بررسی اثرات واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی بر جانشینی درون عاملی و درون سوختی در ایران

زین‌العابدین صادقی | abed_sadeghi@yahoo.com
استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول مکاتبات)

فاطمه عباسی | abbasif_67@yahoo.com
کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

فاطمه ایرانی‌کرمانی | f_iranikermani@yahoo.com
مربی گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان

دریافت: ۹۲/۴/۲۳ | پذیرش: ۹۴/۲/۲۲

چکیده: یکی از مسائل مهم در مورد ساختار تولید و میزان استفاده از نهاده‌ها، بررسی امکان جانشینی بین نهاده‌هاست. جانشینی انرژی با سایر نهاده‌ها به دلیل ویژگی‌های خاص آن مانند پایان‌پذیری، ایجاد آلودگی و تعلق گرفتن یارانه به انواع حامل‌های انرژی در ایران، از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف اصلی مقاله‌ی حاضر بررسی اثرات واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی بر جانشینی درون‌عاملی یا درون‌سوختی در ایران است. جهت این بررسی ابتدا با استفاده از تابع هزینه‌ی ترانسلوگ و لم شفارد، معادلات سهم عوامل تولید و انواع حامل‌های انرژی محاسبه و سپس اثر واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی بر جانشینی درون‌عاملی یا درون‌سوختی با استفاده از روش یوهانسن ـ یوسیلیوس برآورد شد. نتایج اصلی حاکی از آن است که، واقعی کردن قیمت انرژی باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش بیکاری می‌شود. واقعی کردن قیمت‌های انرژی باعث جانشینی ضعیف میان انرژی با سرمایه می‌شود؛ همچنین گاز به این علت که سوخت پاک‌تر وامروزی‌تری نسبت به نفت کوره است، جانشین نفت کوره می‌شود. از طرفی چون ارزش حرارتی نفت کوره از گاز بیشتر است در برخی موارد جانشین گاز می‌شود. برق جانشین زغال‌سنگ است چرا که نسبت به زغال‌سنگ پاک‌تر و امروزی‌تر است و مصرف آن همراه با تکنولوژی افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: جانشینی درون‌عاملی، جانشینی درون‌سوختی، واقعی کردن قیمت انرژی، تابع ترانسلوگ، روش یوهانسن ـ یوسیلیوس.
طبقه‌بندی JEL: Q41, E31, C32.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه
شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | نمایه در ISC
سال نوزدهم | شماره ۴ | زمستان ۱۳۹۳ | ص ص ۸۵-۶۵

مقدمه

انرژی یکی از عوامل موثر بر رشد و توسعه اقتصادی کشوره است. از سویی به علت کمبود برخی منابع انرژی و عدم تجدیدپذیری آنها، باید به دنبال راهکارهای کاهش مصرف انرژی بود تا بدین‌گونه توسعه پایدار حاصل و منابع نسل‌های آتی نیز تامین شود. در راستای رسیدن به توسعه پایدار و ارتقاء در همه‌ی زمینه‌های منطقه‌ای و جامعه بین‌المللی، اصلاح فرآیندهای اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی مورد تاکید واقع شده و در این میان ساماندهی بازار انرژی کشور و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. چرا که یکی از منابع لازم برای توسعه‌ی بخش‌های اقتصادی امکان دستیابی به انرژی با قیمت مبادله‌ای (قیمت بازار) و متعادل است تا تخصیص منابع به طور مناسب صورت گیرد.

انرژی یک نهاده کلیدی در فرآیندهای اقتصادی است که منجر به تبدیل سایر عوامل تولید به کالاها و خدمات شده و همراه با سایر نهاده‌های تولیدی مانند نیروی کار و سرمایه در فرآیند تولید سهیم است. بنابراین از عوامل تقریباً اثرگذار بر تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف تولیدی، قیمت انرژی در مقایسه با قیمت سایر نهاده‌هاست که بر سهم هزینه‌ی انرژی نسبت به سایر نهاده‌های تولید نیز موثر است و با توجه به آن جانشینی بین انرژی و سایر نهاده‌های تولید مانند نیروی کار و سرمایه انجام می‌گیرد. از این رو بررسی امکان جانشینی نهاده‌ی انرژی با سایر نهاده‌ها، یکی از مسائل مهم در رابطه با ساختار تولید است.

بیشتر منابع انرژی مورد استفاده در کشور دارای منشاء فسیلی بوده و در نتیجه پایان‌پذیرند. بنابراین ویژگی اساسی پایان‌پذیری انرژی، آن را از سایر نهاده‌های تولید متمایز می‌کند و ضرورت صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بررسی امکان‌پذیری جانشینی آن با سایر نهاده‌ها به صورت یک مساله‌ی اساسی مطرح می‌شود، بر اساس اطلاعات ترازنامه انرژی کشور، شاخص شدت مصرف نهایی انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان بالاتر است. برای مثال در سال ۲۰۰۹، شاخص شدت مصرف نهایی انرژی (بر اساس تن معادل نفت خام/ میلیون دلار) بر حسب نرخ ارز، برای ایران ۸۹۴/۶۲ بوده، در حالیکه برای کشورهای عضو OECD ۱۰۹/۰۹، ژاپن ۵۶/۱۵ و کل جهان برابر ۱۹۱/۷۲، بوده است. در کشور ما طرح هدفمند کردن یارانه‌های انرژی تصویب شده و مرحله اول آن نیز اجرا شده‌است. بنابراین آیا واقعی کردن قیمت انرژی در ایران یا اثرات منفی حذف یارانه‌ها و افزایش قیمت‌های اسمی به وسیله جانشین شدن سایر نهاده‌های تولید به جای انرژی قابل جبران است. یا اینکه این

جانشینی امکان‌پذیر نیست و واقعی کردن قیمت انرژی فقط منجر به کاهش تقاضای عوامل تولید و افزایش قیمت تمام‌شده کالاها می‌شود.

از طرفی می‌توان کاهش مصرف انرژی را به منظور رعایت حقوق نسل‌های آینده از طریق افزایش سهم آنها از انرژی‌های فسیلی یا کاهش تولید گازهای آلاینده مانند CO_2 (که در نتیجه مصرف حامل‌های انرژی ایجاد می‌شوند) مورد توجه قرار داد.

عبارت عمومی در یک مدل تعادل عمومی به این معنی است که مدل مورد نظر دربرگیرنده تمام فعالیت‌های اقتصادی از جمله، تولید، مصرف، اشتغال، مالیات‌ها، پس‌انداز و تجارت و همچنین پیوندهای بین آنها است. یکی از نقاط قوت مدل‌های تعادل عمومی، پایه‌های تئوریک قوی خرد اقتصادی آن است. معمولاً یک مدل تعادل عمومی رفتار تمام عوامل اقتصادی را تصریح کرده درحالیکه اصول پذیرفته شده بهینه‌سازی و انتخاب را بکاربرده است. برخلاف تعادل جزئی که در آن تعادل تنها در یک بازار بررسی می‌شود و قیمت در بازارهای دیگر ثابت در نظرگرفته می‌شود، در اینجا تمام عوامل تشکیل دهنده بازارهای مختلف بصورت درون‌زا بررسی می‌شوند. به عبارت دیگر در تعادل جزئی قیمت در هر بازار به صورت جداگانه و مستقل از سایر بازارها و با فرض ثابت بودن قیمت در سایر بازارها تعیین می‌شوند.

بر این اساس هدف اصلی مقاله پاسخ به این پرسش است که آیا واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی باعث جانشینی بین عوامل تولید می‌شود؟ و آیا واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی باعث جانشینی بین انواع سوخت می‌شود؟ برای پاسخ به این پرسش چارچوب مقاله به این صورت خواهد بود که پس از مقدمه، بخش دوم مقاله به ادبیات موضوع می‌پردازد؛ در بخش سوم تصریح مدل انجام می‌شود، بخش چهارم برآورد مدل و در بخش پایانی نیز نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

ادبیات موضوع

در زمینه جانشینی میان عوامل تولید و انواع سوخت، همچنین واقعی کردن قیمت انرژی، مطالعات متعددی در کشورهای مختلف از جمله ایران صورت گرفته است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود.

مطالعات خارجی

Kant & Nautiyal (1997)، ساختار تولید، جانشینی عوامل، تغییر تکنولوژی و بهره‌وری کل عوامل در صنعت کشتی‌سازی کانادا را با بهره‌گیری از تئوری دوگان تولید و هزینه، مورد مطالعه قرار داده‌اند. بر اساس نتایج به دست آمده ساختار تولید همگن است، اما جانشینی برابر واحد نیست. در ضمن، نرخ تغییر تکنولوژی طی دوره ۳۰ساله‌ی مورد مطالعه منفی و تکنولوژی مورد نظر کار و سرمایه اندوز و انرژی‌بر و موادبر بوده است.

Jensen & Bjorner (2002)، دو مدل برای جایگزینی درون‌سوختی بین برق، گرمایش منطقه و دیگر سوخت‌ها با استفاده از داده‌های پنل برآورد کرده‌اند. یافته‌های اصلی مطالعه این است که جایگزینی درون‌سوختی در شرکت‌ها، به ویژه بین برق و دیگر سوخت‌ها کم است. کشش‌های خود قیمتی جزیی برآورد شده برای برق و دیگر سوخت‌ها کوچک است (بین منفی ۰/۰۴ و منفی ۰/۱۳)، در حالی که برای گرمایش منطقه بین منفی ۰/۴۴ و منفی ۰/۵۰ است. کشش خود قیمتی جزیی نسبت به یافته‌های کلی مطالعات کلان کوچک‌تر است. یک دلیل می‌تواند این باشد که در مطالعات کلان علاوه بر جانشینی فنی، برخی اثرات تقاضای مشتق شده نیز در نظر گرفته می‌شود.

Cho *et al.* (2004)، طی مقاله‌ای به بررسی افزایش مصرف نفت و تغییرات در نرخ دستمزد روی جایگزینی درون‌عاملی و درون‌سوختی پرداخته و یک تابع هزینه ترانسلوگ دومرحله‌ای برای نشان دادن اثر بازخورد میان جایگزینی درون‌عاملی و درون‌سوختی برآورد کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد ارتباط جانشینی/مکملی میان عوامل و سوخت‌ها، اساساً الگوهای متفاوتی قبل و بعد از ۱۹۸۹ نشان می‌دهد.

Arnberg & Bjorner (2007)، بر اساس داده‌های پنل میکرو برای شرکت‌های صنعتی، مدل‌های عامل تقاضا را با برق، سایر انرژی‌ها، نیروی کار و ماشین‌آلات سرمایه‌ای به عنوان ورودی‌های انعطاف‌پذیر مورد استفاده برای ترانسلوگ و لوجیت خطی تخمین زده‌اند. نتایج حاکی از آن است که برق و سایر انرژی‌ها با سرمایه مکمل‌اند. جایگزینی بین برق و سایر انرژی‌ها محدود است. کشش خودقیمتی برای برق در مدل ترانسلوگ منفی ۰/۲۱ و در مدل لوجیت منفی ۰/۱۹ است. کشش‌های خودقیمتی متناظر برای سایر انرژی‌هامنفی ۰/۴۵ و منفی ۰/۲۳، برای نیروی کار منفی ۰/۰۸ و منفی ۰/۰۵ و برای سرمایه منفی ۰/۴۵ و منفی ۰/۳۴ است.

Ma *et al.* (2008)، طی مقاله‌ای به بررسی تغییر فنی و جانشینی درون‌عاملی و درون‌سوختی

در اقتصادچین پرداختند. نتایج نشان‌دهنده آن است که انرژی جانشین سرمایه و نیروی کار است. زغال‌سنگ به میزان قابل توجهی قابل تعویض با برق و مکمل با دیزل است. درحالیکه بنزین و برق با دیزل جایگزین هستند. شدت انرژی چین در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۰۴-۱۹۹۵) در حال افزایش است. و به عنوان عامل اصلی با توجه به افزایش استفاده از تکنولوژی متمرکز بر انرژی در نظر گرفته می‌شود.

Abouleinein *et al.* (2009)، اثرات حذف یارانه‌ی بنزین بر تولید انرژی در مصر را برای دوره‌ی کوتاه‌مدت و بلندمدت با استفاده از روش تعادل عمومی و برآورد ماتریس حسابداری اجتماعی بررسی کردند. آنها که در پژوهش خود از داده‌های سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ استفاده کرده‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که واقعی کردن قیمت (افزایش قیمت) بنزین تاثیر بیشتری روی گروه با درآمد بالاتر داشته است.

Lin & Jiang (2010)، در بررسی خود پس از برآورد میزان یارانه‌های تخصیص‌یافته به بخش انرژی به روش شکاف قیمتی، در قالب مدل CGE بر پایه‌ی داده‌های سال ۲۰۰۷، به بررسی اثرات اصلاح یارانه‌ی انرژی بر متغیرهای اقتصاد کلان در چین پرداخته‌اند. نتایج بیانگر آن است که تحت سناریوی حذف کامل انرژی بدون بازتوزیع درآمد کاهش رفاه اقتصادی، تولید ناخالص داخلی و اشتغال به ترتیب ۲/۰۳ ، ۱/۵۶ و ۱/۴۱ درصد می‌شود. تحت سناریوی حذف کامل یارانه‌ی انرژی و بازتوزیع ۳۵ درصد از درآمد آن به اقتصاد آثار مثبتی را داشته به‌طوری‌که رفاه اقتصادی، تولید ناخالص داخلی و اشتغال به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۳۷ و ۰/۵۳ درصد افزایش می‌یابد. در سناریوی سوم درصورت بازتوزیع ۵۰ درصد ذخایر حذف یارانه، رفاه اقتصادی ۱/۵۲ درصد، تولید ناخالص داخلی ۱/۷۴ درصد و اشتغال نیز ۲/۰۷ درصد افزایش خواهد داشت.

Goldar (2012)، طی مطالعه‌ای به بررسی جایگزینی نهاده‌ها و تغییر فنی در صنعت هند پرداخته و نشان می‌دهد به طور قابل ملاحظه‌ای امکان جایگزینی نهاده انرژی به وسیله نهاده غیرانرژی در دوره بعد از ۱۹۹۲ وجود دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد درحالیکه تا سال ۱۹۹۲ هیچ صرفه‌جویی خاصی ناشی از تغییر فنی وجود نداشته است اما در دوره بعد از آن، تغییر فنی با استفاده از سرمایه و صرفه‌جویی انرژی، صنعت هند را سازمان‌یافته کرد. بنابراین امکانات جایگزینی پیشرفته نهاده انرژی به وسیله نهاده غیر انرژی (همراه با افزایش قیمت نسبی نهاده انرژی) و استفاده از سرمایه و صرفه‌جویی انرژی ناشی از تغییر فنی در دوره بعد از ۱۹۹۲، به نظر می‌رسد کاهش قابل ملاحظه‌ای در شدت انرژی صنعت چین بعد از دوره ۱۹۹۲ ایجاد کند.

مطالعات داخلی

مرزبان و همکاران (۱۳۸۴)، طی مقاله‌ای تقاضا برای انواع سوخت و جایگزینی بین آنها در نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حکایت از آن دارد که ضریب بار یک متغیر اثرگذار بر تقاضای سوخت است و مقادیر سهم سوخت‌ها نسبت به تغییرات ضریب بار باکشش هستند. رابطه‌ی جانشینی ضعیفی بین سوخت‌ها وجود دارد و تقاضای انواع سوخت نسبت به تغییرات قیمت آنها بی‌کشش است. تورش تغییرات فنی در جهت استفاده از گاز طبیعی و کاهش مصرف گازوئیل و نفت کوره عمل کرده و الگوی تورش مقیاس، در جهت افزایش شدت مصرف گازوئیل و نفت کوره و کاهش شدت مصرف گاز طبیعی بوده است. از طرفی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، تقاضای گازوئیل و نفت کوره نسبت به تغییرات سطح تولید، کاملاً باکشش و تقاضای گاز طبیعی، نسبت به تغییرات مقدار تولید بی‌کشش است.

اشراق‌نیای جهرمی و ایقانی یزدلی (۱۳۸۷)، طی مطالعه‌ای به بررسی تحلیلی موضوع جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی در ایران پرداخته‌اند. با توجه به نتایج، کشش‌های قیمتی متقاطع به دست آمده حکایت از جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی در گذشته و حال دارند، اما به دلیل کوچک بودن مقدار عددی کشش‌ها، روند این جانشینی کند است. به طور کلی در ایران، اصلی‌ترین مانع بر سر راه حرکت سریع‌تر به سوی جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی، پایین بودن سطح قیمت فرآورده‌های نفتی و هدفمند نبودن یارانه‌ها و عدم ایجاد بسترهای لازم برای حرکت به سوی استفاده از گاز طبیعی است.

صمدی و همکاران (۱۳۸۸)، طی مقاله‌ای جانشین یا مکمل بودن نهاده‌های انرژی با سرمایه را در بخش فلزات اساسی مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که با توجه به داده‌های مورد بررسی، سرمایه و برق مکمل هستند در حالی که سرمایه با سایر حامل‌های انرژی رابطه جانشینی دارد. جانشینی بین برق و سایر حامل‌های انرژی تایید نمی‌شود و کشش قیمتی مستقیم برای نیروی کار، سرمایه، برق و برای سایر حامل‌های انرژی به ترتیب برابر با منفی ۰/۴۹، منفی ۰/۱۰، ۰/۳۹-، منفی ۰/۳۱ برآوردشده است.

شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸)، در مطالعه‌ای تاثیر واقعی کردن قیمت انرژی برکشش‌پذیری تقاضای انرژی و برآورد کشش جانشینی نهاده‌ی انرژی در بخش صنعت در بلندمدت (مطالعه‌ی موردی: کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارگر و بیشتر در دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۷۴) را مورد مطالعه

قرار دادند. بر اساس نتایج این مطالعه، عوامل تولید دوبه‌دو نسبت به هم جانشین ضعیف هستند (کشش‌های متقاطع همگی کوچکتر از یک است). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که سناریوی افزایش ۷۵ درصدی قیمت انرژی باعث کاهش محسوس کشش خودقیمتی تقاضا و همچنین کشش‌های دیگر شده است.

منظور و همکاران (۱۳۸۹)، طی مطالعه‌ای پیامدهای اقتصادی سیاست حذف یارانه‌ی پنهان و آشکار انرژی، یا به عبارت دیگر اثرات افزایش قیمت حامل‌های انرژی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. نتایج حاکی از آن است که در اثر اجرای این سیاست، رفاه خانوارها و سطح تولیدات داخل کاهش خواهد یافت. به جز بخش بالادستی انرژی، سایر بخش‌ها با کاهش سطح فعالیت مواجه می‌شوند. صادرات انرژی افزایش یافته و صادرات سایر کالاها کاهش می‌یابد. در مقابل واردات انرژی کاهش و واردات سایر کالاها افزایش خواهد داشت. همچنین تقاضای فعالیت‌های تولیدی و مصرف خانوارها از انرژی کاهش می‌یابد.

پرمه و همکاران (۱۳۹۰)، طی مطالعه‌ای به برآورد اثرات طرح هدفمندسازی یارانه حامل‌های انرژی بر سطح قیمت کالاها و خدمات پرداخته‌اند. نتایج سناریوهای افزایش قیمت حامل‌های انرژی نشان می‌دهد شاخص قیمت‌ها به میزان ۳۶/۸ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین بررسی آثار پرداخت‌های مستقیم دولت بر تقاضای اقتصاد نشان می‌دهد اگر دولت به هر نفر در خانوارهای دهک‌های اول و دوم، ماهانه ۳۰۰ هزار ریال، به هر نفر در خانوارهای دهک‌های سوم و چهارم ۲۵۰ هزار ریال و به هر نفر از خانوارهای دهک‌های پنجم و ششم ۲۰۰ هزار ریال پرداخت کند، طرف تقاضای اقتصاد ۱/۵ درصد افزایش خواهد داشت. بررسی شاخص هزینه‌ی زندگی خانوارها نشان می‌دهد پرداختی انتقالی دولت به دهک‌های پایین افزایش هزینه‌ی زندگی آنها را جبران نمی‌کند و دولت باید حداقل به میزان افزایش در شاخص هزینه زندگی، به این خانوارها پرداخت کند تا بتواند قدرت خرید آنها را ثابت نگه دارد.

حسینی‌نسب و حاضری‌نیری (۱۳۹۱)، طی مطالعه‌ای به بررسی اثر اصلاح یارانه انرژی بر تولید و تورم پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد افزایش قیمت حامل‌های انرژی بدون بازتوزیع درآمد موجب کاهش معنی‌دار تولید کل، نرخ اشتغال و افزایش نرخ تورم می‌شود. از طرف دیگر بسته‌های حمایتی دولت و بازتوزیع درآمد ناشی از اصلاح قیمت انرژی تحت سناریوهای مختلف به سمت تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان تا حد قابل توجهی بخشی از افزایش هزینه‌های تولید را جبران و درصد کاهش در تولید کل و اشتغال را کمتر می‌کند. در مقابل افزایش نقدینگی

ناشی از این بازتوزیع موجب افزایش فشار تقاضا و بنابراین افزایش بیشتر نرخ تورم می‌شود.

مبانی نظری پژوهش و تصریح مدل

به طور معمول در ادبیات اقتصاد انرژی، تابع هزینه ترانسلوگ[1] برای برآورد کشش‌های تقاضای انرژی به کار برده می‌شود. علاوه بر این تابع هزینه ترانسلوگ، تصریح مناسبی از نظریه دوگانگی است و به عنوان تقریب مرتبه دوم، مانع از نیاز به تصریح تابع تولید خاصی می‌شود. در تابع ترانسلوگ فرض کشش جانشینی ثابت یا مساوی لازم نیست.

در این مطالعه چگونگی اثرگذاری تغییر در قیمت سوخت خاص روی مصرف سوخت از طریق اثر بازخورد بین جانشینی درون‌سوختی و درون‌عاملی مدل‌سازی می‌شود، فرض می‌شود تابع تولید نسبت به اجزای اصل انرژی، سرمایه و نیروی کار به شکل ضعیفی تفکیک‌پذیر باشد. این فرض اجازه می‌دهد شاخص قیمت انرژی کل از قیمت‌های سوخت ساخته شود. سپس می‌توان فرض کرد که انرژی، سرمایه و نیروی کار نسبت به اجزای خود هموتُتیک هستند به طوری که می‌توان یک معادله هموتُتیک از سهم هزینه سوخت تصریح کرد.

بنابراین یک تقریب مرتبه دوم از هزینه به صورت تابعی از زمان، لگاریتم قیمت نهاده و لگاریتم ستانده برای تابع هزینه ترانسلوگ غیرهموتُتیک از کل عوامل استفاده می‌شود.

$$\ln TC = \beta_0 + \sum_{i=1}^{m} \beta_i \ln P_{it} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} \beta_{ij} \ln P_{it} \ln P_{jt} + \beta_y \ln Y_t + \frac{1}{2}\beta_{yy}(\ln Y_t)^2 + \sum_{i=1}^{m} \beta_{iy} \ln P_{it} \ln Y_t \quad (1)$$

که ln به لگاریتم طبیعی اشاره دارد، TC هزینه کل است، $(P_{it})P_{jt}$ بیانگر قیمت عامل ورودی j (i) در زمان t است. Y_t سطح تولید در دوره t است. با استفاده از مجموعه‌ی مناسبی از قیود روی پارامترهای معادله ۱، می‌توان هر تابع هزینه و تولید ناشناخته‌ای را تقریب زد. شرط تقارن به صورت معادله (۲) است:

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad \text{for all } i \neq j \quad (2)$$

که نشان‌دهنده برابری مشتقات متقاطع است. همگنی خطی در قیمت‌ها (زمانی که قیمت‌های همه عوامل دو برابر می‌شود هزینه کل نیز دو برابر می‌شود) نیازمند شرایط رابطه (۳) است:

$$\sum_{i=1}^{m} \beta_i = 1 \,, \sum_{i=1}^{m} \beta_{ij} = 0, \sum_{i=1}^{m} \beta_{iy} = 0, \sum_{i=1}^{m} \beta_{it} = 0, i, j = 1, \dots, m \quad (3)$$

1. Translog

با استفاده از لم شفارد[1]، سیستم توابع تقاضای حداقل‌کننده‌ی هزینه‌ی بنگاه (تقاضای مشروط عوامل) را می‌توان با دیفرانسیل معادله (۱) نسبت به قیمت‌های نهاده برای به دست آوردن سیستم (۴) از معادلات سهم عوامل فراهم کرد.

$$S_{factor} = \beta_i + \sum_{j=1}^{m} \beta_{ij} \ln P_{jt} + \beta_{iy} \ln Y_t \qquad (۴)$$

با $i, j = K, L \& E$ ،i (به ترتیب؛ سرمایه، نیروی کار و انرژی) تابع ترانسلوگ هموتُتیک شاخص قیمت جمعی‌سازی‌شده‌ی انرژی به وسیله معادله (۵) معین می‌شود:

$$\ln P_E = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \ln P_{it} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \ln P_{it} \ln P_{jt} \qquad (۵)$$

که P_E قیمت جمعی‌سازی شده انرژی است. $(P_{it})P_{jt}$ بیانگر قیمت سوخت(i)j در زمان t است. γها پارامترهایی برای تخمین هستند. با دیفرانسیل‌گیری از معادله (۵) نسبت به قیمت سوخت خاص، معادلات سهم سوخت را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$S_{fuel} = \gamma_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_i \ln P_{jt} \qquad (۶)$$

که $j = CO, EL, NG, OI$ (به ترتیب زغال‌سنگ، برق، گاز طبیعی و نفت کوره).

پس از یک رویکرد دومرحله‌ای پیشنهاد شده توسط پنداک[2] (۱۹۷۹)، می‌توان ابتدا معادله (۶) تابع هزینه ترانسلوگ هموتُتیک سهم هزینه سوخت را با فرض بازدهی نسبت به مقیاس ثابت تخمین زد. پیامد تخمین پارامترها، کشش خودقیمتی جزیی و کشش قیمتی متقاطع منابع سوخت را نتیجه می‌دهد. هزینه‌ی مناسب سوخت $(\widehat{P_E})$ بر اساس معادله (۵) با استفاده از پارامترهای برآورد شده از معادله (۶) محاسبه می‌شود و به عنوان یک متغیر ابزاری برای قیمت جمعی‌سازی شده انرژی (P_E) به کار می‌رود. سپس تابع ترانسلوگ غیر هموتُتیک هزینه عوامل معادله (۱) و معادله سهم عوامل، تخمین زده می‌شود.

کشش‌های جزیی جانشینی آلن[3] (σ_{ij})، کشش خودقیمتی تقاضا (η_{ii}) و کشش‌های قیمتی متقاطع تقاضا (η_{ij}) برای فرآیند تولید توسط معادلات (۷) و (۸) و با استفاده از پارامترهای تخمین زده شده از معادله (۴) معین می‌شود.

$$\sigma_{ij} = 1 + \beta_{ij}/S_i S_j \; \forall i \neq j \quad \text{and} \quad \sigma_{ii} = (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i)/S_i^2 \qquad (۷)$$

$$\eta_{ii} = \sigma_{ii} S_i \quad \text{and} \quad \eta_{ij} = \sigma_{ij} S_j \quad \forall i \neq j \;\; \text{for i, j} = K, L, E \qquad (۸)$$

1. Shephard's Lemma
2. Pindyck
3. Allen elasticity of partial substitution

که S_i سهم هزینه عامل i است. σ_{ij} مثبت نشان می‌دهد عوامل i و j جانشین هستند، در حالی که σ_{ij} منفی حاکی از آن است که عوامل i و j مکمل‌اند. به همین ترتیب، کشش‌های جزیی جانشینی آلن σ_{ij} بین سوخت‌ها و کشش خودقیمتی تقاضای مشروط سوخت (η_{ii}) و کشش‌های قیمتی متقاطع تقاضای مشروط سوخت (η_{ij}) به وسیله معادلات (۷) و (۸) و با استفاده از پارامترهای برآورد شده از معادله (۶) تخمین زده می‌شوند. کل کشش‌های خودقیمتی و قیمتی متقاطع تقاضای سوخت می‌تواند به صورت معادله (۹) برآورد شود.

$$\eta^*_{ii} = \eta_{ii} + \eta_{EE}S_i \quad \text{and } \eta^*_{ij} = \eta_{ij} + \eta_{EE}S_j \ \text{ for } i,j = CO, EL, GA, OI \qquad (۹)$$

که S_i سهم هزینه منبع سوخت iام درکل نهاده انرژی و η_{EE} کشش خودقیمتی از مصرف جمعی‌سازی شده انرژی از معادله (۸) است. کل کشش‌های خودقیمتی و قیمتی متقاطع تقاضای سوخت در واقع هر دو اثر تغییر قیمت با در نظر گرفتن مصرف جمعی‌سازی شده انرژی (عبارت η_{ii} و η_{ij} در معادله (۹)) و بدون در نظر گرفتن اثر تغییرات در مصرف جمعی‌سازی شده انرژی، و اثر بازخورد بین جانشینی درون‌عاملی و درون‌سوختی ناشی از تغییر قیمت سوخت خاص (عبارت $\eta_{EE}S_i$ و $\eta_{EE}S_j$ در معادله (۹)) را منعکس می‌کند.

در نهایت کشش‌های موریشیما (MES) محاسبه می‌شوند که عبارت است از: درصد تغییر در نسبت دو عامل i و j دراثر تغییر در قیمت یکی از عوامل. کشش‌های موریشیما از فرمول (۱۰) تخمین زده می‌شوند:

$$MES_{ij} = \frac{\partial \ln(\frac{x_i}{x_j})}{\partial \ln P_j} = \frac{\beta_{ij}}{S_i} - \frac{\beta_{ij}}{S_j} + 1 \rightarrow \text{for}(i \neq j) \qquad (۱۰)$$

تصریح مدل سهم عوامل تولید در بلندمدت

معادلات سهم عوامل تولید در بلندمدت در این قسمت به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$\begin{aligned} se &= \beta_{ee}lnpe + \beta_{el}lnpl + \beta_{ek}lnpk + \beta_{ey}lny \\ sl &= \beta_{le}lnpe + \beta_{ll}lnpl + \beta_{lk}lnpk + \beta_{ly}lny \\ sk &= \beta_{ke}lnpe + \beta_{kl}lnpl + \beta_{kk}lnpk + \beta_{ky}lny \end{aligned} \qquad (۱۱)$$

در معادلات (۱۱) از متغیرهای زیر استفاده شده است.

se = سهم انرژی در هزینه کل که از تقسیم حاصل‌ضرب قیمت انرژی در مصرف انرژی بر هزینه کل به دست می‌آید.

sl = سهم نیروی کار در هزینه کل که از تقسیم حاصل‌ضرب قیمت نیروی کار در تعداد نیروی

کار بر هزینه کل به دست می‌آید.

sk = سهم سرمایه درهزینه کل است که از تقسیم حاصل‌ضرب قیمت سرمایه در موجودی سرمایه بر هزینه کل به دست می‌آید.

همچنین lnpe، lnpl ، lnpk و lny به ترتیب بیانگر لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم قیمت نیروی کار، لگاریتم قیمت سرمایه و لگاریتم تولید ناخالص داخلی هستند.

تصریح مدل سهم انواع سوخت در بلندمدت

معادلات سهم انواع سوخت در بلندمدت به صورت زیر تصریح می‌شود.

$$\begin{aligned} sc &= \beta_{cc}lnpc + \beta_{ce}lnpe + \beta_{cg}lnpg + \beta_{ck}lnpk \\ se &= \beta_{ec}lnpc + \beta_{ee}lnpe + \beta_{eg}lnpg + \beta_{ek}lnpk \\ sg &= \beta_{gc}lnpc + \beta_{ge}lnpe + \beta_{gg}lnpg + \beta_{gk}lnpk \\ sk &= \beta_{kc}lnpc + \beta_{ke}lnpe + \beta_{kg}lnpg + \beta_{kk}lnpk \end{aligned} \qquad (۱۲)$$

در معادلات (۱۲) متغیرهای زیر به کار گرفته شده‌اند:

sc سهم زغال‌سنگ در هزینه کل انرژی است که از تقسیم حاصلضرب قیمت زغال‌سنگ در مصرف زغال‌سنگ بر هزینه کل انرژی به‌دست می‌آید.

se، sg و sk به ترتیب سهم برق، گاز طبیعی و نفت کوره در هزینه کل انرژی است که همانند سهم زغال‌سنگ محاسبه می‌شوند.

همچنین lnpc، lnpe ، lnpg و lnpk به ترتیب بیانگر لگاریتم قیمت زغال‌سنگ، لگاریتم قیمت برق، لگاریتم قیمت گاز طبیعی و لگاریتم قیمت نفت کوره هستند.

در تخمین معادلات سهم، ملاحظات زیر صورت گرفته است:

۱. برای شاخص قیمت انرژی ، از معادله‌ی (۵) استفاده می‌شود.

۲. برای تعیین سطح موجودی سرمایه از روش زیر استفاده می‌شود.

در این روش تابع سرمایه‌گذاری خالص به صورت رابطه (۱۳) در نظر گرفته می‌شود:

$$I_t = Ie^{\lambda t} \qquad (۱۳)$$

که در آن I_t نشانگر سرمایه‌گذاری خالص در سال t، I سرمایه‌گذاری در سال پایه و λ نرخ رشد سرمایه‌گذاری است. به این ترتیب موجودی سرمایه در سال پایه عبارت است از:

$$k_0 = \int I_t dt = \int Ie^{\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \rightarrow k_0 = \frac{1}{\lambda} \quad (۱۴)$$

برای محاسبه موجودی سرمایه در سال پایه λ از تخمین معادله (۱۵) به دست می‌آید:

$$I_t = Ie^{\lambda t} \rightarrow \ln I_t = \ln I + \lambda t \quad (۱۵)$$

اینک با استفاده از تعریف K به صورت زیر و محاسبه موجودی سرمایه در سال پایه از طریق رابطه‌ی (۱۱) می‌توان موجودی سرمایه را برای سال‌های مختلف به دست آورد.

$$K_t = K_{t-1} + I_t - \delta(K_t) \rightarrow (1-\delta)K_t = K_{t-1} + I_t \rightarrow k_t = \frac{K_{t-1}+I_t}{1+\delta} \quad (۱۶)$$

δ نرخ استهلاک سرمایه است که برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته می‌شود (اعمی‌بنده‌قرائی، ۱۳۸۵).

۳. متغیرهای قیمت سرمایه و قیمت نیروی کار به ترتیب به صورت رابط (۱۷) محاسبه می‌شوند:

$$P_k = \frac{\text{دستمزد} - \text{ارزش افزوده}}{\text{موجودی سرمایه}} \quad (۱۷)$$

$$P_L = \frac{\text{کل دستمزد پرداختی به نیروی کار}}{\text{تعداد کل نیروی کار}}$$

در تخمین مدل با توجه به اینکه حامل‌های انرژی واحدهای مصرفی متفاوتی دارند، بنابراین مصرف هرنوع ازحامل‌های انرژی بر حسب واحد کیلووات ساعت و قیمت آنها برحسب ریال بر کیلووات ساعت محاسبه شده و شاخص وزنی قیمت انرژی محاسبه می‌شود.

قلمرو زمانی این تحقیق از سال ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۰است. در این پژوهش سعی می‌شود معادلات سهم عوامل تولید و انواع سوخت در دو سناریوی قیمت‌های جهانی و قیمت‌های داخلی بررسی شوند. در واقع در سناریوی قیمت‌های جهانی سعی می‌شود، کشش‌پذیری تقاضای انرژی در صورتی که قیمت‌ها به سطح واقعی خود برسند، محاسبه شود.

برآورد الگو

برای محاسبه‌ی کشش‌های بیان‌شده در قسمت قبل، باید ضرایب متغیرها تخمین زده شود. در این مطالعه برای تخمین ضرایب و بررسی رابطه‌ی بلندمدت میان متغیرهای الگو از آزمون یوهانسن- یوسیلیوس[1] استفاده می‌شود.

1. Johansen- Juselius

برآورد معادلات سهم عوامل تولید

نتایج حاصل از تخمین معادلات سهم عوامل تولید (معادلات ۱۱)، به صورت جدول (۱) است:

جدول ۱: نتایج تخمین سهم عوامل تولید در بلند مدت

ضرایب	β_{ee}	β_{el}	β_{ek}	β_{ey}	β_{le}	β_{ll}
قبل از سناریوی افزایش	-۱/۱	۱/۳۵	۰/۷۸	۲/۰۲	۱/۴۲	۲/۸
قیمت خطای معیار	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۷۷	۱/۵۹	۱/۸۵
بعد از سناریوی افزایش	۰/۱۵	۰/۱۳	-۰/۰۱	-۰/۶۴	-۰/۱۴	-۰/۱۶
قیمت خطای معیار	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶
ضرایب	β_{lk}	β_{ly}	β_{ke}	β_{kl}	β_{kk}	β_{ky}
قبل از سناریوی افزایش	۱/۹۷	-۲۹/۵	۰/۰۷	-۰/۴	-۰/۱۸	۰/۵۴
قیمت خطای معیار	۰/۹۴	۴/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱۴
بعد از سناریوی افزایش	۰/۵۲	-۲/۸	-۰/۱۲	-۰/۲۱	-۰/۰۱	۰/۰۸
قیمت خطای معیار	۰/۰۸	۰/۴۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱

مرحله‌ی بعد از تخمین ضرایب، محاسبه‌ی کشش‌هاست. برای محاسبه‌ی کشش‌های خودقیمتی و متقاطعی از فرمول‌های (۸) و ضرایب تخمین زده شده در جدول (۱) استفاده شده است. حاصل این محاسبات به صورت زیر است: (روی محور افقی j و روی محور عمودی i قرار دارد، در حالی که تمام کشش‌ها در اثر تغییر قیمت j به دست می‌آید.)

جدول ۲: کشش‌های خود قیمتی و متقاطع عوامل تولید در سناریوی قیمت‌های داخلی انرژی

η_{ij}	E	L	K
E	-۴/۱۲	۴/۵	۳/۱
L	۱/۲۴	-۲۲/۴۱	۱۵/۷
K	۰/۴۵	-۰/۶۲	-۰/۷۸

جدول ۳: کشش‌های خود قیمتی و متقاطع عوامل تولید در سناریوی قیمت‌های جهانی انرژی

η_{ij}	E	L	K
E	-۰/۲	۰/۳۱	۰/۴۳
L	-۲/۳	-۴/۱۵	۱۰/۸۵
K	۰/۲۳	۰/۰۲	-۰/۵۷

کشش‌های محاسبه شده در جدول‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد که:

کشش تقاضای انرژی نسبت به قیمت انرژی در بلندمدت در سناریوی قیمت‌های داخلی برابر با منفی ۴/۱۲ است. تفسیر آن به این صورت است که یک درصد افزایش در قیمت انرژی در بلندمدت در صورت ثابت بودن سایر عوامل باعث کاهش ۴/۱۲ درصد در تقاضای انرژی در کشور می‌شود. به عبارت دیگر تقاضای انرژی در ایران در بلندمدت در سناریوی قیمت‌های داخلی نسبت به تغییر قیمت انرژی با کشش است (قدرمطلق کشش بزرگ‌تر از واحد به دست آمده است). از طرفی مقدار این کشش در سناریوی قیمت‌های جهانی برابر با منفی ۰/۲ است. به این مفهوم که تقاضای انرژی در سناریوی قیمت‌های جهانی نسبت به تغییر قیمت انرژی بی‌کشش است (قدرمطلق کشش کوچک‌تر از واحد به دست آمده است). (در مقاله شکیبایی و همکاران مقدار این ضریب در سناریوی قیمت‌های داخلی برابر با منفی ۱/۶ و در سناریوی قیمت‌های جهانی برابر با منفی ۰/۱۸ است).

کشش تقاضای انرژی نسبت به قیمت نیروی کار برابر با ۴/۵ است که علامت کشش متقاطع نشان می‌دهد نیروی کار و انرژی در بلندمدت در حالت تغییر سطح دستمزد جانشین هم هستند. تفسیر این کشش به این صورت است که یک درصد افزایش درسطح دستمزدها در بلندمدت در صورت ثابت بودن سایر عوامل باعث افزایش تقاضای انرژی به اندازه ۴/۵ درصد می شود. به علاوه مقدار این کشش با واقعی شدن قیمت‌ها به ۰/۳۱ می‌رسد. با وجود بی‌کشش بودن اما همچنان جانشین ضعیف هم هستند.

کشش تقاضای نیروی کار نسبت به قیمت انرژی برابر با ۱/۲۴ است که نشان‌دهنده باکشش بودن تقاضای نیروی کار نسبت به تغییر قیمت انرژی در بلندمدت است، و اینکه این دو عامل جانشین هستند. اما در سناریوی قیمت‌های جهانی انرژی، مقدار این کشش منفی ۲/۳ است. به این معنی که نیروی کار با انرژی مکمل است که در توضیح آن می‌توان گفت در ایران بهره‌وری نیروی کار آنقدر بالا نیست که بتواند از طریق کاهش مصرف انرژی جانشین انرژی شود. به عبارت بهتر با تکنولوژی موجود واقعی کردن قیمت‌حامل‌های انرژی موجب مکمل شدن نیروی کار با انرژی شده و کاهش مصرف انرژی باعث افزایش بیکاری می‌شود. پس از هدفمند کردن یارانه‌ها افزایش قیمت حامل‌های انرژی به دلیل مکمل بودن نیروی کار با انرژی باعث افزایش بیکاری در ایران شده‌است. بقیه‌ی ضرایب به همین صورت تفسیر می‌شوند.

برای محاسبه کشش جانشینی آلن از ضرایب به دست آمده در جدول (۱) و فرمول‌های (۷)

استفاده می‌شود. حاصل محاسبات به صورت جدول (۴) است:

جدول ۴: کشش‌های جانشینی آلن عوامل تولید در سناریوی قیمت‌های داخلی انرژی

δ_{ij}	E	L	K
E	-۱۲/۸۷	۳۴/۶۵	۵/۵۵
L	۳۵/۱۴	-۱۷۲/۳۷	۲۸/۵۵
K	۱/۴	-۴/۷۳	-۱/۴۱

جدول ۵:کشش‌های جانشینی آلن عوامل تولید در سناریوی قیمت‌های جهانی انرژی

δ_{ij}	E	L	K
E	-۰/۴	۶/۲	۰/۹۶
L	-۴/۶	-۸۳	۲۴/۱۱
K	۰/۴۷	۰/۳۸	-۱/۲۸

کشش‌های محاسبه شده در جداول (۴) و (۵) نشان می‌دهد، اگر δ_{ij} مثبت باشد دو عامل تولیدی جانشین و اگر منفی باشد دو عامل تولیدی مکمل هستند. برای مثال؛ δ_{el}=۳۴/۵۶ نشان می‌دهد دو عامل انرژی و نیروی کار جانشین هم هستند. از طرفی با واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی، مقدار این کشش به ۶/۲ می‌رسدکه در این مورد کشش جانشینی کاهش می‌یابد.

کشش‌های موریشیما با توجه به محاسبات صورت گرفته طبق فرمول (۱۰) و ضرایب تخمین زده شده در جدول (۱) به صورت جدول (۶) محاسبه می‌شوند:

جدول ۶: کشش‌های جانشینی موریشیما عوامل تولید در سناریوی قیمت‌های داخلی انرژی

MES_{ij}	E	L	K
E	-	-۵/۳۹	۲/۰۵
L	۷/۴۸	-	۱۲/۵۷
K	۰/۹۱	۳/۴	-

جدول ۷:کشش‌های جانشینی موریشیما عوامل تولید در سناریوی قیمت‌های جهانی انرژی

MES_{ij}	E	L	K
E	-	-۱/۳۴	۱
L	-۱/۵۲	-	۱۰/۲۴
K	۰/۹۷	۱/۲۵	-

کشش نسبت عامل انرژی به نیروی کار در اثر تغییر قیمت نیروی کار در سناریوی قیمت‌های داخلی برابر با منفی ۵/۳۹ است. این نشان می‌دهد که در بلندمدت این نسبت، نسبت به تغییر سطح دستمزدها باکشش است. به گونه‌ای که یک درصد تغییر در سطح دستمزدها در صورت ثابت بودن سایر عوامل، باعث کاهش ۵/۳۹ در نسبت انرژی به نیروی کار در بلندمدت می‌شود. در سناریوی قیمت‌های جهانی مقدار این کشش به منفی ۱/۳۴ می‌رسد.

برآورد معادلات سهم انواع سوخت

نتایج حاصل از تخمین معادلات سهم انواع سوخت (معادلات ۱۲)، به صورت جدول (۸) است:

جدول ۸: نتایج تخمین سهم انواع سوخت در بلندمدت

ضرایب	β_{cc}	β_{ce}	β_{cg}	β_{ck}	β_{ec}	β_{ee}	β_{eg}	β_{ek}
قبل از سناریوی افزایش قیمت	۰/۰۳	۰/۰۹	-۰/۷۲	۰/۵۳	۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۰۲
خطای معیار	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
بعد از سناریوی افزایش قیمت	۱/۳۴	-۰/۵۸	۰/۰۵	-۰/۷۴	۰/۷۴	-۰/۲۶	-۰/۰۳	-۰/۴۱
خطای معیار	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۵
ضرایب	β_{gc}	β_{ge}	β_{gg}	β_{gk}	β_{kc}	β_{ke}	β_{kg}	β_{kk}
قبل از سناریوی افزایش قیمت	۰/۴	-۰/۴۴	۰/۳	-۰/۱۶	-۰/۳	۰/۱۴	-۰/۰۷	۰/۱۱
خطای معیار	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
بعد از سناریوی افزایش قیمت	-۱/۸	۱	-۰/۰۳	۰/۷۸	۲/۰۲	-۱/۴۱	۰/۳	-۰/۸۴
خطای معیار	۰/۱۴	۰/۱	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۸

برای محاسبه‌ی کشش‌های خودقیمتی و متقاطع از فرمول‌های (۹) و ضرایب تخمین زده شده در جدول (۸) استفاده شده است. حاصل این محاسبات به صورت جدول (۹) است:

جدول ۹:کشش‌های خود قیمتی و متقاطع انواع سوخت در سناریوی قیمت‌های داخلی

η_{ij}	C	E	G	K
C	-۱/۴۷	۰/۳۸	-۵/۱	۱/۶۴
E	-۰/۲۶	-۳/۱	۰/۰۷	-۱/۸۲
G	۰/۳۸	-۱/۱۷	-۱/۷۳	-۱/۵۴
K	-۱/۴	۰/۲۸	-۱/۴۷	-۱/۸۶

جدول ۱۰: کشش‌های خود قیمتی و متقاطع انواع سوخت در سناریوی قیمت‌های جهانی

η_{ij}	C	E	G	K
C	-۲۱/۸۶	-۹/۵۵	۱/۳۲	-۱۲/۱۱
E	۴/۹۸	-۲/۶۱	۰/۲۲	-۲/۵۱
G	-۳/۴۱	۲/۱	-۰/۶۴	۱/۷۶
K	۷/۵۳	-۵/۱	۱/۵۳	-۳/۸۹

تفسیر کشش‌های خودقیمتی و متقاطع برای انواع سوخت، همانند کشش‌های مربوط به عوامل است. برای مثال؛ در سناریوی قیمت‌های داخلی، η_{ge} = -۱/۱۷ است. علامت کشش متقاطع نشان می دهد که گاز طبیعی و برق در بلندمدت در حالت تغییر قیمت برق مکمل هم هستند. از طرفی این مقدار نشان‌دهنده باکشش بودن تقاضای گاز طبیعی نسبت به تغییر قیمت برق در بلندمدت است. همین کشش در سناریوی قیمت‌های جهانی برابر با ۲/۱ است. به عبارتی با واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی، گاز جانشین برق می‌شود.

کشش‌های جانشینی آلن طبق ضرایب به دست آمده از جدول (۸) و فرمول‌های (۷) به صورت جدول (۱۱) است:

جدول ۱۱: کشش‌های جانشینی آلن انواع سوخت در سناریوی قیمت‌های داخلی انرژی

δ_{ij}	C	E	G	K
C	-۳/۶	۱۶/۷۹	-۸/۲۴	۸/۵۴
E	۲/۷۵	-۹۹	۴/۳	-۰/۸۱
G	۶/۱۳	-۳۴/۷۷	-۰/۱۱	-۰/۰۶
K	-۳/۲۷	۱۳/۶۱	۰/۵۴	-۰/۹

جدول ۱۲: کشش‌های جانشینی آلن انواع سوخت در سناریوی قیمت‌های جهانی

δ_{ij}	C	E	G	K
C	-۳۴۱/۴۴	-۶۳/۴۴	۲/۷۳	-۴۴/۶۸
E	۸۳/۲۲	-۱۷/۲۲	۰/۶۲	-۹/۱۲
G	-۵۶/۶۹	۱۳/۸۷	-۱/۰۳	۶/۶۹
K	۱۲۵/۶۹	-۳۳/۸۱	۳/۱۴	-۱۴/۲۳

کشش‌های جانشینی موریشیما طبق ضرایب به دست آمده از جدول (۸) و فرمول (۱۰) به صورت جدول (۱۳) است:

جدول ۱۳: کشش‌های جانشینی موریشیما انواع سوخت در سناریوی قیمت‌های داخلی

MES_{ii}	C	E	G	K
C	-	-۱/۵۳	-۱/۰۳	۲/۳۵
E	۱/۲۸	-	۲/۲۴	۰/۹۴
G	-۰/۱۳	۱۴/۶	-	۱/۰۴
K	۱/۷۷	-۳/۲۹	۰/۹۸	-

جدول ۱۴: کشش‌های جانشینی موریشیما انواع سوخت در سناریوی قیمت‌های جهانی

MES_{ii}	C	E	G	K
C	-	-۴/۸	۱/۸	-۸/۵۹
E	-۶/۴	-	۰/۸۶	-۰/۲۱
G	۲۷/۵۴	-۳/۷۶	-	-۰/۴۲
K	-۲۵/۱۹	۵/۱۸	۱/۵۳	-

برای بیان کشش جانشینی موریشیما یکی از ضرایب برای نمونه تفسیر می‌شود بقیه ضرایب نیز به همین شکل تفسیر می‌شوند. برای مثال؛ کشش نسبت زغال‌سنگ به برق در اثر تغییر قیمت برق در سناریوی قیمت‌های داخلی، برابر با منفی ۱/۵۳ است. این نشان می‌دهد که در بلندمدت این نسبت، نسبت به تغییر قیمت برق باکشش است. به گونه‌ای که یک درصد تغییر در قیمت برق در صورت ثابت بودن سایر عوامل، باعث کاهش ۱/۵۳ درصد در نسبت زغال‌سنگ به برق در بلندمدت می‌شود.

در سناریوی قیمت‌های جهانی مقدار این کشش به منفی ۴/۸ می‌رسد. و نشان‌دهنده‌ی این است که کشش بیشتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

به فرض اینکه قیمت حامل‌های انرژی به سطح جهانی برسد؛ در این حالت، کشش قیمتی تقاضای انرژی از منفی ۴/۱۲ به منفی ۰/۲ کاهش می‌یابد که می‌توان نتیجه گرفت واقعی کردن قیمت‌ها به تنهایی نمی‌تواند مانع کاهش مصرف انرژی شود بلکه باید در کنار آن سیاست بهبود فناوری تولید را نیز در کشور مد نظر قرار داد.

واقعی کردن قیمت‌های انرژی باعث جانشینی ضعیف بین انرژی با سرمایه می‌شود، این نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری ضعیف ساختار تولید در ایران به دلیل کهنگی فناوری تولید است. بنابراین باید همزمان با واقعی کردن قیمت‌ها، به روز کردن فناوری تولید در ایران نیز مد نظر قرار گیرد.

همچنین کشش تقاضای انرژی نسبت به تغییر سطح دستمزدها در سناریوی قیمت‌های داخلی برابر با ۴/۵ است که در سناریوی قیمت‌های جهانی به ۰/۳۱ درصد کاهش می‌یابد. به این مفهوم که کشش تقاضای انرژی نسبت به تغییر سطح دستمزدها در سناریوی قیمت‌های داخلی باکشش بوده و با واقعی شدن قیمت‌ها بی‌کشش می‌شود. به عبارتی واقعی شدن قیمت‌ها باعث جانشینی ضعیف بین نیروی کار و انرژی می‌شود.

از کشش‌های جانشینی موریشیما جدول (۶)، می‌توان نتیجه گرفت که نسبت عامل انرژی به سرمایه در اثر تغییر قیمت سرمایه با کشش است (منفی ۵/۳۹)؛ همچنین نسبت عامل انرژی به نیروی کار در اثر تغییر قیمت نیروی کار نیز باکشش است (۲/۰۵).

از طرفی نتایج کشش‌های متقاطع جدول (۳) نشانگر آن است که واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی در رابطه با عوامل تولید باعث می‌شود عوامل تولید، دو به دو جانشین هم شوند. فقط در مورد جانشینی نیروی کار به جای انرژی باید گفت نیروی کار مکمل انرژی است. در توضیح آن می‌توان گفت در ایران بهره‌وری نیروی کار آنقدر بالا نیست که بتواند از طریق کاهش مصرف انرژی جانشین انرژی شود. به عبارت بهتر با تکنولوژی موجود واقعی کردن قیمت‌حامل‌های انرژی موجب مکمل شدن نیروی کار با انرژی شده و کاهش مصرف انرژی باعث افزایش بیکاری می‌شود.

همچنین درمورد انواع سوخت جدول (۱۰) باید بیان کرد که واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی باعث جانشین شدن برق به جای زغال‌سنگ، زغال‌سنگ به جای گاز، نفت کوره به جای زغال‌سنگ،

برق به جای گاز، گاز به جای برق، گاز به جای نفت کوره و نفت کوره به جای گاز و مکمل شدن زغال‌سنگ با برق، گاز با زغال‌سنگ، زغال‌سنگ با نفت کوره، برق با نفت کوره و نفت کوره با برق می‌شود. در تفسیر برخی از این روابط می‌توان گفت:

گاز به این علت که سوخت پاک‌تر و مدرن‌تری نسبت به نفت کوره است جانشین نفت کوره می‌شود. از طرفی چون ارزش حرارتی نفت کوره از گاز بیشتر است در برخی موارد جانشین گاز می‌شود. برق جانشین زغال‌سنگ است چرا که نسبت به زغال‌سنگ پاک‌تر و مدرن‌تر است و همراه با پیشرفت تکنولوژی مصرف آن افزایش می‌یابد. زغال‌سنگ مکمل برق است زیرا در اکثر بخش‌های اقتصاد، برق به عنوان یک نهاده‌ی ضروری مطرح است. در برخی از صنایع پرمصرف از لحاظ انرژی مثل صنعت فولاد، گاز و زغال‌سنگ با هم به کار برده می‌شوند و این علت مکمل بودن گاز با زغال‌سنگ است.

منابع

الف) فارسی

اشراق نیای جهرمی، عبدالحمید و ایقانی یزدلی، روح‌الله. (۱۳۸۷). مدل‌سازی مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی، و بررسی امکان جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی در ایران. *مجله‌ی علمی و پژوهشی شریف*. شماره‌ی ۴۵.

اعمی بنده‌قرایی، حسن. (۱۳۸۵). تاثیر تغییرات قیمت انرژی بر تقاضای آن در بخش صنعت ایران، مطالعه‌ی موردی کارگاه‌های صنعتی دارای ۵۰ نفر کارگر و بیشتر. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی. دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان.

پرمه، زورار؛ ملکی، بهنام؛ بانوئی، علی اصغر؛ اندایش، یعقوب و کرمی، مهدی. (۱۳۹۰). برآورد اثرات طرح تحول هدفمند سازی یارانه حامل‌های انرژی بر سطح قیمت کالاها و خدمات. *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*. شماره ۵۸، صص ۳۲-۱.

حسینی‌نسب، ابراهیم و حاضری نیری، هاتف. (۱۳۹۱). تحلیل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر اثر اصلاح یارانه حامل‌های انرژی بر تورم و تولید ناخالص داخلی. *فصلنامه علمی-پژوهشی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*. سال دوم، شماره هفتم.

شکیبایی، علیرضا؛ صادقی، زین‌العابدین و اعمی بنده‌قرائی، حسن. (۱۳۸۸). تاثیر واقعی کردن قیمت انرژی بر کشش‌پذیری تقاضای انرژی و برآورد کشش جانشینی نهاده‌ی انرژی در بخش صنعت در

بلندمدت(مطالعه‌ی موردی:کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارگر و بیشتردردوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۷۴). *دو فصلنامه‌ی علمی ـ پژوهشی جستارهای اقتصادی*؛شماره‌ی ۱۱،صص ۱۵۵-۱۳۳.

صمدی، سعید؛ شریفی، علیمراد؛ احمدزاده، عزیز و خانزادی، آزاد. (۱۳۸۸).جانشینی بین نهاده‌ی انرژی با سرمایه در بخش فلزات اساسی. *مجله‌ی تحقیقات اقتصادی*. شماره‌ی ۸۹، صص ۱۵۵-۱۲۹.

مرزبان، حسین؛ اکبریان، رضا و قاسمی، علی. (۱۳۸۴). بررسی تقاضا برای انواع سوخت و جایگزینی بین آنها در نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور(تابعه وزارت نیرو). *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*. شماره ۱۶.

منظور، داود؛ شاهمرادی، اصغر و حقیقی، ایمان. (۱۳۸۹). بررسی اثرات حذف یارانه‌ی آشکار و پنهان انرژی در ایران: مدل‌سازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر بر مبنای ماتریس داده‌های خرد تعدیل شده. *فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی*. سال هفتم، شماره‌ی ۲۶، صص ۵۴-۲۱.

ب) انگلیسی:

Abouleinein, Soheir. El-Laithy, Heba.Kheir-El-Din & Hanaa.(2009).The Impact of Phasing Out Subsidies of Petroleum Energy Products in Egypt. *Working Paper*.No. 145.

Arnberg, Soren & Bjorner Thomas Bue. (2007). Substitution Between Energy, Capital And Labour Within Industrial Companies; A Micro Panel Data Analysis. *Resource And Energy Economics*. 22 (2). pp. 122-136.

Bjorner, Thomas Bue & Jensen, Henrik Halm. (2002). Interfuel Substitution Within Industrial Companies: An Analysis Based On Panel Data At Company Level. *The Energy Journal*, 23(2). pp.27-50.

Cho, Won G. Nam, Kiseok. Pagan, & Jose A. (2004) .Economic Growth And Interfactor/ Interfuel Substitution In Korea. *Energy Economics*.26.(1). pp. 31-50.

Goldar, Bishwanath. (2012). Input Substitution And Technical Change In Indian Manufacturing, 1973-2007. *The Journal Of Industrial Statistics*, p 1(2). pp. 169-181.

Kant, Shashi & Nautiyal, J. C. (1997). Production Structure, Factor Substitution, Technical Change, And Total Factor Productivity. *Forest* Research.No 27: Pp. 701-710.

Lin, Boqiang. & Jiang, Zhujun. (2011). Estimates of Energy Subsidies in China and Impact of Energy Subsidy Reform.*Energy Economic*, 33(2). pp. 1-11.

Ma, Hengyun.Oxley, Les. Gibson, John & Kim, Bonggeun.(2008). China's Energy Economy: Technical Change, Factor Demand And Interfactor/Interfuel Substitution. *Energy Economics*. 30, pp. 2167-2183.