. Nexus between job stress and employees retention in the agricultural development programmes: evidence from Oyo state agricultural development programme, Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management, Vol. 14 No. 1, pp. 59-73. doi: https://ejesm.org/doi/v14i1.5
17. Bagliani, M., Bravo, G. and Dalmazzone, S., 2008. A consumption-based approach to Environmental Kuznets Curve using the ecological indicator. Ecol. Econ. 65 (3),650–661. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.01.010

نسخه پیش انتشار

18. Baltagi, B.H., 2005. Econometric Analysis of Panel Data. 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
19. Bekun, F.V., Alola, A.A. and Sarkodie, S.A., 2019. Toward a sustainable environment: nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and non renewable energy in 16-EU countries. Sci. Total Environ. 657, 1023–1029. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.104
20. Bellarby, J., Foereid, B. and Hastings, A., 2008. Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential.
21. Bello, A.K. and Abimbola, O.M., 2010. Does the level of economic growth influence environmental quality in Nigeria: a test of environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis. Pak. J. Soc Sci. 7 (4), 325–329. DOI:10.3923/pjssci.2010.325.329.
22. Ben Jebli, M. and Ben Youssef, S., 2019. Investigating the interdependence between nonhydroelectric renewable energy, agricultural value added, and arable land use in Argentina. Environ. Model. Assess. 24 (5), 533–546. https://doi.org/10.1007/s10666-018-9635-1
23. Bergstrom, T.C., Goodman, R.P., 1973. Private demand for public goods. Am. Econ.Rev. 63 (3), 280–296.
24. Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., Lazarus, E.,Morales, J.C., Wackernagel, M. and Galli, A., 2013. Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. Ecol. Indic. 24, 518–533. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005.
25. Boulatoff, C. and Jenkins, M., 2010. Long-term nexus between openness, income and environmental quality. Int. Adv. Econ. Res. 16 (4), 410–418. https://doi.org/10.1007/s11294-010-9283-y
26. Caviglia-Harris, J.L., Chambers, D. and Kahn, J.R., 2009. Taking the U out of Kuznets: a comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation. Ecol. Econ.68 (4), 1149–1159. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.08.006
27. Cerdeira Bento, J.P., 2014. The Determinants of CO2 Emissions: Empirical Evidence From Italy (No. 59166). University Library of Munich, Germany. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/59166
28. Cervantes-Godoy, D. and Dewbre, J., 2010. Economic importance of agriculture for poverty reduction, OECD Food, Agriculture and Fisheries Working Papers 23
29. Chhachhar, A.R., Qureshi, B., Khushk, G.M. and Ahmed, S., 2014. Impact of information and communication technologies in agriculture development. J. Basic Appl. Sci. Res. 4 (1), 281–288.
30. Cleaver, K. and Schreiber, G., 1993. The Population, Agriculture and Environment Nexus in Sub-Saharan Africa. https://www.elibrary.imf.org/view/journals/022/0029/002/article-A011-en.xml
31. Cornelia, P.G., 2014. True cost economics: ecological footprint. Procedia Econ. Fin.8, 550–555. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00127-0
32. Costanza, R., 2000. The dynamics of the ecological footprint concept. Ecol. Econ. 32,341–345. http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00150-0

نسخه پیش انتشار

33. Daly, H.E. and Farley, J., 2004. Ecological Economics: Principles and Application. Island Press, Washington, USA. https://islandpress.org/books/ecological-economics-second-edition#desc
34. Das, S., Munshi, M.N. and Kabir, W., 2017. The impact of ICTs on agricultural production in Bangladesh: A study with food crops. SAARC J. Agr. 14 (2), 78–89. https://doi.org/10.3329/sja.v14i2.31247.
35. Davis, S.J. and Caldeira, K., 2010. Consumption-based accounting of CO_2 emissions. Proc. 107 (12), 5687–5692. https://doi.org/10.1073/pnas.0906974107
36. Destek, M.A. and Ozsoy, F.N., 2015. Relationships between economic growth, energy consumption, globalization, urbanization and environmental degradation in Turkey. Int. J. Energy Stat. 3 (04), 1550017. https://doi.org/10.1142/S2335680415500179
37. Diao, X., Hazell, P.B., Resnick, D. and Thurlow, J. 2007. The Role of Agriculture in Development: Implications for Sub-Saharan Africa, International Food Policy Research Institute, IFPRI, Washington, DC. https://ageconsearch.umn.edu/record/55405/files/dsgdp29.pdf
38. Dietz, T., Rosa, E. and York, R., 2007. Driving the human ecological footprint. Front.Ecol. Environ. 5 (1), 13–18. https://www.jstor.org/stable/20440554
39. Dinda, S. and Coondoo, D., 2006. Income and emission: a panel data-based cointegration analysis. Ecol. Econ. 57, 167–181. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.028
40. Dorosh, P. and Thurlow, J., 2018. Beyond agriculture versus non-agriculture: decomposing sectoral growth-poverty linkages in five African countries. World Development, Vol. 109, pp. 440-451. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.08.014
41. Dourandish, A., Ghorbani, M., mazhari, M. and Abbasi, F., 2019. Identifying the Interaction between Mechanization and Agricultural Employment in the Agriculture Section (Case Study: Khorasan Razavi Province). Agricultural Economics, 12(4), 127-148. doi: 10.22034/iaes.2019.95624.1640
42. EIA (Energy Information Administration)., 2023. https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/index.php
43. Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A. and Wackernagel, M., 2010. Ecological Footprint Atlas 2010. Global Footprint Network, Oakland. https://www.uky.edu/~tmute2/GEI-Web/password-protect/GEI-readings/Ecological_Footprint_Atlas_2010.pdf
44. Fakher, H. A. and Ahmed, Z., 2023. Does financial development moderate the link between technological innovation and environmental indicators? An advanced panel analysis. Financial Innovation, 9(1), 112. https://doi.org/10.1186/s40854-023-00513-2
45. Fakher, H. A. and Inglesi-Lotz, R., 2022. Revisiting environmental Kuznets curve: an investigation of renewable and non-renewable energy consumption role. Environmental science and pollution research, 29(58), 87583-87601. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21776-9
46. Fakher, H. A., Ahmed, Z., Acheampong, A.O. and Nathaniel, S.P., 2023. Renewable energy, nonrenewable energy, and environmental quality nexus: An investigation of the N-shaped Environmental Kuznets Curve based on six environmental indicators. Energy, 263, 125660. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125660
47. Fakher, H. A., Ahmed, Z., Alvarado, R., and Murshed, M., 2022. Exploring renewable energy, financial development, environmental quality, and economic growth nexus: new evidence from

composite indices for environmental quality and financial development. Environmental Science and Pollution Research, 29(46), 70305-70322. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20709-w

48. Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K. and Zeraatkish, S. Y., 2021a. Investigating marginal effect of economic growth on environmental quality based on six environmental indicators: does financial development have a determinative role in strengthening or weakening this effect?. Environmental science and pollution research, 28(38), 53679-53699. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14470-9
49. Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K. and Zeraatkish, S. Y. 2021. New insight into examining the role of financial development in economic growth effect on a composite environmental quality index. Environmental science and pollution research, 28(43), 61096-61114. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15047-2
50. Fakher, H.A. and Murshed, M., 2023. Does financial and economic expansion allow for environmental sustainability? Fresh insights from a new composite index and PSTR analysis. Journal of Environmental Planning and Management, 1-24. https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2205997
51. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)., 2023. https://www.fao.org/faostat/en/#home
52. Fodha, M. and Zaghdoud, O., 2010. Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: an empirical analysis of the environmental Kuznets curve. Energy Policy 38 (2), 1150–1156. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.002
53. Fróna, D., Szenderák, J. and Harangi-Rákos, M., 2019. The challenge of feeding the world. Sustainability 11 (20), 5816. https://doi.org/10.3390/su11205816.
54. Galli, A., Kitzes, J., Niccolucci, V., Wackernagel, M., Wada, Y. and Marchettini, N., 2012a. Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint. A focus on China and India. Ecol Indic. 17, 99–107. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.022
55. Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. and Giljum, S., 2012b. Integrating ecological, carbon and water footprint into a 'Footprint Family' of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. Ecol.Indic. 16, 100–112. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017
56. GFN (Global Footprint Network)., 2023. https://www.footprintnetwork.org/.
57. Granger, C.W.J., 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. Econometrica 37 (3), 424–438. https://doi.org/10.2307/1912791
58. Gray, L.C. and Moseley, W.G., 2005. A geographical perspective on poverty–environment interactions. Geogr. J. 171 (1), 9–23. https://www.jstor.org/stable/3451384
59. Grossman, G. and Krueger, A., 1991. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. National Bureau of Economic Research, Washington DC, Working Paper No. 3914. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf
60. Gujarati, D.N., 2004. Basic Econometrics. 4th Edition, McGraw-Hill Companies. https://zalamsyah.staff.unja.ac.id/wp-content/uploads/sites/286/2019/11/7-Basic-Econometrics-4th-Ed.-Gujarati.pdf
61. Gupta, A., Ponticelli, J. and Tesei, A., 2021. Access to Information, Technology Adoption and Productivity: Large-scale Evidence from Agriculture in India. Technology Adoption and

Productivity: Large-scale Evidence from Agriculture in India. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3335542.

62. Hervieux, MS. and Darné, O., 2014. Production and consumption-based approaches for the Environmental Kuznets Curve in Latin America using Ecological Footprint. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00958692.
63. Hofstra, N. and Vermeulen, L.C., 2016. Impacts of population growth, urbanisation and sanitation changes on global human Cryptosporidium emissions to surface water. Int. J. Hyg. Environ. Health 219, 599–605. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.06.005
64. Im, K.S., Pesaran, M.H. and Shin, Y., 2003. Testing for unit roots in heterogeneous panels. J, Econ. 115, 53–74. https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7
65. Johnson, J.M.F., Franzluebbers, A.J.,Weyers, S.L. and Reicosky, D.C., 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. Environ. Pollut. 150 (1), 107–124. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.030
66. Jorgenson, A.K. and Burns, T.J., 2007. The political-Economic causes of change in the ecological footprints of nations, 1991-2001. Soc. Sci. Res. 36, 834–853. https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2006.06.003
67. Jorgenson, A.K. and Rice, J., 2005. Structural dynamics of international trade and material consumption: a cross-National study of the ecological footprints of less developed countries. J. World Syst. Res. 11, 57–77. http://dx.doi.org/10.5195/jwsr.2005.393
68. Jorgenson, A.K., 2003. Consumption and environmental degradation: across-national analysis of the Ecological Footprint. Soc. Probl. 50, 374–394. https://doi.org/10.1525/sp.2003.50.3.374
69. Kanemoto, K., Moran, D., Lenzen, M. and Geschke, A., 2014. International trade undermines national emission reduction targets: New evidence from air pollution. Global Environ. Change 24, 52–59. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.09.008
70. Kao, C., 1999. Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. Journal of Econometrics, 90(1): 1-44. https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2
71. Kogo, B.K., Kumar, L. and Koech, R., 2021. Climate change and variability in Kenya: a review of impacts on agriculture and food security, Environment, Development and Sustainability, 23(1) , 23-43. DOI: 10.1007/s10668-020-00589-1
72. Kuznets, S., 1955. Economic growth and income inequality. Am. Econ. Rev. 45 (1),1–28. https://www.jstor.org/stable/1811581
73. Lefore, N., Closas, A., Schmitter, P., 2021. Solar for all: A framework to deliver inclusive and environmentally sustainable solar irrigation for smallholder agriculture. Energy Policy 154, 112313. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112313.
74. Lenzen, M. and Murray, S.A., 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. Ecol. Econ. 37 (2), 229–255. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00275-5
75. Lenzen, M. and Murray, S.A., 2003. The Ecological Footprint–Issue and Trends. TheUniversity of Sydney, Sydney, ISA Research Paper 01-03

http://www.isa.org.usyd.edu.au/publications/documents/Ecological Footprint Issues and Trends.pdf.

76. Levin, A., Lin, C.F. and Chu, C.S., 2002. Unit root tests in panel data: asymptotic andfinite sample properties. J. Econ. 108, 1–24. https://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00098-7
77. Liu, J., Mooney, H., Hull, V., Davis, S.J., Gaskell, J., Hertel, T. and Li, S., 2015. Systems integration for global sustainability. Sci. 347 (6225). https://doi.org/10.1126/science.1258832
78. López-Feldman, A., 2014. Shocks, income and wealth: do they affect the extraction of natural resources by rural households? World Dev. 64, S91–S100. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.012
79. Maraseni, T.N. and Qu, J., 2016. An international comparison of agricultural nitrous oxide emissions. J. Cleaner Prod. 135, 1256–1266. https://doi.org/10.1016/j jclepro.2016.07.035.
80. McCright, A.M. and Dunlap, R.E., 2000. Challenging global warming as a social problem: An analysis of the conservative movement's counter-claims. Social problems, 47(4), 499-522. https://doi.org/10.2307/3097132.
81. McGranahan, G., 2010. The Citizens at Risk: From Urban Sanitation to Sustainable Cities. Earthscan. http://library.yazd.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=1042&Field=0&DTC=124
82. Milovanovic, S., 2014. The role and potential of information technology in agricultural improvement. Econ. Agr. 61 (2), 471–485. http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.175295
83. Moran, D.D., Wackernagel, M., Kitzes, J.A., Goldfinger, S.H. and Boutaud, A., 2008. Measuring sustainable development. Ecol. Econ. 32, 359–362. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/801Measuring_sustainable_development.pdf
84. Mostafa, M.M., 2010. Clustering the ecological footprint of nations using Kohonen'sself-organizing maps. Expert Syst. Appl. 37, 2747–2755. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.016
85. Mueller, B. and Mueller, C., 2016. The political economy of the Brazilian model of agricultural development: Institutions versus sectoral policy. Quart. Rev. Econ. Finance. 62, 12–20. https://doi.org/10.1016/j.qref.2016.07.012
86. Myers, K.S., Klein, S.A. and Reindl, D.T., 2010. Assessment of high penetration of solar photovoltaics in Wisconsin. Energy Policy 38 (11), 7338–7345. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.008
87. Nana-Sinkam, S.C., 1995. Land and Environmental Degradation and Desertification in Africa. UNECA. https://hdl.handle.net/10855/19009
88. Nasrnia. F., Roshan Cheraghian. P. and Ashktorab. N., 2022 ., Role of Agricultural Activities on Environmental Degradation based on Ecological Footprint in Selected MENA Countries, Strategic Research Journal Of Agricultural Sciences and Natural Resources,. Volume:7, Issue:1 Page(s): 79-92. https://sid.ir/paper/1055017/en.
89. Nathaniel, S. P., Ahmed, Z., Shamansurova, Z. and Fakher, H. A. 2024. Linking clean energy consumption, globalization, and financial development to the ecological footprint in a developing

country: Insights from the novel dynamic ARDL simulation techniques. Heliyon, 10(5). https://doi.org/10.1016%2Fj.heliyon.2024.e27095

90. Nathaniel, S. P., Solomon, C. J., Ajide, K. B., Ahmed, Z. and Fakher, H. A., 2023. Striving towards carbon neutrality in emerging markets: the combined influence of international tourism and eco-friendly technology. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 30(7), 760-775. https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2195831
91. Niccolucci, V., Tiezzi, E., Pulselli, F. and Capineri, C., 2012. Biocapacity vs Ecological Footprint of world regions: a geopolitical interpretation. Ecol. Indic. 16, 23–30. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.002
92. Noferesti, M., 1999. Unit root and cointegration in econometrics. *Rasa Cultural Service Institute, Tehran.*
93. Nunes, F., de Jesus Alves, L., de Carvalho, C., Gross, E., de Marchi Soares, T. and Prasad, M., 2020. Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security, Climate Change and Soil Interactions. 229–269. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00009-6
94. Nwokoro, C.V. and Chima, F.O., 2017. Impact of environmental degradation on agricultural production and poverty in rural Nigeria. Am. Int. J. Contemp. Res. 7, 2. https://www.aijcrnet.com/journals/Vol_7_No_2_June_2017/2.pdf
95. Olanipekun, I.O., Olasehinde-Williams, G.O. and Alao, R.O., 2019. Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income. Science of the Total Environment, 692, 60-67. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.129
96. Olowu, G., Bein, M. and Olasehinde-Williams, G., 2018. Examining the relationship between financial development, sustainable economic opportunity and ecological footprint in sadc countries. Appl. Ecol. Environ. Res. 16 (5), 7171–7190. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1605_71717190
97. Ozturk, I. and Acaravci, A., 2010. CO_2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. Renewable Sust. Energy Rev. 14, 3220–3225. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005
98. Panayotou, T., 1993. Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. Environ. Dev. Econ. 2 (4), 465–484. https://www.jstor.org/stable/44379189
99. Pedroni, P., 1997. Panel Cointegration; Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests, with an Application to the PPP Hypothesis: New Results. Indiana University, Working Paper. https://www.jstor.org/stable/3533533
100. Pedroni, P., 1999. Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels and the case of purchasing power parity. Working Paper in Economics, Indiana University. https://doi.org/10.1016/S0731-9053(00)15004-2
101. Pedroni, P., 2000. Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. Non stationary Panels. Panel Cointegration Dyn. Panels 15, 93–130. https://doi.org/10.1016/S0731-9053(00)15004-2
102. Pedroni, P., 2001. Purchasing power parity tests in cointegrated panels. Rev. Econ. Stat. 3 (A), 121 li. https://www.jstor.org/stable/3211767

103. Pedroni, P., 2004. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. Econ. Theory 20 (3), 597–625. https://www.jstor.org/stable/3533533
104. Pendrill, F., Persson, U.M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S. and Wood, R., 2019. Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. Global Environ. Change 56, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.002
105. Pesaran, H., 2004. General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. CESifo Working Papers. 69. 10.2139/ssrn.572504. https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7
106. Rehman, A., Ma, H. and Ozturk, I., 2020. Decoupling the climatic and carbon dioxide emission influence to maise crop production in Pakistan. Air Qual., Atmos. Health. 13 (6), 695–707. https://doi.org/10.1007/s11869-020-00825-7.
107. Rosa, E.A., York, R. and Dietz, T., 2004. Tracking the anthropogenic drivers of ecological impacts. Ambio 33 (8), 509–512. https://www.jstor.org/stable/4315539
108. Rothman, D.S., 1998. Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck? Ecol. Econ. 25, 177–194. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00179-1
109. Saboori, B., Sulaiman, J. and Mohd, S., 2012. Economic growth and CO2 emissions in Malaysia: a cointegration analysis of the environmental kuznets curve. Energy Policy 51, 184–191. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.065.
110. Sadorsky, P., 2014. The effect of urbanization on CO_2 emissions in emerging economies. Energy Econ. 41, 147–153. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.11.007
111. Salahuddin, M., Alam, K. and Ozturk, I., 2016. The effects of internet usage and economic growth on CO2emissions in OECD countries: a panel investigation. Renewable Sust. Energy Rev. 62, 1226–1235. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.018
112. Salahuddin, M., Gow, J., 2014. Economic growth, energy consumption and CO_2 emissions in Gulf Cooperation Council countries. Energy 73, 44–58. https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.054
113. Salinger, M.J., Stigter, C.J. and Das, H.P. 2000. Agrometeorological adaptation strategies to increasing climate variability and climate change. Agricultural and Forest Meteorology, 103(1- 2), 167-184. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00110-6
114. Scherr, S.J. and McNeely, J.A., 2008. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture'landscapes. Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci. 363 (1491), 477–494. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2165
115. Seldeon, T.M. and Song, D., 1994. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? J. Environ. Econ. Manage. 27 (2),147–152. https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1031
116. Shahbaz, M., Dube, S., Ozturk, I. and Jalil, A., 2015. Testing the environmental Kuznets curve hypothesis in Portugal. Int. J. Energy Econ. Pol. 5 (2), 475–481. https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/1126
117. Shahiduzzaman, M. and Alam, K., 2012. Relationship between CO_2 emissions and income in Australia: is there any evidence of an EKC? In: Paper Presented at 41St Australian Conference of

Economists, 8–12 July, Melbourne. http://ace2012.org.au/ACE2012/11_-_Conference_Papers/Conference_Proceedings.aspx

118. Shahiduzzaman, M., Layton, A. and Alam, K., 2015. Decomposition of energy-related CO_2 emissions in Australia: challenges and policy implications. Econ. Anal.Policy 45, 100–111. https://doi.org/10.1016/j.eap.2014.12.001
119. Shahiduzzaman, Md. and Alam, K., 2014. A reassessment of energy and GDP relationship: the case of Australia. Environ. Dev. Sustain. 16, 323–344. https://doi.org/10.1007/s10668-013-9479-4
120. Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L. and Fixen, P.E., 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agric. Ecosyst. Environ. 133 (3–4), 247–266. https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.021
121. Solarin, S.A. and Al-Mulali, U., 2018. Influence of foreign direct investment on indicators of environmental degradation. Environ. Sci. Pollut. Res. 25 (25), 24845–24859. https://doi.org/10.1007/s11356-018-2562-5
122. Tarazkar,M., Kargar Dehbidi, N. and shokoohi,Z., 2019. Estimating the ecological footprint of agricultural production in D-8 Islamic countries, Environmental Science, 16(4), 17-32. (In Persian with English abstract)
123. Tietenberg, T. and Lewis, L., 2012 Environmental and Natural Resource Economic, Pearson Education, New Jersey.
124. Toth, G. and Szigeti, C., 2016. The historical ecological footprint: from over-populationto over-consumption. Ecol. Indic. 60, 283–291. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.040
125. Ulucak, R. and Bilgili, F., 2018. A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high-, middle- and low-income countries. J. Clean. Prod. 188, 144–157. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.191
126. Vackar, D., 2012. Ecological footprint, environmental performance and biodiversity: a cross-national comparison. Ecol. Indic. 16, 40–46. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.008
127. Van Pham, L. and Smith, C., 2014. Drivers of agricultural sustainability in developing countries: A review. Environ. Syst. Decis. 34 (2), 326–341. https://doi.org/10.1007/s10669-014-9494-5.
128. Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. and Ingram, J.S.I., 2012. Climate change and food systems. Annu. Rev. Agr. Econ. 37 (1), 195–222. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608
129. Wackernagel, M. and Rees, W.E., 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island. https://faculty.washington.edu/stevehar/footprint.pdf
130. Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N.B., Erb, K.-H., Haberl, H. and Krausmann, F., 2004. Calculating national and global ecological footprint time series:resolving conceptual challenges. Land Use Policy 21 (3), 271–278. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.006
131. Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R. and Randers, J., 2002. Tracking the ecological overshoot of

نسخه پیش انتشار

the human economy. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 99(14), 9266–9271. https://doi.org/10.1073/pnas.142033699

132. Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P. and Wang, Q.W., 2011. CO_2 emissions, energy consumption and economic growth in China: a panel data analyses. Energy Policy 39 (9), 4870–4875. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.032
133. Watson, R. T. and Albritton, D.L. 2001. Climate change 2001: synthesis report:[a report of the Intergovernmental Panel on Climate Change]. IPCC https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_TAR_full_report.pdf
134. WDI (World Development Indicators)., 2023. https://databank.worldbank.org/home.aspx
135. WGI (Worldwide Governance Indicators)., 2023. https://www.worldbank.org/en/publication/worldwide-governance-indicators
136. Wolde-Rufael, Y., 2009. Energy consumption and economic growth: the experience of African countries revisited. Energy Econ. 31 (2), 217–224. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.11.005
137. Wood, R. and Garnett, S., 2010. Regional sustainability in Northern Australia-a quantitative assessment of social, economic and environmental impacts. Ecol. Econ. 69 (9), 1877–1882. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.006
138. York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T., 2003. Footprints on the earth: the environmental consequences of modernity. Am. Sociol. Rev. 68 (2), 279–300. https://doi.org/10.2307/1519769
139. York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T., 2004. The ecological footprint intensity of national economies. J. Ind. Ecol. 8 (4), 139–154. https://doi.org/10.1162/1088198043630487
140. York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T., 2009. A tale of contrasting trends: three measures of the ecological footprint in China, India, Japan and the United States. Am. Sociol.Rev. 15 (2), 134–146. https://doi.org/10.5195/jwsr.2009.319
141. Zhai, P., Larsen, P., Millstein, D., Menon, S. and Masanet, E., 2012. The potential for avoided emissions from photovoltaic electricity in the United States. Energy 47 (1), 443–450. https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.08.025

نسخه پیش انتشار