فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال بیست و دوم / شماره ۸۹/ تابستان ۱۴۰۵ / صفحات ۹۷-۷۳

بررسی اثر شدت انرژی و ارزش افزوده بر انتشار دی اکسید کربن در بخش کشاورزی (رهیافت اقتصاد سنجی فضایی)

طاهره جاهد

کارشناس ارشد مهندسی اقتصاد کشاورزی، اقتصاد منابع طبیعی ومحیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، (jahed.tahereh@gmail.com)

سید ابوالقاسم مرتضوی[1]

دانشیارعلوم اقتصادی،دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، (samortazavi@modares.ac.ir)

محمدحسن وکیل‌پور

استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، (vakilpoormh@modares.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱

چکیده

حفاظت از محیط‌زیست یکی از مهمترین ارکان توسعه پایدار است. بخش کشاورزی از یک طرف به دلیل تامین نیازهای اساسی جامعه از اهمیت بالایی برخوردار است و از طرف دیگر به دلیل اینکه از انرژی به عنوان نهاده برای تولید استفاده می‌کند، نقش بسزایی در انتشار آلاینده‌ها دارد. در همین راستا پژوهش حاضر با گامی رو به جلو اهمیت کارایی انرژی را در انتشار CO_2 بخش کشاورزی در استان‌های ایران طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۶ و رهیافت اقتصادسنجی فضایی را مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که استان یزد دارای بالاترین شدت انرژی در بخش کشاورزی معادل با ۱۹۰ بشکه معادل نفت خام به هزار میلیارد ریال تولید می‌باشد و بالاترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن سرانه ۵۶۵ تن به ازای هزار نفر تولید آلاینده‌ها را به خود اختصاص داده است. برآوردها نشان می‌دهد که تولید بخش کشاورزی اثر معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد، اما اثر شدت انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت و معنادار است که سهم بالای ناکارایی مصرف انرژی را نشان می‌دهد. علاوه بر این، اثر جمعیت و شهرنشینی بر انتشار دی اکسیدکربن سرانه منفی و معنادار است، بنابراین بهبود تکنولوژی تولید در بخش کشاورزی برای کاهش اثر شدت انرژی و افزایش بازدهی محصولات کشاورزی و توسعه سایر بخش‌های اقتصادی برای خروج ماشین آلات با آلایندگی بالاتر با توجه به اثرات جمعیت و شهرنشینی مهمترین سیاست‌ها برای بهبود کیفیت محیط‌زیست ناشی از فعالیت‌های کشاورزی است.

طبقه‌بندی JEL: O13، C21، P28..

کلیدواژه: انتشار دی‌اکسید کربن، شدت انرژی،اقتصاد سنجی فضایی.

---

۱. نویسنده مسئول

۱- مقدمه

دستیابی به رفاه بالاتر یکی از مهمترین اهداف و دغدغه‌های سیاست‌گذاران است، اما هر نوع سیاستی در اقتصاد اثرات جانبی منفی نیز در پی دارد، لذا مطلوب بودن نتیجه هر سیاستی به غالب بودن اثرات مثبت بر اثرات منفی آن وابسته است. انرژی یکی از نهاده‌های اصلی تولید است که بکارگیری سایر نهاده‌های تولیدی وابستگی بالایی به آن دارد. انرژی همچنین در بخش مصرفی خانوارها نقش مهمی در دست‌یابی به رفاه بالاتر دارد. بنابراین رشد اقتصادی بالاتر با مصرف سوخت‌های فسیلی بالاتر همراه است، بنابراین کیفیت محیط‌زیست به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بر همین اساس تمرکز بر شناخت و سیاست‌گذاری برای کاهش اثرات جانبی منفی دست‌یابی به رشد اقتصادی بالاتر در تمام بخش‌های اقتصادی مهم و دارای اهمیت است. شرط لازم برای دست‌یابی به رشد اقتصادی بالاتر، امنیت غذایی است که به واسطه توسعه بخش کشاورزی امکان‌پذیر می‌باشد. هرچند انرژی‌بری بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی در سطح نسبتا پایینی قرار دارد، به‌طوری که براساس آمارهای وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال ۱۴۰۱، بخش کشاورزی با مصرف انرژی بالغ بر ۸۱ میلیون بشکه معادل نفت خام، ۵/۳ درصد از کل مصرف انرژی کشور را مصرف کرده است که با توجه به ماهیت بخش کشاورزی و سهم آن در کل ارزش افزوده اقتصاد (برابر با ۷/۵ درصد)، این میزان مصرف انرژی در بخش کشاورزی نسبتا بالا بوده و بر عدم کارایی مصرف انرژی در این بخش دلالت دارد. یکی از مهمترین دلایل بالا بودن مصرف انرژی در بخش کشاورزی سهم بالای نهاده‌های سرمایه‌ای با استهلاک بالا و انرژی‌بری بالاتر است.

سیاست‌گذاری در جهت دست‌یابی به رشد اقتصادی بالاتر، لزوم توجه به تامین امنیت غذایی را مطرح می‌کند، اما واقعیت آن است که بهبود تکنولوژی در این بخش و توجه به فرآیندهای با کارایی انرژی بالاتر، سهولت در تامین امنیت غذایی را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد، چرا که از یک سو انتشار آلاینده‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و از سوی دیگر صرفه مقیاس برای تولیدات بخش کشاورزی افزایش می‌یابد. افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی ناشی از دو جزء الزام آور و ناکارا است. بخشی از مصرف انرژی در اقتصاد ناشی از ماهیت تولید در اقتصاد است و

برای افزایش سطح تولید در اقتصاد، باید انرژی بیشتری مصرف شود. اما جزء دوم افزایش انتشار آلاینده‌ها ناشی از مصرف ناکارآمد انرژی در فرآیندهای تولیدی است، عدم به کارگیری تکنولوژی‌ها نوین تولیدی مهمترین عامل تعیین کننده جزء دوم است که این مسئله در قالب شدت انرژی بالاتر قابل اندازه‌گیری است. بنابراین بررسی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی، مهم و حائز اهمیت می‌باشد.

۲- مبانی نظری

شناخت عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن به عنوان یکی از شاخص‌های آلودگی محیط‌زیست همواره مورد توجه بوده است. مطالعاتی از قبیل پومنیونگ و کانکو[۱] (۲۰۱۰)، علی و همکاران[۲] (۲۰۱۹)، دوگان و ترکیول[۳] (۲۰۱۵)، حسین[۴] (۲۰۱۲) و المولالی و همکاران[۵] (۲۰۱۳) اثر شهرنشینی را بر انتشار دی‌اکسید کربن مورد بررسی قرار می‌دهند. محمود و احمد[۶] (۲۰۱۸)، شهباز و همکاران[۷] (۲۰۱۵)، اولوکاک و خان[۸] (۲۰۲۰) شدت انرژی را به عنوان عامل موثر بر انتشار آلاینده‌ها مطرح نموده‌اند. اما اثر تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی‌اکسید کربن از جمله مباحثی است که در اغلب مطالعات از قبیل کوترونی و همکاران[۹] (۲۰۲۰)، سارکودی و اوزترک[۱۰] (۲۰۲۰)، چارفدین و خدیری[۱۱] (۲۰۱۶) و هاو و لیو[۱۲] (۲۰۱۶) مورد بررسی قرار گرفته و رابطه بین آنها براساس منحنی زیست محیط کوزنتس تبیین شده است.

در واقع بخش مهمی از انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از ماهیت فعالیت‌های اقتصادی و جزء لاینفک رشد اقتصادی است، اما بخش زیادی از انتشار مربوط به عدم

1. Poumanyvong & Kaneko
2. Ali et al
3. Dogan & Turkekul
4. Hossain
5. Al-mulali et al
6. Mahmood & Ahmad
7. Shahbaz et al
8. Ulucak, R., & Khan
9. Kotroni et al
10. Sarkodie and Ozturk
11. Charfeddine and khdiri
12. Hao and Liu

کارایی فعالیت‌های اقتصادی و ناکارایی مصرف انرژی می‌باشد. عدم وجود زیرساخت‌های مناسب شهری برای بهره‌گیری از صرفه مقیاس شهری و شدت انرژی بالاتر به دلیل کیفیت پایین تکنولوژی تولیدی و الگوی ناصحیح مصرف انرژی در سطح خانوار از جمله عواملی هستند که باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در سطح ثابتی از تولید می‌شوند. رابطه رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در یک بستر زمانی بلندمدت می‌تواند به صورت مستقیم، معکوس یا ترکیبی از هر دو باشد. دو جریان فکری در این حوزه وجود داشته که در نهایت به رویکرد سومی تبدیل شده است. رویکرد اول که مبتنی بر انتخاب میان رشد اقتصادی و حفظ استانداردهای محیط‌زیستی است، بر رابطه مستقیم بین توسعه اقتصادی و افزایش استفاده از منابع طبیعی و در نتیجه افزایش تخریب‌های زیست محیطی تاکید دارد. به بیان دیگر با هدف دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، مخاطرات زیست محیطی بیشتر را بپذیرند یا در صورت علاقمندی به حفظ محیط‌زیست، سطوح پایین‌تر از رشد اقتصادی را داشته باشند. تأکید رویکرد دوم بر وجود مسیر بهبود کیفیت محیط‌زیست به موازات رشد اقتصادی است، زیرا فرض شده است که سطوح بالای درآمد سبب بهبود کارایی مواد اولیه و استفاده کمتر از آنها در روند تولید کالاها می‌شود. رویکرد سوم، قضیه زیست محیطی کوزنتس است. منحنی زیست محیطی کوزنتس اولین بار برای بیان رابطه میان درآمد سرانه و نابرابری درآمد توسط کوزنتس (۱۹۵۵) مطرح شد. کوزنتس بیان می‌کند که شاخص آلودگی هوا (دی‌اکسید کربن) با افزایش درآمد سرانه در سطوح پایین درآمد افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به یک درآمد معین، شروع به کاهش می‌کند. در گام‌های اولیه حرکت به سمت توسعه به دلیل اهمیت بیشتر رشد، اقتصاد از موهبت محیط‌زیست که به عنوان دارایی در اختیارش است، استفاده می‌کند. پس از رسیدن به سطح مناسبی از رفاه و کاهش موهبت محیط‌زیست، از یک طرف ارزش کالای محیط‌زیست به دلیل کمیابی افزایش می‌یابد و از طرف دیگر با فرض اینکه کالای محیط‌زیست یک کالای نرمال است، افزایش درآمد سرانه تقاضای مردم از محیط‌زیست را افزایش می‌دهد و حتی در طول روند افزایش درآمد، کالای محیط‌زیست به یک کالای لوکس تبدیل می‌شود. مکانیزم‌هایی موجب بهبود محیط‌زیست می‌شوند که اولا تولیدکنندگان به سمت استفاده از تکنولوژی‌های پاک می-

روند و ثانیا تمایل مصرف‌کنندگان به پرداخت برای محیط‌زیست افزایش می‌یابد و مشتاق می‌شوند برای آن مالیات بپردازند (صمدی و یارمحمدیان، ۱۳۹۱).

اما در زمینه سهم عوامل ناکارا در انتشار دی‌اکسید کربن از شهرنشینی و شدت انرژی به عنوان شاخص‌های ناکارای انرژی استفاده می‌شود. مارتینز-زوراسو[1] (۲۰۰۷) بیان کردند که رابطه بین شهرنشینی و کیفیت محیط‌زیست به نوع شهرنشینی بستگی دارد. براساس نظریه تراکم شهری، تراکم بالای شهری موجب بهره‌برداری از صرفه‌های مقیاس برای زیرساخت‌های عمومی شهری (به عنوان مثال حمل و نقل عمومی، مدارس و عرضه آب) شده، وابستگی به ماشین و مسیرهای طولانی حمل و نقل را کاهش می‌دهد و در نهایت منجر به کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار CO2 ناشی از مصرف انرژی می‌شود (کاپلو و کاماگنی[2]، ۲۰۰۰). برخی از منتقدان بر این باورند که زیان‌های ناشی از افزایش تراکم شهری به احتمال زیاد به علت تراکم ترافیک، ازدحام بیش از حد و آلودگی هوا، از منافع ناشی از آن بیشتر است. به طور کلی بدون پشتیبانی از زیرساخت‌های مناسب شهری، تراکم بالای شهری می‌تواند مسائل و مشکلات محیط‌زیستی قابل توجهی را به بار آورد (بورگس[3]، ۲۰۰۰). شدت انرژی منعکس‌کننده بهره‌وری استفاده از انرژی در یک اقتصاد است، بنابراین شدت انرژی بالاتر به معنای هزینه یا قیمت بیشتر تبدیل انرژی به تولید ملی است و بالعکس. میزان تغییر شدت انرژی، با توجه به ساختار اقتصادی هر کشور متفاوت است. در کشورهای توسعه یافته، کاهش شدت انرژی، حاصل سیاست‌های مدیریت صحیح و صرفه‌جویی در مصرف ذخایر منابع انرژی و نیز بهبود نظام‌های فنی است. در مقابل دلیل زیاد بودن شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه را می‌توان در مصرف زیاد انرژی در بخش غیرمولد و نیز استفاده از تجهیزات و فناوری غیربهینه در بخش‌های مولد دانست (برگلند و سدرهوم[4]، ۲۰۰۶) به طور کلی هر چه میزان شدت انرژی مصرفی بالاتر باشد، ناکارآمدی مصرف انرژی بالاتر و به ازای سطح مشخصی از تولید، انتشار دی‌اکسید کربن نیز افزایش می‌یابد. بنابراین انتظار می‌رود که با افزایش شدت مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن به طور معنادار افزایش یابد.

1. Martínez-Zarzoso
2. Capello & Camagni
3. Burgess
4. Bergland & Soderhom

۳- پیشینه پژوهش

۳-۱- مطالعات داخلی

لیانی و کرمی (۱۴۰۴) در کشورهای خاورمیانه، اثر رشد بخش کشاورزی را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌دهد، نتایج برآورد مدل به روش FMOLS طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ نشان می‌دهد که افزایش ارزش افزوده بخش کشاورزی اثر مثبتی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. صادقی و همکاران (۱۴۰۴) عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن را با استفاده از رویکرد فراتحلیل مورد بررسی قرار دادند، نتایج مطالعه آنها نشان داد که در کشورهای در حال توسعه برای دوره زمانی ۲۰۲۳-۲۰۰۰، تولید ناخالص داخلی و شهرنشینی اثر مثبتی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. منصوری و همکاران (۱۴۰۴) اثر رشد اقتصادی را بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران برای دوره زمانی ۲۰۲۱-۱۹۸۰ با استفاده از رهیافت ARDL بررسی نمود و نشان دادند که رشد اقتصادی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. هاتوالساعدی و همکاران (۱۴۰۴) با استفاده از آمارهای کشورهای منا در دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ و با به‌کارگیری رهیافت داده‌های پانل نشان دادند که تولید ناخالص داخلی و شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

امیرنیا (۱۴۰۲) در پژوهشی برای کشورهای عضو اوپک طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۹ با استفاده از رهیافت داده‌های پانل نشان داد که افزایش جمعیت اثر مثبت و معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. حسین زاده و مرادی (۱۴۰۲) اثر مصرف انرژی و رشد اقتصادی را بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا با استفاده از رهیافت داده‌های تابلویی فضایی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که مصرف انرژی مهمترین متغیر اثرگذار بر انتشار دی‌اکسید کربن است.

مقدسی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی برای کشورهای در حال توسعه طی دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۵ با استفاده از رهیافت داده‌های پانل نشان دادند که ارزش افزوده بخش کشاورزی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی دارد.

کمرودی و شافعی (۱۳۹۹) با استفاده از شواهد آماری ایران برای دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۲ و رهیافت اقتصادسنجی فضایی نتیجه گرفتند که مصرف انرژی، جمعیت

و شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته است. مهدی‌زاده راینی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی در ایران طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۷۰ به این نتیجه رسیدند که در بلندمدت مصرف انرژی و نرخ شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. همچنین نشان دادند که تولید ناخالص داخلی واقعی اثر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

گلی (۱۳۹۸) با استفاده از داده‌های استانی برای دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که نسبت صنعتی شدن و شهرنشینی اثرات مثبت معناداری بر انتشار CO2 دارند، اما رشد اقتصادی اثر معناداری بر انتشار CO2 ندارد. آقایی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی برای ایران طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۵۹ با استفاده از رهیافت خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی نشان می‌دهد که رشد اقتصادی، رشد جمعیت و مصرف انرژی تجدیدناپذیر اثر منفی و معنی‌داری را بر کیفیت محیط‌زیست دارد.

۳-۲- مطالعات خارجی

حسن و عدنان[1] (۲۰۲۵) در مقاله‌ای برای ۳۲ کشور نوظهور طی دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۰ نشان می‌دهد که با افزایش یک درصد در امنیت غذایی، انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه ۳۲ درصد افزایش یافته است.

دانیو و همکاران (۲۰۲۴) رابطه بین انتشار CO2، شدت انرژی و نوآوری تکنولوژی را در ۵۸ کشور در دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۰ مورد مطالعه قرار داده و نشان می‌دهند که شدت انرژی بالاتر باعث افزایش انتشار CO2 و نوآوری تکنولوژی باعث کاهش انتشار CO2 می‌شود. لیو و همکاران[2] (۲۰۲۴) در پژوهشی برای اقتصاد هند طی دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۱۳ نشان دادند که تولید مهمترین نیروی پیش برنده افزایش انتشار دی‌اکسید کربن است و توزیع جمعیت اثر معنی داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. تائو و همکاران[3] (۲۰۲۴) در ۳۰ استان چین برای دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۶ با استفاده از رهیافت خودرگرسیون برداری نشان می‌دهند که شدت انرژی اثر مثبتی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد و صنایع با شدت کاربری نیروی کار و سرمایه درآنها، انتشار دی‌اکسید کربن

1. Hasan & Adnan
2. Liu et al
3. Tao et al

کاهش می‌یابد. مارا و همکاران[1] (۲۰۲۴) با استفاده از شواهد کشورهای OECD برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۴ نشان دادند که بهبود تکنولوژی و تبدیل ساختارها با استفاده از فرآیندهای R&D باعث کاهش شدت انرژی و درنتیجه کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. کیون و همکاران[2] (۲۰۲۴) رابطه بین انرژی مصرفی و انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی آبیاری شده طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار دادند، نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که توسعه بخش کشاورزی آبیاری باعث افزایش مصرف انرژی به اندازه ۲۸ درصد شده است و افزایش استفاده از روش‌های با تکنولوژی بالاتر می‌تواند مصرف انرژی را به نصف رسانده و انتشار دی اکسیدکربن را به اندازه ۹۰ درصد کاهش دهد. هودزیک و همکاران[3] (۲۰۲۴) رابطه بین شدت انرژی و محیط سبز را در کشورهای اروپایی برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۴ بررسی کرده و نشان می‌دهند که شدت انرژی بالاتر باعث تخریب محیط‌زیست شده است، اما شمول مالی و و وفور منابع طبیعی باعث محیط سبز شده است. گرشون و همکاران[4] (۲۰۲۴) رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن را در گروه کشورهای آفریقایی در دوره ۲۰۱۷-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار داده و نشان می‌دهند که رشد اقتصادی بالاتر، اثر منفی مصرف انرژی را بر انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌دهد.

کریمی الاویژه و همکاران[5] (۲۰۲۳) نقش توسعه کشاورزی را بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه برای دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۴ مورد مطالعه قرار می‌دهند. نتایج برآورد مدل به روش رگرسیون چندک نشان می‌دهد که توسعه بخش کشاورزی و افزایش جمعیت اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن در تمام چندک‌ها دارد. آلام و همکاران[6] (۲۰۲۳) به بررسی اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر و بخش کشاورزی را بر انتشار دی‌اکسید کربن در هند برای دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ پرداختند، نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که افزایش چگالی جمعیت و توسعه بخش

1. Mara et al
2. Qin et al
3. Hodžić et al
4. Gershon
5. Karimi Alavijeh et al
6. Alam et al

کشاورزی در بلندمدت باعث افزایش آلودگی هوا خواهد شد. عزیز و چودهوری[1] (۲۰۲۳) میزان انتشار دی‌اکسید کربن را در بخش کشاورزی با استفاده از مدل STIRPAT[2] در دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۰ در بنگلادش مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که سطح زیر کشت، میزان کشت برنج و عملکرد محصول اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار متان دارد، در حالی که زمین آبیاری شده اثر منفی بر آن دارد.

رحمان و همکاران (۲۰۲۲) در ۲۵ کشور نوظهور طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ با کاربست رهیافت پانل ARDL نشان می‌دهند که شدت انرژی و صنعتی شدن باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن شده است، در حالی که شهرنشینی باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده است. شکوهی و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از رهیافت ARDL و داده‌های کشورهای خاورمیانه برای دوره ۲۰۱۵-۱۹۷۱ نشان می‌دهند که شدت انرژی بالاتر مهمترین شاخص اثرگذار بر کیفیت محیط‌زیست است.

نتایج تحقیق ناماهورو و همکاران (۲۰۲۱) در ۵۰ کشور آفریقایی طی دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۰ با استفاده از رهیافت تجزیه واریانس نشان می‌دهد که شدت انرژی اثر مثبت و معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد، در حالی که رشد اقتصادی اثر معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد. خضری و همکاران (۲۰۲۱) طی مقاله‌ای در کشورهای آسیایی برای دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۰ با به کارگیری اقتصادسنجی فضایی نشان می‌دهند که افزایش توسعه مالی در کشورهای همسایه باعث کاهش انتشار CO2 می‌شود.

مروری بر مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که پژوهشی در رابطه با اثر شدت انرژی در بخش کشاورزی بر انتشار دی‌اکسید کربن در این بخش انجام نشده است، علاوه بر این اعتبار این پژوهش بر تناسب بین روش تحقیق و ویژگی‌های آماری متغیرها است، چرا که از داده‌های مکان‌مند استفاده شده است و لزوم کاربست رهیافت اقتصادسنجی فضایی را مطرح می‌کند، که در این پژوهش رعایت شده و این موضوع نوآوری مطالعه حاضر است.

1. Aziz & Chowdhury
2. Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology

۴- تصریح مدل

هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی رابطه بین شدت انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن و تولید در بخش کشاورزی به تفکیک استان‌های ایران است. براساس مبانی نظری، علاوه بر اینکه انتشار آلاینده‌ها تحت تاثیر شدت انرژی به عنوان معیاری از ناکارایی تولید قرار دارد، تحت تاثیر عواملی از قبیل جمعیت و میزان شهرنشینی در استان‌ها نیز می‌باشد. بیشتر مطالعات صورت گرفته در بررسی عوامل موثر انتشار دی‌اکسید کربن از اتحاد IPAT[1] استفاده می‌کنند که به صورت رابطه (۱) است (اکسو و لین۲ (۲۰۱۸)).

$$I = P.A.T \qquad (۱)$$

در این رابطه، I نشان دهنده شدت آلودگی آلاینده‌ها است، P نشان دهنده جمعیت، A درجه رفاه اقتصادی و T سطح توسعه یافتگی تکنولوژی است. اما از آنجا که مدل IPAT فرض می‌کند که کشش عوامل موثر بر آلودگی برابر با یک است و این فرض، فرضیه کوزنتس را تایید نمی‌کند، بنابراین دارای نواقصی است. به همین دلیل از مدل STIRPAT که به وسیله دایتز و روسا۳ (۱۹۹۷) پیشنهاد شده است استفاده می‌شود که به صورت رابطه (۲) است.

$$I_t = aP_t^b A_t^c T_t^d e_t \qquad (۲)$$

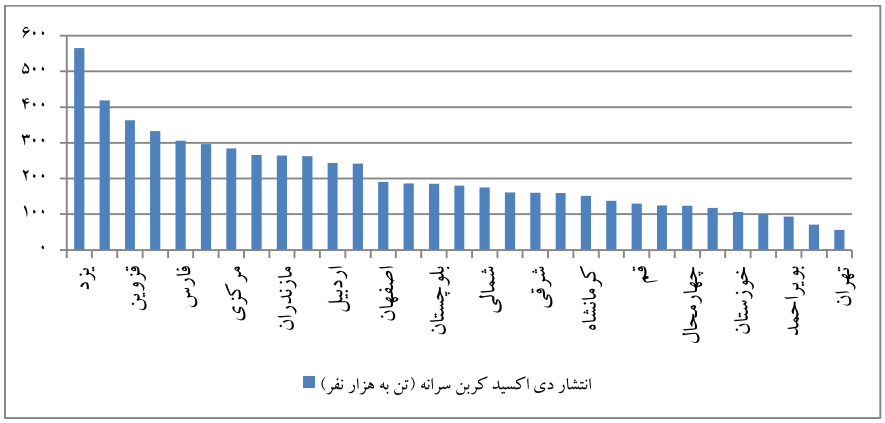
در رابطه (۲)، b، c و d ضرایب اثر آلودگی نسبت به متغیرهای P، A و T هستند. e_t جزء خطای تصادفی و a عرض از مبدا است. این نوع از مدل در مطالعات متعددی از قبیل اکسو و همکاران۴ (۲۰۱۶)، جی و چن۵ (۲۰۱۷) استفاده شده است. برای اندازه‌گیری متغیر P از جمعیت (pop)، برای متغیر A از تولید ناخالص داخلی (GDP) و برای متغیر T از شدت انرژی (EI) استفاده می‌شود که برابر با نسبت انرژی مصرفی به تولید ناخالص داخلی است. از شهرنشینی (urban) نیز به عنوان عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن استفاده می‌شود.

$$co2_{it} = f(gdp_{it}, gdp2_{it}, EI_{it}, pop_{it}, urban_{it}\ W) \qquad (۳)$$

1. environmental impact = population × affluence ×technology
2. Xu and Lin
3. Dietz and Rosa
4. Xu et al
5. Ji and Chen

در رابطه (۳)، co2 میزان لگاریتم سرانه انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران است، gdp تولید حقیقی بخش کشاورزی به سال پایه ۱۳۹۵ است، gdp2 مجذور تولید حقیقی برای آزمون فرضیه کوزنتس در مورد رابطه غیرخطی بین تولید و انتشار آلاینده‌ها، EI شدت انرژی مصرفی به صورت مصرف انرژی به ارزش افزوده حقیقی بخش کشاورزی به سال پایه ۱۳۹۵، pop جمعیت هر استان به صورت لگاریتمی و urban نرخ شهرنشینی به صورت نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت استان است. در راستای گردآوری داده‌های پژوهش از آمارهای منطقه‌ای و سالنامه آماری مرکز آمار ایران و ترازنامه انرژی وزارت نیرو استفاده شده است. در نهایت W ماتریس استاندارد شده فضایی همسایگی استان‌های ایران با ابعاد ۳۱ ستون و ۳۱ سطر می‌باشد. برای برآورد رابطه (۳) از رویکرد اقتصاد سنجی فضایی استفاده می‌شود.

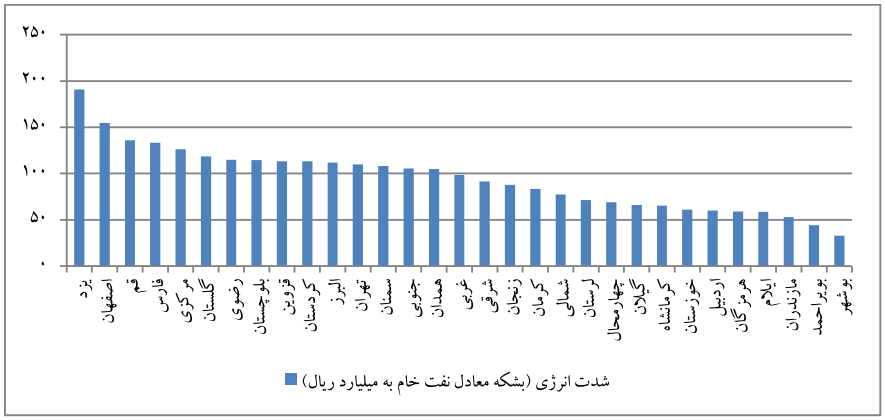
برای مطالعه حاضر از داده‌های ۳۱ استان برای دوره زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۰ متمرکز بر متغیرهای بخش کشاورزی استفاده شده است. آمارهای انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در نمودار (۱) نشان می‌دهد که استان یزد دارای بالاترین انتشار دی‌اکسید کربن سرانه معادل با ۵۶۵ تن به ازای هر هزار نفر است و استان تهران دارای کمترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در بخش کشاورزی معادل با ۵۶ تن به ازای هر هزار نفر است، جمعیت بالای استان تهران و وسعت کمتر زمین‌های کشاورزی آن عامل اصلی برای پایین بودن انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در بخش کشاورزی است.



نمودار ۱. متوسط انتشار دی‌اکسید کربن سرانه طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۶

منبع: محاسبات محققین از آمارهای ترازنامه انرژی وزارت نیرو و مرکز آمار ایران

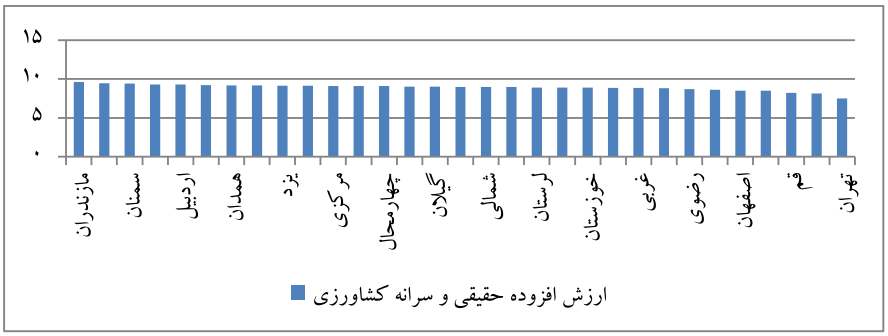
شدت انرژی نشان می‌دهد که به ازای سطح خاصی از تولید چه میزان انرژی به کار رفته است. شواهد برای شدت انرژی در نمودار (۲) نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی در استان یزد دارای بیشترین مقدار برابر با ۱۹۰ بشکه معادل نفت خام به ازای هر میلیارد ریال تولید کشاورزی است. همچنین استان بوشهر دارای کمترین میزان شدت انرژی برابر با ۳۳ بشکه معادل نفت خام به ازای هر میلیارد ریال تولید حقیقی است. در واقع به طور کلی و براساس معیار ضریب همبستگی، استان‌های دارای شدت انرژی مصرفی بالاتر، به طور نسبی انتشار دی‌اکسید کربن بالاتری را تجربه کرده‌اند. لذا از نظر اقتصاد سنجی بررسی این مسئله که آیا شدت انرژی مصرفی در بخش کشاورزی عاملی برای افزایش انتشار دی‌اکسید کربن است، مهم و دارای اهمیت است.



نمودار ۲. متوسط شدت انرژی طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۶

منبع: محاسبات محققین از ترازنامه انرژی وزارت نیرو و داده‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران.

در نهایت تولید بخش کشاورزی در نمودار (۳) نشان می‌دهد که با توجه به تبدیل لگاریتمی و سرانه و واقعی نمودن ارزش افزوده آن، اختلاف اساسی در تولید آنها وجود ندارد، اما مازندران دارای بالاترین ارزش افزوده بخش کشاورزی معادل با ۹/۶ واحد است، و استان تهران دارای کمترین مقدار سرانه برابر با ۷/۱۵ واحد است. در واقع مازندران اگرچه دارای بالاترین ارزش افزوده بخش کشاورزی است، اما از نظر معیار کارایی انرژی در وضعیت مطلوبی است و انتشار دی‌اکسید کربن کمتری داشته است، لذا پاسخ به این سوال که آیا تولید بخش کشاورزی عاملی برای بالا بودن انتشار دی‌اکسید کربن است، مهم و دارای اهمیت می‌باشد.



نمودار ۳. متوسط گاریتم ارزش افزوده حقیقی و سرانه بخش کشاورزی طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۶

منبع: داده‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران

۵- برآورد مدل و تحلیل نتایج

برای استفاده از مدل‌های اقتصاد سنجی فضایی، ابتدا باید با استفاده از آماره موران برای متغیر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی و خطای مدل عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن، وجود اثرات فضایی بین استان‌ها مورد آزمون قرار گیرد. نتایج حاصل از آماره موران برای داده‌های مورد استفاده در جدول (۱) نشان می‌دهد که نوعی اثرات سرریزانتشار دی‌اکسید کربن بین استان‌ها در بخش کشاورزی وجود دارد. بنابراین سرریز تکنولوژی در بخش کشاورزی برای اثرگذاری بر انتشار دی‌اکسید کربن بین استان‌ها وجود دارد، چرا که فرضیه صفر آماره موران مبتنی بر عدم وجود خودهمبستگی فضایی رد شده است، لذا دلایل کافی برای استفاده از مدل‌های اقتصاد سنجی فضایی وجود دارد.

جدول ۱.آزمون همبستگی فضایی موران

	مقدار آماره	ارزش احتمال (P-Value)
متغیر وابسته انتشار دی‌اکسید کربن	۷/۹۱	۰/۰۰
پسماندهای مدل متعارف	۳/۳۴	۰/۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

مرحله دوم برای استفاده از مدل اقتصادسنجی فضایی، برآورد مدل براساس نوع وقفه فضایی است. به همین دلیل از ضریب لاگرانژ برای تعیین وابستگی فضایی بر حسب وقفه فضایی، خطای فضایی یا ترکیبی استفاده می‌شود. نتایج حاصل از ضریب لاگرانژ در

جدول (۲) نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبتنی بر عدم وابستگی فضایی در مشاهدات از متغیر در حالت وقفه فضایی رد شده، اما فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود وابستگی فضایی در جزء خطا تایید شده است. بنابراین در برآورد عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن بخش کشاورزی از رویکرد اقتصادسنجی فضایی با وقفه فضایی استفاده می‌شود.

جدول ۲. آزمون ضریب لاگرانژ

	LM error	RLM error	LM lag	RLM lag
مقدار آماره	۹/۹۳	۱/۴	۱۶/۷۹	۷/۸۴
ارزش احتمال	۰/۰۰	۰/۲۳۵	۰/۰۰	۰/۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

ناهمگنی در جزء فضا یا زمان یکی از ویژگی‌های بنیادی بسیاری از آمارها و داده‌ها است، در این راستا برای آزمون وجود اثرات ناهمگن از آزمون حداکثر راستنمایی (LR[1]) استفاده می‌شود، بنابراین اثرات ثابت زمانی بر روند اثرگذاری عواملی بر CO2 است که در طول زمان تغییر کرده و اثرات ثابت فضا نشان دهنده خصوصیات خاص هر منطقه می‌باشد که در طول زمان ثابت است. نتایج حاصل از آزمون نسبت راستنمایی در جدول (۳) نشان می‌دهد که اثرات ثابت فضا و زمان وجود دارد، چرا که فرضیه صفر مبنی بر عدم ناهمگنی در طول زمان و در بین استان‌های ایران در سطح خطای یک درصد رد شده است، و بنابراین ناهمگنی‌ها هم در بعد فضا و هم در بعد زمان وجود دارد، اما نتایج آماره هاسمن نشان دهنده مدلسازی جزء ناهمگن در جزء خطای مدل می‌باشد. چرا که فرضیه صفر تایید شده است، بنابراین در مدل نهایی از مدل وقفه فضایی با در نظر گرفتن اثرات ثابت زمان و فضا و به روش اثرات تصادفی استفاده می‌شود.

جدول ۳. آزمون اثرات ثابت زمان و فضا و هاسمن

آماره LR اثرات ثابت فضا	آماره LR اثرات ثابت زمان	آزمون هاسمن فضایی
۴۴۲/۴	۵۵/۶۳	۳/۹۷
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۵۵)

اعداد داخل پرانتز مقادیر ارزش احتمال (p-value) هستند.

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Likelihood ratio

برآورد مدل اقتصادسنجی فضایی

در این بخش ابتدا به برآورد مدل با استفاده از رویکرد SAC پرداخته می‌شود و سپس مدل را با بررسی اثرات سرریز متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته و به صورت SDM برآورد می‌شود. جدول (۴) نشان می‌دهد که تولید و مجذور تولید در بخش کشاورزی اثر معنی‌داری را بر انتشار دی‌اکسید کربن در این بخش ندارد، که این نتیجه در مطالعه گلی (۱۳۹۸) و ناماهورو و همکاران (۲۰۲۱) نیز تایید شده و بر خلاف نتایج مطالعات لیانی و کرمی (۱۴۰۴)، مقدسی و همکاران (۱۴۰۱)، کیون و همکاران (۲۰۲۴)، کریمی الاویژه و همکاران (۲۰۲۳) می‌باشد، دلالت مهم برای تفاوت نتایج ناشی از روش پژوهش و داده‌های مورد استفاده است، زیرا در اغلب آنها متغیرها در سطح کلان مدنظر بوده‌اند. دلالت‌های متعددی برای عدم اثرگذاری تولیدات بخش کشاورزی بر انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد، ابتدا اینکه مصرف انرژی تخصیص یافته به بخش کشاورزی ضرورتا در بخش کشاورزی مصرف نمی‌شود و ممکن است در بازارهای ثانویه مورد معامله قرار گیرد، دومین دلالت سهم پایین بخش کشاورزی در انتشار آلاینده‌ها در مقایسه با سهم آن در مصرف انرژی است، چرا که براساس آمارهای ترازنامه انرژی در سال ۱۴۰۱، سهم مصرف انرژی بخش کشاورزی برابر با ۵/۱ درصد و سهم انتشار آلاینده‌های دی‌اکسید کربن آن برابر با ۲/۸ درصد است و این اثر ناچیز به صورت نامعناداری ظهور یافته است.

شدت انرژی و نسبت انرژی مصرفی به تولید به عنوان معیاری از کارایی انرژی مصرفی همواره یکی از عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن است. هر چه سیستم اقتصادی از تکنولوژی برتر استفاده نماید به ازای یک سطح خاص از تولید، انرژی کمتری مصرف شده و بنابراین دی‌اکسید کربن کمتری تولید می‌شود. شواهد مطالعه حاضر نشان می‌دهد که با افزایش یک درصد در شدت انرژی مصرفی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن سرانه تولید شده در بخش کشاورزی به اندازه ۴/۹۷ درصد افزایش می‌یابد. این میزان افزایش در دی‌اکسید کربن تولید شده، ناشی از ناکارآمدی تولید در اقتصاد و عدم استفاده از تکنولوژی برتر است. با مقایسه نتایج به دست آمده در رابطه با اثر شدت انرژی، اغلب مطالعات چنین مسئله‌ای را تایید می‌کنند، مطالعاتی مانند کمرودی و شافعی (۱۳۹۹)، ناماهورو و همکاران (۲۰۲۱) و تائو و همکاران (۲۰۲۴) بر

اثر مثبت شدت انرژی در انتشار co2 تاکید می‌کنند، زیرا معیار ناکارایی واحد است و اثر ناکارایی مصرف انرژی، تخریب محیط‌زیست می‌باشد و این مسئله چه در متغیرهای کلان و چه متغیرهای بخش کشاورزی تایید شده است. اگرچه تولید در بخش کشاورزی مانند سایر بخش‌های اقتصادی انرژی‌بری بالایی ندارد، اما ناکارایی در مصرف انرژی این بخش به دلیل استفاده از ماشین‌آلات قدیمی می‌تواند نقش بسزایی در انتشار آلاینده‌ها داشته باشد. در واقع سهم نسبتا بالایی از انتشار آلاینده‌ها در بخش کشاورزی ناشی از عدم کارایی در مصرف انرژی است. لازم به ذکر است که در بسیاری از ماه‌ها بخش کشاورزی فعالیتی ندارد، بنابراین انرژی تخصیص یافته به این بخش به صورت فروش در سایر بازارها ظهور می‌یابد و باعث تغییرات نامطلوبی در شدت انرژی و در نتیجه آلاینده‌ها می‌شود.

جدول ۴. برآورد مدل SAC

	تولید	مجذور تولید	شدت انرژی	شهرنشینی	جمعیت	وقفه فضایی	عرض از مبدا
ضریب	۰/۹۱۵	-۰/۰۲۴	۴/۹۷	-۰/۶۸۹	-۰/۲۲	۰/۴۷۸	-۱/۸۶
مقدار احتمال	(۰/۲۴)	(۰/۵۷)	(۰/۰۰)	(۰/۰۳)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۶)

منبع: یافته‌های تحقیق

شهرنشینی پیامد توسعه اقتصادی در کشورها است. شهرها در اطراف فعالیت‌های تولیدی دارای رونق بالا توسعه می‌یابند. با افزایش مهاجرت از روستا به شهرها، تقاضای برای زمین‌های کشاورزی با بهره‌وری پایین کاهش یافته و به همین دلیل انرژی کمتری مصرف می‌شود. با افزایش مهاجرت، مصرف انرژی با نرخ نزولی کاهش می‌یابد، در واقع در واحدهای ابتدایی مهاجرت، کاهش مصرف انرژی بسیار بالاتر از واخدهای بعدی در شهرنشینی است. شواهد حاصل از برآوردها نشان می‌دهد که شهرنشینی اثر منفی و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد، که این مسئله نشانگر بالا بودن سهم زمین‌های کشاورزی غیرحاصلخیز نسبت به کل زمین‌های زیرکشت است، زیرا رشد شهرنشینی باعث کاهش صرفه در فعالیت بر روی زمین‌های کشاورزی شده است و با کاهش فعالیت، میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و در نهایت انتشار دی‌اکسید کربن به

طور معنی‌داری کاهش یافته است. لذا با افزایش یک درصد در شهرنشینی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه ۰/۶۸۹ درصد کاهش یافته است. این نتایج در مطالعات رحمان و همکاران (۲۰۲۲) نیز تایید شده است، اما با مطالعات صادقی و همکاران (۱۴۰۴)، هاتوالساعدی و همکاران (۱۴۰۴) کمرودی و شافعی (۱۳۹۹) ناسازگار می‌باشد، که دلیل آن تفاوت آمارهای استفاده شده است. در واقع در سطح کلان اثر شهرنشینی از طریق صرفه‌های مقیاس شهری قابل بحث است. در نهایت جمعیت یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن است. هر چه جمعیت افزایش یابد، میزان تقاضا برای محصولات کشاورزی بیشتر می‌شود و این بالا رفتن تقاضا منجر به افزایش سطح زیرکشت و در نتیجه افزایش انتشار آلاینده‌ها خواهد شد. از سویی ممکن است افزایش قیمت ناشی از افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی باعث ایجاد صرفه مقیاس در بهبود روش‌های تولیدی بخش کشاورزی گردد و این مسئله باعث کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شود. نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که افزایش جمعیت باعث کاهش معناداری در انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در بخش کشاورزی می‌شود، به طوری که با افزایش یک درصد در جمعیت، انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در بخش کشاورزی به اندازه ۰/۲۲ درصد کاهش می‌یابد. این مورد در سطح خطای ۵ درصد معنادار است. مهمترین دلیل برای اثر منفی جمعیت بر انتشار آلاینده‌ها، سرانه بودن متغیر وابسته پژوهش و رشد بالاتر جمعیت نسبت به انتشار دی‌اکسید کربن است. اما دلیل دوم ناشی از محدود بودن زمین‌های کشاورزی و طولانی بودن تولیدات بخش کشاورزی است. به این صورت که با افزایش جمعیت ضرورتا سطح زیرکشت تغییرات چندانی را تجربه نخواهد کرد. نتایج این مطالعه با نتایج امیرنیا (۱۴۰۲)، آقایی و همکاران (۱۳۹۷)، کمرودی و شافعی (۱۳۹۹) و کریمی الاویژه و همکاران (۲۰۲۳) ناسازگار است، زیرا متغیر وابسته آنها انتشار co2 تمام بخش‌های اقتصادی بوده و با جمعیت تعدیل نشده است.

اثرات سرایت انتشار دی‌اکسید کربن بخش کشاورزی در بین استان‌های ایران به وسیله متغیر وقفه فضایی گزارش شده است. از آنجا متغیر انتشار دی‌اکسید کربن در ماتریس فضایی استانداری ضرب شده است که قطر اصلی آن صفر و برای استان‌های همسایه دارای مقداری بالاتر از صفر و کمتر از یک است، لذا وجود چنین متغیری در

متغیرهای مستقل نشان‌دهنده اثرات سرریز از استان‌های همسایه است. نتایج نشان می‌دهد که یک درصد افزایش در انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در سایر استان‌های همسایه $(i \neq j)$ ، منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در استان i به اندازه ۰/۴۷۸ درصد می‌شود، این اثر در سطح خطای ۵ درصد معنادار است. از آنجا که برآورد به روش SAC اثرات سرریز ناشی از متغیرهای مستقل را نادیده می‌گیرد، در مرحله بعد، از برآورد مدل SDM استفاده می‌شود، به این صورت اثرات مستقیم و اثرات سرریز ناشی از تاثیر متغیرهای مستقل را بر متغیر وابسته را گزارش می‌دهد.

شواهد حاصل از برآورد اثرات مستقیم متغیرهای مستقل بر انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در جدول (۵) از نظر علامت و معناداری همانند روش SAC است و تنها در مقادیر ضرایب برآورد شده و معناداری برخی از ضرایب تفاوت وجود دارد. بنابراین در این مرحله تنها بر اثرات سرریز تمرکز شده است. برای ارائه اثرات سرریز ناشی از متغیرهای مستقل به این صورت عمل می‌شود که متغیرهای توضیحی از قبیل تولید، شهرنشینی و شدت انرژی در ماتریس استانداری ضرب شده است که برای استان‌های همسایه دارای عددی بزرگتر از صفر و کمتر از یک و عناصر قطر اصلی که نشان دهنده اثرات خودی هستند برابر با صفر هستند. چون عناصر قطر اصلی برابر با صفر هستند، اثرات خودی مربوط به هر استان حذف شده و تنها اثرات استان‌های همسایه آورده شده است. لذا اثرات سرریز تعریفی است که برای ضرب متغیرهای توضیحی در ماتریس فضایی استاندارد ذکر شده است. شواهد نشان می‌دهد که اثرات سرریز از سمت تولید و جمعیت در سایر استان‌ها $i \neq j$ بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در استان i از نظر آماری نامعنادار است. اما افزایش شهرنشینی در سایر استان‌ها $i \neq j$ باعث کاهش معناداری در انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در استان i می‌شود. شهرنشینی با رونق فعالیت در بخش‌های صنعت به وجود می‌آید، بنابراین با افزایش در شهرنشینی در استان‌های همسایه و مهاجرت نیروی کار از بخش کشاورزی با بازدهی پایین به صنعت با بازدهی بالای استان‌های همسایه، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در استان مبدا مهاجرت به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. دلیل عمده آن ناشی از عدم صرفه در کشت زمین‌های با بازدهی پایین است. دومین عامل شدت انرژی است، هر چه شدت انرژی در استان‌های همسایه افزایش یابد، عدم کارایی در استان خاص سرریز نموده و به این

واسطه انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد، این مسئله در حالت بلعکس نیز قابل قبول است، در استان‌های همسایه اگر تکنولوژی تولید بهبود یابد، این بهبود تکنولوژی به استان خاص انتقال یافته و انتشار دی‌اکسید کربن را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در واقع با افزایش شدت انرژی در استان‌های همسایه به اندازه یک درصد، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در استان خاص به اندازه ۱/۴۶ درصد افزایش می‌یابد و این اثر در سطح خطای یک درصد معنی‌دار است. در نهایت متغیر اثرات سرریز در جدول برآورد به روش SDM از نظر آماری معنی‌دار است و این نشان دهنده اهمیت وجود عواملی غیر از عوامل بررسی شده در تعیین سرریز انتشار دی‌اکسید کربن در بین استان‌های ایران است، که نیازمند مطالعه بیشتری است.

جدول ۵. برآورد مدل SDM

	اثرات مستقیم		اثر سرریز	
	ضریب	مقدار احتمال	ضریب	مقدار احتمال
عرض از مبدا	۵/۶	۰/۴۵		
تولید	۱/۶۳	۰/۰۴	-۱/۸۶	۰/۲۲
مجذور تولید	-۰/۰۶۳	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۱۶
شدت انرژی	۵/۰۴	۰/۰۰	۱/۴۶	۰/۰۰
شهرنشینی	۰/۶۸	۰/۱۶	-۲/۳۸	۰/۰۰
جمعیت	-۰/۲۸۵	۰/۰۰۱	-۰/۲۶	۰/۱۸
وقفه فضایی	۰/۳۸۳	۰/۰۰		

منبع: یافته‌های تحقیق

۶- نتیجه‌گیری

به تناسب افزایش رشد اقتصادی در هر جامعه‌ای نیاز به رفاه و کیفیت زندگی افزایش می‌یابد. بهبود کیفیت محیط‌زیست به ازای سطح ثابتی از تولید در اقتصاد یکی از مهمترین مسائلی است که امروزه مدنظر بسیاری از سیاست‌گذاران می‌باشد. اما بخش کشاورزی یکی از بخش‌هایی است که با توجه به ماهیت تولیدات آن نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی در انرژی‌بری، سهم بالایی در مصرف انرژی و کاهش کیفیت

محیط‌زیست دارد. در همین راستا پژوهش حاضر عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن را در بخش کشاورزی برای دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۶ با بکارگیری رهیافت اقتصادسنجی فضایی مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج برآوردها نشان داد که افزایش شهرنشینی و رشد جمعیت در سال‌های اخیر در راستای کاهش انتشار آلاینده‌ها بوده است زیرا عمدتا هزینه فرصت کار بر روی زمین‌های با کارایی پایین به دلیل افزایش شهرنشینی و وجود فرصت‌های اشتغال در سایر بخش‌ها، افزایش یافته است. همچنین رشد جمعیت بالاتر از رشد انتشار دی‌اکسید کربن بوده است، تولید در بخش کشاورزی به دلیل عدم ارتباط قوی بین مصرف انرژی تخصیص یافته به این بخش و تولید آن، اثر معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد. در نهایت مهمترین عامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی، شدت انرژی بالاتر و منسوخ بودن ماشین آلات به کار رفته در بخش کشاورزی می‌باشد. بنابراین اولین واقعیت آن است که کشاورزی در ایران در مقیاس‌های کوچک در حال انجام است و این باعث به صرفه نبودن تجهیز بخش کشاورزی به وسایل مدرن و با تکنولوژی بالا می‌شود. دومین واقعیت آن است که جزء نسبتا بالایی از انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی به دلیل تکنولوژی قدیمی تولیدی در این بخش است. براساس دو واقعیت ذکر شده، بخش کشاورزی ایران از وجود تجهیزات قدیمی به قیمت افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و بالا بودن مصرف انرژی رنج می‌برد. بنابراین افزایش قیمت انرژی می‌تواند انگیزه کشاورزان را برای بهبود کیفیت تکنولوژی تجهیزات افزایش دهد که این مورد نیازمند اعطای تسهیلات به کشاورزان با سود پایین از جانب دولت است.

۶-۱- محدودیت‌های پژوهش

محدودیت اصلی برای پژوهش حاضر عدم به روز نبودن آمارها و شواهد آماری مورد استفاده برای برآورد مدل است.

۶-۲- پیشنهادات برای مطالعات آتی

ارزیابی سیاست‌های حمایتی دولت از بخش کشاورزی در راستای بهبود کارایی تجهیزات مورد استفاده در بخش کشاورزی و برآورد سهم ناکارایی انرژی در بخش کشاورزی در انتشار دی‌اکسید کربن.

منابع

- صمدی، سعید و یارمحمدیان، ناصر. (۱۳۹۱). تخمین منحنی محیطزیست کوزنتس(EKC) با روش همجمعی کسری. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲(۵)، ۱۵۲-۱۲۹.
- آقایی، مجید، رضاقلی زاده، مهدیه، حسینی، مریم. (۱۳۹۷). ثبات مالی، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و کیفیت محیطزیست: شواهدی جدید از ایران. پژوهشنامه اقتصاد کلان، ۱۳ (۲۶): ۱۹۹-۱۷۱.
- صالحی کمرودی، محسن، & شافعی، سیما. (۱۳۹۹). اثرات فضایی توسعه بخش کشاورزی بر کیفیت محیطزیست. مطالعات علوم محیطزیست، ۵(۲)، ۲۵۲۱-۲۵۲۸.
- گلی، یونس. (۱۳۹۸). بررسی اثرات فضایی صنعتی شدن بر کیفیت محیطزیست در استان‌های ایران. پژوهش‌های محیطزیست، ۱۰(۲۰)، ۲۷۳-۲۸۴.
- مهدی زاده راینی، محمد جواد، ضیایی، سامان، & احمدپور برازجانی، محمود. (۱۳۹۹). بررسی رابطه بین تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف انرژی، توسعه مالی، درجه باز بودن اقتصاد و شهرنشینی با تخریب محیطزیست در ایران. مطالعات علوم محیطزیست، ۵(۱)، ۲۲۲۰-۲۲۳۱.
- امیرنیا، آرام . (۱۴۰۲). تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو اوپک. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱۲(۴۸)، ۱۱-۳۰. doi: 10.22054/jiee.2023.72024.1975
- صادقی، سید کمال ، محمدزاده، پرویز و عباس الصالحی، ابراهیم حکمت . (۱۴۰۴). بررسی عوامل اقتصادی مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از رویکرد فراتحلیل. نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۱۲(۳)، ۱۶۵-۲۰۲. doi: 10.22034/ecoj.2025.63586.3353
- حسین زاده، هدایت، مرادی، مهدی (۱۴۰۲)، بررسی تاثیر مصرف انرژی و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسیدکربن: داده‌های تابلویی فضایی، علم و تکنولوژی و محیطزیست، ۲۵(۲): ۲۶-۱۵.

- لیانی، قاسم، کرمی، مهدی (۱۴۰۴)،اثرات رشد بخش کشاورزی و مصرف انرژی بر انتشار گازهای گلخانه ای و کیفیت محیط‌زیست در کشورهای خاورمیانه، فصلنامه علوم محیطی.
- الساعدی علی جبار هاتو، صادقی سید کمال، پورعبادالهان محسن (۱۴۰۴). تاثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن (۲Co) در کشورهای عضو منا. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۲۱ (۸۶) :۱۴۵-۱۷۳.
- منصوری سید امین، آرمن سید عزیز، اندایش یعقوب، خورسند کیوان (۱۴۰۴). بررسی تأثیر بهره‌وری انرژی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۲۱ (۸۴) :۵۱-۷۸.
- مقدسی رضا، عجم نیما، محمدی نژاد امیر (۱۴۰۱). تاثیر جهانی سازی بر انتشار کربن دی اکسید در بخش کشاورزی: مطالعه موردی کشورهای منتخب در حال توسعه. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۸ (۷۵) :۲۰۷-۲۲۸.
- Alam, M. S., Duraisamy, P., Siddik, A. B., Murshed, M., Mahmood, H., Palanisamy, M., & Kirikkaleli, D. (2023). The impacts of globalization, renewable energy, and agriculture on CO2 emissions in India: contextual evidence using a novel composite carbon emission-related atmospheric quality index. Gondwana Research, 119, 384-401.
- Ali, R., Bakhsh, K., & Yasin, M. A. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions in emerging economy: evidence from Pakistan. Sustainable Cities and Society, 48, 101553.
- Al-Mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y., & Sab, C. N. B. C. (2013). Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO2 emission in MENA countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 23, 107-112.
- Aziz, S., & Chowdhury, S. A. (2023). Analysis of agricultural greenhouse gas emissions using the STIRPAT model: A case study of Bangladesh. Environment, Development and Sustainability, 25(5), 3945-3965.
- Berglund, C., Söderholm, P., 2006. Modeling technical change in energy system analysis: analyzing the introduction of learning-by-doing in bottom-up energy models. Energy Policy. pp. 1344-1356.

- Burgess, R., 2000. The Compact City Debate: a Global Perspective. In: Jenks, M. Burgess, R. (Eds.), Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries. Spon Press, New York. pp. 9–24.
- Capello, R., Camagni, R., 2000. Beyond Optimal City Size: an Evaluation of Alternative Urban Growth Patterns. pp. 1479–1496.
- Charfeddine, L., & Khediri, K. B. (2016). Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 55, 1322-1335.
- Dogan, E., & Turkekul, B. (2016). CO 2 emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. Environmental Science and Pollution Research, 23(2), 1203-1213.
- Dunyo, S. K., Odei, S. A., & Chaiwet, W. (2024). Relationship between CO2 emissions, technological innovation, and energy intensity: Moderating effects of economic and political uncertainty. Journal of Cleaner Production, 440, 140904.
- Gershon, O., Asafo, J. K., Nyarko-Asomani, A., & Koranteng, E. F. (2024). Investigating the nexus of energy consumption, economic growth and carbon emissions in selected african countries. Energy Strategy Reviews, 51, 101269.
- Hao, Y., & Liu, Y. M. (2016). The influential factors of urban PM2. 5 concentrations in China: a spatial econometric analysis. Journal of Cleaner Production, 112, 1443-1453.
- Hasan, M. M., & Adnan, A. T. M. (2025). Nexus between environmental sustainability, energy intensity and food security: evidence from emerging economies. Journal of Business and Socio-economic development, 5(2), 139-154.
- Hodžić, S., Šikić, T. F., & Dogan, E. (2023). Green environment in the EU countries: The role of financial inclusion, natural resources and energy intensity. Resources policy, 82, 103476.
- Hossain, S. (2012). An econometric analysis for CO 2 emissions, energy consumption, economic growth, foreign trade and urbanization of Japan.
- Karimi Alavijeh, N., Salehnia, N., Salehnia, N., & Koengkan, M. (2023). The effects of agricultural development on CO2 emissions: empirical

evidence from the most populous developing countries. Environment, Development and Sustainability, 25(10), 12011-12031.

- Khezri, M., Karimi, M. S., Khan, Y. A., & Abbas, S. Z. (2021). The spillover of financial development on CO2 emission: a spatial econometric analysis of Asia-Pacific countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 145, 111110.
- Kotroni, E., Kaika, D., & Zervas, E. (2020). Environmental Kuznets Curve in Greece in the period 1960-2014. International Journal of Energy Economics and Policy, 10(4), 364-370.
- Liu, Y. Z., Su, C., & Zhang, W. W. (2024). A multi-region analysis on drivers of energy related CO2 emissions in India from 2013 to 2021. Applied Energy, 355, 122353.
- Mahmood, T., & Ahmad, E. (2018). The relationship of energy intensity with economic growth: Evidence for European economies. Energy strategy reviews, 20, 90-98.
- Marra, A., Colantonio, E., Cucculelli, M., & Nissi, E. (2024). The 'complex'transition: Energy intensity and CO2 emissions amidst technological and structural shifts. Evidence from OECD countries. Energy Economics, 136, 107702.
- Martínez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A., Morales-Lage, R., 2007. The impact of population on CO2 emissions: evidence from European countries, Environmental and Resource Economics. pp. 497-512.
- Namahoro, J. P., Wu, Q., Zhou, N., & Xue, S. (2021). Impact of energy intensity, renewable energy, and economic growth on CO2 emissions: Evidence from Africa across regions and income levels. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 147, 111233.
- Poumanyvong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emissions? A cross-country analysis. Ecological Economics, 70(2), 434-444.
- Qin, J., Duan, W., Zou, S., Chen, Y., Huang, W., & Rosa, L. (2024). Global energy use and carbon emissions from irrigated agriculture. Nature Communications, 15(1), 3084.

- Rahman, M. M., Sultana, N., & Velayutham, E. (2022). Renewable energy, energy intensity and carbon reduction: Experience of large emerging economies. Renewable Energy, 184, 252-265.
- Shahbaz, M., Solarin, S. A., Sbia, R., & Bibi, S. (2015). Does energy intensity contribute to CO2 emissions? A trivariate analysis in selected African countries. Ecological indicators, 50, 215-224.
- Shokoohi, Z., Dehbidi, N. K., & Tarazkar, M. H. (2022). Energy intensity, economic growth and environmental quality in populous Middle East countries. Energy, 239, 122164.
- Somoye, O. A., Seraj, M., Ozdeser, H., & Mar'I, M. (2024). Modelling the connection between energy intensity, renewable energy, globalization, technological innovation and CO2 emissions: A Quantile–on–Quantile technique. Geological Journal, 59(4), 1322-1336.
- Tao, M., Wen, L., Sheng, M. S., Yan, Z. J., & Poletti, S. (2024). Dynamics between energy intensity and carbon emissions: What does the clustering effect of labor and capital play?. Journal of Cleaner Production, 452, 142223.
- Ulucak, R., & Khan, S. U. D. (2020). Relationship between energy intensity and CO2 emissions: Does economic policy matter?. Sustainable Development. doi:10.1002/sd.2098..

Examining the effect of energy intensity and value added on CO2 Emission in the Agricultural Sector (A Spatial Econometric Approach)

Tahereh Jahed [1]
Master's degree, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Master of Science, (Jahed.tahereh@gmail.com)

seyed Abolghasem Mortazavi
Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, (samortazavi@modares.ac.ir)

Mohammad Hassan Vakilpoor
Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, (vakilpoormh@modares.ac.ir)

Received: 2025/07/31 Accepted: 2026/01/31

Abstract

Environmental protection is one of the key pillars of sustainable development. The agricultural sector, on the one hand, plays a vital role due to its responsibility in meeting the basic needs of society; on the other hand, it significantly contributes to pollutant emissions because it relies on energy as a production input. Accordingly, in order to reduce the negative externalities of agricultural development, the present study investigates the factors affecting carbon dioxide emissions in the agricultural sector using statistical evidence from Iranian provinces over the period 2007–2021 and applying a spatial econometric approach. The data reveal that Yazd Province has the highest energy intensity in agriculture, equivalent to 190 barrels of crude oil per thousand billion rials of output, and the highest per capita carbon dioxide emissions, amounting to 565 tons per thousand people. Estimation results indicate that agricultural output does not have a statistically significant effect on CO_2 emissions; however, energy intensity has a positive and significant impact, reflecting a high degree of inefficiency in energy consumption. Additionally, the effects of population and urbanization on per capita CO_2 emissions are found to be negative and statistically significant. Therefore, improving production technologies in the agricultural sector to reduce energy intensity and increase crop productivity, along with developing other economic sectors to phase out highly polluting machinery particularly considering the roles of population and urbanization are among the most important policy recommendations for enhancing environmental quality associated with agricultural activities.

JEL Classification: O13 ،C21 ،P28.

Keywords: CO2 emission, Energy intensity, Spatial Econometric.

1. Corresponding Author