فصلنامه علوم‌محیطی، دوره یازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲

۲۵-۴۰

برآورد اثرات کلان اقتصادی مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصاد ایران

حسن گلمرادی آدینه‌وند[۱*] و عباس عرب‌مازار[۲]

[۱] دانش‌آموخته دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۲] دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۴

چکیده

هدف این مقاله برآورد تجربی اثرات کلان اقتصادی مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار دی‌اکسید کربن مربوط به آن به‌منظور تخمین هزینه‌های کلی سیاست‌های کاهش انتشار دی‌اکسید کربن است. به‌همین منظور با استفاده از روش خودرگرسیون برداری، کشش‌های بلندمدت متغیرهای کلان اقتصادی ــ نظیر تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال ــ نسبت به انواع مختلف سوخت‌های فسیلی محاسبه شده است. از آنجا که انتشار دی‌اکسید کربن با مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی ارتباط دارد، با استفاده از کشش‌های محاسبه شده و میزان تغییرات نهایی متغیرهای کلان اقتصادی، هزینه اقتصادی یا زیان رفاهی بالقوه سیاست‌های کاهش انتشار دی‌اکسید کربن محاسبه شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بلندمدت بر تولید، سرمایه‌گذاری، اشتغال و بهره‌وری نیروی کار اثر مثبت دارد و کشش بلندمدت تولید، سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص و اشتغال نسبت به مصرف انرژی به‌ترتیب ۰/۲۶، ۱/۲۲ و ۰/۰۲ است. افزایش یک میلیون تن مصرف انرژی کل در بلندمدت سبب تغییر تولید ناخالص داخلی به میزان ۳۲۳/۹ میلیارد ریال، سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص به میزان ۲۱۶/۱ میلیارد ریال و اشتغال به میزان ۵۵۰ شغل خواهد شد. هزینه اقتصادی (زیان رفاهی بالقوه) کاهش هر تن انتشار دی‌اکسید کربن برای مصرف انرژی به‌صورت کلی معادل ۹/۷۸ میلیون ریال برآورد شده و کم‌ترین هزینه انتشار مربوط به مصرف گاز است. بنابراین سیاست‌های چرخش مصرف سایر سوخت‌های فسیلی به گاز دارای کم‌ترین هزینه اقتصادی یا زیان رفاهی بالقوه است. نتایج تحقیق همچنین نشان می‌دهد که به‌دلیل وابستگی شدید اقتصاد ایران به مصرف سوخت‌های فسیلی، هزینه اقتصادی یا زیان اقتصادی بالقوه برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن بسیار بالاتر از سایر کشورها و متوسط جهانی است. در این زمینه، هدف‌گذاری کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به‌میزان ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد، به‌ترتیب کاهش ۰/۷، ۱/۹ و ۳/۹ درصدی رشد اقتصادی به صورت بالقوه را به دنبال خواهد داشت.

کلمات کلیدی: مصرف سوخت‌های فسیلی، کشش تولید، انتشار دی‌اکسید کربن، زیان رفاهی، خودرگرسیون برداری.

Estimates of the Macroeconomic Impacts of Fossil Fuel Consumption and Reduction of Carbon Dioxide Emissions in the Iranian Economy

Hasan Golmoradi Adinehvand[1*] and Abbas Arabmazar[2]

[1] *Ph.D in Economics, Faculty of Economic and Political Science, University of Shahid Beheshti, Tehran.*

[2] *Associated Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Political Science, University of Shahid Beheshti, Tehran.*

Abstract

The objective of this paper is to estimate macroeconomic impacts of fossil fuel combustion and associated carbon dioxide emissions, in order to evaluate economic costs of policies to reduce carbon dioxide emissions. Therefore, using Vector Autoregressive (VAR) method, long-term elasticity's of macroeconomic variables such as production, investment and employment to the different types of fossil fuels consumption are calculated. Since the carbon dioxide emissions are related to the amount of fossil fuel consumed, our estimates of marginal variation and long-run elasticity's of macroeconomic variables were applied to calculate the potential economic costs or welfare loss for carbon dioxide emissions. The results show that energy consumption in long term has a positive impact on production, investment, employment and labor productivity. Long-run elasticity of output, investment and employment with respect to energy consumtion are .26, 1.22 and .02 respectively. Increase of one million tons of total energy consumption in the long run will lead to changes in GDP and investment by 323.9 and 216.1 billion Rails respectively and also changes in employment by 550 jobs. The economic cost (welfare loss) per ton of carbon dioxide emissions to the overall energy consumption estimated as 9.78 million Rails and the lowest cost are related to the gas consumption. Therefore, switching the use of other fossil fuels toward gas (switching consumption policy) has the lowest economic cost. The results also show that due to a high economic dependence on fossil fuels, the potential economic costs of carbon dioxide abatement are some higher than some other countries and the world average, So targeting the carbon dioxide abatement as much as 10, 25 and 70 percent will lead to the reduction in economic growth as much as .7, 1.9 and 3.9 percent respectively.

Keyword: Fossil Fuel, Carbon Dioxide Emissions, Walfare Loss, Vector Autoregressive (VAR), Long-Run Elasticity.

* Corresponding author. *E-mail Address*: Hgol122@yahoo.com

۱- مقدمه

تغییرات زیست‌محیطی و آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای[1] یکی از نگرانی‌های عمده جامعه امروز است؛ زیرا این تغییرات می‌تواند اثرات عمیقی بر ناپایداری اکوسیستم، کیفیت آب و هوا، و اثرات جبران‌ناپذیری بر رشد اقتصادی، سلامت افراد و گروه‌های آسیب‌پذیر جامعه داشته باشد. از طرف دیگر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هزینه‌بر است و لازم است بین هزینه‌های کاهش و منافع آن تعادل برقرار شود [۱].

مطالعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش درجه حرارت کره زمین،به‌دلیل افزایش مصرف انرژی و درنتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن، نه‌تنها سبب مشکلات حاد زیست‌محیطی می‌شود بلکه رشد اقتصادی را نیز کاهش می‌دهد [۲].

از مدت‌ها قبل احتراق سوخت‌های فسیلی بزرگ‌ترین منشاء تولید دی‌اکسید کربن(CO_2) و انتشار کل گازهای گلخانه‌ای (مانند بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان، نیتروژن و غیره) بوده است. مصرف سوخت‌های فسیلی در انواع و اقسام مختلف آن گرچه یکی از عوامل مهم محرک رشد و توسعه اقتصادی محسوب می‌شود، مواد آلاینده خطرناکی نیز تولید می‌کند که انباشت آن‌ها در جو زمین باعث گرم‌شدن تدریجی کره زمین، تغییرات آب و هوایی و سایر آسیب‌های زیست‌محیطی می‌شود. این نکات چالش‌های زیست‌محیطی را به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران تبدیل کرده است. بسیاری از کارشناسان بر کاهش اساسی میزان دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، به‌منظور کاهش خطرات زیست‌محیطی تأکید کرده‌اند.

سیاست‌های زیست‌محیطی برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت فسیلی بر سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، توسعه تکنولوژی با مصرف کارآمد انرژی، یا تغییر ساختار مصرف سوخت و کاهش مصرف انرژی متکی است. انتخاب و طراحی چنین سیاست‌هایی عمیقاً بر فعالیت‌های اقتصادی تأثیرگذار است. توسعه تکنولوژی با مصرف کارا گرچه دارای پتانسیل کاهش مصرف سوخت است، اما دامنه استفاده از آن محدود است. همچنین توسعه تکنولوژی‌های با مصرف کارآمد انرژی در بلندمدت ممکن است و در بسیاری از موارد از توان کشورهای کوچک خارج است.

نتایج بیشتر مطالعات بین‌المللی نشان از آن دارد که سیاست‌های چرخش مصرف سوخت در تضمین کاهش انتشار دی‌اکسید کربن مؤثر است، گرچه این سیاست‌ها هزینه‌های خانوارها و بنگاه‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین انگیزه بخش خصوصی برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن بسیار اندک است و سیاست کاهش مصرف انرژی را نمی‌تواند داوطلبانه ــ بدون کاهش فعالیت‌های اقتصادی ــ اعمال کند. به‌عبارت دیگر بین کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و عملکرد کلی اقتصادی یک مبادله وجود دارد.

هدف این مطالعه، بررسی اثرات کلان اقتصادی سیاست‌های چرخش مصرف انواع مختلف انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، و نیز کمک به طراحی سیاست‌های مناسب زیست‌محیطی با نگرش اقتصادی است. به‌همین منظور ابتدا اثرات مصرف انواع سوخت‌های فسیلی بر متغیرهای کلان اقتصادی ــ یعنی تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال ــ مورد بررسی قرار گرفته و سپس هزینه اقتصادی یا زیان رفاهی بالقوه کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انواع سوخت‌های فسیلی محاسبه می‌شود.

در مکاتب مختلف اقتصادی، «سرمایه» و «نیروی کار» به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تولید در نظر گرفته می‌شوند. امروزه در مباحث کلان اقتصادی، علاوه بر دو عامل فوق، از «انرژی» به‌عنوان یکی از نهاده‌های مهم و مؤثر در مباحث اقتصاد کلان نام برده می‌شود؛ لذا تولید تابعی از نهاده نیروی کار، سرمایه و انرژی خواهد بود:

$$Q = f(K, L, E) \qquad (۱)$$

در این رابطه Q تولید ناخالص داخلی، K نهاده سرمایه، L نهاده نیروی کار و E نهاده انرژی است که‌توسط حامل‌های انرژی شامل نفت، گاز، برق، زغال سنگ و غیره تأمین می‌شود. تابع تولید پیشنهادی برخی محققان با ملحوظ کردن انرژی عبارت است از:

$$Q = f(G(K, E), L) \qquad (۲)$$

که در آن انرژی و سرمایه با هم ترکیب شده و عامل تولید مرکب‌را ایجاد می‌کنند؛ این عامل پس از ترکیب با نیروی کار منجر به تولید می‌شود. در نظریه‌های جدید رشد نیز عامل انرژی وارد مدل شده است. استرن و کلیولند [۳] با استفاده از ادبیات تابع تولید نئوکلاسیکی عواملی را

که می‌توانند رابطهٔ بین مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهند، مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها تابع تولید را به‌طور عام چنین تعریف می‌کنند:

$$(Q_1,\ldots,Q_m) = f(A, X_1,\ldots,X_n, E_1,\ldots E_p) \quad (۳)$$

که در آن Q_i محصـــولات مختلف اقتصادی از قبیل کالاها و خدمات، X_i نهاده‌هـــای مختلف تولیدی از قبیل سرمایه، نیروی کار و غیره، E_i نهاده‌های متفاوت انرژی مانند نفت، گاز، برق، زغال‌سنگ و غیره است. A نشان‌گر وضعیت تکنولوژیکی اســـت که به‌عنوان شاخص بهره‌وری کل عوامل نیز تعریف شده است. در تابع تولیـد فـوق انـواع مختلـف انرژی،بـه‌عنـوان یـک نهـاده مـؤثر، مـی‌توانـد بـر متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تولید ناخـالص داخلـی اثـر بگذارد اما، مصرف انواع مختلف انرژی نیز بدون آثار خارجی منفی نظیر آلودگی محیط‌زیست نیست. به‌طور کلی درمورد رابطـه میـان متغیرهـای کـلان اقتصـادی و آلـودگی محیط‌زیست سه ادبیـات متفـاوت امـا مـرتبط وجـود دارد. اولین مجموعه مطالعات بـر پیونـد میـان رشـد اقتصـادی و آلودگی زیست‌محیطـی متمرکـز بـوده و بـا دقـت فراوانـی فرضـــیات منحنـــی زیســـت‌محیطـــی کـــوزنتس[۲] را می‌آزماید.فرضیات منحنی زیسـت‌محیطـی کـوزنتس بیـان مـی‌کنـد کـه افـزایش درآمـد ملـی بـر انتشـارآلودگی‌هـا (آلاینده‌ها) نیز می‌افزاید و هنگامی که درآمد ملی به سطح آستانه می‌رسـد از آن پس از میـزان انتشـارآلاینده‌هاکاسـته می‌شود. فرضیات این منحنی تصریح می‌کندکه با توجه بـه علیت یک‌طرفه موجود میان درآمد ملی و انتشارآلاینده‌هـا، میزان انتشار را می‌توان تابعی از درآمد ملی در نظر گرفـت. با تأیید بر ایـن نکتـه، بسـیاری از مطالعـات جهـت علیـت گرنجری[۳] را میان رشد اقتصادی و آلودگی زیسـت‌محیطـی آزموده‌اند [۴].

دومین مجموعه مطالعات درباره ارتبـاط میـان رشـد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی، بـر ارتبـاط میـان رشـد اقتصادی و مصرف انرژی تمرکز دارد، به‌گونه‌ای کـه انتشـار آلاینده‌ها اصولاً با مصـرف سـوخت‌هـای فسـیلی گسـترش می‌یابنـد. در ایـن رابطـه ادبیـات غنـی از علیـت گرنجـری به‌منظور آزمون ارتباط میان رشد اقتصادی و مصرف انـرژی انجام گرفته است [۵].

دسته سوم مطالعات به بررسی هزینه‌های اقتصادی و زیـان رفـاهی کـاهش انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای ناشـی از مصرف سـوخت‌هـای فسـیلی مـی‌پـردازد. کـاهش مصـرف سـوخت‌های فسیلی و درنتیجـه کـاهش انتشـار دی‌اکسـید کربن با فرض ثابت بودن ساختار تولیدی و تکنولوژیکی بـر کاهش فعالیت‌های اقتصادی اثر منفـی دارد زیـرا «انـرژی» یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولیداست. هزینـه‌هـای کـاهش انتشار دی‌اکسید کربن نوعاً برحسب پـول بیـان شـده و در مقایسه، با ارزش‌های بازاری و تولید ناخالص داخلی مـرتبط اسـت. بیـان ارزش‌گـذاری اقتصـادی اثـرات غیربـازاری ـــ همانند اثرآن بر اکوسیستم یا اثرات آن بر بهداشت ـــ بسیار مشکل، پیچیده و بحـث‌برانگیـز اسـت [۶]. در ضـمن بیـان پولی آثار کل تغییرات زیست‌محیطی به‌تنهایی کافی نیست و لازم است به اثرات نهـایی ایـن تغییـرات توجـه بیشـتری شود تا بتـوان اثـر سیاسـت‌هـای کـاهش انتشـار گـازهـای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن را مورد بررسی قرار داد. گرچه برآورد هزینه‌های نهـایی کـاهش انتشـار دی‌اکسـید کربن کاری مشکل و بحث‌انگیز است اما مـی‌توانـد مبنـایی برای محاسبه هزینه سیاست‌های کاهش انتشار آلودگی‌های زیست‌محیطی ایجاد کند [۷].

به‌طور کلی معیارهـای مختلفـی بـرای انـدازه‌گیـری هزینه‌های اقتصادی و زیان رفاهی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد: ۱. اندازه‌گیـری مسـتقیم هزینـه کـل؛ ۲. اندازه‌گیری هزینه نهایی کاهش یک تن دی‌اکسـید کـربن؛ ۳.اندازه‌گیری کاهش تولید ناخالص داخلی ناشی از کـاهش انتشار؛ ۴.اندازه‌گیری میزان درآمـدی کـه بایـد بـه مصـرف کننده پرداخت تا به سـطح رفـاه اولیـه برگـردد (تغییـرات جبرانی درآمد[۴]).

کار عمده درخصـوص بـرآورد هزینـه‌هـای اقتصـادی کاهش گازهای گلخانه‌ای از سال ۱۹۸۸ آغاز شد، هر چنـد که علاقه به موضـوع بـرآورد هزینـه کـاهش آلـودگی‌هـای زیسـت‌محیطـی بـه یـک دهـه قبـل‌تر،یعنـی بـه مطالعـه نوردهاوس[۵] روی موضوع کـاهش انتشـار دی‌اکسـید کـربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی برمی‌گردد. از آن زمـان تاکنون مطالعـات وسـیعی در سـطح جهـانی و ملـی بـرای بررســی هزینـــه‌هـــای اقتصـــادی کـــاهش آلـــودگی‌هـــای زیست‌محیطی، به‌خصوص دی‌اکسید کربن، صـورت گرفتـه است. برخلاف مطالعات داخلـی، مطالعـات خـارجی زیـادی درخصوص هزینه‌های اقتصادی افزایش درجه حـرارت کـره

زمین و انتشار دی‌اکسید کربن بر اثر مصرف سوخت‌های فسیلی وجود دارد که به‌طور کلی می‌توان آنها را به دو بخش کاهش تولید و هزینه نهایی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تقسیم کرد. به‌منظور تلخیص هرچه بیشتر مطالعات، در جدول ۱ نتایج مطالعات مربوط به برآورد هزینه‌های اقتصادی(رفاهی) کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌خصوص دی‌اکسید کربن و افزایش درجه حرارت ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای، برحسب درصد کاهش تولید ذکر شده است. همچنین در جدول ۲ هزینه نهایی کاهش انتشار هر تن دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی براساس مطالعات مختلف ذکر شده است.

تول(۲۰۰۵) در مطالعه جامع خویش تحت عنوان«هزینه‌های نهایی زیان انتشار دی‌اکسید کربن، ارزیابی نااطمینانی‌ها» به بررسی و ارزیابی ۲۸ مطالعهٔ انجام‌شده در این زمینه در کشورهای مختلف می‌پردازد که نتایج برخی از این مطالعات در جدول ۲ نشان داده شده است. وی با جمع‌بندی همه مطالعات نتیجه می‌گیرد که میانگین هزینه نهایی کاهش انتشار هر تن دی‌اکسید کربن ۱۴۱ دلاربا انحراف معیار ۳۵۳ است. وی همچنین نشان می‌دهد که ۹۰درصد مطالعات هزینه هر تن کاهش دی‌اکسید کربن را زیر ۴۵۰ دلار برآورد کرده‌اند.

جدول ۱- مطالعات مربوط به هزینه‌های اقتصادی مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای

نام مطالعه	سال	سطح مطالعه	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) یا افزایش درجه حرارت ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای (°C)	هزینه رفاهی بر حسب کاهش تولید ناخالص داخلی (درصد)
دیکسون و همکاران [۸]	۱۹۸۹	استرالیا	۴۷ درصد کاهش CO_2	۲/۴ درصد کاهش تولید
بروست و همکاران [۹]	۱۹۹۰	بلژیک	۲۸ درصد کاهش CO_2	۱/۸ درصد کاهش تولید
مان و ریچلز [۱۰]	۱۹۹۰	جهان	۷۵ درصد کاهش CO_2	۴ درصد کاهش تولید
والی و ویگل[۱۱]	۱۹۹۰	جهان	۵۰ درصد کاهش CO_2	۴/۴ درصد کاهش تولید
مان و ریچالز[۱۲]	۱۹۹۰	امریکا	۴۵ درصد کاهش CO_2	۲/۵ درصد کاهش تولید
برنیوکس و همکاران[۱۳]	۱۹۹۱	جهان	۳۷ درصد کاهش CO_2	۱/۸ درصد کاهش تولید
میلز و همکاران[۱۴]	۱۹۹۱	امریکا	۲۱ درصد کاهش CO_2	۱/۲ درصد کاهش تولید
بان[۱۵]	۱۹۹۱	ژاپن	۱۸ درصد کاهش CO_2	۰/۴ درصد کاهش تولید
کریستیان سن[۱۶]	۱۹۹۱	فنلاند	۲۳ درصد کاهش CO_2	۶/۹ درصد کاهش تولید
بارکر[۱۷]	۱۹۹۱	انگلیس	۱۲ درصد کاهش CO_2	۰/۲ درصد کاهش تولید
اندرسون و برد[۱۸]	۱۹۹۲	جهان	۶۸ درصد کاهش CO_2	۲/۸ درصد کاهش تولید
مؤسسه دی لر ای[۱۹]	۱۹۹۲	امریکا	۳۷ درصد کاهش CO_2	۱/۸ درصد کاهش تولید
کارادلوگلو[۲۰]	۱۹۹۲	آلمان	۱۳ درصد کاهش CO_2	۱/۳ درصد کاهش تولید
ادموند بارنز [۲۱]	۱۹۹۲	چین	۸۴ درصد کاهش CO_2	۲/۳ درصد کاهش تولید
شی مولین و یوان[۲۲]	۲۰۰۹	تایوان	۱ درصد کاهش CO_2	۰/۴۲ درصد کاهش تولید
نورد هوس[۲۳]	۱۹۹۴	جهان	افزایش دما: ۳ C°	۱/۳تا ۴/۸ درصد کاهش تولید
فانک هوسر[۲۴]	۱۹۹۵	چین	افزایش دما: ۲/۵C°	۱/۴ درصد کاهش تولید
نورهاوس و بویر[۲۵]	۲۰۰۰	آفریقا ـ روسیه	افزایش دما: ۲/۵ C°	۰/۷ تا ۳/۹درصد کاهش تولید
هوپ[۲۶]	۲۰۰۶	آسیا ـ اروپای شرقی	افزایش دما: ۲/۵ C°	۰/۳ تا ۲/۶ درصد کاهش تولید
نوردهوس[۲۷]	۲۰۰۶	جهان	افزایش دما: ۲/۵ C°	۰/۹ درصد کاهش تولید

جدول ۲- برآورد هزینه نهایی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن (ناشی از کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی)[۷].

مطالعات	سال	هزینه نهایی هر تن انتشار دی‌اکسید کربن برحسب دلار (S/TC)
آیریس و والتر[۶]	۱۹۹۱	۱۱۹
نوردهاوس[۷]	۱۹۹۱	۲۶/۸
کلین[۸]	۱۹۹۱	۵/۸ تا ۱۲۴
نوردهاوس[۹]	۱۹۹۲	۵
فنکهوسیر[۱۰]	۱۹۹۳	۲۰/۳
مدیسون[۱۱]	۱۹۹۵	۱۶/۵
هومیر[۱۲]	۱۹۹۶	۸۰۰
نوردهاوس و یاپ[۱۳]	۱۹۹۷	۱۱/۶
ایر و همکاران[۱۴]	۱۹۹۹	۱۷۰
نوردهاوس و بوبر[۱۵]	۲۰۰۰	۵/۹
تول و دونینگ[۱۶]	۲۰۰۰	۲۶/۱
پیرس[۱۷]	۲۰۰۳	۲۳/۵
مطالعه جامع تول	۲۰۰۵	میانگین ۱۴۱ (انحراف معیار ۳۵۳ دلار)

۱-۲- نگاهی کوتاه به مصرف انرژی در کشور

ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان از نظر میزان ذخایر انرژی‌های فسیلی، به‌خصوص نفت و گاز است. علی‌رغم غنای طبیعی و دسترسی به منابع انرژی بسیار ارزش‌مند، نظیر نفت و گاز، کشور هنوز هم کم‌وبیش با مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی، از جمله مصرف بی‌رویه انرژی و آلودگی هوا، مواجه است. بخش انرژی زیربخش‌هایی نظیر نفت و فراورده‌های نفتی(گازوئیل، بنزین، نفت کوره، نفت سفید و غیره)، گاز، برق، زغال سنگ و سایر منابع انرژی تجدیدپذیر(نظیر سوخت چوبی، ضایعات جامد، فضولات دامی، پسماندهای الی صنعتی و غیره) را شامل می‌شود.این بخش نه‌تنهابه‌عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید در کشور دارای نقش اساسی است، بلکه نقش تعیین‌کننده‌ای در تأمین درآمدهای ارزی کشوردارد. به‌عبارت دیگر می‌تواند هم به‌صورت فیزیکی(نهاده تولید) و هم به‌صورت مالی(تأمین منابع مالی مورد نیاز) به فرایند تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال کمک به‌سزایی داشته باشد. علی‌رغم نقش مفیدی که مصرف انرژی در تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال دارد، مصرف فزاینده با کارایی کم می‌تواند در بلندمدت آسیب جدی به رشد اقتصادی وارد کند، همان طور که مصرف نادرست منابع انرژی آسیب‌های جدی به محیط‌زیست وارد خواهد کرد.

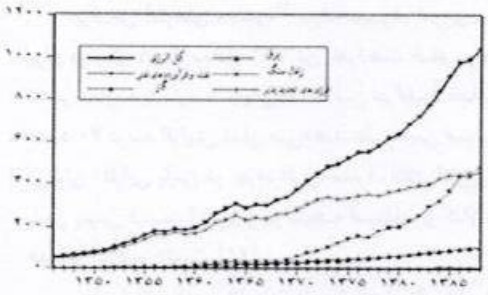
براساس آمارهای منتشره[۱۸] سرانه مصرف انرژی در ایران در سال ۲۰۰۹ معادل ۱/۹۴ تن نفر/ نفت خام بوده که در مقایسه با متوسط جهانی(۱/۱۳ تن نفر/نفت خام) حدود ۷۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. علت این امر را می‌توان کارایی پایین در بهره‌برداری، مصرف بالای انرژی، پایین بودن قیمت انرژی و در نتیجه استفاده از کالا و خدمات انرژی‌بر دانست [۲۸].

براساس شاخص «شدت مصرف نهایی انرژی[۱۹]» برمبنای برابری قدرت خرید[۲۰] (PPP)، ایران جزو کشورهای با شدت مصرف انرژی بالاست و حتی از کشورهای نفت‌خیز منطقه بالاتر است، به‌گونه‌ای که مقدار این شاخص در سال ۲۰۰۹ به‌طور متوسط ۲۴۵/۱ تن نفت خام به‌ازای یک میلیون دلار ارزش افزوده بوده که دو برابر متوسط جهانی(۱۱۸/۴تن نفت خام به‌ازای یک میلیون دلار) بوده است. این شاخص متأثر از سطح استاندارد زندگی، عوامل اقتصادی و اجتماعی و ساختار صنعتی و تکنولوژیکی کشور است.

از نگاهی دیگر، آمارها نشان می‌دهند که طی سال‌های مختلف علی‌رغم رشد پایین تولید، مصرف انرژی به‌شدت رشد داشته، به‌گونه‌ای که طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ ضریب انرژی که از تقسیم نرخ رشد مصرف نهایی انرژی به نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به دست می‌آید، در کشور برابر ۱/۱۱۵ بوده که حدود۲/۳ برابر این شاخص برای متوسط جهان در این دوره (۰/۴۹) است.[۲۱]

با نگاهی به نمودار ۱ مشخص می‌شود که مصرف انرژی(میلیون بشکه معادل نفت خام) با یک نرخ صعودی در حال افزایش است. نرخ افزایش مصرف گاز از سال ۱۳۷۰ نسبت به سایر انرژی‌ها و حتی نفت چشمگیر بوده است.

در کنار روند مصرف انواع انرژی در کشور، سهم مصرف انواع انرژی در کشور نیز تغییر کرده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در اوایل دهه ۱۳۵۰ نفت عمده‌ترین منبع تأمین انرژی بوده و سایر منابع نقش چندانی در این خصوص نداشته‌اند. با گذشت زمان از سهم نفت کاسته شده و به سهم گاز در تأمین انرژی کشور افزوده شده است. سهم عمده مصرف انرژی به‌خصوص در سال‌های اخیر از آن نفت (حدود ۴۵ درصد) و گاز (حدود ۴۵ درصد) و سپس برق(نزدیک ۱۰درصد) است و سایر منابع انرژی نقش چندانی در مصرف انرژی کشور نداشته‌اند.[۲۲]



شکل ۱- تحولات مصرف انواع سوخت‌های فسیلی در کشور (میلیون بشکه معادل نفت خام)؛ منبع: ترازنامه انرژی سال‌های مختلف

مصرف زیاد انرژی علی‌رغم این که ممکن است به تولید، سرمایه‌گذاری و در نتیجه ایجاد اشتغال در کشور کمک کند، می‌تواند به محیط‌زیست آسیب جدی وارد سازد. آمارها نشان می‌دهد که با افزایش روند مصرف انرژی در کشور، تولید گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص انتشار دی‌اکسید کربن در کشور نیز در حال افزایش بوده و سرانه انتشار آن در سال‌های اخیر به بالای ۸ تن در سال رسیده، که حدوداً دو برابر متوسط تولید سرانه آلودگی در جهان است.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای بررسی اثرات اقتصادی کل مصرف انرژی و همچنین انواع مختلف آن بر تولید ملی، اشتغال و سرمایه‌گذاری و به‌منظور برآورد اثرات پویای مصرف انرژی و کانال‌های مستقیم و غیر مستقیم آن بر متغیرهای مهم اقتصادی از روش خودرگرسیون برداری[۲۳] استفاده می‌شود؛ زیرا این روش قادر است اثرات مستقیم و غیر مستقیم مصرف انرژی بر متغیرهای کلان اقتصادی را اندازه‌گیری کند. به‌عبارت دیگر نهاده انرژی ممکن است مستقیماً بر نهاده تولید اثر بگذارد، و از طرف دیگر انرژی می‌تواند به‌صورت غیر مستقیم بر سایر نهاده‌ها اثر بگذارد که به اثر جانشینی موسوم است.

در الگوی خودرگرسیون برداری ابتدا هر متغیر درون‌زا بر روی وقفه‌های خود و سایر متغیرهای درون‌زا در یک سیستم تخمین زده می‌شود؛ سپس برای بررسی اثر متغیرهای مختلف بر متغیر مورد نظر از توابع واکنش ضربه استفاده می‌شود. الگوی خودرگرسیون برداری از این ویژگی مطلوب برخوردار است که تمامی متغیرها را به‌صورت درون‌زا در نظر می‌گیرد و لذا از این الگو می‌توان برای بررسی روابط میان مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی استفاده کرد.

۲-۱- داده‌ها و آزمون‌های ریشه واحد و هم‌جمعی[۲۴]

در این تحقیق از داده‌های سالانه تولید ناخالص داخلی، اشتغال، سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص و همچنین مصرف انواع انرژی ـ به‌صورت کلی یا به صورت اجزاء آن ـ برای تجزیه و تحلیل اقتصادی و محاسبه شاخص‌های مورد نظر استفاده می‌شود. آمار متغیرهای کلان اقتصادی از بانک اطلاعات سری‌های زمانی بانک مرکزی، آمار مربوط به انواع مصارف انرژی (نفت و فرآورده‌های آن، زغال سنگ، گاز، انرژی‌های تجدیدپذیر و برق) از ترازنامه انرژی سال‌های مختلف کشور، و آمار مربوط به میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن از شاخص‌های توسعهٔ جهانی[۲۵] که توسط بانک جهانی منتشر می‌شود، اخذ شده است.

قبل از برآورد مدل‌های خودرگرسیون برداری، باید پایایی متغیرهای مورد مطالعه را مورد . اگر متغیرهای مورد استفاده در مدل خودرگرسیون برداری پایا نباشند، در این صورت شرط ثبات را تأمین نمی‌کنند و لذا توابع واکنش ضربه حاصل از آن نیز از اعتبار کافی برخوردار نیستند. برای بررسی فرضیه وجود یا عدم وجود ریشه واحد در سری‌های زمانی مورد بررسی از آمون‌های دیکی‌فولرتعمیم یافته[۲۶] استفاده می‌شود. نتایج این آزمون در جدول ۳ نشان داده شده است. چنان که مشاهده می‌شود متغیرهای موردنظر در مدل در سطح ناپایا هستند ولی با یک مرتبه تفاضل‌گیری پایا (ایستا) می‌شوند.

مرحله بعدی در برآورد الگوی خودرگرسیون برداری، انتخاب ساختار وقفه الگو با توجه به‌اندازه نمونه و تعداد متغیرهاست. برای انتخاب مرتبه بهینه وقفه از معیارهای مختلفی ـ نظیر آکایبک[۲۷]، شوارتز[۲۸] و حنان ـ کوین[۲۹] ـ استفاده می‌شود. در الگوهای مورد استفاده در این تحقیق با توجه به معیار شوارتز و اکائیک وقفه بهینه ۱ تعیین شده است. در ادامه همچنین هم‌جمعی میان متغیرهای مختلف برحسب لگاریتم تولید، اشتغال، سرمایه‌گذاری و هریک از انواع انرژی آزموده می‌شود. به‌دلیل کوچک‌بودن نمونه از روش انگل ـ گرنجر برای بررسی هم‌جمعی میان متغیرهای الگو استفاده می‌شود که نسبت به روش جوهانسن جوسیلسیوس ـ که برای نمونه‌های کوچک دارای تورش به سمت‌پذیرش هم‌جمعی میان متغیرهاست ـ برتری دارد [۲۹].

جدول۳- نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته بر روی سطح و تفاضل مرتبه اول لگاریتم متغیرها

متغیرها		آماره برای مدل دارای عرض از مبدا و روند	ارزش بحرانی در سطح ۵٪	ارزش بحرانی در سطح ۱۰٪	*P value*
لگاریتم تولید نا خالص داخلی(LGDP)	سطح	-۲/۷۳	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۲۲۹
	تفاضل	-۳/۲۰	-۳/۵۳	-۳/۲۰	۰/۰۹۹
لگاریتم سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص(linv)	سطح	-۲/۷۵	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۲۲۳
	تفاضل	-۳/۲۸	-۳/۵۴	-۳/۲۰	۰/۰۸۴
لگاریتم اشتغال (LEMP)	سطح	-۱/۷۸	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۶۹
	تفاضل	-۵/۵۹	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۰۰۰۲
لگاریتم مصرف کل انرژی(LENT)	سطح	-۲/۸۲	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۱۹۷
	تفاضل	-۳/۹۴	-۳/۵۳	-۳/۱۹	۰/۰۱۹
لگاریتم مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی(LENOIL)	سطح	-۲/۴۶	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۳۴
	تفاضل	-۴/۹۷	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۰۰۱
لگاریتم مصرف گاز(LENG)	سطح	-۲/۶۷	-۳/۵۳	-۳/۱۹	۰/۲۵۱
	تفاضل	-۴/۶۲	-۳/۵۵	-۳/۱۹	۰/۰۰۴
لگاریتم مصرف زغال سنگ(LENCOAL)	سطح	-۱/۴۶	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۸۲
	تفاضل	-۱۱/۲۶	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۰۰۰۰
لگاریتم مصرف انرژی‌ها تجدیدپذیر(LENREN)	سطح	-۳/۴۴	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۰۶
	تفاضل	-۶/۷۶	-۳/۵۲	-۳/۱۹	۰/۰۰۰

آزمون ریشه واحد برای بررسی روابط خطی میان متغیرهای الگو به روش انگل ـ گرنجر اجرا می‌شود. این روش برای همه حالت‌ها با در نظر گرفتن تک‌تک متغیرها به‌عنوان متغیر وابسته انجام شده است (جدول ۴). آزمون‌های فوق نشان می‌دهد که نمی‌توان فرضیه صفر عدم وجود هم‌جمعی درالگوهای مورد استفاده رایذیرفت.

جدول ۴-آزمون انگل-گرنجر (فرضیه صفر عدم هم‌جمعی)

متغیرهای درونزا در معادله هم‌جمعیبرحسب لگاریتم	آماره آزمون (با وجود روند، مقدار ثابت و حداکثر وقفه ۵)	مقدار خطای *P value*
مصرف انرژی کل	-۲/۵۹	۰/۲۸
سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص	-۲/۸۸	۰/۱۸
اشتغال	-۲/۱۱	۰/۵۱
تولید ناخالص داخلی	-۲/۵۶	۰/۲۹
مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی	-۳/۱۲	۰/۱۲
سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص	-۲/۹۳	۰/۱۶
اشتغال	-۲/۲۲	۰/۴۵
تولید ناخالص داخلی	-۲/۵۶	۰/۲۹
مصرف گاز	-۲/۸۷	۰/۱۸
سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص	-۲/۹۴	۰/۱۶
اشتغال	-۱/۹۶	۰/۶
تولید ناخالص داخلی	-۲/۶	۰/۲۵
مصرف زغال سنگ	-۲/۷۵	۰/۲۲
سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص	-۲/۹۳	۰/۱۶
اشتغال	-۲/۹	۰/۱۷
تولید ناخالص داخلی	-۱/۹۳	۰/۶۱
مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر	-۲/۳	۰/۴۳
سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص	-۲/۹۵	۰/۱۵
اشتغال	-۲/۱۵	۰/۴۹
تولید ناخالص داخلی	-۲/۷۲	۰/۲۳
مصرف برق	-۲/۱۷	۰/۴۸
سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص	-۲/۶۵	۰/۲۵
اشتغال	-۱/۹۷	۰/۵۷
تولید ناخالص داخلی	-۲/۶۳	۰/۲۶

۲-۲- تصریح و برآورد الگوی خودرگرسیون برداری

با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی می‌توان چنین استدلال کرد که انرژی به‌عنوان یک نهاده تولید با سرمایه و نیروی کار ترکیب می‌شود، به‌گونه‌ای که شکل کلی تابع تولید را می‌توان به‌صورت $y = F[K, E, L]$ نوشت. این تابع را می‌توان برحسبالگوی خودرگرسیون برداری چنین نوشت:

$$y_t = c + \sum_{j=0}^{p} B_i y_{t-j} + \Gamma X_t + \varepsilon_t \quad (۴)$$

که در آن y_t بردار متغیرهای درون‌زا در زمان t، یعنی متغیرهای سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص، اشتغال و تولید ناخالص داخلی، به‌همراه انواع مختلف مصرف انرژی (نظیر کل مصرف انرژی، نفت و فرآورده‌های نفتی، گاز، زغال سنگ، انرژی‌های تجدیدپذیر و برق) است. c ضریب ثابت، X_t متغیرهای برون‌زا در زمان t، Γ ماتریس ضرایب متغیرهای برون‌زا، B_iماتریس ضرایب متغیرهای درون‌زای با وقفه iام و ε_t بردار پسماندهای مدل است. با توجه به عدم پایایی سطح متغیرهای الگو در سطح و به منظور ثبات نتایج با تبعیت از روش مرسوم مدل‌های خودرگرسیون، نرخ رشد متغیرهای مختلف را برآورد می‌کنیم. فرم غیربرداری الگوی خودرگرسیون برداری مورد استفاده به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\Delta LINV_t = C_{10} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{11i} \Delta LINV_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} B_{12i} \Delta LEMP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{13i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{14i} \Delta LE_{t-i} + Dum + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta LENP_t = C_{20} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{21i} \Delta LINV_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} B_{22i} \Delta LEMP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{23i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{24i} \Delta LE_{t-i} + Dum + \varepsilon_{2t}$$

$$\Delta LGDP_t = C_{30} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{31i} \Delta LINV_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} B_{32i} \Delta LEMP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{33i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{34i} \Delta LE_{t-i} + Dum + \varepsilon_{3t}$$

$$\Delta LE_t = C_{40} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{41i} \Delta LINV_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} B_{42i} \Delta LEMP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{43i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{44i} \Delta LE_{t-i} + Dum + \varepsilon_{4t}$$

که در آن متغیرهای الگو همان متغیرهای هستند که در جدول ۳ تعریف شده اند. به عنوان مثال متغیر $\Delta LINV$ تغییر لگاریتم سرمایه گذاری در دوره t را نشان می دهد. p نیز وقفه بهینه است که از طریق معیارهای آکائیک و شوارتز تعیین خواهد شد.

۲-۳- ابزارهای تجزیه و تحلیل

براساس نظر لاتکوپل و ریمرز در تخمین‌های صورت گرفته توسط دستگاه معادلات همزمان و الگوهایی نظیر خودرگرسیون برداری، ضرایب و درصد توضیح‌دهندگی پارامترهای الگو اهمیت روش‌های تک‌معادله را ندارند. لذا در تجزیه و تحلیل الگوهای خودرگرسیون برداری، بررسی مسیر زمانی اثر تکانه‌ها بر متغیرهای الگو و تحلیل واریانس خطای متغیرها به تکانه‌های مختلف ابزارهای مفیدی به شمار می‌آید. توابع عکس‌العمل تکانه[۳۰] یا آنچه که «ضرایب فزاینده پویا» می‌نامند، نشان می‌دهد که وقتی شوک یا تکانه‌ای بر الگو وارد می‌شود، چه اثری بر متغیرهای درون‌زای سیستم به جای می‌گذارد. این توابع در واقع نشان‌گر مسیر زمانی تأثیر یک تکانه بر وضعیت‌های آتی متغیرهای درون‌زای سیستم هستند. از آنجا که متغیرهای مورد استفاده در الگوهای خودرگرسیون برداری که در این تحقیق به کار گرفته شده به‌صورت تفاضل مرتبه اول وارد شده‌اند، نتایج انباشتی عکس‌العمل تکانه[۳۱] برای استخراج عکس‌العمل تکانه سطح متغیرها مورد استفاده قرار گرفته است. به‌کمک توابع عکس‌العمل تکانه، به‌راحتی می‌توان کشش‌های بلندمدت متغیرهای مختلف نسبت به متغیرهای مورد نظر را محاسبه کرد. سپس از این کشش‌ها می‌توان برای تحلیل اثرات کلان اقتصادی مصرف انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و محاسبه هزینه نهایی این کاهش استفاده کرد. در اینجا بلندمدت به دوره‌ای اطلاق می‌شود که اثرات تکانه‌ها طی زمان از بین می‌رود. یعنی توابع انباشتی عکس‌العمل تکانه در آن فاصلهٔ زمانی همگرا می‌شوند. بنابراین کشش انباشتی عبارت است از درصد تغییرات انباشتی بلندمدت متغیرهای مختلف به‌ازای تغییرات انباشتی مصرف انرژی بر اثرتکانه مصرف انرژی با ملاحظه همه اثرات پویا. بر این اساس می‌توان کشش انباشتی متغیرهای مختلف (ε) را چنین تعریف کرد:

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^{n} IRF_Y}{\sum_{i=1}^{n} IRF_E} \quad (۵)$$

که در آن $\sum_{i=1}^{n} IRF_Y$بیان‌گر اثرات بلندمدت انباشتی متغیرهای کلان اقتصادی نسبت به یک تکانه در مصرف انرژی، و $\sum_{i=1}^{n} IRF_E$ بیان‌گر اثرات بلندمدت انباشتی متغیرهای مصرف انرژی (کل و سایر اجزای انرژی) نسبت به تکانه ایجادشده در خود متغیر است. همانند روش

محاسبه کشش انباشتی متغیرهای مهم اقتصادی، می‌توانیم تغییرات نهایی تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال نسبت به تغییر مصارف مختلف انرژی را مطابق رابطه ۶ محاسبه کنیم:

$$MP = \frac{\Delta Y}{\Delta E} \qquad (۶)$$

که در آن MPتغییر تولید،ΔYتغییر متغیرهای کلان اقتصادی، و ΔEتغییر مصرف انواع مختلف انرژی است. با توجه به تعریف کشش و تعریف تولید نهایی، می‌توان با استفاده از کشش بلندمدت انباشتی (ε)، تغییرات نهایی متغیرهای کلان اقتصادی نسبت به مصرف انواع انرژی رامحاسبه کرد:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Y}{\Delta E}.\frac{E}{Y} = MP.\frac{E}{Y} \rightarrow \qquad (۷)$$

$$MP = \varepsilon \times \frac{Y}{E} = \varepsilon \times \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\frac{y_i}{E_i}\right]$$

$\frac{E}{Y}$ متوسط نسبت مصرف انرژی به متغیرهای کلان در یک دوره زمانی، وεکشش بلندمدت انباشتی متغیرهای کلان اقتصادی با توجه به مصرف انواع انرژی است. به‌عبارت ساده‌تر می‌توان با ضرب کشش محاسبه شده برای انواع متغیرهای کلان اقتصادی ـــ نظیر تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال ـــ در نسبت متغیرکلان مربوط به مصرف انرژی، تغییرات نهایی متغیرهای کلان نسبت به مصرف انواع انرژی را محاسبه کرد؛نتیجه می‌تواندنوعی ضریب فزاینده بلندمدت باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- محاسبه اثرات اقتصادی مصرف انواع سوخت‌های فسیلی

همان‌گونه که در بخش روش‌شناسی اشاره شد، الگوهای خودرگرسیون برداری تصریح شده نشان‌گر روابط پویا میان مصرف انواع انرژی و متغیرهای کلان اقتصادی (سرمایه‌گذاری، اشتغال و تولید) است. براساس این روابط، مصرف انرژی بر متغیرهای کلان اقتصادی اثرگذار است و از طرف دیگر متغیرهای کلان اقتصادی نیز بر مصرف انرژی اثر می‌گذارد. در ادبیات اقتصادی کشش و تولید نهایی از جمله ابزارهایی است که واکنش یک متغیر در مقابل متغیرهای دیگر را نشان می‌دهد.

با توجه به نکات فوق و براساس روابط ۵ و ۷، می‌توان کشش متغیرهای کلان اقتصادی نسبت به مصرف انواع مختلف سوخت‌های فسیلی و میزان نهایی تغییر این متغیرها به‌ازای یک واحد افزایش مصرف انواع سوخت‌های فسیلی (به‌میزان یک میلیون بشکه معادل نفت خام) را محاسبه کرد. خلاصه نتایج این محاسبات در جدول ۵ ارائه شده است. چنان که از روابط ۵ و ۷ مشخص است کشش بلندمدت بیان‌گر درصد تغییرات متغیرهای مورد نظر به‌ازای یک درصد تغییر در مصرف انرژی است، در حالی که تغییرات نهایی(تولید نهایی[۲۲]) میزان تغییر متغیرهای کلان مورد نظر نسبت به افزایش یک واحد مصرف انرژی(یک میلیون بشکه معادل نفت خام) را نشان می‌دهد. در ادامه نشان داده می‌شود که با استفاده از کشش بلندمدت و تغییرات نهایی متغیرهای کلان اقتصادی نسبت به انواع مختلف سوخت‌های فسیلی، می‌توان هزینه‌های اقتصادی مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انواع مختلف انرژی را محاسبه کرد.

چنان که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، کشش بلندمدت تولید ناخالص ملی نسبت به مصرف کل انرژی (کل سوخت‌های فسیلی) ۰/۶۲ است و این بدان معناست که افزایش یک درصدی مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۶۲ درصد در بلندمدت افزایش می‌دهد. این کشش با تغییر نهایی تولید (تولید نهایی) به‌میزان ۳۲۳/۹۳ میلیارد ریال برای هر واحد مصرف انرژی (یک میلیون بشکه معادل نفت خام) متناسب است که نشان می‌دهد افزایش مصرف انرژی به میزان یک میلیون بشکه معادل نفت خام، تولید ناخالص داخلی را به میزان ۳۲۳/۹ میلیارد ریال افزایش می‌دهد.

کشش بلندمدت سرمایه‌گذاری(ثابت ناخالص) نسبت به کل مصرف انرژی ۱/۲۲ است که متناسب با سطح تغییر نهایی ۲۱۶/۱میلیارد ریال به‌ازای افزایش هر واحد(یک میلیون بشکه معادل نفت خام) مصرف انرژی است. کشش بالاتر از ۱ سرمایه‌گذاری نسبت به مصرف انرژی در کشور نشان می‌دهد که هر ۱درصد مصرف بیشتر انرژی، سرمایه‌گذاری را به‌دلیل دیگر اثرات تقویت‌کنندگی بیشتر از ۱درصد تحریک می‌کند.

جدول۵- اثرات اقتصادی مصرف انواع سوخت‌های فسیلی

انواع انرژی	تولید نا خالص داخلی (میلیارد ریال)			سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص (میلیارد ریال)			اشتغال (هزار نفر)	
(میلیون بشکه معادل نفت خام)	کشش بلندمدت (ε)	متوسط نسبت $(\frac{y}{E})$	تغییرات نهایی(تولید نهایی)	کشش بلندمدت (ε)	متوسط نسبت $(\frac{Inv}{E})$	تغییرات نهایی	کشش بلندمدت (ε)	متوسط نسبت $(\frac{emp}{E})$	تغییرات نهایی
مصرف انرژی کل	۰/۶۲	۵۲۲/۵	۳۲۳/۹	۱/۲۲	۱۷۷.۲	۲۱۶.۱	۰/۰۲۲	۲۵	۰/۵۵
مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی	۰/۳۶	۹۶۲/۶	۳۴۶/۵	۰/۶۳	۳۲۸.۹	۲۰۷.۲	-۰/۰۰۲	۴۵.۸	-۰/۰۹
مصرف گاز	۰/۱۰	۱۵۱۱/۴	۱۵۱/۱	۰/۲۷	۵۰۶۶	۱۳۶.۷	-۰/۰۰۱	۷۳	-۰/۰۷۳
مصرف زغال سنگ	۰/۱۱	۹۶۷۴۴۱/۱	۱۰۶۴۱۸/۵	۰/۱۸	۳۳۵۷۰۰.۳	۶۰۴۲۶	۰/۰۵	۴۵۶۵۰	۲۲۸۲/۵
مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر	۰/۰۲	۱۲۷۹۴۹/۳	۲۵۵۸/۹	-۰/۰۸	۴۳۷۱۰.۸	-۳۴۹۶.۸	-۰/۰۰۵	۶۱۸۶	۳۰/۹
مصرف برق	۰/۷۲	۵۶۳۸/۲	۴۰۵۹/۵	۱/۴	۱۹۰۵.۸	۲۶۶۸.۱	-۰/۰۵	۲۷۰.۹	-۱۳/۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

کشش بلندمدت اشتغال نسبت به کل مصرف انرژی معادل ۰/۰۲۲ است که با سطح تغییر نهایی ۵۵۰ شغل به‌ازای هریک میلیون بشکه معادل نفت خام مرتبط است. به‌عبارت دیگر افزایش یک میلیون بشکه معادل نفت خام مصرف انرژی برای ۵۵۰ نفر اشتغال پایدار(بلندمدت) ایجاد می‌کند.[۳۳] مقایسه کشش بلندمدت تولید و اشتغال نسبت به نهاده کل مصرف انرژی نشان می‌دهد که تغییر رشد تولید به‌ازای۱درصد مصرف انرژی، بالاتر از تغییر رشد اشتغال نسبت به تغییر معادل در مصرف انرژی است. این نکته بیان‌گرآن است که مصرف انرژی در بلندمدت بر بهره‌وری نیروی کار (نسبت ستانده به داده) در کشور تأثیر مثبت دارد.

داده‌های جدول ۵ همچنین نشان می‌دهد که بالاترین کشش تولید نسبت به مصرف انواع انرژی مربوط به مصرف برق (۰/۷۲) و پس از آن نفت و فرآورده‌های نفتی (۰/۳۶) است و پایین‌ترین کشش نیز از آن انرژی‌های تجدیدپذیر(۰/۰۲) است. بنابراین مصرف برق و نفت و فرآورده‌های نفتی قوی‌ترین اثرات را بر تولید بر جای می‌گذارد. مقایسه تولید نهایی هر واحد انواع انرژی نشان می‌دهد که مصرف یک میلیون بشکه معادل نفت خام از زغال سنگ و سپس برق بیشترین تغییرات تولید را به دنبال خواهد داشت.

بالاترین کشش بلندمدت سرمایه‌گذاری(ثابت ناخالص) نسبت به انواع مختلف انرژی به‌ترتیب از آن مصرف برق (۱/۴)، نفت و فرآورده‌های نفتی (۰/۳۶)، گاز (۰/۷۲) و در نهایت زغال سنگ(۰/۱۸) است. کشش سرمایه‌گذاری نسبت به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر منفی است و این بیان‌گرآن است که ۱درصد مصرف بیشتر این نوع انرژی، سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد. این موضوع می‌تواند نشان‌گر ضعف ارتباط این انرژی‌ها در ساختار اقتصاد کشور باشد.

برحسب میزان تغییرات نهایی سرمایه‌گذاری، بالاترین اثر از آن زغال سنگ و برق است. به‌عبارت دیگر هر ۱ میلیون بشکه معادل نفت خام مصرف زغال سنگ و برق نسبت به سایر انرژی‌ها، سرمایه‌گذاری را بیشتر تحریک می‌کند. یک دلیل برای مشاهده این موضوع آن است که مصرف زغال سنگ در کشور ما بسیار اندک بوده و بیشتر در بخش نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بررسی داده‌های جدول ۵ همچنین نشان می‌دهد که

کشش اشتغال نسبت به مصرف انواع انرژی بسیار ناچیز و حتی منفی است، به‌گونه‌ای که بالاترین کشش اشتغال نسبت به مصرف انواع انرژی به‌ترتیب از آن زغال سنگ (۰/۰۵) و سپس انرژی‌های تجدیدپذیر(۰/۰۰۵) است. کشش اشتغال نسبت به مصرف انرژی نفت و فرآورده‌های نفتی، گاز و برق منفی است که بیان می‌دارد در بلندمدت مصرف بیشتر انرژی‌های متداول نمی‌تواند اشتغال پایدارایجاد کند. بنابراین چنانچه دولت سیاست‌های ایجاد اشتغال پایدار را پیگیری کند، نمی‌تواند صرفاً با افزایش بیشتر مصرف انرژی به این هدف دست یابد. برحسب تغییرات نهایی، مصرف ۱میلیون بشکه معادل نفت خام زغال سنگ و انرژی‌های تجدیدپذیر، بیشترین تأثیر را بر اشتغال پایدار(بلندمدت) دارد.

۳-۲- هزینه اقتصادی(زیان رفاهی) کاهش در انتشار دی‌اکسید کربن

اثر اقتصادی سیاست‌های کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انواع سوخت به مصرف انواع انرژی بستگی دارد. بنابراین اثر هریک از انواع انرژی بر متغیرهای کلان برای برآورد هزینه‌های اقتصادی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ضروری است.کاهش دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی نیازمند کاهش در مصرف سوخت‌های فسیلی است که دارای مقدار زیادی کربن هستند، زیرا بین مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید دی‌اکسید کربن یک رابطه خطی وجود دارد. از طرف دیگر، محتوای کربن موجود در سوخت‌های فسیلی بالقوه می‌تواند میزان انرژی و افزایش گرما و انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش دهد. کربن پس از احتراق آزاد می‌شود؛ ۹۹ درصد کربن آزاد شده از سوخت نفت، ۹۹/۵ درصد کربن آزاد شده از سوخت گاز طبیعی، و ۹۸ درصد کربن آزاد شده از سوخت زغال سنگ به‌صورت دی‌اکسید کربن منتشر می‌شود. بنابراین می‌توان از میزان کربن منتشره براثر مصرف سوخت فسیلی برای محاسبه دی‌اکسید کربن، با در نظر گرفتن نسبت وزن مولکولی دی‌اکسید کربن به کربن استفاده کرد. براین اساس می‌توان از میزان سوخت فسیلی مصرف شده، عامل کربن، نرخ اکسایش و نسبت دی‌اکسید کربن به کربن برای محاسبه مقدار کربن منتشره براثر مصرف انواع مختلف سوخت‌های فسیلی استفاده کرد.[۲۲]

در جدول ۶ اطلاعات مربوط به تعیین عامل انتشار دی‌اکسید کربن برای انواع مختلف سوخت‌های فسیلی ارائه شده است. ابتدا واحدتن‌های معادل نفت[۲۵] را به ترا - ژول[۲۶] تبدیل می‌کنیم تا فاکتور انتشار برحسب واحدهای مناسب به دست آید. سپس به‌منظور در نظر گرفتن میزان سوخت ناقص از طریق نرخ اکسایش،این فاکتور را تعدیل می‌کنیم و در نهایت مقدار کربن آزاد شده محاسبه می‌شود.برای محاسبه مقدار دی‌اکسید کربن منتشره، میزان کربن آزاد شده را در نسبت وزن مولکولی دی‌اکسید کربن به کربن یعنی $(\frac{44}{12})$ ضرب می‌کنیم. این اطلاعات امکان محاسبه میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انواع مختلف سوخت‌های فسیلی را فراهم می‌کند.

جدول ۶-عامل انتشار دی‌اکسید کربن برای انواع مختلف سوخت فسیلی [۳۰]

سوخت	عامل تبدیل(tj/units)	عامل انتشار کربن(tc/tj)	محتوای کربن	عامل اکسیده شده	عامل وزن ملکولی	عامل انتشار دی‌اکسید کربن
انرژی کل	۰/۰۴۱۸۶۸	-	-	-	-	۳/۳۰۹۸
نفت و فرآورده‌های نفتی	۰/۰۴۱۸۶۸	۲۰	۰/۸۳۷۴	۰/۹۹	۳/۶۶۶۷	۳/۰۳۹۶
گاز	۰/۰۴۱۸۶۸	۱۵/۳	۰/۶۴۰۶	۰/۹۹۵	۳/۶۶۶۷	۲/۳۳۷۱
زغال سنگ	۰/۰۴۱۸۶۸	۲۶/۸	۱/۰۵۰۹	۰/۹۸	۳/۶۶۶۷	۴/۰۳۱۹
انرژی‌های تجدیدپذیر	۰/۰۴۱۸۶۸	۲۹/۹	۱/۲۵۱۹	۱	۳/۶۶۶۷	۴/۵۹۰۱
برق	۰/۰۴۱۸۶۸					۵/۲۱۹۱

مأخذ: Intergovernmental Panel For Climate Change (2006)

سرانجام با توجه به عامل دی‌اکسید کربن و هزینه‌های نهایی کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن (ناشی از سوخت نفت، گاز، زغال سنگ، بیوماس و برق) هزینه‌های اقتصادی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به‌وسیله انواع مختلف سوخت فسیلی محاسبه می‌شود (جدول ۷). برای این منظور، تغییرات نهایی محاسبه شده از رابطه ۷(جدول ۵) را به واحدهای مناسب (تن) تبدیل، و سپس بر عامل انتشار و تعداد سال‌های بلندمدت (۱۰ سال) تقسیم می‌کنیم تا هزینه اقتصادی هر تن کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به‌صورت سالانه و برحسب متغیرهای کلان اقتصادی به دست آید. این هزینه اقتصادی یا زیان رفاهی بالقوه، در واقع نشان‌گر اثر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از کاهش مصرف انواع مختلف سوخت‌های فسیلی بر سرمایه‌گذاری، اشتغال و تولید ــ با حفظ ساختار فعلی اقتصاد ــ است. به‌عبارت دیگر این مقدار نشان می‌دهد که کاهش ۱ تن انتشار دی‌اکسید کربن با فرض ساختارهای اقتصادی و تکنولوژیکی موجود به چه میزان بر متغیرهای کلان اقتصادی اثر می‌گذارد. کاهش انتشار دی‌اکسید کربن با حفظ ساختار فعلی اقتصاد و تکنولوژی موجود تنها از راه کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی امکان‌پذیر است و این کاهش به دنبال خود کاهش سرمایه‌گذاری، اشتغال و درنتیجه تولید را به دنبال دارد.

چنان که از جدول ۷ برمی‌آید، هزینه اقتصادی (زیان رفاهی بالقوه) کاهش هر تن انتشار دی‌اکسید کربن در کشور برای کل مصرف انرژی معادل ۹/۷۸ میلیون ریال برآورد شده است. کم‌ترین هزینه اقتصادی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، به‌ترتیب مربوط به گاز، نفت و فرآورده‌های نفتی، انرژی‌های تجدیدپذیر، برق و در نهایت زغال سنگ است. بنابراین پیگیری کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در ساختار فعلی اقتصادی و تکنولوژیکی از طریق سیاست چرخش مصرف انرژی و جایگزینی گاز به جای سایر سوخت‌های فسیلی دارای هزینه‌های اقتصادی (زیان رفاهی بالقوه) کم‌تر خواهد بود.

۳-۳- هزینه‌های اقتصادی سناریوهای مختلف کاهش انتشار دی‌اکسید کربن

پس از آشکار شدن اثرات نامطلوب سیاست‌های رشد و توسعه اقتصادی بر محیط‌زیست، محدود کردن گازهای گلخانه‌ای، از جمله کاهش آلودگی هوا، مورد توجه دولت‌های مختلف در سطح ملی و جهانی قرار گرفت. در سطح جهانی گام اول و مهم در راه کاهش گازهای گلخانه‌ای و درنتیجه جلوگیری از تغییرات آب و هوایی به پیمان کیوتو مربوط است. طبق توافقات به عمل آمده، کشورها باید تولید گازهای گلخانه‌ای، به‌خصوص تولید گاز CO_2، خویش را کاهش دهند. اما سیاست‌های کاهش

جدول ۷- هزینه اقتصادی (زیان رفاهی بالقوه) کاهش انتشار دی‌اکسید کربن

مصرف انواع انرژی (هزار تن معادل نفت خام)	عامل انتشار	تولید ناخالص داخلی (میلیون ریال)		سرمایه‌گذاری ناخالص ثابت (میلیون ریال)		اشتغال (نفر)	
		تغییرات تولید نهایی	هزینه سالانه هر تن کاهش دی‌اکسید کربن	تغییرات سرمایه‌گذاری نهایی	هزینه سالانه هر تن کاهش دی‌اکسید کربن	تغییرات اشتغال نهایی	هزینه سالانه هر تن کاهش دی‌اکسید کربن
انرژی کل	۳/۳۰۹۸	۳۲۳/۹	۹/۷۸	۲۱۶/۱	۶/۵	۰/۵۵	۰/۰۱۶۶
مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی	۳/۳۰۹۶	۳۴۶/۵	۱۰/۴	۲۰۷/۲	۶/۲	-۰/۰۹	-۰/۰۰۲۷
مصرف گاز	۲/۳۳۷۱	۱۵۱/۱	۶/۴	۱۳۶/۷	۵/۸	-۰/۰۷۳	-۰/۰۰۳۱
مصرف زغال سنگ	۴/۰۳۱۹	۱۰۶۴۱۸/۵	۲۶۳۹	۶۰۴۲۶	۱۴۹۸	۲۲۸۲/۵	۵۶/۶
مصرف انرژی تجدیدپذیر	۴/۵۹	۲۵۵۸/۹	۵۵/۷	-۳۴۹۶/۸	-۷۶	۳۰/۹	۰/۶۷
مصرف برق	۵/۲۱	۴۰۵۹/۵	۷۷/۹	۲۶۶۸/۱	۵۱/۲	-۱۳/۵	-۰/۲۵

مأخذ : محاسبات تحقیق

انتشار دی‌اکسید کربن دارای هزینه‌های اقتصادی زیادی است که در بالا به زیان‌های اقتصادی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی تظیر کاهش تولید اشاره شد.

با استفاده از داده‌های جدول ۷ می‌توان تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی نظیر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن بر رشد اقتصادی کشور را مورد بررسی قرار داد. به این منظور، پس از محاسبه میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در سناریوهای مختلف و ضرب آن در هزینه سالانه کاهش هر تن انتشار دی‌اکسید کربن، سهم نسبی این هزینه‌ها از تولید ناخالص داخلی به دست خواهد آمد، و می‌توان میزان کاهش رشد اقتصادی مربوط به هر سناریو را محاسبه کرد. همچنین به‌منظور مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعات خارجی، سناریوهای مختلفی نظیر کاهش ۱۰ درصدی، ۲۰ درصدی، ۵۰ درصدی و ۷۰ درصدی در انتشار دی‌اکسید کربن در نظر گرفته شده و هزینه اقتصادی(زیان رفاهی) این سناریوها برحسب کاهش رشد اقتصادی در جدول ۸ آمده است.

جدول۸- هزینه‌های اقتصادی (زیان رفاهی) سیاست‌های کاهش آلودگی هوا

سیاست	میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن	هزینه رفاهی کاهش انتشار برحسب درصد کاهش رشد اقتصادی	نتایج مطالعات خارجی مشابه
سناریوی اول	۱۰ درصد	۰/۷	شی مولی و یوانبرای تایوان۰/۴ درصد
سناریوی دوم	۲۵ درصد	۱/۹	میلز و همکاران برای آمریکا حدود ۱/۲ درصد
سناریوی سوم	۵۰ درصد	۳/۹	دیکسون و همکاران برای استرالیا حدود۲/۴ درصد
سناریوی چهارم	۷۰ درصد	۵/۵	مان و ریچالز برای جهان ۴ درصد

اطلاعات جدول ۸نشان می‌دهد که تحت سناریوی اول ــ پیگیری سیاست‌های کاهش ۱۰ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن و فرض ثابت بودن سایر شرایط (عدم تغییر ساختار اقتصادی و تکنولوژیکی فعلی کشور) شاهد کاهش۰/۷ درصدی تولید خواهیم بود. این نتیجه با نتایج مطالعات خارجی شی‌مولی و یوانبرای برای کشور تایوان، که کاهش تولید برای سیاست مشابه را معادل ۰/۴درصد محاسبه کرده‌اند، نزدیک است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تحت سناریوی دوم ــ پیگیری سیاست کاهش ۲۵ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن ــ شاهد کاهش ۱/۹ درصدی تولید ناخالص داخلی خواهیم بود. میلز و همکاران کاهش رشد اقتصادی ۱/۲ درصد را برای پیگیری سیاست کاهش ۲۵ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصاد آمریکا محاسبه کرده‌اند. تحت سناریوی سوم ــ پیگیری سیاست کاهش ۵۰ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن ــ رشد اقتصادی به‌میزان ۳/۹ درصد کاهش می‌یابد. در این رابطه دیکسون و همکاران نشان داده‌اند که کاهش ۵۰ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن برای استرالیا حدود ۲/۴ درصد کاهش رشد اقتصادی به‌همراه دارد. تحت سناریوی آخر نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پیگیری سیاست ۷۰ درصدی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، به‌طور متوسط ۵/۵ درصد رشد اقتصادی را کاهش می‌دهد. به‌طور مشابه مان و ریچالز نشان داده‌اند که کاهش ۷۰ درصدی انتشار دی‌اکسید کربن با حفظ ساختار کنونی جهان، با ۴ درصد کاهش تولید همراه است.

از مقایسه نتایج سناریوی‌های مختلف با مطالعات خارجی، به‌خوبی آشکار است که هزینه اقتصادی یا زیان رفاهی بالقوه کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصاد ایران، به‌علت وابستگی زیاد به مصرف سوخت‌های فسیلی نسبت به سایرکشورها و متوسط جهانی بالاتر است و درصورت عدم تغییر در ساختارهای اقتصادی و تکنولوژیکی، پیگیری سیاست کاهش آلاینده‌های هوا نظیر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن با افت شدید متغیرهای کلان اقتصاد نظیر سرمایه‌گذاری، اشتغال و تولید همراه خواهد شد.

۴- نتیجه‌گیری

این مقاله به دنبال برآورد تجربی هزینه‌های اقتصادی مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف این نوع انرژی‌هاست. نتایج تجربی نشان می‌دهد که مصرف انرژی اثرات اقتصادی مهمی بر متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال دارد. کشش بلندمدت تولید نسبت به مصرف سوخت‌های فسیلی ۰/۶۲ برآورد شده که بالاترین کشش

تولید به‌ترتیب مربوط به مصرف برق(۰/۷۲)، نفت و فراورده‌های نفتی(۰/۳۶) و گاز(۰/۳۴) است. کشش بلندمدت سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص نسبت به مصرف سوخت‌های فسیلی ۱/۲۲ برآورد شده که بالاترین کشش مربوط به مصرف برق (۱/۴)، نفت و فرآورده‌های نفتی(۰/۳۶) و سپس گاز (۰/۲۷) است. کشش بلندمدت اشتغال نسبت به مصرف سوخت‌های فسیلی بسیار کم (۰/۰۲) است به‌گونه‌ای که کشش اشتغال نسبت به مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی، گاز و برق گرچه در کوتاه مدت مثبت است، در بلندمدت منفی است. به‌عبارت دیگر مصرف سوخت‌های فسیلی مرسوم در کشور(نفت و فرآورده‌های نفتی، گاز و برق) اثری بر ایجاد اشتغال پایدار(بلندمدت) ندارند. برحسب تأثیرات نهایی تولید، مصرف یک میلیون بشکه معادل نفت خام سوخت‌های فسیلی، افزایش ۳۲۳/۹ میلیارد ریال تولید ناخالص ملی را به‌همراه دارد. بیشترین اثر نهایی مصرف یک میلیون بشکه معادل نفت خام بر تولید مربوط به زغال سنگ، برق، سوخت‌های تجدیدپذیر، نفت و فرآورده‌های نفتی و سپس گاز است.

مصرف یک میلیون بشکه معادل نفت خام سوخت‌های فسیلی، افزایش ۲۱۶/۱ میلیارد ریالی سرمایه‌گذاری را به‌همراه دارد. اثر نهایی مصرف یک میلیون بشکه معادل نفت خام بر سرمایه‌گذاری به‌ترتیب مربوط به زغال سنگ، برق، نفت و فرآورده‌های نفتی و سپس گاز است. بیشترین تأثیر نهایی بر اشتغال مربوط به مصرف زغال سنگ و سپس انرژی‌های تجدیدپذیر است و مصرف سوخت‌های فسیلی مرسوم اثرات نهایی مثبتی بر اشتغال ندارند.

نتایج این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که سیاست‌های کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در کشور بدون هزینه‌های اقتصادی امکان‌پذیر نیست. هزینه اقتصادی یا زیان رفاهی کاهش هر تن دی‌اکسید کربن برحسب تولید ناخالص داخلی معادل ۹/۷۸ میلیون ریال است. کم‌ترین هزینه کاهش آلودگی هوا به‌ترتیب متعلق به گاز، نفت و فرآورده‌های نفتی، انرژی‌های تجدیدپذیر و برق و در نهایت زغال سنگ است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سیاست‌های چرخش انرژی از انواع سوخت‌های مختلف فسیلی به گاز دارای کم‌ترین هزینه اقتصادی(یا زیان رفاهی) است.

نتایج دیگر این تحقیق نشان می‌دهد که هدف‌گذاری کاهش در انتشار دی‌اکسید کربن به میزان ۱۰ درصد سبب کاهش تولید به میزان ۰/۷ درصد می‌شود. پیگیری سیاست ۲۵ درصدی و ۵۰ درصدی در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، به‌ترتیب کاهش تولید ناخالص داخلی ۱/۹ و ۳/۹ درصدی را به‌همراه دارد. در نتیجه پیگیری سیاست‌های مختلف کاهش آلاینده‌های هوا نظیر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن بدون هزینه اقتصادی نیست و سیاست چرخش مصرف انرژی می‌تواند اثرات منفی اقتصادی این سیاست‌هارا کاهش دهد.

پی‌نوشت‌ها

1. Greenhouse Gas (GHG)
2. Envirenmental Kuznets Curve
3. Direction of Granger Causality
4. Compensated income variation
5. Nordhaus, W.D
6. Ayres, R. U. And Walter, 1991
7. Nordhaus, W.D, 1991
8. Cline, 1992
9. Nordhaus, W.D, 1992
10. Fankhauser,1994
11. Maddison, 1995
12. Hohmeyer, 1996
13. Nordhause And Popp, 1996
14. Eyre et al , 1999
15. Nordhause and Boyer , 2000
16. Tol and Downing, 2000
17. Pearce, 2003

۱۸. ترازنامه انرژی، سال ۱۳۸۹، وزارت نیرو

۱۹. شدت انرژی که معمولاً از آن برای تعیین کارایی انرژی در سطح ملی استفاده می شود، از تقسیم مصرف نهایی انرژی (یا عرضه انرژی اولیه) بر تولید ناخالص داخلی(برحسب برابری قدرت خرید یا برحسب پول ملی) به دست می آید.

20. Purchasing Power Parity

۲۱. ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹، وزارت نیرو

۲۲. محاسبات محققان براساس اطلاعات مندرج در ترازنامه انرژی سال‌های مختلف.

23. Vector Autoregressive
24. Cointegration
25. World Development Index
26. Augmented Dicky Fuller
27. ACI
28. SBC
29. HQ
30. Impulse Response Function
31. Accumulated Impulse Response Function
32. Marginal Product(MP)

۳۳. یک شغل برای هر ۱/۸ هزار بشکه معادل نفت خام مصرف انرژی.

34. Intergovernmental Panel For Climate Change (2006)
35. Tons Of Oil Equivalent-toe
36. Tera-Joules

منابع

[1]SmithJ B, SchellnhuberHJ, Mirza MQ, Fankhauser S, Leemans R, Erda L, Ogallo L, PittockAB, Richels R G, Rosenzweig C, Safriel U, Tol RSJ, Weyant JP, YoheGW. Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis, in: J. J;2001.

[2] SternN.The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, Cambridge; 2007.

[3] Stern David I, Cutler J, Cleveland V. "Energy and Economic Growth," Rensselaer Working Papers in Economics 0410, Rensselaer Polytechnic Institute, Department of Economics;2004.

[4] Coondoo D, DindaS.Causality between income and emission: A country-group specific econometric analysis. Ecological Economics; 2002;40: 351-367.

[5] Payne, J. Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth; Journal of Economic Studies (in press);2009.

[6] PearceDW, Cline WR, Achanta, AN, Fankhauser S, Pachauri RK, Tol RSJ, VellingaP. The social costs of climate change: greenhouse damage and the benefits of control. In: Economic and Social Dimensions of Climate Change, Equity and Social Considerations. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Bruce, J.P., H. Lee, and E.F. Haites (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 1996: 179-224.

[7] Richard S.J. TOL, the marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of theuncertainties, energy policy;2005, 33: 2064-2074.

[8] Dixon P B, Marks R E, McLennan P, Schodde R, Swan PL. The Feasibility and Implications for Australia ofthe Adoption of the Toronto Proposal for CO_2 Emissions. Report to Charles River &Assoc., Sydney, Australia;1989.

[9] Proost S, Van Regemorter D.Economic Effects of a Carbon Tax--With a General Equilibrium Illustration for Belgium. Katholieke Univ. Leuven, Public Econ. Res;1990; 11.

[10]Manne A S, RichelsR G.Global CO2 emissions reductions--the impacts of rising energy costs; EPRI (Electr. Power Res. Inst.); Palo Alto, Calif., USA; Energy J;1990; 12(1):87-102.

[11] Whalley J, Wigle R. Cutting CO2 emissions: The effects of alternative policy approaches; Energy J;1990; 12(1):109-24.

[12] Manne A S, Richels R G.Global CO2 emissions reductions--the impacts of rising energy costs. EPRI (Electr. Power Res. Inst.); Palo Alto, Calif., USA; Energy J;1990; 12(1):87-102.

[13]Burniaux JM, Martin, JP, Nicoletti G, Martins J O.The Costs of Policies to Reduce Global Emissions of CO2: Initial Simulation Results with GREEN. OECD Dept. Econ. Stat, Working Paper No. 103, OECD/GD, Resource Allocation Division. Paris;1991; 91: 115.

[14]Mills E, WilsonD, Johansson, TB. No-regrets strategies for reducing greenhouse gas emisssions. Energy Policy;1991;19(6):526-42.

[15]Ban K.Energy Conservation and Economic Performance in Japan An Economic Approach to CO2 Emissions. Faculty Econ, Osaka Univ. Discussion Paper Series;1991; 112.

[16] ChristensenA. Stabilization of CO2 Emissions--Economic Effects for Finland. Ministry of Finance Discussion Paper No. 29; Helsinki. March;1991.

[17] Barker T, et al.Green Futures for Economic Growth: Britain in 2010. Cambridge, England: Cambridge Econometrics;1991.

[18] Anderson D, Bird CD.Carbon accumulations and technical progress--a simulation study of costs. Oxford Bull. Econ. Stat;1992,42(1); previously released as 1990, mimeo, University College, London.

[19] Data Resources Inc. (DRI).The Economic Effects of Using CarbonTaxes to Reduce Carbon Dioxide Emissions in Major OECD Countries; Prepared for the US Dept. Commerce DRI/McGraw-Hill, 24 Hartwell Ave, Lexington, Mass;1992.

[20] Karadeloglou P.Energy tax versus carbon tax: A quantitative macro-economic analysis with the Hermes/Midas models. Eur. Econ. Special Edition, no, 1. CEC DG-II. Brussels;1992.

[21] EdmondsJ, Barns D, Wise M, TonM.Carbon Coalitions: The Cost and Effectiveness of Energy Agreements to Alter Trajectories of Atmospheric Carbon Dioxide Emissions. Prepared for the US OffTechnol. Assess and the PNL Glob. Stud. Program;1992.

[22] Shih–Molin and Chung Yuan. Costs Of CO2 Emission Reduction In Taywan, ESI Bulletine On Energy Trends and Development;2009;1(4).

[23] Nordhaus W D.Expert Opinion on Climate Change, American Scientist;1994;82: 45-51.

[24] Fankhauser S.Valuing Climate Change-The Economics of the Greenhouse. 1 eds.; EarthScan, London;1995.

[25] NordhausWD, BoyerJG. Warming theWorld: Economic Models of Global Warming.The MIT Press, Cambridge, MA;2000.

[26] Hope C W. The Marginal Impact of CO2 from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern, Integrated Assessment Journal;2006;6: 19-56.

[27] Nordhaus W D.Geography and Macroeconomics: New Data and New Findings Proceedings of the National Academy of Sciences;2006;103: 3510-3517.

[28] Ministry of Energy. Energy Balance, Department of Electricity and Energy, Tehran; 2010. (In Persian)

[29] Gonzalo j. Pitfalls in testing for long run relations, journal of econometrics;1998;86: 54-129.

[30] Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories;2006,; 2;Ch6.