

نقش انرژی در فرایند تولید بخش صنعت و معدن

رها سادات رمضانیان*
دکتر محمد حسین مهدوی عادل۱**

تاریخ پذیرش
۹۴/۵/۲۴

تاریخ دریافت
۹۴/۲/۱

چکیده

در نگرش نئوکلاسیکی به نقش انرژی در فرایند تولید و ایجاد رشد اقتصادی کمتر توجه شده و تولید عمدتاً به صورت تابعی از دو نهاده نیروی کار و سرمایه تصریح شده است، حال آن که نمی‌توان نقش حیاتی انرژی در فرایند تولید را نادیده گرفت. در این مقاله سعی شده است با لحاظ کردن نهاده انرژی در تابع تولید، کشش تولیدی بلند مدت نهاده انرژی مورد برآورد قرار گرفته و اهمیت انرژی در فرایند تولید به وضوح مشخص شود. برای این منظور الگوی تصریح شده در چارچوب نگرش همجمعی به روش $ARDL$ و به کمک داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۱ برآورد شده است.

بر اساس نتایج برآورد شده، کشش تولیدی انرژی در بلندمدت ۰/۴۸ برآورد شده است که از کشش‌های تولیدی سرمایه و نیروی کار که به ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۴۵ است بیشتر بوده و نشان دهنده نقش پراهمیت انرژی در فرایند تولید صنعتی است. نتایج حاصل از الگوی تصحیح خطا (ECM) نیز نشان می‌دهد در هر دوره ۰/۲۱ از خطای عدم تعادل دوره قبل تعدیل می‌شود که مبین کندی و سختی فرایند تعدیل نهاده‌های تولید است.

کلید واژه‌ها: تابع تولید، کشش تولیدی انرژی، همجمعی، $ARDL$ ، ECM

طبقه‌بندی JEL: C32, E23, N70, Q40, Q43

* دانشجوی دکتری پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

economistirani@yahoo.com

mh-mahdavi@ferdowsi.um.ac.ir

** استاد دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

۱- مقدمه

اقتصاددانان نئوکلاسیک، با تأکید نهادن بر دو نهاد نیروی کار و سرمایه در فرایند تولید، نقش چندانی را برای نهاد انرژی قائل نمی‌شوند، اما از آنجایی که امر تولید صنعتی مستلزم تغییر شکل دادن مواد اولیه است، استفاده از انرژی ضروری است. اکنون این سوال مطرح است که عامل انرژی در فرایند تولید تا چه اندازه با اهمیت بوده و لازم است به صراحت مورد توجه قرار گیرد. در بسیاری از الگوهای که برای توضیح تولید و رشد اقتصادی تصریح شده‌اند، نظیر اقیون و هاویت^۱ (۲۰۰۷ و ۲۰۰۹) و بلانچارد^۲ (۲۰۱۳) انرژی را به عنوان نهاده‌ای که فرایند تولید را تغذیه کند در نظر نگرفته‌اند. اما بر اساس قوانین ترمودینامیک، انرژی برای تمام فرایندهای تولیدی حیاتی است. علاوه بر استرن^۳ (۱۹۹۳)، (۲۰۱۰) که نقش عمده‌ای را برای انرژی در فرایند تولید و رشد اقتصادی قائل است، محققانی نظیر هال و همکاران^۴ (۱۹۸۶، ۲۰۰۳)، آیرس و وار^۵ (۲۰۰۹)، مورفی و هال^۶ (۲۰۱۰) و بخت و هارون (۲۰۱۳) چنین بحث می‌کنند که نقش انرژی در تولید بسیار اساسی است. از سوی دیگر وقتی متغیر مهمی در تحلیل‌های اقتصادی از الگو حذف شود، بعید به نظر می‌رسد که بین متغیرهای الگو رابطه همجمعی برقرار بوده باشد. اعظم زاده و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه خود چنین نتیجه‌گیری می‌کنند که در نظر نگرفتن نهاد انرژی در کنار دو نهاد نیروی کار و سرمایه، برآورد ضرایب تابع تولید را با ارباب جدی مواجه می‌کند.

حال چنانچه انرژی عامل مهمی در تولید و ایجاد رشد اقتصادی است، شدت وابستگی تولید به استفاده از انرژی چقدر است؟ آیا لازم است که نهاد انرژی که نیروی محرکه انباشت سرمایه است، به صراحت در تابع تولید لحاظ شود؟ این مقاله سعی دارد با تخمین تجربی کشش تولیدی بلندمدت نهاد انرژی، راه را برای پاسخ به چنین سؤالاتی هموار سازد. این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که در دهه‌های اخیر کاهش قابل توجهی در

1. Aghion & Howitt
2. Blanchard
3. Stern
4. Hall et al
5. Ayres & Warr
6. Murphye & Hall

شدت انرژی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و برخی از کشورهای در حال توسعه بوجود آمده است (گالس و همکاران^۱ ۲۰۰۷، سو وینگ^۲ ۲۰۰۸ و استرن^۳ ۲۰۱۰). این تحولات ممکن است ترکیب استفاده از نهاده‌ها و میزان اثر انرژی بر تولید و رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار داده باشد.

تصمیمات سیاست‌گذاری در زمینه انرژی دارای پیامدهای بلندمدت و حوزه نفوذ وسیعی است. فراهم آوردن امکان استفاده کارا از انرژی از جنبه جامعه و محیط زیست و ارائه راهنمایی به سیاستگذاران اقتصادی در طراحی سیاست‌های مناسب، لازم می‌آورد تا شناخت مناسبی از کشش تولیدی نهاده انرژی وجود داشته باشد، اما علی‌رغم نیاز به مطالعات فراوان برای این منظور و پیشرفت روش‌های اقتصادسنجی و الگوسازی متغیرهای سری زمانی، نظیر تحلیل‌های همجمعی، چنین مطالعاتی کمتر انجام شده است، هدف اصلی این مقاله به کارگیری روش‌های جدید اقتصادسنجی در برآورد کشش تولیدی انرژی است.

ساختار مقاله به این صورت است که پس از این مقدمه در بخش ۲ به روش‌شناسی و تصریح الگو می‌پردازیم. بخش ۳ به آزمون پایایی متغیرها و برآورد الگو اختصاص یافته است و بخش ۴ به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌پردازد.

۲- روش‌شناسی و تصریح الگو

تئوری تولید نئوکلاسیکی چنین بحث می‌کند که در یک بازار کاملاً رقابتی تحت شرایط بازده ثابت به مقیاس تولید و عدم وجود هرگونه اثرات بیرونی، کشش تولیدی هر نهاده تولید معادل سهم هزینه‌ای آن عامل در تولید است. در طول دهه گذشته سهم انرژی در کل تولید ناخالص داخلی به طور متوسط در کشورهای پیشرفته در حدود ۱۰ درصد بوده است (گیراد و کهرامن^۳ ۲۰۱۴). با این وجود نمی‌توان کشش تولیدی نهاده انرژی را معادل ۰/۱ دانست. دلیل آنکه چرا این سهم نمی‌تواند به صورت تجربی نشان دهنده کشش تولیدی انرژی باشد آن است که وقتی بازارها از شرایط رقابت کامل فاصله می‌گیرند و

1. Gales et al
2. Sue Wing
3. Giraud & Kahraman

بنگاه‌ها بر روی قیمت کالای خود تا حدودی کنترل پیدا می‌کنند، آنگاه کشش تولیدی نهاده‌ها بیشتر از سهم هزینه‌ای آن نهاده‌ها است (گیراد و کهرامن ۲۰۱۴). از این رو به منظور برآورد کشش‌های تولیدی به صورت تجربی می‌باید به برآورد تابع تولید پرداخت. بسیاری از محققان چنین فرض می‌کنند که فرایند تولید در بنگاه از شکل تبعی خاصی پیروی می‌کند. چنین ایده‌ای اولین بار توسط چارلز کاب^۱ ریاضی دان امریکایی و پل داگلاس^۲ اقتصاددان و سناتور امریکایی به سال ۱۹۲۹ مطرح گردید (برن هیم و وینستون^۳ ۲۰۰۳). فرم ریاضی تابعی که توسط این دو تن معرفی شد و به تابع تولید کاب-داگلاس شهرت یافت به صورت زیر است:

$$Q = A L^{\alpha} K^{\beta}$$

در این تابع Q مقدار تولید، L نهاده نیروی کار و K نهاده سرمایه است. تابع تولید کاب-داگلاس به خاطر ویژگی‌هایی که به پارامترهای مورد برآوردش مرتبط است در مطالعه فرایندهای تولیدی بسیار مفید واقع شده و در مطالعات متعددی در ایران، همچون عباسی نژاد و وافی (۱۳۷۶)، هژبرکیانی و رنجبری (۱۳۸۰)، فلاحی و خلیلیان (۱۳۸۸) و اعظم‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰)، مورد استفاده قرار گرفته است. هر چند تابع تولید کاب-داگلاس بر دو نهاده نیروی کار و سرمایه تأکید دارد اما می‌توان این تابع را به گونه‌ای بسط داد که سایر نهاده‌ها از جمله نهاده انرژی را نیز در برگیرد. مطالعات متعددی همچون قالی و ال ساکا^۴ (۲۰۰۴)، سوی تاس و ساری^۵ (۲۰۰۷) و یوآن و همکاران^۶ (۲۰۰۹) نهاده انرژی را در تابع تولید کاب-داگلاس در کنار نهاده‌های L و K لحاظ کرده‌اند. در این مقاله نیز چنین فرض شده است که بنگاه‌ها در فرایند تولید از چهار نهاده نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد اولیه استفاده می‌کنند. این بنگاه‌ها سود خویش را با توجه به تابع تولید زیر و تکنولوژی خنثای هیکسی به حداکثر می‌رسانند.

$$Q = F(K, S, L, E, M)$$

-
1. Charls Cobb
 2. Paul Douglass
 3. Bernheim & Whinston
 4. Ghali & El-Sakka
 5. Soyta & Sari
 6. Yuan et al

که در آن مقدار تولید، KS خدمات منتج از انباشت سرمایه، L خدمات منتج از نیروی کار، E مقدار انرژی مصرفی و M مواد اولیه است. بنگاه‌های تولیدی مقادیر بهینه این نهاده‌ها را با توجه به قیمت هریک به خدمت می‌گیرند.

در اغلب مطالعات توابع تولید، خدمات منتج از سرمایه متناسب با حجم انباشت سرمایه در نظر گرفته شده است. حال آنکه افزایش یا کاهش در نرخ استفاده از ظرفیت‌های تولیدی می‌تواند، در عین حالی که انباشت فیزیکی سرمایه ثابت باقی مانده باشد، خدمات منتج از سرمایه را به مقدار زیادی تغییر دهد. چنین تغییری در نرخ استفاده از ظرفیت‌های تولیدی که به تغییر در تولید می‌انجامد، ممکن است به منزله افزایش یا کاهش تولید نهایی عوامل تولید تلقی شود، حال آنکه این مسئله نشأت گرفته از عدم اندازه‌گیری صحیح نهاده سرمایه در فرایند تولید است. اگر تابع تولید را به گونه‌ای تعدیل کنیم که مقدار تولید را در واحد زمان، مثلاً یک ساعت، نشان دهد، آنگاه چنانچه فرایند تولید برای H ساعت ادامه داشته باشد، کل تولید در این دوره برابر خواهد بود با:

$$Q = H \cdot f\left(K, \frac{L}{H}, \frac{E}{H}, \frac{M}{H}\right)$$

که در آن $\frac{L}{H}$ نشان‌دهنده نفر ساعت نیروی کار و $\frac{E}{H}$ و $\frac{M}{H}$ به ترتیب نشان‌دهنده مقدار استفاده انرژی و مواد اولیه در ساعت است. در چنین صورتی، اگر تعداد ساعات فعالیت تولیدی بنگاه‌ها افزایش یابد، روشن است که بنگاه‌های تولید اکنون نیازمند استفاده از نیروی کار و انرژی بیشتری نسبت به سابق هستند، حال آنکه انباشت فیزیکی سرمایه آنها ثابت باقی مانده است.

اگر چنین فرض شود که تابع تولید f هموتیتیک است، می‌توان H را به داخل تابع تولید انتقال داد و شکل زیر را برای تابع تولید نتیجه گرفت.

$$Q = f(H, K, L, E, M) \\ = f(KS, L, E, M)$$

که در آن $KS=H.K$ نشان‌دهنده میزان استفاده از خدمات انباشت سرمایه است. بنابراین در مواردی که بنگاه‌ها از تمامی ظرفیت تولیدی خویش به هر دلیلی بهره نمی‌گیرند، قراردادن مقدار انباشت سرمایه فیزیکی در تابع تولید می‌تواند به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر

شود. در نتیجه، همانگونه که بسیاری از صاحب نظران اقتصادی پیشنهاد می کنند، لازم است نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی توسط شاخص مناسبی در تابع تولید گنجانیده شود. از آنجا که در نظر گرفتن نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی ویژگی مهمی در مطالعه تجربی فرایند تولید به صورتی کامل و منسجم است، در این مقاله شاخصی برای نشان دادن نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی محاسبه شده است که در قسمت شرحی بر داده های آماری مورد بحث قرار گرفته است. اگر نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی را UK بنامیم، تابع تولید به شکل زیر قابل نمایش است.

$$Q = f(K, UK, L, E, M)$$

در این تابع تولید، خدمات منتج از انباشت سرمایه به صورت $KS = K \cdot UK$ اندازه گیری شده است.

البته ممکن است در مواردی بنگاه های تولیدی علی رغم آنکه از تمام ظرفیت نیروی کار خویش استفاده نمی کنند، نیروی کار خویش را کماکان حفظ نمایند و در نتیجه خدمات منتج از نیروی کار متناسب با تعداد نیروی کار نبوده باشد. ولی از آنجا که این امر ناچیز تصور می شود و راه ساده ای نیز برای محاسبه شاخصی جهت نشان دادن این مسئله وجود ندارد، از آن صرف نظر شده است. در مواردی ممکن است با توجه به ساختار تکنولوژی تولید، توجه پذیر باشد که نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی را به نیروی کار نیز تعمیم داد.

بر اساس آنچه مورد بحث قرار گرفت، رابطه تعادلی بلندمدت و پویایی های کوتاه مدت تولید، با توجه به نهاده های سرمایه، نیروی کار و انرژی و در نظر گرفتن نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی (UK) به صورت زیر تصریح شده است.

رابطه تعادلی بلندمدت

$$Q = f(K, UK, L, E, M)$$

رابطه پویایی های کوتاه مدت

$$\Delta Q = f(\Delta(K \cdot UK), \Delta(L), \Delta(E), \Delta(M), ECT_{-1})$$

Q : مقدار تولید

K : انباشت سرمایه

UK : نرخ استفاده از ظرفیت های تولیدی

L : نیروی کار

E : مصرف انرژی

M : مواد اولیه

ECT_1 : خطای عدم تعادل

ملاحظات در مورد برآورد تجربی تابع تولید تصریح شده

برآورد تابع تولید بخش صنعت و معدن نیازمند اطلاعات در مورد ارزش تولید بخش صنعت و معدن است. اما در حساب‌های ملی تنها ارزش افزوده بخش صنعت و معدن گزارش می‌شود. لذا می‌باید تابع تولید را به گونه‌ای تعدیل کرد که با استفاده از آمار ارزش افزوده قابل برآورد باشد. برای فراهم آوردن چنین امکانی، اگر این فرض صحت داشته باشد که در تابع تولید مورد نظر، نهاده مواد اولیه از سایر نهاده‌ها جداپذیر است، می‌توان تابع تولید را برای بخش صنعت و معدن به صورت زیر تصریح کرد.

$$Q = F [f(K, UK, L, E), M]$$

اکنون هدف را برآورد زیر تابع $f(K, UK, L, E)$ قرار می‌دهیم، ولی کماکان نمی‌توان این تابع را با استفاده از آمار ارزش افزوده بخش صنعت و معدن برآورد نمود، زیرا متغیر انرژی در میان نهاده‌های تولید در این تابع تولید وجود دارد ولی ارزش افزوده آن در طرف مقابل وجود ندارد. برای حل این مسئله در این مقاله روشی که توسط الگوی اقتصادسنجی کلان دلفی متعلق به بانک هلند^۱ (۲۰۱۱) دنبال شده است اتخاذ گردیده است. در این روش هزینه صرف شده بابت انرژی مصرف شده به ارزش افزوده آن اضافه شده است و سپس تابع تولید به صورت شکل زیر برآورد گردیده است.

$$V+e = f(K, UK, L, E)$$

در این تابع V ارزش افزوده، e هزینه صرف شده بابت انرژی، K انباشت سرمایه، UK نرخ استفاده از ظرفیت تولیدی، L نیروی کار و E مقدار انرژی است.

در این مقاله هزینه صرف شده بابت انرژی در بخش صنعت و معدن به صورتی که در قسمت شرحی بر داده‌های آماری آمده است محاسبه شده و با ارزش افزوده بخش صنعت و معدن جمع شده است و سپس تابع تولید برآورد شده است. تصریح رابطه بلندمدت و پویایی‌های کوتاه مدت به شکل زیر صورت گرفته است.

1. DELFI, Netherlands Bank

رابطه تعادلی بلندمدت

$$\text{LOG(VIME)} = \beta_0 + \beta_1 * \text{LOG(LIM)} + \beta_2 * \text{LOG(UKIM * KIM)} + \beta_3 * \text{LOG(ECI)}$$

رابطه پویایی‌های کوتاه مدت

$$\text{D(LOG(VIME))} = \gamma_0 + \gamma_1 * \text{D(LOG(LIM))} + \gamma_2 * \text{D(LOG(UKIM * KIM))} \\ + \gamma_3 * \text{D(LOG(ECI))} + \gamma_4 \text{ECT}_{-1}$$

VIME: ارزش افزوده بخش صنعت و معدن + مصرف انرژی

LIM: اشتغال بخش صنعت و معدن

KIM: موجودی سرمایه بخش صنعت و معدن

UKI: نرخ استفاده از ظرفیت تولیدی بخش صنعت و معدن

ECI: مصرف انرژی بخش صنعتی

ECT₋₁: خطای عدم تعادل

اکنون به شرح داده‌های آماری مورد استفاده می‌پردازیم.

شرحی بر داده‌های آماری

آمار ارزش افزوده بخش صنعت و معدن به قیمت‌های ثابت سال ۷۶ در محدوده زمانی مطالعه سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۱ از حساب‌های ملی منتشره از سوی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران برگرفته شده است. اطلاعات مربوط به مصرف انرژی برحسب میلیون بشکه معادل نفت خام و قیمت آن بر حسب هر بشکه از ترازنامه انرژی وزارت نیرو محاسبه شده است. ارزش انرژی مصرفی در بخش صنعت و معدن از حاصل ضرب مقدار مصرف انرژی در قیمت انرژی محاسبه شده و پس از تبدیل به قیمت‌های ثابت سال ۷۶ با ارزش افزوده بخش صنعت و معدن تجمیع شده است. آمار مربوط به اشتغال این بخش از دفتر اقتصاد کلان معاونت راهبردی ریاست جمهوری اخذ شده است. از آنجا که آمار رسمی گزارش شده‌ای برای نرخ استفاده از ظرفیت‌های تولیدی در بخش صنعت و معدن وجود ندارد این نرخ توسط روشی به نام "روش عبور از میان اوج‌ها"^{۱۱} که از مبانی نظری مستحکمی

1. Through the Peak Technique

برخوردار بوده و توسط کلاین و سامرز^۱ در الگوی اقتصادسنجی کلان وارتن^۲ به کار گرفته شده است، تولید شده است. در این روش نمودار مربوط به ارزش افزوده یا تولید در بازه زمانی مورد نظر رسم می‌شود و سپس نقاط اوج این نمودار در مقاطع زمانی مختلف به منزله حداکثر بهره‌برداری از ظرفیت‌های تولیدی موجود تلقی می‌شود. سپس این نقاط اوج با پاره خط‌هایی به یکدیگر متصل می‌شود و مقادیر قرار گرفته بر روی این پاره خط‌ها به عنوان ظرفیت بالقوه تولیدی تلقی می‌شود. از تقسیم مقدار تولید مشاهده شده به این مقدار بالقوه، نرخ استفاده از ظرفیت تولیدی محاسبه می‌شود.

۳- آزمون پایایی متغیرها و برآورد الگو

تابع تولید تصریح شده به کمک داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۱ به روش ARDL برآورد شده است. متغیرها دقیقاً به همان شکلی که در رابطه تعادلی بلندمدت ظاهر شده‌اند از نظر پایایی مورد آزمون قرار گرفته‌اند. نتایج که در پیوست مقاله گزارش شده است، حاکی از آن است که تمامی متغیرها جمعی از مرتبه یک $I(1)$ می‌باشند. آزمون برنجی، دولادو و مستر و همچنین آزمون پایایی جمله اخلاص روابط بلندمدت حاکی از آن است که یک رابطه تعادلی بلندمدت بین ارزش افزوده با نهاده‌های تولید وجود دارد. نتایج حاصل از برآورد و نتایج آزمون‌های مورد اشاره در زیر گزارش شده است.

نتایج برآورد ضرایب تابع تولید در بخش صنعت و معدن به روش ARDL

$$\begin{aligned} \text{LOG(VIME)} = & -0.6783 + 0.1223*\text{LOG(LIM)} + 0.5983*\text{LOG(UKIM)*KIM} \\ & (-1.12) \quad (2.01) \quad (13.52) \\ & - 0.4843*\text{LOG(UKIM}(-1))*\text{KIM}(-1)) + 0.1303*\text{LOG(ECI)} - 0.0869*\text{D5658} \\ & (-8.11) \quad (4.17) \quad (-4.28) \\ & + 0.0624*\text{D8081} + 0.7315*\text{LOG(VIME}(-1)) \\ & (2.76) \quad (10.33) \end{aligned}$$

Adjusted R²: 0.99 F: 7647.4 [0.000] Durbin-Watson Test:1.47

1. Klein & Summers
2. Warton Economic Model

نتایج آزمون همجمعی و تأیید وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت

ADF Test: -5.18 [0.000]
Banerjee, Dolado & Mester Test: -3.85 (5%= - 4.43 , 10%= - 3.82)

آماره آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته بر روی جملات خطای معادله برآورد شده و آماره آزمون بنرجی- دولادو و مستر وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت را مورد تأیید قرار می‌دهند. برقراری همجمعی و وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای الگو را تا اندازه زیادی می‌توان منتج از وجود نهاده انرژی در کنار دو نهاده نیروی کار و سرمایه دانست. رابطه تعدلی بلندمدت براساس برآوردهای صورت گرفته به صورت زیر به دست می‌آید.

رابطه تعادلی بلندمدت تولید در بخش صنعت و معدن

$$\log(\text{vime}) = -2.5266 + 0.4556 * \log(\text{lim}) + 0.4247 * \log(\text{ukim} * \text{kim}) + 0.4853 * \log(\text{eci}) - 0.3239 * d5658 + 0.2325 * d8081$$

به منظور حصول اطمینان بیشتر از برقراری همجمعی بین متغیرهای الگو در رابطه تعادلی بلندمدت، پسماند رابطه تعادلی بلندمدت محاسبه شده و به لحاظ پایایی مورد آزمون قرار گرفته است. از آنجا که کمیت آماره آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته برابر ۲/۴۱- با احتمال ۰/۰۱۶ به دست آمده است، می‌توان با ضریب اطمینان بالایی به برقراری یک رابطه همجمعی بین متغیرهای الگو و عدم وجود یک رگرسیون کاذب مطمئن بود. ضریب نهاده انرژی که مبین کشش تولیدی این نهاده در بلندمدت است برابر ۰/۴۸ برآورد شده است و نشان می‌دهد چنانچه استفاده از انرژی در فرآیند تولید یک درصد افزایش یابد، موجب خواهد شد تا ارزش افزوده به میزان ۰/۴۸ درصد افزایش یابد. اگر چنانچه این کشش تولیدی بلندمدت با کشش‌های تولیدی بلندمدت نهاده سرمایه و نهاده نیروی کار که به ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۴۵ برآورد شده است، مقایسه شود، نقش و اهمیت انرژی در ایجاد ارزش افزوده بخش صنعت و معدن مشخص می‌گردد. این یافته که کشش تولیدی نهاده انرژی بیشتر از کشش تولیدی نهاده سرمایه است،

مشابه یافته برخی مطالعات تجربی نظیر گیراد و کهرمان^۱ (۲۰۱۴) است که بر بزرگتر بودن کشش تولیدی انرژی نسبت به کشش تولیدی سرمایه تأکید می‌ورزند و نقش بسیار بااهمیتی را برای انرژی در فرایند تولید قائل می‌شوند. عباسی نژاد و وافی (۱۳۷۶) نیز کشش تولیدی نهاده انرژی در بخش صنعت ایران را برابر ۰/۷۷ برآورد کرده‌اند. به منظور اطلاع از چگونگی واکنش ارزش افزوده بخش صنعت و معدن به تغییرات کوتاه- مدت نهاده‌های تولید و بویژه تعیین میزان واکنش آن به خطای عدم تعادل دوره قبل به برآورد الگوی تصحیح خطا (ECM) می‌پردازیم. نتایج حاصل از برآورد به صورت زیر است.

رابطه پویایی‌های کوتاه‌مدت تولید در بخش صنعت و معدن

$$\begin{aligned} \text{DLOG(VIM+ECIR)} = & -0.002 + 0.3374 * \text{DLOG(LIM)} + 0.5458 * \text{DLOG(UKIM * KIM)} \\ & (-0.24) \quad (2.03) \quad (11.06) \\ + 0.1811 * \text{DLOG(ECI)} + & 0.0458 * \text{D(D8081)} + 0.0743 * \text{D90} - 0.2129 * \text{VIME1(-1)} \\ & (3.23) \quad (2.02) \quad (2.22) \quad (-3.78) \end{aligned}$$

Adjusted R²: 0.88 F: 51.14 [0.000] Durbin-Watson Test: 1.49

الگوی تصحیح خطای برآورد شده از قدرت توضیح دهنده خوبی برخوردار است. آماره‌های مربوط به آزمون‌های تشخیص نشان می‌دهند که معادله برآورد شده از نظر نرمال بودن جمله اخلاص، همبستگی پیاپی، واریانس ناهمسانی و خطای تصریح دارای مشکل خاصی نیستند و ضرایب برآورد شده کاملاً قابل اعتمادند.

آماره‌های تشخیص

Jarque - Bera Normality test	0.68 [0.43]
Serial Correlation LM Test: F(2,38)	2.07 [0.14]
Heteroskedasticity White test :F(6,40)	0.48 [0.81]
Ramsey RESET stability test: F(1,39)	1.71 [0.19]
Sample period: 1345- 1391	No. of Obs. : 47

نتایج حاصل از برآورد رابطه پویایی‌های کوتاه‌مدت تولید در بخش صنعت و معدن نشان می‌دهد که تغییرات در ارزش افزوده بخش صنعت و معدن در کوتاه‌مدت و حرکت به سوی تعادل بلندمدت نه تنها به نحو کاملاً محسوسی متأثر از تغییرات در نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و انرژی در کوتاه‌مدت است، بلکه به خطای عدم تعادل در کوتاه‌مدت نیز کاملاً واکنش نشان می‌دهد. ضریب خطای عدم تعادل برابر $0/21$ - برآورد شده است و مین آن است که در هر دوره ۲۱ درصد از خطای عدم تعادل دوره قبل تعدیل می‌شود. فرایند نسبتاً کند تعدیل نشانگر دشواری تعدیل نهاده‌های تولید در بخش صنعت و معدن است. حیدری (۱۳۸۵) نیز با برآورد کشش‌های متقاطع تقاضا بین نهاده‌های انرژی، نیروی کار و سرمایه در بخش صنعت به این نتیجه می‌رسد که میان نهاده انرژی با دو نهاده دیگر امکان جایگزینی نسبتاً محدودی وجود دارد.

۴- نتیجه‌گیری

به منظور نشان دادن نقش انرژی در فرایند تولید بخش صنعت و معدن یک تابع تولید به شکل کاب-داگلاس با سه نهاده نیروی کار، سرمایه و انرژی تصریح و برآورد گردیده است. با توجه به وجود نهاده انرژی در تابع تولید، ارزش افزوده بخش صنعت و معدن به گونه‌ای تعدیل گردید که علاوه بر دو عامل نیروی کار و سرمایه، در برگزیده ارزش افزوده نهاده انرژی نیز باشد.

تابع تولید تصریح شده به روش همجمعی و در قالب الگوی خود رگرسیون توزیع وقفه‌ای (ARDL) برآورد گردیده و ضرایب رابطه تعادلی بلندمدت و الگوی پویایی‌های کوتاه‌مدت به دست آمده است. در برآورد ضرایب الگو از داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۱ بهره گرفته شده است.

آزمون‌های تشخیص مبین معنی‌دار بودن ضرایب الگوی برآورد شده و وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای الگو است. کشش تولیدی انرژی در بلندمدت برابر $0/48$ برآورد شده است که نشان می‌دهد یک درصد افزایش در استفاده از انرژی موجب می‌شود تا ارزش افزوده بخش صنعت و معدن $0/48$ درصد افزایش یابد. چنین کمیتی برای

کشش تولیدی نهاده انرژی که از کشش های تولیدی سرمایه و نیروی کار، که به ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۴۵ برآورد شده اند، بیشتر است، نشان دهنده درجه اهمیت و نقش بارز انرژی در فرایند تولید بخش صنعت و معدن کشور است.

پیوست ۱-

نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF) برای متغیرهای دخیل در تابع تولید

مرتبه جمع بستگی	تفاضل مرتبه اول			سطح متغیر			متغیر		
	نتیجه آزمون در سطح ۵٪ یا ۱۰٪	احتمال	آماره آزمون	عرض از مبدأ (c)	نتیجه آزمون در سطح ۵٪ یا ۱۰٪	احتمال		آماره آزمون	رولند از مبدأ و (cst)
(1)	پایا	۰/۰۰۰۱	-۵/۰۱۸۲	c	ناپایا	۰/۳۷۱۶	-۱/۸۰۹۶	-	LOG(VIME)
(1)	پایا	۰/۰۰۰۵	-۴/۵۶۴۵	c	ناپایا	۰/۹۹۷۷	۲/۶۵۲۰	-	LOG(LIM)
(1)	پایا	۰/۰۰۰۲	-۳/۹۴۵۱	-	ناپایا	۰/۹۸۳۱	۱/۸۴۱۶	-	LOG(UKIM* KIM)
(1)	پایا	۰/۰۰۰۰	-۵/۸۵۰۶	c	ناپایا	۰/۱۴۳۱	-۲/۴۱۵۱	c	LOG(ECI)

منابع

- ۱- اعظم زاده شورکی، مهدی، صادق خلیلیان و سید ابولقاسم مرتضوی (۱۳۹۰)، انتخاب تابع تولید و برآورد ضریب اهمیت انرژی در بخش کشاورزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۶.
- ۲- حیدری، ابراهیم (۱۳۸۵)، تخمین توابع تقاضای کوتاه مدت و بلند مدت عوامل تولید در بخش صنعت ایران، مجله تحقیقات اقتصادی، دانشگاه تهران، شماره ۷۶.
- ۳- عباسی نژاد، حسین و داریوش وافی (۱۳۷۶)، تخمین اثر نهاده انرژی در بخش های مختلف اقتصادی، مجله تحقیقات اقتصادی، دانشگاه تهران، شماره ۱.
- ۴- فلاحی، محمد علی و صادق خلیلیان (۱۳۸۸)، رابطه بلندمدت عوامل تولید و ارزش افزوده بخش کشاورزی با به کارگیری رهیافت همگرایی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱-ب (ویژه نامه)، ۳۳۹.

- ۵- هژبر کیانی، کامییز م بهراد رنجبری (۱۳۸۰)، بررسی رابطه درازمدت بین نهاده‌های انرژی، کار و سرمایه در بخش کشاورزی، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۳۵.
- ۶- نوفرستی، محمد (۱۳۹۲)، ریشه واحد و هم‌جمعی در اقتصادسنجی، چاپ پنجم، نشر رسا.
- 7- Aghion, P. & Howitt, P. (2007). Capital, Innovation and Growth Accounting, *Oxford Review of Economic Policy* 23 ,79-93.
- 8- Aghion, P. and P. Howitt. (2009). *The Economics of Growth*. MIT Press. Cambridge, MA.
- 9- Ayres, R. U. & B. Warr (2009). *The economic growth engine: How energy and work drive material prosperity*. Cheltenham, UK and Northampton MA, US, Edward Elgar.
- 10- Bekhet, H. A. & Harun ,N. H. B., (2013) , Investigating The Co-Integration Among Electricity Production Function in Malaysia: Bound Testing Approach, *Persidangan Kebangsaan Ekonomi Malaysia ke VIII (PERKEM VIII)*, JILID, ISSN: 2231-962X.
- 11- Blanchard, O., (2013), *Macroeconomics*, 6TH Edition, Ch. 11, Pearson.
- 12- Bernheim, B.D. and Whinston, M.D., (2008). *Microeconomics*. McGraw-Hill International Edition, New York.
- 13- Gales, B., Kander, A., Malanima, P. and Rubio, M., (2007). North versus South: Energy transition and energy intensity in Europe over 200 years. *European Review of Economic History* 11.
- 14- Ghali,K.H, & El-Sakka,M.I.T (2004). Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis, *Energy Economics*, 26(2).
- 15- Giraud,G. & Kahraman, Z. (2014). How Dependent is Growth from Primary Energy? Output Energy Elasticity in 50 Countries (1970-2011), *Econ Papers*, Paris School of Economics.
- 16- Hall, C. A. S., Cleveland, C. J. and Kaufmann, R. K. , (1986), *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*. Wiley Interscience. New York.
- 17- Hall, C. A. S., Tharakan, P., Hallock, J., Cleveland, C. and Jefferson, M., (2003), *Hydrocarbons and the evolution of human culture*. *Nature* 426: 318-322.
- 18- Klein, L.R. & Summers, R. (1966), *The Wharton Index of Capacity Utilization*, *Studies in Quantitative Economics*, No.1. Economic Research Unit, Department of Economics, University of Pennsylvania.
- 19- Murphy D. J. and C. A. S. Hall, (2010), Year in review – EROI or energy return on (energy) invested. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1185.
- 20- Nv.1, (2011) , DELFI: DNB's Macroeconomic Policy Model of the Netherlands, *DNB Occasional Studies*, De Nederlandsche, Bank NV.
- 21- Soytaş, U. and Sari, R. (2007). The relationship between energy and

- production: Evidence from Turkish manufacturing industry. Energy Economics, Vol. 29.
- 22- Stern, D. I., (1993), Energy use and economic growth in the USA, A multivariate approach, Energy Economics 15.
- 23- Stern, D.I. , (2010), The Role of Energy in Economic Growth, Crawford School, The Australian National University, CCEP working paper 3.
- 24- Sue Wing, I., (2008). Explaining the declining energy intensity of the U.S. economy. Resource and Energy Economics 30.
- 25- Yuan, C., liu, S. and Wu, J., (2009), Research on energy-saving effect of technological progress based on Cobb-Douglas production function. Energy Policy, Vol. 37.