



Investigating the effect of Carbon Tax on Pollution Control in Iran's Agricultural Sector (with the implementation of the Energy Subsidy Targeting Law)

Fatemeh Taei Semiromi¹, Sadegh Khalilian^{2*}

Received: 26 April 2021 Accepted: 28 December 2023

1-PhD Student, Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: Khalil_s@modares.ac

Abstract

Background and Objective: Paying subsidies to energy carriers causes environmental pollution. Therefore, it is necessary to investigate the effective factors on pollution control during the targeted period of energy subsidies. The purpose of this study is to investigate the effect of applying the carbon tax policy on pollution control in Iran's agricultural sector.

Materials and Methods: To achieve this goal, the translog cost function was estimated through seemingly unrelated linear regression (SUR) for the period 1997 to 2018. Also, through a scenario-based approach, the effect of tax rate on pollution control was investigated for the period 2010 to 2018. Relevant statistical information has been collected from Central Bank, Iran Statistics Center, Ministry of Energy and FAO Organization.

Results: The results showed that the carbon tax policy in the agricultural sector is an efficient policy for energy storage and pollution control in the agricultural sector, so that by applying different scenarios of the carbon tax rate, it was found that the implementation of this policy saves energy consumption with an average of 92.14 million barrels will be equivalent to crude oil and the reduction of carbon dioxide emissions will be an average of 87.3 million tons.

Conclusion: According to the results, in order to develop new technologies and sustainable growth of production to achieve the goals of saving energy consumption and reducing carbon dioxide emissions, it is suggested to accelerate pricing reforms by implementing the policy of increasing the carbon tax.

Keywords: Carbon Tax, Energy Consumption, Agriculture, Pollution Control, Targeted Energy Subsidie



بررسی اثر مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی در بخش کشاورزی ایران (با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی)

فاطمه طایب سمیرمی^۱، صادق خلیلیان*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۷

۱- دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

*مسئول مکاتبه: Email: Khalil_s@modares.ac

چکیده:

اهداف: پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی سبب آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود. بنابراین، بررسی عوامل مؤثر بر کنترل آلودگی در دوره هدفمندی یارانه‌های انرژی ضرورت دارد. هدف از این مطالعه بررسی اثر سیاست مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی در بخش کشاورزی ایران است.

مواد و روش‌ها: برای دستیابی به این هدف، به برآورد تابع هزینه ترانسلوگ از طریق رگرسیون به ظاهر نامرتب خطی (SUR) برای دوره ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۷ پرداخته شد. همچنین از طریق یک رویکرد مبتنی بر سناریو برای دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ اثر نرخ مالیات بر کنترل آلودگی بررسی شد. اطلاعات آماری مربوطه از بانک مرکزی، مرکز آمار ایران، وزارت نیرو و سازمان فائو جمع‌آوری شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که سیاست مالیات بر کربن برای ذخیره‌سازی انرژی و همچنین کنترل آلودگی در بخش کشاورزی سیاستی کارآمد است، به طوری که با اعمال سناریوهای مختلف نرخ مالیات بر کربن مشخص شد که اجرای این سیاست سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی با متوسط ۱۴/۹۲ میلیون بشکه معادل نفت خام و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با متوسط ۳/۸۷ میلیون تن در دوره هدفمندی یارانه انرژی خواهد شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله، به منظور توسعه فناوری‌های جدید و رشد پایدار تولید برای دستیابی به اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تسریع در اصلاحات قیمت‌گذاری با اجرای سیاست افزایش مالیات بر کربن پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مالیات بر کربن، مصرف انرژی، کشاورزی، کنترل آلودگی، هدفمندی یارانه انرژی

مقدمه

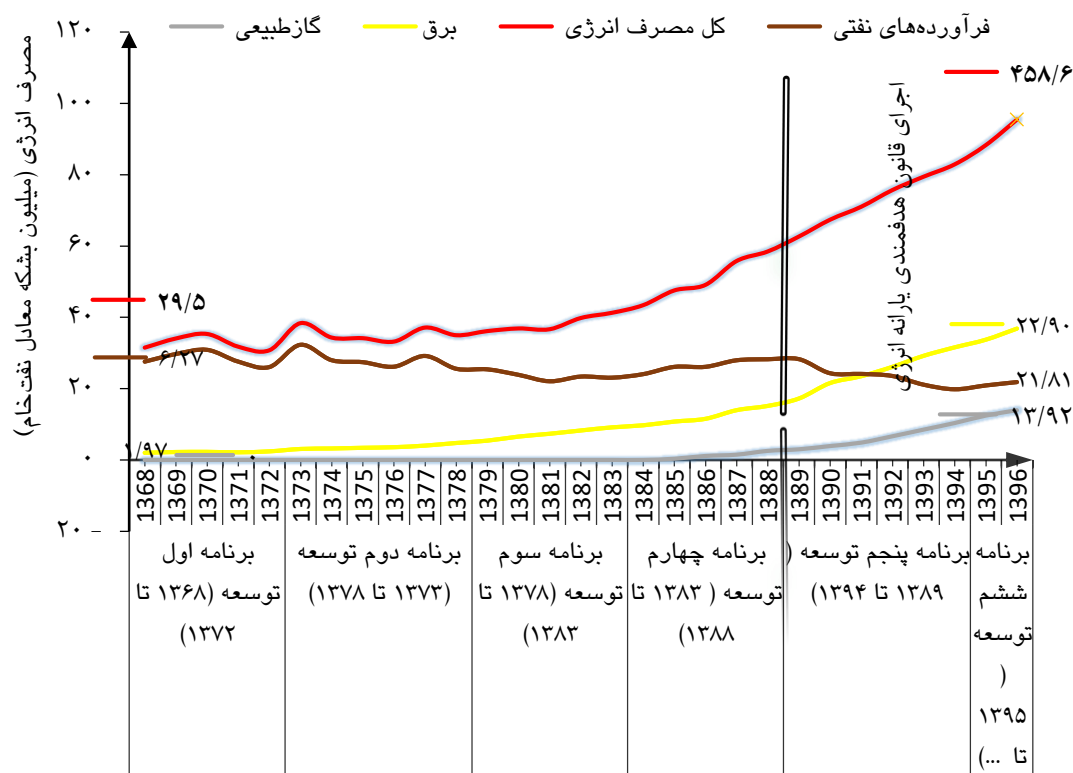
مصرف انرژی و افزایش آلودگی‌های محیط‌زیستی شده است (لی ۲۰۲۲؛ چن و همکاران ۲۰۱۸). چنانکه شکل ۱ نشان می‌دهد، قانون هدفمندی یارانه انرژی در سه مرحله اجرا گردید که مرحله اول آن از ۲۸ آذر ۱۳۸۹ تا فروردین ۱۳۹۳ ادامه داشت و سبب افزایش پرداخت

توسعه اقتصادی بخش کشاورزی متکی به مصرف زیاد انرژی است (بوندشوه و چن ۲۰۱۴؛ چن و همکاران ۲۰۱۸؛ ساسانا و آمیناتا ۲۰۱۹). تداوم پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی سبب افزایش

¹- Seemingly unrelated regressions

اجرائی گردید (وزارت نفت ۲۰۱۷). با توجه به اینکه اهداف سیاست قانون هدفمندی یارانه انرژی شامل اصلاح قیمت انرژی و توزیع منابع حاصله در مراحل سه گانه اجرای آن محقق نگردید، اجرای این قانون در برنامه ششم توسعه تمدید شد،

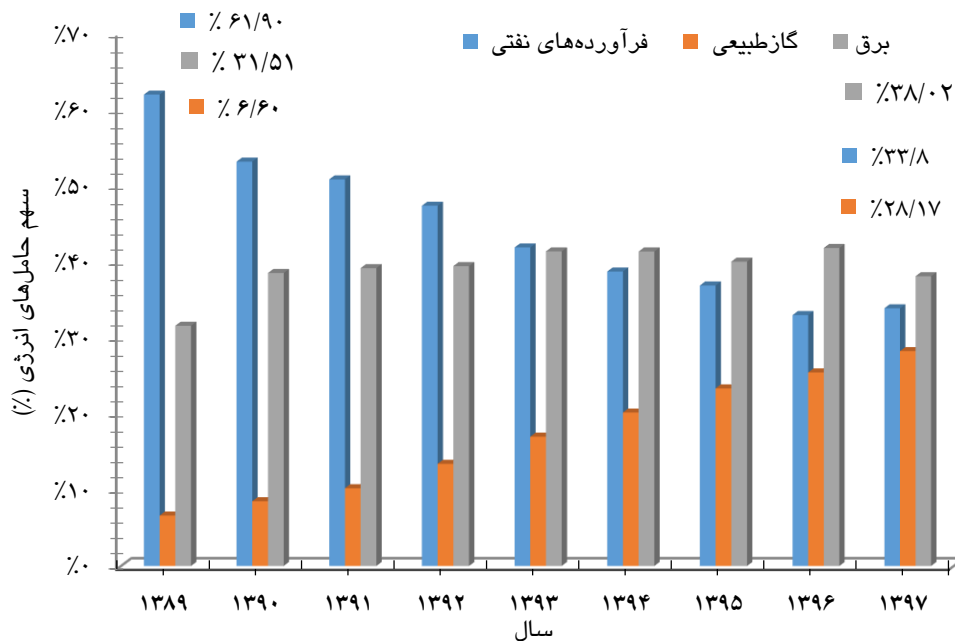
نقدی به خانوارها شد و مرحله دوم آن که از فرورین ۱۳۹۳ برای برطرف کردن کاستی‌های مرحله نخست آغاز شد تغییر چندانی نسبت به مرحله اول نداشته است و حدود ۹۰ درصد پرداخت نقدی به خانوارها و فقط حدود یک درصد به بخش تولید پرداخت شد و همچنین مرحله سوم آن از خرداد ۱۳۹۴ با افزایش قیمت انرژی



شکل ۱- روند مصرف انرژی در بخش کشاورزی در برنامه‌های مختلف توسعه اقتصادی (وزارت نیرو ۱۳۹۷)

انرژی می‌شود (وزارت نفت ۲۰۱۷). چنانکه از شکل ۲ مشهود است، در بخش کشاورزی ایران، با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی، میزان سهم حامل‌های انرژی در این بخش تغییر یافته است، به طوری که سهم میزان فراورده‌های نفتی از ۶۱/۹۰ درصد در سال قبل هدفمندی (۱۳۸۹) به ۳۳/۸۰ درصد در سال ۱۳۹۷، سهم میزان برق مصرفی از ۳۱/۵۱ درصد در سال قبل هدفمندی (۱۳۸۹) به ۳۸/۰۲ درصد در سال ۱۳۹۷ و سهم میزان گاز طبیعی مصرفی از ۶/۶۰ درصد در سال ۱۳۸۹ به ۲۸/۱۷ درصد در سال ۱۳۹۷ تغییر یافته است (وزارت نیرو ۲۰۱۸).

استدلال دولت از اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی این بود که شدت مصرف انرژی را کاهش دهد و بخش تولید را به سمت استفاده از تکنولوژی‌های جدید ترغیب کند که این سیاست با وجود اینکه سبب افزایش چشمگیر قیمت در اواخر سال ۱۳۸۹ شد؛ برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی موفق عمل نکرده است، در حال حاضر مصرف انرژی با سرعت چشمگیری در دوره هدفمندی یارانه انرژی افزایش یافته است و همچنین این سیاست با ترغیب بخش تولید به سمت استفاده از تکنولوژی جدید سبب تغییر در ترکیب نهاده‌های تولید به ویژه تغییر در ترکیب حامل‌های



شکل ۲- سهم حامل‌های مختلف انرژی در تأمین انرژی بخش کشاورزی ایران در طی دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ (وزارت نیرو ۱۳۹۷)

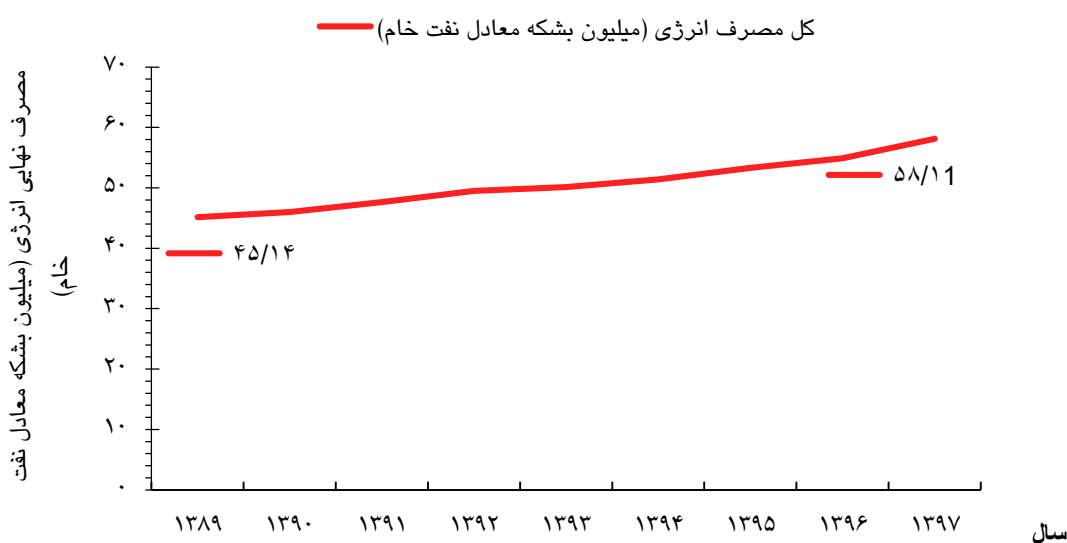
درصد رشد داشته است که این نشان‌دهنده افزایش مصرف انرژی در دوره هدفمندی یارانه انرژی می‌باشد (وزارت نیرو ۲۰۱۸).

با گسترش مصرف انرژی در بخش کشاورزی، انتشار مواد آلاینده ناشی از احتراق حامل‌های انرژی نیز رو به افزایش بوده است، گاز دی‌اکسیدکربن به عنوان مهمترین محصول احتراق، نقش قابل توجهی در پدیده گرمایش جهانی دارد و از این رو به عنوان مهمترین گاز گلخانه‌ای شناخته شده است (رایحان ۲۰۲۳)، به طوری که تولید گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف سوخت در این بخش از ۱۳۶۸۲۲۷۱ (تن) در سال ۱۳۸۹ به ۱۴۵۲۶۰۰۸ (تن) در سال ۱۳۹۷ افزایش داشته است بدین معنی که میزان آلودگی در این دوره به میزان ۶٫۱۷ درصد رشد داشته است (وزارت نفت ۲۰۱۷). با افزایش تقاضای انرژی در طی سال‌های اخیر و از همه مهمتر با اجرای برخی از سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی لازم است که قوانین و شرایطی برای کنترل کیفیت محیط‌زیست در بخش

همچنین این سیاست با ترغیب بخش تولید به سمت استفاده از تکنولوژی جدید به دلیل افزایش بهره‌وری، هزینه‌های واقعی انرژی را کاهش داده است که این امر نیز به نوبه خود سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود (سانتریوس ۲۰۱۶). از آنجا که پیشرفت تکنولوژی یک روش مهم برای دستیابی به اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است ممکن است با استفاده بیشتر از سوخت‌های فسیلی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای شود (لین و لیو، ۲۰۱۷). هر چند صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای سوخت‌های فسیلی پیشرفت قابل توجه‌ای داشته است اما به علت وجود اثر بازگشت انرژی (جین و کیم، ۲۰۱۹)، تقاضای کل انرژی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ بیشتر از ۱۴ درصد رشد داشته است، چنانکه شکل ۳ نشان می‌دهد، مصرف نهایی انرژی از ۴۵٫۱۴ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۹ به ۵۸٫۱۱ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است، به بیان دیگر مصرف انرژی در دوره هدفمندی یارانه انرژی تقریباً به میزان ۲۸٫۷۳

مقاله با استفاده از داده‌های سالیانه دوره ۱۳۸۹-۱۳۹۷ با دنبال پاسخ داد به این سوال که آیا اعمال سیاست مالیات بر کربن در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه‌های انرژی می‌تواند به کنترل میزان آلودگی در این بخش کمک کند یا خیر؟ در این راستا و در ادامه به بررسی نتایج بررسی‌های انجام شده در زمینه موضوع مورد بررسی در داخل و در خارج از کشور پرداخته شده است.

کشاورزی اعمال گردد، با نظر به اهمیت مسئله‌ی محیط‌زیستی در بخش کشاورزی ایران انتظار می‌رود که بررسی عوامل مؤثر بر کاهش آلودگی در این بخش بتواند کمک مؤثری به افزایش امنیت انرژی و افزایش کیفیت محیط‌زیستی کند. بنابراین، بررسی عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی و کنترل آلودگی در بخش کشاورزی ایران در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی ضرورت دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این



شکل ۳- مصرف نهایی انرژی در دوره هدفمندی در بخش کشاورزی (وزارت نیرو ۱۳۹۷)

تراکم جمعیت و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر منفی و معنی‌داری بر کیفیت محیط‌زیست دارد. در پژوهش دیگر، قادری و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی که در ایران انجام دادند به این نتیجه رسیدند که رابطه مالیات‌های سبز و انتشار آلاینده‌ها برای استان‌های مورد بررسی منفی بوده است. همچنین تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر اثر معکوس بر انتشار آلاینده‌ها دارد، در صورتی که مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعه انسانی میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد. بیبر و همکاران (۲۰۱۸) از طریق یک رویکرد مبتنی بر سناریو نشان دادند که سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌ها سهم انرژی

سلمان پور (۲۰۱۸) به بررسی اثر رشد جمعیت، سرمایه انسانی و مصرف فرآورده‌های نفتی بر آلودگی محیط‌زیستی در ایران پرداخت و به این نتیجه رسید که سرمایه انسانی سبب کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود، در صورتی که مصرف فرآورده‌های نفتی، جمعیت و درآمد ملی سبب افزایش آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود.

آقایی و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی ثبات مالی، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در کشور ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ثبات مالی تأثیر معنی‌داری بر بهبود کیفیت محیط‌زیست در بلندمدت نخواهد داشت، در حالی که رشد اقتصادی،

حاجک و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش رگرسیون پانل چندگانه نشان دادند که مالیات بر کربن در صنعت انرژی سیاستی کارآمد است، به طوری که افزایش نرخ مالیات بر کربن باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود که بر اساس ضرایب رگرسیون جزئی (۰/۱۱۵۸)، افزایش مالیات بر کربن به میزان یک یورو در تن سبب کاهش انتشار آلودگی به میزان ۱۱/۵۸ کیلوگرم می‌شود. محمود و همکاران (۲۰۱۹) در کشور پاکستان به بررسی اثرات مصرف انرژی تجدیدپذیر، رشد اقتصادی، سرمایه انسانی بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اثرات تعامل بین درآمد و انرژی‌های تجدیدپذیر سبب افزایش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. علاوه بر این، تجارت باز میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد و سرمایه انسانی به کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن کمک می‌کند.

حنیف و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی اثر از مصرف سوخت‌های فسیلی، سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی و رشد اقتصادی بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن پرداختند. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی، مصرف سوخت‌های فسیلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی سبب تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود. لین و خو (۲۰۱۹) به بررسی اثرات حذف یارانه انرژی بر کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در صنعت متالورژی چین پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که صنعت متالورژی نسبت به تغییرات قیمت انرژی حساسیت کمتری نشان داده است، به طوری که با حذف یارانه انرژی، مقدار کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن به میزان ۴۸۷/۲۹ میلیون تن بوده است که این مقدار برای کاهش انتشار کربن در چین مقدار ناچیزی بوده است.

شریماکین (۲۰۱۹) اثرات تغییر در تقاضای انرژی با تغییر قیمت انرژی و پیامد آن را بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه دست یافت که امکان جانشینی بین نهاده‌های تولید وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد که اثرات جانشینی و اثرات تولیدی در کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از نظر آماری معنادار و منفی است. در مطالعه احمد و

تجدیدپذیر را افزایش و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد.

دنگ و همکاران (۲۰۱۸) به مطالعه تأثیر تغییرات قیمت انرژی و توسعه تکنولوژی بر عوامل تولید برق برای هفت منطقه چین پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که قیمت برق بر بهره‌وری برق تأثیر مثبت و قابل توجهی دارد ولی به دلیل اینکه توسعه تکنولوژی قابل توجه نیست، افزایش قیمت برق سبب اثر بازگشتی انرژی می‌شود. لین و جیا (۲۰۱۸) به بررسی اثر نرخ مالیات بر کربن بر مصرف انرژی، محیط‌زیست و اقتصاد پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که اگر مالیات بر کربن بر شرکت‌ها با مصرف انرژی بالا وضع شود تأثیر آن بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن ناچیز است. همچنین نتایج نشان داد که اثر نرخ بالای مالیات بر کربن بر ذخیره‌سازی انرژی و کاهش انتشار بیشتر است در صورتی که نرخ پایین مالیات بر کربن ممکن است اثر ناچیزی بر کنترل آلودگی داشته باشد. کوکاک و اولوکاک (۲۰۱۹) نشان دادند که هزینه‌های تحقیق و ذخیره‌سازی انرژی اثر قابل توجهی در کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد.

مردا و علام (۲۰۱۹) نشان دادند که تولید ناخالص حقیقی در کوتاه‌مدت و بلندمدت بر مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری می‌گذارد، در صورتی که قیمت انرژی و فن‌آوری‌های جدید بر مصرف انرژی تأثیر منفی و معنی‌داری دارد. بهبودی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی روابط متقابل بین انرژی تجدیدپذیر توسعه پایدار - انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تکانه مثبت در مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر بر توسعه پایدار در ایران تأثیر مثبت دارد. همچنین شوک مثبت وارده به مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر موجب افزایش انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن به میزان متفاوت می‌شود. در مطالعه‌ای که در منطقه جنوب غربی ایالات متحده توسط منیر و همکاران (۲۰۱۹) برای سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ صورت گرفت، نشان دادند که انرژی‌های تجدیدپذیر سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود.

روش تحقیق

به منظور بررسی اثر مالیات بر کربن بر شدت مصرف انرژی و کنترل آلودگی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی، ابتدا اثرات افزایش قیمت انرژی بر تابع تقاضای مشروط انرژی از قضیه لم-شفارد بررسی می‌شود و در انتها از تابع تقاضای تخمین‌زده شده به‌عنوان ابزاری برای بررسی اثرات مالیات بر کربن بر شدت مصرف انرژی و کنترل آلودگی استفاده گردیده است.

برای مدلسازی مناسب در این مطالعه از تابع هزینه کاملاً انعطاف‌پذیر ترانسلوگ استفاده می‌شود در بررسی‌های مدل‌ها، چند معیار مناسب برای ارزیابی است از جمله این معیارها می‌توان به انعطاف‌پذیری، سازگاری با نظریه، قابلیت کاربرد، امکانات محاسباتی و ... اشاره کرد. همچنین در تخمین توابع هزینه از فرم‌های تابعی مختلف بهره گرفته می‌شود که در میان توابع انعطاف‌پذیر، لئونتیف تعمیم‌یافته از جمله ترانسلوگ و کاب داگلاس تعمیم‌یافته ساختار تابع هزینه ترانسلوگ به گونه‌ای است که برای محاسبه کشش جانشینی میان نهاده‌ها و همچنین روابط متقابل نهاده‌ها استفاده می‌گردد این تابع هیچگونه محدودیت اولیه بر مقادیر پارامترها، کشش‌های جانشینی و قیمتی نهاده‌ها تولیدی اعمال نمی‌کند و قابلیت فروض محدودیت‌های آماری را دارد، به این ترتیب مناسب‌ترین فرم تابع که همسو با هدف تحقیق باشد تابع هزینه ترانسلوگ است. با بهره‌گیری از قضیه لم-شفارد به راحتی می‌توان تابع تقاضا برای عوامل تولید را از تابع هزینه ترانسلوگ به دست آورد. بدیهی است که در چنین صورتی تقاضای استخراج شده، تقاضای مشروط است. چون در آن میزان نهاده مورد تقاضا به صورت تابعی از قیمت نهاده‌ها و سطح محصول بیان شده است. به عبارت دیگر تقاضای نهاده، بستگی به سطح خاصی از تولید دارد. دوم اینکه با انتخاب تابع هزینه ترانسلوگ فرض‌ها محدود می‌شوند و در نتیجه قیدهای کمتری بر الگو تحمیل می‌شود. سوم، در تابع هزینه ترانسلوگ موضوعاتی نظیر صرفه‌جویی ناشی از مقیاس به راحتی قابل بررسی است. به علاوه، مشکلاتی نظیر همخطی در

همکاران (۲۰۲۰) که با هدف بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر آلودگی‌های محیط‌زیستی در پنج استان شمال غربی چین صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که شوک مثبت انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر نامطلوبی بر کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بلندمدت دارد.

ایک و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که انرژی‌های تجدیدپذیر و قیمت انرژی اثر منفی بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد و این در حالی است که حجم تجارت اثر مثبت بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. سارکودی و همکاران (۲۰۲۰) به این نتایج دست یافتند که افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر سبب کاهش گازهای گلخانه‌ای به میزان ۲۵/۲۲ درصد می‌شود و این در حالی است که سرمایه‌گذاری‌های خارجی و میزان درآمد سبب تشدید گازهای گلخانه‌ای می‌شود.

کوئنگکان و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که در کشور آمریکای لاتین و کشورهای کارائیب انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که رشد اقتصادی و مصرف سوخت فسیلی سبب انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود، در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر سبب کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. انرژی یک نهاده‌ی ضروری و همچنین عامل مهم تغییرات آب و هوایی در بخش کشاورزی است با توجه به ضرورت حفظ نهاده‌ی انرژی و همچنین کنترل آلودگی‌های محیط‌زیستی ما قادر نخواهیم بود که به هر میزانی از این نهاده در بخش کشاورزی استفاده کنیم، بنابراین لازم است ابزارهای اقتصادی برای دستیابی به این اهداف در این بخش تصویب شود. در بررسی مطالعات فوق، این جمع‌بندی حاصل شد که اغلب مطالعات داخلی و خارجی انجام شده در زمینه ابزارهای کنترل آلودگی کافی نبوده است. هدف مطالعه حاضر کمک به کاهش این شکاف با بررسی اثرات چندگانه افزایش سیاست مالیات بر کربن بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی ایران در طول دوره هدفمندی یارانه انرژی است.

مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی، ابتدا اثرات افزایش قیمت انرژی بر تابع تقاضای مشروط انرژی بررسی می‌شود و در انتها از تابع تقاضای تخمین زده شده به عنوان ابزاری برای بررسی اثرات مالیات بر کربن بر شدت مصرف انرژی و کنترل آلودگی استفاده گردیده است. بر این اساس مدل تقاضای مشروط نهاده‌ها بر اساس قضیه لم‌شفارد در این مطالعه به صورت زیر بیان شد:

$$X_{CE} = F(P_E, P_K, P_L, T, P_M, Y)$$

(رابطه ۱)

نیروی کار، میزان موجودی سرمایه و سایر واسطه‌ها هستند که با فرض اینکه مدیریت تولید رفتار بهینه را اتخاذ کنند و به دنبال حداقل کردن هزینه‌های تولید جهت رسیدن به سطح مشخصی از تولید باشند، می‌توان تابع ضمنی زیر را که بیانگر تکنولوژی تولید است معرفی نمود. تابع تبدیل ضمنی زیر را (که بیانگر تکنولوژی تولید) معرفی نمود. این تابع تبدیل، تابعی از سطح تولید، مقدار عوامل تولید و متغیر روند است:

$$F(Y, T, L, E, M, K) = 0$$

اینکه، پارامترهای ناشناخته کمتری دارد. سوم اینکه، در این روش تقاضای نهاده‌ها بستگی به سطح خاصی از تولید دارد. چهارم اینکه، به علت آنکه در تابع هزینه ترانسلوگ، قیمت نهاده‌ها به جای عوامل تولید در سمت راست معادله قرار دارند به همین دلیل همخطی بین قیمت عوامل تولید که متغیر مستقل الگو هستند ضعیف است و لذا تخمین را با مشکل مواجه خواهد کرد (کریستنسن و همکاران ۱۹۷۳). فرم کلی تابع هزینه ترانسلوگ در این مطالعه به صورت زیر بیان شد:

برآورد اقتصادسنجی در توابع تولید مطرح می‌گردد اما در روش تابع هزینه ترانسلوگ، چون قیمت نهاده‌ها به جای عوامل تولید در سمت راست معادله قرار دارند، همخطی بین قیمت عوامل تولید که متغیرهای مستقل الگو هستند، ضعیف است و لذا، تخمین را با مشکل مواجه خواهد کرد و بلاخره تابع هزینه ترانسلوگ پس از برآورد تغییرات فنی را به طور مناسب مشخص می‌کند. به منظور بررسی اثر شدت مصرف انرژی و اثر

در رابطه (۱)، X_{CE} تابع تقاضای مشروط نهاده‌ها، P_E قیمت انرژی، P_K نرخ بهره سرمایه، P_L دستمزد، P_M قیمت دیگر نهاده‌های واسطه‌ای به جزء سرمایه، T متغیر روند زمان به منظور بررسی اثرات تغییرات فنی است و Y میزان ارزش افزوده در بخش کشاورزی ایران است. بخش کشاورزی، واحد تولیدی است که از عوامل تولید برای تولید استفاده می‌کنند. این عوامل تولید در این مطالعه، عبارتند از: میزان انرژی مصرفی، تعداد

(رابطه ۲)

در رابطه (۲)، T متغیر روند، L تعداد نیروی کار، Y میزان ارزش افزوده، E مقدار انرژی مصرفی، K میزان موجودی سرمایه و M بیانگر سایر واسطه‌ها به جزء سرمایه است.

تابع هزینه ترانسلوگ: به منظور مدلسازی در این مطالعه از تابع هزینه ترانسلوگ استفاده می‌گردد. از امتیارات این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: اول اینکه، تابع تقاضای شرطی نهاده‌ها خطی است. دوم

$$\ln C_t = \alpha_0 + \sum \varphi_i \ln Y_t + \sum \beta_i \ln Y_t^2 + \sum \theta_i \ln P_{i_t} + \sum \sum \eta_{ij} \ln P_{i_t} \ln P_{j_t} + \frac{1}{2} \sum \sum \delta_{ij} \ln Y_t \ln P_{j_t} + \rho_i T \ln P_{i_t} + \varepsilon_{it} \quad i, j = K, L, E, M$$

(رابطه ۳)

نسبت به قیمت عوامل تولید به دست آورد (دبرترین ۲۰۱۲). طبق قضیه لم شفارد مشتق تابع هزینه به قیمت عامل تولید با تقاضای مشروط آن عامل تولید برابر است، بنابراین، برای محاسبه سهم هزینه‌ای هر یک از عوامل تولید به روش زیر عمل می‌کنیم:

$$\frac{\delta \ln C_t}{\delta \ln P_{it}} = CS_{it} = \vartheta_i + \sum_j \eta_{ij} \ln P_{jt} + \varphi_i \ln Y_t + \rho_i T + \varepsilon_{it} \quad i, j = K, L, E, M \quad (\text{رابطه ۴})$$

در رابطه با تابع هزینه ترانسلوگ شرط فوق به صورت زیر بیان شد:

$$\sum_i \vartheta_i = 1, \sum_i \varphi_i = 0, \sum_i \rho_i = 0, \sum_i \eta_{ij} = \sum_j \eta_{ji} = 0, \eta_{ij} = \eta_{ji}, \quad i, j = K, L, E, M \quad (\text{رابطه ۵})$$

آمده قابل محاسبه است. از آنجا که سهم‌های هزینه دارای ویژگی خاص جمع‌پذیری است. بنابراین، $n-1$ معادله سهم هزینه از استقلال خطی برخوردارند. بنابراین، برای رفع همبستگی معادلات تعداد آن یکی تقلیل یافته است و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$CS_{it} = \gamma_i + \sum_j \eta'_{ij} \ln P'_{jt} + \varphi_i \ln Y_t + \rho_i T + \varepsilon_{it} \quad i, j = K, L, E, M \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$P'_{jt} = \frac{P_{jt}}{P_{Mt}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

کشش جانشینی آلن (۱۹۳۸) - اوزاوا (۱۹۶۲): در حالت کلی، کشش جانشینی جزئی آلن - اوزاوا بین دو نهاد با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma_{ij}^{AES} = \frac{\widehat{\eta}_{ij} + CS_i CS_j - CS_i \omega_{ij}}{CS_i CS_j} \quad (\text{رابطه ۸})$$

در رابطه (۳)، C_t میزان هزینه، P_i قیمت عامل i ، P_j قیمت عامل j ، "t" زمان از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۷، $\alpha_0, \beta_i, \varphi_i, \vartheta_i, \rho_i, \delta_{ij}, \eta_{ij}$ عرض از مبدأ و ضرایب هستند. یک مزیت تابع هزینه این است که می‌توان توابع تقاضای نهاده‌ها را با گرفتن مشتق جزئی از تابع هزینه

در رابطه (۴)، CS_i سهم هزینه نهاده‌ها، P_j قیمت نهاده j ، Y_t ارزش‌افزوده، T متغیر روند، $\vartheta_i, \eta_{ij}, \varphi_i$ و ρ_i عرض از مبدأ و ضرایب هستند.

چون مجموعه سهم هزینه‌ها برابر با واحد است، باید یکی از معادلات سهم هزینه (سهم هزینه سایر نهاد واسطه‌ای به جزء سرمایه) را در هنگام برآورد حذف نمود. بعد از برآورد سیستم معادلات، پارامترهای مربوط به معادله سهم هزینه حذف شده به کمک قیود تقارن و همگنی و بر اساس سایر پارامترها به دست

در رابطه (۶) و (۷)، علاوه بر پارامترها و متغیرهای که در روابط بالا معرفی شد، P'_{jt} بیانگر تعدیل قیمت عوامل تولید (نیروی کار، سرمایه و انرژی) به هزینه سایر نهاده‌های واسطه‌ای است.

نسبت به کشش جانشینی آلن اوزوا (AES) برتری دارد (لیو و همکاران ۲۰۱۸).

کشش خودی قیمتی تقاضای یک نهاد نشان‌دهنده درصد تغییرات در مقدار تقاضای یک نهاد وقتی قیمت آن نهاد یک درصد تغییر می‌کند و کشش متقاطع قیمتی نشان‌دهنده درصد تغییرات در مقدار تقاضای یک نهاد وقتی قیمت نهاد دیگر یک درصد تغییر می‌کند که با محاسبه کشش جانشینی آلن-اوزوا، کشش‌های خودی و متقاطع قیمتی نهادها به صورت زیر محاسبه شد (توماس و تیلور ۱۹۹۵):

$$\eta_{ij} = CS_j \times \sigma_{ij}^{AES}$$

$$\eta_{ii} = CS_i \times \sigma_{ii}^{AES}$$

هیکس و نرخ نهایی جانشینی نه تنها تغییرات نسبی نهاد را مورد بررسی قرار داده است، بلکه برای برآورد تفاوت بین جایگزینی در سطح کلان و خرد نیز مناسب است (لیو و همکاران ۲۰۱۸؛ بلاکروبی و راسل ۱۹۸۹). این کشش به صورت درصد تغییر در نسبت یک جفت نهاد به درصد تغییر در نسبت قیمت یکی از نهادها تعریف می‌شود. علاوه بر این، کشش جانشینی موریشیما معیار مناسبی برای ارزیابی کیفی و کمی اثر تغییرات قیمت نهادها بر سهم هزینه نهادهای تولید می‌باشد (بلاکروبی و راسل ۱۹۸۹). کشش جانشینی موریشیما به صورت زیر محاسبه شد:

$$\sigma_{ij}^{MES} = CS_j (\sigma_{ij}^{AES} - \sigma_{jj}^{AES})$$

شدت مصرف انرژی برای بخش کشاورزی به صورت رابطه (۱۱) و با پیروی از مطالعه دو و همکاران (۲۰۲۱) شدت انتشار کربن برای بخش کشاورزی به صورت رابطه (۱۲) محاسبه شد:

در رابطه (۸)، اگر $\omega_{ij} = 1$ و $i=j$ و اگر $\omega_{ij} = 0$ اگر $i \neq j$ باشد، کشش جانشینی آلن-اوزوا، CS_i سهم نهاد i ، CS_j سهم نهاد j ، مقدار ضرایب تخمینی بین نهاد i و نهاد j است. کشش خودی و متقاطع: به دلیل اینکه کشش جانشینی آلن-اوزوا ماهیت تقارنی دارد و قادر به بیان خصوصیات انحنای عملکرد تولید نیست. بنابراین، کشش قیمتی متقاطع (CPE) با وجود این که تغییرات مطلق نهادها را به جای تغییرات نسبی نهادها اندازه‌گیری می‌کند ولی به دلیل نامتقارن بودن کشش‌ها

رابطه (۹)

در رابطه (۹)، کشش متقاطع تقاضا، η_{ij} کشش خودی قیمتی، CS_j سهم نهاد j ، CS_i سهم نهاد i ، σ_{ij}^{AES} کشش جانشینی آلن-اوزوا است.

کشش جانشینی موریشیما: به علت اینکه کشش جانشینی آلن-اوزوا و کشش قیمتی متقاطع بر اساس تغییرات قیمت واقعی نهادها نه تغییرات قیمت نسبی نهادها محاسبه می‌شوند و نسبت نسبی دو نهاد را نمی‌توان با نرخ نهایی جانشینی توضیح داد؛ در نتیجه معیار مناسبی برای بررسی ارتباط جانشینی بین نهادها تولید نیست (لیو و همکاران ۲۰۱۸). بنابراین، کشش جانشینی موریشیما با ترکیب کشش جانشینی

رابطه (۱۰)

در رابطه (۱۰)، کشش جانشینی موریشیما، σ_{ij}^{MES} سهم عامل j ، σ_{ij}^{AES} کشش جانشینی آلن است. همچنین در این مطالعه برای بررسی اثر سیاست مالیات بر کربن با پیروی از مطالعه لیو و لین (۲۰۱۷)

$$\widehat{EI} = \frac{E}{Y} = \frac{P_Y}{P_E} \times \frac{E \times P_E}{Y \times P_Y} \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$$\widehat{e} = \frac{EM}{Y} = \frac{a \times E}{Y} = a \times \frac{P_Y}{P_E} \times \left(\frac{E}{Y} \times \frac{P_E}{P_Y} \right) \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی، a میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از مصرف انرژی و E مصرف انرژی در بخش کشاورزی بوده است. با فرض اینکه بازار رقابت کامل باشد، خواهیم داشت:

در رابطه (۱۱) و (۱۲)، \widehat{EI} شدت مصرف انرژی، Y میزان ارزش افزوده در بخش کشاورزی، P_Y میزان قیمت ارزش افزوده، P_E قیمت انرژی، EM میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی، \widehat{e} شدت انتشار

$$Y \times P_Y = TC \quad \frac{E}{Y} \times \frac{P_E}{P_Y} = S_E \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

در رابطه (۱۳)، TC هزینه کل و S_E سهم هزینه انرژی از کل هزینه‌ها است. با جایگذاری رابطه (۱۳) در رابطه (۱۱) و (۱۲) خواهیم داشت:

$$\widehat{EI} = \frac{P_Y}{P_E} \times \widehat{S}_E \quad (\text{رابطه ۱۴})$$

$$\widehat{e} = a \times \frac{P_Y}{P_E} \times \widehat{S}_E \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

معادله سهم هزینه انرژی به صورت زیر بیان شد:

$$\widehat{S}_E = \widehat{\alpha}_E + \widehat{\beta}_E T + \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) + \widehat{\varphi}_E \ln(Y) \quad (\text{رابطه ۱۶})$$

$\widehat{\varphi}_E$ ضرایب و عرض از مبدأ تخمینی هستند. با جایگذاری رابطه (۱۶) در رابطه (۱۴) و (۱۵) عبارت زیر بیان شد:

در رابطه (۱۶)، T تکنولوژی، P_E قیمت انرژی، P_L دستمزد، P_K نرخ بهره سرمایه و Y میزان ارزش افزوده (به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳)، $\widehat{\alpha}_E$ ؛ $\widehat{\beta}_E$ ؛ $\widehat{\rho}_{EE}$ ؛ $\widehat{\delta}_{EL}$ ؛ $\widehat{\zeta}_{EK}$ و

$$\widehat{EI} = \frac{P_Q}{P_E} \times (\widehat{\alpha}_E + \widehat{\beta}_E T + \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) + \widehat{\varphi}_E \ln(Y)) \quad (\text{رابطه ۱۷})$$

$$\widehat{e} = a \times \frac{P_Q}{P_E} \times (\widehat{\alpha}_E + \widehat{\beta}_E T + \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) + \widehat{\varphi}_E \ln(Y)) \quad (\text{رابطه ۱۸})$$

با قرار داد عبارت $\frac{P_Y}{P_E} = \lambda_{EI}$ و $a \times \frac{P_Y}{P_E} = \lambda_{CO_2}$ خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \widehat{EI} &= \lambda_{EI} \times (\widehat{\alpha}_E + \widehat{\beta}_E T + \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) + \widehat{\varphi}_E \ln(Y)) = \lambda_{EI} \\ &\quad \times \widehat{\alpha}_E + \lambda_{EI} \times \widehat{\beta}_E T + \lambda_{EI} \times \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \lambda_{EI} \times \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \lambda_{EI} \\ &\quad \times \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) + \lambda_{EI} \times \widehat{\varphi}_E \ln(Y) = \widehat{EI}_0 + \widehat{EI}_1 + \widehat{EI}_2 + \widehat{EI}_3 \end{aligned} \quad (\text{رابطه ۱۹})$$

$$\begin{aligned} \hat{e} &= \lambda_{CO_2} \times (\widehat{\alpha}_E + \widehat{\beta}_E T + \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) \\ &\quad + \widehat{\varphi}_E \ln(Y)) \\ &= \lambda_{CO_2} \times \widehat{a}_E + \lambda_{CO_2} \times \widehat{\beta}_E T + \lambda_{CO_2} \times \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E) + \lambda_{CO_2} \\ &\quad \times \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \lambda_{CO_2} \times \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K) + \lambda_{CO_2} \times \widehat{\varphi}_E \ln(Y) = \hat{e}_0 + \hat{e}_1 \\ &\quad + \hat{e}_2 + \hat{e}_3 \end{aligned} \quad (\text{رابطه ۲۰})$$

شدت انتشار کربن (\hat{e}_1) ، $\lambda_{CO_2} \times \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E)$ ، $\lambda_{CO_2} \times \widehat{\delta}_{EL} \ln(P_L) + \lambda_{CO_2} \times \widehat{\zeta}_{EK} \ln(P_K)$ اثر جانشینی بر شدت انتشار (\hat{e}_2) و $\lambda_{CO_2} \times \widehat{\varphi}_E \ln(Y)$ اثر مقیاس بر شدت انتشار کربن (\hat{e}_3) است. همچنین در این مقاله برای بررسی اثر از محدودیت بودجه (با اعمال مالیات بر کربن) بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، تغییرات قیمت انرژی با پیروی از مطالعه یانگ و همکاران (۲۰۱۴) به صورت زیر محاسبه شد:

$$\Delta P = \frac{tc \times c}{p} \times 100\% \quad (\text{رابطه ۲۱})$$

قیمت انرژی و C ضریب شدت انتشار کربن که به صورت زیر محاسبه شد (ترازنامه انرژی ۱۳۹۷):

$$C_{CO_2} = \frac{\text{نرخ رشد شدت انتشار کربن}}{\text{نرخ رشد ارزش افزوده}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲۲})$$

مطالعه از آزمون ریشه واحد فیلیپس-پرون (۱۹۸۸) برای بررسی مانایی متغیرها استفاده شده است. بر اساس نتایج جدول ۲، بیشتر ضرایب در سطح پنج و ۱۰ درصد معنی‌دار شده‌اند که از ضرایب معنی‌دار شده برای محاسبه کشش جانشینی بین عوامل تولید استفاده گردیده است. نتایج نشان داد که همه متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه انباشته از مرتبه $I(1)$ بوده است؛ به این معنی که متغیرها در سطح مانا نیستند؛ یعنی در طول زمان میانگین، واریانس و خودکوریانس متغیرها با هم برابر نیستند و با یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند. با توجه به اینکه هیچ یک از متغیرها انباشته از مرتبه $I(2)$ و بالاتر نبوده است، در نتیجه نتایج رگرسیون کاذب نبوده است.

در رابطه (۱۹)، $\lambda_{EI} \times \widehat{a}_E$ اثرات بودجه بر شدت مصرف انرژی (\widehat{EI}_0) ، $\lambda_{EI} \times \widehat{\beta}_E T$ اثرات تکنولوژی بر شدت مصرف انرژی (\widehat{EI}_1) ، $\lambda_{EI} \times \widehat{\rho}_{EE} \ln(P_E)$ اثر جانشینی بر شدت مصرف انرژی (\widehat{EI}_2) و $\lambda_{EI} \times \widehat{\varphi}_E \ln(Y)$ اثر مقیاس بر شدت مصرف انرژی (\widehat{EI}_3) است. در رابطه (۲۰)، $\lambda_{CO_2} \times \widehat{a}_E$ اثرات بودجه بر شدت انتشار کربن (\hat{e}_0) ، $\lambda_{CO_2} \times \widehat{\beta}_E T$ اثرات تکنولوژی بر

در رابطه (۲۱)، P قیمت نسبی انرژی قبل از مالیات، tc بیانگر نرخ مالیات بر کربن است. ΔP تغییرات در

در رابطه (۲۲)، C_{CO_2} بیانگر ضریب شدت انتشار کربن در بخش کشاورزی است. مالیات بر کربن قیمت انرژی را افزایش می‌دهد. بنابراین، در این بخش تأثیر مالیات بر کربن در صرفه جویی بر مصرف انرژی و کاهش انتشار تجزیه و تحلیل می‌شود. هدف اصلی از افزایش قیمت انرژی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. اطلاعات آماری مربوط به این مطالعه از مرکز آمار ایران، بانک مرکزی ایران، سازمان فائو و وزارت نیرو برای دوره ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۷ جمع‌آوری شده است که در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج و بحث

نتایج آزمون ریشه واحد در متغیرها

اولین مرحله در تحلیل داده‌های سری‌زمانی بررسی مسئله ریشه واحد در داده‌ها است که در این

نتایج از تخمین سهم عوامل تولید

معنی‌دار شده‌اند که از ضرایب معنی‌دار شده در جهت محاسبه کشش جانشینی بین عوامل تولید در بخش کشاورزی استفاده گردید.

نتایج از تخمین معادلات سهم عوامل تولید در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول، بیشتر ضرایب^۵ در سطح پنج و ۱۰ درصد

جدول ۱- اطلاعات آماری سالیانه مربوط به متغیرها در طول دوره ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۷

متغیر	توضیح	منبع داده‌ها	محاسبه
Y_t	ارزش افزوده به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳	بانک مرکزی ایران	-
P_{Kt}	نرخ بهره سرمایه (یکی از بهترین روش‌های محاسبه نرخ بهره سرمایه توسط رومر معرفی شد (رومر، ۲۰۱۱). در این روش، $R(t)$ نرخ بهره سالیانه، $\delta(t)$ نرخ بهره استهلاک، $P^*(t)$ نرخ تورم و t بیانگر زمان از سال ۱۳۷۶ تا سال ۱۳۹۶ است.	بانک مرکزی ایران	$= R(t) + \delta(t) + P^*(t)$
K_t	موجودی سرمایه به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳	بانک مرکزی ایران	-
TM_t	سایر نهاده‌های واسطه‌ای به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳	بانک مرکزی ایران	-
P_{Lt}	دستمزد	مرکز آمار ایران	-
L_t	تعداد نیروی کار	مرکز آمار ایران	-
P_{Et}	قیمت انرژی (قیمت فرآورده‌های نفتی، برق و گاز طبیعی قابل مقایسه نیستند؛ زیرا آن‌ها با واحدهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌شوند. بنابراین، برای محاسبه قیمت واقعی انرژی، قیمت‌های بازاری انواع مختلف از انرژی مورد نیاز است. در این رابطه W_{it} سهم از هر حامل انرژی، P_{it} قیمت از هر حامل انرژی و شاخص I نشان‌دهنده نوع حامل انرژی که شامل: فرآورده‌های نفتی، برق و گاز طبیعی در بخش کشاورزی است. وانگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز این نکته را تصدیق نمودند.	وزارت نیرو	$P_{Et} = \sum_i W_{it} P_{it}$
E_t	مصرف نهایی انرژی	وزارت نیرو	-
TC_t	هزینه کل	بانک مرکزی، مرکز آمار ایران و وزارت نیرو	$TC_t = P_{Lt}L_t + P_{Kt}K_t + TM_t + P_{Et}E_t$

آلن، کشش‌های قیمتی و سایر شاخصهای اقتصادی قابل تفسیر می‌باشند.

^۵- لازم به ذکر است که ضرائب برآورد شده توابع سهم عوامل تولید به خودی خود معنا ندارند و تنها در قالب فرمول‌های کشش جانشینی

جدول ۲- نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس-پرون برای متغیرها

Series	t-Statistic	Critical Values		Result
		۵ درصد	۱۰ درصد	
lnP _K	-۹/۳۲۷*	-۳/۵۹۵	-۳/۲۳۳	I(1)
lnP _E	-۳/۳۵۶*	-۳/۵۹۵	-۳/۲۳۳	I(1)
lnP _L	-۳/۵۳۱*	-۳/۵۹۵	-۳/۲۳۳	I(1)
lnP _M	-۳/۵۸۶*	-۳/۶۳۳	-۳/۲۵۵	I(1)
lnY	-۶/۱۳۲***	-۳/۵۹۵	-۳/۲۳۳	I(1)

مآخذ: یافته‌های پژوهش

** و * به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج و ۱۰ درصد است.

جدول ۳- نتایج تخمین معادلات سهم عوامل تولید در بخش کشاورزی

SC _E	SC _L	SC _K	Variable
۰/۱۳۵** (۰/۰۴۷)	-۱/۵۰۰** (۰/۰۱۸)	-۲/۱۸۶** (۰/۰۰۰)	C
-۰/۱۹۷** (۰/۰۰۱)	۰/۱۱۲** (۰/۰۰۰)	-۰/۱۰۰** (۰/۰۰۳)	lnP _L
۰/۰۳۳** (۰/۰۰۱)	-۰/۱۰۰** (۰/۰۰۳)	۰/۰۲۱** (۰/۰۳۹)	lnP _K
۰/۰۳۱** (۰/۰۰۰)	-۰/۱۹۷** (۰/۰۰۱)	۰/۰۳۳** (۰/۰۰۱)	lnP _E
-۰/۰۶۳* (۰/۰۶۳)	۰/۰۷۴* (۰/۰۶۷)	۰/۱۷۸** (۰/۰۰۰)	lnY
۰/۰۴۸** (۰/۰۰۰)	-۰/۰۷۰** (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۳ (۰/۴۲۶)	T
۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۶	R ²

مآخذ: یافته‌های پژوهش

** و * به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج و ۱۰ درصد است.

کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع عوامل تولید در بخش کشاورزی

بر اساس نتایج جدول ۴، کشش قیمتی خودی برای انرژی، سرمایه و نیروی کار به ترتیب برابر با ۰/۲۹۵- درصد؛ ۰/۴۳۶- درصد و ۰/۳۰۷- درصد است که نشان می‌دهد، تمام کشش‌های قیمتی خودی نهاده‌های مورد بررسی کمتر از یک و منفی است، به این معنی که با افزایش قیمت نهاده‌ها، تقاضای نهاده‌ها به مقدار ناچیز کاهش می‌یابد. همچنین ارتباط بین قیمت نهاده‌ها و مقدار آن با تئوری‌های اقتصادی سازگاری دارد. از میان آن‌ها

کشش قیمتی خودی انرژی نسبت به دو نهاده دیگر کوچکتر است، به این معنی که قیمت انرژی توسط دولت در سطح پایین کنترل می‌شود. بنابراین، افزایش قیمت انرژی اثر ناچیزی بر ذخیره‌سازی انرژی دارد. همچنین از نتایج مشخص می‌شود که افزایش قیمت انرژی روش مؤثری برای ذخیره‌سازی انرژی بوده است، ولی کافی نبوده است. در پژوهش دیگر، کمال و عباس (۲۰۱۵) دریافتند که افزایش قیمت انرژی سبب کاهش مصرف انرژی به میزان قابل توجهی می‌شود. در پژوهش‌های دیگر، کارفورا و همکاران (۲۰۱۹)؛ مراد و همکاران

بکارگیری فنآوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای این بخش دارد، به این معنی که توسعه تکنولوژی در دوره هدفمندی در بخش کشاورزی به کندی صورت گرفته است.

علاوه بر این، نتایج نشان داد که در دوره هدفمندی یارانه انرژی کثتش جاننشینی بین انرژی و نیروی کار منفی و برابر با ۳/۹۴۵ درصد است، به این معنی که افزایش دستمزد نیروی کار سبب کاهش تقاضا برای انرژی در بخش کشاورزی می‌شود. در پژوهش دیگر، لین و تان (۲۰۱۶) نشان دادند که افزایش دستمزد نیروی کار در بخش صنعت سبب کاهش مصرف انرژی به میزان ۰/۹۳- درصد می‌شود. این نتایج بیانگر این است که افزایش دستمزد می‌تواند به ذخیره‌سازی انرژی کمک کند به خصوص در بخش کشاورزی ایران که مازاد نیروی کار وجود دارد، به طوری که می‌تواند به کاهش هزینه‌ها تولید کمک قابل توجه‌ای کند. به این معنی که افزایش دستمزد نیروی کار در این بخش علاوه بر کاهش هزینه‌ها انرژی می‌تواند به کاهش مازاد نیروی کار در این بخش نیز کمک کند. این نتایج در تضاد با نتیجه مطالعه لیو و همکاران (۲۰۱۸) است که نشان دادند نیروی کار و انرژی جاننشین قوی هستند، به این معنی که با افزایش تعداد نیروی کار در فرآیند تولید مصرف انرژی و انتشار آلودگی کاهش می‌یابد. به طور مشابه، کثتش جاننشینی بین نیروی کار و انرژی در این مطالعه برابر با ۰/۷۲۹- درصد است که کمتر از یک درصد است، به این معنی که یک درصد افزایش در قیمت انرژی سبب کاهش تقاضای انرژی در بخش کشاورزی به میزانی کمتر از یک درصد می‌شود. این نتایج بیان می‌کنند که استخدام نیروی کار در بخش کشاورزی وابستگی کمتری به انرژی دارد و همچنین از نتایج مشخص شد که افزایش دستمزد اثر کمی بر کاهش مازاد نیروی کار در بخش کشاورزی دارد. بنابراین، می‌توان با استخدام بیشتر نیروی کار در مشاغل دستی و مشاغل نیمه مکانیزاسیون، به کاهش عرضه نیروی کار در بخش کشاورزی کمک نمود ولی با توجه به اینکه ظرفیت جذب بخش کشاورزی برای نیروی کار کم و تقریباً حدود ۱۵ درصد کل اشتغال کشور را شامل

(۲۰۱۹) و ایک و همکاران (۲۰۲۰) نیز این نکته را تصدیق می‌کنند. از نتایج مشخص می‌شود که سیاست افزایش قیمت انرژی یک راهکار مناسب در جهت ذخیره‌سازی انرژی است ولی کافی نبوده است، به دلیل آنکه سرعت اصلاحات قیمت‌گذاری انرژی در بخش کشاورزی پایین است. بنابراین، برای ذخیره‌سازی بیشتر انرژی در این بخش باید سرعت اصلاحات قیمت‌گذاری انرژی در بخش کشاورزی افزایش یابد و میزان کنترل قیمت انرژی توسط دولت نیز به حداقل برسد.

علاوه بر این، نتایج نشان داد که کثتش جاننشینی بین (سرمایه و انرژی) مثبت است. به این معنی که سرمایه جاننشین مناسبی برای انرژی در بخش کشاورزی ایران است. در پژوهش دیگر، تان و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که فنآوری‌های نوین سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. شی و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود نشان دادند که توسعه انرژی پاک به طور قابل توجهی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در واحد تولید ناخالص داخلی و نرخ رشد انتشار دی‌اکسیدکربن را کاهش داده است. در مطالعه‌ای، لیو و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که ۴۵/۷۷ درصد تغییرات در شدت کربن مربوط به جاننشینی انرژی و سرمایه است. همچنین نتایج نشان داد که مقدار این جاننشینی برابر با ۰/۱۰۳ درصد است که مقداری ناچیز و کمتر از یک درصد است، به این معنی که افزایش قیمت انرژی اثر ناچیزی بر افزایش سرمایه‌گذاری در این بخش داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که قیمت انرژی در بخش کشاورزی توسط دولت کنترل می‌شود که به دلیل کاهش هزینه‌های واقعی انرژی در بخش کشاورزی انگیزه کمتری برای کاربرد تکنولوژی‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی در این بخش در زمان هدفمندی ایجاد می‌شود که این باعث شده افزایش قیمت انرژی اثر کمتری در کاربرد تکنولوژی ذخیره‌سازی انرژی داشته باشند. این نتایج ضرورت اصلاحات قیمت‌گذاری انرژی در بخش کشاورزی را آشکارتر می‌سازد.

مقدار کثتش جاننشینی بین سرمایه و انرژی مقداری ناچیز است، این نشان می‌دهد، افزایش هزینه‌های انرژی در دوره هدفمندی یارانه انرژی تأثیر ناچیزی در

رویگرد پایداری نیست؛ در نتیجه جایگزینی نهاده سرمایه با نهاده انرژی باید به عنوان یک رویکرد اصلی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی در بخش کشاورزی مورد توجه قرار گیرد که با این راهکار می‌توان سهم بخش کشاورزی از ارزش افزوده که حدود ۱۰ درصد است را افزایش داد.

می‌شود و همچنین با توجه به اینکه نهاده سرمایه و نیروی کار جانشین یکدیگر هستند، این چالش را می‌توان با افزایش مستمر فنآوری‌های جدید صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران کرد و مقدار مازاد نیروی کار در بخش کشاورزی را کاهش داد. بنابراین، کاهش مصرف انرژی با افزایش تعداد نیروی کار در بخش کشاورزی

جدول ۴- کشف قیمتی خودی و متقاطع از نهاده‌های تولید در بخش کشاورزی

η_{Li}	η_{Ki}	η_{Ei}	Factor i
-۰/۷۲۶	۰/۱۰۳	-۰/۲۴۴	E
۰/۲۰۶	-۰/۴۳۶	۱/۳۰۹	K
-۰/۳۰۷	۰/۰۸۸	-۳/۹۴۵	L

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج کشف جانشینی موریشیما

نتایج از محاسبه کشف جانشینی موریشیما در جدول ۵ آورده شده است. بر اساس نتایج این جدول، تمام جفت نهاده‌ها به جزء (انرژی و نیروی کار) و (نیروی کار و انرژی) جانشین یکدیگر هستند. انرژی یک

جانشین موریشیما برای سرمایه و یک مکمل موریشیما برای نیروی کار در بخش کشاورزی است. در همین راستا، سرمایه یک جانشین موریشیما برای انرژی و نیروی کار یک مکمل موریشیما برای انرژی در بخش کشاورزی است.

جدول ۵- کشف جانشینی موریشیما برای عوامل تولید در بخش کشاورزی

σ_{Li}^{MES}	σ_{Ki}^{MES}	σ_{Ei}^{MES}	عامل i Factor i
-۰/۴۳۱	۰/۳۹۷	۰	E
۰/۶۴۲	۰	۲/۱۸۳	K
۰	۰/۳۹۵	-۲/۹۹۵	L

مأخذ: یافته‌های تحقیق

کشاورزی که خود منجر به کاهش هزینه‌های تولید می‌شود.

نتایج از تخمین شدت مصرف انرژی با سیاست مالیات بر کربن در بخش کشاورزی

نتایج از تخمین شدت مصرف انرژی با سیاست مالیات بر کربن در بخش کشاورزی در جدول ۶ آورده شده است. بر اساس نتایج از این جدول، مالیات بر کربن در بخش کشاورزی به طور متوسط سبب کاهش میزان شدت مصرف انرژی به میزان ۱/۱۶ درصد می‌شود،

نتایج بیانگر این است که تقاضا برای سرمایه و نیروی کار در بخش کشاورزی به تغییرات قیمت انرژی در بخش کشاورزی حساس است. جانشینی بین سرمایه و انرژی بیانگر این است که وقتی سایر عوامل مؤثر بر سرمایه ثابت فرض شود یک درصد افزایش در قیمت انرژی سبب افزایش سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی به میزان ۰/۳۹۷ درصد در بخش کشاورزی می‌شود. به بیان دیگر سرمایه جانشین مناسبی برای جبران افزایش هزینه‌های انرژی در بخش کشاورزی است و سبب کاهش وابستگی به سرمایه‌گذاری‌های خارج از بخش

سبب کاهش مصرف انرژی به میزان قابل توجهی می‌شود. در پژوهش‌های دیگر، کارفورا و همکاران (۲۰۱۹)؛ مراد و همکاران (۲۰۱۹) و ایک و همکاران (۲۰۲۰) نیز این نکته را تصدیق می‌کنند. از نتایج مشخص می‌شود که سیاست مالیات بر کربن نقش مهم و مؤثری در کاهش شدت مصرف انرژی و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش کشاورزی دارد.

علاوه بر این، نتایج نشان داد که تأثیر اثر جانشینی و اثر مقیاس از مالیات بر کربن بر کاهش شدت مصرف انرژی به ترتیب برابر با متوسط ۰/۹۶ درصد و ۰/۴۱ درصد در دوره هدفمندی یارانه انرژی است. در پژوهش دیگر، لی و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که مالیات بر کربن آلودگی محیط‌زیستی را کاهش می‌دهد. کمال و عباس (۲۰۱۵) در مطالعه خود دریافتند که مالیات بر کربن

جدول ۶- تجزیه اثرات مالیات بر کربن بر شدت مصرف انرژی در دوره هدفمندی یارانه انرژی (درصد)

سال	EI	اثر بودجه	اثر تکنولوژی	اثر جانشینی	اثر مقیاس
۱۳۸۹	-۱/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۲	-۰/۷۵	-۰/۳۶
۱۳۹۰	-۱/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۵	-۰/۷۶	-۰/۳۶
۱۳۹۱	-۰/۸۲	۰/۰۵	۰/۰۶	-۰/۶۴	-۰/۲۹
۱۳۹۲	-۱/۲۲	۰/۰۸	۰/۱۱	-۰/۹۸	-۰/۴۳
۱۳۹۳	-۰/۹۸	۰/۰۶	۰/۱۱	-۰/۸۰	-۰/۳۵
۱۳۹۴	-۱/۰۲	۰/۰۷	۰/۱۴	-۰/۸۶	-۰/۳۷
۱۳۹۵	-۱/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۹	-۱/۰۲	-۰/۴۳
۱۳۹۶	-۱/۶۱	۰/۱۰	۰/۳۰	-۱/۴۲	-۰/۵۹
۱۳۹۷	-۱/۵	۰/۱۰	۰/۳۲	-۱/۳۶	-۰/۵۶
میانگین	-۱/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۴	-۰/۹۶	-۰/۴۱

مآخذ: یافته‌های تحقیق

دادند که مالیات بر کربن سبب کاهش تقاضای انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن در بخش حمل‌ونقل می‌شود. بدون اینکه اثر منفی بر اقتصاد چین داشته باشد. غزوانی و همکاران (۲۰۲۰) نیز این نکته را تصدیق می‌کنند. لیو و لین (۲۰۱۷) در مطالعه خود نشان دادند که مالیات بر کربن تقریباً سه درصد از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در صنایع ساخت و ساز ساختمان در چین را کاهش داده است. اشملف و اسپک (۲۰۱۸) نشان دادند که مالیات بر محیط‌زیست یک ابزار مناسب در سیاست‌گذاری‌ها برای کاهش انتشار CO₂ است ولی ابزار کافی برای کاهش آلودگی نبوده است و نباید تنها به ابزار مالیات بر کربن برای کنترل آلودگی اکتفا کرد. از نتایج مشخص می‌شود که به محض اخذ مالیات بر کربن تأثیر آن بر هزینه‌های انرژی قابل توجه‌تر می‌شود به‌ویژه برای بخش کشاورزی که این انگیزه را در تولیدکنندگان این بخش ایجاد می‌کند که مصرف انرژی در بخش کشاورزی را کاهش دهند. بنابراین، این

نتایج از برآورد آلودگی با سیاست مالیات بر کربن در بخش کشاورزی

نتایج از تخمین آلودگی با سیاست مالیات بر کربن در بخش کشاورزی در جدول ۷ آورده شده است. بر اساس نتایج جدول ۷، میزان کاهش آلودگی با سیاست مالیات بر کربن در بخش کشاورزی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی برابر با متوسط ۲/۲۸۸- درصد است، به این معنی که سیاست مالیات بر کربن، سبب کاهش انتشار آلودگی به میزان ۲/۲۸۸- درصد می‌شود که از این میان تأثیر اثر جانشینی مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی بیشتر و برابر با متوسط ۱/۹۶- درصد بوده است و تأثیر اثر مقیاس از مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی برابر با متوسط ۰/۷۶ درصد است. در مطالعه دیگر، سن و وولبرگ (۲۰۱۸) دریافتند که مالیات بر کربن به میزان یک یورو میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۷۳ درصد در بلندمدت کاهش می‌دهد. ژو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود نشان

محیط‌زیستی را افزایش می‌دهد. لیو و لین (۲۰۱۷) نیز اثر مقیاس را در کاهش آلودگی در برخی مناطق با اهمیت جلوه داده است. در مقابل در پژوهش‌های دیگر، میائو و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که فنآوری‌های جدید سبب افزایش بهره‌وری انرژی و در نتیجه کاهش انتشار آلودگی می‌شود. اشملف و اسپیک (۲۰۱۸) در مطالعه خود نشان داد که توسعه انرژی هسته‌ای و آبی نقش مهمی در کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. این نتایج بیانگر این است که نوع تکنولوژی‌های مورد استفاده در بخش کشاورزی در زمان اجرای قانون هدفمندی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی مهم بوده است. به طوری‌که تکنولوژی‌ها جدید با سطح انتشار کم کربن مانند انرژی‌های هسته‌ای و آبی می‌تواند در کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی کمک مؤثری کنند.

سیاست می‌تواند به کاهش گاز دی‌اکسیدکربن در این بخش با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی کمک قابل توجهی کند، اما به دلیل اینکه سیاست مالیات بر کربن در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی مقدار ناچیزی از آلودگی را کاهش داده است، نمی‌توان تنها به ابزار مالیات بر کربن برای کنترل آلودگی اکتفا نمود بلکه باید به ابزارهای دیگر نیز برای کنترل آلودگی توجه شود.

همچنین نتایج نشان داد که اثر تکنولوژی از مالیات بر کربن در بخش کشاورزی بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن مثبت است، به این معنی که احتمال دارد تکنولوژی مورد استفاده در بخش کشاورزی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی با سطح انتشار کربن بالا بوده است. در پژوهش دیگر، چنگ و همکاران (۲۰۱۹) با برآورد مدل اقتصادسنجی فضایی دریافتند که فنآوری اطلاعات به طور قابل توجهی آلودگی

جدول ۷- تجزیه اثرات مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی در دوره هدفمندی یارانه انرژی (%)

سال	$\hat{\epsilon}$	اثر بودجه	اثر تکنولوژی	اثر جانشینی	اثر مقیاس
۱۳۸۹	-۲/۳۲۱	۰/۱۲۷	۰/۰۴۵	-۱/۸۰	-۰/۶۹۲
۱۳۹۰	-۲/۲۷۰	۰/۱۱۵	۰/۰۸۱	-۱/۸۴	-۰/۶۲۶
۱۳۹۱	-۲/۲۷۹	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵	-۱/۸۸	-۰/۶۴۰
۱۳۹۲	-۲/۳۲۹	۰/۱۱۹	۰/۱۷۰	-۱/۹۶	-۰/۶۵۶
۱۳۹۳	-۲/۳۰۳	۰/۱۱۵	۰/۲۰۴	-۱/۹۹	-۰/۶۳۴
۱۳۹۴	-۲/۲۹۰	۰/۱۱۶	۰/۲۴۷	-۲/۰۱	-۰/۶۴۲
۱۳۹۵	-۲/۲۸۲	۰/۱۲۲	۰/۳۰۳	-۲/۰۳	-۰/۶۷۷
۱۳۹۶	-۲/۲۶۸	۰/۱۲۰	۰/۳۳۲	-۲/۰۶	-۰/۶۶۹
۱۳۹۷	-۲/۲۴۷	۰/۱۳۴	۰/۴۳۱	-۲/۰۷	-۰/۷۴۹
میانگین	-۲/۲۸۸	۰/۱۲۰	۰/۲۱۶	-۱/۹۶	-۰/۶۶۵

مآخذ: یافته‌های تحقیق

در این مطالعه فرض بر این است که نرخ مالیات بر کربن برابر با ۶۰ ریال به ازای هر تن انتشار گاز دی‌اکسیدکربن باشد.

متوسط ۳/۸۷ میلیون تن در دوره هدفمندی می‌شود. همچنین از نتایج مشخص شد که تأثیر افزایش مالیات بر کربن در نرخ بالا بیشتر از نرخ پایین است. در پژوهش دیگر، دینگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که نرخ بالای مالیات بر کربن در کاهش انتشار آلودگی مؤثرتر از نرخ پایین است. لین و جیا (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند که اثر نرخ بالای مالیات بر کربن بر ذخیره‌سازی انرژی و

نتایج از سناریوهای مختلف مالیات بر کربن در بخش کشاورزی

نتایج از سناریوهای مختلف مالیات بر کربن بر ذخیره‌سازی انرژی و کنترل آلودگی در جدول (۸) نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول، افزایش نرخ مالیات بر کربن سبب ذخیره‌سازی انرژی با متوسط ۱۴/۹۲ میلیون بشکه معادل نفت خام و کاهش آلودگی با

محیطزیست به نسب قابل توجه‌تر از نرخ پایین آن است، به طوری که ما شاهد کاهش آلودگی به میزان بیشتر در بخش کشاورزی در نرخ بالای مالیات بر کربن خواهیم بود. بنابراین، نقش نرخ بالای مالیات بر کربن در صرفه‌جویی مصرف انرژی و کنترل آلودگی در بخش کشاورزی با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی بیشتر است.

کاهش انتشار بیشتر است در صورتی که نرخ پایین مالیات بر کربن ممکن است اثر ناچیزی بر کنترل آلودگی داشته باشد. همچنین حاجک و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که مالیات بر کربن به کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای در صنعت انرژی کمک می‌کند. به طوری که یک یورو به ازای هر تن آلودگی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را به میزان ۱۱/۵۸ کیلوگرم کاهش می‌دهد. از نتایج مشخص می‌شود که تأثیر نرخ بالای مالیات بر کربن بر حفاظت

جدول ۸- اثر سناریوهای مختلف مالیات بر کربن بر ذخیره‌سازی انرژی و کنترل آلودگی در بخش کشاورزی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی

نرخ مالیات بر کربن	تغییرات قیمت انرژی (%)	کشش قیمتی انرژی	ذخیره‌سازی انرژی (میلیون بشکه معادل نفت خام)	کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن (میلیون تن)
۲۵	۰/۴۹	-۰/۲۴۴	۶/۰۶	۱/۵۵
۵۰	۰/۹۸	-۰/۲۴۴	۱۱/۹۷	۳/۱۱
۷۵	۱/۴۶	-۰/۲۴۴	۱۷/۸۴	۴/۶۳
۱۰۰	۱/۹۵	-۰/۲۴۴	۲۳/۸۲	۶/۱۹

مآخذ: یافته‌های پژوهش

و ۲۵ بیشتر کاهش یافته است. در مطالعه فنگ و تیان (۲۰۱۳)، دونگ و دای (۲۰۱۷) و لی و همکاران (۲۰۲۳) نتیجه مشابه حاصل شده است. بنابراین، وضع نرخ بالای مالیات بر کربن تأثیر بیشتری در ذخیره‌سازی انرژی نسبت به نرخ پایین آن دارد.

در بخش دیگری از یافته‌های تحقیق مشخص شد که وضع نرخ بالای مالیات بر کربن میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی را نسبت به نرخ‌های پایین آن بیشتر کاهش داده است. بنابراین، وضع نرخ بالای مالیات بر کربن می‌تواند برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن مفید واقع شود. این نتیجه هم راستا با یافته‌های حاجک و همکاران (۲۰۱۹) برای صنعت انرژی است، آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که در کشورهای که قوانین و مقررات زیست‌محیطی وضع می‌شود، صنایع برای انجام فعالیت‌ها خود سعی می‌کند مصرف سوخت‌های فسیلی را به حداقل برسانند. به علاوه مطالعه لین و جیا (۲۰۱۸) وضع مالیات بالا بر کربن در کنترل آلودگی را تأیید می‌کنند. آن‌ها به این نتیجه

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر سیاست مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی در بخش کشاورزی ایران در دوره هدفمندی یارانه انرژی انجام گرفته است. بدین منظور، با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ کشش جانشینی بین عوامل تولید (تعداد نیروی کار، میزان موجودی سرمایه، میزان انرژی مصرفی و سایر واسطه‌های) محاسبه گردید. از نتایج مشخص شد که کشش قیمتی خودی انرژی منفی و در سطح پایین قرار دارد که این نشان می‌دهد قیمت انرژی در طول دوره هدفمندی یارانه انرژی توسط دولت کنترل می‌شود و هزینه‌های واقعی را منعکس نمی‌کند. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل سناریوهای چهارگانه، نرخ‌های متفاوت مالیات بر کربن تأثیر متفاوتی بر مصرف انرژی دارد، یعنی سناریوها با نرخ بالای مالیات بر کربن میزان مصرف انرژی در بخش کشاورزی را بیشتر کاهش داده، به طوری که میزان مصرف انرژی به ترتیب در سناریوهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نسبت به سناریوهای ۵۰

این می‌تواند به دلیل ضروری بودن نهاده انرژی در این صنعت باشد.

از نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌گردد، برای اینکه تأثیر سیاست مالیات بر کربن بر کنترل آلودگی افزایش یابد، دولت باید نرخ بالای مالیات بر کربن را به جای نرخ پایین مالیات بر کربن وضع کند تا تولیدکنندگان بخش کشاورزی ترغیب به مصرف کمتر سوخت‌های فسیلی شوند که این امر سبب ذخیره‌سازی بیشتر انرژی و کاهش بیشتر آلودگی‌های در بخش کشاورزی خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس به جهت تأمین هزینه مورد نیاز این پژوهش تشکر قدردانی می‌نمایم.

رسیدند که وضع نرخ بالاتر مالیات بر کربن شرکت‌های انرژی‌بر را بیشتر تحت فشار قرار می‌دهد که مصرف سوخت‌های فسیلی را به حداقل برسانند. نتیجه‌ای مطالعات ایک و همکاران (۲۰۲۰)، مردا و علام (۲۰۱۹) و ونگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز این موضوع را تصدیق می‌کنند. از این رو، هنگامی که مالیات بر کربن بر مشاغل وابسته به انرژی وضع می‌شود، صنایع تحت فشار تورم ناشی از فشار هزینه قرار می‌گیرند و به دنبال آن تقاضا برای مصرف سوخت‌های فسیلی تا حد زیادی کاهش می‌یابد. همچنین این نتیجه مغایر با یافته‌های لین و خو (۲۰۱۹) است که نشان دادند در صنعت متالورژی تقاضای انرژی نسبت به تغییرات قیمت انرژی حساسیت کمتری دارد به طوری که با افزایش قیمت انرژی مقدار کمتری از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد که

منابع مورد استفاده

- Allen RGD. 1938. London School of Economics and Political Science. Mathematical analysis for economists (Vol. 8). London: Macmillan.
- Aghaei M, Rezagholizadeh M and Hosseini M. 2018. Financial Stability, Energy Consumption, Economic Growth, and Environmental Quality: Fresh Evidences of Iran. *Journal of Macroeconomics*, 13(26): 171-199. 10.22080/IEJM.2018.2232. (In Persian)
- Ahmad F, Draz MU, Ozturk I, Su L and Rauf A. 2020. Looking for asymmetries and nonlinearities: the nexus between renewable energy and environmental degradation in the Northwestern provinces of China. *Journal of Cleaner Production*, 266: 121-714. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121714>.
- Bieber N, Ker JH, Wang X, Triantafyllidis C, van Dam KH, Koppelaar RH and Shah N. 2018. Sustainable planning of the energy-water-food nexus using decision making tools. *Energy Policy*, 113: 584-607. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.037>.
- Behboudi D, Mohammadzadeh P and Moosavi S. 2020. Investigation of Interrelationship between Renewable Energy-Sustainable Development-Co2 Emmission in Iran: Bayesian VAR Approach. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(2): 395-407.
- Blackorby C and Russell RR. 1989. Will the real elasticity of substitution please stand Up? (A comparison of the allen/uzawa and Morishima elasticities). *Am. Econ. Rev.*, 79: 882-888. <https://www.jstor.org/stable/1827940>.
- Bundschuh J and Chen G. (Eds.). 2014. Sustainable energy solutions in agriculture. CRC Press.
- Cheng Z, Li L and Liu J. 2019. The effect of information technology on environmental pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32): 33109-33124. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06454-7>.
- Chen J, Cheng S and Song M. 2018. Changes in energy-related carbon dioxide emissions of the agricultural sector in China from 2005 to 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94: 748-761. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.050>.

- Christensen LR, Jorgenson DW and Lau LJ. 1973. Transcendental logarithmic production frontiers. The review of economics and statistics. 28-45. <https://www.jstor.org/stable/1927992>.
- Carfora A, Pansini RV and Scandurra G. 2019. The causal relationship between energy consumption, energy prices and economic growth in Asian developing countries: A replication. *Energy Strategy Reviews*, 23: 81-85. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.12.004>.
- Chen J, Cheng S and Song M. 2018. Changes in energy-related carbon dioxide emissions of the agricultural sector in China from 2005 to 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94: 748-761. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.050>.
- Debertin DL. 2012. Agricultural production economics.
- Ding S, Zhang M and Song Y. 2019. Exploring China's carbon emissions peak for different carbon tax scenarios. *Energy Policy*, 129: 1245-1252. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.037>.
- Dong, H., Dai, H., Geng, Y., Fujita, T., Liu, Z., Xie, Y., ... & Tang, L. (2017). Exploring impact of carbon tax on China's CO2 reductions and provincial disparities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 596-603. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.044>.
- Deng C, Li K, Peng C and Han F. 2018. Analysis of technological progress and input prices on electricity consumption: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 196: 1390-1406. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.103>.
- Du Z, Lin B and Li M. 2021. Is factor substitution an effective way to save energy and reduce emissions? Evidence from China's metallurgical industry. *Journal of Cleaner Production*, 287: 125-531. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125531>.
- Fang, G., Tian, L., Fu, M., & Sun, M. (2013). The impacts of carbon tax on energy intensity and economic growth—a dynamic evolution analysis on the case of China. *Applied energy*, 110, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.04.041>.
- Ghazouani A, Xia W, Ben Jebli M and Shahzad U. 2020. Exploring the role of carbon taxation policies on CO2 emissions: contextual evidence from tax implementation and non-implementation European Countries. *Sustainability*, 12(20): 86-80. <https://doi.org/10.3390/su12208680>.
- Ghaderi S, Khanzadi A and Karimi MS. 2021. Evaluating and Analyzing the Effects of Green Tax Policy Enforcement on Renewable Energies Development in Iran. *Journal of Development and Capital*, 6(2): 35-51. 10.22103/jdc.2021.16522.1105. (In Persian).
- Hanif I, Raza SMF, Gago-de-Santos P and Abbas Q. 2019. Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian economies: some empirical evidence. *Energy*, 171: 493-501. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.011>.
- Hájek M, Zimmermannová J, Helman K and Rozenský L. 2019. Analysis of carbon tax efficiency in energy industries of selected EU countries. *Energy Policy*, 134: 110-955. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110955>.
- Ike GN, Usman O, Alola AA and Sarkodie SA. 2020. Environmental quality effects of income. energy prices and trade: The role of renewable energy consumption in G-7 countries. *Science of the Total Environment*, 721: 137-813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137813>.
- Jin, T., & Kim, J. (2019). A new approach for assessing the macroeconomic growth energy rebound effect. *Applied Energy*, 239, 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.220>.
- Koengkan M, Fuinhas JA and Silva N. 2021. Exploring the capacity of renewable energy consumption to reduce outdoor air pollution death rate in Latin America and the Caribbean region. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(2): 1656-1674. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10503-x>.

- Koçak E and Ulucak ZŞ. 2019. The effect of energy R&D expenditures on CO₂ emission reduction: estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(14): 14328-14338. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04712-2>.
- Komal R and Abbas F. 2015. Linking financial development, economic growth and energy consumption in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44: 211-220. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.081>.
- Li K, Fang L and He L. 2019. How population and energy price affect China's environmental pollution? *Energy Policy*, 129: 386-396. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.020>.
- Li, J., Du, Q., Lu, C., Huang, Y., & Wang, X. (2023). Simulations for double dividend of carbon tax and improved energy efficiency in the transportation industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(7), 19083-19096. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23411-z>.
- Li S. (2022). Natural extreme events, government subsidies and corporate environment responsibility: Evidence from China's energy sector. *Energy Economics*, 114: 106-278. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106278>.
- Lin B and Jia Z. 2018. The energy, environmental and economic impacts of carbon tax rate and taxation industry: A CGE based study in China. *Energy*, 159: 558-568. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.167>.
- Lin B and Xu M. 2019. Good subsidies or bad subsidies? Evidence from low-carbon transition in China's metallurgical industry. *Energy Economics*, 83: 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.06.015>.
- Liu H and Lin B. 2017. Energy substitution, efficiency, and the effects of carbon taxation: evidence from China's building construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 141: 1134-1144. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.119>.
- Liu K, Bai H, Yin S and Lin B. 2018. Factor substitution and decomposition of carbon intensity in China's heavy industry. *Energy*, 145: 582-591. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.151>.
- Lin, B., Liu, W. (2017). Estimation of energy substitution effect in China's machinery industry--based on the corrected formula for elasticity of substitution. *Energy*, 129, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.103>.
- Mounir A, Mascaro G and White DD. 2019. A metropolitan scale analysis of the impacts of future electricity mix alternatives on the water-energy nexus. *Applied Energy*, 256: 113-870. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113870>.
- Mahmood N, Wang Z and Hassan ST. 2019. Renewable energy, economic growth, human capital, and CO₂ emission: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20): 20619-20630. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05387-5>.
- Miao C, Fang D, Sun L, Luo Q and Yu Q. 2018. Driving effect of technology innovation on energy utilization efficiency in strategic emerging industries. *Journal of Cleaner Production*, 170: 1177-1184. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.225>.
- Murad MW, Alam MM, Noman AHM and Ozturk I. 2019. Dynamics of technological innovation, energy consumption, energy price and economic growth in Denmark. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1): 22-29. <https://doi.org/10.1002/ep.12905>.
- Ministry of Energy, *Energy Balances, Macro Planning of Electricity and Energy*. 2018. (In Persian)
- Ministry of Petroleum, *Hydrocarbon Balance, International Energy Studies Institute*. 2017. (In Persian)
- Phillips PCB and Perron P. 1988. Testing for a unit root in time series regressions, *Biometrika* 75: 335-346.
- Romer D. 2011. *Advanced Macroeconomics*. McGraw-Hill/Irwin.

- Raihan A. (2023). An econometric evaluation of the effects of economic growth, energy use, and agricultural value added on carbon dioxide emissions in Vietnam. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 1-32. <https://doi.org/10.1007/s41685-023-00278-7>.
- Sarkodie SA, Adams S and Leirvik T. 2020. Foreign direct investment and renewable energy in climate change mitigation: does governance matter? *Journal of Cleaner Production*, 263: 121-262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121262>.
- Shmelev SE and Speck SU. 2018. Green fiscal reform in Sweden: econometric assessment of the carbon and energy taxation scheme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90: 969-981. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.032>.
- Sen. S and Vollebergh H. 2018. The effectiveness of taxing the carbon content of energy consumption. *Journal of environmental economics and management*, 92: 74-99. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.08.017>.
- Salmanpour A. 2018. The Effect of population growth, human capital and petroleum products on environmental pollution in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4): 239-255. (In Persian)
- Sharimakin A. 2019. Measuring the energy input substitution and output effects of energy price changes and the implications for the environment. *Energy Policy*, 133: 110-919. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110919>.
- Santarius T. 2016. Investigating meso-economic rebound effects: production-side effects and feedback loops between the micro and macro level. *Journal of cleaner production*, 134: 406-413. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.055>.
- Sasana H and Aminata J. 2019. Energy subsidy, energy consumption, economic growth, and carbon dioxide emission: Indonesian case studies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2): 117.
- Shi B, Wu L and Kang R. 2021. Clean Development, Energy Substitution, and Carbon Emissions: Evidence from Clean Development Mechanism (CDM) Project Implementation in China. *Sustainability*, 13(2): 860. <https://doi.org/10.3390/su13020860>.
- Tan X, Li H, Guo J, Gu B and Zeng Y. 2019. Energy-saving and emission-reduction technology selection and CO₂ emission reduction potential of China's iron and steel industry under energy substitution policy. *Journal of Cleaner Production*, 222: 823-834. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.133>.
- Thompson P and Taylor TG. 1995. "The Capital-Energy Substitutability Debate: a New Look", *Review of Economics and Statistics*, 77(3): 565-569. <https://www.jstor.org/stable/2109916>.
- Uzawa H. 1962. Production functions with constant elasticities of substitution. *The Review of Economic Studies*, 29(4): 291-299. <https://doi.org/10.2307/2296305>.
- Wang X, Wen X and Xie C. 2018. An evaluation of technical progress and energy rebound effects in China's iron and steel industry. *Energy Policy*, 123: 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.016>.
- Yang M, Fan Y, Yang F and Hu H. 2014. Regional disparities in carbon dioxide reduction from China's uniform carbon tax: a perspective on interfactor/interfuel substitution. *Energy*, 74: 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.056>.
- Zhou Y, Fang W, Li M and Liu W. 2018. Exploring the impacts of a low-carbon policy instrument: A case of carbon tax on transportation in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 139: 307-314. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.08.015>.