فصلنامهٔ اقتصاد و الگوسازی
دانشگاه شهید بهشتی، پاییز و زمستان ۱۳۹۰

Quarterly Journal of Economics and Modelling
Shahid Beheshti University

بررسی اثر افزایش قیمت برق بر فرایند تولید زیربخش‌های ۲۳ گانهٔ صنعت رویکرد پانل سیستمی

دکتر محمد نوفرستی*
زهره سلیمیان**

چکیده

اجرای طرح هدفمند کردن یارانه‌ها و اصلاح نرخ حامل‌های انرژی موجب خواهد شد تا بسیاری از تولیدکنندگان با استناد به افزایش قیمت نهاده‌های تولیدی در زیربخش‌های اقتصادی و به تبع آن افزایش هزینه‌های تولید و افزایش قیمت تمام شده محصولات تولیدی خود، خواستار افزایش قیمت این محصولات شوند. لذا هدف اصلی این مقاله بررسی اثرات طرح هدفمندی یارانه‌های نهاده برق بر قیمت تمام شدهٔ محصول در زیربخش‌های صنعتی است. در همین راستا و به جهت افزایش اعتبار نتایج، برآورد توابع هزینهٔ لگاریتمی متعالی در چارچوب رویکرد پانل سیستمی طی دورهٔ ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ در زیربخش‌های ۲۳ گانهٔ صنعت ایران به تفکیک کدهای ISIC به انجام رسیده است. طبق نتایج ناشی از این پژوهش میانگین کشش هزینه‌ای نیروی کار، برق و سرمایه در سطح ۲۳ کد ISIC صنعتی به‌ترتیب ۰.۱۶-، ۰.۳۲- و ۰.۵۲- حاصل شده است. ضمن آنکه به‌طور مشابه میانگین کشش‌های قیمتی متقاطع نیروی کار و برق ۰.۵۱و سرمایه و برق ۰.۸۴- می‌باشد. همچنین افزایش قیمت عوامل تولید از جمله برق سبب افزایش هزینه‌های تولید و در نتیجه کاهش تولید در زیربخش‌های مختلف می‌گردد، به‌عنوان نمونه افزایش ۱ درصدی قیمت برق به‌طور متوسط سبب کاهش ۰.۰۰۹ درصدی تولید می‌شود. همچنین افزایش ۱ درصدی قیمت برق در سال ۸۶، بین ۰.۰۳ تا ۰.۰۶ درصد هزینه‌های متوسط

* عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی
m-noferesti@sbu.ac.ir
** کارشناس ارشد علوم اقتصادی
zsalimian@gmail.com
تاریخ دریافت
۹۰/۸/۲۴
تاریخ پذیرش
۹۱/۹/۲۹

تولید را متأثر می‌سازد. تغییرات هزینه‌های متوسط تولید در بخش تولید فلزات اساسی بیشترین و در بخش‌هایی همانند بازیافت یا توتون و تنباکو کمترین است.

طبقه بندی JEL: *B40, B41, C01, C23, C33, C51, C52,*
کلید واژه‌ها: *هزینهٔ برق، زیربخش‌های ISIC صنعت، پانل سیستمی، طرح هدفمندسازی یارانه‌ها*

۱. مقدمه

قیمت حامل‌های انرژی در ایران، در چارچوب سیاست‌های اقتصادی و اجتماعی دولت تنظیم می‌شود. در چند دههٔ گذشته تلاش دولت بر تثبیت قیمت‌های جاری انرژی در یک سطح ثابت، متمرکز بوده و همواره تغییر قیمت حامل‌های انرژی با مقاومت‌های اجتماعی مواجه شده است. انحراف شدید قیمت اسمی حامل‌های انرژی از مقادیر واقعی آن، ناشی از وجود یارانه‌های پنهان طی دو دههٔ اخیر، در کنار عواملی از قبیل پایین بودن شاخص بهره‌وری انرژی، باعث افزایش فزایندهٔ مصرف انرژی و اتلاف آن در ایران شده و زمینه را برای تخصیص نا کارآمد منابع در اقتصاد فراهم کرده است.

بازنگری در شیوهٔ پرداخت یارانه‌های انرژی و تجدیدنظر در تخصیص منابع مستلزم آن است که قیمت حامل‌های انرژی اصلاح شود، از طرفی به دلیل تبعات اقتصادی- اجتماعی مورد انتظار اجرای چنین سیاستی، تحلیل پیامدهای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این خصوص، بررسی آثار اصلاح قیمت‌های انرژی از جمله برق بر تقاضای آن و همچنین هزینهٔ واقعی عرضهٔ کالاها به‌خصوص در بخش‌های صنعتی، اولین و شاید مهم‌ترین اقدام در این زمینه به‌شمار می‌آید. در واقع هدف از این مقاله، بررسی اثر افزایش قیمت برق بر زیربخش‌های صنعتی از نظر تغییر در تقاضای آن، تغییر هزینه‌های تولید بر اثر افزایش قیمت برق ضمن اجرای طرح هدفمند کردن یارانه‌ها و همچنین احتمال جانشینی سایر نهاده‌ها به جای برق می‌باشد.

امروزه انواع توابع تولید نئوکلاسیک برای برآورد تقاضای برق به‌خصوص در بخش صنعت به‌طور گسترده استفاده می‌شود که تابع هزینهٔ ترانسلوگ به‌دلیل داشتن ویژگی‌هایی از قبیل تغییر کشش‌های جانشینی یا بازده نسبت به مقیاس متناسب با تغییر سطح محصول یا نسبت عوامل تولید، نسبت به سایر توابع از ابزارهای مناسب جهت برآورد تقاضای

نهاده‌های تولید است (Heathfield & Wibe, 1956). لذا در مقالهٔ حاضر سعی خواهد شد تا بر مبنای بررسی سهم هزینهٔ انواع نهاده‌های تولید (از جمله برق) در قالب تابع هزینهٔ ترانسلوگ و با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی[1] سیستمی، تصویر مناسبی از وضعیت تقاضای این نهاده‌ها به تفکیک ۲۳ زیربخش ISIC بخش صنعت حاصل شود.

موضوع جانشینی برق و سایر نهاده‌های تولید در بخش صنعت، مطالعات متعددی را در کشورهای مختلف به‌خود اختصاص داده و رویهٔ مورد استفاده در اکثر این مطالعات، استخراج کشش‌های جانشینی و قیمتی از طریق تخمین یک تابع تولید یا هزینهٔ انعطاف‌پذیر، مانند توابع کاب داگلاس، کشش جانشینی ثابت[2] یا توابع ترانسلوگ و یا غیره است. متأسفانه اغلب مطالعات انجام شده در زمینهٔ تقاضای برق در ایران، به بررسی تقاضای برق در سطح کلان پرداخته و کمتر به تفکیک بخش‌های اقتصادی پرداخته شده است، ضمن آنکه در هیچیک از مطالعات از مدل ترانسلوگ برای برآورد تقاضای برق در زیربخش‌های صنعت استفاده نشده است. مطالعات خارجی را می‌توان در سه بخش جانشینی برق با سایر نهاده‌ها، جانشینی انرژی و سایر نهاده‌ها و جانشینی سایر نهاده‌ها باهم دسته‌بندی نمود که در اینجا مثال‌هایی از مطالعات نوع اول و دوم ارائه می‌گردد. از جمله مطالعات خارجی انجام گرفته در خصوص جانشینی برق با سایر نهاده‌ها می‌توان به مطالعات بلوک و کچ (Bölük & Koç ,2010) و بندا و وردوگو (Banda & Verdugo, 2007) به‌ترتیب در کشورهای ترکیه و مکزیک اشاره نمود.

در مورد کشور ترکیه نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و برق بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که کلیهٔ کشش‌های خودی قیمتی منفی است و سرمایه و نیروی کار از بالاترین کشش‌های قیمتی بین این چهار عامل برخوردارند. همچنین کشش خودی بالای سرمایه بیانگر تکنولوژی‌های سرمایه‌بر در بخش صنعت است. به‌طور مثال صنایع تهیهٔ غذا بسیار سرمایه‌برتر از صنایع سنگین همچون تجهیزات ماشین آلات و حمل و نقل می‌باشند. کشش خودی قیمتی برق، نیروی کار، مواد اولیه و سرمایه به‌ترتیب برابر با ۰/۸۵-، ۰/۹-، ۰/۲۵- و ۰/۸۸- است. مواد اولیه از پایین‌ترین کشش‌های خودی قیمتی برخوردارند که گویای وابستگی زیربخش‌های صنعتی به مواد اولیه است. همچنین نتایج

1. panel data
2. CES (Constant elasticity of substitution)

حاصل از کشش‌های قیمتی متقاطع حاکی از آن است که نیروی کار و سرمایه با برق مکمل هستند. این مکمل بودن بین برق و نیروی کار بدین معناست که کمبود برق، آثار منفی بر اشتغال در بخش صنعت خواهد گذاشت. همچنین نیروی کار و مواد اولیه همانند مواد اولیه و برق جانشین هستند که به این معناست که تقاضای نیروی کار و برق با تغییر قیمت مواد اولیه تغییر می‌کند. سرمایه (از آمار سرمایه‌گذاری برای آن استفاده شده) با سایر عوامل مکمل است یعنی افزایش قیمت سایر عوامل به‌خصوص مواد اولیه و برق سبب کاهش سرمایه‌گذاری در صنایع ساخت و تولید می‌شود که این نتیجه برای سیاستگذاری در بخش‌های صنعت و انرژی اهمیت بسیاری دارد.

مطالعه در خصوص کشور مکزیک نشان می‌دهد که مدلی که خواص غیر هموتتیکی و کشش‌های جانشینی غیر یک را تضمین نماید، برای معرفی ساختار تولید مناسب است. کشش‌های آلن- اوزاوا[1] گویای وجود امکان جانشینی بین عوامل تولید هستند. تقاضا برای برق نیز اساساً از کشش قیمتی یک برخوردار است. تمامی کشش‌های متقاطع قیمت نیز از یک کمتر بوده، صرفه نسبت به مقیاس[2] وجود داشته است و میانگین هزینه نیز با افزایش سایز فعالیت کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آن است که برای تمامی سال‌ها بین سرمایه و نیروی کار (σ_{KL}) و همچنین بین برق و نیروی کار (σ_{LE}) جانشینی عمده‌ای برقرار می‌باشد. همچنین در سال ۱۹۹۶ بین برق و حمل و نقل (σ_{ET}) و همچنین در سال ۲۰۰۰ بین سرمایه و برق (σ_{KE}) جانشینی عمده‌ای برقرار است. با توجه به برآورد صرفه نسبت به مقیاس و میانگین هزینه‌ها یک نتیجه جالب حاصل شده است و آن اینکه در مدل‌هایی که صرفه نسبت به مقیاس در آنها با توجه به محصول خروجی تغییر می‌نماید، به‌طور کلی در صورت وجود صرفه نسبت به مقیاس، با افزایش سطح محصول هزینه‌های تولید کاهش می‌یابد که گویای منافع حاصل از افزایش کارایی برای فعالیت‌های با سطح محصول بالاتر است، اما در یک نگاه کلی مشاهده می‌شود که نساجی، چوب و الوار و سایر تجهیزات حمل و نقل میانگین هزینه‌های بالاتری را نشان می‌دهند در حالی‌که اتومبیل در گروه با کمترین میانگین هزینه قرار گرفته است. اگرچه در سال ۲۰۰۳، تفاوت بین هزینه‌های تولید

1. Allen- Uzawa
2. economies of scale

در کلاس‌های با سایز فعالیت کوچک و بزرگ در تمامی گروه‌های ساخت و تولید کاهش یافته است ولی تفاوت‌ها در برخی گروه‌ها از سال ۱۹۹۶ برجا مانده است.

در سایر مطالعات نیز بوراناکوناپورن (Buranakunaporn ,2003)و ویلیامز (Williams,1981) ، جانشینی انرژی و سایر نهاده‌ها را در بخش صنعت در کشورهای تایلند، هند بررسی کردند، همچنین مدینا و وگا (Medina & Vega, 2001) این جانشینی را در ایتالیا، پرتغال و اسپانیا مطالعه کردند.

در کشورهای ایتالیا و اسپانیا، انرژی، جانشین نیروی کار و در کشور پرتغال جانشین سرمایه می‌باشد. کشش‌های قیمتی خودی از علامت‌های مناسب برخوردارند و به‌خصوص تقاضا برای نیروی کار و سرمایه نسبت به تغییرات قیمتی شدید در اسپانیا حساس می‌باشد. در این مطالعه فواصل اطمینان برای کشش‌های قیمتی خودی و آلن – اوزاوا برآورد شده‌اند. کشش‌های برآوردی صرفاً گویای وجود جانشینی سازگار بین انرژی و نیروی کار در ایتالیا هستند. جانشینی بین انرژی و سرمایه ضعیف بوده و در دورهٔ مورد مطالعه هیچگونه شواهد اقتصاد سنجی برای جانشینی بین انرژی و سایر نهاده‌ها (به استثنای جانشینی انرژی- نیروی کار در کشور ایتالیا) وجود ندارد.

اما در مطالعهٔ هند، نتایج حاکی از برآورد کشش‌های متقاطع قیمتی بین انرژی و سایر عوامل تولید غیر انرژی در گروه‌های مختلف ساخت و تولید، در اغلب موارد گویای ارتباط جانشینی نه مکملی است. کشش‌های بین سرمایه و انرژی، سرمایه و نیروی کار، مواد اولیه و نیروی کار، سرمایه و مواد اولیهٔ مثبت و لذا این عوامل جانشین یکدیگر به‌شمار می‌آیند. انرژی و نیروی کار برای برخی گروه‌های صنایع جانشین و برای برخی دیگر مکمل هستند. کشش‌های قیمتی خودی تقاضا برای انرژی نسبت به نیروی کار، سرمایه و مواد خام بیشتر است.

۲. تابع هزینهٔ لگاریتمی متعالی و توابع تقاضای نهاده‌های تولید

امروزه انواع توابع تولید نئوکلاسیک[1] به‌صورت گسترده استفاده می‌شوند. به‌رغم اینکه این

1. neoclassical production function

این توابع می‌توانند شکل‌های متفاوتی داشته باشند ولی همگی آنها از سه ویژگی اساسی برخوردارند. اول آنکه ترکیب نهاده‌های تولید همچون نیروی کار و سرمایه برای تولید کالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. ثانیاً سرمایه را به‌عنوان یک نهاده مستقل و جدا که به‌صورت مستقیم قابل قیاس با نیروی کار می‌باشد در نظر می‌گیرند. ثالثاً تمرکز اصلی این توابع بر امکانات تولید و همچنین تصمیم‌های صنایع و شرکت‌ها استوار است. در این مقاله و به منظور استخراج کشش‌های جانشینی نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و برق متناسب با سطح تولید، بدنبال تابع تولیدی هستیم که بر خلاف توابع CES و کاب داگلاس، کشش جانشینی و همچنین بازده نسبت به مقیاس آن با تغییر سطح محصول یا نسبت عوامل تولید تغییر نماید. تابع ترانسلوگ یا تابع تولید لگاریتمی متعالی[1] (منظور از لگاریتمی متعالی، توابع غیر جبری لگاریتمی می‌باشند) یکی از مشهورترین توابع مورد استفادهٔ اقتصاددانان است. این توابع بر خلاف توابع کاب- داگلاس و کشش جانشینی ثابت، کشش‌های جانشینی ثابت ندارند و لذا درصد تغییر در نسبت نهاده‌ها تقسیم بر درصد تغییر در نرخ نهایی جانشینی روی منحنی‌های تولید یکسان آنها ثابت نیست و از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر تغییر می‌کند. بنابراین تنها دانستن پارامترهای توابع تولید کفایت نمی‌کند و نقطهٔ دقیق روی منحنی‌های تولید یکسان و همچنین نسبت نهاده‌ها برای آن نقطه نیز باید شناخته شده باشد، همچنین بازده نسبت به مقیاس برای تابع ترانسلوگ نیز از همین قانون پیروی می‌نماید و بایستی به ازای هر نقطه روی تابع تولید مورد محاسبه قرار گیرد. اغلب کار با هزینه و قیمت عوامل تولید راحت‌تر از سطح محصول خروجی و نهاده‌های تولیدی است. ارتباط بین هزینه و قیمت عوامل تولید تابع هزینه نامیده می‌شود و دوگان تابع تولید خود است. تابع هزینهٔ ترانسلوگ که توسط کریستنسن و همکارانش معرفی شد پیشرفت‌های مهمی را در نظریهٔ تولید بنا نهاد، چرا که از آن زمان تابع هزینهٔ ترانسلوگ به‌صورت گسترده‌ای در مدلسازی تقاضای برق و انرژی به‌کار گرفته شده است.

تحت فرض مینیمم کردن هزینه‌ها و بازارهای رقابتی عوامل و محصول، تئوری دوگان بین هزینه و تولید گویای آن است که تابع تولید فوق منحصراً می‌تواند توسط یک تابع

1. transcendental logarithm

هزینه به شکل زیر بیان گردد:

$$C = g(P_L, P_K, P_E, Q) \qquad (۱)$$

که در آن C نماد هزینهٔ کل و P_i ($i = L, K, E$) نیز معرف قیمت عوامل تولید نیروی کار، سرمایه و انرژی است. برای برآورد، نیازمند به‌کارگیری یک شکل تابعی برای تابع هزینه می‌باشیم. تابع هزینهٔ ترانسلوگ به‌شکل لگاریتمی بسط تیلور درجهٔ دو به‌صورت زیر می‌باشد (Bölük & Koç ,2010):

$$LnC = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \alpha_Q \ln Q + \frac{1}{2}\sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum_i \gamma_{iQ} \ln p_i \ln Q + \frac{1}{2}\gamma_Q (\ln Q)^2 \qquad (۲)$$

که در آن $i, j = L, K, E$ و P_i نیز قیمت نهاده تولید i است.

با فرض رقابت کامل در بازار عوامل تولید، ثابت نگهداشتن قیمت‌های عوامل تولید و با فرض سطح مشخصی از محصول، توابع تقاضای نهاده‌های تولید (مینیمم کنندهٔ هزینه‌های تولید) استخراج می‌شود. در واقع مشتق جزئی تابع هزینهٔ ترانسلوگ با توجه به قیمت i امین عامل تولید، تابع تقاضای سهم i امین عامل تولید را هنگامی که قیمت‌ها برونزا هستند به‌دست خواهد داد.

$$\frac{\partial \ln(C)}{\partial \ln(P_i)} = \frac{\partial C}{\partial P_i}\frac{P_i}{C} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iQ} \ln Q \qquad i, j = L, K, E \qquad (۳)$$

مطابق با لم شفارد[1] تقاضای مینیمم کنندهٔ هزینه برای i امین عامل تولید به‌صورت زیر است:

$$x_i = \frac{\partial C}{\partial P_i} \qquad i, j = L, K, E \qquad (۴)$$

با جایگزین نمودن رابطهٔ (۴) در رابطهٔ (۳) تابع تقاضای عامل تولید بر حسب سهم هزینه به شکل زیر حاصل می‌گردد:

$$S_i = \frac{x_i P_i}{C} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iQ} \ln Q \qquad (۵)$$

که در آن

$$C = \sum x_i P_i$$

و S_i مبین سهم هزینه عامل تولید i ام، $i = L, K, E$ است.

1. Shephard's lemma

از آنجایی‌که تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌ها همگن خطی است، سهم هزینهٔ نهاده‌ها نسبت به قیمت آنها همگن از درجهٔ صفر خواهد بود. ضمناً تئوری یانگ بیان می‌کند که مشتقات قیمتی غیر خودی (تقاطعی) معادلات سیستم متقارن هستند. همگنی خطی نسبت به قیمت نهاده‌ها در معادلات گویای آن است که سهم هزینهٔ نهاده‌ها مستقل از کل هزینه‌های نهاده‌هاست. همگنی خطی نسبت به قیمت نهاده‌های تولید و محدودیت تقارنی بیانگر محدودیت‌های پارامتریک زیر بر پارامترهاست و لذا محدودیت‌های زیر باید توسط سیستم تقاضای سهم عوامل تولید تأمین گردد

$$\sum_i \alpha_i = 1 \qquad i, j = L, K, E \tag{۶}$$
$$\sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \gamma_{ij} = 0 \quad \text{و} \quad \gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$
$$\sum_i \gamma_{iQ} = 0$$

شاخص مورد استفاده برای تعیین واکنش‌ها در برابر تغییر قیمت، کشش‌های جزئی جانشینی آلن- اوزاوا (σ_{ij}) بین عامل تولید i و jبر حسب مشتقات جزئی اول و دوم تابع هزینه است که با توجه به قیمت خدمات i امین و jامین عامل تولید به‌صورت زیر است:

$$\sigma_{ij} = \frac{CC_{ij}}{C_i C_j} \tag{۷}$$

که در آن

$$C_i = \frac{\partial C}{\partial P_i}, C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j}$$

برای تابع هزینهٔ ترانسلوگ کشش‌های خودی AES[1] به‌صورت زیر

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2} \tag{۸}$$

و کشش‌های تقاطعی AES نیز به‌صورت زیر است:

$$\sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j} \qquad (i \neq j) i, j = L, K, E \tag{۹}$$

1. Allen Uzawa elasticity of substitution

کشش مثبت جانشینی بین عوامل تولید به معنای آن است که این عوامل جانشین یکدیگرند، در حالی‌که کشش‌های جانشینی منفی به معنای آن است که عوامل تولید مکملند. شاخص مورد استفاده برای تبیین تکنولوژی یک بنگاه تولیدی اقتصادی، کشش قیمتی تقاضا برای عوامل تولید (E_{ij}) است و به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$E_{ij} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \log P_j} \qquad (۱۰)$$

که مقدار تولید محصول (x_i) و قیمت سایر عوامل تولید (P_i) ثابت در نظر گرفته شده است.

کشش خودی قیمتی تقاضا (E_{ii}) برای یک عامل تولید تغییرات نسبی در مقدار تقاضای آن عامل در نتیجهٔ تغییرات قیمت خودش را اندازه‌گیری می‌نماید. همچنین کشش متقاطع تقاضا ($E_{ij}, i \neq j$) بیانگر تغییرات نسبی تقاضای مقدار عامل تولید i به دلیل تغییرات نسبی قیمت عامل تولید jاست. می‌توان نشان داد که کشش‌های جانشینی آلن می‌تواند مرتبط با کشش‌های قیمتی تقاضا برای عوامل تولید باشد. کشش‌های قیمتی متقاطع تقاضا برای عوامل تولید به‌صورت زیر می‌باشند (Bölük & Koç, 2010)::

$$E_{ij} = S_i \sigma_{ij} \qquad i, j = L, K, E \qquad (۱۱)$$

و کشش‌های خودی قیمت نیز به‌صورت زیر هستند:

$$E_{ii} = S_i \sigma_{ii} \qquad i, j = L, K, E \qquad (۱۲)$$

اگرچه کشش‌های آلن- اوزاوا به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند، ولی کاربرد آنها برای نهاده‌های تولید محدود است. تعریف AES از تعریف هیکس برای دو نهاده تولید منحرف شده و جانشینی عوامل تولید را به روشنی تبیین نمی‌نماید. بعلاوه AES معیار اندازه‌گیری انحنا و تقعر منحنی‌های تولید یکسان نیست و هیچگونه اطلاعاتی پیرامون سهم عوامل تولید ارائه نمی‌نماید. ضمناً نمی‌تواند به عنوان نرخ نهایی جانشینی مطرح گردد.

بنابراین گزینهٔ جایگزین برای اندازه‌گیری جانشینی، کشش جانشینی موریشیما (MES)[1] می‌باشد که مقدار آن معادل با مشتق لگاریتمی نسبت مقادیر عوامل تولید با توجه به نسبت قیمت‌های عوامل تولید است. در واقع MES (σ_{ij}^{M}) درصد تغییرات در نسبت دو جفت از عوامل تولید را در ارتباط با تغییر قیمت‌های این عوامل اندازه‌گیری می‌نماید. چمبرز[2]، MES (σ_{ij}^{M}) را به‌صورت زیر استخراج کرده است (Stiroh , 1999):

$$\sigma^{M}_{ji} = E_{ij} - E_{jj} \qquad (۱۳)$$

۳. تصریح و برآورد مدل اقتصاد سنجی و نتایج تجربی

۳. ۱. داده‌های آماری

برای برآورد مدل از اطلاعات متغیرهای جبران خدمات مزد و حقوق‌بگیران، تعداد شاغلان، قیمت استفاده از سرمایه، موجودی سرمایهٔ کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر به قیمت ثابت، قیمت برق، هزینهٔ برق، ارزش افزودهٔ فعالیت صنعتی کارگاه‌های صنعتی دارای ده نفر کارکن و بیشتر برحسب نوع فعالیت به تفکیک ۲۳ زیربخش صنعتی بر مبنای کدهای چهار رقمی ISIC (از کد ۱۵ تا ۳۷) طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ استفاده شده است. اطلاعات برخی از این متغیرها همچون جبران خدمات، تعداد شاغلان، قیمت و هزینهٔ برق به‌صورت مستقیم در سرشماری کارگاه‌های صنعتی موجود و اطلاعات برخی دیگر همچون ارزش افزودهٔ کارگاه‌ها به قیمت ثابت یا قیمت استفاده از سرمایه بر مبنای محاسبات میانی حاصل شده است.[3]

۳.۲. آزمون ریشهٔ واحد داده‌های آماری

در نخستین گام برای برآورد مدل اقتصاد سنجی لازم است تا آزمون ریشهٔ واحد داده‌های مدل انجام شود تا پایایی یا ناپایی متغیرهای مدل مشخص شود. برای انجام این مهم از آزمون‌های ریشهٔ واحد داده‌های پانل یعنی آزمون ریشهٔ واحد لوین، لین و چو استفاده می‌شود[4] (Baltagi, 2005). فرضیهٔ صفر این آزمون آن است که هر یک از سری‌های

1. Morishima Elasticity of Substitution
2. Chambers (1988)
۳. برای اطلاعات بیشتر رجوع شود به: سلیمیان (۱۳۹۰).
4. Levin, Lin and Chu

زمانی در مقاطع دارای ریشهٔ واحد هستند در حالی‌که فرضیهٔ متقابل بیان می‌کند که هر یک از سری‌های زمانی پایا هستند. ضمن آنکه نتایج کلی حاصل از انجام این آزمون در جدول ۱ مستند گردیده است. البته شایان ذکر است که متغیرهای قیمتی نظیر قیمت برق، جبران خدمات (قیمت نیروی کار) و قیمت سرمایه نسبت به شاخص بهای عمده فروشی کالاها نرمالیزه شده‌اند.

جدول ۱. نتایج آزمون لوین، لین و چو در مورد ناپایایی متغیرهای تابع هزینه ترانسلوگ

نام متغیر	شرح متغیر	آماره آزمون	احتمال مرتبط با آماره آزمون	تفاضل مرتبه اول	آماره آزمون	احتمال مرتبط با آماره آزمون	نتیجه آزمون
PLN	جبران خدمات مزد و حقوق‌بگیران	-۰.۷۸۴۷	۰.۲۱۶۳	D(PL)	-۱۸.۰۰۶۷	۰.۰۰۰۰	$P_L \approx I(1)$
PEN	قیمت برق	-۳.۸۱۵	۰.۰۰۰۱	--	--	--	$P_L \approx I(0)$
PKN	قیمت سرمایه	-۱۳.۶۷	۰.۰۰۰۰				$P_L \approx I(0)$
SL	سهم هزینه نیروی کار	-۱۵.۲۲	۰.۰۰۰۰	--	--	--	$S_L \approx I(0)$
SE	سهم هزینه برق	-۹.۸۳	۰.۰۰۰۰	--	--	--	$S_E \approx I(0)$
SK	سهم هزینه موجودی سرمایه	-۱۵.۸۶	۰.۰۰۰۰	--	--	--	$S_K \approx I(0)$
Y	ارزش افزوده	-۰.۱۹۴۱۷	۰.۴۲۳۰	D(y)	-۰.۱۲۹۴۷	۰.۰۰۰۰	$Y \approx I(1)$

نتایج جدول ۱ مبین آن است که متغیرهای جبران خدمات مزد و حقوق‌بگیران و همچنین ارزش افزوده جمعی از مرتبهٔ یک و سایر متغیرها مشتمل بر قیمت برق، قیمت سرمایه، سهم‌های هزینهٔ نیروی کار، برق و سرمایهٔ جمعی از مرتبهٔ صفر یا پایا است.

۳.۳. برآورد مدل‌های هزینه و سهم هزینهٔ ترانسلوگ

پس از پی بردن به وضعیت پایایی یا ناپایایی متغیرهای مورد استفادهٔ مدل، زمینهٔ تصریح مدل اقتصاد سنجی سهم هزینهٔ ترانسلوگ فراهم آمده است که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. برای برآورد بهتر ضرایب مدل، معادلات سهم هزینه و هزینهٔ همزمان برآورد شده‌اند. از آنجا که مدل به‌صورت سیستمی برآورده شده است لذا ۴۶ معادله مربوط به سهم‌های هزینهٔ عوامل تولید کار و سرمایه و ۲۳ معادله نیز مربوط به معادلات هزینه است. جدول ۳ نیز گویای تابع هزینهٔ ترانسلوگ برآورد شده به همراه ضرایب مربوطه است.

جدول ۲. توابع سهم هزینه برآورد شده به همراه ضرایب آنها

	α_L	α_K	α_E	β_{LY}	β_{KY}	β_{EY}	β_{LL}	β_{LK}	β_{LE}	β_{KK}	β_{KE}	β_{EE}
۱	-۶.۳۵	۱۲.۲۴۵	-۴.۸۹									
۲	-۵.۸۹۹	۱۱.۷۱۱	-۴.۸۱۲									
۳	-۶.۱۲۵۱	۱۱.۸۴۴	-۴.۷۱۹									
۴	-۵.۶۷۵۶	۱۱.۲۲۰	-۴.۵۴۵									
۵	-۵.۷۵۱۳۱	۱۱.۳۴۳	-۴.۵۹۲									
۶	-۵.۶۶۴۴	۱۱.۲۷۷	-۴.۶۱۷									
۷	-۵.۹۳۰۲	۱۱.۶۴۰	-۴.۷۱									
۸	-۵.۸۸۸۶	۱۱.۶۷۹	-۴.۷۸۹									
۹	-۶.۲۱۰۳۳	۱۲.۰۳۲	-۴.۸۲۲									
۱۰	-۶.۷۷۸۳۵	۱۲.۶۹۶	-۴.۹۱۸									
۱۱	-۶.۱۵۴۲۶	۱۲.۰۰۸	-۴.۸۵۴									
۱۲	-۶.۲۹۶۴۵	۱۲.۰۳۴	-۴.۷۳۸	۰.۱۷۶ (۵.۶۹)	-۰.۲۰۳ (-۶.۵۸)	۰.۰۲۷	۰.۱۴۲ (۳.۳۲)	-۰.۳۵۹ (-۱۴.۹۸)	۰.۲۴۲ (۴.۶۹)	۰.۷۲۸ (۲۵.۹)	-۰.۲۳۳ (-۳.۵۴)	-۰.۰۰۹
۱۳	-۶.۶۴۳۶۱	۱۲.۳۲۶	-۴.۶۸۶									
۱۴	-۴.۸۱	۱۱.۹۳۵	-۶.۱۱۹۵									
۱۵	-۴.۸۹	۱۲.۰۰۴	-۶.۱۱۱۱									
۱۶	-۴.۷۳	۱۱.۴۶۵	-۵.۷۳۰۵									
۱۷	-۴.۸۹	۱۱.۸۹۴	-۶.۰۰۲۷									
۱۸	-۴.۸۸	۱۱.۹۱۳	-۶.۰۳۱۸									
۱۹	-۴.۷۵	۱۱.۳۳۷	-۵.۵۸۴									
۲۰	-۴.۹۵	۱۲.۳۱۵	-۶.۳۶۲									
۲۱	-۴.۷۱	۱۱.۵۴۷	-۵.۸۳۲۰									
۲۲	-۴.۵۶	۱۱.۲۷۵	-۵.۷۰۵۶									
۲۳	-۳.۷۸	۹.۴۳۹	-۴.۶۶۲۸									

جدول ۳. تابع هزینهٔ ترانسلوگ برآورد شده به همراه ضرایب مربوطه

	α_0	α_L	α_K	α_E	α_Y	β_{LK}	β_{LE}	β_{KK}	β_{KE}	β_{EE}	β_{LL}	β_{LY}	β_{EY}	β_{YY}	β_{KY}
۱	۱۰۱.۲۳	−۶.۳۵	۱۲.۲۴	−۴.۸۹											
۲	−۲.۷۱	−۵.۸۹۹	۱۱.۷۱۱	−۴.۸۱۲											
۳	۰.۰۱۳	−۶.۱۲۵	۱۱.۸۴۴	−۴.۷۱۹											
۴	۹۱.۹۷	−۵.۶۷۵	۱۱.۲۲۰	−۴.۵۴۵											
۵	۹۶.۱۶	−۵.۷۵۱	۱۱.۳۴۳	−۴.۵۹۲											
۶	۸۶.۴۴	−۵.۶۶	۱۱.۲۷۷	−۴.۶۱۷											
۷	۸۸.۰۶	−۵.۹۳	۱۱.۶۴۰	−۴.۷۱											
۸	۸۶.۳۹	−۵.۸۹	۱۱.۶۷۹	−۴.۷۸۹											
۹	۹۲.۰۰۸	−۶.۲۱	۱۲.۰۳۲	−۴.۸۲۲											
۱۰	۹۱.۵۴	−۶.۷۷۸	۱۲.۶۹۶	−۴.۹۱۸											
۱۱	۹۶.۲۵	−۶.۱۵۴	۱۲.۰۰۸	−۴.۸۵۴											
۱۲	۱۰۸.۸۹	−۶.۲۹۶	۱۲.۰۳۴	−۴.۷۳۸	−۲.۷۱۳	−۰.۳۵۹۷	۰.۲۴۳	۰.۷۲۸	−۰.۲۳۳	−۰.۰۰۹	۰.۱۴۲	۰.۱۷۶	۰.۰۲۷	۰.۰۱۳	−۰.۲۰۲
۱۳	۹۷.۳۳	−۶.۶۴	۱۲.۳۲۶	−۴.۶۸۶											
۱۴	−۴.۸۹	−۶.۳۵	۱۲.۲۴	−۴.۸۹											
۱۵	−۴.۸۱	−۵.۹	۱۱.۷۱۱	−۴.۸۱											
۱۶	−۴.۷۲	−۶.۱۲	۱۱.۸۴	−۴.۷۲											
۱۷	−۴.۵۴	−۵.۶۸	۱۱.۲۲	−۴.۵۴											
۱۸	−۴.۵۹	−۵.۷۵	۱۱.۳۴	−۴.۵۹											
۱۹	−۴.۶۲	−۵.۶۶	۱۱.۲۸	−۴.۶۲											
۲۰	−۴.۷۱	−۵.۹۳	۱۱.۶۴	−۴.۷۱											
۲۱	−۴.۷۹	−۵.۸۹	۱۱.۶۸	−۴.۷۹											
۲۲	−۴.۸۲	−۶.۲۱	۱۲.۰۳	−۴.۸۲											
۲۳	−۴.۹۲	−۶.۷۸	۱۲.۷	−۴.۹۲											

۴.۳. محاسبهٔ کشش‌های جانشینی و قیمتی عوامل تولید نیروی کار، سرمایه و برق

بر مبنای ضرایب برآوردی و سهم هزینه‌های عوامل تولید، کشش‌های جانشینی خودی و متقاطع آلن- اوزاوا طبق روابط (۸) و (۹) قابل محاسبه هستند که با محاسبهٔ این کشش‌ها، کشش‌های قیمتی خودی و تقاطعی عوامل تولید نیروی کار، برق و سرمایه طبق روابط (۱۱) و (۱۲) محاسبه شده‌اند. برای نمونه کشش‌های قیمتی برق بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴. کشش‌های قیمتی خودی برای عامل تولید برق

	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
۱	−۰.۲۹	−۰.۲۲	−۰.۲۳	−۰.۱۴	−۰.۱۹	−۰.۲۳	−۰.۲۰	−۰.۲۳	−۰.۲۲	−۰.۲۶	−۰.۲۵	−۰.۲۲
۲	−۰.۵۸	−۰.۸۲	−۰.۵۸	−۰.۵۰	−۰.۴۹	−۰.۸۹	−۰.۷۰	−۱.۳۲	−۰.۶۰	−۰.۶۳	−۰.۵۹	−۰.۸۷
۳	−۰.۱۸	−۰.۱۷	−۰.۱۷	−۰.۱۱	−۰.۱۲	−۰.۱۵	−۰.۱۱	−۰.۱۴	−۰.۱۳	−۰.۱۹	−۰.۱۴	−۰.۱۴
۴	−۰.۵۴	−۰.۳۲	−۰.۶۵	−۰.۳۶	−۰.۵۲	−۰.۷۶	−۱.۲۳	−۰.۵۲	−۰.۴۳	−۰.۵۴	−۰.۴۹	−۰.۴۳
۵	−۰.۵۴	−۰.۴۲	−۰.۳۹	−۰.۲۴	−۰.۳۱	−۰.۴۱	−۰.۴۸	−۰.۲۸	−۰.۲۹	−۰.۳۱	−۰.۳۵	−۰.۲۷
۶	−۰.۲۶	−۰.۱۷	−۰.۱۴	−۰.۱۱	−۰.۱۳	−۰.۱۵	−۰.۲۲	−۰.۱۹	−۰.۱۹	−۰.۱۹	−۰.۱۵	−۰.۱۵
۷	−۰.۱۶	−۰.۱۴	−۰.۱۰	−۰.۰۷	−۰.۰۸	−۰.۱۱	−۰.۰۹	−۰.۱۱	−۰.۱۰	−۰.۱۳	−۰.۱۲	−۰.۱۳
۸	−۰.۵۸	−۰.۵۱	−۰.۵۱	−۰.۲۵	−۰.۳۱	−۰.۵۲	−۰.۳۲	−۰.۴۳	−۰.۳۹	−۰.۴۵	−۰.۴۷	−۰.۳۹
۹	−۰.۲۵	−۰.۲۹	−۰.۲۶	−۰.۲۲	−۰.۲۳	−۰.۲۲	−۰.۱۴	−۰.۱۹	−۰.۱۸	−۰.۲۴	−۰.۲۷	−۰.۲۸
۱۰	−۰.۴۰	−۰.۴۶	−۰.۴۷	−۰.۱۹	−۰.۲۸	−۰.۳۸	−۰.۱۶	−۰.۳۴	−۰.۲۶	−۰.۳۴	−۰.۲۱	−۰.۱۴
۱۱	−۰.۲۲	−۰.۱۸	−۰.۱۹	−۰.۱۲	−۰.۱۴	−۰.۲۱	−۰.۱۳	−۰.۱۷	−۰.۱۵	−۰.۲۰	−۰.۱۷	−۰.۱۶
۱۲	−۰.۰۹	−۰.۰۸	−۰.۰۸	−۰.۰۵	−۰.۰۶	−۰.۰۹	−۰.۰۶	−۰.۰۸	−۰.۰۸	−۰.۱۰	−۰.۱۰	−۰.۰۸
۱۳	−۰.۰۵	−۰.۰۵	−۰.۰۵	−۰.۰۳	−۰.۰۴	−۰.۰۵	−۰.۰۳	−۰.۰۵	−۰.۰۴	−۰.۰۵	−۰.۰۵	−۰.۰۵
۱۴	−۰.۳۹	−۰.۳۵	−۰.۲۸	−۰.۲۰	−۰.۲۷	−۰.۳۶	−۰.۲۸	−۰.۳۰	−۰.۲۲	−۰.۳۰	−۰.۳۲	−۰.۲۹
۱۵	−۰.۴۰	−۰.۳۵	−۰.۴۰	−۰.۲۳	−۰.۲۷	−۰.۳۳	−۰.۲۹	−۰.۳۳	−۰.۳۳	−۰.۳۳	−۰.۴۸	−۰.۳۵
۱۶	−۰.۵۴	−۰.۴۴	−۰.۸۶	−۰.۴۲	−۰.۶۱	−۰.۷۴	−۰.۴۷	−۰.۸۶	−۰.۶۶	−۰.۷۰	−۰.۷۱	−۰.۶۳
۱۷	−۰.۴۰	−۰.۲۹	−۰.۲۹	−۰.۱۵	−۰.۲۷	−۰.۳۴	−۰.۲۳	−۰.۳۰	−۰.۲۵	−۰.۳۳	−۰.۳۵	−۰.۳۱
۱۸	−۰.۵۹	−۰.۵۷	−۰.۶۳	−۰.۴۰	−۰.۵۴	−۰.۶۸	−۰.۴۱	−۰.۷۲	−۰.۶۳	−۰.۸۲	−۰.۷۵	−۰.۶۰
۱۹	−۰.۳۲	−۰.۲۸	−۰.۲۴	−۰.۱۸	−۰.۲۳	−۰.۳۴	−۰.۱۹	−۰.۳۱	−۰.۲۸	−۰.۳۳	−۰.۴۲	−۰.۴۱
۲۰	−۰.۶۸	−۰.۵۶	−۰.۴۸	−۰.۳۰	−۰.۳۸	−۰.۵۳	−۰.۲۸	−۰.۴۱	−۰.۳۹	−۰.۴۴	−۰.۴۳	−۰.۴۸
۲۱	−۰.۵۲	−۰.۴۶	−۰.۴۵	−۰.۳۵	−۰.۳۸	−۰.۳۹	−۰.۳۶	−۰.۴۷	−۰.۴۲	−۰.۴۷	−۰.۵۷	−۰.۶۲
۲۲	−۰.۴۶	−۰.۲۷	−۰.۳۰	−۰.۲۱	−۰.۲۴	−۰.۳۷	−۰.۴۵	−۰.۳۰	−۰.۳۲	−۰.۳۶	−۰.۳۷	−۰.۳۱
۲۳	−۰.۴۷	−۰.۰۶	−۰.۰۶	−۰.۰۶	−۰.۱۱	−۰.۱۳	−۰.۸۷	−۰.۰۷	−۰.۰۹	−۰.۱۳	−۰.۱۴	−۰.۱۱
میانگین	−۰.۳۹	−۰.۳۲	−۰.۳۴	−۰.۲۱	−۰.۲۷	−۰.۳۶	−۰.۳۳	−۰.۳۵	−۰.۲۹	−۰.۳۴	−۰.۳۴	−۰.۳۲

مقایسهٔ تطبیقی نتایج حاصل با نتایج بخش صنعت سایر کشورها در ارتباط با جانشینی نهاده برق با کار و سرمایه به‌خصوص در کشورهای ترکیه و مکزیک حاوی نکات قابل توجهی است. در مطالعات کشورهای ترکیه و مکزیک موضوع جانشینی برق با عوامل نیروی کار، سرمایه، حمل و نقل یا مواد اولیه مورد بررسی واقع شده است. از آنجا که عوامل تولید برق، نیروی کار و سرمایه مشترک هستند، مقادیر کشش‌های قیمتی خودی و تقاطعی حاصل برای این سه عامل ارزیابی خواهند شد. طبق بررسی‌های انجام شده کشش‌های خودی قیمتی عوامل تولید در کشورهای ترکیه و مکزیک برای سرمایه به ترتیب در حدود ۰/۸۷- و ۰/۶-، برای نیروی کار ۰/۸۹- و ۰/۳۷- و برای برق ۰/۸۵- و ۱- حاصل شده است. این در حالی است که همان‌گونه که پیشتر نیز اشاره گردید میانگین کشش قیمتی سرمایه، نیروی کار و برق در سطح ۲۳ کد ISIC صنعتی طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ به‌ترتیب ۰.۵۲- ،۰.۱۶- و ۰.۳۲- محاسبه شده است. همچنین کشش‌های متقاطع قیمتی سرمایه و برق در کشورهای ترکیه و مکزیک و ایران به ترتیب در حدود ۰/۴۲۱- ، ۰/۰۴ و ۰.۸۴- محاسبه شده است. برای نیروی کار و برق نیز مقادیر کشش‌های قیمتی متقاطع در کشورهای ترکیه و مکزیک به‌ترتیب ۰/۴۳۴- و ۰/۷۳ است که مقدار ۰/۵۱ از این مقاله برای کشش متقاطع برق و نیروی کار در ایران حاصل شده است. طبق نتایج فوق، همانند کشور مکزیک جانشینی برق و نیروی کار در صنایع ایران مشاهده می‌شود حال آنکه رابطهٔ مکملی برق و سرمایه در کشور ایران مشابه با صنایع ترکیه به‌دست آمده است.

۴. محاسبهٔ تغییر هزینه‌های متوسط تولید زیربخش‌های مختلف بر اثر افزایش قیمت برق پس از اجرای طرح هدفمند کردن یارانه‌ها

از آنجا که انرژی و برق به‌عنوان عوامل تولید سهمی در هزینه‌های تولید محصولات صنعتی دارند، اجرای طرح تحول و به تبع آن افزایش قیمت انواع حامل‌های انرژی و برق سبب افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد که این امر تغییر در تولید و به تبع آن تغییر هزینهٔ

تمام شدهٔ محصولات صنعتی در زیربخش‌های ۲۳ گانه بخش صنعت را پس از اجرای طرح هدفمند کردن یارانه‌ها در پی خواهد داشت.

برای محاسبهٔ تغییر هزینه‌های متوسط تولید بر اثر افزایش قیمت برق، ناگزیر از آن هستیم که مراحل زیر را طی نماییم:

۱. محاسبهٔ تغییر در تقاضای برق بر اثر افزایش ۱درصد قیمت برق بر مبنای کشش‌های قیمتی تقاضا در زیربخش‌های صنعتی

۲. محاسبهٔ تغییر در تقاضای سایر عوامل تولید بر مبنای کشش‌های جانشینی موریشیما[۱] در زیربخش‌های صنعتی (Stiroh,1999)

۳. محاسبه تغییر در میزان تولید بر اثر تغییر قیمت برق بر مبنای کشش‌های تولیدی[۲] محاسبه شده و تغییرات تقاضای عوامل تولید در زیربخش‌های صنعتی

۴. محاسبهٔ تغییر در میزان هزینه‌های تولید در اثر تغییر ۱ درصد قیمت برق بر مبنای تغییرات تقاضای جدید عوامل تولید در زیربخش‌های صنعتی

۵. محاسبهٔ تغییر هزینه‌های متوسط تولید در زیربخش‌های مختلف بر مبنای مراحل ۳ و۴ بر اساس تغییر ۱ درصد قیمت برق

مقادیر کشش‌های موریشما برای برق و نیروی کار و برق و سرمایه به‌ترتیب در جداول ۵ و ۶ محاسبه شده است.

با استفاده از کشش‌های محاسبه شده و طی مراحل فوق تغییر هزینه‌های متوسط تولید بر اثر تغییرات قیمت برق در ۲۳ زیربخش صنعتی به‌قرار جدول ۷ می‌باشد.

---

۱. که در واقع نرخ نهایی جانشینی فنی بین عوامل تولید است.

۲. در توابع ترانسلوگ، سهم هزینهٔ نهاده‌های تولید با کشش‌های تولیدی برابر می‌باشند. (Khalil, 2003;Heathfield and Wibe, 1956)

جدول ۵. کشش‌های جانشینی موریشیما بین برق و نیروی کار

	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
۱	۰.۷۸	۰.۸۱	۰.۸۳	۰.۶۰	۰.۶۸	۰.۸۵	۰.۵۴	۰.۷۸	۰.۷۲	۰.۸۵	۰.۷۵	۰.۶۵
۲	۱.۱۰	۱.۳۶	۱.۱۲	۰.۸۸	۰.۹۰	۱.۳۵	۱.۰۰	۱.۶۸	۱.۰۴	۱.۳۰	۱.۰۸	۱.۱۹
۳	۰.۶۵	۰.۶۵	۰.۶۸	۰.۵۵	۰.۶۰	۰.۷۱	۰.۵۱	۰.۷۳	۰.۶۸	۰.۸۱	۰.۷۱	۰.۶۲
۴	۰.۸۹	۰.۸۸	۱.۳۰	۰.۸۳	۱.۰۷	۱.۵۰	۱.۴۹	۱.۰۱	۰.۸۹	۱.۰۹	۰.۹۳	۰.۸۰
۵	۰.۹۲	۰.۸۴	۰.۸۳	۰.۶۳	۰.۷۳	۰.۹۴	۰.۷۷	۰.۸۸	۰.۸۵	۰.۹۹	۰.۸۶	۰.۶۸
۶	۰.۶۷	۰.۶۷	۰.۶۶	۰.۵۵	۰.۶۰	۰.۷۰	۰.۵۴	۰.۶۷	۰.۶۳	۰.۷۱	۰.۶۱	۰.۵۶
۷	۰.۷۰	۰.۷۶	۰.۷۷	۰.۶۰	۰.۶۵	۰.۷۸	۰.۵۱	۰.۷۱	۰.۶۹	۰.۷۶	۰.۶۷	۰.۵۸
۸	۱.۰۶	۰.۹۹	۱.۰۲	۰.۶۸	۰.۸۱	۱.۱۸	۰.۶۳	۰.۸۹	۰.۸۳	۰.۹۳	۰.۸۸	۰.۷۵
۹	۰.۷۵	۰.۷۶	۰.۷۰	۰.۵۷	۰.۶۲	۰.۶۶	۰.۵۰	۰.۶۴	۰.۵۹	۰.۶۹	۰.۶۶	۰.۶۳
۱۰	۱.۲۸	۱.۳۴	۱.۳۱	۰.۷۴	۰.۹۳	۱.۲۶	۰.۵۸	۱.۱۲	۰.۹۴	۱.۱۷	۰.۹۲	۰.۷۵
۱۱	۰.۸۷	۰.۸۳	۰.۸۹	۰.۶۱	۰.۷۰	۰.۹۳	۰.۵۲	۰.۷۸	۰.۶۹	۰.۸۳	۰.۷۱	۰.۶۰
۱۲	۰.۶۹	۰.۷۲	۰.۷۶	۰.۶۶	۰.۷۰	۰.۷۹	۰.۵۶	۰.۷۲	۰.۶۷	۰.۷۵	۰.۶۷	۰.۵۹
۱۳	۱.۰۱	۰.۹۱	۰.۹۵	۰.۹۴	۰.۸۷	۱.۰۰	۰.۷۹	۰.۹۲	۰.۹۰	۱.۰۱	۰.۸۵	۰.۷۳
۱۴	۰.۹۰	۰.۸۸	۰.۸۴	۰.۶۲	۰.۷۰	۰.۹۳	۰.۵۹	۰.۷۷	۰.۶۶	۰.۸۰	۰.۷۴	۰.۶۶
۱۵	۰.۹۰	۰.۸۳	۰.۹۱	۰.۶۳	۰.۷۱	۰.۸۷	۰.۶۱	۰.۸۰	۰.۷۵	۰.۸۱	۰.۹۰	۰.۷۲
۱۶	۱.۳۰	۰.۹۳	۱.۵۶	۰.۸۷	۱.۰۵	۱.۳۴	۰.۷۸	۱.۳۲	۱.۰۳	۱.۱۱	۱.۱۳	۰.۹۷
۱۷	۰.۹۵	۰.۸۰	۰.۸۱	۰.۵۷	۰.۷۰	۰.۸۴	۰.۵۶	۰.۷۵	۰.۶۷	۰.۸۱	۰.۷۷	۰.۶۸
۱۸	۱.۲۳	۱.۱۷	۱.۲۰	۰.۸۰	۰.۹۶	۱.۲۶	۰.۷۴	۱.۲۲	۱.۰۸	۱.۳۷	۱.۲۱	۰.۹۹
۱۹	۰.۸۱	۰.۷۹	۰.۷۴	۰.۵۷	۰.۶۴	۰.۸۳	۰.۵۳	۰.۷۳	۰.۶۷	۰.۸۲	۰.۸۳	۰.۷۶
۲۰	۱.۳۰	۱.۱۴	۱.۰۵	۰.۶۹	۰.۷۷	۱.۰۰	۰.۶۱	۰.۸۴	۰.۷۹	۰.۹۲	۰.۸۴	۰.۸۳
۲۱	۰.۹۹	۰.۹۰	۰.۹۱	۰.۷۱	۰.۷۷	۰.۸۲	۰.۶۶	۰.۸۲	۰.۷۸	۰.۸۸	۰.۹۳	۰.۹۶
۲۲	۰.۸۴	۰.۷۷	۰.۸۲	۰.۶۲	۰.۷۰	۰.۹۰	۰.۷۳	۰.۷۳	۰.۷۰	۰.۷۷	۰.۷۷	۰.۶۶
۲۳	۰.۷۸	۰.۶۴	۰.۶۶	۱.۲۶	۰.۵۶	۰.۷۰	۱.۱۳	۰.۵۶	۰.۵۲	۰.۵۴	۰.۵۲	۰.۴۹
میانگین	۰.۹۳	۰.۸۹	۰.۹۳	۰.۷۰	۰.۷۶	۰.۹۶	۰.۶۹	۰.۸۷	۰.۷۷	۰.۹۰	۰.۸۲	۰.۷۳

جدول ۶. کشش‌های جانشینی موریشیما بین برق و سرمایه

	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
۱	-۰.۲۲	-۰.۲۰	-۰.۱۸	-۰.۵۵	-۰.۳۵	-۰.۱۶	-۱.۷۰	-۰.۲۱	-۰.۲۸	-۰.۱۵	-۰.۲۴	-۰.۴۵
۲	۰.۱۳	۰.۳۹	۰.۱۵	-۰.۲۴	-۰.۱۴	۰.۳۸	-۰.۹۵	۰.۵۹	۰.۰۴	۰.۲۷	۰.۱۱	-۰.۲۳
۳	-۰.۴۰	-۰.۴۰	-۰.۳۴	-۰.۸۱	-۰.۵۴	-۰.۳۰	-۱.۵۴	-۰.۲۹	-۰.۳۵	-۰.۲۱	-۰.۳۱	-۰.۴۷
۴	-۰.۴۰	-۰.۱۰	۰.۲۸	-۰.۱۶	۰.۰۹	۰.۴۲	-۴.۶۱	۰.۰۴	-۰.۱۰	۰.۱۲	-۰.۰۷	-۰.۴۰
۵	-۰.۲۰	-۰.۱۸	-۰.۱۹	-۰.۶۰	-۰.۳۲	-۰.۰۴	-۲.۵۸	-۰.۱۲	-۰.۱۳	-۰.۰۵	-۰.۱۲	-۰.۴۳
۶	-۰.۴۶	-۰.۳۵	-۰.۳۸	-۰.۸۲	-۰.۵۳	-۰.۳۲	-۳.۳۹	-۰.۳۷	-۰.۴۶	-۰.۳۰	-۰.۴۹	-۰.۸۱
۷	-۰.۳۲	-۰.۲۷	-۰.۲۹	-۰.۷۰	-۰.۴۷	-۰.۲۸	-۱.۶۰	-۰.۳۳	-۰.۳۷	-۰.۲۷	-۰.۳۸	-۰.۶۲
۸	۰.۰۹	۰.۰۲	۰.۰۵	-۰.۴۱	-۰.۱۸	۰.۱۵	-۱.۹۳	-۰.۱۱	-۰.۱۹	-۰.۰۴	-۰.۱۶	-۰.۵۴
۹	-۰.۲۵	-۰.۲۴	-۰.۳۴	-۱.۱۱	-۰.۶۳	-۰.۳۹	-۲.۱۳	-۰.۴۳	-۰.۶۱	-۰.۳۵	-۰.۵۱	-۰.۸۶
۱۰	۰.۰۹	۰.۱۵	۰.۱۵	-۰.۲۶	-۰.۱۰	۰.۰۷	-۰.۶۴	۰.۰۱	-۰.۱۰	۰.۰۲	-۰.۱۴	-۰.۲۸
۱۱	-۰.۱۵	-۰.۲۰	-۰.۱۶	-۰.۴۹	-۰.۳۲	-۰.۱۴	-۱.۱۳	-۰.۲۳	-۰.۳۴	-۰.۱۹	-۰.۳۱	-۰.۵۳
۱۲	-۰.۳۸	-۰.۳۶	-۰.۳۲	-۰.۶۹	-۰.۴۵	-۰.۲۸	-۱.۶۶	-۰.۳۷	-۰.۴۶	-۰.۳۱	-۰.۴۰	-۰.۶۵
۱۳	-۰.۲۳	-۰.۲۸	-۰.۲۵	-۰.۵۶	-۰.۴۰	-۰.۲۴	-۱.۲۴	-۰.۲۷	-۰.۳۴	-۰.۲۲	-۰.۳۱	-۰.۵۰
۱۴	-۰.۰۸	-۰.۱۰	-۰.۱۵	-۰.۵۳	-۰.۳۵	-۰.۰۵	-۲.۰۲	-۰.۲۳	-۰.۴۲	-۰.۱۹	-۰.۳۱	-۰.۶۱
۱۵	-۰.۰۷	-۰.۱۵	-۰.۰۷	-۰.۵۷	-۰.۳۴	-۰.۱۱	-۱.۴۷	-۰.۱۹	-۰.۳۰	-۰.۱۸	-۰.۱۲	-۰.۵۵
۱۶	۰.۲۰	-۰.۰۵	۰.۵۱	-۰.۱۲	۰.۰۵	۰.۳۴	-۱.۱۰	۰.۳۵	-۰.۱۰	۰.۰۸	۰.۱۳	-۰.۳۷
۱۷	-۰.۰۳	-۰.۱۹	-۰.۱۸	-۰.۶۹	-۰.۳۷	-۰.۱۴	-۱.۶۴	-۰.۲۶	-۰.۴۱	-۰.۱۸	-۰.۲۸	-۰.۶۵
۱۸	۰.۲۲	۰.۱۷	۰.۲۲	-۰.۲۹	-۰.۰۵	۰.۲۷	-۰.۹۳	۰.۲۶	۰.۱۰	۰.۴۰	۰.۲۴	-۰.۰۸
۱۹	-۰.۱۷	-۰.۱۹	-۰.۲۶	-۰.۷۹	-۰.۴۹	-۰.۱۶	-۱.۸۳	-۰.۳۴	-۰.۴۹	-۰.۱۶	-۰.۲۲	-۰.۶۳
۲۰	۰.۳۰	۰.۱۵	۰.۰۷	-۰.۴۵	-۰.۳۴	۰.۰۳	-۱.۳۸	-۰.۱۸	-۰.۲۸	-۰.۰۶	-۰.۲۲	-۰.۴۴
۲۱	۰.۰۱	-۰.۰۹	-۰.۰۷	-۰.۵۹	-۰.۳۵	-۰.۲۰	-۲.۹۱	-۰.۴۵	-۰.۴۷	-۰.۱۷	-۰.۲۳	-۰.۳۳
۲۲	-۰.۳۰	-۰.۲۲	-۰.۱۷	-۰.۵۷	-۰.۳۳	-۰.۰۸	-۴.۴۵	-۰.۳۳	-۰.۴۷	-۰.۳۰	-۰.۳۳	-۰.۷۶
۲۳	-۱.۱۲	-۰.۷۰	-۰.۶۲	-۰.۱۷	-۰.۷۵	-۰.۳۲	-۳۲.۶۶	-۱.۰۶	-۱.۳۳	-۰.۸۸	-۱.۱۶	-۲.۱۸
میانگین	-۰.۱۶	-۰.۱۵	-۰.۱۱	-۰.۶۰	-۰.۳۳	-۰.۰۷	-۳.۲۸	-۰.۲۰	-۰.۳۴	-۰.۱۴	-۰.۲۵	-۰.۵۸

جدول ۷. تغییر هزینه‌های متوسط تولید (هزینه به تولید) زیربخش‌های مختلف بر اثر افزایش ۱٪ قیمت برق

زیربخش ISIC	تغییر هزینه‌های متوسط تولید در زیربخش(درصد)	زیربخش ISIC	تغییر هزینه‌های متوسط تولید در زیربخش(درصد)
۱۵	۰.۰۴۱	۲۷	۰.۰۶
۱۶	۰.۰۳۱	۲۸	۰.۰۳۵
۱۷	۰.۰۴۵	۲۹	۰.۰۳۵
۱۸	۰.۰۳۵	۳۰	۰.۰۳۲
۱۹	۰.۰۳۹	۳۱	۰.۰۳۴
۲۰	۰.۰۳۸	۳۲	۰.۰۳۸
۲۱	۰.۰۴۲	۳۳	۰.۰۳۳
۲۲	۰.۰۳۴	۳۴	۰.۰۳۴
۲۳	۰.۰۳۳	۳۵	۰.۰۳۳
۲۴	۰.۰۵۷	۳۶	۰.۰۳۳
۲۵	۰.۰۴۳	۳۷	۰.۰۳۵
۲۶	۰.۰۴۷		

نتایج مبین آن است که افزایش قیمت عوامل تولید از جمله برق سبب افزایش هزینه‌های تولید و در نتیجه کاهش تولید در زیربخش‌های مختلف می‌شود، طوری که افزایش ۱ درصد قیمت برق به‌طور متوسط سبب کاهش ۰.۰۰۹ درصدی تولید می‌گردد. این میزان برای نیروی کار در حدود ۰.۰۸- درصد و برای سرمایه نیز ۰.۲- درصد است. همچنین میانگین کشش هزینه‌ای تولید در بخش صنعت ۰.۸۹ محاسبه شده است. از سوی دیگر و طبق جدول ۷ تغییر قیمت برق میانگین هزینه‌های تولید را نیز متأثر می‌سازد، برای مثال افزایش ۱ درصدی قیمت برق در سال ۸۶ بین ۰.۰۳ تا ۰.۰۶ درصد هزینه‌های متوسط تولید را متأثر می‌سازد که این مقدار در بخش تولید فلزات اساسی بیشترین و در بخش‌هایی همانند بازیافت یا توتون و تنباکو کمترین است.

۵. نتیجه

همان‌گونه که مشاهده شد نتایج مطالعه ضمن تأیید رابطهٔ جانشینی برق و نیروی کار و

مکملی برق و سرمایه در صنایع ایران حاکی از آن است که بر اساس کشش‌های جانشینی موریشیما، بر اثر افزایش ۱ درصدی قیمت برق نسبت به نهاده نیروی کار، تقاضای نسبی نهاده کار ۰/۸۲درصد افزایش می‌یابد، حال آنکه به‌دلیل وجود رابطهٔ مکملی بین برق و سرمایهٔ تقاضای سرمایه ۰/۱۸ درصد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج حاکی از آن است که از طریق اعمال سیاست‌های قیمتی (اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی) علاوه بر جانشینی نهاده‌های تولید از جمله نیروی کار و سرمایه در زیربخش‌های صنعتی (به تفکیک در کدهای ISIC)، تولید محصولات صنعتی کاهش ولی هزینه‌های متوسط تولید افزایش خواهد یافت.

۶. منابع

سلیمیان (۱۳۹۰)، *برآورد تقاضای برق در بخش صنعت بر مبنای تابع هزینه ترانسلوگ*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

مرکز آمار ایران، سرشماری کارگاه‌های بزرگ صنعتی، سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶.

مرکز آمار ایران، سالنامه‌های آماری کشور، سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۷.

وزارت امور اقتصاد و دارایی، معاونت اقتصادی، شناخت ساختار الگوی اقتصاد سنجی کلان ایران، ۱۳۷۵.

وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ترازنامهٔ انرژی کشور (۱۳۸۷).

Baltagi Badi H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, John Wiley & Sons

Banda H.S and E.B Verdugo (2007), "Translog Cost Functions: An Application for Mexican Manufacturing", *Working Papers.*

Bölük Gülden and A.Ali Koç (2010), "Electricity Demand of Manufacturing Sector in Turkey: A Translog Cost Approach", *Energy Economics*, vol. 32, issue 3, 609–615

Buranakunaporn Suthep (2003), "A Dynamic Translog Model: An Analysis of Inter-factor and Inter-fuel Energy Demand for the Thai Manufacturing Sector", *Working Papers.*

Christensen L.R., Jorgenson D. W. and L.J. Lau (1971), "Conjugate Duality and

the Transcendental Logarithmic Production Function", *Econometrica*, 255-256.

Christensen L.R., Jorgenson D. W. and L.J. Lau (1973), " Transcendental Logarithmic Production Function Frontires", *Econometrica*, 28-45.

Heathfield D.F and S. Wibe (1956), *An Introduction to Cost and Production Functions,* MacMillan Education Ltd.

Khalil Ali M. (2003), "A Cross Section Estimate of Translog Production Function: Jordanian Manufacturing Industry", *Working Paper*, Al-Ahliyya Amman University

Medina J. and Vega Cervera (2001), "Energy and the Non-energy Inputs Substitution: Evidence for Italy, Portugal and Spain", *Applied Energy* 68 (2001) 203-214

Noferesti Mohammad (1980), *Functional Separability, Substitution Possibilities and the Demand for Factors of Production in UK Manufacturing*, Bristol University

Stiroh Kevin J.(1999), "Measuring Input Substitution in Thrifts: Morishima, Allen-Uzawa, and Cross-Price Elasticities", *Economics and Business* 51 (2)

Williams Laumas Prem (1981), "The Relation between Energy and Non-Energy Inputs In India's Manufacturing Industries", *The Journal of Industrial Economics*.