فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی
سال سوم، شماره ۵، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۴۷-۲۱

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۴
eISSN:2538-483X ISSN:2538-4791

بررسی کشش جانشینی بین نهاده‌های آلوده‌کننده و غیرآلوده‌کننده در کارگاه‌های صنعتی ایران

زین‌العابدین صادقی * دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

سیدعبدالمجید جلایی اسفندآبادی استاد گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مریم قاسمی کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

با توجه به آلودگی‌های زیست‌محیطی ایجادشده توسط سوخت‌های فسیلی، انرژی‌های نو می‌توانند جانشین‌های خوبی برای این‌گونه سوخت‌ها باشند. این جانشینی منافعی شامل کاهش وابستگی به واردات حامل‌های انرژی، فراهم کردن بازارهای جدید و ایجاد فرصت‌های شغلی برای کشورها را به دنبال دارد. نگاهی به ساختار فعلی بخش صنعت در ایران نشان می‌دهد که به غیر از صنایع تولید مواد غذایی و آشامیدنی، عمده زیر بخش‌های صنعتی در ایران بر صنایع مبتنی بر نفت و گاز و مواد معدنی متمرکز شده است. در این مطالعه ۲۲ صنعت از کارگاه‌های صنعتی مورد مطالعه قرار گرفته است و همچنین دو نهاده غیرآلوده‌کننده سرمایه و نیروی کار و دو نهاده آلوده‌کننده انرژی که خود شامل ۹ نوع انرژی از جمله بنزین، گازوئیل، نفت سفید، نفت سیاه، نفت کوره، گاز مایع، زغال چوب، زغال سنگ، گاز طبیعی و برق و نهاده آلودگی که همان دی‌اکسیدکربن می‌باشد، در جریان تولید بررسی شده‌است. در این مطالعه از تابع هزینه ترانسلوگ برای مدل‌سازی نهاده‌ها استفاده شده است. پس از اینکه مدل به روش سیستم معادلات همزمان (*SUR*) تخمین زده شد، ۵ نوع کشش جانشینی شامل کشش خود نهاده، متقاطع، آلن، موریشیما و سایه‌ای مک فادن محاسبه شده‌است و روابط نهاده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که نهاده سرمایه با تمامی نهاده‌ها قابلیت جانشینی دارد. نهاده نیروی کار با تمامی نهاده‌ها به جز نهاده آلودگی که مکمل می‌باشد قابلیت جانشینی دارد، نهاده‌های آلوده‌کننده نیز دارای رابطه مکملی با یکدیگرند.

واژگان کلیدی: تابع هزینه ترانسلوگ، نهاده‌های آلوده‌کننده، نهاده‌های غیرآلوده‌کننده، کشش جانشینی.

طبقه‌بندی JEL: Q٤١، Q٥٣، D٢٤.

* نویسنده مسئول: z_sadeghi@uk.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه تلاش شده است که مصرف انرژی‌های نو نسبت به دهه‌های گذشته فزونی داشته باشد به نحوی که رشد مصرف در برخی مناطق بسیار چشمگیر است[۱]. لازم به ذکر است اکثرا این انرژی‌ها فناورانه محور و سرمایه بر هستند . توجه بیشتر به مسائل انرژی و محیط زیست موجب احیای مدل‌سازی‌ها برای مباحث اقتصاد کلان و انرژی شده است. در این مدل‌ها به نظر می‌رسد انرژی یک عامل ضروری در حالت جدای‌پذیری عوامل تولید است. کشش جانشینی میان نهاده‌های تولید اعم از آلوده‌کننده و غیر آلوده‌کننده اصلی‌ترین زمینه‌های مطالعاتی در این مهم است. مقدار کشش جانشینی اثرات اقتصادی قابل توجهی بر مدل‌های انرژی و محیط زیست دارد.[۲] بخش صنعت و معدن یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی و بزرگ‌ترین بخش مولد (درکنار بخش کشاورزی) کشور به شمار می‌رود به طوری که این بخش سهمی معادل ۱۷ درصد از تولید ناخالص داخلی کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین این بخش با توجه به گستردگی فعالیت‌ها و تعدد مراکز تولیدی ۶۳ درصد از اشتغال بخش مولد و ۳۳ درصد از اشتغال کل کشور را تأمین می‌کند از این‌رو این بخش اهمیت و نقش مهمی در اقتصاد دارد.

اهمیت بخش صنعت به این دلیل است که صنعت به عنوان موتور رشد اقتصادی و انباشت سرمایه شناخته می‌شود. همچنین منبع بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس تولید نیز می‌باشد. با توجه به مفهوم کشش در اقتصاد جهت جلوگیری از آلودگی باید به نهاده‌های مورد استفاده در تولید توجه شود و امکان جانشینی بین نهاده‌های غیرآلوده‌کننده با آلودکننده بررسی شود. در نشست اقلیمی پاریس در سال ۲۰۱۵ برای اولین بار تمامی کشورها برای انجام یک کاری مشترک براساس مسئولیت‌های تاریخی حاضر و آینده‌شان در کنار هم به توافق رسیدند. هدف اصلی این توافق جهانی جلوگیری از افزایش دمای کره زمین نسبت به سطح آن قبل از صنعتی شدن است. با توجه به اهمیت بخش صنعت در کشورهای در حال توسعه رابطه میان فعالیت‌های صنعتی و میزان آلودگی ناشی از بخش صنعت از اهمیت فراوانی برخوردار است. در روند حرکت جهانی به سوی توسعه پایدار

---

۱. در برخی کشورهای اسکاندیناوی که قبلا وارد کننده انرژی بوده‌اند امروزه به مدد انرژی‌های تجدیدپذیر صادرکننده انرژی شده‌اند.

2. Zha and Zhou (2014)

توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از بخش انرژی امری ضروری محسوب می‌شود، زیرا بخش انرژی علی رغم ایفای نقش اساسی در فرآیند توسعه اقتصادی موجب انتشار آلاینده‌های مختلف زیست‌محیطی نیز می‌شود که از جمله مهم‌ترین آنها آلودگی هوا در اثر انتشار و نشت گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوختهای فسیلی است. نگاهی به ساختار فعلی بخش صنعت در ایران نشان می‌دهد که به غیر از صنایع تولید مواد غذایی و آشامیدنی عمده بخش صنعت در ایران بر صنایع مبتنی بر نفت و گاز و مواد معدنی متمرکز شده است و در واقع می‌توان بخش صنعت در ایران را بخشی متکی بر منابع و انرژی دانست. استفاده از انرژی منجر به ایجاد آلودگی می گردد و این آلودگی به محیط زیست آسیب می‌رساند، بنابراین در این تحقیق به تخمین میزان کشش جانشینی نهاده‌های آلوده‌کننده و نهاده‌های غیرآلوده‌کننده درکارگاه‌ای صنعتی با ده نفر کارکن و بیشتر پرداخته شده‌است. به این منظور پیشینه تحقیق و مبانی نظری در بخش دوم و سوم، برآورد مدل در بخش چهارم و در نهایت نتیجه‌گیری در بخش پنجم ارائه شده است.

۲. پیشینه تحقیق

۲-۱. مطالعات داخلی

اکبریان و رفیعی (۱۳۸۵) در تحقیق خود با عنوان «تخمین کشش جانشینی سرمایه و نیروی کار صنایع ایران» کشش جانشینی عوامل تولیدکوتاه مدت و بلندمدت برای صنایع کارخانه‌ای ایران در سطح کلی طی سال‌های ۱۳۵۸-۱۳۸۴ را محاسبه کردند. پس از انجام آزمون ریشه واحد دیکی - فولر و آزمون شکست ساختاری پرون از مدل تصحیح خطا برای برآورد استفاده شده است. نتایج این برآورد حاکی از آن است که بین سرمایه و نیروی کار جانشینی ضعیفی وجود دارد وکشش جانشینی این عوامل در بلندمدت بزرگ‌تر ازکوتاه مدت است. همچنین با توجه به مقدار این ضریب مناسب ترین فرم تابع تولید برای صنایع کارخانه‌ای ایران در سطح کلی تابع تولید کاب - داگلاس تشخیص داده شده است.

شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیق خود با عنوان «تأثیر واقعی کردن قیمت انرژی بر کشش‌پذیری تقاضای انرژی و برآورد کشش جانشینی نهاده انرژی» در بخش صنعت در بلندمدت با استفاده ار تابع هزینه ترانسلوگ و لم شفارد سهم هر کدام از عوامل تولید از هزینه کل تخمین زده شده و از نتایج این تخمین‌ها کشش‌های خودی و متقاطع به

دست آوردند. کشش موریشیما نیز در این تحقیق برآورد شده است و در ادامه با استفاده از سناریوسازی و افزایش ۷۵ درصدی قیمت انرژی به اثر آنها بر کشش‌های نامبرده پرداخته است.

نوروزی و خسروی (۱۳۸۹)در تحقیق خود با عنوان «چشمه‌ها و چاهک‌های انتشار گاز گلخانه‌ای متان و نقش آن در پدیده گرمایش جهانی» روندهای گذشته تجمع متان در اتمسفر چشمه‌ها و چاهک‌هایی که میزان رشد آن را تعیین می کنند و عواملی که میزان رشد آینده آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند مورد بررسی قرار دادند. پس از جمع‌بندی نهایی و روشن شدن نقش فعالیت‌های انسانی در انتشار این گاز مهم گلخانه‌ای برخی پیشنهادات عملی در رابطه با تثبیت و تعدیل انتشار آن در کشورهای اسلامی بویژه ایران ارائه گردیده است.

اعظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود با عنوان «بررسی کشش متقاطع و کشش جانشینی تقاضای نهاده انرژی در بخش کشاورزی» نشان دادند به منظور آزادسازی قیمت‌ها در بخش کشاورزی مطالعه حساسیت بهره برداران کشاورزی نسبت به افزایش قیمتها از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از روشهای اقتصادسنجی و اطلاعات سری زمانی ۸۶-۱۳۵۵ و با تخمین همزمان توابع هزینه ترانسلوگ و تقاضای نهاده‌های تولیدی به روش سیستم معادلات همزمان[1] حساسیت کشاورزان نسبت به تغییرات قیمت نهاده‌ها به ویژه نهاده انرژی در بخش کشاورزی مشخص شد. نتایج به دست آمده از تابع هزینه نشان داد که کشش قیمتی خودی نهاده‌ها منفی و بی کشش است که سازگاری کامل را با تئوری اقتصادی نشان می‌دهد. کشش متقاطع تقاضا بین دو نهاده نیروی کار و انرژی مثبت است که جانشینی این دو نهاده را نشان می‌دهد. همچنین مثبت بودن کشش متقاطع تقاضای دو نهاده انرژی و سرمایه با بیان جاشینی این دو نهاده نشان می‌دهد که در صورت افزایش قیمت انرژی تمایل به استفاده از ماشین آلات پیشرفته جهت بهبود بازده انرژی وجود دارد و بنابراین دولت می‌تواند به هنگام افزایش قیمت انرژی با استفاده از اعطای تسهیلات سرمایه‌ای به کشاورزان به منظور بهره گیری از ماشین آلات پیشرفته تر زمینه لازم برای افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف انرژی را فراهم کند.

موسوی و حمامی (۱۳۹۲) در تحقیق خود با عنوان «مدل‌سازی تأثیر انتشار گاز

1. SUR (Seemingly Unrelated Regression)

گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن بر گرمایش جهانی» با هدف بررسی افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن وتأثیرآن بر گرمایش جهانی به جمع‌آوری و استخراج اطلاعات در پنج قاره جهان و خاورمیانه که بیشترین سهم(بیش از ۴۲درصد) را در میان سایر گازهای گلخانه‌ای دارند در بازه ۲۰۱۰-۱۹۴۴ پرداختند و با روش تحلیلی مبتنی بر مدل‌های اقتصاد سنجی و بر آورد معادلات رگرسیونی در قالب دو مدل لگاریتمی دو طرفه و خطی از طریق روش حداقل مربعات معمولی اقدام به مدل سازی کردند. براساس مدل لگاریتمی دو طرفه درجه حرارت زمین با افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان یک درصد به طور متوسط ۰/۰۲افزایش می‌یابد. همچنین براساس مدل خطی با افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان یک واحد (تریلیون تن) به طور متوسط ۰/۹۳ واحد (درجه سانتی گراد) بر متوسط درجه حرارت زمین افزوده می‌شود.

شهیکی تاش و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود با عنوان «صرفه‌های مقیاس سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در صنایع انرژی بر ایران» به وسیله تابع هزینه ترانسلوگ با چهار نهادهٔ نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد اولیه و با روش برآورد رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری به تحلیل ساختار هزینه ۱۱ صنعت انرژی بر در زیر گروه صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی و صنعت تولید فلزات اساسی در دوره ۱۳۸۷-۱۳۷۵ پرداخته‌اند و نتایج تحقیق نشان داد صنایع انرژی بر فاصله بسیار زیادی نسبت به نقطه بهینه تولید دارند. همچنین مقادیر عددی کشش موریشیما نیز حاکی از تأیید جانشینی فنی تمامی نهاده‌ها با یکدیگر است به گونه‌ای که مقادیر عددی به دست آمده بیشتر مساوی و بالاتر از یک می‌باشد.

علی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود با عنوان «ارزیابی هزینه انتشار گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید حاصل از توسعه بخش کشاورزی ایران» زیانهای حاصل از انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای تولید شده در بخش کشاورزی ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که در بازه زمانی۱۳۸۹-۱۳۷۱ میانگین سالانه زیان انتشار هر کیلوگرم کربن دی اکسید ناشی از مصرف سوخت در بخش کشاورزی ۱۴۱ ریال بوده است. به عبارت دیگر با انتشار کربن دی‌اکسید از بخش کشاورزی ایران سالانه به طورمیانگین به میزان ۱۷۴۴ میلیارد ریال هزینه ایجاد می‌شود. همچنین نتایج این ارزیابی نشان داد که میانگین هزینه انتشار هر کیلوگرم از این آلاینده در

فاصله این دو دهه افزایش چشمگیری داشته است و لذا به نظر می‌رسد که تأمین نهاده‌های مورد نیاز به منظور کنترل انتشار کربن‌دی‌اکسید در بخش کشاورزی ایران از راه اعطای یارانه‌های زیست‌محیطی امری پرهیزناپذیر است.

ثابت و منظور (۱۳۹۳) در تحقیق خود با عنوان «برآورد کشش جانشینی سرمایه و انرژی در بخش صنایع شیمیایی کشور با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ» ۴ نهاده‌ای سرمایه، نیروی کار، انرژی الکتریکی و سایر حامل‌های انرژی برای داده‌های سری زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۷، سهم هزینه‌ای برای نهاده‌های تولید برآورد گردیده سپس کشش‌های جانشینی قیمتی و متقاطع آلن و موریشما محاسبه شده است. نتایج نشان داد مقدار کشش قیمتی موریشیما برای سرمایه و انرژی الکتریکی ۱/۵۸۸ و کشش های قیمتی آلن برای دیگر حامل‌های انرژی ۰/۶۹۸ می‌باشد که هر دو بیانگر جانشین بودن نهاده سرمایه و انرژی در دوره مورد مطالعه است همچنین مقدار کشش متقاطع قیمتی بین دو نهاده انرژی الکتریکی و سایر حامل‌های انرژی بجز انرژی الکتریکی برابر منفی ۱/۳۶۳ بوده است که نشان می‌دهد این دو نهاده در دوره مورد بررسی مکمل یکدیگرند.

۲-۲. مطالعات خارجی

مک نمار و کالفیلد[1] (۲۰۱۱) در تحقیق خود با عنوان «اندازه‌گیری اثرات بالقوه معرفی یک طرح برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایرلند» برخی از اثرات بالقوه معرفی یک سقف و طرح سهمیه‌ها در ایرلند را بررسی کردند. تحت چنین طرحی محدودیت در انتشار دی‌اکسیدکربن جای داده می‌شود و به افراد کمک هزینه دی‌اکسیدکربن سالانه اختصاص داده می‌شود. پژوهش ارائه شده در این تحقیق در سفرهای کاری به طور خاص تمرکز دارد. دی‌اکسیدکربن انتشاری برای این سفرهای کار سالانه محاسبه شده و یک سقف براساس این نتایج تعیین می‌کنند. سطوح سقف براساس متوسط انتشار و کاهش ۲۰٪ در متوسط انتشار در نتیجه هر هدف کاهش ایرلند تنظیم شده است.

فارسوند و گراندرسون[2] (۲۰۱۳) در تحقیق خود با عنوان «اثرات قانون هوای پاک بر هزینه تولید و جانشینی بین ورودی‌ها در صنعت برق چین» چگونگی نیاز به تطابق با مرحله یک از عنوان چهار قانون هوای پاک، هزینه تولید سال ۱۹۹۰ تحت تأثیر وجانشینی بین

1. McNamara and Caulfield
2. Førsund and Granderson

ورودی‌های سوختی و غیر سوختی (کار سرمایه) را بررسی کردند. در مرحله اول شرکت‌ها به کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد نیاز دارند. تصویب روش برای کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد (با استفاده از زغال سنگ کمتر گوگرد یا دیگر منابع سوخت) می‌تواند به هزینه بالاتر منجر شود و بر جانشینی بین ورودی‌های سوختی وغیر سوختی تأثیر بگذارد. با استفاده از داده‌های پانل ۲۰۰۰-۱۹۹۲ و از ۳۴ تاسیسات الکتریکی در ایالات متحده نتایج تجربی نشان داد که روند الکتریکی تاسیسات برای پیروی از مرحله اول به منظور افزایش کوچک در هر دو هزینه نهایی و هزینه کل مشارکت داشتند. شرکت هایی که به پیروی از مرحله اول تمایل بیشتری دارند نسبت به شرکت‌های که به موضوع مرحله اول تمایلی ندارند، برای جابه‌جایی ورودی‌های سوختی به غیر سوختی (کار و سرمایه) مجبوربه افزایش در قیمت سوخت می‌شوند. جابه جایی ورودی‌های غیرسوختی به سوختی برای تاسیسات مرحله اولی که دارای یک شرط سوختی می‌باشند از مرحله اول شرکت‌هایی بدون شرط سوختی، زمانی که قیمت ورودی‌های غیر سوختی افزایش می‌یابد، باتمایل بیشتری انجام می‌شود.

زا و دینگ[1] (۲۰۱۴) در تحقیق خود با عنوان «کشش جانشینی بین نهاده‌های سوختی و غیر سوختی در بخش برق چین» خصوصیات تابع هزینه ترانسلوگ را به منظوربرآورد معادلات سهم عامل براساس نهاده‌های سوختی و غیرسوختی اعمال می‌کند که ضرایب با رعایت درجه انرژی جانشینی با دیگر ورودی های سنتی برای صنعت برق در چین مورد استفاده قرار می گیرند. نتایج نشان می دهد که انرژی دارای حداقل حساسیت قیمت بین سه عامل تولید است. چهار نوع از کشش ورودی(متقاطع قیمت موریشیما آلن وکشش جانشینی سایه‌ای مک فادن) نشان می دهد که به طور قابل توجهی احتمال جانشینی بین انرژی وسرمایه وجود دارد درحالی که انرژی و نیروی کار جانشینی ضعیفی دارند.

زا و زو[2] (۲۰۱۴) در تحقیق خود با عنوان «کشش جانشینی و روش تابع تولید CES با تأکید بر نهاده‌های انرژی»، روش انتخاب بهینه در میان نهاده‌ها به وسیله ترکیب تابع هزینه ترانسلوگ و تابع کشش جانشینی ثابت را مطرح می کنند. تابع هزینه ترانسلوگ به منظور انتخاب مناسبترین ساختار تو در تو به وسیله برآورد کشش جانشینی بین ورودی ها به کار برده شده است. سپس تابع کشش جانشینی ثابت برای دریافت کشش ها در میان ورودی

1. Zha and Ding
2. Zha and Zhou

استفاده شده است. این مدل شبیه‌سازی تجربی برای بخش‌های صنعتی چین را با تمرکز بر چگونگی ترکیب انرژی با ورودی‌های غیر انرژی معرفی می‌کند.

دانکاکا و آپایدین[1] (۲۰۱۴) در تحقیق خود با عنوان «شبکه برق فتوولتائیک خورشیدی به عنوان ابزاری برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ترکیه» اینکه چگونه یک سیستم خورشیدی فتوولتائیک با ۵۰۰ کیلو وات توان برای تولید برق به طور قابل توجهی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر دارد و همچنین تأثیر بالقوه معرفی درآمد هزینه اجتناب از انتشار اکسید کربن در تولید برق خورشیدی چه کمکی برای اقتصادی شدن تولید انرژی می‌کند. نتیجه نشان می‌دهد که کاهش انتشارصدها تن دی‌اکسیدکربن و درآمد هزینه کاهش اجتناب از انتشار اکسید کربن دی‌اکسیدکربن تأثیر مثبتی بر جریان نقدی تجمعی از سیستم دارد.

لین و لونگ[2] (۲۰۱۴) در تحقیق خود با عنوان «اثرات جانشینی ورودی در صنعت شیمیایی چین» نشان دادند با تو جه به آلودگی که در صنایع شیمیایی وجود دارد و هدفی که در صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد، به مطالعه ارتباط جانشینی خارجی سرمایه انرژی و نیروی کار و انرژی با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ و رگرسیون ریدگر پرداختند و نتایج نشان داد که کشش خروجی انرژی نیروی کار و سرمایه مثبت هستند. کشش جانشینی سرمایه – نیروی کار سرمایه – انرژی و نیروی کار – انرژی مثبت و پایدار است و ارزش آنها ۱ می‌باشد که نشان می‌دهد که سه عامل جانشین برای یکدیگر هستند. علاوه بر این براساس تابع فوق سطح صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را تحت اختلاف سناریو در سال ۲۰۱۲ اندازه‌گیری کردند.

وانگ و لین[3] (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان «عوامل و جانشینی سوختی در صنعت فولاد و آهن چین» هر دو جانشینی عامل ورودی و سوختی در صنعت آهن و فولاد چین در طول دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ را برآورد کردند. نتیجه‌گیری‌های متعدد برای صنعت آهن و فولاد چین نشان می‌دهد که اولاً کشش خود قیمتی انرژی منفی است بنابراین افزایش در قیمت انرژی ورودی انرژی را کاهش دهد. ثانیاً انرژی و سرمایه و انرژی و نیروی کارجانشین یکدیگرند و جانشینی در انرژی/سرمایه نسبتا قوی تر است، ثالثاً اگرچه ذغال

1. Dankaka and Apaydin
2. Lin and Long
3. Wang and Lin

سنگ نفت و برق نیز جانشین یکدیگرند اثر جانشینی خیلی واضح نیست است و این به دلیل تحریف قیمت‌گذاری در چین است. نیروهای محرک تغییر بهره‌وری انرژی بیشتر مورد بحث قرار گرفته و نتایج نشان می دهد که پیشرفت تکنولوژی عامل کلیدی در تعیین شدت انرژی است. بنابراین اصلاحات بازار محور از نظر قیمت انرژی بهبود در تعویض انرژی (از جمله بین عامل و بین سوخت فرعی) و ارتقاء فن آوری‌های صرفه‌جویی در انرژی وسیله مهم برای حصول اطمینان از حفاظت از انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش آهن و فولاد چین می‌باشد.

کارنی[1] (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان «مدل‌های تعادل عمومی با کشش جانشینی موریشیما در تولید، یک مدل تعادل عمومی» تحلیلی با استفاده از کشش جانشینی موریشیما می‌سازد. به طور خاص یک مدل موجود با استفاده از کشش آلن به منظور به‌کارگیری کشش جانشینی موریشیما و جدید فرموله شده است راه حل فرم محرمانه با بینش های اضافی از فرمول بندی تازه تفسیر شده است. نکته مهم مورد خاصی از تولید کشش ثابت جایگزینی به طور مستقیم در هنگام استفاده از کشش موریشیما اما نه کشش آلن دنبال می شود. به طور کلی این تحقیق یک تکنیک برای تغییر کشش از آلن به موریشیما در هر مدل تعادل عمومی موجود فراهم می کند و نشان می‌دهد که یک به یک هم ارزی عددی بدون در نظر گرفتن اندازه کشش به کار گرفته می‌شود.

کالینگ و همکاران[2] (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان «پتانسیل بازیافت برزیل مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به منظور تعیین کمییت پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی» و همچنین کاهش انتشار کربن دی‌اکسید به وسیله بازیافت بسته از طریق اجرای سیاست ملی مواد زائد جامد را در برزیل بررسی کردند. روش براساس پروتکل دستورالعمل بر روی گازهای گلخانه‌ای اعمال می شود. بنابراین هدف از این تحقیق برای تعیین صرفه جویی در انرژی و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با توجه به مواد قابل بازیافت است. نتیجه نشان می‌دهد که از ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۱ کاهش بالقوه انتشار دی‌اکسیدکربن ۱۸۴۲ تن بوده است. صرفه‌جویی انرژی ۷۴۵۰۷۸۱ ترا ژول برای شاخص بازیافت فعلی و ۷۱۸۵۲۹۱ ترا ژول با توجه به اهداف سیاست مواد زائد جامد ملی برآورد شده است.

---

1. Karney
2. Colling, Oliveira, Reis, Cruz and Hunt

لیو و شوموی[1] (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان «کشش جانشینی بین نهاده‌های آلوده‌کننده و غیرآلوده‌کننده در بخش کشاورزی متا رگرسیون» کشش جانشینی بین گازهای گلخانه‌ای آلاینده و ورودی‌های غیر آلاینده در تولید محصولات کشاورزی را که منبع مواد خام اصلی برای سوخت‌های زیستی در ایالات متحده می‌باشد را گزارش می‌دهد و انرژی انواع کودها را به عنوان ورودی آلاینده و در مقابل کارگر زمین وسرمایه را به عنوان ورودی غیرآلاینده تخمین می‌زند. هر برآورد کشش بلندمدت مورد مرجع که بیشتر برای برآورد انتشار گازهای گلخانه ای از طریق تجزیه و تحلیل چرخه عمربزرگتر از یک و به طور قابل توجهی متفاوت از صفر است. اکثر کشش بلندمدت پیش‌بینی شده به طور قابل توجهی در ابزار داده متفاوت از صفر باقی می‌ماند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تجزیه و تحلیل چرخه عمر براساس توابع تولید به نسبت ثابت می‌تواند اندازه‌گیری به شدت نادرستی از گازهای گلخانه‌ای سوخت‌های زیستی فراهم کند.

با توجه به اینکه تا به حال تمامی کشش‌ها در کارگاه‌های صنعتی مورد مطالعه قرار نگرفته است، نوآوری این مطالعه، بررسی تمامی کشش‌ها و میزان جانشینی نهاده‌های مورد بحث در فرآیند تولید می‌باشد.

۳. مبانی نظری

در این تحقیق ما با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ و بهره گیری از لم شفارد معادلات سهم هزینه نهاده‌های تولید را استخراج می‌کنیم و کشش‌های مهمی از قبیل کشش خودنهاده، کشش متقاطع، کشش موریشیما، کشش آلن وکشش سایه‌ای مک فادن را به دست می‌آوریم. تابع هزینه ترانسلوگ در حالت کلی و در بلندمدت به صورت زیر است.[2]

$$lnc = lna_{0} + \sum_{i=0}^{n} a_i \, lnp_i + \frac{1}{2}\sum_{i}\sum_{j} \gamma_{ij} \, lnp_i \, lnp_j + a_y \, lny + \frac{1}{2}\gamma_{yy}(lny)^2 + \sum_{i} \gamma_{ij} \, lnp_i \, lny \qquad (1)$$

1. Liu and Shumway

۲. شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸)

به گونه‌ای که c هزینه کل P_i و P_j قیمت عوامل تولید Y سطح تولید i و j عوامل تولید است که در اینجا شامل سرمایه و نیروی کار که عوامل تولید غیر آلوده‌کننده می‌باشند و انرژی و آلودگی عوامل تولید آلوده‌کننده می‌باشند از طرفی دیگر برای اینکه تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل تولید همگن از درجه اول باشد باید:[۱]

$$lnc = lna_0 + \sum_{i=0}^{n} a_i ln(\lambda p_i) + \frac{1}{2}\sum_i\sum_j \gamma_{ij} ln(\lambda p_i) ln(\lambda p_j) + a_y lny \quad (۲)$$
$$+ \frac{1}{2}\gamma_{yy}(lny)^2 + \sum_i \gamma_{ij} ln(\lambda p_i) lny$$

از سوی دیگر به دلیل اینکه تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل تولید همگن از درجه اول می‌باشد باید قیودی به صورت زیر بر تابع هزینه اعمال شود.[۲]

$$a_1 + a_2 + a_3 = 1 \quad (۳)$$
$$\beta_{12} + \beta_{12} + \beta_{13} = 0 \quad (۴)$$
$$\beta_{12} + \beta_{22} + \beta_{23} = 0 \quad (۵)$$
$$\beta_{13} + \beta_{23} + \beta_{33} = 0 \quad (۶)$$
$$\gamma_{1y} + \gamma_{2y} + \gamma_{3y} = 0 \quad (۷)$$

طبق لم شفارد مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت عامل تولید با تقاضای مشروط آن عامل تولید برابر است. بنابراین:[۳]

$$S_i = \frac{\partial lnc}{\partial lnp_i} = \frac{p_i}{c}.\frac{\partial c}{\partial p_i} = \frac{p_i x_i}{c} = a_i + \sum_{j=1}^{n} \beta_{ij} ln\, p_j + \gamma_{iy} lny \quad (۸)$$

به گونه‌ای که:

$$\sum_{i=1}^{n} P_i X_i = C \quad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{n} S_i = 1 \quad (۱۰)$$

با توجه به اینکه تابع تولید ما دارای ۴ عوامل تولید می‌باشند (سرمایه نیروی کار انرژی آلودگی)

---

۱. شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸)

2. Hayashi (2000)

۳. شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸)

سهم هر عامل از هزینه کل به صورت زیر می‌باشد[1]

$$S_L = a_L + \beta_{LK} lnP_K + \beta_{LL} lnP_L + \beta_{LE} lnP_E + \beta_{LI} lnP_I + \gamma_{LY} lnY \quad (11)$$

$$S_E = a_E + \beta_{EK} lnP_K + \beta_{EL} lnP_L + \beta_{EE} lnP_E + \beta_{EI} lnP_I + \gamma_{EY} lnY \quad (12)$$

$$S_I = a_I + \beta_{IK} lnP_K + \beta_{IL} lnP_L + \beta_{IE} lnP_E + \beta_{II} lnP_I + \gamma_{IY} lnY \quad (13)$$

$$S_K = a_K + \beta_{KK} lnP_K + \beta_{KL} lnP_L + \beta_{KE} lnP_E + \beta_{KI} lnP_I + \gamma_{KY} lnY \quad (14)$$

برای تخمین سیستم معادلات بالا به هر کدام از معادلات جمله اختلال ϵ اضاف می‌کنیم تعداد ضرایبی که در معادله بالا باید تخمین بزنیم ۲۴ عدد است که به دلیل وجود تقارن تعداد پارامترها از ۲۴ به ۱۸ کاهش می‌یابد.[2]

$$\beta_{LK} = \beta_{KL}, \beta_{KE} = \beta_{EK}, \beta_{KI} = \beta_{IK}, \beta_{LE} = \beta_{EL}, \beta_{LI} = \beta_{IL}, \beta_{EI} = \beta_{IE} \quad (15)$$

از آنجا که تابع هزینه ترانسلوگ نسبت به قیمت نهاده‌ها همگن از درجه یک است، بنابراین

$$a_L + a_E + a_I + a_K = ۱ \quad (16)$$

$$\beta_{LL} + \beta_{LK} + \beta_{LE} + \beta_{LI} = ۰ \quad (17)$$

$$\beta_{EE} + \beta_{EK} + \beta_{EL} + \beta_{EI} = ۰ \quad (18)$$

$$\beta_{II} + \beta_{IK} + \beta_{IL} + \beta_{IE} = ۰ \quad (19)$$

$$\beta_{KK} + \beta_{KL} + \beta_{KE} + \beta_{KI} = ۰ \quad (20)$$

$$\gamma_{LY} + \gamma_{EY} + \gamma_{IY} + \gamma_{KY} = ۰ \quad (21)$$

سیستم سهم هزینه‌ها دارای ویژگی خاصی است به این معنی که

$$\sum_{i=۱}^{n} S_i = ۱ \quad (22)$$

بنابراین این سهم هزینه‌ها دارای استقلال خطی است. این ویژگی بالا که به آن ویژگی جمع‌پذیری گفته می‌شود از نظر اقتصاد سنجی دارای کاربردهای خاصی است پس برای برطرف کردن همبستگی بین معادلات تعداد معادلات از ۴ به ۳ کاهش می‌یابد. در اینجا ما سهم هزینه سرمایه را حذف می‌کنیم. ۳ معادله دیگر که باید تخمین زده شود به صورت زیر است.[3]

---

1. Berndt (1996)
2. Ibid
3. Ibid

$$S_L = a_L + \beta_{LL} ln\left(\frac{P_L}{P_K}\right) + \beta_{LE} ln\left(\frac{P_E}{P_K}\right) + \beta_{LI} ln\left(\frac{P_I}{P_K}\right) + \gamma_{LY} lny \quad (۲۳)$$

$$S_E = a_E + \beta_{EL} ln\left(\frac{P_L}{P_K}\right) + \beta_{EE} ln\left(\frac{P_E}{P_K}\right) + \beta_{EI} ln\left(\frac{P_I}{P_K}\right) + \gamma_{EY} lny \quad (۲۴)$$

$$S_I = a_I + \beta_{IL} ln\left(\frac{P_I}{P_K}\right) + \beta_{IE} ln\left(\frac{P_E}{P_K}\right) + \beta_{II} ln\left(\frac{P_I}{P_K}\right) + \gamma_{IY} lny \quad (۲۵)$$

پس از تخمین سیستم معادلات بالا با به‌کارگیری قیودی که عنوان کردیم می‌توان ضرایب معادله سهم سرمایه را به دست آورد:

$$a_K = ۱ - a_L - a_E - a_I \quad (۲۶)$$

$$\beta_{LK} = -(\beta_{LL} + \beta_{LE} + \beta_{LI}) \quad (۲۷)$$

$$\beta_{EK} = -(\beta_{EE} + \beta_{EL} + \beta_{EI}) \quad (۲۸)$$

$$\beta_{IK} = -(\beta_{II} + \beta_{IL} + \beta_{IE}) \quad (۲۹)$$

دیگر ملاحظاتی که در تخمین معادلات سهم صورت گرفته عبارتند از

۱- بدیل اینکه یکی از نهاده‌های ما آلودگی می‌باشد و آمار به دست آمده از کارگاه‌های صنعتی برای مصرف انواع انرژی‌ها که شامل بنزین گازوئیل نفت سفید نفت سیاه و نفت کوره گاز مایع زغال چوب زغال سنگ گاز طبیعی برق می‌باشند با واحدهای متفاوتی است در ابتدا ما تمامی واحدها را به BTU تبدیل کردیم. و سپس برای محاسبه انتشار دی‌اکسیدکربن در هر بخش از فرمول زیر استفاده کردیم[1]

$$CE_{ff} = \sum_{i=۱}^{nfc} (FC_i \times EF_i) \quad (۳۰)$$

FC_i بیان‌گر کل ارزش حرارتی اد نوع سوخت i ام با واحد BTU است.

EF_i بیان‌گر ضریب انتشار $Co_۲$ بر حسب کیلوگرم برای نوع سوخت i ام برای هر میلیون BTU است.

Nfc بیان‌گر تعداد کل انواع سوخت‌های مصرفی است.

CE_{ff} بیان‌گر میزان کل انتشار آلاینده $Co_۲$ ناشی از مصرف سوخت‌ها است.

1. Ke, *et al* (2013)

ضریب انشار هر نوع از سوخت معادل نسبت میزان انتشار آلاینده به ازای هر واحد مصرف سوخت است. حاصل ضرب میزان انتشار آلاینده در قیمت آلاینده هزینه آلودگی به دست می‌آید. تمامی آمار مورد نیاز برای محاسبه ضریب انتشار از ترازنامه انرژی کشور به دست آمده است. و همچنین قیمت سایه‌ای آلودگی که به واحد تن به ریال بوده استفاده کردیم.[۱]

۲- برای تعیین سطح موجودی سرمایه از روش زیر استفاده می‌شود که تابع سرمایه‌گذاری خالص به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$I_t = Ie^{\lambda t} \qquad (۳۱)$$

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

$$K_{۰}=\int I_t\,dt=\int Ie^{\lambda t}\,dt=\frac{۱}{\lambda}\rightarrow K_{۰}=\frac{۱}{\lambda} \qquad (۳۲)$$

برای محاسبه موجودی سرمایه در سال پایه λ از تخمین معادله زیر به دست می‌آید:

$$I_t=Ie^{\lambda t}\rightarrow lnI_t=lnI+\lambda t \qquad (۳۳)$$

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

$$K_t=K_{t-۱}+I_t-?(K_t)\rightarrow(۱-?)K_t=K_{t-۱}+I_t\rightarrow K_t=\frac{K_{t-۱}+I_t}{۱+?} \qquad (۳۴)$$

□ نرخ استهلاک سرمایه است که برابر با ۰/۰۵ در نظر گرفته می‌شود.[۲]

۳- متغیر قیمت سرمایه نیز با توجه به نظر کریستوپولوس به صورت زیر به دست می‌آید[۳]

$$\text{قیمت سرمایه}=\frac{\text{جبران خدمات سرانه کارکنان}-\text{ارزش افزوده}}{\text{موجودی سرمایه}} \qquad (۳۵)$$

سپس هزینه سرمایه از ضرب قیمت سرمایه در موجودی سرمایه به دست می‌آید.

---

۱. سالاری (۱۳۹۶)

۲. شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸)

۳. شکیبایی و همکاران (۱۳۸۸)

۴. کشش‌های محاسبه شده در این تحقیق شامل کشش خودنهاده، کشش متقاطع، کشش آلن، کشش موریشیما کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن می‌باشد که فرمول‌های استفاده شده این کشش‌ها به صورت زیر می‌باشد.

فرمول کشش خودنهاده به صورت زیر می‌باشد:

$$\eta x_i\, p_i = \frac{\beta_{ii}}{S_i} + S_i - ۱ \qquad (۳۶)$$

فرمول کشش متقاطع قیمتی به صورت زیر می‌باشد:

$$\eta_{X_i P_j} = \frac{\partial ln X_i}{\partial ln P_j} = \frac{\beta_{ij}}{S_i} + S_j \qquad (۳۷)$$

درصد تغییر در تقاضا برای i ناشی از یک درصد تغییر در قیمت j با فرض ثابت بودن قیمت i را نشان می‌دهد.

یکی دیگر از کشش های جانشینی که در مطالعات تجربی مطرح است کشش جانشینی آلن است که توسط هیکس و آلن معرفی شده است این کشش تغییر در سهم درآمد کار و سرمایه را تجزیه و تحلیل می کند. و معمولا به نام کشش جانشینی آلن اوزاوا[1] نامیده می‌شود. کشش جانشینی آلن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$AES_{X_i P_j} = \frac{C(Y,P)\, C_{ij}(Y,P)}{C_i(Y,P)\, C_j(Y,P)} = \frac{۱}{S_j} \frac{\partial ln X_i(Y,P)}{\partial ln P_j} = \frac{۱}{S_j} \eta_{X_i P_j} \qquad (۳۸)$$

که در آن i و j دو عامل ورودی C تابع هزینه است Y خروجی P بردار قیمت ورودی است S سهم هزینه شده است و η کشش متقابل قیمتی می‌باشد.

یک جایگزین برای کشش جانشینی آلن کشش جانشینی موریشیما می باشد که به طور مستقل توسط موریشیما و بلک اربی و راسل[2] معرفی شده است. این کشش به طور دقیق جایگزینی عامل را اندازه گیری می کند کشش جانشینی موریشیما یک تعمیم طبیعی کشش جانشینی دو عامل در موارد بیش از دو ورودی است. که به این صورت به دست می آید:

---

1. Allen–Uzawa
2. Blackorby and Russell

$$MES_{X_i P_j} = \frac{P_j\left(C_{ij}(Y,P)C_j(Y,P) - C_{jj}(Y,P)\,C_j(Y,P)\right)}{C_i(Y,P)\,C_j(Y,P)} \qquad (۳۹)$$

$$= \frac{?ln x_j(Y,P)}{?lnp_j} - \frac{?ln x_j(Y,P)}{?lnp_j} = \eta_{X_i P_j} - \eta_{X_i P_j}$$

کشش جانشینی موریشیما کششی است که تقاضای نسبی نهاده‌ها را در صورت تغییر قیمت فقط یک نهاده بیان می‌کندکه به معنی تنها قیمت jاست در صورتی که دیگر قیمت‌های ورودی ثابت باشد. این کشش درصد تغییر در نسبت $\frac{i}{j}$ به علت تغییر یک درصد درقیمت jرا اندازه گیری می کند. مشابه کشش متقابل قیمتی کشش جانشینی موریشیما نامتقارن است هم در ارزش مطلق و هم درعلامت به طوری که $MES_{ij} \neq MES_{ji}$

برای ارائه یک جانشین برای تجزیه و تحلیل برگزاری یک محدودیت هزینه ثابت علاوه بر این در اینجا کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن را معرفی می کنیم که توسط ماندلاک پیشنهاد شده است. از میانگین وزنی $MES_{X_i P_j}$ و $MES_{X_j P_i}$ پیروی می کند.

$$SES_{ij} = \frac{\partial ln\left(C_i(Y,P)\middle|C_j(Y,P)\right)}{\partial ln\left(P_j\middle|P_i\right)} = \frac{-\frac{c_{ii}}{c_i c_i} + \frac{c_{ij}}{c_i c_i} - \frac{c_{jj}}{c_j c_j}}{\frac{۱}{c_i p_i} + \frac{۱}{c_j p_j}} \qquad (۴۰)$$

$$= \left(\frac{S_i}{S_i + S_j}\right) MES_{X_i P_j} + \left(\frac{S_j}{S_i + S_j}\right) MES_{X_i P_j}$$

کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن کشش دو قیمت دو عامل است که متقارن هم است یعنی $SES_{ij} = SES_{ji}$

به عبارت دیگر این کشش عکس العمل نسبت ورودی به تغییر در قیمت نسبی آنها را اندازه‌گیری می کند.

٤. تخمین مدل

در این مطالعه برای برآورد از تابع هزینه ترانسلوگ در کارگاه‌های صنعتی ایران استفاده می‌شود. جامعه آماری این مطالعه کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر می‌باشد. این پژوهش در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۷ صورت گرفته است. در این مطالعه سعی شده است تا

به محاسبه کشش متقابل کشش متقاطع کشش آلن کشش موریشیما کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن در ۴ نهاده موجود در ۲۲ کارگاه صنعتی شامل ۲ نهاده غیر آلوده‌کننده و ۲ نهاده آلوده‌کننده انرژی و آلودگی پرداخته شود.

٤-١. به دست آوردن سطح موجودی سرمایه

در تخمین این مدل از داده‌های تابلویی و روش *OLS* استفاده شده است. تعداد مقاطع ۲۲ کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر و دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۷ می‌باشد. با توجه به توضیحات ارائه شده برای به دست آوردن سطح موجودی سرمایه باید نرخ رشد را محاسبه کنیم که برای اینکار باید معادله (۳۴) را تخمین بزنیم. پس از تخمین به کمک نرم افزار *EViews*، λ را ۰/۱۳ به دست آوردیم این عدد به این معنی است که نرخ رشد موجودی سرمایه در طی این دوره برای این صنایع برابر با ۰/۱۳ بوده است. سپس نرخ رشد را در فرمول (۳۵) می‌گذاریم و مابقی موجودی سرمایه را به دست می‌آوریم.

٤-٢. تخمین معادلات سیستم

متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

S_k: معرف سهم هزینه سرمایه مورد استفاده در کارگاه‌های صنعتی

S_L: معرف سهم هزینه نیروی کار مورد استفاده در کارگاه‌های صنعتی

S_E: معرف سهم هزینه انرژی مورد استفاده در کارگاه‌های صنعتی

S_I: معرف سهم هزینه آلودگی ایجاد شده در کارگاه‌های صنعتی

P_K: معرف قیمت سرمایه در کارگاه‌های صنعتی

P_L: معرف قیمت نیروی کار در کارگاه‌های صنعتی

P_E: معرف قیمت انرژی در کارگاه‌های صنعتی

P_I: معرف قیمت آلودگی ایجاد شده به وسیله کربن در کارگاه‌های صنعتی

Y: معرف ارزش افزوده در کارگاه‌های صنعتی

در این تحقیق همان‌طورکه در قسمت‌های قبلی توضیح داده شد ۴ نهاده وجود دارد که برای هر کدام یک معادله موجود است ولی برای رفع هم بستگی بین معادلات یکی از نهاده‌ها حذف می‌گردد سپس بوسیله شروط موجود در معادلات متغیرهای موجود در نهاده حذف شده مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در اینجا نهاده سرمایه حذف شده است. معادلات

به روش SUR تخمین زده می‌شود خروجی حاصل از تخمین در جدول زیر خلاصه می گردد.

جدول ۱. برآورد پارامترهای مدل

پارامتر	برآورد	آماره t	$prob$	پارامتر	برآورد	آماره t	$prob$
β_{LE}	۰/۱	۲/۳	۰/۰۲	α_L	−۰/۵	−۰/٤	۰/٦۷
β_{IE}	−۰/۱۱	−۲/۵	۰/۰۱	α_E	−۰/۳۵	−۲/۰٤	۰/۰٤
β_{LI}	−۰/۱۳	−۸/۹	۰	α_I	۱/۸۳	۱/٤۲	۰/۱
β_{LL}	−۰/۰۰۲	−۰/۳۳	۰/۷٤	γ_{LY}	۲/۷٤	۰/۰۱	۰/۹۸
β_{EE}	۰/۰۱	۲/۳۵	۰/۰۱	γ_{IY}	۱/۵۲	۰/۰٦۹	۰/۹٤
β_{II}	۰/۱۳	۸/۹٤	۰	γ_{EY}	−۱/۸۹	−۰/۵۹	۰/۵۵

منبع: نتایج حاصل از تخمین

پارامترهای مربوط به سرمایه با توجه به فرمول ذکرشده در قسمت قبل به صورت زیر می‌باشد:

جدول ۲. برآورد پارامترهای نهاده سرمایه

برآورد	پارامتر
β_{LE}	۰/۰۰۲
β_{EK}	−۰/۱۰۲
B_{IK}	۰/۰۷۱
B_{KK}	−۰/۱۷۵
α_K	۰/۰۳۷
γ_{KY}	−۲/۳۷

همان‌طورکه در فصل قبل نیز اشاره شد برخی از پارامترها به دلیل وجود تقارن تخمین زده نشدند که عبارتند از:

جدول ۳. شرط تقارن کشش‌ها

$\beta_{LE} = \beta_{EL}$	$\beta_{IE} = \beta_{EI}$	$\beta_{LI} = \beta_{IL}$
$\beta_{LK} = \beta_{KL}$	$\beta_{EK} = \beta_{KE}$	$\beta_{IK} = \beta_{KI}$

مرحله بعد از تخمین ضرایب محاسبه کشش‌هاست. برای محاسبه کشش‌های متقابل و متقاطع از فرمول‌های (۳۶ و ۳۷) و ضرایب تخمین زده شده در جدول شماره ۱ استفاده شده است در این محاسبات از سهم کلیه نهاده‌های به کار رفته در این صنایع طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۷۸ میانگین گرفته شده است نتایج حاصل از این محاسبات به صورت زیر است:

جدول ٤. متوسط کشش جانشینی خودی نهاده‌ای و متقاطع در تمامی کارگاه‌های صنعتی ۱۳۹۳-۱۳۸۷[1]

آلودگی	نیروی کار	انرژی	سرمایه	کشش خودنهاده و متقاطع
۰/۲۱	۰/۰۰۴	۲/۰۴	-۱۷۰/۹۹	سرمایه
-۰/۲۸	۰/۲۱	-۰/۳۹	۱۰۲/۰۵	انرژی
۰/۳	-۰/۷۵	۲/۶۱	۲/۶۱	نیروی کار
-۰/۲۷	۰/۱۶	-۱/۸۷	۷۰/۳۳	آلودگی

منبع: نتایج حاصل از تخمین

علامت منفی کشش‌های متقابل نشان دهنده رابطه معکوس بین قیمت نهاده‌ها با تقاضای این نهاده‌ها در کارگاه‌های صنعتی می‌باشد. بنابراین نهاده سرمایه با تمامی نهاده‌ها جانشین می‌باشد و دارای کشش بسیار بالایی است. نهاده انرژی نیز با سرمایه و نیروی کار جانشین و با نهاده آلودگی مکمل می‌باشد و بیشترین کشش را نیز با نهاده نیروی کار دارد. نیروی کار نیز با تمامی نهاده‌ها دارای رابطه جانشینی است و در نهایت نهاده آلودگی با نهاده سرمایه جانشین اما با دو نهاده دیگر یعنی انرژی و آلودگی مکمل است و بیشترین میزان کشش را با نهاده آلودگی دارد.

کشش جانشینی آلن با توجه به محاسبات صورت گرفته طبق فرمول (۳۸) و کشش متقاطع به دست آمده در جدول شماره (۴) به صورت زیر محاسبه شده است:

---

۱. در این مطالعه برای هر زیر بخش صنعت همه کشش‌ها به تفکیک عامل آلوده کننده و عامل غیر آلوده‌کننده محاسبه شده که برای جلوگیری از اطاله کلام در متن تحقیق آورده نشده است فقط در قسمت پیوست‌ها کشش مک فادن برای نمونه ارائه گردیده‌است.

جدول ۵. متوسط کشش جانشینی آلن در تمامی کارگاه‌های صنعتی ۱۳۸۷-۱۳۹۳

آلودگی	نیروی کار	انرژی	سرمایه	کشش جانشینی آلن
۲۱۰	۴	۲۰۴۰		سرمایه
-۵/۶	۴/۲		۲۰۴۰	انرژی
۰/۴۸		۴/۲	۴	نیروی کار
	۰/۴۸	-۵/۶	۲۱۰	آلودگی

منبع: نتایج حاصل از تخمین

نتایج حاصل از جدول نشان می‌دهد که کشش جانشینی آلن متقارن است و دیگر نتایج حاصل از کشش متقاطع را نیز تأیید می‌کند.

کشش جانشینی موریشیما با توجه به محاسبات صورت گرفته طبق فرمول شماره (۳۹) و کشش متقابل و متقاطع به دست آمده در جدول شماره (۴) به صورت زیر محاسبه شده است:

جدول ٦. کشش جانشینی موریشیما در تمامی کارگاه‌های صنعتی ۱۳۸۷-۱۳۹۳

آلودگی	نیروی کار	انرژی	سرمایه	کشش جانشینی موریشیما
۱۷۱/۲	۱۷۰/۹۹	۱۷۳/۰۳		سرمایه
۰/۱۱	۰/۶		۱۰۲/۴۲	انرژی
۱/۰۵		۳/۳۶	۳/۳۶	نیروی کار
	۰/۴۲	-۱/۶	۷۰/۶	آلودگی

منبع: نتایج حاصل از تخمین

کشش جانشینی موریشیما نشان می‌دهد که در صورت تغییر قیمت هر یک از نهاده‌ها نسبت نهاده‌های دیگر به نهاده‌ای که تغییر قیمت یافته افزایش می‌یابد به جز نهاده انرژی و آلودگی که در صورت تغییر قیمت انرژی نسبت آلودگی به انرژی کاهش می‌یابد بدین معنی است که تمامی نهاده‌ها در جریان تولید با یکدیگر جانشین هستند به جز این دو نهاده که مکمل می‌باشند.

کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن با توجه به فرمول شماره (۴۰) و کشش موریشیمای

به دست آمده در جدول شماره (۶) به صورت زیر محاسبه شده است:

جدول ۷. کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن در تمامی کارگاه‌های صنعتی ۱۳۸۷-۱۳۹۳

آلودگی	نیروی کار	انرژی	سرمایه	کشش مک فادن
۱۷۰/۸۹	۱۷۰/۷۱	۱۷۱/۶۴		سرمایه
-۰/۱۱۵	۰/۸		۱۷۱/۶۴	انرژی
۰/۶۴		۰/۸	۱۷۰/۷۱	نیروی کار
	۰/۶۴	-۰/۱۱۵	۱۷۰/۸۹	آلودگی

منبع: نتایج حاصل از تخمین

نتایج حاصل از جدول نیز متقارن بودن این کشش و نتایج حاصل از کشش‌های قبلی را تأیید می‌کند.

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق پنج نوع کشش جانشینی بین نهاده‌های آلوده‌کننده و غیر آلوده‌کننده ۲۲ کد از کدهای آیسیک کارگاه صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر محاسبه و تجزیه و تحلیل شده‌است. با توجه به اینکه نهاده‌های غیرآلوده‌کننده در جریان تولید مکمل یکدیگر می‌باشند هر تغییری که در هریک از نهاده‌های آلوده‌کننده صورت گیرد باعث ایجاد تغییر در دیگر نهاده آلوده‌کننده نیز می‌شود بنابراین به سیاست‌گذاران کارگاه‌ها پیشنهاد می‌شود با استفاده از سیاست صرفه‌جویی در انرژی، آلودگی را کاهش دهند.

با توجه به نتایج حاصل از کشش متقاطع که نشان از جانشینی سرمایه با دیگر نهاده‌ها دارد. پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران بخش صنعت در هریک از صنایع که نهاده‌های آلوده‌کننده وجود دارند این نهاده‌ها را از طریق سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی اندوز، در حد امکان نهاده آلوده‌کننده را با سرمایه جانشین کنند. نتایج کشش متقاطع نشان داد که انرژی با سرمایه و نیروی کار می‌تواند جانشین گردد. پس با افزایش بهره‌وری نیروی کار و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی اندوز می‌توان آلودگی را کاهش داد. بنابراین به برنامه‌ریزان کشور پیشنهاد می‌شود، سیاست افزایش بهره‌وری را مد نظر قرار دهند.

منابع

اژدری علی، اصغر و حیدری، حسن، (۱۳۹۴)، «دورنمای رشد صنعتی در اقتصاد ایران»، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، شماره مسلسل ۱۴۶۰۱.

اعظم‌زاده شورکی، مهدی و خیلیان، صادق و مرتضوی، سید ابوالقاسم (۱۳۹۱)، «بررسی کشش متقاطع و کشش جانشینی تقاضای نهاده انرژی در بخش کشاورزی»، *اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره* (۸۰)۲۰.

اکبریان، رضا و رفیعی، حمید (۱۳۸۵)، «تخمین کشش جانشینی سرمایه و نیروی کار صنایع ایران»، *فصلنامه بررسی‌های اقتصادی، شماره۳(۴)، صفحات* ۲۱-۵.

دومنیک، سالواتوره (۱۳۸۶)، «*تئوری و مسائل اقتصاد مدیریت*» ترجمه سید جواد پور مقیم، تهران نشرنی . چاپ چهارم.

سالاری، ای‌مان و صادقی، زین العابدین و شک‌ی‌بایی، علی‌رضا (۱۳۹۵)، «برآورد هزینه نهایی کاهش CO_2 کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در ایران: رویکرد قیمت سایه‌ای»، *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، شماره (۲۳)۶، صفحات ۱۳۷-۱۵۹.

سبحانی ثابت، سیدعلی و منظور، داوود (۱۳۹۳)، «برآورد کشش جانشینی سرمایه و انرژی در بخش صنایع شیمیایی کشور»، *فصلنامه پژوهش‌ها وسیاست‌های اقتصادی*، شماره (۷۱)۲۲، صفحات ۱۵۷-۱۷۲.

شکیبایی علیرضا، صادقی، زین العابدین و اعمی بنده قرایی.، حسن (۱۳۸۸)، «*تأثیر واقعی کردن قیمت انرژی بر کشش‌پذیری تقاضای انرژی و برآورد کشش جانشینی نهاده انرژی در بخش صنعت در بلندمدت* مطالعه موردی: کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر در دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۵»، *جستارهای اقتصادی*، شماره (۱۱)۶، صفحات ۱۵۵-۱۳۳.

شهیکی تاش، محمدنبی و نوروزی، علی و رحیمی، غلامعلی، (۱۳۹۲)، «صرفه‌های مقیاس سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در صنایع انرژی بر ایران»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره (۶)۲، صفحات ۱۰۵-۷۵.

علی‌پور، علی‌رضا، موسوی، سید حبیب‌الله، خلیلیان، و صادق. ارزیابی هزینه انتشار گاز گلخانه‌ای کربن‌دی‌اکسید حاصل از توسعه بخش کشاورزی ایران. اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی)، ۸(۱)، ۶۳-۸۱.

موسوی، میرحسین و حمامی، مجید (۱۳۹۲)، «مدل‌سازی تأثیر انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن برگرمایش جهانی»، *فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست*، شماره (۲)۱، صفحات ۲۱-۹.

نصراللهی، زهرا و غفاری، مرضیه (۱۳۹۴)، «آلودگی مواد در صنایع تولیدی ایران»، *دو فصلنامه مطالعات تجربی اقتصاد ایران*، شماره (۱)۱، صفحات ۴۲-۱۹.

نوروزی، رباب و خسروی، محمود (۱۳۸۹)، «چشمه‌ها و چاهک‌های انتشار گاز گلخانه‌ای متان و نقش آن در پدیده گرمایش جهانی»، *مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام زاهدان ایران*.

References

Adam, A. D. & Apaydin, G. (2016), "Grid connected solar photovoltaic system as a tool for green house gas emission reduction in Turkey" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 53, pp. 1086-1091.

Berndt, E. R. (1996), *The practice of econometrics: Classic and contemporary Reading*, Mass: Addison-Wesley Pub.

Colling, A. V. and Oliveira, L. B. and Reis, M. M. and da Cruz, N. T. and Hunt, J. D. (2016), "Brazilian recycling potential: Energy consumption and Green House Gases reduction" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 59, pp. 544-549.

Hayashi, F. (2000). Econometrics. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Førsund, F. & Granderson, G. (2013), "The impacts of the Clean Air Act on production cost, and the substitution between inputs in the electric utility industry" *Energy Economics*,No. 40,pp. 785-794.

Karney, D. H. (2016), "General equilibrium models with Morishima elasticities of substitution in production", Economic Modelling,No. 53, pp. 266-277.

Ke, J., McNeil, M., Price, L., Khanna, N. Z., & Zhou, N. (2013). Estimation of CO2 emissions from China's cement production: methodologies and uncertainties. Energy Policy, 57, 172-181.

Lin, B. and Long, H. (2016), "Input substitution effect in China′s chemical industry: Evidences and policy implications" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 53, pp. 1617-1625.

Liu, B and Shumway, C. R. (2016), "Substitution elasticities between GHG-polluting and nonpolluting inputs in agricultural production: A meta-regression" *Energy Economics*, No. 54, pp. 123-132.

McNamara, D. and Caulfield, B. (2011), "Measuring the potential implications of introducing a cap and share scheme in Ireland to reduce green house gas emissions" *Transport Policy*, No. 18(4),pp. 579-586.

Stiroh, K. J. (1999), "Measuring input substitution in thrifts: Morishima, Allen-Uzawa, and cross-price elasticities", *Journal of Economics and Business*, No. 51(2), pp. 145-157.

Wang, X., and Lin, B. (2017), "Factor and fuel substitution in China's iron & steel industry: evidence and policy implications" *Journal of Cleaner Production*, No. 141, pp. 751-759.

Zha, D. & Ding, N. (2014), "Elasticities of substitution between energy and non-energy inputs in China power sector", *Economic Modelling*, No. 38, pp. 564-571.

Zha, D., & Zhou, D. (2014), "The elasticity of substitution and the way of nesting CES production function with emphasis on energy input" *Applied Energy*, No. 130, pp. 793-798.

پیوست‌ها

جدول ۱. متوسط کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن بین سرمایه و دیگر نهاده‌ها در کارگاه‌های صنعتی ۱۳۸۷-۱۳۹۳

کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن	سرمایه – نیروی کار نیروی کار – سرمایه	سرمایه – انرژی انرژی – سرمایه	سرمایه – آلودگی آلودگی – سرمایه
صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۱۳۱/۰۸	۱۳۲/۱	۱۳۱/٤
تولید محصولات از توتون و تنباکو	۱٤٥/۲	۱٤۷/۱	۱٤٥/۲
تولید منسوجات	۱۲٥/٥	۱۲٦/۲	۱۲٥/۷
تولید پوشاک عمل آوردن و رنگ کردن و ...	۹۲/۷	۹۳/۷	۹۲/٦
دباغی و عمل آوردن چرم و ساخت کیف و ...	۸۰/۸	۸۱/٦	۸۰/۸
تولید چوب و محصولات چوبی و ...	۸۷/٥	۸۸/۰٤	۸۷/٥
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۱۱۱/۸	۱۱۲/۳	۱۱۱/۹
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌ها	۱۰۱/۲	۱۰۲/۰۸	۱۰۱/۱
صنایع تولید زغال کک پالایشگاهها و ...	۷٥/٤	۷٦/۳	۷٦/۰٥
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۱۲۸/۲	۱۲۹/٦	۱۲۹/۱
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۹۱/٥	۹۲/۲	۹۱/۷
تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	٤۲۰/٥	٤۲۲/٥	٤۲۲/۰٤
تولید فلزات اساسی	۲٦۰/٥	۲٦۲/٦	۲٦۲/۰۷
تولید محصولات فلزی فابریکی به جز آهن	۹۳/٤	۹٤/۳	۹۳/٥
تولید ماشین آلات و محصولات طبقه‌بندی	۸٥/٥	۸٦/٥	۸٥/٦
تولید ماشین آلات اداری و حسابگر و ...	۷۸/٥	۸۰/۰٦	۷۸/٦
تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق و ...	۷۷/٤	۷۸/٤	۷۷/٥
تولید رادیو و تلویزیون و ...	٦۱/۸	٦۳/۰٤	٦۱/۷
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ...	۷۲/۰۹	۷۲/۸	۷۲/۱
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و ...	۸۷/۳	۸۸/۷	۸۷/٥
تولید سایر وسایل حمل و نقل	۹۰/۱	۹۱/۱	۹۰/۱
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی	۹۹/۷	۱۰۰/٥	۹۹/۷

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۲. متوسط کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن بین دیگر نهاده‌ها

در کارگاه‌های صنعتی ۱۳۸۷-۱۳۹۳

کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن	نیروی کار – انرژی	انرژی – آلودگی	نیروی کار – آلودگی
	انرژی – نیروی کار	آلودگی – انرژی	آلودگی – نیروی کار
صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۱/۲	۰/٤	۰/٤
تولید محصولات از توتون و تنباکو	۰/۰۵	-۰/۸	-۰/۵
تولید منسوجات	۱/۲	۰/۳	۰/۰۸
تولید پوشاک عمل آوردن و رنگ کردن و ...	۰/۹	-۰/۷	-۰/۸
دباغی و عمل آوردن چرم و ساخت کیف و ...	۱/۰۲	-۰/۵	-۰/۷
تولید چوب و محصولات چوبی و ...	۱/۱	-۰/۹	-۰/٤
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۱/۲	۰/۱	-۰/۱
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌ها	۱/۰۰٦	-۰/٦	-۰/۸
صنایع تولید زغال کک پالایشگاهها و ...	۱/۵	۰/۵	۰/٤
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۱/۷	۰/۵	۰/۵
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۱/۱	۰/۲	۰/۰۱۸
تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۲/۰۷	۰/۵	۰/٦
تولید فلزات اساسی	۱/۹	۰/۵	۰/٦
تولید محصولات فلزی فابریکی به جز آهن	۱/۰۳	-۰/۰۰۷	-۰/۰۷
تولید ماشین آلات و محصولات طبقه‌بندی	۱/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۰٦
تولید ماشین آلات اداری و حسابگر و ...	۰/۸	-۱/۰۱	-۰/۹
تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق و ...	۱/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۰۱۲
تولید رادیو و تلویزیون و ...	۰/۸	-۰/۸	-۰/۷
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ...	۱/۰۷	-۰/۳	-۰/۵
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و ...	۰/۸	۰/۰۱	۰/۱
تولید سایر وسایل حمل و نقل	۰/۹	-۰/٤	-۰/٤
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی	٤/۰۳	-۰/۳	-۰/۵

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۳. خلاصه بیشترین و کمترین متوسط کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن

درکارگاه‌های صنعتی ۱۳۸۷-۱۳۹۳

کشش جانشینی سایه‌ای مک فادن	بیشترین کشش	علامت	کمترین کشش	علامت
سرمایه – انرژی	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید رادیو و تلویزیون	مثبت
سرمایه – نیروی کار	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید رادیو و تلویزیون	مثبت
سرمایه – آلودگی	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید رادیو و تلویزیون	مثبت
انرژی – سرمایه	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید رادیو و تلویزیون	مثبت
انرژی – نیروی کار	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید محصولات از توتون و تنباکو	مثبت
انرژی – آلودگی	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	منفی	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	مثبت
نیروی کار – سرمایه	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید رادیو و تلویزیون	مثبت
نیروی کار – انرژی	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید محصولات از توتون و تنباکو	مثبت
نیروی کار – آلودگی	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	منفی	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق	مثبت
آلودگی – سرمایه	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	مثبت	تولید رادیو و تلویزیون	مثبت
آلودگی – انرژی	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	منفی	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	مثبت
آلودگی – نیروی کار	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	منفی	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق	مثبت

منبع: محاسبات تحقیق

Journal of Environmental and Natural Resource Economics
Volume 3, Number 5, Summer 2019, pp. 21-47

ATU PRESS

Original Reserch

Investigating theElasticity of Substitution Between Polluting and Non-polluting Inputs in Iranian Industrial Workplaces

Zeinolabedin Sadeghi[G] Associate Professor, Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Sayed Abdul Majid Jalaee Esfand Abadi Professor, Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Maryam Ghasemi M. Sc. Graduate, Energy Economics, Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Abstract

Renewable energies have become a major substitute for fossil fuel energy sources. It has important advantages such as decreasing the dependence on foreign oil imports, providing additional markets and creating job opportunities. An examination of the current structure of Iranian industrial sector reveals the fact that with the exemption of food and beverage industries, the major Iranian industrial sub-sectors are based on oil, gas and minerals industries. In this study, 22 industries are studied amongst the industrial workplaces. In addition, two nonpolluting inputs, i. e., capital and labor and two polluting energy inputs including nine different types of energies, i. e., gasoline, gas oil, kerosene, residual fuel oil, LPG, charcoal, coal, natural gas, and electricity together with the pollutant input which is the carbon dioxide are studied in the production process. We have used the Translog Cost Fuction in the modeling of inputs. Having the model estimated using the SUR sumultaneous equations, five types of elasticity of substitution including inputs own elasticity, cross elasticity, Allen, Morishima, and McFadan shadow elasticities are calculated and the input relationships are investigated. The results show that the capital input is substitutable with all the considered inputs, the labor input substitutalbe with all the other inputs except for the complementary polluting input. And finally, the polluting inputs have an inter-complementary relation.

Keywords: Translog Cost Function, Polluting Inputs, Nonpolluting Inputs, Elasticities of Substitution.

JEL Classification: D24, Q53, Q41.

eISSN: 2538-483X ISSN: 2538-4791 Received: 20/12/2018 Accepted: 14/05/2019

* Corresponding Author: z_sadeghi@uk.ac.ir