

بررسی جایگزینی بین انرژی و نیروی کار در بخش صنعت ایران (با تأکید بر سیاست‌های زیست‌محیطی)

محمد رضا لطفعلی پور^۱

استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، Lotfalipour@um.ac.ir

محمدعلی فلاحی

استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، Falahi@um.ac.ir

المیرا ظهوریان

دانش آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد،

Elmira_Zohoorian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۹

چکیده

در این تحقیق با توجه به اثرات مخرب مصرف انرژی بر کیفیت محیط‌زیست و محدودیت آن در ایران، جایگزین کردن نیروی کار به جای انرژی و تأثیر آن بر اقتصاد مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور کشش جانشینی بین دو نهاد نیروی کار و انرژی برای بخش صنعت ایران با استفاده از تابع تولید CES و مشاهدات دوره‌ای (۱۳۵۹-۱۳۹۲) برآورد گردیده است. نتایج تحقیق حاکی از کشش جانشینی به میزان ۰/۴۸ درصد است. سایر نتایج به دست آمده از برآوردها نشان می‌دهد با افزایش قیمت انرژی به‌عنوان یک سیاست زیست‌محیطی می‌توان مصرف آن را کاهش داد. از طرف دیگر به‌دلیل جانشین بودن دو نهاد نیروی کار و انرژی می‌توان شاهد افزایش تقاضا برای نیروی کار بود.

طبقه‌بندی JEL: D04, L70, Q50

کلید واژه‌ها: قیمت انرژی، تقاضای نیروی کار، تابع تولید CES، محیط‌زیست، سیاست

زیست‌محیطی

۱- مقدمه

رشد اقتصادی یکی از مهم‌ترین متغیرهای مورد نظر اکثر کشورهای جهان می‌باشد. از طرفی اقتصاد و محیط زیست تأثیرات قابل توجهی بر یکدیگر دارند و هیچ تصمیم اقتصادی را نمی‌توان یافت که به نوعی بر محیط طبیعی و پیرامون آن تأثیرگذار نباشد. اقتصاددانان اکولوژیک همانند نایر و آیرس^۱ در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی را تنها و مهم‌ترین عامل رشد می‌دانند. از نظر آن‌ها نیروی کار و سرمایه عوامل واسطه‌ای هستند که استفاده از آنها نیازمند انرژی می‌باشد (استرن^۲، ۲۰۰۴). منابع انرژی یکی از عوامل ضروری برای توسعه اقتصادی کشورهاست و در این میان سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین منبع تأمین انرژی می‌باشد. اما در نتیجه استفاده از این سوخت‌ها نگرانی‌هایی در زمینه کاهش ذخایر و اتمام این منابع و همچنین آلودگی محیط زیست و تغییرات آب و هوایی به وجود آمده است (عبداله‌میلانی و محمودی، ۱۳۸۹). مسائل و مشکلات زیست‌محیطی پیش روی کشورها سبب شده تا دولت‌ها برای فائق آمدن بر این مشکلات، در سطح گسترده‌ای نسبت به تدوین قوانین و استانداردها اقدام نمایند (پژویان و دامن کشیده، ۱۳۸۹). پس از شوک اول نفتی در سال ۱۹۷۳، رابطه میان مصرف انرژی و رشد و توسعه اقتصادی و تأثیر مهم افزایش قیمت نفت بر اقتصاد جهانی، به صورت جدی مورد مطالعه قرار گرفت. اهمیت انرژی و محدودیت آن لزوم توجه بیشتر فعالان اقتصادی را برای استفاده کارآمدتر روشن می‌کند (دامن کشیده و همکاران، ۱۳۹۲). با شکل‌گیری بحث توسعه پایدار، اقتصاد سبز به عنوان راهکاری برای رسیدن به کاهش آلودگی محیط زیست و کنترل منابع طبیعی مطرح شد (سروری، ۱۳۹۰). در این راستا مالیات‌های زیست‌محیطی به عنوان یکی از پایه‌های مهم مالیاتی بر اساس نظریه اولیه پیگو^۳ (۱۹۲۰) با فرض اینکه «آلوده‌کننده بایستی هزینه آلودگی را پرداخت کند» شکل گرفته‌اند (اسدی، ۱۳۸۷). ایده پیگو در دهه ۱۹۷۰ به طور گسترده مورد بحث اقتصاددانان محیط زیست قرار گرفت (کرشگاسنر^۴ و همکاران، ۱۹۹۸).

1. Nair and Ayres
2. Stern
3. Pigou
4. Kirchgassner et al.

امروزه مالیات سبز به سه دسته تقسیم می‌شود: ۱- مالیات پیگویی (مالیات بر انتشار آلاینده‌ها)، مالیاتی با نرخ معین که به هر واحد انتشار آلاینده و یا تخریب محیط‌زیست تعلق می‌گیرد. ۲- مالیات غیرمستقیم زیست‌محیطی به جای اخذ مالیات مستقیم بر حسب هر واحد آلودگی، بر نهاده‌های تولید و یا کالاهای مصرفی مرتبط با آلودگی زیست‌محیطی وضع می‌شود و ۳- مقررات زیست‌محیطی که می‌تواند همان اثرات مالیات‌های غیرمستقیم زیست‌محیطی را داشته باشد (اسکویی و ناهیدی، ۱۳۸۶). مالیات غیرمستقیم زیست‌محیطی (نوعی از مالیات سبز) از طریق افزایش قیمت انرژی‌های آلوده‌کننده، می‌تواند به بهبود محیط‌زیست کمک کند. هدف اصلی اجرای مالیات سبز، بهبود کیفیت محیط‌زیست و ایجاد شرایط توسعه پایدار است. در طول دهه گذشته، مالیات‌های سبز (مالیات بر انرژی یا انتشار آلاینده) نقش رو به رشدی در سیاست‌های زیست‌محیطی کشورهای OECD ایفا کرده‌اند (انگر و همکاران^۱، ۲۰۰۶). در برخی کشورها نیز اخذ مالیات برای مصرف انرژی‌های آلوده‌کننده باعث شده شاخص شدت انرژی به میزان قابل توجهی بهبود یابد، تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر از لحاظ اقتصادی امکان‌پذیر شود و منبع درآمد جدیدی برای دولت‌ها ایجاد گردد (امیری، ۱۳۸۹). در ایران تاکنون نه تنها هیچ یک از انواع مالیات سبز اجرا نشده بلکه یارانه زیادی نیز به حامل‌های انرژی پرداخت می‌گردد. لذا می‌توان با کاهش تدریجی و حذف یارانه‌های انرژی (به‌عنوان یک سیاست زیست‌محیطی) و پس از آن اخذ مالیات سبز (مانند افزایش قیمت حامل‌های انرژی) به اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی مطلوبی دست یافت.

یارانه به‌عنوان یکی از ابزارهای مهم حمایتی دولت به مصرف‌کنندگان اجازه می‌دهد کالاها و خدمات را در قیمت‌های پایین‌تر از قیمت بازار خریداری نمایند و درآمدهای تولیدکنندگان را در مقایسه با حالت بدون مداخله، افزایش می‌دهد (یا هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد) (شوارتز و کلمنت^۲، ۱۹۹۹). اگر چه در بعضی از کشورها، ظاهراً مصرف‌کنندگان از این یارانه‌ها منتفع می‌شوند، اما به‌طور غیرمستقیم متضرر خواهند

1. Anger et al.
2. Schwartz and Clements

شد. زیرا پرداخت یارانه افزایش هزینه‌های عمومی، کاهش رشد اقتصادی و کسری بودجه را در پی خواهد داشت و هزینه سنگینی بر اقتصاد کشورها وارد می‌کند. لذا بیشتر کشورها ضمن هدفمند کردن یارانه‌ها به دنبال اصلاح سیستم یارانه هستند (پرمه، ۱۳۸۴). یارانه‌هایی که مصرف انرژی‌های فسیلی را تشویق می‌کنند برای محیط‌زیست بسیار زیان‌بار هستند.

سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی منجر به کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی و نیز باعث افزایش هزینه‌های تولید و مخارج مصرفی می‌شود. این امر تولیدکنندگان را به بهبود فناوری تولید و خانوارها را به اصلاح الگوی مصرف ترغیب می‌کند. به عبارتی سطح انتشار بالای دی‌اکسیدکربن از مصرف سوخت‌های فسیلی و تکنولوژی بهره‌برداری از انرژی متأثر است بنابراین افزایش قیمت این سوخت‌ها می‌تواند سطح انتشار آلاینده‌ها و آلودگی را کاهش دهد (منظور و حقیقی، ۱۳۹۰). در بلندمدت منافع زیادی از آزادسازی قیمت انرژی نصیب اقتصاد ایران خواهد شد. این مسئله در کوتاه‌مدت نیز می‌تواند باعث تقویت تراز تجاری، بهبود وضعیت ذخایر ارزی و کاهش هدررفت مخارج سرمایه‌ای دولت گردد. در میان‌مدت، تخصیص انرژی بهبود یافته و از شدت انرژی در اقتصاد کاسته خواهد شد که منجر به بهبود وضعیت رقابت‌پذیری اقتصاد می‌گردد. درآمد حاصل از این رهگذر را می‌توان به حمایت از منابع مورد نیاز برای نگهداری و توسعه تولید انرژی، توسعه اقتصادی و رشد اشتغال اختصاص داد. قیمت‌های بالاتر انرژی همچنین می‌تواند به تنوع منابع انرژی در ایران منجر گردد. از سوی دیگر، آزادسازی قیمت‌ها موجب افزایش میزان نفت صادراتی و در نتیجه افزایش درآمدهای ارزی خواهد شد (گیوم و زایتک^۱، ۲۰۱۰).

در کشورهای در حال توسعه، عکس‌العمل تولیدکنندگان به افزایش قیمت حامل‌های انرژی به دلیل عدم تغییر در تکنولوژی موجود، کاهش تولید است. به طوری که پس از اصلاح قیمت حامل‌های انرژی در ایران با افزایش هزینه انرژی، مصرف انرژی و در نتیجه آن رشد تولید کاهش یافته است (مهدوی، ۱۳۹۵). از طرفی افزایش قیمت انرژی،

تخصیص عوامل تولید را تغییر خواهد داد. این امر در بلندمدت منطقی به نظر می‌رسد؛ زیرا صنایع در بلندمدت با گران شدن انرژی تا حد ممکن ساختار خود را تغییر داده و سعی می‌کنند از عامل گران‌تر، کم‌تر مصرف کنند (معمارزاده و همکاران، ۱۳۹۵) و این اقدام تولیدکنندگان مبنی بر جایگزین کردن سایر عوامل باعث می‌شود افزایش قیمت انرژی، تأثیر کم‌تری بر میزان تولید داشته باشد. بنابراین با توجه به هدف تحقیق، برآورد درجه جانشینی بین نهاده انرژی و نهاده‌های غیرانرژی برای ارزیابی سیاست‌های زیست‌محیطی بسیار مهم است. طی دهه‌های گذشته تلاش‌های قابل توجهی برای تجزیه و تحلیل جایگزینی بین انرژی، سرمایه و نیروی کار به‌عنوان عوامل تولیدی مهم صورت گرفته است که با هدف کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها انجام شده‌اند.

۲- مبانی نظری

سیاست‌های زیست‌محیطی (مانند مالیات سبز) به‌عنوان یک ابزار مالی از طریق افزایش هزینه مصرف انرژی‌های آلوده‌کننده به بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک می‌کنند. اگر قیمت انرژی افزایش یابد، افزایش هزینه و در نتیجه کاهش تولید و رکود صورت می‌گیرد. اما تولیدکنندگان برای ثابت نگه داشتن تولید به جایگزین نمودن نهاده‌های رقیب مانند سرمایه و نیروی کار مبادرت می‌ورزند تا سطح تولید و هزینه‌ای مشابه قبل داشته باشند. لذا بررسی قابلیت جایگزینی بین نهاده‌های تولید، مسئله مهمی است.

دو بحران نفتی در دهه ۱۹۷۰ و آگاهی رو به رشد از محیط‌زیست توسط جوامع و دولت‌ها منجر به رشد مداوم بررسی عملکرد فناوری صرفه‌جویی در انرژی شده است. جذب این فناوری یک وسیله مهم برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش سوخت‌های فسیلی می‌باشد که به کاهش حساسیت اقتصاد به نوسانات قیمت انرژی و افزایش بهره‌وری تولید نیز کمک می‌کند (کوئتسی و همکاران^۱، ۲۰۰۶). تقاضای انرژی صنعت علت اصلی انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن در ارتباط با رشد اقتصادی است. پس

1. Koetse et al.

اگر سرمایه جایگزین تقاضای انرژی شود، رشد اقتصادی پایدار و کاهش مصرف انرژی اتفاق خواهد افتاد که این جایگزینی در صنعت به موضوع مهمی در اقتصاد انرژی تبدیل شده است (کیم و اچ‌یو^۱، ۲۰۱۳).

مطالعه انجام شده توسط برنندت و وود^۲ (۱۹۷۵) در خصوص جایگزینی بین انرژی و سرمایه یک موضوع سازگار با این پژوهش می‌باشد. جانشینی منجر به کاهش مصرف انرژی از طریق خرید سرمایه می‌شود که هدف مهم آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش سوخت‌های فسیلی است. مطالعات تجربی در کشور نشان می‌دهد با افزایش قیمت حامل‌های انرژی، سطح مصرف آن‌ها تغییر می‌کند و فناوری استفاده از انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (شاهمرادی و دیگران، ۱۳۸۸). در نتیجه در اثر افزایش قیمت انرژی و جایگزینی بین انرژی و سرمایه می‌توان مصرف انرژی را کاهش داد. نظر به اهمیت اشتغال در این تحقیق، جایگزینی بین دو نهاد انرژی و نیروی کار بررسی شده است. با افزایش قیمت انرژی از طریق سیاست‌های زیست‌محیطی، مصرف آن کاهش می‌یابد. چنانچه بین انرژی و نیروی کار قابلیت جایگزینی وجود داشته باشد تقاضای نیروی کار و در نتیجه اشتغال افزایش خواهد یافت.

مفهوم اصلی برای اندازه‌گیری جانشینی، کشش جانشینی توسعه یافته توسط هیکس^۳ (۱۹۳۲) است (کوئتسی و همکاران، ۲۰۰۶). بر اساس مفهوم کشش جانشینی، تقاضای هر یک از نهادها در قبال تغییر قیمت نهاد دیگر تغییر می‌کند. کشش جانشینی بین دو نهاد مکمل پایین‌تر بوده و با افزایش قیمت یکی از نهادها، تقاضا برای نهاد دیگر کاهش می‌یابد. کشش جانشینی بین دو نهاد جانشین بالاتر بوده و با افزایش قیمت یکی از نهادها، تقاضا برای نهاد دیگر افزایش می‌یابد. در این صورت علت تغییر در تقاضای هر یک از نهادها، تغییر در قیمت‌های نسبی نهادهای تولید است (محمدلو، ۱۳۸۶).

-
1. Kim and Heo
 2. Berndt and Wood
 3. Hicks

کشش جانشینی طبق رابطه (۱)، واکنش نسبی مقدار دو عامل تولید نسبت به تغییرات نسبی در نسبت قیمت آن‌ها با ثابت نگه داشتن تولید را اندازه‌گیری می‌کند که با درصد تغییر در نسبت سهم دو عامل از تولید برابر است. هر قدر جانشینی بین عوامل تولید آسان‌تر (سخت‌تر) باشد، اثر جانشینی پس از تغییر در قیمت یک عامل، بیش‌تر (کم‌تر) است (اکبریان و رفیعی، ۱۳۸۵). کشش جانشینی عوامل تولید نیز بیانگر تحذب منحنی تولید یکسان نسبت به مبدأ مختصات است. منحنی تولید با کشش جانشینی بیشتر، حالت خطی و با جانشینی سخت‌تر، حالت قائم‌الزاویه دارد (اکبریان و رفیعی، ۱۳۸۵).

$$\sigma = \frac{\Delta\left(\frac{E}{L}\right)}{\Delta\left(\frac{P_E}{W}\right)} \cdot \frac{\frac{P_E}{W}}{\frac{E}{L}} = \frac{\% \Delta S_E}{\% \Delta S_L} \quad (1)$$

در این رابطه، E مصرف انرژی، L تعداد نیروی کار، P_E قیمت انرژی، W قیمت نیروی کار (دستمزد)، S_E سهم عامل انرژی و S_L سهم عامل نیروی کار است. در مطالعه ارو و همکاران^۱ (۱۹۶۱) تحت عنوان «جانشینی کار و سرمایه و کارایی اقتصادی»، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت برای محاسبه جانشینی بین نیروی کار و سرمایه معرفی و به کار گرفته شد. توابع تولید کاب-داگلاس^۲ و CES^۳ به‌عنوان توابع مناسب مطرح هستند که در این میان جامعیت تابع تولید CES به دلیل مشتمل بودن بر تابع تولید کاب-داگلاس نسبت به آن برتری دارد، به عبارتی هیچ محدودیتی بر آن در نظر گرفته نمی‌شود. هم‌چنین وقتی از تابع تولید CES استفاده می‌شود، اثر تک تک نهاده‌ها بر تولید و در نهاده دیگر قابل استخراج است (خدادادکاشی و جانی، ۱۳۹۰). در حال حاضر با وجود روش‌های متعدد، اکثر مدل‌های اقتصادی از توابع تولید CES برای توصیف رفتار مصرف‌کننده استفاده می‌کنند. به خصوص رفتار مدل‌های ترکیبی اقتصاد کلان در رابطه با انرژی که بر اساس یک تابع تولید CES پیچیده می‌باشد و تمام امکانات جانشینی بین عوامل سرمایه، نیروی کار و انواع مختلف انرژی را نشان می‌دهد (کمفرت^۴، ۱۹۹۸).

1. Arrow et al.
2. Cobb-Douglas Production Function
3. Constant Elasticity of Substitution Production Function
4. Kempfert

در تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، کشش جانشینی عوامل بین صفر و یک قرار می‌گیرد. هم‌چنین کشش جانشینی در هر نقطه بر روی منحنی هم‌مقداری تولید با وجود نسبت متفاوت نهاده‌ها در آن نقطه یکسان است. به همین جهت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت نامیده می‌شود (اکبریان و رفیعی، ۱۳۸۵). در این تحقیق با هدف بررسی جایگزینی بین نیروی کار و انرژی، تابع تولید CES به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = A(aE^{-\beta} + bL^{-\beta})^{-\frac{1}{\beta}} \quad (۲)$$

در این رابطه، Y معرف محصول، E مصرف انرژی، L تعداد نیروی کار، A پارامتر کارایی، a و b پارامترهای توزیع و β پارامتر جانشینی است و هم‌چنین $\beta > -1$ ، $A > 0$ ، $a > 0$ و b می‌باشد (کمفرت، ۱۹۹۸). با توجه به رابطه فوق، کشش جایگزینی σ به شکل زیر قابل محاسبه است:

$$\sigma = \frac{1}{(1+\beta)} \quad (۳)$$

در رابطه فوق، σ مقدار ثابتی است که به پارامتر جانشینی بستگی دارد. وقتی $\beta < -1$ برآورد شود، کشش جانشینی مقدار منفی خواهد داشت که از نظر تئوریک غیرممکن است (اسلاملوئیان و استادزاد، ۱۳۹۲) و اگر σ به سمت یک میل کند، منحنی تولید یکسان آن به فرم کاب-داگلاس و هنگامی که σ به سمت صفر میل کند، به فرم لئونتیف تبدیل می‌شود (اکبریان و رفیعی، ۱۳۸۵). در ادامه برای تعیین سطح نهاده‌ها و رابطه برآورد کشش از حداکثرسازی سود با توجه به حداقل‌سازی هزینه‌ها در سطح مشخصی از محصول به شکل زیر استفاده می‌شود:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \tilde{p}_E E + \tilde{w}L \\ & \text{S.T} \end{aligned} \quad (۴)$$

$$Y = (aE^{-\beta} + bL^{-\beta})^{-\frac{1}{\beta}}$$

در این مسأله برای حداقل کردن مقید از روش ضریب لاگرانژ به صورت رابطه (۵) استفاده می‌شود:

۱. این پارامتر نشان می‌دهد که با تغییرات تکنولوژی عملکرد تولید نیز تغییر می‌کند. به عبارتی هرچه این پارامتر بیشتر باشد با مقدار معینی از عوامل تولید، محصول بیشتری به دست می‌آید. به همین جهت A را پارامتر کارایی می‌نامند.

$$\mathcal{L}(\lambda, E, L) = \tilde{p}_e E + \tilde{w}L - \lambda \left(Y - (aE^{-\beta} + bL^{-\beta})^{-\frac{1}{\beta}} \right) \quad (5)$$

با مشتق‌گیری از تابع لاگرانژ نسبت به متغیرهای مورد نظر، شرط‌های مرتبه اول به دست می‌آید که از حل آن‌ها و جای‌گذاری در تابع هزینه به رابطه زیر می‌رسیم (کاسکلا و همکاران، ۱۹۹۸):

$$C = Y [a^\sigma \tilde{p}_e^{(1-\sigma)} + b^\sigma \tilde{w}^{(1-\sigma)}]^{\frac{1}{(1-\sigma)}} \quad (6)$$

شفارد نشان می‌دهد پس از استخراج تابع هزینه با مشتق‌گیری از تابع هزینه نسبت به قیمت هر یک از نهاده‌ها، تابع تقاضای مشروط آن نهاده به دست می‌آید (مهرآرا و عبدی، ۱۳۸۴). با مشتق‌گیری از رابطه (۶)، تابع تقاضای شرطی نیروی کار و انرژی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E^* = a^\sigma \tilde{p}_e^{-\sigma} [a^\sigma \tilde{p}_e^{(1-\sigma)} + b^\sigma \tilde{w}^{(1-\sigma)}]^{\frac{\sigma}{(1-\sigma)}} Y \quad (7)$$

$$L^* = b^\sigma \tilde{w}^{-\sigma} [a^\sigma \tilde{p}_e^{(1-\sigma)} + b^\sigma \tilde{w}^{(1-\sigma)}]^{\frac{\sigma}{(1-\sigma)}} Y \quad (8)$$

از حل شرط‌های مرتبه اول و روابط فوق، رابطه زیر نتیجه می‌شود:

$$\left(\frac{E^*}{L^*} \right) = \left(\frac{a}{b} \right)^\sigma \times \left(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e} \right)^\sigma \quad (9)$$

با لگاریتم‌گیری از طرفین رابطه (۹) خواهیم داشت:

$$\text{Ln} \left(\frac{E^*}{L^*} \right) = \sigma \text{Ln} \left(\frac{a}{b} \right) + \sigma \text{Ln} \left(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e} \right) \quad (10)$$

در این تحقیق فرض می‌کنیم که با تغییر نسبت قیمت‌ها، تغییر نسبت عوامل به‌طور هم‌زمان انجام نمی‌گیرد و این تعدیل طی یک سال صورت می‌گیرد.

$$\left[\frac{\left(\frac{E}{L} \right)}{\left(\frac{E}{L} \right)_{-1}} \right] = \left[\frac{\left(\frac{E}{L} \right)^*}{\left(\frac{E}{L} \right)_{-1}} \right]^\theta \quad (11)$$

لذا متغیر نسبت مقادیر با یک سال وقفه نیز وارد رابطه (۱۰) می‌شود و رابطه (۱۲)

به دست می‌آید:

$$\text{Ln} \left(\frac{E}{L} \right) = \sigma \theta \text{Ln} \left(\frac{a}{b} \right) + \sigma \theta \text{Ln} \left(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e} \right) + (1 - \theta) \text{Ln} \left(\frac{E}{L} \right)_{-1} \quad (12)$$

در رابطه فوق θ ، ضریب تعدیل و مقدار آن بین یک و صفر است. این پارامتر سرعت جایگزینی نهاده‌ها را نشان می‌دهد (خدادادکاشی و جانی، ۱۳۹۰). رابطه (۱۲)، برای

برآورد کشش جانشینی میان دو نهاد انرژی و نیروی کار استفاده شده و پارامترهای کشش جانشینی σ ، ضریب تعدیل Θ و ضرایب a و b نیز به دست می‌آید. در نتیجه چنانچه انرژی و نیروی کار در صنعت جایگزین یکدیگر شوند، افزایش قیمت انرژی علاوه بر کاهش تقاضای انرژی و بهبود کیفیت محیط زیست، باعث افزایش تقاضای نیروی کار خواهد شد.

۳- پیشینه تحقیق

با استفاده از تابع تولید CES و برآورد کشش جانشینی بین نهاده‌ها، مکمل بودن انرژی و سرمایه، جانشین بودن نیروی کار، مواد و انرژی در صنعت آمریکا (۱۹۷۱ تا ۱۹۷۶) توسط پریوس^۱ (۱۹۸۶) و امکان جایگزینی بین انرژی، نیروی کار و سرمایه در صنعت آلمان غربی (۱۹۹۳-۱۹۶۰) توسط کمفرت (۱۹۹۸) تأیید شده است. در برخی از مطالعات با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ به بررسی این موضوع پرداخته‌اند. از جمله نتایج این بررسی‌ها می‌توان به امکان جایگزینی بین کار، سرمایه و انرژی در پاکستان (۱۹۷۰-۱۹۶۰) توسط اقبال^۲ (۱۹۸۶)، امکان جانشینی بیشتر بین انرژی و سرمایه نسبت به جانشینی بین انرژی و نیروی کار در بخش فولاد چین (۲۰۰۷-۱۹۷۸) توسط اسمیت و همکاران^۳ (۲۰۱۱)، جانشین تمامی عوامل تولید در بخش صنعت ایرلند (۲۰۰۹-۱۹۹۱) توسط هالر و همکاران^۴ (۲۰۱۳) و امکان جایگزینی بیشتر بین انرژی و سرمایه نسبت به انرژی و نیروی کار در صنعت برق چین (۲۰۰۸-۱۹۹۵) و توسط ژا و دینگ^۵ (۲۰۱۴) اشاره نمود. با استفاده از تابع هزینه دو مرحله‌ای ترانسلوگ، امکان جایگزینی بین انرژی و عوامل دیگر و جانشینی بین سوخت‌ها در بخش صنعت پنج کشور در حال توسعه و تولیدکننده عمده انرژی (۲۰۰۳-۱۹۸۷) توسط

1. Prywes
2. Eqbal
3. Smyth et al.
4. Haller et al.
5. Zhaand Ding

عزیز^۱ (۲۰۰۷) و امکان جایگزین کردن انرژی به جای نیروی کار و سرمایه در چین (۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴) توسط ما و همکاران^۲ (۲۰۰۸) تأیید شده است. با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس و داده‌های سالانه آمریکا (۲۰۰۸-۱۹۵۱) توسط تامپسون^۳ (۲۰۱۰) نشان داده شد که امکان جانشینی ضعیف بین سرمایه و نیروی کار و جانشینی قوی بین انرژی و سرمایه وجود دارد. در ایران نیز مطالعاتی پیرامون اثر افزایش قیمت انرژی از طریق سیاست‌های زیست‌محیطی مانند مالیات سبز و یا حذف یارانه‌های انرژی انجام شده است. این موضوع با استفاده از مدل سیستمی روتردام توسط پژویان و امین‌رشتی (۱۳۸۶) و پژویان و دامن کشیده (۱۳۸۹)، با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری (VAR) توسط عبدالله میلانی و محمودی (۱۳۸۹) و با استفاده از مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE) توسط منظور و همکاران (۱۳۸۹)، مقیمی فیض آبادی (۱۳۹۰)، مقیمی و همکاران (۱۳۹۰)، منظور و حقیقی (۱۳۹۰) و آماده و همکاران (۱۳۹۳) مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین، آسیایی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تابع هزینه دو مرحله‌ای ترانسلوگ، سیدین (۱۳۹۱) با استفاده از اطلاعات جدول داده-ستانده و نعمت الهی و حسینی یکانی (۱۳۹۴) با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی-محیط‌زیستی اقتصاد ایران این موضوع را بررسی کردند. نتایج این مطالعات، کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی بر اثر افزایش قیمت انرژی از طریق سیاست‌های مختلف زیست‌محیطی در ایران را نشان می‌دهد. در مطالعاتی دیگر با استفاده از ماتریس اجتماعی قیمتی توسط پرمه (۱۳۸۴) برای جلوگیری از افزایش شاخص قیمت‌ها، کاهش تدریجی یارانه‌ها و با استفاده از سیستم داینامیک مدل شده توسط قادری و همکاران (۱۳۸۴) روش تبدیل تدریجی برای کاهش اثرات سیاسی و اجتماعی حذف یارانه‌ها پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین، بررسی اثرات اصلاح قیمت انرژی بر اقتصاد کلان ایران در یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا و توسط فرازمنند و همکاران (۱۳۹۵) نشان می‌دهد که شوک قیمت حقیقی انرژی منجر به کاهش تولید، افزایش تورم و نیز کاهش مصرف خصوصی و سرمایه‌گذاری می‌گردد.

1. Aziz
2. Ma et al.
3. Thompson

در مطالعات داخلی با استفاده از تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) و بررسی جایگزینی بین نهاده‌های تولید توسط آماده و یزدانی (۱۳۷۹) امکان جانشینی بین تمامی نهاده‌های تولید بذر، ماشین آلات و نیروی کار و در مطالعه اکبریان و رفیعی (۱۳۸۵) امکان جانشینی ضعیف بین سرمایه و نیروی کار در صنایع کارخانه‌ای ایران (۱۳۸۴-۱۳۵۸) مورد تأیید قرار گرفته است. با استفاده از تابع تولید CES برای کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران (۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶) توسط کاشی و جانی (۱۳۹۰)، سرعت بالای جایگزینی نیروی کار به انرژی نسبت به سرعت جایگزینی نیروی کار به سرمایه نشان داده شده است. همچنین با استفاده از یک تابع تولید CES چند مرحله‌ای در ایران (۱۳۸۲-۱۳۵۷) توسط اسلام‌لوئیان و استادزاد (۱۳۹۲) تأیید شده که با افزایش نیروی کار، صرفه‌جویی در انرژی اتفاق می‌افتد و انرژی و سرمایه نیز جایگزین یکدیگر هستند.

در برخی از مطالعات با استفاده از تابع هزینه ترانس‌لوگ به بررسی جانشین و یا مکمل بودن نهاده‌های تولید پرداخته شده است. از جمله می‌توان به بررسی انجام گرفته توسط شرزهای و موسوی (۱۳۷۸) اشاره نمود که براساس نتایج آن امکان جانشینی بین مواد انرژی‌زای گازی و مایع، مواد انرژی‌زای گازی و نیروی کار و رابطه مکملی بین نیروی کار و سرمایه، مواد انرژی‌زای گازی و نیروی الکتریکی، مواد انرژی‌زای مایع در صنایع نه‌گانه کشور (۱۳۵۴ تا ۱۳۷۲) تأیید می‌شود. در مطالعه ریحانی (۱۳۷۸) میزان جانشینی بین دو نهاده سوخت و سرمایه در نیروگاه موردی (۱۳۶۰ تا ۱۳۷۵) برابر ۰/۱۲۵ به دست آمد. همچنین با استفاده از این روش، سامتی و همکاران (۱۳۸۶) رابطه مکملی بین نیروی کار و سرمایه و همچنین نیروی کار و مواد خام در صنعت (۱۳۸۵-۱۳۸۳) را نشان دادند و نتایج مطالعه الهی و همکاران (۱۳۹۵) امکان جانشینی بین انرژی و سرمایه و افزایش نرخ بیکاری در نتیجه افزایش قیمت انرژی طی سال‌های (۱۳۸۲-۱۳۹۳) در صنایع استان قم را تأیید نمود.

۴- تصریح مدل و تحلیل متغیرها

طبق مطالب پیشین، منابع فراوان و نسبتاً ارزان نسبی انرژی باعث شده که مسأله بهینه‌سازی انرژی در صنعت، کمرنگ جلوه کند و صنعت در ایران با مصرف شدید انرژی گره بخورد (الهی و همکاران، ۱۳۹۵). از طرفی بخش صنعت شامل بیشترین تعداد

شاغلان در اقتصاد ایران است. لذا در این تحقیق از آمار و اطلاعات بخش کل صنعت استفاده شده است. مقدار مصرف انرژی شامل فرآورده‌های اصلی نفتی (نفت سفید، نفت گاز، گاز مایع، بنزین و نفت و کوره)، گاز طبیعی، برق و زغال سنگ، بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام است. قیمت تمامی حامل‌های انرژی براساس ضرایب تبدیلات مرتبط^۱ به واحد یکسان ریال بر بشکه معادل نفت خام تبدیل شده است. میانگین قیمت پنج فرآورده اصلی نفتی به‌عنوان قیمت فرآورده‌های نفتی است. در نهایت قیمت انرژی از میانگین وزنی چهار حامل انرژی بر اساس سهم هر یک از آن‌ها در مصرف کل انرژی به دست آمده است. از شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی (CPI^۲) شامل گروه سوخت‌ها و گاز طبیعی و برق موجود در بانک اطلاعات سری‌های زمانی اقتصادی بانک مرکزی ایران به‌عنوان شاخص قیمت انرژی برای حقیقی سازی قیمت انرژی استفاده شده است (سال ۱۳۹۰ به‌عنوان سال پایه در نظر گرفته شده است). قیمت و مقدار مصرف انرژی صنعت از آمارنامه‌های سال‌های مختلف وزارت نفت و ترازنامه‌های انرژی سال‌های مختلف موجود در سایت وزارت نیرو استخراج شده است. آمار تعداد کل شاغلان بخش صنعت سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۵۹، از مجموعه آماری سری زمانی آمارهای بازار کار موجود در سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور استخراج شده است (امینی، ۱۳۸۵) و برای سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۳، از آمار نسبت شاغلین این بخش به کل جمعیت شاغل (جمعیت شاغل بر حسب نرخ بیکاری و جمعیت فعال) در آمار سری زمانی مرکز آمار ایران استفاده شده است. برای تعیین نرخ دستمزد از آمار جبران خدمات سالانه سرانه کارکنان (جبران خدمات کارکنان تقسیم بر تعداد کل کارکنان بر حسب میلیون ریال) در کارگاه‌های صنعتی با بیش از ده نفر کارکن موجود در مرکز آمار ایران و برای حقیقی کردن آن از شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی (CPI) موجود در بانک مرکزی ایران استفاده شده است. همچنین برای محاسبه کشش‌های قیمتی نیروی کار و انرژی از ارزش افزوده بخش صنعت بر حسب میلیارد ریال و حقیقی شده با شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) موجود در بانک مرکزی ایران استفاده شده است.

۱. یک متر مکعب گاز طبیعی معادل ۰/۰۰۶۰۸۹ بشکه معادل نفت خام، یک تن زغال سنگ معادل ۴/۷۸۶ بشکه معادل نفت خام، یک کیلو وات ساعت در سال معادل ۵/۱۵۴ بشکه معادل نفت خام، یک لیتر گاز مایع ۰/۰۰۶۲۹ بشکه معادل نفت خام (هم‌چنین هر ۱ کیلوگرم گاز مایع معادل ۱/۸ لیتر) در نظر گرفته شده است.

2. Consumer Price Index

قبل از انجام برآوردهای تحقیق به منظور اجتناب از برآورد کاذب، آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته^۱ (ADF) جهت بررسی پایایی^۲ متغیرها به کار رفته است. متغیرهای تحقیق عبارتند از نسبت مقدار مصرف انرژی به تعداد نیروی کار $(\frac{E}{L})$ ، نسبت قیمت نیروی کار (دستمزد) به قیمت انرژی $(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e})$ و نسبت مقدار مصرف انرژی به تعداد نیروی کار با یک سال وقفه $(\frac{E}{L})_{-1}$. در تابع تقاضای نیروی کار متغیرهای تعداد نیروی کار (L)، قیمت ناخالص نیروی کار یا همان دستمزد ناخالص (\tilde{w}) ، قیمت ناخالص انرژی افزوده (Y) و در تابع تقاضای انرژی نیز مقدار مصرف انرژی (E)، قیمت ناخالص انرژی (\tilde{p}_e) ، قیمت ناخالص نیروی کار یا همان دستمزد ناخالص (\tilde{w}) و ارزش افزوده (Y) بخش صنعت کشور (۱۳۹۲-۱۳۵۹) می باشند. نتایج آزمون در سطح یا $I(0)$ ، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج آزمون (ADF) برای متغیرهای تحقیق در سطح

مقادیر سطح بحرانی			مقدار آماره دیکی- فولر	متغیرها
٪۱۰	٪۵	٪۱		
-۲/۶۲	-۲/۹۵	-۳/۶۵	-۲/۵۴	$(\frac{E}{L})$
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۲/۵۳	$(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e})$
-۲/۶۲	-۲/۹۵	-۳/۶۵	۰/۴۰	E
-۲/۶۲	-۲/۹۵	-۳/۶۵	۱/۲۲	L
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۲/۴۴	\tilde{w}
-۲/۶۲	-۲/۹۵	-۳/۶۵	-۲/۰۱	\tilde{p}_e
-۲/۶۲	-۲/۹۵	-۳/۶۵	-۰/۱۲	Y

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Augmented Dickey-Fuller
2. Stationarity

طبق نتایج جدول فوق، تمام متغیرها در سطح ناپایا هستند. روش‌های متعددی برای رفع ناپایایی، مانند تفاضل متغیرها وجود دارد. نتایج آزمون دیکی-فولر پس از یکبار تفاضل‌گیری متغیرها در جدول زیر آمده است.

جدول ۲. نتایج آزمون (ADF) برای تفاضل متغیرهای تحقیق

مقادیر سطح بحرانی			مقدار آماره دیکی-فولر	متغیرها
٪۱۰	٪۵	٪۱		
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۵/۴۱	$d\left(\frac{E}{L}\right)$
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۴/۱۱	$d\left(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e}\right)$
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۵/۳۱	dE
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۳/۹۴	dL
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۳/۷۲	d \tilde{w}
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۵	-۴/۲۶	d \tilde{p}_e
-۲/۶۲	-۲/۹۶	-۳/۶۶	-۴/۱۸	dY

منبع: یافته‌های تحقیق

طبق نتایج جدول فوق، تمامی متغیرها در تفاضل مرتبه اول پایا و به عبارتی دارای ریشه واحد هستند، لذا احتمال دارد به همگرایی منجر نشود. بنابراین طبق روش آزمون انگل-گرنجر^۱ (EG) پس از برآورد هر یک از مدل‌ها، پسماندها با استفاده از آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته (ADF) مورد آزمون پایایی قرار می‌گیرند. پسماند دارای ریشه صفر به معنی وجود همگرایی بلندمدت^۲ میان متغیرهای مدل است که در این صورت احتمال رگرسیون کاذب وجود ندارد.

1. Engel-Granger
2. Cointegration

به این ترتیب، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS^۱) و نرم افزار Eviews طبق رابطه نهایی (۱۲) نتیجه برآورد کشش جانشینی بین انرژی و نیروی کار در بخش صنعت ایران طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۵۹ به شرح زیر است:

$$\ln\left(\frac{E}{L}\right) = -1/19 + 0/087 \ln\left(\frac{\tilde{w}}{\tilde{p}_e}\right) + 0/82 \ln\left(\frac{E}{L}\right)_{-1} \quad (13)$$

جدول ۳. نتایج حاصل از برآورد تابع تولید CES در بخش صنعت

پارامتر	$\alpha = \sigma\theta \ln\left(\frac{a}{b}\right)$	$\alpha_1 = \sigma\theta$	$\alpha_2 = (1 - \theta)$
مقدار	-۱/۱۹۵۱۲۹	۰/۰۸۶۸۸۱	۰/۸۲۰۱۶۲
(سطح احتمال)	(۰/۰۹۸۶)	(۰/۰۵۹۹)	(۰/۰۰۰۰)
$R^2=0/86$ $F=94/66$ $D-W=2/23$			
نتیجه آزمون پایایی پسماندها = -۶/۲۵ = آماره دیکی-فولر = -۳/۶۵ = ۱٪ مقادیر سطح بحرانی ۰/۵ = -۲/۹۵ ۰/۱۰ = -۲/۶۲			

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول ۳ و سطح معنی‌داری، ضریب α و α_1 در سطح ۱۰ درصد و ضریب α_2 در سطح ۱ درصد معنی‌دار هستند، یعنی فرض صفر مبنی بر صفر بودن ضرایب رد می‌شود. آماره F، معنی‌داری کل رگرسیون و مقدار آماره R^2 (ضریب تشخیص) قدرت بالای توضیح‌دهندگی مدل را نشان می‌دهد. هم‌چنین طبق نتیجه آزمون پایایی پسماندها، اجزای اخلاص یا پسماندها در سطح پایا هستند. به این ترتیب معادله دارای همگرایی بلندمدت است. طبق رابطه (۱۲)، برآورد پارامترهای σ ، θ و a و b برابر با مقادیر زیر است:

$$1 - \hat{\theta} = 0/82 \quad \Rightarrow \quad \hat{\theta} = 0/18$$

$$\sigma\theta = 0/087 \quad \Rightarrow \quad \hat{\sigma} = 0/48$$

$$\sigma\theta \ln\left(\frac{a}{b}\right) = -1/195 \quad \Rightarrow \quad \hat{a} = 0/000001 \quad \hat{b} = 0/999999$$

با توجه به مقدار پارامترهای فوق، میزان کشش جانشینی بین دو نهاد انرژی و نیروی کار برابر با ۰/۴۸ است. به عبارتی دو نهاد، جانشین یکدیگر بوده و افزایش (یا کاهش) یک درصد تقاضای نیروی کار (یا انرژی)، منجر به کاهش (یا افزایش) ۰/۴۸ درصد از تقاضای انرژی (نیروی کار) می شود.

تا این بخش از تحقیق، با برآوردهای مذکور می توان نتیجه گرفت؛ چنانچه قیمت انرژی در اثر اجرای یک سیاست زیست محیطی مانند مالیات سبز افزایش یابد، با توجه به قابلیت جایگزینی بین انرژی و نیروی کار می توان شاهد کاهش تقاضای انرژی و افزایش تقاضای نیروی کار بود. به عبارتی دو اثر مثبت کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار آلاینده ها و نیز افزایش تقاضای نیروی کار و بهبود وضعیت اشتغال اتفاق خواهد افتاد. در ادامه با توجه به آنچه در فصل مبانی نظری بیان شد، با مشتق گرفتن از تابع تقاضای شرطی نهاده ها نسبت به قیمت نهاده ها می توان به رابطه محاسبه کشش قیمتی به شکل زیر رسید:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i} \quad (14)$$

کشش قیمتی نسبت به قیمت خود نهاد، کشش قیمتی خودی و کشش قیمتی نسبت به قیمت نهاد دیگر، کشش متقاطع قیمتی نامیده می شود. علامت مثبت کشش قیمتی متقاطع، جانشین بودن دو نهاد و علامت منفی مکمل بودن دو نهاد را نشان می دهد. علاوه بر این روش می توان با در نظر گرفتن تابع تقاضای شرطی نهاده ها نشان داد که تقاضای نیروی کار و انرژی از قیمت انرژی، قیمت نیروی کار (دستمزد) و ارزش افزوده یا سطح تولید تأثیر می پذیرند. با توجه به تابع تقاضای شرطی انرژی در رابطه (۷) می توان تابع تقاضای انرژی را به شکل رابطه (۱۵) نوشت:

$$E = \gamma_0 + \gamma_1 \bar{p}_e + \gamma_2 \bar{w} + \gamma_3 Y \quad (15)$$

هم چنین تابع تقاضای نیروی کار طبق تابع تقاضای شرطی نیروی کار در رابطه (۸) به شکل زیر است:

$$L = \beta_0 + \beta_1 \bar{w} + \beta_2 \bar{p}_e + \beta_3 Y \quad (16)$$

پس از برآورد توابع تقاضای دو نهاد، مطابق رابطه (۱۴) کشش های قیمتی قابل محاسبه است.

تابع تقاضای نیروی کار طی دوره ۳۴ ساله ۱۳۹۲-۱۳۵۹ با استفاده از روش OLS و نرم افزار Eviews برآورد شده است. نتایج برآورد به صورت رابطه زیر و نیز در جدول ۴ نشان داده شده است:

$$L = 2520587 - 10810/91 \tilde{W} + 1/707 \tilde{p}_e + 4/089 Y \quad (17)$$

در رابطه فوق \tilde{W} ، دستمزد ناخالص بخش صنعت و Y ، ارزش افزوده کل صنعت است که با شاخص (CPI) حقیقی شده‌اند. \tilde{p}_e ، قیمت ناخالص انرژی و حقیقی شده با شاخص قیمت انرژی است.

جدول ۴. نتایج برآورد تابع تقاضای نیروی کار در بخش صنعت

β_3	β_2	β_1	β_0	پارامتر
۴/۰۸۹	۱/۷۰۷۳۳۴	-۱۰۸۱۰/۹۱	۲۵۲۰۵۸۷	مقدار
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۵۱۳)	(۰/۰۰۰۴)	(۰/۰۰۰۰)	(سطح احتمال)
$R^2 = ۰/۹۷۵$		$F = ۳۸۳/۳۵۸$		$D-W = ۱/۲۴۸$

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول فوق، مقدار آماره دوربین-واتسن^۱ (۱/۲۴) نشان از خودهمبستگی^۲ مثبت بین اجزای خطا دارد. لذا برای رفع آن با وارد کردن AR(1) و AR(2) در رابطه تابع تقاضا، نتایج زیر به دست می‌آید:

$$L = 2649662 - 13048/86 \tilde{W} + 1/64 \tilde{p}_e + 4/22 Y + 0/495 AR(1) - 0/48 AR(2) \quad (18)$$

نتایج رابطه فوق در جدول ۵ ارائه شده است:

1. Durbin-Watson
2. Autocorrelation

جدول ۵. نتایج برآورد تابع تقاضای نیروی کار در بخش صنعت بعد از رفع خود همبستگی

پارامتر	β_0	β_1	β_2	β_3	AR(1)	AR(2)
مقدار	۲۶۴۹۶۶۲	-۱۳۰۴۸/۸۶	۱/۶۳۶	۴/۲۲	۰/۴۹۵	-۰/۴۷۶
(سطح احتمال)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۷)	(۰/۰۸۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۱۷۷)	(۰/۰۲۷۲)
	D-W=۱/۹۲۱		F=۲۵۷/۲۲۰		R ² =۰/۹۸	
نتیجه آزمون پایایی پسماندها -۶/۲۵ = آماره دیکی - فولر -۳/۶۵ = %۱ مقادیر سطح بحرانی						
%۵ = -۲/۹۵						
%۱۰ = -۲/۶۲						

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول فوق، ضریب β_0 ، β_1 و β_3 در سطح ۱ درصد و ضریب β_2 در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار هستند. هم‌چنین ضرایب AR(1) و AR(2) در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند یعنی فرض صفر مبنی بر صفر بودن ضرایب رد می‌شود. مقدار آماره F، معنی‌داری کل رگرسیون و مقدار آماره R²، توضیح‌دهندگی بالای مدل را نشان می‌دهد. آماره D-W برای تشخیص خود همبستگی بین متغیرها نیز مقدار قابل قبولی (نزدیک به عدد ۲) است.

هم‌چنین طبق نتیجه آزمون پایایی پسماندها، پایایی پسماندها و اعتبار نتیجه برآورد تأیید می‌شود. طبق نظریه‌های تقاضا بین قیمت نهاده و تقاضای آن باید رابطه معکوس وجود داشته باشد، یعنی افزایش (کاهش) قیمت نهاده به کاهش (افزایش) تقاضای آن منجر شود. با توجه به جدول ۵، علامت ضریب متغیر توضیحی دستمزد ناخالص در سمت راست رابطه (۱۸)، منفی است که گویای صحت این مطلب است. علاوه بر این با توجه به بررسی جانشینی بین انرژی و نیروی کار در بخش اول و نظریه‌های مرتبط، این انتظار وجود دارد که افزایش (کاهش) قیمت انرژی به افزایش (کاهش) تقاضای نیروی کار منجر شود. به عبارتی بین قیمت انرژی و تقاضای نیروی کار باید رابطه مستقیم وجود داشته باشد که علامت مثبت مقدار متغیر توضیحی قیمت انرژی در سمت راست رابطه (۱۸) بیانگر این موضوع است. هم‌چنین بین تقاضای نیروی کار و ارزش افزوده رابطه مستقیم وجود دارد، به عبارتی با افزایش ارزش افزوده صنعت تقاضا برای نیروی کار افزایش می‌یابد.

اکنون با استفاده از رابطه (۱۵) برآورد تابع تقاضای انرژی طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۵۹ در صنعت ایران عبارت است از:

$$E = 113/2930 - 0/000128 \bar{p}_e - 0/8 \tilde{W} + 0/000197Y \quad (19)$$

نتایج حاصل از برآورد رابطه (۱۹)، به صورت خلاصه در جدول زیر آمده است:

جدول ۶. نتایج برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت

پارامتر	γ_0	γ_1	γ_2	γ_3
مقدار	۱۱۳/۲۹۳۰	-۰/۰۰۰۱۲۸	-۰/۸۰۰۰۸۵	۰/۰۰۰۱۹۷
(سطح احتمال)	(۰/۰۰۰۱)	(۰/۱۵۲۸)	(۰/۰۰۰۸۱)	(۰/۰۰۰۰۰)
	D-W= ۰/۳۹۲	F= ۷۶/۴۱۰	R ² = ۰/۸۸۴	

منبع: یافته‌های تحقیق

طبق نتایج جدول فوق، آماره دوربن-واتسن (D-W) مقدار کمی را نشان می‌دهد که نشان از همبستگی مثبت بین اجزای خطاست. لذا با وارد کردن AR(1)، AR(2) و MA(1) نتایج زیر به دست می‌آید:

$$E = 107/7 - 0/00022 \bar{p}_e - 0/47 \tilde{W} + 0/00018Y + 1/78 AR(1) - 0/94 AR(2) - 0/94 MA(1) \quad (20)$$

نتایج رابطه فوق در جدول ۷ ارائه شده است:

جدول ۷. نتایج برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت بعد از رفع خود همبستگی

پارامتر	γ_0	γ_1	γ_2	γ_3	AR(1)	AR(2)	MA(1)
مقدار	۱۰۷/۷۴	-۰/۰۰۰۲۲	-۰/۴۷	۰/۰۰۰۱۸	۱/۷۸	-۰/۹۴	-۰/۹۴
(سطح احتمال)	(۰/۰۰۲۳)	(۰/۰۲۳۵)	(۰/۲۰۵۴)	(۰/۰۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰۰)
	D-W= ۲/۰۸۸	F= ۱۴۲/۱۳۳		R ² = ۰/۹۷۲			
نتیجه آزمون پایایی پسماند	-۵/۷۱ = آماره دیکی - فولر	-۳/۶۶ = ۱٪		مقادیر سطح بحرانی			
		-۲/۹۶ = ۵٪					
		-۲/۶۲ = ۱۰٪					

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول فوق و سطح معنی‌داری، ضریب $\gamma_0, \gamma_3, \gamma_0$ ، $AR(1)$ ، $AR(2)$ و $MA(1)$ در سطح ۱ درصد و ضریب γ_1 در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند اما ضریب γ_2 معنی‌دار نیست که نشان‌دهنده تأثیرناپذیری تقاضای انرژی از مقدار دستمزد نیروی کار است. آماره F ، معنی‌داری کل رگرسیون و مقدار آماره R^2 ، قدرت توضیح‌دهندگی بالای مدل را نشان می‌دهد. آماره $D-W$ نیز برای تشخیص خودهمبستگی بین متغیرها مقدار مناسبی (نزدیک به عدد ۲) است. هم‌چنین طبق نتیجه آزمون پایایی پسماندها، پایایی پسماندها و وجود رابطه همگرایی بلندمدت میان متغیرهای مدل تأیید می‌شود.

با توجه به جدول ۷، مقدار ضریب متغیر توضیحی قیمت ناخالص انرژی در سمت راست رابطه (۲۰)، مقداری منفی است که با نظریه تقاضا (رابطه معکوس بین قیمت نهاده و تقاضای آن) سازگار است. علاوه بر این با توجه به بررسی جانشینی بین انرژی و نیروی کار در بخش اول و هم‌چنین نظریه‌های مربوطه، انتظار این است که افزایش (کاهش) قیمت نیروی کار به افزایش (کاهش) تقاضای انرژی منجر شود. به عبارتی بین قیمت نیروی کار و تقاضای انرژی باید رابطه مستقیم وجود داشته باشد. در نتیجه برآورد تابع تقاضای انرژی، مقدار متغیر توضیحی قیمت نیروی کار در سمت راست رابطه (۲۰) دارای علامت منفی است، به عبارتی رابطه معکوس بین قیمت نیروی کار و تقاضای انرژی و هم‌چنین رابطه مکملی بین دو نهاده را نشان می‌دهد که با نتایج قبلی سازگار نیست. البته با توجه به سطح احتمال مربوط به این متغیر، صفر بودن ضریب متغیر مورد نظر پذیرفته می‌شود. به عبارتی می‌توان گفت در این تحقیق، تقاضای انرژی از دستمزد یا قیمت نیروی کار تأثیر نمی‌پذیرد. هم‌چنین بین تقاضای انرژی و ارزش‌افزوده رابطه مستقیم وجود دارد، به عبارتی با افزایش ارزش‌افزوده صنعت تقاضای انرژی افزایش می‌یابد که با نظریه‌های مربوطه سازگار است. نتایج محاسبه کشش‌های قیمتی با استفاده از رابطه (۱۴) در جدول ۸ آمده است:

جدول ۸. نتایج محاسبه کشش‌های قیمتی نیروی کار و انرژی در بخش صنعت

کشش‌های قیمتی (۱۳۹۲)	متوسط کشش‌های قیمتی (۱۳۹۲ تا ۱۳۵۹)	کشش قیمتی تقاضا $\varepsilon_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i}$
$\varepsilon_{L, \tilde{w}} = -0/17$	$\varepsilon_{L, \tilde{w}} = -0/27$	$\varepsilon_{L, \tilde{w}} = \frac{\partial L}{\partial \tilde{w}} \cdot \frac{\tilde{w}}{L}$
$\varepsilon_{L, \tilde{p}_e} = 0/04$	$\varepsilon_{L, \tilde{p}_e} = 0/06$	$\varepsilon_{L, \tilde{p}_e} = \frac{\partial L}{\partial \tilde{p}_e} \cdot \frac{\tilde{p}_e}{L}$
$\varepsilon_{E, \tilde{p}_e} = -0/12$	$\varepsilon_{E, \tilde{p}_e} = -0/25$	$\varepsilon_{E, \tilde{p}_e} = \frac{\partial E}{\partial \tilde{p}_e} \cdot \frac{\tilde{p}_e}{L}$

منبع: یافته‌های تحقیق

همان طور که قبلاً بیان شد کشش قیمتی تقاضای نهاده، درصد تغییر در تقاضای نهاده بر اثر یک درصد تغییر در قیمت خود نهاده و یا قیمت نهاده دیگر را نشان می‌دهد. در جدول ۸، $\frac{\partial x_i}{\partial p_j}$ مربوط به هر نهاده، از رابطه تابع تقاضای همان نهاده استخراج شده است. در خصوص متغیر $\frac{p_j}{x_i}$ در روابط جدول فوق، قیمت (p_j) و مقدار (x_j) نهاده‌ها یک بار برای سال ۱۳۹۲ و یک بار بر اساس متوسط متغیرها طی ۳۴ سال بررسی آماری در تحقیق، در نظر گرفته شده است. در نتایج جدول فوق بر اساس معادله کشش قیمتی تقاضا، دستمزد ناخالص (قیمت نیروی کار) و تقاضای نیروی کار رابطه معکوس دارند، یعنی با افزایش قیمت نیروی کار تقاضای آن کاهش می‌یابد. هم‌چنین قیمت ناخالص انرژی بر تقاضای انرژی اثر منفی می‌گذارد. این نتایج با نظریه‌های تقاضا سازگار است. طبق نتایج جدول، تغییر قیمت انرژی (افزایش قیمت انرژی در این تحقیق) بر تقاضای نیروی کار اثر مستقیم می‌گذارد. این بدان معنی است که در صنعت کشور نیروی کار می‌تواند جایگزین انرژی شود و با افزایش قیمت انرژی (سیاست زیست‌محیطی) شاهد افزایش تقاضای نیروی کار خواهیم بود.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

ابتدا با استفاده از تابع تولید CES و آمار بخش صنعت ایران در ۳۴ سال (۱۳۵۹ تا ۱۳۹۲) کشش جانشینی بین دو نهاد انرژی و نیروی کار برابر ۰/۴۸ درصد به دست آمده است. با توجه به مثبت بودن این مقدار، جانشینی بین دو نهاد تأیید می‌شود. یعنی ۱ درصد تغییر در قیمت یک نهاد منجر به ۰/۴۸ درصد تغییر در تقاضای نهاد دیگر خواهد شد. بنابراین با سیاست افزایش قیمت انرژی در بخش صنعت کشور و جایگزین کردن نیروی کار به جای انرژی می‌توان به اهداف کاهش مصرف انرژی و افزایش اشتغال دست یافت.

در بخش دیگر محاسبات به بررسی تابع تقاضای نهاد نیروی کار و انرژی پرداخته شد. طبق نتایج ۳۴ سال آمار بخش صنعت کشور، تقاضای نیروی کار از قیمت انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت تأثیر مثبت و از قیمت نیروی کار (دستمزد) تأثیر منفی می‌پذیرد. تأثیر مثبت قیمت انرژی بر تقاضای نیروی کار نشان‌دهنده جایگزینی بین دو نهاد است. قیمت‌های ناخالص تحت تأثیر نرخ مالیات قرار می‌گیرند لذا مالیات سبز نیز می‌تواند به عنوان یک سیاست زیست‌محیطی به روش‌های متفاوت بر تقاضای نیروی کار تأثیر بگذارد. هم‌چنین طبق برآورد تابع تقاضای انرژی، تقاضای انرژی از قیمت انرژی تأثیر منفی و از ارزش افزوده بخش صنعت تأثیر مثبت می‌پذیرد. اما طبق برآورد و آمار و اطلاعات موجود در این تحقیق قیمت نیروی کار یا همان دستمزد تأثیر معنی‌داری بر تقاضای انرژی ندارد.

با توجه به قیمت‌های پایین انرژی و اهمیت منابع طبیعی در ایران پیشنهاد می‌شود سیاست‌های زیست‌محیطی مانند مالیات سبز جهت اجرایی شدن مورد توجه فعالین اقتصادی قرار گیرد. در این راستا باید اولین اقدام دولت، کاهش و حذف تدریجی یارانه‌های انرژی باشد. در این تحقیق کل بخش صنعت مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به زیر شاخه‌های مختلف در بخش صنعت پیشنهاد می‌شود جهت اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی، تمامی زیر بخش‌های صنعت از ابعاد مختلف مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

- اسدی، مرتضی. (۱۳۸۷). هزینه خسارات آلودگی هوا و ضرورت اجرای مالیات سبز. فصلنامه تخصصی مالیات، شماره ۳، صص. ۱۹۹-۲۳۴.
- اسلاملوئیان، کریم و استاذزاد، علی حسین. (۱۳۹۲). برآورد کشش جانشینی میان انرژی و سایر نهاده‌ها در ایران با استفاده از تابع تولید CES چند مرحله‌ای. فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال سوم، شماره ۹، صص. ۲۵-۴۷.
- آسیایی، محمد؛ خیابانی، ناصر و موسوی، بقیت‌ا... (۱۳۹۱). بررسی اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی در بخش صنعت. فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی، سال اول، شماره ۴، صص. ۱-۲۴.
- اکبریان، رضا و رفیعی، حمید. (۱۳۸۵). تخمین کشش جانشینی سرمایه و نیروی کار صنایع ایران. فصلنامه بررسی‌های اقتصادی، دوره ۳، شماره ۴، صص. ۵-۲۱.
- الهی، ناصر؛ اللهیاری، رضا و زیاری، رضا. (۱۳۹۵). اثرات اصلاح قیمت حامل‌های انرژی بر بخش صنعت: مطالعه موردی استان قم (۱۳۸۲-۱۳۹۳). مطالعات و سیاست‌های اقتصادی، جلد ۱۲، شماره ۱، صص. ۵۲-۳۱.
- آماده، حمید؛ غفاری، علیرضا و فرج‌زاده، زکریا. (۱۳۹۳). تحلیل اثرات محیط‌زیستی و رفاهی اصلاح یارانه حامل‌های انرژی (کاربرد الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر). پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، صص. ۳۳-۶۲.
- آماده، حمید و یزدانی، سعید. (۱۳۷۹). بررسی روابط جانشینی نهاده‌های تولیدی گندم در منطقه سرخس با استفاده از تابع تولید CRESH. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱، شماره ۴، صص. ۷۹۹-۸۰۶.
- امیری، نعمت‌اله. (۱۳۸۹). بررسی مقایسه‌ای مالیات بر حامل‌های انرژی در کشورهای منتخب. مجله اقتصادی- ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی، شماره‌های ۱۱ و ۱۲، صص. ۶۱-۸۰.

امینی، علیرضا. (۱۳۸۵). مجموعه آماری سری زمانی آمارهای بازار کار. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، خلاصه تحولات اقتصادی کشور (سال‌های مختلف).

پایتختی‌اسکویی، سیدعلی و ناهیدی، محمدرضا. (۱۳۸۶). مالیات‌های زیست‌محیطی (مالیات‌های سبز): مبانی نظری، تجربه‌ها. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی.

پرمه، زروار. (۱۳۸۴). بررسی یارانه انرژی و آثار افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر سطوح قیمت‌ها در ایران. فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۳۴، صص. ۱۴۷-۱۱۷.

پژویان، جمشید و امین‌رشتی، نارسیس. (۱۳۸۶). مالیات‌های سبز، با تأکید بر مصرف بنزین. پژوهشنامه اقتصادی، دوره هفتم، شماره ۱ (ویژه نامه مالیات)، صص. ۴۴-۱۵.

پژویان، جمشید و دامن‌کشیده، مرجان. (۱۳۸۹). بررسی آلودگی ناشی از سوخت‌های مصرفی خانگی و سیاست‌های زیست‌محیطی برای مقابله با آن (مطالعه موردی ایران). فصلنامه علوم اقتصادی، سال دوم، شماره ۵، صص. ۱۷۹-۱۵۹.

خدادادکاشی، فرهاد و جانی، سیاوش. (۱۳۹۰). بررسی پویای رفتار تولیدکنندگان در استفاده از نهاده‌ها بر مبنای تابع تولید CES، با تأکید بر اصلاح الگوی مصرف انرژی در تولید و ارتقای اشتغال. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۰، صص. ۹۷-۱۲۴.

دامن‌کشیده، مرجان؛ عباسی، احمد؛ عربی، حسین و احمدی، حسن. (۱۳۹۲). بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی؛ مطالعه موردی: کشورهای منتخب سند چشم‌انداز بیست‌ساله ایران. فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، سال یکم، شماره ۲، صص. ۵۵-۶۹.

ریحانی‌نیا، سیدوحید. (۱۳۷۸). بررسی جانشینی عوامل تولید در فرآیند تولید برق و اثر آن بر صرفه‌جویی انرژی. دومین همایش ملی انرژی.

سامتی، مرتضی؛ همایونی‌راد، سعید و کریم‌زاده، فاطمه. (۱۳۸۶). بررسی سهم عامل نیروی کار در تابع هزینه صنایع. فصلنامه بررسی‌های اقتصادی، دوره چهارم، شماره ۲، صص. ۲۴-۵.

سروری، سجاد. (۱۳۹۰). اقتصاد سبز. نشریه نشاء علم، سال دوم، شماره ۱، صص. ۳۹-۳۶.

سیدین، سید سلمان. (۱۳۹۱). مدیریت بر محیط‌زیست از طریق اخذ مالیات سبز و تأثیر آن بر ارتقای شاخص‌های زیست‌محیطی و رفاهی مطالعه موردی: مشهد مقدس. اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست.

شاهمرادی، اصغر؛ حقیقی، ایمان؛ زاهدی، راضیه و آقابات، محمدابراهیم. (۱۳۸۸). تحلیل تأثیر سیاست‌های قیمتی در بخش‌های اقتصادی (با تمرکز بر آب و انرژی). وزارت نیرو، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی.

شرزه‌ای، غلامعلی و موسوی حقیقی، محمدهاشم. (۱۳۷۸). ارزیابی رابطه انرژی با سایر نهاده‌های تولیدی در فرآیند تولید صنایع ایران در سال‌های (۱۳۴۵-۷۲). دومین همایش ملی انرژی.

شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا (سال‌های مختلف).

عبداله‌میلانی، مهنوش و محمودی، علی‌رضا. (۱۳۸۹). مالیات زیست‌محیطی و اثر تخصیص آن (مطالعه موردی: فرآورده‌های نفتی ایران). پژوهشنامه مالیات، شماره ۸، صص. ۱۷۶-۱۵۳.

عزیزمحمدلو، حمید. (۱۳۸۶). کاربردی از مفاهیم نرخ بازدهی نسبت به مقیاس و کشش جانشینی عوامل تولید در تعیین پتانسیل اشتغال‌زایی مخارج سرمایه‌گذاری. مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۰، صص. ۱۶۹-۱۴۵.

فرازمند، حسن؛ آرمن، سیدعزیز؛ افقه، سیدمرتضی و قربان‌نژاد، مجتبی. (۱۳۹۵). ارزیابی اثرات اصلاح قیمت انرژی بر اقتصاد کلان ایران: رویکرد الگوهای تعادل عمومی تصادفی پویا (DSGE). فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، سال سوم، شماره ۲، صص. ۴۹-۷۶.

قادری، سید فرید؛ رزمی، جعفر و صدیقی، اکبر. (۱۳۸۴). بررسی تأثیر پرداخت یارانه مستقیم انرژی بر شاخص‌های کلان اقتصادی با نگرش سیستمی. نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۹، شماره ۴، ۵۳۷-۵۲۷.

محمدی، تیمور؛ پژویان، جمشید و عباس‌زاده، شیما. (۱۳۹۰). تأثیر حذف یارانه انرژی بر تولید ناخالص ملی در ایران. فصلنامه اقتصاد کاربردی، سال دوم، شماره ۴.

معمارزاده، عباس؛ امامی‌میبدی، علی و حیدری‌پور، احسان. (۱۳۹۵). کاربرد آزمون کرانه‌ای خودبازگشتی با وقفه‌های توزیعی در تعیین رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت مصرف گاز طبیعی و رشد اقتصادی. فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال پنجم، شماره ۱۷، صص. ۷۹-۵۵.

مقیم‌فیض‌آبادی، مریم. (۱۳۹۰). بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست-محیطی مالیات سبز در خراسان رضوی. اولین کنفرانس اقتصاد شهری ایران.

مقیم‌فیض‌آبادی، مریم؛ شاهنوشی، ناصر؛ دانش، شهناز؛ اکبری‌مقدم، بیتا... و دانشور، محمود. (۱۳۹۰). بررسی آثار رفاهی و زیست‌محیطی مالیات سبز و کاهش یارانه سوخت در ایران با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه. اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۵.

منظور، داود و حقیقی، ایمان. (۱۳۹۰). آثار اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در ایران؛ مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر. مجله محیط‌شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۶۰، صص. ۱۲-۱.

منظور، داود؛ شاهمرادی، اصغر و حقیقی، ایمان. (۱۳۸۹). بررسی اثرات حذف یارانه آشکار و پنهان انرژی در ایران: مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر بر مبنای ماتریس

داده‌های خرد تعدیل شده. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۶، صص. ۲۱-۵۴.

مهدوی، روح‌الله. (۱۳۹۵). آثار سیاست‌های توزیعی درآمد حاصل از اصلاح قیمت حامل‌های انرژی بر رفاه و متغیرهای اقتصادی در ایران (با استفاده از رهیافت تعادل عمومی قابل محاسبه). فصلنامه علمی-پژوهشی مجلس و راهبرد، دوره ۲۳، شماره ۸۷، صص. ۱۰۱-۱۳۶.

مهرآرا، محسن و عبدی، علیرضا. (۱۳۸۴). برآورد توابع تقاضا برای نهاده‌های ساختمانی: مورد ایران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال پنجم، شماره ۴.

نعمت‌الهی، زهرا و حسینی‌یکانی، سیدعلی. (۱۳۹۴). آثار زیست‌محیطی افزایش قیمت حامل‌های انرژی: استخراج ماتریس حسابداری اجتماعی محیط‌زیستی ایران. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲-۴۷، شماره ۱، صص. ۱۳۹-۱۲۷). وزارت نیرو، ترازنامه انرژی (سال‌های مختلف).

وزارت نیرو، صنعت برق ایران سال (۱۳۹۲)، شرکت مادر تخصصی توانیر.

بانک اطلاعات سری‌های زمانی اقتصادی، اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی
www.tsd.cbi.ir

درگاه ملی آمار، سری‌های زمانی www.amar.org.ir

Anger, N., Ch. Bohringer, and A. Lange (2006). Differentiation of Green Taxes: A Political-Economy Analysis for Germany. ZEW Discussion Papers, NO. 06-03.

Arrow, K.J., H.B. Chenery, B.S. Minhas and R.M. Solow (1961). Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. The Review of Economics and Statistics, Vol. 43, No. 3, pp. 225-250.

Aziz, A.A. (2007). The Potential of Energy Substitution in the Industrial Sector. International Economic Conference on Trade and Industry.

Berndt, E.R. and D.O. Wood (1975). Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy. The Review of Economics and Statistics, Vol. 57, No. 3, pp. 259-268.

- Ehud, R.I. and A. Melnik (1981). The Substitution of Capital, Labor and Energy in the Israeli Economy. Resources and ENERGY, Vol. 3, pp. 247-258.
- Guillaume, D. and R. Zytok (2010). The Economics of Energy Price Reform in the Islamic of Iran. IMF Country Report, No. 10/76.
- Haller, S., M. Hyland and L. Murphy (2013). Input and fuel substitution: Evidence from a panel of Irish manufacturing firms. 13th IAEE European Conference.
- Iqbal, M. (1986). Substitution of Labour, Capital and Energy in the Manufacturing Sector of Pakistan. Empec, Vol. 11, pp. 81-95.
- Kemfert, C. (1998). Estimated Substitution Elasticities of a Nested CES Production Function Approach for Germany. Energy Economics, Vol. 20, pp. 249-264.
- Kim, J. and E. Heo (2013). Asymmetric Substitutability between Energy and Capital: Evidence from the Manufacturing Sectors in 10 OECD Countries. Energy Economics, Vol. 40, pp. 81-89.
- Kirchgassner, G., U. Mullerand, and M. Savioz (1998). Ecological Tax Reform and Involuntary Unemployment: Simulation Results for Switzerland. Swiss Journal of Economics and Statistics, Vol. 134, No.3, pp. 329-353.
- Koetse, M.J., H.L.F. de Groot and R.J.G.M. Florax (2006). Capital-Energy Substitution and Shifts in Factor Demand: A Meta-Analysis. Tinbergen Institute Discussion Paper.
- Koskela, E., R. Schob and H.W. Sinn (1998). Pollution, Factor Taxation and Unemployment. International Tax and Public Finance, Vol. 5, No. 3, pp. 379-396.
- Ma, H., L. Oxley, J. Gibson and B. Kim (2008). China's Energy Economy: Technical Change, Factor Demand and Interfactor/Interfuel Substitution. Energy Economics, Vol. 30, pp. 2167-2183.
- Prywes, M. (1986). A Nested CES Approach to Capital-Energy Substitution. Energy Economics, Vol. 8, pp. 22-28.
- Schwartz, G. and B. Clements (1999). Government Subsidies. Journal of Economic Surveys, Vol. 13, No. 2, pp. 119-147.

Smyth, R., P.K. Narayan and H. Shi (2011). Substitution between energy and classical factor inputs in the Chinese steel sector. *Applied Energy*, Vol. 88, pp. 361-367.

Stern, D.I. (2004). *Energy and Economic Growth*. Rensselaer Working Paper, No. 0410.

Thompson, H. (2010). *Energy Substitution, Production, and Trade in the US*. AUWP.

Zha, D. and N. Ding (2014). Elasticities of Substitution between Energy and non-Energy Inputs in China Power Sector. *Economic Modelling*, Vol. 38, pp. 564-571.

A Review of Substitution between Energy and Labor in the Industrial Sector of Iran (with Emphasis on Environmental Policy)

Mohammad Reza Lotfalipour¹

Professor of Economics Faculty of Ferdowsi university of Mashhad,
lotfalipour@um.ac.ir

Mohammad Ali Falahi

Professor of Economics Faculty of Ferdowsi university of Mashhad, falahi@um.ac.ir

Elmira Zohoorian

Graduate MA in Economics, Ferdowsi University of Mashhad,
elmira_zohoorian@yahoo.com

Received: 2016/03/28 Accepted: 2017/10/11

Abstract

In this paper we investigate substitution possibilities between labor and energy in Iranian industry. We use the CES production function and periodic observation (1980-2013) to estimate the elasticity of substitution between labor and energy for the Iranian industrial sector of Iran. The results indicate a substitution elasticity of 0.48. Our estimations show that adopting an environmental policy of increasing energy prices reduces the demand for energy while increasing demand for labor. Such a policy will lead to environmental benefits by reducing energy consumption, while at the same time creating economic benefits by increasing employment and reducing energy waste.

JEL Classification: D04, L70, Q50

Keywords: Energy price, Labor demand, CES Production Function, Environment, Environmental policy

1. Corresponding author