تحلیل عوامل مؤثر بر کیفیت محیط‌زیست در بخش کشاورزی ایران

مریم کنعانی[۱]، فاطمه‌فتحی[۲]، حسن آزرم[۳]

چکیده

در مطالعه حاضر، به منظور ارزیابی عوامل مؤثر بر کیفیت محیط‌زیست در بخش کشاورزی ایران طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۷۵ از رهیافت خود توضیحی با وقفه‌های گسترده (ARDL) استفاده شد. با توجه به ادبیات موجود، اثر متغیرهای تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش کشاورزی، مصرف انرژی بخش کشاورزی و سطح زیر کشت غلات بر روی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به عنوان شاخصی از کیفیت محیط‌زیست بررسی شده است. نتایج برآورد مدل بلندمدت نشان داد که متغیر سطح زیر کشت غلات بیشترین تأثیر مثبت را بر انتشار گاز دی اکسیدکربن در بخش کشاورزی ایران دارد. به عبارتی، انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به سطح زیر کشت غلات کشش‌پذیر است. همچنین، رشد اقتصادی و مصرف انرژی در بخش کشاورزی سبب افزایش انتشار CO_2 در این بخش خواهد شد. علاوه بر این، بین متغیر ارزش افزوده بخش کشاورزی و انتشار CO_2 در این بخش ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. با توجه اثر مثبت و قابل توجه متغیرهای مورد مطالعه بر انتشار آلودگی، اصلاح الگوی مصرف انرژی به منظور افزایش بهره‌وری این نهاده و برنامه‌ریزی برای ایجاد زیرساخت‌های سبز کشاورزی و نوآوری در فناوری‌های کم‌کربن می‌تواند در ایجاد تعادل بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست اثرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: انتشار دی‌اکسید کربن، تولید ناخالص داخلی، سطح زیر کشت غلات، مدل ARDL، ایران

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقتصادکشاورزی ، ، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
Email:kn.fariba@yahoo.com
[۲] استادیار اقتصادکشاورزی، دانشکده کشاورزی
[۳] دانشجوی دکترای اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

در دهه‌های اخیر با افزایش بی‌سابقه جمعیت، تولید کشاورزی، تقاضای انرژی و رشد اقتصادی به منظور دستیابی به امنیت غذایی، انتشار دی‌اکسید کربن (CO2) به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است (Shahbaz et al., 2017; Adom et al., 2012**). انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند CO2 اثر غیرمولّد بر محیط‌زیست داشته و منجر به افزایش گرمایش جهانی شده است (Appiah et al., 2017). مجمع بین‌المللی تغییر اقلیم در گزارش خود اعلام می‌کند که میزان رشد جهانی انتشار CO2، به عنوان یک عامل مهم در گرم‌شدن کره زمین، از اوایل دهه ۱۹۶۰ تقریبا چهار برابر شده است (IPCC, 2014). این مجمع تأکید می‌کند که انتشار گاز CO_2 ناشی از مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای صنعتی از ۱۹۹۰ افزایش یافته است. به طوری‌که وخامت و بدی کیفیت محیط‌زیست به حد هشدار دهنده رسیده است و باعث افزایش نگرانی پیرامون گرمای جهانی و تغییر اقلیم شده است. ادامه این روند رفاه جوامع انسانی و اکوسیستم‌ها را با تهدید جدی مواجه کرده است (IPCC, 2007). در این راستا، در سال‌های گذشته شمار زیادی از مطالعات علمی به بررسی عوامل اثرگذار بر انتشار CO2 پرداخته‌اند.**

با تداوم افزایش تخریب محیط‌زیست، بسیاری از محققان عوامل مؤثر بر خروجی‌های نامطلوب زیست‌محیطی ناشی از تولیدات اقتصادی را مدنظر قرار داده‌اند (Kang et al., 2016**). در فرآیند رشد و توسعه اقتصادی، با افزایش مصرف انرژی و استفاده فزاینده از منابع طبیعی، زیان‌های جدی به محیط‌زیست وارد شده است (**Shao et al., 2016**). بر اساس مطالعات قبلی یک رابطه علّیت بین درآمد و مصرف انرژی و انتشار آلاینده وجود دارد.** Grossman and Krueger (1993) **اولین کسانی بودند که سه کانال را در زمینه اثر رشد رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست توضیح دادند. این سه کانال شامل مقیاس، ترکیب و اثرات تکنیکی است که از طریق آن‌ها رشد اقتصادی بر کیفیت محیط تأثیر می‌گذارد. با توجه به اثر مقیاس، رشد اقتصادی بالاتر، به مصرف انرژی بیشتری نیاز دارد و مصرف انرژی کارآمدتر به سطح بالاتری از رشد اقتصادی نیاز دارد (**Payne & Apergis, 2010**). اثر ترکیب بیان می‌کند که رشد اقتصادی باعث تحول ساختاری می‌شود، زیرا تولید ملی، رشد ساختار اقتصاد را به سمت فعالیت‌های اقتصادی با آلودگی کمتر هدایت می‌کند. برای مثال، یک اقتصاد از تمرکز بر بخش‌های صنعتی به بخش خدمات تغییر می کند که این روند می‌تواند به کاهش آلودگی منجر شود. آخرین مسیر تأثیر رشد اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، کانال تأثیر تکنیک است. به این صورت که زمانی که اقتصادهای با درآمد بالا منابع بیشتری را برای تحقیق و توسعه اختصاص می‌دهند، فرایندهای جدید تکنولوژیکی**

ظهور می‌کنند و فن‌آوری‌های قدیمی و کثیف با فناوری‌های جدید و تمیز جایگزین می‌شوند (Zhou & Hu, 2020).

در سالیان گذشته محققان بخش صنعت را منبع اصلی انتشار CO_2 قلمداد می‌کردند، اما ثابت شده است که توسعه سریع بخش کشاورزی نیز یک نیروی عمده در جهت افزایش گاز CO_2 است (Dogan et al., 2016). در واقع، با افزایش جمعیت از اواسط قرن بیستم و دو برابر شدن میزان تقاضای جهانی غذا، گسترش استفاده از شیوه‌های ناپایدار کشاورزی به منظور افزایش بهره‌وری و تأمین امنیت غذایی منجر به تخریب محیط‌زیست شده است (Tilman et al., 2002; Burney et al., 2010). بر این اساس، کشاورزی به عنوان یکی از منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شود (Nayak et al., 2015). تولیدات کشاورزی پس از بخش انرژی با انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشترین تأثیر را بر محیط‌زیست دارند. انتشار خالص گازهای گلخانه‌ای از کشاورزی، جنگل و دیگر کاربردهای زمین در سال ۲۰۱۰، ۲۴ درصد محاسبه شده است؛ در حالی‌که میزان این انتشار برای بخش‌های انرژی و صنعت به ترتیب ۳۵ و ۲۱ درصد گزارش شده است (Bonnet et al., 2018).

نتایج مطالعات مختلف نیز نشان داده است که رشد تولیدات کشاورزی منجر به افزایش تدریجی انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است (Xu & Lin 2017). فعالیت‌هایی مانند جنگل‌زدایی و تبدیل مراتع به زمین‌های قابل کشت برای کشاورزی، تولید گازهای گلخانه‌ای جهانی را افزایش داده است (Friel et al., 2009). از سال ۱۸۶۰ میلادی تاکنون، سطح زیر کشت محصولات در جهان در حدود ۹۰۰ میلیون هکتار افزایش یافته است که این افزایش با آزاد ساختن تن کربن از ذخیره ۱۷۴۰ تنی کربن قابل استفاده در سال ۱۸۶۰، باعث گرم شدن گلخانه کره زمین به میزان ۹ درصد تا سال ۱۹۸۰ شده است (Noruzi & Khosravi, 2010). بر این اساس، ارتباط بین انتشار آلودگی و رشد اقتصادی کشاورزی می‌بایستی مورد توجه جدی قرار بگیرد (Zhou & Hu, 2020).

طیف گسترده‌ای از ادبیات در رابطه با ارتباط بین عوامل رشد اقتصادی، تولیدات کشاورزی و انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد (Ali et al., 2019). رابطه تعادلی بلندمدت بین انتشار CO_2، رشد درآمد، مصرف انرژی و کشاورزی برای پاکستان در دوره‌ی زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ تأیید شده است. نتایج مطالعه Gokmenoglu and Taspinar (2018) نشان می‌دهد که بین متغیرهای تولید ناخالص داخلی، کشاورزی، مصرف انرژی و انتشار CO_2 ارتباط علّی دو طرفه وجود دارد. آن‌ها همچنین دریافتند که تأثیر ارزش افزوده بخش کشاورزی و تولید ناخالص داخلی بر انتشار CO_2 مثبت است. Liu et al (2017) به این نتیجه

رسیدند که در کشورهای ASEAN، کشاورزی و انرژی تجدیدپذیر اثر منفی بر انتشار CO2 دارند. در مطالعه دیگری، ارتباط بین رشد جمعیت، مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و انتشار CO2 با استفاده از تحلیل رگرسیون خودتوضیحی با وقفه‌های گسترده و تصحیح برداری خطا (VECM) در کشور غنا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که علّیت یک طرفه از انتشار CO2 به مصرف انرژی و جمعیت وجود دارد (Asumadu-Sarkodie, 2016). نتایج مطالعه Zhang et al (2019) نشان داد که در کوتاه‌مدت و بلندمدت علّیت دو طرفه بین انتشار کربن در بخش کشاورزی و رشد اقتصاد کشاورزی در چین وجود دارد. در این مطالعه از مدل ARDL و VECM استفاده شد. همچنین بین مصرف انرژی در بخش کشاورزی و انتشار کربن و رشد اقتصادی این بخش رابطه علّیت یک طرفه وجود دارد. Yurtkuran (2021) با استفاده از روش ARDL تأثیر کشاورزی و انرژی تجدیدپذیر را بر انتشار CO2 در ترکیه بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۷ ارزیابی کرد. نتایج نشان داد که رشد کشاورزی، تولید انرژی تجدیدپذیر و جهانی شدن اقتصاد سبب آلودگی محیط‌زیست می‌شود. Agboola and Bekun (2019) با استفاده از روش همجمعی و تحلیل علّیت گرنجری دریافتند که در بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۴ در نیجریه هیچ رابطه‌ای بین کشاورزی و انتشار CO2 وجود ندارد.

ایران از لحاظ انتشار گازهای گلخانه‌ای از وضعیت مناسبی برخوردار نیست و تنها با سهم ۰/۵۲ درصدی از تولید ناخالص داخلی جهان، سالانه ۱/۶۵ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای جهان را تولید می‌کند و از این حیث در رتبه دهم دنیا قرار دارد (World Resources Institute, 2015). افزایش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در بخش کشاورزی در ایران نیز در طی سال‌های اخیر قابل توجه بوده است. مطابق گزارش مرکز آمار ایران (۱۳۹۴) میزان انتشار دی‌اکسید کربن با رشد ۱۱۲ درصدی نسبت به سال ۱۳۸۵ به بیش از ۱۲/۵ میلیون تن در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. از جمله عوامل مؤثر در میزان انتشار آلاینده‌ها در بخش کشاورزی ایران می‌توان به تبدیل جنگل‌ها و مراتع به زمین‌های کشاورزی، افزایش عملیات خاکورزی به دلیل افزایش سطح زیر کشت، مصرف انرژی و استفاده از سموم شیمیایی و کودهای شیمیایی اشاره نمود (UNDP, 2010). برای مثال، سطح زیر کشت غلات در ایران از ۵ میلیون هکتار در سال ۱۳۴۰ به بیش از ۹ میلیون هکتار در سال ۱۳۹۷ رسیده است (World Bank, 2018). از طرفی، قیمت پایین حامل‌های انرژی به دلیل پرداخت یارانه و همچنین پایین بودن فناوری مصرف انرژی، باعث مصرف بیش از حد حامل‌های انرژی و کاهش بهره‌وری این نهاده در بخش کشاورزی ایران شده است. با توجه به غالب بودن انرژی‌های فسیلی در این بخش، این وضعیت منجر به انتشار بالای

آلودگی در بخش کشاورزی ایران شده است (Amadeh, 2010). این در حالیست که مطابق توافق‌نامه پاریس، ایران متعهد شده است که تا سال ۲۰۳۰ انتشار گازهای گلخانه‌ای را نسبت به سال ۲۰۱۰ به میزان ۴ درصد کاهش دهد (UNFCCC, 2015). بنابراین، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای همزمان با حفظ رشد اقتصادی می‌تواند چالشی جدی برای ایران باشد.

با توجه به ادبیات موجود، در این مطالعه عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی ایران شامل متغیرهای تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش کشاورزی، مصرف انرژی بخش کشاورزی و سطح زیر کشت غلات مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق

در مطالعه حاضر، ارتباط بین متغیرهای تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش کشاورزی، مصرف انرژی بخش کشاورزی، سطح زیر کشت غلات و انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی ایران بررسی شده است. تعریف متغیرهای مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول (۱) تعریف متغیرهای مطالعه

نام متغیر	تعریف	واحد	منبع
D_t	کل انتشار دی اکسید کربن در بخش کشاورزی	کیلوتن	FAOSTAT
GDP_t	تولید ناخالص داخلی سرانه	بر حسب دلار آمریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۱	WDI
AVA_t	ارزش افزوده بخش کشاورزی	میلیون دلار	FAOSTAT
EU_t	مصرف انرژی بخش کشاورزی	تراژول	FAOSTAT
LCC_t	سطح زیر کشت غلات	هکتار	WDI

در این مطالعه، با استفاده از روش خود توضیحی با وقفه‌های گسترده (ARDL) اثرات بلندمدت و کوتاه‌مدت میان متغیرهای ذکر شده بررسی شده است. بر این اساس، در مرحله اول مطالعه، ابتدا برای اطمینان از عدم وجود رگرسیون کاذب ایستایی داده‌های سری زمانی چک شده است. برای این منظور از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فلیپس- پرون (P-P) استفاده شده است. در مرحله دوم، طول وقفه بهینه متغیرهای مورد مطالعه تعیین شده است. برای تعیین طول وقفه بهینه از معیار شوارتز (SC)[1] استفاده شده است. براساس نظر Ivanov and Kilian (2005) و Phillips and Ploberger (1994)، معیار SC

[1] Schwarz Information Criterion

برای الگوهایی با حجم نمونه کمتر از ۱۲۰ مناسب‌تر است. در مرحله بعد، وجود یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از آزمون کرانه[1] (باند تست) بررسی شده است. پس از اطمینان از وجود رابطه بلندمدت مدل برآورد شد.

روش خود توضیحی با وقفه‌های گسترده (ARDL) امکان بررسی توأم اثرات بلندمدت و کوتاه‌مدت میان متغیرها را فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، این روش توانایی تخمین اجزای بلندمدت و کوتاه‌مدت را به طور همزمان دارا می‌باشد. محدودیت‌های تحلیل‌های هم‌جمعی مبتنی بر روش انگل-گرانجر باعث شد تا برخی از مطالعات به منظور غلبه بر نواقص روش فوق در جهت دستیابی به رهیافتی بهتر برای تحلیل رابطه بلندمدت بین متغیرها برآیند. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه Pesaran et al. (1995) و Pesaran & Shin (1996) اشاره نمود. رهیافت ارائه شده توسط آنان علاوه بر رفع نیاز به اطلاع از جهت رابطه بین متغیرها، امکان بررسی توأم رابطه میان متغیرها در حالتی که پاره‌ای از آن‌ها در سطح ایستا هستند و پاره‌ای دیگر با یک بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند را فراهم می‌کند. این رهیافت موسوم به رهیافت ARDL است. مزیت عمده این استراتژی این است که می‌توان آن را بدون توجه به ایستا بودن متغیرها در سطح یا ایستا بودن پس از یک بار تفاضل گیری به کار گرفت و این مزیت باعث می‌شود با مشکل تفکیک متغیرها به گروه-های هم‌جمع ایستا در سطح و ایستا پس از یک بار تفاضل‌گیری مواجه نباشیم (Pesaran & Pesaran, 1997). این روش توانایی تخمین اجزای کوتاه‌مدت و بلندمدت را به طور همزمان دارا می‌باشد و ضمناً به دلیل اینکه این مدل‌ها عموماً عاری از مشکلاتی چون خودهمبستگی سریالی و درون‌زایی هستند تخمین‌های به دست آمده از آن‌ها نااریب و کارآ خواهند بود (Siddiki, 2000).

مدل ARDL تعمیم یافته[2] را بر اساس الگوی مطالعه حاضر می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\alpha(L,p)Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i(L,p)X_{it} + u_t, \quad i = 1,2,...,k \qquad (۲)$$

که در آن α_0 عرض از مبدأ، Y_t متغیر وابسته و L عامل وقفه[3] می‌باشد که به صورت $L^jY_t = Y_{t-j}$ تعریف می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

[1] Bound Test
[2] Augmented ARDL
[3]. Lag operator

$$\alpha(L,p)=1-\alpha L^1-\ldots-\alpha_p L^p, \qquad \beta_i(L,q)=\beta_{i0}+\beta_{i1}L+\beta_{i2}L^2+\ldots+\beta_{iq}L_i^q \quad (۳)$$

X_{it} ، iامین متغیر مستقل می‌باشد. در بلندمدت روابط زیر بین متغیرهای حاضر در مدل صادق خواهد بود:

$$Y_t=Y_{t-1}=\ldots=Y_{t-p}, \qquad X_{i,t}=X_{i,t-1}=\ldots=X_{i,t-q} \quad (۴)$$

که در رابطه آخری q عبارت از q امین وقفه مربوط به i امین متغیر می‌باشد. رابطه بلندمدت بین متغیرها می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$Y=\alpha+\sum_{i=1}^{k}\beta_i X_i+v_i \quad , \quad \alpha=\frac{\alpha_0}{\alpha(1,p)} \quad \beta_i=\frac{\beta_i(1,q)}{\alpha(1,p)}=\frac{\sum_{j=0}^{q}\beta_i}{\alpha(1,p)} \quad , \quad v_i=\frac{u_t}{\alpha(1,p)} \quad (۵)$$

معادله تصحیح خطای مدل ARDL به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\Delta Y_t=\Delta\widehat{\alpha}_0-\sum_{j=2}^{p}\widehat{\alpha}_j\Delta Y_{t-j}+\sum_{i=0}^{k}\widehat{\beta}_{i0}\Delta X_{it}-\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=2}^{q}\widehat{\beta}_{i,t-j}\Delta X_{i,t-j}-\alpha(1,p)ECT_{t-1}+u_t \quad (۶)$$

که در آن ECT جزء تصحیح خطا بوده و بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$ECT=Y_t-\widehat{\alpha}-\sum_{i=1}^{k}\widehat{\beta}_i X_{it} \quad (۷)$$

که در آن α و β ضرایب برآورد شده از معادله مورد مطالعه می‌باشند. $\alpha(1,p)$ ضریب جزء تصحیح خطا می‌باشد که سرعت تعدیل را اندازه‌گیری می‌کند. وجود همگرایی بین مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی مبنای آماری استفاده از الگوهای تصحیح خطا را فراهم می‌آورد. این الگوها در کارهای تجربی از شهرت فزاینده‌ای برخوردار شده‌اند. عمده‌ترین دلیل شهرت الگوهای ECT آن است که نوسانات کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت آن‌ها ارتباط می‌دهند.

بر این اساس، مدل اقتصادسنجی مطالعه حاضر به صورت (۸) تصریح می‌شود (Ali et al., 2019):

$$\ln D_t=f(GDP_t, AVA_t, \ln EU_t, \ln LCC_t) \quad (۸)$$

به منظور ارزیابی رابطه بلندمدت بین متغیرهای مورد مطالعه، از لگاریتم طبیعی استفاده شده است. با لگاریتم‌گیری از متغیرها اطمینان از کارآیی، ثبات و سازگاری نتایج افزایش می‌یابد. فرم لگاریتمی مدل به صورت (۹) خواهد بود.

$$\ln D_t=\alpha_1\ln GDP_t+\alpha_2\ln AVA_t+\alpha_3\ln EU_t+\alpha_4\ln LCC_t+\varepsilon_t \quad (۹)$$

پارامترهای α_1 تا α_4 کشش بلندمدت انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد.

گفته شد که آمار و اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه از داده‌های آماری بانک جهانی (http://data.worldbank.org) و پایگاه آماری سازمان فائو (www.fao.org) استخراج شده است. دوره مطالعه این تحقیق، سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۷۵ می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Eviews 10 استفاده شده است.

نتایج و بحث

به منظور بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی ایران، بر اساس رابطه (۹)، ابتدا ایستایی متغیرها مورد آزمون قرار گرفت. ذکر این نکته ضروری است که در واقع برای پرهیز از رگرسیون کاذب لازم است قبل از برآورد الگو از ایستایی متغیرها در دوره مورد بررسی اطمینان حاصل گردد. به همین منظور از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فلیپس- پرون (PP) استفاده شده که نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۲) ملاحظه می‌شود متغیرهای ارزش افزوده بخش کشاورزی و مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایستا بوده و متغیرهای میزان انتشار CO2، تولید ناخالص داخلی و سطح زیر کشت غلات با یک بار تفاضل‌گیری ایستا می‌باشند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که آزمون فیلیپس- پرون مؤید نتایج آزمون ADF می‌باشد. با توجه به وجود توأم متغیرهای ایستا در سطح و متغیرهایی که پس از انجام یک بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند، از تحلیل هم‌جمعی موسوم به روش خود توضیحی با وقفه‌های گسترده (ARDL) استفاده شده است.

جدول (۲) بررسی ایستایی متغیرهای مدل با استفاده از آزمون دیکی فولرتعمیم یافته (**ADF**) و فلیپس – پرون (**P-P**)

متغیرها	ADF			P-P		
	T-statistic	Lag	وضعیت ایستایی	Adj. t-stat	Bandwidth	وضعیت ایستایی
lnD	-۳/۲۹**	۲	I(1)	-۷/۶۸***	۵	I(1)
lnGDP	-۷/۱۲***	۱	I(1)	-۷/۸۸***	۴	I(1)
lnAVA	-۵/۹۳***	۰	I(0)	-۶/۰۴***	۴	I(0)

lnEU	-۶/۰۲***	۰	I(0)	-۶/۱۱**	۴	I(0)
lnLCC	-۵/۲۲***	۱	I(1)	-۵/۷۲***	۳	I(1)

مأخذ: یافته‌های تحقیق (** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد هستند. همچنین ماکزیمم وقفه ۶ در نظر گرفته شده است. وقفه بهینه تست ADF بر اساس معیار شوارتز بیزین انتخاب شد. برای آزمون P-P از Newey-West Bandwidth استفاده شده است).

ابتدا لازم است آزمون وجود رابطه بلندمدت در بین متغیرهای موجود صورت گیرد. برای بررسی وجود رابطه بلندمدت از آزمون کرانه (باند تست) استفاده شده است. فرضیه صفر این آزمون بر عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها استوار است. آماره F محاسباتی با مقادیر بحرانی بیان شده توسط Pesaran et al (2001) **مقایسه گردید که نتایج آن در جدول (۳) گزارش شده‌است. با توجه به اینکه آماره F محاسباتی مدل تصریح شده، از کرانه بالا در سطح ۱ درصد بزرگ‌تر می‌باشد، لذا فرضیه صفر رد می‌گردد و وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها تایید می‌شود.**

جدول (۳) بررسی وجود رابطه بلندمدت (آزمون کرانه)

مدل	F	مقادیر بحرانی					
		۰/۱۰		۰/۰۵		۰/۰۱	
		I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	**I(1)**
$\ln D_t = f(\ln GDP_t, \ln AVA_t, \ln EU_t, \ln LCC_t)$	۵/۸۴***	۲/۶۸	۳/۵۳	۳/۰۵	۳/۹۷	۳/۸۱	۴/۹۲

مأخذ: یافته‌های مطالعه

در ادامه نتایج حاصل از برآورد رابطه بلندمدت بین متغیرهای موجود در مدل در جدول (۴) خلاصه شده است. الگوی ARDL(1,0,0,2,2) **به عنوان الگوی بهینه بر اساس آماره شوارتز بیزین انتخاب شد.**

با توجه به نتایج برآورد رابطه بلندمدت در جدول (۴) ملاحظه می‌شود ضریب متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه مثبت و معنی‌دار است.. بنابراین، در بلندمدت بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی رابطه منفی وجود دارد. به عبارت دیگر، با افزایش رشد اقتصادی میزان انتشار این گاز افزایش می‌یابد. بر این اساس، با افزایش ۱ درصدی در تولید ناخالص داخلی، با ثابت بودن سایر شرایط، میزان انتشار CO_2 **به میزان ۰/۲۵ درصد افزایش می‌یابد. رابطه بین ارزش افزوده بخش کشاورزی و میزان انتشار** CO_2 **در بلندمدت مثبت است. اما این ارتباط از نظر آماری معنی‌دار نیست. همچنین نتایج نشان می‌دهد بین مصرف انرژی در بخش کشاورزی و آلودگی رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. بر اساس ضرایب برآورد شده با افزایش ۱ درصدی در مصرف انرژی بخش کشاورزی، با ثابت بودن سایر شرایط،**

میزان انتشار CO_2 در این بخش به میزان ۰/۰۷ درصد افزایش می‌یابد. ضریب این متغیر نسبت به سایر متغیرها از لحاظ عددی میزان کمتری است. علاوه بر این، نتایج از کشش‌پذیر متغیر انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به سطح زیر کشت غلات در بخش کشاورزی حکایت دارد. به طوری که با افزایش ۱ درصدی در سطح زیر کشت غلات در ایران، با فرض ثبات سایر شرایط، میزان انتشار گاز CO_2 بیش از ۱ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین، با توجه به مقدار این ضریب، این متغیر نسبت به سایر متغیرهای موجود، تأثیر بیشتری بر افزایش انتشار دی‌اکسید کربن خواهد داشت.

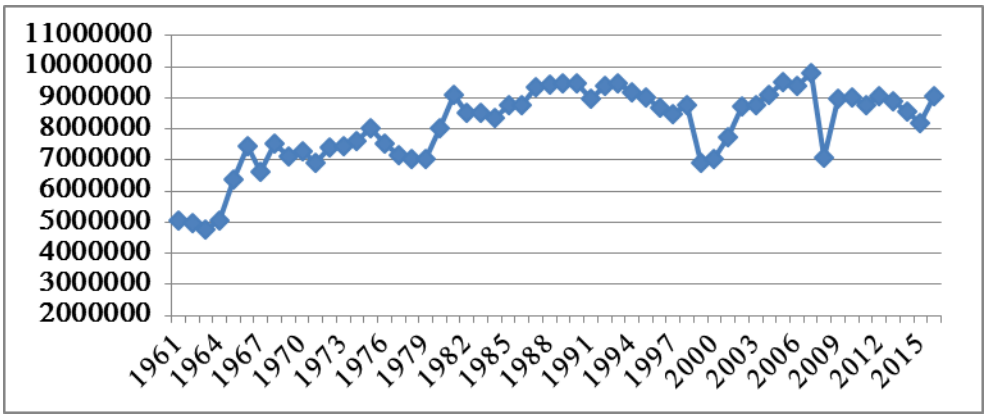
جدول (۴) نتایج رابطه بلندمدت و کوتاه مدت عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسیدکربن

ضرایب بلندمدت			
	ضرایب		آماره t
lnGDF	۰/۲۵***		۳/۳۵
lnAVA	۰/۱۲		۱/۵۸
lnEU	۰/۰۷**		۲/۲۰
lnLCC	۱/۰۶***		۳/۲۴
ضرایب کوتاه‌مدت			
C	−۰/۹۹***		۶/۳۲
$\Delta(\ln LCC)$	−۰/۰۱۵		−۱/۴۸
$\Delta(\ln LCC(-1))$	−۰/۵۰***		−۴/۱۰
$\Delta(\ln LCC(-2))$	−۰/۳۰**		−۲/۴۱
$\Delta(\ln EU)$	−۰/۰۰۲		−۰/۲۳
$\Delta(\ln EU(-1))$	−۰/۰۳**		−۲/۱۰
$\Delta(\ln EU(-2))$	−۰/۰۹***		−۵/۹۹
$\Delta(\ln AVA)$	−۰/۰۸**		−۲/۱۵
$\Delta(\ln AVA(-1))$	−۰/۱۰***		−۳/۰۱
ECT_{t-1}	−۰/۳۶***		−۶/۴۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق (**و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد)

میزان سطح زیر کشت غلات در ایران طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۶ در نمودار (۱) ارائه شده است. به این ترتیب سطح زیر کشت غلات در ایران طی این سال‌ها رشد نزدیک به ۸۰ درصدی را تجربه کرده است.

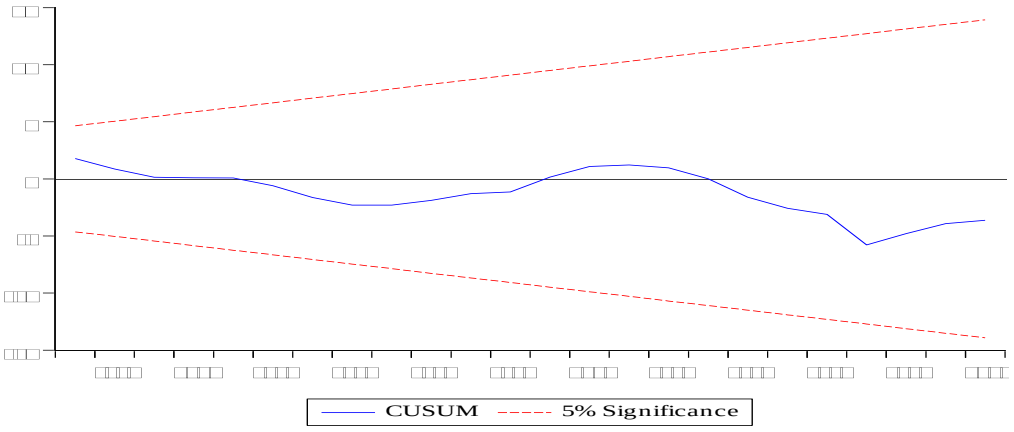
این در حالیست که در دوره‌ی مورد بررسی متوسط مساحت زمین‌های زیر کشت غلات در جهان نزدیک به ۴۲ درصد بوده است. در واقع، بالا بودن اثر متغیر سطح زیر کشت غلات ایران بر انتشار دی‌اکسید کربن به دلیل رشد بسیار بالاتر این شاخص نسبت به متوسط جهانی بوده است.



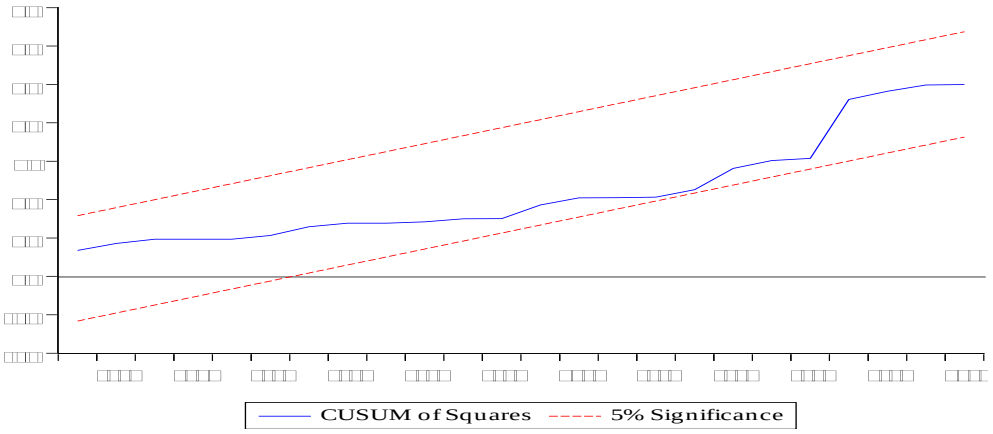
نمودار (۱) روند تغییرات سطح زیر کشت غلات در ایران طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۶۱

نتایج مربوط به الگوی تصحیح خطا مدل در جدول (۴) ارائه شده است. ضریب برآوردی تمام متغیرهای این مطالعه در کوتاه‌مدت منفی و بیانگر کاهش انتشار CO2 است. نتایج کوتاه مدت نشان می‌دهد سه متغیر سطح زیر کشت غلات، مصرف انرژی و ارزش افزوده بخش کشاورزی و وقفه‌های این متغیرها در کوتاه‌مدت اثرات منفی بر متغیر وابسته دارند. در واقع، علامت و معنی‌داری ضرایب متغیرها با حالت بلندمدت تفاوت زیادی دارد. همانطور که مشاهده می‌شود هر سه متغیر ذکر شده برخلاف حالت بلندمدت، تأثیر منفی و معنی‌داری بر میزان انتشار CO2 دارند. البته تغییرات دو متغیر سطح زیر کشت غلات و مصرف انرژی بر انتشار CO2 در کوتاه مدت معنی‌دار نیست. این در حالی است که با ضرایب با یک و دو وقفه متغیرهای موجود در مدل کوتاه مدت منفی و از لحاظ آماری معنی‌دار است. به عبارت دیگر اگر میزان هر یک از متغیرهای سطح زیر کشت غلات، مصرف انرژی و ارزش افزوده بخش کشاورزی افزایش یابد کاهش انتشار CO2 در سال بعد اتفاق می‌افتد. البته میزان عددی اکثر ضرایب متغیرها در کوتاه‌مدت چندان قابل توجه نیست و فاصله زیادی با صفر ندارد. در واقع، تأثیر این متغیرها بر کاهش انتشار CO2 قابل ملاحظه نمی‌باشد که این نتیجه بدیهی به نظر می‌رسد چرا که تأثیرگذاری هر کدام از این متغیرها نیاز به زمان دارد. از طرفی وجود رابطه همگرایی بین متغیرهای مدل مبنای استفاده از الگوی تصحیح خطا را فراهم می‌آورد. ضریب برآوردی ECT در مدل از نظر آماری معنی‌دار و بیانگر سرعت تعدیل نسبتاً بالایی می‌باشد. در واقع با توجه به ضریب جمله تصحیح خطا، می‌توان گفت که در

هر دوره ۳۶ درصد انحرافات متغیر دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی از بین می‌رود و در صورت وارد شدن یک شوک به مدل، پس از گذشت حدود ۳ سال تعادل کوتاه‌مدت به تعادل بلندمدت نزدیک می-شود. در نمودارهای (۲) و (۳) به ترتیب آزمون‌های مجموع تجمعی[1] (CUSUM) و مجموع مجذور تجمعی[2] (QCUSUM) آورده شده است. با توجه به قرار گرفتن نمودار آماره آزمون‌های فوق در فاصله اطمینان ۹۵ درصد، ضرایب برآوردی مدل پایدار می‌باشند.



نمودار ۲- آزمون مجموع تجمعی (CUSUM)



[1]. Cumulative sum
[2]. Sum of cumulative squares

نمودار ۳- آزمون مجموع مجذور تجمعی (QCUSUM)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه به بررسی و تحلیل اثر عوامل مختلف بر انتشار CO2 در بخش کشاورزی ایران پرداخته شد. روش عملی تحقیق بر اساس یک الگوی اقتصادسنجی در قالب الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های گسترده (ARDL) می‌باشد. نتایج آزمون کرانه وجود یک الگوی بلندمدت پایدار بین متغیرهای انتخاب شده در مدل را تأیید می‌کند. در بررسی الگوی بلندمدت برای مدل برآوردی تمام متغیرهای موجود داری علامت مورد انتظار می‌باشند و ضریب برآوردی الگوی تصحیح خطا در مدل، از نظر آماری معنی‌دار و بیانگر سرعت تعدیل نسبتا بالایی می‌باشد. با توجه به ضریب مثبت و معنی‌دار متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه در بلندمدت می‌توان نتیجه گرفت که رشد اقتصادی در ایران سبب افزایش انتشار CO2 در بخش کشاورزی خواهد شد. بر این اساس، درآمد بالاتر منجر به انتشار بیشتر گاز دی اکسیدکربن به محیط‌زیست می‌شود. البته انتظار می‌رود در سطوح بالای رشد اقتصادی، آگاهی مردم نسبت به مسائل زیست‌محیطی افزایش یابد و افزایش تقاضای جامعه برای حفاظت از محیط‌زیست دولت را به وضع قوانین سختگیرانه و ملزم کردن آلوده‌کنندگان محیط‌زیست به حفظ استانداردهای محیط‌زیستی وادار سازد. متغیر سطح زیر کشت غلات تأثیر مثبت بر انتشار گاز دی اکسیدکربن در بخش کشاورزی داشته و دارای بالاترین ضریب در بین متغیرهای مطالعه است. این یافته حاکی از آن است که روند گسترش سطح زیر کشت غلات در سال‌های گذشته بسیار سریع بوده است و تبدیل انواع مختلف کاربری‌ها (جنگل‌ها و مراتع) به زمین‌های کشاورزی منجر به افزایش انتشار آلاینده‌ها شده است. از طرفی، افزایش قابل توجه سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در ایران و در نتیجه مصرف بیش از اندازه نهاده‌های شیمیایی و استفاده گسترده از انواع عملیات خاکورزی آلودگی شدید مزارع را به دنبال داشته است (UNDP, 2010). همچنین از سمت ارزش افزوده بخش کشاورزی و انتشار CO2 در این بخش ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. این در حالی است که اثر این متغیر بر انتشار CO2 در مطالعات مختلف برای کشورهای مختلف متفاوت بوده است. بین مصرف انرژی در بخش کشاورزی و انتشار CO2 رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. با توجه به این شرایط پیگیری جدی طراحی و بکارگیری سیاست مصرف انرژی‌های پاک سبب خواهد شد تا فشار بار آلودگی سوخت‌های فسیلی به عنوان مهمترین منبع تأمین انرژی در بخش

کشاورزی کشور کاهش یابد. در واقع، می‌بایستی اقدامات لازم در جهت اصلاح الگوی مصرف انرژی در کشور صورت پذیرد تا با افزایش بهره‌وری از انتشار دی‌اکسید کربن کاسته شود. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری به منظور ایجاد زیرساخت‌های سبز کشاورزی و نوآوری در فناوری کم‌کربن می‌توان به هماهنگی بین رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی کمک کند. استفاده از مجموعه‌ای از ابزارهای تشویقی و تنبیهی به منظور ملزم کردن تولیدکنندگان بخش کشاورزی به حفظ کیفیت محیط‌زیست نیز می‌تواند راهگشا باشد. برای مثال، اخذ مالیات از کشاورزان آلوده‌کننده محیط‌زیست و اعطای یارانه به نهاده‌های با انتشار کم آلودگی می‌تواند از جمله این ابزارها باشد.

منابع

Adom, P.K., Bekoe, W. Amuakwa-mensah, F. Mensah, J.T.and Botchway, E. (۲۰۱۲) Carbon dioxide emissions, economic growth, industrial structure, and technical efficiency: Empirical evidence from Ghana, Senegal, and Morocco on the causal dynamics. Energy, 47, 314–325.

Agboola, M. O., and Bekun, F. V. (2019). Does agricultural value added induce environmental degradation? Empirical evidence from an agrarian country. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(27), 27660-27676.

Ali, S., Ying, L. Shah, T. Tariq, A. Ali Chandio, A. and Ali, I. (2019). Analysis of the Nexus of CO2 emissions, economic growth, land under cereal crops and agriculture value-added in Pakistan using an ARDL approach. *Energies*, *12*(23), 4590.

Apergis, N. and Payne, J. E. (2010). "The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states", *Energy Policy, No. 38(1), pp. 650-655.*

Appiah, K., Du, J. Musah, A.A.I. and Afriyie, S. (۲۰۱۷) Investigation of the Relationship between Economic Growth and Carbon Dioxide (CO2) Emissions as Economic Structure Changes: Evidence from Ghana. Resour. Environ, 7, 160–167.

Asumadu-Sarkodie, S. (۲۰۱٦) Carbon dioxide emissions, GDP, energy use, and population growth: A multivariate and causality analysis for Ghana, 1971–2013. Environ. Sci. Pollut. Res, 23, 13508–13520.

Burney, JA., Davis, Sj. and Lobell, DB. (2010) Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. Proc Natl Acad Sci 107:12052–12057.

Dogan, E., Sebri, M. and Turkekul, B. (۲۰۱٦) Exploring the relationship between agricultural electricity consumption and output: new evidence from Turkish regional data. Energy Policy 95, 370–377.

Friel, S., Dangour, A. D. Garnett, T. Lock, K. Chalabi, Z. Roberts, I. ... and Haines, A. (۲۰۰۹) Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: food and agriculture. *The Lancet*, *374*(9706), 2016-2025.

Gokmenoglu, K.K, and Taspinar, N. (۲۰۱۸) Testing the agriculture-induced EKC hypothesis: The case of Pakistan. Environ. Sci. Pollut. Res, 25, 22829–22841.

IPCC (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assesment Report of the Intergovernmental Panel on the Climate Change.

Kang, Y. Q., Zhao, T. and Yang, Y. Y. (2016). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. Ecological Indicators, 63, 231-239.

Liobikienė, G. and Butkus, M. (2019) Scale, composition, and technique effects through which the economic growth, foreign direct investment, urbanization, and trade affect greenhouse gas emissions. Renewable energy, 132, 1310-1322.

Liu, X., Zhang, S. and Bae, J. (۲۰۱۷) The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. J. Clean. Prod, 164, 1239–1247.

Nayak, D., Saetnan, E. Cheng, K. Wang, W. Koslowski, F. et al. (۲۰۱۵) Management opportunities to mitigate greenhouse gas emissions from Chinese agriculture. Agric. Ecosyst. Environ, 209, 108–124.

Pesaran, H. M. and Pesaran, B. (۱۹۹۷)Working with Microfit 4: An introduction to econometrics, Oxford University Press, London.

Pesaran, H. M., Shin, Y. and Smith, R. J. (۱۹۹٦)Testing for existence of a long-run relationship, University of Cambridge, London.

Pesaran, M. H. and Shin, Y. (۱۹۹۵) An ARDL approach to cointegration analysis (No. 9514), Working paper. University of Cambridge, London.

Pesaran, M. H., Shin, Y. and Smith, R. J. (۲۰۰۱) Bounds testing approaches to the analysis of level relationships, Journal of Applied Econometrics, Vol. 16(3), P. 289-326.

Shahbaz, M., Khan, S. Ali, A. and Bhattacharya, M. (۲۰۱۷) The impact of globalization on CO2 emissions in china. Singap. Econ. Rev, 62, 929–957.

Shao, S., Yang, L. Gan, C. Cao, J. Geng, Y. and Guan, D. (۲۰۱٦) Using an extended LMDI model to explore techno-economic drivers of energy-related industrial CO2

emission changes: a case study for Shanghai (China). Renew. Sustain. Energy Rev, 55, 516–536.

Siddiki, J. U. (۲۰۰۰) Demand for money in Bangladesh: A cointegration analysis, Applied Economics, Vol. 32(15), P. 1977-1984.

Tilman, D., Cassman, KG. Matson, PA. Naylor, R. and Polasky, S. (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418:671–677.

UNFCCC. (2015). UNFCCC Country Brief 2014: Iran (Islamic Republic of). Retrieved from < http://newsroom.unfccc.int/unfccc-newsroom/iran-submits-its-climate-action-plan-ahead-of-2015-parisagreement/>.

United Nations Development Program. (2010) Department of Environment. Iran second National Communication to United Nations Framework Convention on climate change (UNFCCC). National Climate Change Office, Department of Environment, Tehran, Iran.

World Resources Institute. (2015) CAIT Climate Data Explorer. Available at< http://cait.wri.org/>.

Xu, B. and Lin, B. Q. (2017) Factors affecting CO2 emissions in China's agriculture sector: Evidence from geographically weighted regression model. Energy Policy, 104, 404–414.

YURTKURAN, S. (2021) The Effect of Agriculture, Renewable Energy Production, and Globalization on CO2 emissions in Turkey: A Bootstrap ARDL Approach. *Renewable Energy*.

Zhang, L., Pang, J. Chen, X. and Lu, Z. (۲۰۱۹) Carbon emissions, energy consumption and economic growth: Evidence from the agricultural sector of China’s main grain-producing areas. Sci. Total Environ, 665, 1017–1025.

Zhou, M. and Hu, B. (2020) Decoupling of carbon emissions from agricultural land utilisation from economic growth in China. Agricultural Economics, 66(11), 510-518.