فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هشتم / شماره‌ی ۳۰/ پائیز ۱۳۹۰/ صفحات ۱۲۴- ۹۷

بررسی پویای رفتار تولید کنندگان در استفاده از نهاده‌ها بر مبنای تابع تولید دو مرحله‌ای CES، با تأکید بر اصلاح الگوی مصرف انرژی در تولید و ارتقای اشتغال

فرهاد خدادادکاشی

دانشیار سازمان مرکزی دانشگاه پیام نور **khodadad@pnu.ac.ir**

سیاوش جانی*

دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه پیام نور

jani13552002@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۳

چکیده

با افزایش قیمت نسبی انرژی، انتظار بر کاهش میزان استفاده از آن و جایگزین کردن سایر نهادها با نهاده‌ی مذکور می‌باشد که در انجام این فرآیند میزان جایگزینی بین نهاده‌ها و سرعت جایگزینی دارای اهمیت خواهد بود. برای این منظور تابع تولید کشش جانشینی ثابت دو مرحله‌ای پویا برای کارگاه‌های بزرگ صنعتی (بیش از ده کارکن) با استفاده از مشاهدات دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۴۶) برآورد شده است. این برآوردها نشان می‌دهد که سرمایه و انرژی رابطه‌ی مکملی و نیروی کار رابطه‌ی جانشینی با هر دو عامل تولید (سرمایه و انرژی) دارد هم‌چنین سرعت جایگزینی نیروی کار به انرژی (۵۴٪) نسبت به سرعت جایگزینی نیروی کار به سرمایه (۴۲٪) بالاست.

از سویی بررسی عوامل تعیین کننده‌ی تقاضای انرژی (قیمت انرژی و تولید) در دوره‌ی قبل و پس از افزایش قیمت واقعی حامل‌های انرژی، حاکی از کم رنگ شدن نقش تولید و پر رنگ شدن نقش قیمت در توضیح تغییرات میزان مصرف انرژی در دوره‌ی افزایش قیمت انرژی است، لذا افزایش قیمت انرژی در بلندمدت با بالا بردن کشش قیمتی و جایگزینی، سبب انعطاف بیش‌تر تولید کنندگان در جایگزینی عوامل (نیروی کار به انرژی) شده و اشتغال را افزایش می‌دهد.

طبقه بندی JEL : Q42, Q41, O33, J23, D22, C22

کلید واژه: تابع تولید کشش جانشینی ثابت دو مرحله‌ای، جایگزینی عوامل تولید، سرعت تعدیل، اصلاح الگوی مصرف، مصرف انرژی، اشتغال

---

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

رفتار بهینه ی تولید کنندگان بر مبنای نظریات اقتصادی حداکثرسازی سود برای بنگاه بوده است، که می‌تواند به صورت حداکثر سازی تولید با توجه به مقدار هزینه ی مشخص و یا حداقل سازی هزینه برای تولید مشخص مطرح شود. بر این اساس با افزایش قیمت نسبی یک نهاده، انتظار بر کاهش میزان استفاده از آن نهاده و جایگزین کردن سایر نهاده‌ها برای نهاده‌ی مذکور می‌باشد، اما به دلیل جایگزینی ناقص نهاده‌ها، افزایش قیمت، علاوه بر اثر جایگزینی مذکور، منجر به ایجاد اثر درآمدی منفی و در نتیجه کاهش سود تولیدکننده می‌شود، لذا با بالا بودن میزان جایگزینی و یا کشش جایگزینی بین نهاده‌ها، افزایش قیمت نسبی نهاده تأثیر کم‌تری بر میزان تولید و سود تولید کنندگان خواهد داشت. با توجه به این موضوع و قیمت پایین استفاده از انرژی در بخش تولید نسبت به قیمت جهانی آن در ایران، که منجر به استفاده ی بیش از حد انرژی در تولید شده[1]، این سئوال مطرح می‌شود که کشش جایگزینی انرژی نسبت به سایر نهاده‌ها (نیروی کار و سرمایه) به چه میزان است؟ آیا می‌توان با افزایش قیمت انرژی بدون تغییر عمده در تولید و سود بنگاه‌ها و با جایگزینی نیروی کار به انرژی و در نتیجه افزایش اشتغال همراه با اصلاح الگوی مصرف انرژی دست یافت؟ تغییرات مصرف انرژی به چه عواملی ارتباط دارد؟ نقش قیمت در توضیح تغییرات مصرف انرژی به چه میزان است؟ و این نقش طی سال‌های اخیر چه تغییری کرده است؟ پس از مقدمه و به منظور پاسخ به سئوالات فوق، این مطالعه در ۴ قسمت بعدی به شرح زیر تنظیم شده است.

- مبانی نظری و مطالعات تجربی
- روش شناسی تحقیق شامل: مراحل تخمین تابع تولید CES[2] دو مرحله‌ای
- یافته‌های تحقیق شامل: بررسی داده‌ها، برآورد مدل و بررسی رابطه‌ی تولید، قیمت و مصرف انرژی در کارگاه‌های صنعتی
- نتیجه گیری و پیشنهادات

۱- براساس ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۸۶، شاخص شدت انرژی درایران برای سال ۲۰۰۶ براساس معیار برابری قدرت خرید، دو برابر و براساس معیار نرخ ارز بیش از ۴ برابر متوسط جهانی است .

2- Constant Elasticity of Substitution.

۲- مبانی نظری و مطالعات تجربی

اهمیت نهاده‌ی انرژی در اقتصاد، ابتدا توسط نیکلاس جورجسکیو[1]- روگن[2] (۱۹۷۱) مورد تأکید قرار گرفت و بحران انرژی سال ۱۹۷۳ و هم‌چنین جنگ ایران و عراق که ایالات متحده و بسیاری از کشورها را تهدید می‌کرد[3] اقتصاددانان را به سمت فرموله کردن انرژی به عنوان یک نهاده از تابع تولید همانند نیروی کار و سرمایه هدایت کرد.

در مطالعات زیادی به بررسی رابطه‌ی مصرف انرژی و تولید پرداخته شده است، این مطالعات گویای نقش دوگانه ی انرژی که از یک سو به عنوان نهاده، در تولید تأثیرگذار است و از سوی دیگر به عنوان یک کالای مصرفی از تغییرات تولید (در بخش تولیدی و خدماتی) و یا درآمد (در بخش خانگی) تأثیر می‌پذیرد، می‌باشند، زیرا انرژی از یک سو در واحدهای تولیدی به عنوان عامل تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد و از سوی دیگر به عنوان یک کالای نهایی در بسیاری از بخش‌ها نظیر بخش خانگی مطرح است، در این خصوص ایسترن و کلولند[4] (۲۰۰۴)، به بررسی رابطه‌ی رشد اقتصادی و مصرف انرژی پرداخته و رابطه‌ی علیت یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی را نتیجه می‌گیرند، در حالی که مطالعه‌ی وافی نجار (۱۳۸۴) برای ایران حاکی از رابطه‌ی علیت یک‌طرفه از تولید به مصرف انرژی است. به عبارتی در ایران تغییرات تولید، سبب تغییرات میزان مصرف انرژی می‌شود، این موضوع می‌تواند بیانگر عدم وجود هرگونه محدودیت در مصرف انرژی باشد.

بیش‌تر مطالعات در مورد جانشینی نهاده‌ی انرژی با دیگر عوامل تولید در کشورهای صنعتی انجام یافته و نتایج به‌دست آمده غالبا با هم تناقض دارند، چنان‌چه هودسن[5] و جورگنسن[6] (۱۹۷۴) و برندت (۱۹۸۸)، با به‌کارگیری داده‌های سری زمانی دریافته‌اند که انرژی و سرمایه مکمل هستند، در حالی که گریفین و پندیک با استفاده از داده‌های مقطعی، جانشینی بین سرمایه و انرژی و هم‌چنین انرژی و نیروی کار را نتیجه گرفتند. اختلاف این مطالعات عمدتا به سبب تحلیل‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

1- Nicholas Georgescu.
2- Roegen.
۳- برای مطالعه‌ی بیش‌تر رجوع شود به:
SK Mishra, A brief History of Production Functions,http://ssrn.com(pg.10).
4- Stern &Cleveland.
5- Hudson.
6- Jorgenson .

گازرانی (۱۳۷۸)، با استفاده از تابع هزینه ی ترانسلوک و آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی برای دوره‌ی (۱۳۷۵-۱۳۵۸)، نشان می‌دهد که در صنایع ایران سرمایه و نیروی کار، انرژی و نیروی کار و سرمایه و مواد اولیه ی جانشین یکدیگر و انرژی و مواد اولیه، نیروی کار و مواد اولیه و هم‌چنین انرژی و سرمایه مکمل یکدیگرند. کشش‌های جانشینی حاصل از تخمین تابع ترانسلوگ برخلاف تابع تولید کاب داگلاس و CES ثابت نیستند و با تغییرات سهم هر عامل تولید (هزینه هر عامل به کل هزینه‌ی تولید) تغییر می‌کنند، چنان‌چه محقق به کاهنده بودن کشش‌ها در طی دوره‌ی مورد بررسی اشاره می‌کند.

در کنار این مطالعات، مطالعات دیگری نیز وجود دارند که به‌طور مستقیم به تحلیل رابطه‌ی انرژی به عنوان یک نهاده در کنار دیگر نهاده‌ها، در تولید پرداخته‌اند. مطالعه‌ی تجربی خان[1] از آن جمله است. در این مطالعه که در سال ۱۹۸۹ در مورد صنایع پاکستان انجام شده وی استدلال کرده است که در تابع تولید کل، انرژی یک عامل تولید است که ارتباط جدایی پذیر و ضعیفی با نیروی کار دارد، تابع تولید پیشنهادی وی عبارتست از:

$$Q= F (G (K, E), L)$$

مفهوم این تابع که همان CES تعمیم یافته توسط ساتو (۱۹۶۷) می‌باشد این است که نهاده‌ی انرژی با نهاده ی سرمایه ترکیب شده و عامل تولیدی G را ایجاد می‌کند، سپس G برای تولید محصول با نهاده ی کار ترکیب می‌شود، بنابراین نهاده‌ی کار با G ترکیب می‌شود، نه با سرمایه و انرژی به صورت جداگانه.

کشش جانشینی در این مطالعه برایK وE، ۱۷/۵ ٪ و برای L و G، ۴۸ ٪ برآورد می‌شود. ضمن این‌که بازده به مقیاس ۰/۸۲ و نرخ پیشرفت فنی خنثی هیکس ۳/۷ درصد تخمین زده شده است. مشابه این کار توسط برندت و وود[2] در سال ۱۹۷۹ انجام پذیرفته است.

یکی دیگر از مطالعات انجام شده در این زمینه، کار تحقیقی پریوس[3] (۱۹۸۶) است. وی با بهره گیری از مطالعات پیشین خود تابع تولید خود را به شکل ذیل معرفی می‌کند:

1- Khan.
2- Wood.
3- Prywes.

$$X = F\{XKEL[XKE(K,E),L],M\}$$

این تابع نیز همان تابع تولید CES تعمیم یافته است که در آن X تولید ناخالص داخلی، K موجودی سرمایه، E انرژی مصرفی و M مواد اولیه غیرانرژی و مواد واسطه ی دیگر هستند. X_{KEL}, X_{KE} از کشش‌های ثابت جایگزینی (CES) برخوردارند.

بدین ترتیب وی برای محاسبه ی کشش‌های جایگزینی و فنی اقتصادی میان سرمایه و انرژی و دیگر نهاده‌ها در ۲۰ کارخانه از طبقه بندی استاندارد صنایع (ISIC)[1] آمریکا و برای دوره‌ی (۱۹۷۶-۱۹۷۱) به شکل سه مرحله‌ای این تابع را به کار برده و نتیجه می‌گیرد که در بیش‌تر صنایع ISIC، نهاده‌های E و K مکمل‌های اقتصادی و L ، E و M جانشین‌های اقتصادی بوده‌اند.

از سایر کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به بررسی انجام گرفته توسط کمفرت[2] در سال ۱۹۹۸ اشاره کرد. کمفورت با بررسی برآوردهای به‌دست آمده از کشش‌های جانشینی مابین سه عامل انرژی، نیروی کار و سرمایه به وسیله ی تابع CES تعمیم یافته و با لحاظ رویکردهای متفاوت نتیجه می‌گیرد که هر سه عامل برای بخش صنعت آلمان در بلندمدت جایگزین یکدیگر هستند.

مقایسه‌ی تابع تولید CES و سایر توابع تولید در بسیاری از مطالعات مورد بحث قرار گرفته که از آن جمله می‌توان به کارهای انجام شده توسط پریا[3] و مگالیس[4] در سال ۲۰۰۳، مسانجلا[5] و پاپا گئورگیو[6] در سال ۲۰۰۴، گوزل[7] در سال ۲۰۰۶ و بنگا بنگا[8] در در سال ۲۰۰۹ اشاره کرد. سه مطالعه‌ی اول پس از بررسی توابع تولید، تابع تولید CES را مورد استفاده قرار داده‌اند. اما مطالعه‌ی چهارم، تابع کاپ داگلاس را نسبت به CES ترجیح داده است. استفاده از تابع تولید CES در برخی موارد علاوه بر نتایج تخمین، علت تئوریکی نیز دارد. چنان‌چه پریا و مکالیس به عدم تجزیه ی تغییرات تکنولوژیکی و حذف قسمتی از افزایش محصول در تابع کاپ داگلاس نسبت به تابع CES تأکید دارند.

1- International Standard Industrial Classification.
2- Kemfert.
3- Pereira.
4- Magalhaes.
5- Masanjala.
6- Papageorgiou.
7- Guzel.
8- Bonga-bonga.

از سویی مروری بر توابع تولید و تحلیل آن‌ها، توابع کاپ داگلاس و CES را به عنوان توابع مناسب معرفی می‌کند که در این میان جامعیت تابع CES به دلیل مشتمل بودن بر تولید کاپ داگلاس نسبت به آن برتری دارد. (به عبارتی هیچ محدودیتی بر تابع CES در نظر گرفته نشده است، در حالی که تابع کاپ داگلاس همان CES با اعمال محدودیت p=0 می‌باشد.) هم‌چنین وقتی از تابع CES تعمیم یافته بهره گرفته می‌شود، اثر تک تک نهاده‌ها برروی تولید و در نهاده‌ی دیگر قابل استخراج می‌باشد. این در حالیست که در مطالعات انجام گرفته برای ایران غالبا از توابع تولید کاپ داگلاس و ترانسلوک استفاده شده و از تابع CES تعمیم یافته با وجود مزایای بر شمرده شده بر آن کم‌تر استفاده شده است.

بر این اساس و با توجه به ویژگی‌های تابع CES، رویکردهای اخیر نسبت به استفاده از تابع مذکور و مطرح شدن انرژی به عنوان یک نهاده‌ی اصلی (که بحث اصلاح الگوی مصرف انرژی بر آن دامن می‌زند)، بررسی در مورد تابع CES تعمیم یافته برای بخش تولیدی ضروری می‌نماید.

۲- روش شناسی تحقیق: مراحل تخمین تابع تولید CES دو مرحله‌ای

با توجه به تابع تولید، شکل عمومی تابع تولید با n عامل تولید برای یک محصول عبارتست از:

$$X = f(v_1, v_2, ..., v_n)$$

هر بنگاهی به منظور حداکثر کردن سود، ترکیب عوامل تولید را طوری انتخاب می‌کند که برای سطح مشخصی از محصول هزینه را حداقل کند که بیان ریاضی آن به شرح زیر می‌باشد:

$$\text{Min} \quad C = \sum_{i=1}^{n} p_i v_i \qquad (1)$$

$$\text{S.t} \quad X = f(v_1, v_2, ..., v_n)$$

p_i قیمت عوامل تولید می‌باشد.

به منظور بررسی رفتار تولید کنندگان در قالب تئوری مذکور، لازم است شکل تبعی تابع تولید را مشخص شود که با توجه به بحث‌های بخش گذشته، تابع CES به عنوان تابع تولید مناسب ارائه شده است. اما با توجه به وجود سه عامل تولید، از تابع CES تعمیم یافته ی دو مرحله‌ای بهره گرفته می شود که توسط ساتو ارائه شده و در مطالعات خان (۱۹۸۶)، برندت و وود (۱۹۷۹) و پریوس (۱۹۸۶) نیز به‌کار رفته است. در این مطالعات سرمایه و انرژی با هم و عامل نیروی کار به صورت جداگانه آورده شده است، اما طبق نظریات ساتو، عامل تولید جدا شده، بایستی دارای کشش جانشینی کم‌تری نسبت به دو عامل دیگر باشد (که فرض اساسی تابع تولید می‌باشد)، با این فرض، ساتو نهاده‌های سرمایه و نیروی کار را با هم و مواد اولیه را به صورت جداگانه در تابع CES تعمیم یافته در نظر می‌گیرد، از این رو لازم است قبل از دسته بندی متغیرها، کشش‌های جانشینی برای هر جفت از عوامل برآورد شده و سپس دسته بندی عوامل بر اساس مقادیر تخمینی از کشش‌های مذکور انجام پذیرد. ولی در این قسمت به منظور بیان ریاضی با توجه به مطالعات قبلی عوامل E و K را با هم و عامل L را به صورت جداگانه مدنظر قرار می‌دهیم.

چنان‌چه بیان شد، تابع تولید CES تعمیم یافته عبارت است از:

$$y = A\left[b_1 \left(a_1 k^{-p_1} + a_2 e^{-p_1} \right)^{p_2/p_1} + b_2 l^{-p_2} \right]^{-1/p_2} \qquad (۲)$$

L نیروی کار ، k موجودی سرمایه‌ی واقعی و e میزان مصرف انرژی می‌باشد.

مراحل کار عبارتند از :

مرحله‌ی اول

$$\text{Min} \quad P_k k + P_e e \qquad (۳)$$

$$y_{ke} = \left[a_1 k^{-p_1} + a_2 e^{-p_1} \right]^{-1/p_1} \quad \text{S.T}$$

در حالی که P_e قیمت واقعی انرژی و P_k قیمت سرمایه می‌باشد. که از حل شرط مرتبه‌ی اول عبارت روبرو حاصل خواهد شد.

$$(e/k)^* = (a_2/a_1)^{\sigma_1} (pk/pe)^{\sigma_1} \qquad (۴)$$

در حالی که $\sigma_1 = \sigma_{ke} = \frac{1}{1+p_1}$ و (*) نسبت مطلوب عوامل را نشان می‌دهد با لگاریتم‌گیری از طرفین خواهیم داشت.

$$Ln(e/k)^* = \sigma_1 \ln(a_2/a_1) + \sigma_1 \ln(pk/pe) \quad (5)$$

در این مطالعه فرض شده است که با تغییر نسبت قیمت ها، تغییر نسبت عوامل جهت رسیدن به سطح مطلوب به طور هم‌زمان انجام نمی‌گیرد و این تعدیل در طول یک سال انجام می‌شود. لذا داریم:

$$\left[\frac{(e/k)}{(e/k)_{-1}}\right] = \left[\frac{(e/k)^*}{(e/k)_{-1}}\right]^{\theta} \quad (6)$$

که θ ضریب تعدیل و مقدار آن بین صفر و یک است. از جایگذاری معادله‌ی (۵) در معادله‌ی (۶)، معادله‌ی (۷) به صورت ذیل تغییر می‌کند.

$$Ln(e/k) = \theta\delta_1 \ln(a_2/a_1) + \theta\delta_1 \ln(pk/pe) + (1-\theta)\ln(e/k)_{-1} \quad (7)$$

از تخمین معادله‌ی (۷)، پارامترهای $\hat{\sigma}_1, \hat{p}_1, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ حاصل می‌شود به کمک این پارامترها قیمت و سطح شاخص ترکیبی سرمایه و انرژی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$y_{ke} = \left[\hat{a}_1 k^{-\hat{p}_1} + \hat{a}_2 e^{-\hat{p}_1}\right]^{-1/\hat{p}_1} \quad (8)$$

$$p_{ke} = \left[\hat{a}_1^{\hat{\sigma}_1} p_k^{(1-\hat{\sigma}_1)} + \hat{a}_2^{\hat{\sigma}_1} p_e^{(1-\hat{\sigma}_1)}\right]^{\frac{1}{1-\hat{\sigma}_1}} \quad (9)$$

p_{ke} در حقیقت هزینه ی تولید یک واحد از y_{ke} است که مستقل از سطح k و e می‌باشد.

مرحله‌ی دوم

در این مرحله ارتباط بین ترکیب انرژی – سرمایه (y_{ke}) و نیروی کار توسط تابع CES مدنظر قرار می‌گیرد که به شرح ذیل خواهد بود:

$$\text{Min} \qquad P_{ke}.y_{ke} + p_l.l$$

$$S.t \quad y_{kel} = \left[b_1 y^{-p_2}_{ke} + b_2 l^{-p_2} \right]^{-1/p_2} \qquad (10)$$

p_l، دستمزد واقعی نیروی کار می‌باشد. از حل شرط مرتبه‌ی اول خواهیم داشت.

$$(l / y_{ke})^* = (b_2 / b_1)^{\sigma_2} \ (p_{ke} / p_l)^{\sigma_2} \qquad (11)$$

$\sigma_{ke,l} = \sigma_2 = \frac{1}{1+p_2}$، کشش جایگزینی بین نیروی کار و شاخص نهاده‌ی ترکیبی سرمایه و انرژی است. با لگاریتم گیری از طرفین معادله‌ی (۱۱) معادله‌ی (۱۲)عبارت خواهد بود از :

$$Ln(l / y_{ke})^* = \sigma_2 \ln(b_2 / b_1) + \sigma_2 \ln(p_{ke} / p_l) \qquad (12)$$

با فرض تعدیل سطح مطلوب عوامل نسبی در طول یک سال، معادله‌ی (۱۴) به صورت ذیل حاصل خواهد شد:

$$\left[\frac{(l / y_{ke})}{(l / y_{ke})_{-1}} \right] = \left[\frac{(l / y_{ke})^*}{(l / y_{ke})_{-1}} \right]^{\psi} \qquad (13)$$

ψ ضریب تعدیل و میزان آن بین صفر و یک است.

$$Ln(L/y_{ke}) = \psi\sigma_2 \ln(b_2/b_1) + \psi\sigma_2 \ln(p_{ke}/p_l) + (1-\psi)\ln(L/y_{ke})_{-1} \qquad (14)$$

از تخمین معادله‌ی (۱۴) مقادیر $\hat{b}_2 , \hat{b}_1 , \hat{p}_2 , \hat{\sigma}_2$ به‌دست می‌آید که به کمک این مقادیر شاخص ترکیبی و قیمت آن به شرح ذیل به‌دست می‌آید:

$$y_{kel} = \left[\hat{b}_1 \ y_{ke}^{-\hat{p}_2} + \hat{b}_2 \ l^{-\hat{p}_2} \right]^{\frac{-1}{\hat{P}_2}} \qquad (15)$$

$$p_{kel} = \left[b_1^{\hat{\sigma}_2} p^{(1-\hat{\sigma}_2)} + b_2^{\hat{\sigma}_2} p^{(1-\hat{\sigma}_2)} \right]^{\frac{1}{1-\hat{\sigma}_2}} \qquad (16)$$

مرحله‌ی سوم

در این مرحله بازده به مقیاس و پیشرفت فنی هیکس و پارامتر کارایی برآورد می‌شود و معادله‌ی آن با توجه به شرح بخش گذشته در خصوص پیشرفت فنی هیکس عبارت است از:

$$qr = Ay_{kel}^{\ m}\, e^{\lambda t}$$

در حالی که qr، ارزش افزوده به قیمت سال پایه ی ۱۳۷۶، y_{kel} شاخص ترکیبی برآوردی از مرحله‌ی دوم می‌باشد. m درجه‌ی همگنی (بازده به مقیاس) و λ میزان پیشرفت خنثی هیکسی است که با گرفتن لگاریتم از طرفین خواهیم داشت:

$$Lnqr = \ln A + m\ln y_{kel} + \lambda t \qquad (۱۷)$$

۴- یافته‌های تحقیق

در این قسمت پس از بررسی داده‌ها، برآورد مدل و بررسی رابطه‌ی تولید، قیمت و مصرف انرژی در کارگاه‌های صنعتی صورت می‌پذیرد.

بررسی داده‌ها

به منظور انجام این مطالعه از آمار و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی بزرگ و بیش‌تر از ده نفر کارکن برای دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۴۶) بهره گرفته شده است. اطلاعات مورد نیاز مشتمل بر موجودی سرمایه، تعداد نیروی کار، میزان مصرف انرژی و ارزش هر واحد از آن‌ها برای دوره‌ی مورد بررسی است. اطلاعات مربوط به تعداد نیروی کار به صورت سالانه در سرشماری کارگاه‌های صنعتی موجود می‌باشد، اما موجودی سرمایه بر اساس اطلاعات ارائه شده در خصوص میزان سرمایه گذاری ثابت در سرشماری مذکور، هم‌چنین میزان مصرف انرژی در برخی سال‌ها به شرح ذیل برآورد شده است.

برآورد موجودی سرمایه

براساس مطالعات انجام گرفته در خصوص برآورد سرمایه، روند نمایی به عنوان بهترین روند تشکیل سرمایه‌ی ثابت در نظرگرفته شده که عبارتست از: $I_v = I.e^{\alpha v}$

که با لگاریتم گیری از طرفین، برآورد آن به روش حداقل مربعات معمولی برای کارگاه‌های صنعتی به شرح ذیل می‌باشد:

(۱۸)

$$LIR = ۱۴/۵۲ + ۰/۰۳t + ۰/۶D۵۴۵۷ - ۰/۶۷D۶۴۶۷ - ۰/۸۳D۷۳$$
$$(۶/۲۸) \quad (۳/۴۶) \quad (-۳/۹۲) \quad (-۲/۲۸)$$

$$F = ۱۴/۴۵ \quad D.W = ۱/۱۵ \quad R^۲ = ۰/۶۱$$

اگر $v < t$ و $k(v,t)$ خالص سرمایه ی باقی مانده در ابتدای سال (t) ام از سرمایه گذاری انجام شده در سال (v) ام باشد، خواهیم داشت:

$$k(v,t) = e^{-p(t-v-۱)} I_v$$

در حالی که p نرخ استهلاک می‌باشدکه بر اساس مطالعه‌ی امینی - نشاط حاجی محمدی ۴/۷ ٪ منظور شده است[۱].

بر این اساس مجموع سرمایه ی باقیمانده از سال‌های (v) ام تا (t) ام عبارت خواهد بود از:

$$k_t = \int_{-\infty}^{t-۱} k(v,t)\,dv = \int_{-\infty}^{t-۱} I_v e^{-p(t-v-۱)}.dv$$

و با توجه به روند نمایی $I_v = I.e^{\alpha v}$ خواهیم داشت:

$$k_t = \int_{-\infty}^{t-۱} I.e^{\alpha v} e^{-p(t-v-۱)} = \frac{I.e^{\alpha(t-۱)}}{p+\alpha}$$

که با در نظر گرفتن $t=۰$، میزان سرمایه برای اول دوره برآورد شده و بر اساس معادله‌ی ذیل موجودی سرمایه برای کل دوره‌ی مورد بررسی محاسبه می‌شود.

$$k_t = (۱-p)k_{t-۱} + I_t - DAM_t \qquad (۱۹)$$

متغیر DAM بیانگر میزان خسارت وارد بر موجودی سرمایه در سال t می‌باشد که مربوط به دوران جنگ تحمیلی است و از برآورد انجام گرفته در مطالعه‌ی امینی-نشاط حاجی محمد در این زمینه استفاده شده است.

۱- لازم به ذکر است که بیش‌تر مطالعات، نرخ استهلاک را برای بخش صنعت کشور ۴ الی ۵ درصد برآورد کرده‌اند، اما به دلیل درون‌زا کردن موجودی سرمایه در مطالعه‌ی نشاط حاجی محمدی– امینی از براورد نرخ استهلاک مطالعه مذکور استفاده شده است.

میزان مصرف انرژی

در حقیقت مصرف انرژی عبارتست از میزان سوخت و برق مصرف شده در کارگاه‌های صنعتی.

در سرشماری کارگاه‌های صنعتی، ارزش انرژی طی دوره‌ی مورد بررسی در سرشماری کارگاه‌های صنعتی ارائه شده است، اما میزان مصرف سوخت و برق تنها برای دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۷۳) موجود می‌باشد. از آن‌جا که با تغییرات قیمت انواع انرژی و تغییرات تکنولوژی، جایگزینی بین انواع انرژی مطرح است، لذا نمی‌توان از ارزش سوخت به قیمت ثابت در این خصوص استفاده کرد، به همین منظور از اطلاعات مربوط به دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۷۳) استفاده و بر اساس قانون بازده نزولی و ارتباط بین بهره‌وری عوامل تولید (سرمایه، انرژی و نیروی کار)، میزان مصرف سوخت طی دوره‌ی (۱۳۷۲-۱۳۴۶) برآورد شده است. (به منظورساده کردن عملیات از معکوس تولید متوسط عوامل استفاده شده است). شایان ذکر است مصرف انرژی برآورد شده از این طریق، به‌دلیل این‌که متوسط قیمت انرژی حاصل شده ی از آن برحسب میلیون بشکه‌ی نفت خام (ارزش انرژی مصرفی بر مصرف برآورد شده انرژی مذکور) دارای روند مطابق با روند قیمت نهاده‌های انرژی می‌باشد که تا سال ۱۳۷۳ یک نوا و با نوسانات کم‌تر و پس از آن دارای نوسانات بیش‌تر می‌باشد، صحیح است. این موضوع به وضوح در نمودار (۴) و جدول (۲) قابل مشاهده است.

$$\left(\frac{e}{QR}\right)=۰/۰۰۰۲۳۱-۰/۰۰۰۰۶\left(\frac{L}{QR}\right)+۰/۰۰۲۵\left(\frac{K}{QR}\right)+۰/۰۰۱D_{۷۹} \quad (۲۰)$$

(-۲/۳۷) (۶/۱۲) (۸/۳۱)

$R^{۲}=۰/۹۸ \qquad F=۱۶۰ \qquad D.W=۱/۸۳$

e: مصرف انرژی به میلیون بشکه نفت خام می‌باشد.

k : موجودی سرمایه‌ی واقعی به قیمت‌های سال پایه ی ۱۳۷۶

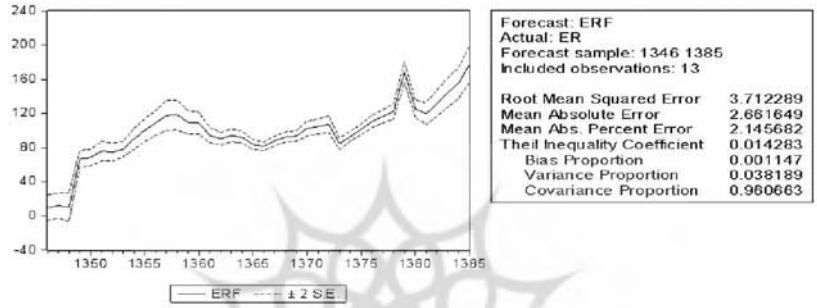
L: تعداد نیروی کار

QR: ارزش افزوده ی واقعی به قیمت‌های سال پایه ی ۱۳۷۶

میزان مصرف انرژی کارگاه‌ها در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۷۸ دو برابر شده ودر سال ۱۳۸۰ به مقدار اولیه بر می‌گردد، که ممکن است ناشی از اشتباهات آماری باشد.به همین منظور از متغیر مجازی $D_{۷۹}$ در برآورد معادله استفاده شده است. شایان ذکر

است به منظور یکسان سازی واحد مصرف انرژی از ضرایب تبدیل انرژی استفاده و همه ی انرژی مصرفی در کارگاه‌ها که شامل انواع سوخت و برق می‌باشد بر حسب میلیون بشکه نفت خام محاسبه شده است.

تعمیم و برآورد میزان مصرف انرژی برای سال‌های (۱۳۷۲-۱۳۴۶) مطابق با معادله ی (۲۰) انجام گرفته که شرح آن در نمودار (۱) می‌باشد.



نمودار ۱- برآورد میزان مصرف انرژی برحسب میلیون بشکه نفت خام برای دوره‌ی (۱۳۷۲-۱۳۴۶)

قیمت نهاده‌ها

قیمت انرژی مصرف شده بر حسب میلیون بشکه، از تقسیم ارزش سوخت و برق مصرفی (که در سر شماری کارگاه‌های صنعتی ارائه شده) بر میزان انرژی مصرفی برآورد شده از معادله‌ی (۲۰) به دست آمده است. قیمت محاسبه شده، قیمت اسمی است و برای به‌دست آوردن قیمت واقعی از شاخص CPI، براساس ترازنامه‌ی انرژی استفاده شده است. هم‌چنین در مورد دستمزد واقعی نیروی کار، پس از برآورد دستمزد اسمی (ارزش جبران خدمات کارکنان به تعداد شاغلان کارگاه‌ها) از شاخص دستمزد نیروی کار کارگاه‌های صنعتی بهره گرفته شده است.

برای هزینه ی استفاده از سرمایه مطابق تئوری های اقتصادی و مطالعات انجام گرفته، بهره ی بلندمدت تسهیلات بانکی در بخش صنعت و نرخ استهلاک مدنظر قرار گرفته است. جدول (۱)، آمار و اطلاعات مرتبط با میزان نهاده‌ها و ارزش آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آمار و اطلاعات مربوط به میزان نهاده‌ها و قیمت آن‌ها در کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن به بالا*

سال	تعداد نیروی کار	دستمزد اسمی نیروی کار (میلیون ریال)	شاخص حقوق و دستمزد	دستمزد واقعی نیروی کار (میلیون ریال)	موجودی واقعی سرمایه (میلیارد ریال)	هزینه‌ی استفاده از سرمایه (نرخ تسهیلات +نرخ استهلاک)	مصرف انرژی** (میلیون بشکه نفت خام)	قیمت واقعی انرژی (pe/cpi) (ریال به بشکه)
۱۳۴۶	۶۸۱۳۲۷	۰/۰۳	۰/۲	۱۳/۲۸	۲۷۱۶۲	۰/۱	۹/۵	۵۰۷۲۴
۱۳۴۷	۶۹۳۵۸۰	۰/۰۳	۰/۳	۱۰/۸۴	۲۸۳۴۸	۰/۱	۱۲	۴۰۱۲۸
۱۳۴۸	۷۵۶۶۷۸	۰/۰۳	۰/۳	۹/۵۸	۲۹۹۴۶	۰/۱۱	۱۰/۲	۵۴۹۳۱
۱۳۴۹	۲۶۱۲۰۶	۰/۰۶	۰/۴	۱۴/۷۹	۳۱۳۷۸	۰/۱۱۶	۶۷	۴۷۶۹
۱۳۵۰	۲۷۸۷۸۵	۰/۰۶	۰/۵	۱۳/۶۷	۳۲۳۷۶	۰/۱۲۳	۶۸/۴	۵۳۴۸
۱۳۵۱	۲۵۸۹۵۸	۰/۰۹	۰/۶	۱۵/۰۴	۳۳۹۹۳	۰/۱۲۹	۷۵/۹	۵۸۶۷
۱۳۵۲	۲۹۰۰۸۴	۰/۱	۰/۷	۱۳/۱۳	۳۴۴۲۷	۰/۱۳۶	۷۴/۴	۶۶۹۰
۱۳۵۳	۳۸۷۸۹۰	۰/۱۵	۰/۷	۲۱/۴۷	۳۹۰۱۰	۰/۱۳۶	۷۸/۲	۹۴۴۶
۱۳۵۴	۳۶۸۴۵۳	۰/۱۷	۱	۱۷/۲۳	۴۲۳۹۵	۰/۱۳۶	۹۰/۲	۸۱۵۲
۱۳۵۵	۴۰۳۷۶۷	۰/۲۲	۱/۴	۱۵/۹۷	۴۶۷۱۸	۰/۱۴۱	۱۰۰/۳	۶۸۸۸
۱۳۵۶	۴۳۹۷۸۲	۰/۳	۱/۸	۱۷	۵۰۸۶۷	۰/۱۴۶	۱۰۸/۹	۷۱۷۳
۱۳۵۷	۴۰۷۹۷۴	۰/۳۸	۲/۳	۱۶/۶۲	۵۲۷۰۲	۰/۱۴۶	۱۱۷/۴	۶۱۳۱
۱۳۵۸	۴۱۴۵۴۶	۰/۶	۳/۷	۱۶/۲۵	۵۳۰۷۲	۰/۱۲۱	۱۱۸/۲	۴۳۲۱
۱۳۵۹	۴۷۳۵۴۲	۰/۶۹	۴/۴	۱۵/۶۸	۵۱۵۳۴	۰/۱۳۱	۱۰۹/۴	۵۴۱۴
۱۳۶۰	۴۸۶۴۴۱	۰/۷۳	۴/۸	۱۵/۱۴	۵۱۲۴۲	۰/۱۴۱	۱۰۸/۵	۳۵۴۷

سال	تعداد نیروی کار	دستمزد اسمی نیروی کار (میلیون ریال)	شاخص حقوق و دستمزد	دستمزد واقعی نیروی کار (میلیون ریال)	موجودی واقعی سرمایه (میلیارد ریال)	هزینه‌ی استفاده از سرمایه (نرخ تسهیلات +نرخ استهلاک)	مصرف انرژی** (میلیون بشکه نفت خام)	قیمت واقعی انرژی (pe/cpi) (ریال به بشکه)
۱۳۶۱	۵۳۸۹۰۶	۰/۷۷	۵/۳	۱۴/۴۶	۴۸۷۱۲	۰/۱۵۱	۹۴/۶	۴۰۴۸
۱۳۶۲	۵۷۳۲۰۳	۰/۸۸	۶/۳	۱۳/۹۹	۴۸۲۹۱	۰/۱۶۱	۹۰/۳	۴۳۲۴
۱۳۶۳	۶۱۹۲۳۲	۰/۹۵	۷/۱	۱۳/۳۱	۵۰۹۱۵	۰/۱۷۱	۹۴/۳	۳۹۴۹
۱۳۶۴	۶۰۷۹۳۷	۱	۸	۱۲/۵۱	۴۹۶۳۰	۰/۱۸۱	۹۲/۱	۳۸۲۰
۱۳۶۵	۵۹۰۵۲۲	۱/۰۲	۷/۷	۱۳/۳	۴۶۳۰۹	۰/۱۹۱	۸۳/۴	۳۵۰۶
۱۳۶۶	۷۰۰۲۱۱	۱/۰۲	۸/۳	۱۲/۲۶	۴۸۹۸۹	۰/۲۰۱	۸۱/۶	۵۰۱۷
۱۳۶۷	۶۴۷۵۴۴	۱/۱۸	۹/۵	۱۲/۳۸	۴۹۲۷۰	۰/۲۱۱	۸۷/۹	۵۵۰۲
۱۳۶۸	۶۷۵۱۰۵	۱/۳۶	۱۰/۷	۱۲/۷۸	۵۱۲۸۹	۰/۲۲۱	۹۲/۳	۳۲۱۶
۱۳۶۹	۶۷۳۹۶۹	۲/۰۴	۱۳/۱	۱۵/۵۴	۵۱۴۵۶	۰/۱۶۱	۹۳/۶	۴۵۷۵
۱۳۷۰	۶۳۰۲۸۶	۲/۵۲	۱۹/۲	۱۳/۱۴	۵۲۶۹۷	۰/۱۶۱	۱۰۲/۳	۶۴۳۹
۱۳۷۱	۶۴۸۶۷۱	۳/۴۸	۲۵/۴	۱۳/۷۱	۵۴۱۲۸	۰/۱۷۱	۱۰۴/۶	۶۸۷۰
۱۳۷۲	۶۲۵۹۷۵	۴/۶۳	۳۲/۳	۱۴/۳۳	۵۴۲۲۶	۰/۲۱۱	۱۰۷/۵	۷۲۱۴
۱۳۷۳	۸۵۳۰۸۹	۵/۱۷	۴۰/۷	۱۲/۷۰	۵۳۶۷۵	۰/۲۱۱	۸۳/۳	۲۹۲۵۹
۱۳۷۴	۸۰۶۶۸۹	۶/۷۳	۵۶/۱	۱۱/۹۷	۵۵۱۵۲	۰/۲۲۱	۹۳/۹	۱۸۸۶۴
۱۳۷۵	۸۴۵۵۳۴	۸/۶۰	۷۶/۸	۱۱/۱۹	۵۸۹۰۰	۰/۲۳۱	۱۰۴/۸	۱۸۹۲۳
۱۳۷۶	۸۷۵۵۲۸	۱۱/۲۱	۱۰۰	۱۱/۲۱	۶۲۴۱۲	۰/۲۴۱	۱۱۰/۷	۲۱۴۸۴
۱۳۷۷	۸۸۲۱۹۶	۱۳/۶۲	۱۲۳/۷	۱۱	۶۴۵۲۷	۰/۲۵۱	۱۱۶/۶	۲۱۷۵۶

سال	تعداد نیروی کار	دستمزد اسمی نیروی کار (میلیون ریال)	شاخص حقوق و دستمزد	دستمزد واقعی نیروی کار (میلیون ریال)	موجودی واقعی سرمایه (میلیارد ریال)	هزینه‌ی استفاده از سرمایه (نرخ تسهیلات +نرخ استهلاک)	مصرف انرژی** (میلیون بشکه نفت خام)	قیمت واقعی انرژی (pe/cpi) (ریال به بشکه)
۱۳۷۸	۸۸۲۷۶۳	۱۶/۱۱	۱۵۶/۹	۱۰/۲۶	۶۵۸۷۹	۰/۲۶۱	۱۱۳/۷	۲۷۳۸۹
۱۳۷۹	۹۰۵۶۱۰	۱۹/۵۸	۲۰۱/۴	۹/۷۱	۶۶۵۹۰	۰/۲۷۱	۱۶۸/۵	۱۷۳۲۲
۱۳۸۰	۹۲۱۱۰۶	۲۲/۵۶	۲۵۲/۸	۸/۹۲	۶۷۰۰۴	۰/۲۱۱	۱۳۱	۲۵۷۸۹
۱۳۸۱	۱۰۵۲۵۴۱	۲۵/۹۷	۳۱۴	۸/۲۷	۶۸۴۹۶	۰/۲۰۱	۱۱۶/۲	۲۷۰۷۷
۱۳۸۲	۱۰۸۵۳۶۳	۳۱/۳۷	۳۷۵/۲	۸/۳۶	۷۲۳۲۵	۰/۲۰۱	۱۳۱/۴	۲۴۷۲۱
۱۳۸۳	۱۰۷۶۶۹۳	۳۷/۵۷	۴۴۲/۳	۸/۴۹	۷۵۶۷۵	۰/۱۹۱	۱۴۹/۸	۲۲۵۴۶
۱۳۸۴	۱۰۶۱۳۱۹	۴۲/۵	۴۸۲	۸/۸۱	۷۹۲۴۹	۰/۲۰۱	۱۵۲/۹	۲۰۹۳۱
۱۳۸۵	۱۰۷۶۶۹۳	۵۲/۰۷	۵۶۶	۹/۱۹	۸۸۱۰۷	۰/۱۸۱	۱۷۹/۹	۱۷۷۷۶
۱۳۸۶	۱۱۰۲۸۵۶	۵۶/۹	۶۵۵	۸/۶۸	۱۰۰۵۷۷	۰/۱۶۷	۱۸۵/۵	۱۷۶۰۵

ماخذ : مرکز آمار ایران، سرشماری کارگاه‌های صنعتی

سرشماری برای سال‌های ۱۳۵۶و ۱۳۵۷ انجام نگرفته است لذا برای دو سال مذکور از تناسب آمارکل صنعت با نرخ رشد سال‌های قبل سرشماری کارگاه‌ها بهره گرفته شده است.

ارقام برای دوره‌ی (۱۳۷۲-۱۳۴۶) از معادله‌ی (۲) با عنوان برآورد میزان مصرف انرژی به‌دست آمده است.

برآورد مدل

در این مرحله، تابع تولید دو مرحله‌ی CES برای سه نهاده طی دوره‌ی (۱۳۸۵-۱۳۴۶) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی برآورد می‌شود. اما قبل از برآورد مدل، ابتدا تابع CES دو متغیر معمولی برای هر جفت از نهاده‌ها جهت استخراج کشش جانشینی تخمین زده شده، که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲ - نتایج حاصل از تخمین تابع CES برای هر جفت از نهاده‌ها

ردیف	نهاده‌ها	معادلات مربوط به برآورد تابع **CES** برای هر جفت از نهاده‌ها	R^2	**DW**	ضریب تعدیل	کشش جانشینی	**P**
۱	k و L	$A_1 = ۰.۵ + ۰.۱۹۶\beta_1 + ۰.۵۸A_1(-۱)$ (۲.۷) (۵.۸٤)	٪٦٥	۱.۹۷	۰.٤۱	۰.٤۷	۱.۱۲
۲	k و e	$A_2 = -۱.۳۶ + ۰.۱۸\beta_2 + ۰.۴۶A_2(-۱)$ (۳.۳۸) (۵.۲۹)	٪٦٥	۱.۷۹	٪٥۳	۰.۳٤	۱.۹٥
۳	L و e	$A_3 = -۱.۴۳ + ۰.۲۳\beta_3 + ۰.۴۸A۳(-۱)$ (۳/۳۲) (۵/۱۹)	٪٦٤	۱.۷	٪٥۱	٪٤٤	۱.۲۷

$$A_1 = \log(L/k) \qquad \beta_1 = \log(pk/pl)$$
$$A_2 = \log(e/k) \qquad \beta_2 = \log(pk/pe)$$
$$A_3 = \log(e/L) \qquad \beta_3 = \log(pl/pe)$$

چنان‌چه ملاحظه می‌شود کشش جانشینی بین نهاده‌های سرمایه و انرژی پایین تر از دو حالت دیگر، یعنی سرمایه و نیروی کار و نیروی کار و انرژی است، که با مطالعات انجام گرفته ی قبلی (از جمله علیرضا گازرانی) درمورد مکمل بودن سرمایه و انرژی و جانشینی نیروی کار و سرمایه و نیروی کار و انرژی مطابقت دارد.

ضریب تعدیل نیروی کار و سرمایه پایین تر از دو حالت دیگر است، که حاکی از تعدیل سریع انرژی نسبت به دو نهاده‌ی دیگر، یعنی سرمایه و نیروی کار می‌باشد. هم‌چنین در مطالعه ی انجام گرفته توسط خان برای بخش صنعت پاکستان، کشش جانشینی انرژی و سرمایه، ۱۷ درصد تخمین زده شده است، در حالی که کشش جانشینی در معادله‌ی (۲) جدول (۱) برای کارگاه‌های صنعتی در ایران ۳۴ درصد

برآورد می‌شود که می‌تواند به دلیل عدم وجود محدودیت استفاده از نهاده‌ی انرژی و یا ارزان بودن آن در ایران باشد.

با توجه به بالا بودن کشش جانشینی انرژی و سرمایه نسبت به مطالعات انجام گرفته در کشورهای دیگر (رابطه‌ی مکملی ضعیف بین سرمایه و انرژی)، برآورد تابع دو مرحله ای CES در دو سناریو انجام می‌گیرد، که در سناریوی اول سرمایه و انرژی با هم ترکیب شده و نیروی کار به طور مجزا در مرحله‌ی دوم وارد تابع می‌شود. که در این صورت تابع CES عبارت است از:

$$q_r = A\left[b_1\left(a_1 k^{-p_1} + a_2 e^{-p}\right)^{p_2/p_1} + b_2 l^{-p_2}\right]^{-1/p_2}$$

اما در سناریوی دوم سرمایه و نیروی کار با هم ترکیب شده و انرژی به طور مجزا در نظر گرفته می‌شود و تابع CES عبارتست از:

$$q_r = A\left[b_1\left(a_1 k^{-p_1} + a_2 l^{-p}\right)^{p_2/p_1} + b_2 e^{-p_2}\right]^{-1/p_2}$$

نتایج تخمین دو مرحله‌ای CES با سه عامل تولید در دو سناریو به ترتیب در جداول (۳) و (۴) آورده شده است. هر جدول شامل سه مرحله است که دو مرحله ی آن مربوط به تخمین تابع CES و مرحله‌ی سوم در ارتباط با پیشرفت فنی خنثی هیکس می‌باشد.

معادلات اول جدول (۳) و (۴) همان معادلاتی است که در جدول (۲) آورده شده است. شایان ذکر است چون واحد اندازه گیری انرژی به میلیون بشکه نفت خام در نظر گرفته شده است، سهم مربوط به انرژی در هر سناریو اعداد کوچک و اعشاری می‌باشد.

جدول ۳-

نتایج تخمین تابع تولید

$$q_r = A\left[b_1 \left(a_1 k^{-p_1} + a_2 e^{-p} \right)^{p_2/p_1} + b_2 l^{-p_2} \right]^{-1/p_2}$$

مرحله‌ی اول

$$\mathrm{Log}\left(\frac{e}{k}\right) = -1/36 + 0/18 \log\left(\frac{p_k}{p_e}\right) + 0/47 \log\left(\frac{e}{k}\right)_{-1} \qquad (1)$$

(۳/۳۸) (۵/۲۸)

$R^2 = 0/65 \quad F = 34 \quad D.W = 1/79$

$\sigma_{ke} = 0/34, p = 1/95, \theta = 0/53, a_1 = 0/9995, a_2 = 0/0005$

$$p_{ke} = \left[(0/9995)^{0/337} p_k^{0/663} + (0/0005)^{0/337} (p_e)^{0/663} \right]^{\frac{1}{1-0/337}} \qquad (2)$$

$$y_{ke} = \left[(0/9995)(k)^{-1/5} + (0/0005)(e)^{-1/5} \right]^{-\frac{1}{1/5}} \qquad (3)$$

مرحله‌ی دوم

$$\mathrm{Log}\left(\frac{1}{y_{ke}}\right) = 0/29 + 0/23 \log\left(\frac{p_{ke}}{p_l}\right) + 0/48 \log\left(\frac{1}{y_{ke}}\right)_{-1} \qquad (4)$$

(-۰/۴۶) (۳/۳) (۵/۱۸)

$R^2 = 0/63 \quad F = 32/6 \quad D.W = 1/72$

$\sigma_{ke,l} = 0/44, p = 1/26, \theta = 0/52, b_1 = 0/22, b_2 = 0/78$

$$y_{kel} = \left[0/22 y_{ke}^{(-1/26)} + 0/78 L^{(-1/26)} \right]^{-\frac{1}{1/26}} \qquad (5)$$

مرحله‌ی سوم

$$\mathrm{Logqr} = -1/08 + 1/03 \log(y_{kel}) + 0/05t - 0/4D79 \qquad (6)$$

(۶/۸۲) (۱۵/۳۳) (-۲/۶۴)

$R^2 = 0/97 \quad F = 338 \quad D.W = 1/34$

جدول ۴-

نتایج تخمین تابع تولید

$$q_r = A\left[b_1\left(a_1 k^{-p_1} + a_2 L^{-p}\right)^{p_2/p} + b_2 e^{-p_2} \right]^{-1/p_2}$$

مرحله‌ی اول

$$\text{Log}(1/k) = ۰/۵ + ۰/۱۹\log(p_k/p_l) + ۰/۵۸\log(1/k)_{-1} \qquad (۱)$$

(۲/۱۰) (۲/۷۳) (۵/۸۵)

$R^2 = \%۹۵ \quad F = ۳۵ \quad D.W = ۱/۹۸$

$\sigma_{lk} = ۰/۴۷, p = ۱/۱۲, \theta = ۰/۴۲ , a_1 = ۰/۰۷ , a_2 = \%۹۳$

$$p_{lk} = \left[(۰/۰۷)^{۰/۴۷} p_k^{\,۰/۵۳} + (۰/۹۳)^{۰/۴۷} p_l^{\,۰/۵۳} \right]^{\frac{۱}{۱-۰/۴۷}} \qquad (۲)$$

$$y_{lk} = \left[(۰/۰۷)\ k^{\,-۱/۱۲} + (۰/۹۳)\ L^{-۱/۱۲} \right]^{-\frac{۱}{۱/۱۲}} \qquad (۳)$$

مرحله‌ی دوم

$$\text{Log}(e/y_{kl}) = -۱/۷ + ۰/۲\log(p_{kl}/p_e) + ۰/۴۸\log(e/y_{kl})_{-1} \qquad (۴)$$

(-۲/۱۴) (۳/۳) (۵/۳۷)

$R^2 = \%۹۵ \quad F = ۳۴ \quad D.W = ۱/۷۴$

$\sigma_{kl,e} = ۰/۴۰, p = ۱/۵۲, \theta = ۰/۵۱ , b_1 = ۰/۹۹۹۸ , b_2 = ۰/۰۰۰۲$

$$y_{kle} = \left[(۰/۹۹۹۸) y_{kl}^{\,-۱/۵۲} + (۰/۰۰۰۲) e^{-۱/۵۲} \right]^{-\frac{۱}{۱/۵۲}} \qquad (۵)$$

مرحله‌ی سوم

$$\text{Log}(qr) = -۱/۶۴ + ۱/۰۳۹\log(y_{kle}) + ۰/۰۵t - ۰/۳۹D_{۷۹} \qquad (۶)$$

(-۱/۰۹) (۶/۸۴) (۱۵) (-۲/۶)

$R^2 = ۰/۹۷ \quad F = ۳۳۹ \quad D.W = ۱/۳۵$

رقم مصرف انرژی در سال ۱۳۷۹در سرشماری کارگاه‌های صنعتی برای زیرگروه مواد شیمیایی و فلزات، رقم غیرواقعی می‌باشد و به نظر می‌رسد اشتباه چاپی باشد. این امر منجر به کاهش متوسط قیمت برآورد شده ی انرژی در سال مذکور شده است، لذا در سال مذکور متغیر دامی در نظر گرفته شده است.

کشش جانشینی محاسبه شده بین سرمایه و انرژی ۳۴ درصد $\sigma_{ke} = \%۳۴$ و برای نیروی کار و انرژی ($\delta_{1e} = \%۴۴$) ۴۴ درصد در جدول (۳) ارائه شده است.رقم مذکور برای $\sigma_{kl,e}$ در مرحله‌ی دوم جدول شماره‌ی (۴)، ۴۰٪ برآورد شده است که درحقیقت میانگین دو رقم نخست می‌باشد. ($\sigma_{kl,e} \approx \frac{\sigma_{ke} + \sigma_{LE}}{۲}$). همین موضوع برای (σ_{ke}و σ_{lk}) و $\sigma_{ke,l}$ نیز به صورت تقریبی صادق می‌باشد که در مرحله‌ی دوم جدول (۴) ارائه شده است.

کشش جانشینی بین انرژی از یک سو و سرمایه و نیروی کار از سوی دیگر در مرحله‌ی دوم جدول (۴) و ضریب تعدیل آن‌ها که به ترتیب $\sigma_{kl,e}$ =۰/۴۰ و ۵۱٪ می‌باشد، حاکی از امکان جایگزینی انرژی با نیروی کار و سرمایه با سرعت نسبتا بالایی است.

با توجه به برآوردها در خصوص کشش جانشینی در دو سناریو، نیروی کار رابطه‌ی جانشینی با هر دو عامل تولید (انرژی و سرمایه) و سرمایه و انرژی با هم رابطه‌ی مکملی ضعیف و با نیروی کار رابطه‌ی جانشینی دارند، که می‌توان با افزایش قیمت نسبی انرژی و سرمایه نسبت به دستمزد در جهت افزایش اشتغال گام برداشت، اما با توجه به این نکته که ضریب تعدیل نهاده‌ی انرژی نسبت به نیروی کار و سرمایه بالاست و هم‌چنین افزایش قیمت سرمایه. منجر به خروج سرمایه از صنعت و در نتیجه کاهش اشتغال می‌شود، افزایش قیمت نسبی انرژی مورد تأکید بیش‌تری قرار می گیرد.

در مرحله‌ی سوم هر دو سناریو، بازده‌ی ثابت به مقیاس و پیشرفت فنی خنثی هیکس برآورد شده است. پیشرفت فنی هیکس در هر دو سناریو ۵٪ می‌باشد، این رقم در مطالعه‌ی خان ۰/۰۳۷ بوده است.هم‌چنین رقم بازده به مقیاس در هر دو سناریو تقریبا نزدیک به هم و در حدود یک برآورد شده است. این ارقام با مطالعات انجام گرفته در ایران از جمله مطالعه‌ی داریوش وافی نجار مطابقت دارد. (در مطالعه‌ی وی بازده به مقیاس با سه عامل تولید و با استفاده از تابع کاپ داگلاس ۹۵٪ برآورد شده است.)

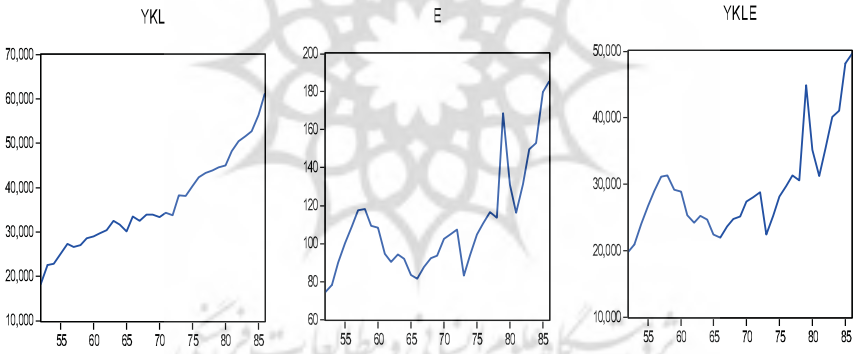
بررسی رابطه‌ی تولید، قیمت و مصرف انرژی در کارگاه‌های صنعتی

در نمودار (۳)، مصرف انرژی (e)، شاخص ترکیبی سرمایه و نیروی کار (y_{kl}) هم‌چنین شاخص ترکیبی سرمایه، انرژی و نیروی کار (y_{kle}) ارائه شده است.تفاوت در

مقیاس‌ها به مراحل برآورد تابع CES مربوط و ترکیب ارزش افزوده حاصل از عوامل مربوط می‌شود.نکته جالب توجه یکنواختی روند y_{kle} در مقابل نوسانات شدید e و y_{kle} می‌باشد.

در حقیقت نوسانات شدید انرژی بر روند هموار y_{kle} افزوده شده و منجر به نوسانی بودن y_{kle} شده است. از سویی بررسی رابطه‌ی علیت بر یک طرفه بودن این رابطه که از تولید به مصرف انرژی است و در مطالعات وافی نجار نیز به آن اشاره شده است، نشان می‌دهد که درصدی از نوسانات مربوط به y_{kle}، در حقیقت نوسانات ارزش افزوده کارگاه‌های صنعتی بوده که از طریق تأثیر بر میزان مصرف انرژی، y_{kle} را دچار نوسان کرده است.

نمودار (۲)، روند تغییرات مربوط به شاخص ترکیبی سرمایه، انرژی و نیروی کار (ykle)، شاخص ترکیبی سرمایه و نیروی کار(ykl) برحسب میلیارد ریال، مصرف انرژی(e) برحسب میلیون بشکه نفت خام و آزمون علیت



Pairwise Granger Causality Tests			
Sample: 1346 1386			
Lags: 3			
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
E does not Granger Cause QR	38	0.32529	0.8070
QR does not Granger Cause E		7.77460	0.0005

بررسی تأثیر پذیری تغییرات مصرف انرژی از ارزش افزوده و قیمت آن می‌تواند در قالب مدل تقاضای کارگاه‌های صنعتی از انرژی به صورت زیر بیان شود.

$$e = ۸۷ - ۰/۰۰۱۳pe + ۰/۰۰۱۱qr + ۰/۷AR(۱) \qquad (۲۱)$$

(۹/۴۶) (-۵/۷۵) (۵/۹۵) (۶/۰۵)

$$R^۲ = ۰/۹۱ \qquad F = ۱۲۳ \qquad D.W = ۱/۹۵$$

کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی ($Epe = \frac{\partial e}{\partial pe}.\frac{pe}{e}$ و $EQr = \frac{\partial e}{\partial Qr}.\frac{Qr}{e}$) در مدل فوق که برای pe و e متوسط دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۴۶) استفاده شده، به ترتیب (۰/۱۸-) و (۰/۳۲) محاسبه می‌شود.

توجه به روند قیمت نهاده‌های انرژی طی سال‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که افزایش قیمت واقعی انرژی بعد از سال ۱۳۷۳ انجام گرفته است.این امر به روشنی در نمودار (۳) دیده می‌شود.

حال اگرکشش‌های مذکور را با مدل ذیل که مشاهدات آن فقط شامل داده‌های دوره (۱۳۸۶-۱۳۷۳)، یعنی دوره‌ی افزایش قیمت انرژی می‌باشد، محاسبه شود، به ترتیب به (۰/۷-) و (۰/۲۲) تغییر می‌یابد.

$$e = ۲۰۷ - ۰/۰۰۴۲pe + ۰/۰۰۰۵qr + ۰/۷AR(۱) \qquad (۲۲)$$

(۷/۲۸) (-۸) (۱/۸۵) (۶/۵۵)

$$R^۲ = ۰/۹۵ \qquad F = ۶۳ \qquad D.W = ۱/۵۸$$

چنان‌چه ملاحظه می‌شود، در مدل (۲۱) کشش درآمدی بیش‌تر از کشش قیمتی بوده است، به طوری‌که در تغییرات مصرف انرژی، تولید نقش تعیین کننده‌تری نسبت به قیمت انرژی دارد.اما با افزایش قیمت انرژی در دوره‌ی پس از سال ۱۳۷۳، براساس مدل (۲۲) وضعیت برعکس شده و کشش درآمدی کم‌تر از کشش قیمتی می‌باشد و قیمت نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.

پایین بودن کشش قیمتی انرژی (پایین بودن کشش جانشینی) در مدل (۲۱) و افزایش آن براساس مدل (۲۲)، حاکی از آن است که مصرف انرژی در کشور قبل از سال۱۳۷۳در قسمت پایین منحنی تقاضای آن انجام می‌گیرد. (مصرف زیاد و قیمت پایین)، که در این‌صورت با حرکت به سمت بالای منحنی تقاضا (افزایش قیمت و

مصرف کم‌تر)، کشش جانشینی بیش‌تر خواهد شد. این در حالی است که براساس تراز نامه‌ی انرژی سال ۱۳۸۴، رشد شاخص قیمت انرژی در کشور طی دوره‌ی (۱۳۸۴-۱۳۷۵) بیش‌تر از تمامی کشورهای OECD بوده است، افزایش کشش قیمتی انرژی از (۰/۱۸-) به (۰/۷-) نیز که از برآورد معادله‌ی (۲۱) حاصل شده، مؤید این امر است.

موارد ذکر شده در مورد افزایش کشش قیمتی و جایگزینی و کاهش کشش درآمدی ناشی از افزایش قیمت‌ها، حاکی از کاهش نسبی اثر درآمدی و افزایش نسبی اثر جانشینی در مراحل بعدی افزایش قیمت انرژی است. که نشان می‌دهد تولید کنندگان با جایگزین سایر نهاده‌ها از جمله نیروی کار به انرژی، از افزایش هزینه‌ها جلوگیری نموده و موقعیت سودآوری خود در بازار را تثبیت می‌کنند.

از سویی توجه به این امر که بیش‌تر تکنولوژی‌ها در بخش صنعت و به‌خصوص در کارگاه‌های بزرگ از کشورهای خارجی در سال‌های گذشته تأمین شده و در حال حاضر شاخص شدت انرژی در ایران (مصرف نهایی انرژی تقسیم بر تولید ناخالص داخلی) بر اساس برابری قدرت خرید ارز، بعد از ونزوئلا و شوروی سابق بالاترین بوده و چهار برابر متوسط جهانی است، نشان می‌دهد که در صورت تداوم سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی، در بلندمدت، تکنولوژی مورد استفاده در سایر کشورها که انرزی کم‌تری را مصرف می‌کنند و از سایر نهاده‌ها (به‌خصوص نیروی کار) بیش‌تر بهره می‌برند، جایگزین تکنولوژی‌های حاضر در صنعت کشور شده و ضمن اصلاح الگوی مصرف، اشتغال را افزایش دهد.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

۱- با توجه به برآوردهای انجام گرفته از کشش جانشین ما بین نهاده‌ها، نیروی کار جانشین هر دو عامل تولید و سرمایه و انرژی رابطه‌ی مکملی (رابطه‌ی ضعیف) دارند. کشش‌های جانشینی برآورد شده ($\delta_{L,K} = ۰.۴۶$، $\delta_{L,E} = ۰.۴۵$، $\delta_{KE,L} = ۰.۴۸$) حاکی از امکان جایگزینی نیروی کار به انرژی و سرمایه است که این امر با توجه به ضریب تعدیل بالای انرژی (۵۴٪) نسبت به سرمایه (۴۲٪)، قیمت پایین انرژی از یک سو و امکان خروج سرمایه با افزایش قیمت آن (هزینه ی استفاده از آن) و در نتیجه کاهش اشتغال از سوی دیگر، جایگزینی نیروی کار به انرژی را بیش‌تر مورد تأکید قرار می‌دهد.

۲- نرخ پیشرفت فنی در هر دو سناریو ۵ درصد و بازده به مقیاس در حدود یک می‌باشد که با مطالعات انجام گرفته مطابقت دارد.

۳- پایین بودن کشش قیمتی تقاضای انرژی (در نتیجه کشش جانشینی) و افزایش آن با افزایش قیمت حامل‌ها، بالا بودن کشش درآمدی نسبت به کشش قیمتی و کاهش آن با افزایش قیمت‌ها طی سال‌های اخیر (نشان دهنده‌ی کاهش اثر در آمدی و افزایش اثر جانشینی بوده) از یک سو و بالا بودن مصرف انرژی در کشور به میزان ۴ برابر نسبت به متوسط جهانی (با توجه به انتقال بیش‌تر تکنولوژی‌ها در بخش صنعت از سایر کشورها) حاکی از آن است که با افزایش قیمت‌ها، موقعیت مصرف انرژی در تابع تقاضا و در نتیجه کشش قیمتی بالا رفته، این امر جایگزینی نیروی کار به انرژی را شدت بخشیده، کشش جایگزینی را بالا برده[1] و علاوه برافزایش اشتغال و کاهش بیکاری، از اتلاف منابع جلوگیری کرده و بهره وری انرژی را افزایش می دهد. ضمن این‌که افزایش قیمت انرژی در سطوح قیمتی بالا (با توجه به افزایش کشش قیمتی و کاهش کشش درآمدی) منجر به اثر درآمدی کم‌تر و اثر جایگزینی بیش‌تر شده و در نتیجه تولیدکنندکان قادر به جلوگیری از افزایش هزینه‌ها در موقع افزایش قیمت انرژی در سطوح بالا بوده و خواهند توانست موقعیت خود را در بازار ثبات بخشند.

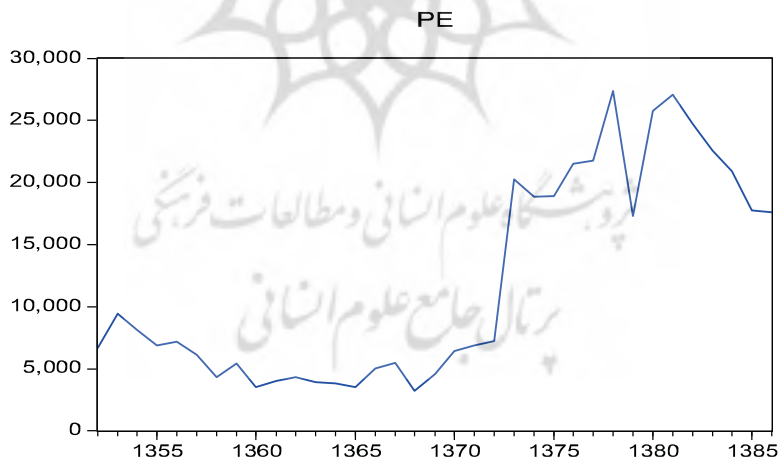
۴- یک طرفه بودن رابطه‌ی علیت از تولید به مصرف انرژی، تعدیل سریع انرژی نسبت به نهاده‌های دیگر (مطابق الگو)، در نتیجه ایجاد نوسانات در تولید و بررسی شاخص شدت انرژی و ضریب انرژی حاکی از پایین بودن قیمت انرژی و دسترسی آسان به آن در کشور می‌باشد که منجر به تغییرات تکنولوژیکی در راستای مصرف بیش‌تر انرژی به جای سایر نهاده‌ها شده است. چنان‌چه ملاحظه می شود، با افزایش قیمت واقعی انرژی طی سال‌های اخیر (نسبت به کشورهایOECD)، کشش قیمتی انرژی، افزایش و کشش درآمدی کاهش یافته است.که با توجه به توضیحات ارائه شده، در صورت مداومت بر این امر، قسمت عمده‌ی تغییرات انرژی ناشی از تغییرات قیمت به جای تغییرات تولیدخواهد بود. همین امر موجب می‌شود رابطه‌ی علیت از سوی مصرف انرژی به تولید تغییر یابد. (چنان‌چه که ایسترن و کلولند در مقاله خود به آن اشاره

۱- کشش جانشینی بیش‌تر با کشش تقاضای بالاتر همراه می‌باشد (پی .آر.جی .لیارد/ ا.ا. والترز، تئوری اقتصاد خرد، ص ۳۰۷).

می‌کنند) و از نوسانات شدید مصرف انرژی کاسته شده و قسمتی از نوسانات y_{kle} که از طریق نوسانات تولید بر انرژی انجام می‌گیرد، از بین برود.

اما به منظور قرار گرفتن در موقعیت بالای منحنی تقاضا، نیاز به الگویی پویا برای قیمت گذاری طی سال‌های آتی وجود دارد، به طوری‌که حذف یارانه و افزایش تدریجی قیمت انرژی طوری انجام پذیرد که ضمن کاهش استفاده از میزان انرژی، سبب خروج بنگاه‌ها و سرمایه از بخش تولید به علت کاهش سود و یا راکد ماندن بخشی از سرمایه نشود و این درصورتی است که افزایش قیمت‌ها نه با توجه به دوره‌های زمانی، بلکه با توجه به امکان تغییرات در وضعیت موجود (تغییر در تکنولورژی با توجه به توانایی مالی و فنی جامعه تولید کنندگان) انجام پذیرد در این خصوص لازم است سیاست‌های غیر قیمتی در کاهش مصرف انرژی و تسریع جایگزینی نیروی کار به انرژی با تأکید بر کیفیت نیروی کار، قوانین کار و... مکمل سیاست قیمتی انرژی باشند، چرا که نیروی کار، انرژی و سرمایه ماهیتا نهاده‌های متفاوت از هم بوده و امر جایگزینی مستلزم بسترسازی در این خصوص می‌باشد.

نمودار ۳- متوسط روند قیمت انرژی برحسب میلیون بشکه ی نفت خام در دوره‌ی (۱۳۸۶-۱۳۵۲)



رقم مصرف انرژی در سال ۱۳۷۹در سرشماری کارگـاه‌هـای صـنعتی بـرای زیرگـروه مواد شیمیایی و فلزات رقم غیر واقعی می‌باشد و به نظر می‌رسد اشتباه چاپی باشد. ایـن امر منجر به کاهش متوسط قیمت برآورد شده ی انرژی در سال مذکور شده است.

فهرست منابع

صادقی، احمد و خلوتی صولت، (۱۳۸۰)، برآورد توابع تولید زیر بخش‌های صنایع روستایی استان بوشهر، پژوهش و سازندگی.

گازرانی، علیرضا، (۱۳۷۸)، برآورد کشش‌های جانشینی نهاده‌های تولید در صنایع ایران، مؤسسه ی عالی پژوهش در برنامه‌ریزی و توسعه.

وافی نجار، داریوش، (۱۳۸۴)، تحلیل آماری و بررسی رابطه‌ی علیت گرنجری تولید ناخالص داخلی با مصرف انرژی و محاسبه ی کشش نهاده‌ای انرژی با استفاده از تابع تولید (۱۳۸۲-۱۳۴۶)، فصل نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، تابستان ۱۳۸۴، شماره‌ی ۵.

امینی، علیرضا و نشاط، حاجی محمد، (۱۳۸۴)، برآورد سری زمانی موجودی سرمایه در اقتصاد ایران طی دوره‌ی زمانی ۱۳۳۸-۱۳۸۱، مجله‌ی برنامه و بودجه، شماره‌ی ۹۰.

بغزیان، آلبرت، (۱۳۷۱)، برآورد موجودی سرمایه در زیر بخش‌های عمده‌ی اقتصادی (۱۳۵۶-۱۳۳۸)، دانشگاه شهید بهشتی.

ترازنامه‌ی انرژی، وزارت نیرو، سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶.

آمارسری زمانی متغیرهای اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سال‌های (۱۳۸۵-۱۳۳۸).

سرشماری کارگاه‌های صنعتی، مرکز آمار ایران، سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۴۶.

Ashfaque H. Khan, (1989), The Two-level CES Production Function for The Manufacturing Sector of Pakistan, The Pakistan Development Review 28:1(Spring 1989),1-12.

Alper Guzel(2006), The Elasticity of Capital-land Substitution in the Housing Construction Sector of a Rapidly Urbanized City: Evidence from Turkey, Review of Urban & Regional Development Studies, vol.18, 85.

Berndt.E & Wood. D (1979), Technology, Prices & The Drived Demand for Energy, The Review of Economics & Statistics Hudson & P.W Gorgenson (1974) ,U.S Energy policy & Economic Growth,The Bell Journal of Economics & Management Science, 5.

Kazuo Sato, (1967), A Two Level Constant – Elasticity of Substitution Production Function, 34, 2

Kemfert, Claudia(1998), Estimated Substitution Elasticities of a Nested CES Production Function Approach for Germany, Energy Economics, 20, 249

Lumengo Bonga -Bonga (2009), The South African Aggregate Production Function: Estimation of The Constant Elasticity of Substitution Function, South Africa Journal of Economics, 77, 332

Menahem Prywes, Anestedces Approch to Capital Energy Subsititution, Energy Economics, January 1986.

Masangala Winford, Papageorgiou Chris(2004), The Solow Model with CES Technology: Nonlinearities and Parameter Heterogeneity, Journal of Applied Econometrics, vol. 19,171.

Stern David I. & Cleveland Cutler J. (2004), Energy & Economic Growth, Rensselaer Working Papers in Economics.

SK Mishra, A Brief History of Production Functions, North –Eastern Hill University Shillong (India), Working Paper Series Social Science Research Network (SSRN), http://ssrn.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی