

تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال دربورس اوراق بهادار تهران

قهرمان عبدالی

دانشیار اقتصاد دانشگاه تهران
abdoli@ut.ac.ir

زینب ایرانشاهی

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
iranshahi91@gmail.com

تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که تغییرات شدت انرژی با قیمت انرژی رابطه معکوس دارند، همچنین سطوح فناوری می‌توانند شدت انرژی را کاهش دهند. در تحقیق حاضر به بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در تمام صنایع فعال در بورس تهران که اطلاعات مورد نیاز برای انجام این تحقیق در فاصله زمانی (۱۳۸۵-۱۳۹۰) را به طور کامل ارائه نموده‌اند در قالب روش پانل دیتا پرداخته شده است. نتایج تحقیق حاضر بیانگر اهمیت بیشتر متغیرهای شدت شبه دارایی‌های ثابت، شدت نیروی کار، شدت سرمایه و شدت مواد اولیه و قیمت این نهاده‌ها نسبت به سطح این متغیرها (شبه دارایی‌های ثابت، نیروی کار و سرمایه) در بهبود شدت انرژی در صنایع مختلف کشور است. همچنین با توجه به معنادار شدن ضریب متغیر شبه دارایی‌های ثابت (نشان‌دهنده اثبات سرمایه و تجهیزات تولید که به بهبود کیفیت تولیدات و در نتیجه انرژی‌اندوزی آنها منجر می‌شود) این نتیجه حاصل شده است که افزایش تجهیزات سهم انرژی در تولید را در صنایع مختلف کاهش داده است. همچنین در بررسی میزان کشش سایر نهاده‌ها با نهاده انرژی این نتیجه حاصل گردید که رابطه نهاده انرژی با سایر نهاده‌ها در اغلب صنایع از نوع رابطه جانشینی است، بنابراین در این صنایع افزایش قیمت انرژی با تغییر قیمت‌های نسبی نهاده‌ها می‌تواند موجب جانشینی سایر نهاده‌ها به جای انرژی و بهبود شدت انرژی گردد.

طبقه‌بندی JEL: C22, E32, E52

واژه‌های کلیدی: بهبود انرژی، شدت انرژی، پانل دیتا، خلاقیت نوآورانه، جانشینی انرژی.

۱. مقدمه

کاهش شدت انرژی ناشی از دلایل است (سو وینگ، ۲۰۰۸):

- افزایش ماشین‌آلات و تجهیزات تولید (اباشت سرمایه) و به تبع آن بهبود کیفیت تولیدات که موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.
- جانشینی انرژی با سایر نهاده‌های تولید که ناشی از تغییر در قیمت‌های نسبی می‌باشد، زیرا افزایش هزینه انرژی انگیزه‌ای برای جایگزینی انرژی با دیگر نهاده‌های تولید محسوب می‌گردد.
- خلاقیت نوآورانه

دو نوع خلاقیت در تکنولوژی وجود دارد. یکی از آنها بهبود خودمختار کارایی انرژی است که AEEI^۱ نامیده می‌شود و دیگری خلاقیت ناشی از قیمت است. خلاقیت نخست از نوع روند زمانی است، به گونه‌ای که در طول زمان و با پیشرفت علم و سایلی اختراع شد که شدت مصرف انرژی را کاهش داد و خلاقیت دوم توسط سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه حاصل می‌شود که عامل آن افزایش قیمت انرژی است. شدت انرژی کل چیزی جز مجموع شدت انرژی بنگاههای اقتصادی با ویژگی‌های متفاوت نیست، بنابراین عدم توجه به متغیرهای خرد در تعیین شدت انرژی نمی‌تواند قابل توجیه باشد (صادقی و سجودی، ۱۳۹۰). به این دلیل در مقاله حاضر عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاههای صنعتی (سطح خرد) مورد بررسی قرار گرفته است. مقاله حاضر در ۵ بخش نگاشته شده است. در بخش دوم مبانی نظری، در بخش سوم مبانی تجربی و در بخش چهارم تخمین و نتایج مدل ارائه شده است. در نهایت در بخش پنجم جمع‌بندی و پیشنهادات ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

شدت انرژی از جمله شاخص‌های معتبر در بررسی کارایی مصرف انرژی می‌باشد که از تقسیم میزان مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی حاصل می‌شود (مقدار انرژی است که برای تولید یک واحد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت مصرف می‌شود) این شاخص بر حسب عرضه انرژی اولیه یا مصرف نهایی انرژی محاسبه می‌شود. امروزه در نظریه‌های جدید رشد تولید تابعی از نهاده‌های کار، سرمایه، انرژی و سطح تحقیق و توسعه تلقی می‌شود.

$$Q = f(k, l, E) \quad (1)$$

فرض بر این است که بین میزان استفاده از این نهاده‌ها و سطح تولید رابطه مستقیم وجود دارد و البته مصرف انرژی تابعی معکوس از قیمت آن است. معمول‌ترین توابعی که در تحلیل رفتار تولید واحدهای

صنعتی کاربرد دارند توابع تولید با کشش جایگزینی ثابت می‌باشد که نوعی خاص از آنها تابع تولید کاب-داگلاس (زمانی که $\alpha+\beta=1$) می‌باشد. نمای ریاضی این تابع به صورت زیر قابل نمایش می‌باشد:

$$q = AX_1^\alpha X_2^\beta \quad (2)$$

در صورتی که تابع تولید کاب-داگلاس را با دو عامل تولید انرژی و مواد اولیه در نظر بگیریم هزینه تولید در تعادل به صورت زیر محاسبه خواهد گردید:

$$C(q, E, M) = qr_q + Er_E + Mr_M \quad (3)$$

که در آن، q میزان تولید و r_q ، r_E و r_M به ترتیب قیمت تمام شده تولید کالا، قیمت مواد اولیه و انرژی مصرفی در واحد صنعتی می‌باشند. M و E نیز نشان‌دهنده میزان مواد اولیه و انرژی مصرفی در واحد صنعتی می‌باشند. RTS^1 نرخ جایگزینی فنی می‌باشد که بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$RTS = -\frac{dX_2}{dX_1} = \frac{f_1}{f_2} \quad (x_1=M, x_2=E) \quad (4)$$

رابطه فوق با توجه به برآورد ضرایب کشش انرژی و مواد اولیه مصرفی به صورت زیر قابل نمایش است:

$$RTS = \frac{\beta}{\alpha} \times \frac{M}{E} \quad (5)$$

بالا بودن نرخ جایگزینی نشان‌دهنده تمایل واحد صنعتی به کاهش مصرف انرژی و جایگزین نمودن آن در تابع تولید با افزایش مصرف مواد اولیه خواهد بود، بنابراین هدف‌گذاری در این دسته از کارخانجات می‌باشد به نحوی باشد که سیستم‌های فرسوده و انرژی بر با تکنولوژی مدرن تر و باشد مصرف انرژی کمتر جایگزین شوند.

کارخانجاتی که نرخ جایگزینی فنی در آنها پایین است در پایین منحنی بی‌تفاوتی تولید واقع شده‌اند، در نتیجه تمایل جایگزینی عامل انرژی با مواد اولیه مصرفی در آنها کم می‌باشد، بنابراین برای کاهش شدت انرژی در این کارخانجات می‌باشد با ایجاد تنوع بیشتر در نوع و کیفیت محصول تولیدی تمایل جایگزینی انرژی با مواد اولیه را افزایش داد (همون و همکاران، ۱۳۸۸).

۳. پیشینه تحقیق

در بررسی عوامل مؤثر بر بهبود شدت انرژی مطالعات خارجی و داخلی بسیاری انجام شده است. اغلب مطالعات خارجی بدنبال افزایش قیمت انواع حامل‌های انرژی و تغییر شدت انرژی (عمدتاً بهبود شدت انرژی) صورت گرفته و در پی یافتن نحوه تغییر این شاخص بوده‌اند، اما تحقیقات داخلی اکثراً به تجزیه شدت انرژی و بررسی ارتباط این شاخص با متغیرهای کلان پرداخته‌اند. در ادامه، به بررسی برخی پژوهش‌های خارجی و داخلی صورت گرفته در راستای موضوع تحقیق حاضر پرداخته خواهد شد.

سو وینگ (۲۰۰۸) در بررسی خود تحت عنوان "توضیح کاهش شدت انرژی در اقتصاد آمریکا" از یک تابع هزینه متغیر محدود (RVCF)^۱ استفاده نموده و نتیجه می‌گیرد که پیشرفت تکنولوژی طی زمان و جایگزینی بین نهاده‌ها در اثر تغییر قیمت‌های نسبی (ناشی از افزایش قیمت انرژی) در بهبود شدت انرژی مشارکت دارند، اما ابداعات تکنولوژی ناشی از افزایش قیمت انرژی در آمریکا (افزایش R&D) اثری روی آن نداشته است.

آزوزو اکاگاوا (۲۰۰۹) در بررسی خود تحت عنوان "بررسی اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر در بهبود شدت انرژی" با پیروی از روش سو وینگ و به کار بردن تابع هزینه متغیر محدود دلایل بهبود شدت انرژی را در بنگاه‌های صنعتی ژاپن و صنایع فلزی پایه در انگلیس بررسی می‌کند و نتیجه می‌گیرد که جایگزینی بین نهاده‌ها در اثر تغییر قیمت‌های نسبی (ناشی از افزایش قیمت انرژی) در بهبود شدت انرژی تمام صنایع مشارکت دارند. پیشرفت تکنولوژی در طول زمان تأثیر مثبتی بر شدت انرژی در ژاپن داشته، اما اثر آن بر صنعت فلزات پایه در انگلیس منفی بوده و ابداعات تکنولوژی ناشی از افزایش قیمت انرژی (افزایش R&D) اثری مثبت روی بهبود شدت انرژی بر صنعت فلزات پایه در انگلیس داشته است. ما و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خود با نام "اقتصاد انرژی چین تغییرات فنی و تکنولوژیکی تقاضای عوامل و جاشنیی بین عوامل" با استفاده از تابع هزینه ترنسلوگ کشش‌های تقاضای انرژی در اقتصاد چین را تخمین زدند و به این نتیجه دست یافتند که شدت انرژی مصرفی چین به دلیل استفاده فراینده از تکنولوژی‌های تشدید‌کننده مصرف انرژی طی دوره (۱۹۹۵-۲۰۰۴) صعودی می‌باشد.

پاپادوگونز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷) بیان می‌کنند که بنگاه‌ها با مخارج تحقیق و توسعه بالاتر به احتمال زیاد دارای تکنولوژی تولید پیشرفته‌تری خواهند بود. با توجه به اینکه استفاده از تکنولوژی تولید پیشرفته از طریق ایجاد کارایی در تولید موجب به کارگیری کمتر نهاده‌ها از جمله انرژی برای تولید یک واحد محصول شده و شدت انرژی را کاهش می‌دهد انتظار می‌رود با افزایش مخارج تحقیق و توسعه شدت انرژی در بنگاه کاهش بابد.

از جمله مطالعات داخلی در سطح خرد می‌توان به مقاله صادقی و سجودی (۱۳۹۰) اشاره نمود. آنها در تحقیقی تحت عنوان "مطالعه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران" به بررسی تجربی رابطه بین شدت انرژی و برخی ویژگی‌های منتخب بنگاه در صنایع کارخانه‌ای ایران پرداختند و با به کارگیری نمونه‌ای مقطعی نتیجه گرفتند رابطه مستقیمی بین اندازه بنگاه و شدت انرژی در بنگاه وجود دارد، در حالی که مخارج R&D اثر معناداری بر کاهش شدت انرژی بنگاه نداشته است.

۴. معرفی مدل تحقیق

فرض می‌کنیم تابع تولید یک بنگاه به صورت زیر باشد:

$$Q_i = Q_i(L_i, E_i, M_i, K_i) \quad (6)$$

برای صنایع مختلف $i = 1, 2, \dots, N$ هر تولیدکننده دارای تابع هزینه متغیر محدود کوتاه‌مدت $G_i [P_i, X_i, \dot{X}_i, Y_i, t]$ (RVCF) است که در آن P_i قیمت ورودی‌های متغیر، X_i سطح و \dot{X}_i تغییر دارایی‌های شبه ثابت برای تولید، Y_i سطح خروجی‌ها و t زمان است.

در واقع، مسئله هر تولیدکننده انتخاب جریانی از دارایی‌های شبه ثابت برای حداقل نمودن ارزش حال هزینه‌هاست (هدف هر تولیدکننده می‌باشد تابع هزینه زیر برای یافتن مقادیر بهینه نهاده‌ها با استفاده از قضیه پوش است).

$$\min_{X_i, \dot{X}_i} \int_0^{\infty} e^{-rt} \left\{ G_i [P_i, X_i, \dot{X}_i, Y_i, t] + U_i \cdot X_i \right\} dt \quad (7)$$

که در آن، $U_i = r a_i + d a_i$ هزینه استفاده از دارایی‌های شبه ثابت در فرایند تولید می‌باشد (r: نرخ بهره، d: نرخ استهلاک و a_i قیمت نرمالیزه شده دارایی‌های شبه ثابت است) با استفاده از دارایی‌های شبه ثابت در فرایند تولید دو نوع هزینه متفاوت به بنگاه تحمیل می‌گردد. هزینه اول بهره‌ای است که بدلیل استفاده از دارایی شبه ثابت از دست می‌دهد ($r a_i$) که به عبارتی در حکم هزینه فرست دارایی شبه ثابت است و هزینه دوم میزان استهلاکی که با استفاده از دارایی شبه ثابت ایجاد می‌شود ($d a_i$).

در تعادل ایستا که در آن $\dot{X}_i = 0$ دارایی‌های شبه ثابت کاملاً در سطح بهینه بلندمدت خود تنظیم می‌شوند (X_i^*)، بنابراین راه حل مسئله (7) از طریق شرط تعادل زیر حاصل می‌گردد:

1. Restricted Variable Cost Function

۲. قضیه پوش چگونگی تغییر مقادیر جواب بهینه را در اثر تغییر پارامترها تشریح می‌کند (تغییر در تابع ارزش بهازی یک واحد تغییر در یکی از پارامترها را به تابع لانگرانز منسب می‌کند).

$$-\frac{\partial G_i}{\partial X_i} \left[P_i, X_i^* \right] = r \frac{\partial G_i}{\partial X_i} \left[P_i, X_i^* \right] + U_i \quad (8)$$

برای یافتن مبنیم رابطه (7) از آن نسبت به X (دارایی‌های شبه ثابت) به شرط X^* مشتق گرفته؛ یعنی اگر دارایی‌های شبه ثابت در سطح بهینه خود تنظیم شده باشند برای مبنیم شدن ارزش حال هزینه‌ها کافیست از G نسبت به X مشتق بگیریم). بر اساس تعریف سوونینگ (2008) از یک RVCF نرمال شده استفاده می‌کنیم:

$$G_i = P_{Li} L_i + P_{Ei} E_i + P_{Mi} M_i + P_{Ki} K_i \quad (9)$$

تابع هزینه متغیر کوتاه‌مدت (RVCF) بالا را هم نسبت به سطح تولید و هم قیمت نهاده کار یا همان دستمزد نرمالیزه می‌کنیم که به صورت رابطه (10) است و با بسط مرتبه دوم تیلور روی آن رابطه (11) به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} \frac{G_i}{Y_i} &= P_{Li} \frac{L_i}{Y_i} + P_{Ei} \frac{E_i}{Y_i} + P_{Mi} \frac{M_i}{Y_i} + P_{Ki} \frac{K_i}{Y_i} = L_i + p_{Ei} e_i + p_{Mi} m_i + p_{Ki} k_i \\ &= Y_i \left[a_{0i} + a_{0Ti} t + \sum_V a_{Vi} p_{Vi} + \frac{1}{2} \sum_V a_{VVi} p_{Vi}^2 + \sum_V p_{Vi} t + \sum_V \sum_{j \neq V} a_{Vji} p_{Vi} p_{ji} \right] \\ &\quad + \sum_K a_{Ki} X_{Ki-1} + \frac{1}{2} \sum_K a_{KKi} \frac{X_{Ki-1}^2}{Y_i} + \sum_K a_{KTi} X_{Ki-1} t + \sum_K \sum_V a_{KVi} X_{Ki-1} p_{Vi} \\ &\quad + \sum_K \beta_{Ki} \dot{X}_{Ki-1} + \frac{1}{2} \sum_K \beta_{KKi} \frac{\dot{X}_{Ki-1}^2}{Y_i} + \sum_K \beta_{KYi} \dot{X}_{Ki-1} t + \sum_K \sum_V \beta_{KVi} \dot{X}_{Ki-1} p_{Vi} + \sum_K Y_{KKi} \frac{X_{Ki-1} \dot{X}_{Ki-1}}{Y_i} \end{aligned} \quad (11)$$

: شاخص نهاده متغیر (V_i) قیمت‌های نهاده‌های متغیر، P_{Vi} : قیمت‌های نهاده‌های متغیر به دستمزد، L, E, M, K : شدت نهاده‌های تولید، t : متغیر روند، γ : ضرایب تخمینی، X_{ki-1} : دارایی‌های شبه ثابت با یک سال وقفه، \dot{X}_{Ki-1} : تغییر در دارایی‌های شبه ثابت با یک سال وقفه، A_i : هزینه‌های تعدیل شده داخلی صنایع $i=1, \dots, n$ است که با در نظر گرفتن تغییر در نهاده دارایی شبه ثابت (\dot{X}_{ki}) بیان شده است. a_i نیز هزینه‌های تعدیل شده است که با سطوح تولید نرمالیزه شده است.

$$a_i = \frac{A_i}{Y_i} = \sum_K \beta_{Ki} \dot{X}_{Ki} + \sum_K \beta_{KKi} \dot{X}_{Ki}^2 + \sum_K \beta_{Kui} \dot{X}_{Ki} t + \sum_K \sum_V \beta_{KVi} \dot{X}_{Ki} p_{Vi} + \sum_K \gamma_{KKi} X_{Ki} \dot{X}_{Ki} \quad (12)$$

بر اساس قضیه پوش اگر نهاده دارایی شبه ثابت در سطح بهینه قرار داشته باشد (X_{ki}^*) هر دو تغییر در سطوح این مجموعه‌ها (\dot{X}_{ki}) و مشتق هزینه نسبت به تغییر دارایی‌های شبه ثابت صفر خواهد بود:

تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی... ۱۰۹

$$\frac{\partial a_i}{\partial \dot{X}_{Ki}} \Big|_{X_{Ki}=\dot{X}_{Ki}^*, \dot{X}_{Ki}} = \sum_K \beta_{Ki} + \sum_K \beta_{Kti} t + \sum_{KV} \beta_{KV} p_{Vi} + \sum_K \gamma_{KKi} X_{Ki}^* = 0 \quad (13)$$

در تخمین مدل فوق برای قرار گرفتنتابع در حد بهینه با محدودیتهای پارامتری زیر مواجه هستیم:

$$\beta_{Ki} = \beta_{Kti} = \beta_{KV} = \gamma_{KKi} = 0 \quad (14)$$

توابع تقاضای شرطی که از لم شفارد برای به دست آوردن آنها استفاده خواهیم نمود به شرح زیر است:

$$e_i = \frac{E_i}{Y_i} = \alpha_{Ei} + \alpha_{EEi} p_{Ei} + \alpha_{EMi} p_{Mi} + \alpha_{E\Delta K} p_{\Delta Ki} + \alpha_{ETi} t + \sum_K \alpha_{EKi} x_{Ki} \quad (15)$$

$$m_i = \frac{M_i}{Y_i} = \alpha_{Mi} + \alpha_{EMi} p_{Ei} + \alpha_{MMi} p_{Mi} + \alpha_{M\Delta K} p_{\Delta Ki} + \alpha_{MTi} t + \sum_K \alpha_{MKi} x_{Ki} \quad (16)$$

$$k_i = \frac{K_i}{Y_i} = \alpha_{Ki} + \alpha_{EKi} p_{Ei} + \alpha_{MKi} p_{Mi} + \alpha_{KKi} p_{Ki} + \alpha_{KTi} t + \sum_K \alpha_{KKi} x_{Ki} \quad (17)$$

در واقع از رابطه (۱۰) نسبت به P_{Vi} ها مشتق گرفتیم که با توجه به رابطه (۱۴) خط آخر رابطه (۱۱) کاملاً حذف شده و \dot{X}_i در معادلات بالا ظاهر نشده است. تقاضای شرطی نیروی کار را بر اساس رابطه (۱۰) می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

$$\begin{aligned} l_i &= \frac{L_i}{Y_i} = \frac{G_i}{Y_i} - P_{Ei} e_i - P_{Mi} m_i - P_{Ki} k_i \\ &= \alpha_{0i} + \alpha_{0Ti} t - \frac{1}{2} (\alpha_{EEi} p_{Ei}^2 + 2\alpha_{EMi} p_{Ei} p_{Mi} t + \frac{1}{2} \alpha_{MMi} p_{Mi}^2 t) \\ &\quad + \sum_K \alpha_{Ki} X_{Ki} + \frac{1}{2} \sum_K \alpha_{KKi} X_{Ki}^2 + \sum_K \alpha_{KTi} t + \frac{1}{2} \sum_K \beta_{KKi} \dot{X}_{Ki}^2 \end{aligned} \quad (18)$$

هدف شناخت تأثیرات کوتاه‌مدت تغییرات قیمت و انباشتگی تجهیزات بر شدت مصرف انرژی است.

با گرفتن مشتق لگاریتمی از معادله (۱۵) داریم:

$$\frac{\Delta e_i}{e_i} \approx \sum_V \varepsilon_{EV} \frac{\Delta P_{Vi}}{P_{Vi}} + \varepsilon_{ETi} + \sum_V \eta_{EKi} \frac{\Delta X_{Ki}}{X_{Ki}} \quad (19)$$

کشش کوتاه‌مدت شدت انرژی در پاسخ به قیمت‌های متغیر نهاده از طریق معادله زیر توصیف شده است:

$$\varepsilon_{EV_i} = (\partial e_i / \partial P_{Vi})(e_i / P_{Vi}) = \alpha_{EV_i} P_{Vi} / e_i \quad (20)$$

کشش شدت‌های انرژی در پاسخ به تغییر در نهاده دارایی‌های شبه ثابت η_{KE_i} با معادله زیر بیان می‌شود:

$$\eta_{KE_i} = \left(\frac{\partial e_i}{\partial X_{Ki}} + \sum_K \frac{\partial e_i}{\partial X_{Ki}^*} \frac{\partial X_{Ki}^*}{\partial X_{Ki}} \right) / \frac{e_i}{X_{Ki}} = \alpha_{KE_i} X_{Ki} / e_i \quad (21)$$

۵. معرفی روش تخمین و داده‌ها

استفاده از داده‌های تابلویی (داده‌هایی که در طول زمان و در مقطع زمانی گسترش یافته‌اند) بسیاری از معایب داده‌های مقطعي یا سری زمانی را مرفوع می‌سازد (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). مشکلاتی از قبیل واریانس ناهمسانی و همخطی به‌وسیله این روش کاهش می‌یابد.

هدف تحقیق حاضر بررسی منابع بهبود کارایی انرژی و بررسی تأثیر تجهیزات و ماشین‌آلات، جایگزینی ناشی از تغییر قیمت نسبی بین نهاده‌های متغیر و خلاقيت فناورانه است. جامعه آماری این پژوهش شامل صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی (۱۳۹۱-۱۳۸۵) می‌باشد. داده‌ها و آمار و اطلاعات جهت تخمین مدل از نرم‌افزار رهآورد نوین ۳ (بر حسب قیمت جاری) استخراج شده است. متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر عبارتند از: Q: ارزش افزوده تولید صنعت، ASSET: دارایی‌های شبه ثابت صنعت (معیاری از تغییر ماشین‌آلات و تجهیزات تولید (اباشت سرمایه)، K: سرمایه بنگاه صنعت (عامل تولید)، M: مواد اولیه کاربردی در تولید محصول صنعت (عامل تولید)، L: نیروی کار صنعت (عامل تولید)، P_K: قیمت عامل سرمایه، P_L: قیمت نیروی کار، P_E: قیمت انرژی، MQ: شدت مواد اولیه صنعت، LQ: شدت نیروی کار صنعت، KQ: شدت سرمایه صنعت و شدت دارایی‌های شبه ثابت و t متغیر روند است.

برای تعیین مدل بهینه از میان ۳ روش اثر مشترک، اثر ثابت و اثر تصادفی در مدل‌های پانل از آزمون‌های لیمر و هاسمن استفاده شده است. آماره لیمر و هاسمن پانل شدت انرژی در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱. آزمون راستنمایی آثار ثابت و هاسمن در پائل شدت انرژی

آزمون	آماره آزمون	درجه آزادی	مقدار آماره	سطح معناداری	نتیجه آزمون
آزمون F لیمر	F	(۳۵/۲۰۴)	۲۹/۱۶	.	فرضیه صفر رد نمی شود
آزمون هاسمن	کای دو	۱۳	۱/۲۴	۰/۸۴	فرضیه صفر رد نمی شود

مأخذ: نتایج تحقیق.

فرضیه صفر در آزمون F لیمر به صورت زیر می باشد:

پارامترهای عرض از مبدأ در تمام صنایع (مقاطع) برابر هستند: H_0

پارامترهای عرض از مبدأ در تمام صنایع (مقاطع) برابر نیستند: H_1

با توجه به اینکه فرض صفر آزمون لیمر رد شده تخمین روش در حالت آثار ثابت بر تخمین مدل به روش آثار مشترک در اولویت قرار دارد، در نتیجه از میان روش های آثار ثابت و تصادفی یکی را انتخاب می نماییم. برای انتخاب میان این دو روش از تست هاسمن کمک خواهیم گرفت. فرضیه صفر در آزمون هاسمن به صورت زیر می باشد:

$$H_0: \text{plim}q = \text{plim}(\beta_{FE} - \beta_{GLS})$$

$$H_1: \text{plim}q \neq \text{plim}(\beta_{FE} - \beta_{GLS})$$

با توجه به نتایج جدول (۱) فرض صفر قابلیت رد شدن ندارد، در نتیجه تخمین روش در هر دو حالت آثار ثابت و تصادفی ممکن است. ضرایب تخمینی در حالت آثار تصادفی کارایی بیشتری نسبت به حالت آثار ثابت دارد (ashrafzadeh و moharrakani، ۱۳۸۷). با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون های لیمر و هاسمن می توان نتیجه گرفت شدت انرژی در صنایع مختلف متفاوت بوده و با توجه به نتایج این آزمون ها از روش آثار تصادفی جهت تخمین مدل استفاده شده است. در جدول (۲) نتایج تخمین مدل زیر در حالت آثار تصادفی ارائه شده است:

$$\begin{aligned} \frac{E}{Q} = & \alpha + \beta_1 \text{ASSET} + \beta_2 K + \beta_3 L + \beta_4 M + \beta_5 Q + \beta_6 \text{ASSETQ} + \beta_7 \text{KQ} + \beta_8 \text{LQ} + \beta_9 \text{MQ} \quad (۲۲) \\ & + \beta_{10} \text{PL} + \beta_{11} \text{PK} + \beta_{12} \text{PM} + \beta_{13} \text{PASSET} + \beta_{14} \text{PE} + \beta_{15} \text{T} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

جدول ۲. آزمون پانل دینتا در حالت آثار تصادفی

متغیرها	ضرابی	انحراف معیار	t آماره	سطح معناداری
C	-۳/۵۲۹۷۷۴	۱/۵۷۲۲۹۹۲	-۲/۲۴۴۷۰۱	.۰۰۲۹۳
ASSET?	-۰/۲۶۵۹۷۱	۰/۱۳۷۵۹۱	-۱/۹۳۳۰۵۴	.۰۰۵۹۰
K?	-۰/۴۱۰۵۶۱	۰/۱۴۶۳۰۴	-۲/۸۰۶۲۲۶	.۰۰۷۲
L?	۰/۰۵۵۸۴۴	۰/۰۱۸۹۷۶	۲/۹۴۲۸۹۷	.۰۰۵۰
M?	-۰/۹۷۸۶۷۷	۰/۰۹۶۴۸۴	-۱/۱۴۳۴۵۴	.۰۰۰۰
Q?	-۰/۰۹۴۵۷۸	۰/۰۳۵۲۴۰	۸/۲۵۴۱۸۰	.۰۰۰۰
ASSETQ?	-۴/۳۳۲۶۶۳	۱/۰۵۳۰۱۹۲	-۲/۸۲۲۱۰۳	.۰۰۰۵۹
KQ?	-۳/۲۵۶۴۴۴	۱/۱۷۶۷۱۳	-۲/۷۶۷۴۰۶	.۰۰۰۷۰
LQ?	۵/۹۸۵۶۹۸	۱/۸۱۵۱۳۵	۳/۲۹۷۶۶۰	.۰۰۱۵
MQ?	-۳/۱۳۹۴۳۲	۱/۱۸۳۱۵۲	-۲/۶۵۳۴۴۷	.۰۰۰۹۶
PL?	۱/۰۵۷۶۸۰	۰/۷۶۷۵۹۲	۲/۰۴۲۳۳۵	.۰۰۴۴۵
PK?	۰/۶۰۶۷۷۰	۰/۲۷۸۲۲۶	۲/۱۸۰۸۵۴	.۰۰۳۲۲
PM?	۰/۹۰۸۲۱۸	۰/۳۳۱۷۷۰	۲/۷۷۷۴۹۶	.۰۰۰۷۶
PASSET?	۰/۱۹۹۶۰۶	۰/۵۰۸۳۰۱	۰/۳۹۲۶۹۲	.۰۶۹۵۶
PE?	-۰/۲۶۰۱۲۸	۰/۱۱۶۹۰۹	-۲/۱۹۹۲۵۳	.۰۰۵۳۴
T	-۰/۹۵۴۹۲۵	۰/۱۲۹۱۲۶	-۷/۳۹۵۲۷۴	.۰۰۰۰
Random Effects (Cross)				
_FANIMOHANDSI--C	-۸۲۵۷۴/۸۳			
_ANBOHSAZI--C	-۴۹۹۲/۳۶۸			
_MOBLMAN--C	۱۷۹۳۶/۸۷			
_SAERMADEN--C	۱۵۲۷۰/۴۹			
_GZAEE--C	۲۰۹۴۴/۰۱			
_HAMLVNAGL--C	-۸۲۹۴/۲۱۸			
_ZOGALSANG--C	-۱۲۲۹/۳۸۰			
_FARAVARDENAFTI--C	-۲۱۶۵۲/۲۸			
_CHOBİ--C	-۷۰۶/۷۹۳۴			
_SAERMALİ--C	۷۰۱۲/۰۲۶			
_PAEMANKARSANATI--C	۱۴۴۴/۴۶۰			
_CHARM--C	۱۵۰۳۲/۲۸			
_GANDVSHKAR--C	۱۲۰۶۷/۷۶			

تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی ... ۱۱۳

ادامه جدول ۲

_SARMAEGOZARE--C	۱۲۵۶۶/۱۱
_CHANDRESHTHSANATI--C	۱۷۱۷۵/۹۵
_KASHVSRAMIC--C	-۸۲۵۷۴/۸۳
_SAERHAMLVNAGL--C	۱۰۸۱۳/۴۴
_KAGZ--C	۲۵۲۳/۹۵۸
_VASAEELARTBATI--C	۴۶۱۰/۱۴۴
_BANK--C	۷۹۱۵۱/۰۸
_LASTICVPLASTIC--C	۴۰۰۹/۸۴۷
_FLZATASASI--C	-۳۵۲۲۱/۲۲
_MASOLATFLZI--C	۲۷۸۸/۶۳۵
_MACHINALAT--C	۳۰۹۳/۵۴۴
_KANIGERFLZI--C	۳۳۱۸/۵۴۳
_KHODRO--C	۴۱۵/۱۱۹۲
_ABZARPZSHKI--C	۲۲۶۶/۶۲
_SEMAN--C	-۳۴۴۱/۲۰۱
_CHAP--C	۲۴۲۹/۴۸۵
_DASTGAHBARGI--C	-۸۰۹/۴۱۸۲
_KANEFLZI--C	-۴۰۷۵۴/۲۲
_MANSOJAT--C	۳۳۳۴/۱۳
_DARO--C	۵۱۰/۰۲۶۳
_RAEANA--C	۱۷/۹۷/۰۲۴
_ZRAET--C	-۵۱۳۱/۴۶۶
_SHEMIAI--C	-۹۹۲۳/۸۰۹

مأخذ: نتایج تحقیق.

در ادامه، با تخمین تابع هزینه متغیر محدود بر اساس رابطه (۱۵) اقدام به محاسبه تابع مخارج نموده‌ایم، همچنین بر اساس رابطه (۲۰) و با به کاربردن لم شفارد اقدام به محاسبه کشش‌های قیمتی مستقیم و متقاطع شدت انرژی با شدت سایر نهاده‌های تولید نموده‌ایم. در نهایت، بر اساس رابطه (۲۱) میزان کشش شدت دارایی‌های شبه ثابت محاسبه شده است. نتایج محاسبات فوق در جدول (۱) در پیوست ارائه شده است.

جمع‌بندی نتایج جدول (۱) در پیوست در جدول (۳) ارائه شده است. بر اساس نتایج مشاهده می‌گردد که کشش قیمتی انرژی در اغلب صنایع منفی بوده و بسته به اهمیت انرژی در این صنایع میزان کشش قیمتی نهاده‌های انرژی متفاوت به‌دست آمده است.^۱ در بررسی کشش متقاطع بین نهاده انرژی و سایر نهاده‌های تولید بسته به علامت این نوع کشش مکمل یا جانشین بودن نهاده انرژی با این نهاده را می‌توان نتیجه گرفت.^۲

۱. هر اندازه میزان عددی کشش قیمتی از صفر بزرگتر باشد حساسیت تولید صنعت مذکور به نهاده انرژی پیشتر خواهد بود.

۲. در صنایعی که کشش متقاطع مثبت بین نهاده انرژی و سایر نهاده به‌دست آمده باشد نوع رابطه بین نهاده انرژی با نهاده مذکور جانشینی و در صورتی که علامت کشش متقاطع منفی به‌دست آمده باشد رابطه مذکور از نوع مکملی است.

جدول ۳. بررسی رابطه شدت نهاده انرژی با سایر نهاده‌های تولید

نام صنعت	کشش قیمتی	کشش مقاطعه انرژی	کشش مقاطعه	کشش مقاطعه انرژی	کشش مقاطعه انرژی	کشش مقاطعه	کشش مقاطعه	کشش مقاطعه	کشش مقاطعه	کشش مقاطعه	کشش مقاطعه
	انرژی	انرژی با سرمایه	انرژی با مواد اولیه	با دارایی شبه ثابت	انرژی کار	انرژی با سرمایه	انرژی با مواد اولیه	با دارایی شبه ثابت	انرژی	انرژی با سرمایه	انرژی با مواد اولیه
فنی و مهندسی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
ابوه‌سازی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
غذایی بجز قند	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
حمل و نقل	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
ذغال‌سنگ	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
فرآورده‌های نفتی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
محصولات چوبی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
سایر مالی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
پیمانکاری صنعتی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
محصولات چرمی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
قند و شکر	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
سرمایه‌گذاری‌ها	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
چند رشته صنعتی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
کاشی و سرامیک	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
وسایل ارتباطی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
نهاده‌های پولی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
لاستیک	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
فلزات اساسی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
محصولات فلزی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
ماشین‌آلات	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
کانی غیرفلزی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
خودرو و قطعات	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی

* منظور از صنعت سایر مالی شرکت‌های سر. ایستاد پویا، سر. بانک مسکن، سر. پارس آریان، سر. توسعه و عمران استان کرمان، سر.

خوارزمی، سر. صندوق بازنشستگی کارکنان بانک‌ها، سر. فلاٹ ایرانیان، گسترش سرمایه‌گذاری ایرانیان، نیرو سرمایه می‌باشد.

مأخذ: نتایج تحقیق.

۶. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

- افزایش تجهیزات تولید سهم انرژی در تولید را در صنایع کاهش داده است. افزایش هر واحد در متغیر داری‌های شبه ثابت موجب تغییر $-0/26$ واحد در شاخص شدت مصرف انرژی شده است.
- میزان سرمایه صنایع تأثیر منفی بر شاخص شدت انرژی داشته است. افزایش هر واحد در متغیر سرمایه موجب تغییر $-0/41$ واحد در شاخص شدت مصرف انرژی شده است.
- رابطه عامل تولید نیروی انسانی با انرژی به صورت مستقیم به دست آمده است افزایش هر واحد (۱۰۰۰۰ نفری) در متغیر نیروی انسانی موجب تغییر $+0/05$ واحد در شاخص شدت انرژی شده است.
- رابطه مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی به دست آمده است. افزایش هر واحد در متغیر مواد اولیه موجب تغییر $-0/97$ واحد شاخص شدت مصرف انرژی شده است.
- رابطه شدت نهاده مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی شده که بیانگر نوع رابطه جانشینی مابین این دو نهاده است. افزایش هر واحد در متغیر شدت نهاده مواد اولیه موجب تغییر $-3/139$ واحدی در مصرف انرژی گردیده است.
- با افزایش ارزش افزوده صنعت مصرف انرژی کاهش یافته است. این امر ناشی از نوع رابطه ریاضی بین ارزش افزوده، انرژی و شاخص شدت انرژی است. افزایش هر واحد در متغیر ارزش افزوده موجب تغییر $+0/09$ واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- ضریب متغیر شدت شبه دارایی‌های ثابت که نشان‌دهنده شدت انباشت سرمایه است موجب کاهش در شاخص شدت انرژی شده است. افزایش هر واحد در متغیر شدت شبه دارایی‌های ثابت موجب تغییر $-4/33$ واحدی در مصرف انرژی گردیده است.
- رابطه شدت نهاده سرمایه با شدت انرژی منفی شده است که بیانگر آن است که هر قدر شدت استفاده از نهاده سرمایه در تولید افزایش یابد شدت استفاده از انرژی در تولید کاهش می‌یابد. افزایش هر واحد در متغیر شدت نهاده سرمایه موجب تغییر $-3/25$ واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- رابطه شدت نهاده نیروی کار با شاخص شدت انرژی مثبت شده است؛ یعنی هر قدر شدت استفاده از نهاده نیروی انسانی در تولید افزایش یابد شدت استفاده از انرژی در تولید افزایش می‌یابد. افزایش هر واحد در شدت نهاده نیروی کار موجب تغییر $5/98$ واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- رابطه شدت نهاده مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی شده است؛ یعنی هر قدر شدت استفاده از نهاده مواد اولیه در تولید افزایش یابد شدت استفاده از انرژی در تولید کاهش می‌یابد. افزایش هر واحد در متغیر شدت نهاده مواد اولیه موجب تغییر $-3/13$ واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.

- با توجه به علامت ضریب روند، روند مصرف انرژی در کشور طی زمان بهبود یافته است.
- تأثیر قیمت نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و دارایی‌های شبه ثابت در روش اثرات تصادفی مثبت شده است، به این معنا که با افزایش قیمت این نهاده‌ها مصرف انرژی افزایش یافته و سهم این عامل در تولید کاهش می‌یابد. نهاده‌های مذکور رابطه جانشینی با شدت نهاده انرژی دارند.^۱ افزایش هر واحد در متغیر قیمت نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و دارایی‌های شبه ثابت به ترتیب موجب تغییر ۰/۵۶، ۰/۹ و ۰/۱۹ مثبت در شاخص شدت مصرف انرژی شده است. شایان ذکر است افزایش قیمت انرژی موجب کاهش سطح مصرف انرژی شده است. به عبارتی با افزایش قیمت انرژی به دلیل تغییر در قیمت‌های نسبی عوامل تولید بنگاه‌های تولیدی تمایل دارند که سایر نهاده‌ها را جانشین نهاده انرژی نمایند. افزایش هر واحد در متغیر قیمت انرژی موجب تغییر ۰/۲۶- واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- در یک جمع‌بندی کلی مشاهده می‌شود شدت مصرف نهاده‌ها نسبت به قیمت نهاده‌ها و میزان مصرف نهاده‌ها در سطح از اهمیت نسبی بالاتری در کاهش شدت مصرف انرژی برخوردار است. در نهایت با توجه به نتایج تحقیق اقدام به ارائه پیشنهادات سیاستی خواهیم نمود:
- لازم است سیاستگذاران با توجه به وضعیت موجود در هر صنعت اقدام به اخذ تصمیمات متناسب با شرایط و وضعیت آن صنعت بنمایند و از نوشتمن نسخه کلی برای تمام صنایع خودداری نمایند.
- بر اساس نتایج تحقیق که بسیاری از صنایع با افزایش مصرف انرژی در طول دوره مورد بررسی مواجه بوده‌اند و با توجه به وابستگی بالایی که میان ارزش افزوده صنایع با عامل انرژی وجود دارد سیاست‌هایی مانند هدفمندی یارانه‌های انرژی می‌تواند به شدت ارزش افزوده صنایع را تحت تأثیر قرار دهد، در نتیجه اجرای این سیاست اثر منفی بر رشد ارزش افزوده صنایع مختلف خواهد داشت. در این راستا، لازم است سیاستگذاران اجرای هدفمندی در یارانه‌ها بیشتر انرژی را در حامل‌های انرژی قرار دهند که در صنعت کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند تا کمترین کاهش در ارزش افزوده حاصل گردد.

۱. اگر تابع تخمینی به صورت $f(p_1, p_k) = q$ باشد ضرایب متغیرهای قیمت و درآمد نشان‌دهنده کشش‌های قیمتی و درآمدی می‌باشند، اما اگر تابع تخمینی به صورت $f(q_1, q_k, I) = p$ باشد ضرایب متغیرهای مقادیر مصرفی و درآمد نشان‌دهنده کشش‌های قیمتی و درآمدی می‌باشند. در تحقیق حاضر از تابع نوع اول استفاده شده است.

منابع

- اسماعیل‌نیا، علی‌اصغر (۱۳۸۴)، بررسی تأثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا (قیمتی و غیرقیمتی) بر صرفه‌جویی مصرف انرژی در کشور، رساله دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- ashrafzadeh, hamidreza and nader mohaghan (۱۳۸۷)، اقتصاد‌سنجی پانل دیتا، نشر مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران.
- الزامی، محمد رضا (۱۳۸۶)، "بررسی قیمت مصوب سیمان متوسط قیمت بازار برای مصرف کننده و حاشیه سود کلان با نگاهی به وضعیت عرضه و تقاضا"، دفتر مطالعات زیربنایی گروه صنایع و معادن.
- برافسون (۱۳۸۷)، اقتصاد کلان و سیاست‌ها، ترجمه عباس شاکری، نشر نی.
- توازن‌نامه انرژی، سال‌های مختلف.
- حیدری، ابراهیم و حسین صادقی (۱۳۸۲)، تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران، پایان‌نامه دکترای علوم اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس.
- دهقان‌شبانی، زهرا (۱۳۸۵)، تجزیه شدت انرژی در صنایع کشور طی دوره زمانی (۱۳۸۴ - ۱۳۷۴)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.
- صادقی، سید‌کمال و سکینه سجودی (۱۳۹۰)، "مطالعه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران"، مطالعات اقتصاد انرژی، تابستان، صص ۱۸۰-۱۶۳.
- فرزانه، هولن و همکاران (۱۳۸۸)، "تدوین استراتژی مدیریت توزیع یارانه‌های انرژی در صنایع بهشت انرژی بر"، هفتمین همایش ملی انرژی.
- فاسی‌نژاد، مهدی (۱۳۸۴)، بررسی تغییرات شدت انرژی در بخش ریلی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.
- ملکی، عباس (۱۳۹۰)، گزارش سیاستگذاری انرژی، دانشگاه صنعتی شریف.
- Azusa, Okagawa (2008), "Econometric Analysis of Key Factors Contributing to Energy Intensity Improvement", *Resource and Energy Economics*, Vol. 34, PP. 40-72.
- Bhattacharyya, S. C. & A. U. Assamee (2005), "Changes in Energy Intensities of Thai Industry between (2000-1981): A Decomposition Analysis", *Energy Policy*, Vol. 33, PP. 995-2008.
- Cornillie, J. & S. Fankhauser (2004), "The Energy Intensity of Transition Countries", *Energy Economics*, Vol. 26, PP. 283-295.
- Kumar, A. (2003), Energy Intensity: A Quantitative Exploration for Indian Manufacturing, SSRN Paper No. 468440.
- Lescaroux, F. (2008), "Decomposition of US Manufacturing Energy Intensity and Elastisities of Components with Respect to Energy Prices", *Energy Economics*, Vol. 30, PP. 1068-1080.
- Ma, Hengyun, Oxley, Les, Gibson, John & Kim Boggeun (2008), "China's Energy Economy: Technical Change, Factor Demand and Interfactor/Interfuel Substitution", *Energy Economics*, Vol. 30, No. 5.
- Markandya, A., Pedroso, S. & D. Streimikiene (2006), "Energy Intensity in Transition Economies: Is There Convergence Towards the EU Average?", *Energy Economics*, Vol. 28, PP. 121-145.

- Papadogonas, T., Mylonakis, J. & Demosthenes Georgopoulos** (2007), "Energy Consumption and Firm Characteristics in the Hellenic Manufacturing Sector", *International Journal of Energy Technology and Policy*, Vol. 5, No. 1, PP. 89-96.
- Sahu, Santosh & K. Narayanan** (2009), "Determinants of Energy Intensity: A Preliminary Investigation of Indian Manufacturing Industries", Paper Presented in the 44th Annual Conference of the Indian Econometrics Society, At Guwahati University, Assam, India & Available at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/16606>.
- Sahu, Santosh & K. Narayanan** (2009), "Determinants of Energy Intensity in Indian Manufacturing Industries: A Firm Level Analysis", MPRA Paper No. 21646.
- Sue Wing, I.** (2008), "Explaining the Declining Energy Intensity of the U.S. Economy", *Resource and Energy Economics*, Vol. 30, PP. 9-21
- Vanden, K. F. Jeferson, G. H., Hangmei, L. & T. Quan** (2002), "What is Driving China's Decline in Energy Intensity", Weber.ucsd.edu/carbonvs/papers/787.pdf.

پیوست

جدول ۱. محاسبه کشش شدت نهاده انرژی با شدت سایر نهاده‌های تولید در پائل دو طرفه صنایع مختلف

	نام صنعت	نام متغیر	ضریب	نام صنعت	نام متغیر	ضریب
فنی و مهندسی		α_0	-۰/۱۴۰		α_0	-۰/۲۲۶
		α_{EE}	-۰/۰۴۰		α_{EE}	-۰/۰۷۸
		α_{EM}	-۰/۱۶۳		α_{EM}	۰/۰۴۸
		α_{EL}	۰/۰۰۸		α_{EL}	-۰/۰۳۳
		α_{EK}	۰/۳۳۸		α_{EK}	۰/۰۷۹
		α_{EA}	۰/۰۱۱	ابوهوسازی	α_{EA}	۰/۴۷۵
		ε_{EE}	-۰/۰۰۲		ε_{EE}	-۰/۳۸۳
		ε_{EM}	-۰/۷۵۳		ε_{EM}	۱/۱۳۱
		ε_{EL}	۰/۷۲۰		ε_{EL}	۳/۵۴۴
		ε_{EK}	۰/۱۷۳		ε_{EK}	-۱/۲۵۵
		ε_{EA}	۰/۲۰۸		ε_{EA}	۰/۴۵۹
غذایی بجز قند و شکر		α_0	-۰/۱۹۹		α_0	-۰/۱۷۷۳
		α_{EE}	-۰/۰۷۱		α_{EE}	-۰/۱۳۴
		α_{EM}	۰/۰۳۳		α_{EM}	۰/۰۰۲
		α_{EL}	-۰/۰۰۷		α_{EL}	-۰/۰۱۲
		α_{EK}	۰/۶۹۳		α_{EK}	۲/۹۳۸
		α_{EA}	۰/۱۲۶	حمل و نقل و انبارداری و ارتباطات	α_{EA}	۰/۲۶۸
		ε_{EE}	-۰/۲۸۶		ε_{EE}	-۰/۰۲۱
		ε_{EM}	۱/۰۲۳		ε_{EM}	۱/۲۱۳
		ε_{EL}	-۰/۰۵۱۹		ε_{EL}	-۰/۴۴۵
		ε_{EK}	۰/۳۴۴		ε_{EK}	۰/۸۶۵
		ε_{EA}	۰/۳۸۸		ε_{EA}	۰/۱۰۳
ذغالسنگ		α_0	-۰/۰۸۷		α_0	۰/۱۰۰
		α_{EE}	-۰/۰۳۲		α_{EE}	-۰/۰۷۱
		α_{EM}	-۰/۰۳۹		α_{EM}	۰/۰۹۵
		α_{EL}	۰/۰۴۰		α_{EL}	۰/۰۰۵
		α_{EK}	-۰/۰۳۵		α_{EK}	۰/۸۹۸
		α_{EA}	۱/۱۱۳	فرآورده‌های نفتی	α_{EA}	-۰/۶۰۸
		ε_{EE}	-۰/۳۲۹		ε_{EE}	-۰/۳۹۰
		ε_{EM}	-۰/۷۷۸		ε_{EM}	۰/۷۵۰
		ε_{EL}	۲/۲۶۶		ε_{EL}	۱/۰۶۱
		ε_{EK}	-۲/۷۷۷		ε_{EK}	۰/۵۰۰
		ε_{EA}	۹/۰۳۷		ε_{EA}	-۲/۱۷۸

ادامه جدول ۱.

α_0	۰/۰۰۸	α_0	-۰/۲۱۳
α_{EE}	-۰/۰۶۱	α_{EE}	-۰/۲۹۸
α_{EM}	۰/۰۵۳	α_{EM}	۰/۲۰۷
α_{EL}	-۰/۰۱۷	α_{EL}	۰/۰۱۱
α_{EK}	۰/۰۰۲	α_{EK}	۱/۸۸۰
محصولات چوبی		سایر مالی	
α_{EA}	-۰/۰۸۸	α_{EA}	۰/۲۵۹
ε_{EE}	-۰/۰۲۲	ε_{EE}	-۰/۴۹۱
ε_{EM}	۰/۰۰۱	ε_{EM}	۰/۳۲۳
ε_{EL}	-۰/۰۱۲	ε_{EL}	۰/۶۹۷
ε_{EK}	۰/۰۰۴	ε_{EK}	۰/۱۶۵
ε_{EA}	-۰/۰۷۸۸	ε_{EA}	۰/۶۹۰
α_0	۰/۱۲۳	α_0	-۰/۱۹۴
α_{EE}	۰/۰۶۸	α_{EE}	-۰/۱۲۳
α_{EM}	۰/۰۸۵	α_{EM}	۰/۲۳۲
α_{EL}	-۰/۰۰۳	α_{EL}	-۰/۰۵۹
α_{EK}	۰/۰۹۳	α_{EK}	۰/۲۴۴
پیمانکار صنعتی		محصولات چرمی	
α_{EA}	-۰/۰۹۲	α_{EA}	۰/۹۰۴
ε_{EE}	-۰/۱۴۲	ε_{EE}	-۰/۳۵۰
ε_{EM}	۰/۰۷۴	ε_{EM}	۰/۰۳۲
ε_{EL}	۰/۰۴۵	ε_{EL}	۰/۱۵۳
ε_{EK}	۰/۰۰۱	ε_{EK}	۰/۶۹۳
ε_{EA}	-۰/۰۱۵۳	ε_{EA}	۰/۰۸۵
α_0	-۰/۰۱۵۹	α_0	-۰/۰۶۳
α_{EE}	-۰/۰۱۱	α_{EE}	-۰/۰۳۹
α_{EM}	-۰/۰۰۶۹	α_{EM}	۰/۱۴۲
α_{EL}	۰/۰۰۸	α_{EL}	-۰/۰۰۴
α_{EK}	۱/۰۰۶۸	α_{EK}	۰/۰۲۸
قند و شکر		سرمایه گذاری ها	
α_{EA}	۰/۰۸۲	α_{EA}	-۰/۰۴۸
ε_{EE}	-۰/۰۳۸۴	ε_{EE}	-۰/۴۷۲
ε_{EM}	-۰/۰۸۱۴	ε_{EM}	۰/۰۲۳
ε_{EL}	۱/۰۳۲۸	ε_{EL}	-۰/۰۳۲
ε_{EK}	۰/۰۲۷۷	ε_{EK}	۰/۰۰۱
ε_{EA}	۰/۰۳۱۵	ε_{EA}	-۰/۰۹۴

ادامه جدول ۱

α_0	۰/۱۷۸	α_0	-۰/۱۷۶
α_{EE}	-۰/۹۵	α_{EE}	-۰/۴۰۵
α_{EM}	-۰/۰۶۴	α_{EM}	۰/۱۵۰
α_{EL}	۰/۰۰۸	α_{EL}	۰/۰۵۳
α_{EK}	-۰/۱۰۱	α_{EK}	۱/۵۶۰
چند رشته‌ای صنعتی		کاشی و سرامیک	
α_{EA}	۰/۳۰۱	α_{EA}	-۰/۸۶۱
ε_{EE}	-۰/۴۲۰	ε_{EE}	-۰/۵۱۲
ε_{EM}	-۰/۲۵۹	ε_{EM}	۱/۰۸۵
ε_{EL}	۰/۵۴۹	ε_{EL}	۰/۱۴۰
ε_{EK}	-۰/۶۰۱	ε_{EK}	۰/۳۵۵
ε_{EA}	۰/۳۵۲	ε_{EA}	-۰/۰۴۴
α_0	-۰/۰۵۷	α_0	-۰/۲۲۴
α_{EE}	-۰/۱۳۵	α_{EE}	۰/۰۹۰
α_{EM}	-۰/۰۱۲	α_{EM}	-۰/۲۳۰
α_{EL}	۰/۰۱۸	α_{EL}	۰/۰۱۰
α_{EK}	۰/۰۰۷	بانک‌ها و نهادهای بولی	
α_{EA}	۰/۶۰۷	α_{EA}	-۰/۲۳۱
ε_{EE}	-۱/۱۵۶	ε_{EE}	۰/۶۷۸
ε_{EM}	-۰/۰۵۲۱	ε_{EM}	-۰/۷۲۹
ε_{EL}	۱/۲۲۳	ε_{EL}	۰/۶۵۲
ε_{EK}	۱/۴۷۴	ε_{EK}	۱/۴۷۲
ε_{EA}	-۰/۴۴۴	ε_{EA}	-۰/۱۵۰
α_0	۰/۳۰۵	α_0	-۰/۳۳۱
α_{EE}	-۰/۱۶۳	α_{EE}	-۰/۱۲۰
α_{EM}	۰/۲۹۷	α_{EM}	-۰/۱۵۷
α_{EL}	۰/۰۷۹	α_{EL}	۰/۰۲۰
α_{EK}	۰/۲۹۷	α_{EK}	۰/۰۱۹
لاستیک و پلاستیک		فلزات اساسی	
α_{EA}	۰/۵۴۸	α_{EA}	۰/۰۰۶
ε_{EE}	-۰/۰۴۳	ε_{EE}	-۰/۲۲۲
ε_{EM}	۰/۶۶۳	ε_{EM}	-۰/۲۳۱
ε_{EL}	۱/۵۷۱	ε_{EL}	۰/۸۳۳
ε_{EK}	-۰/۴۵۰	ε_{EK}	۱/۴۴۰
ε_{EA}	۰/۳۴۵	ε_{EA}	۰/۳۲۶

ادمه جدول .۱

α_0	۰/۰۷۶	α_0	-۰/۱۳۹
α_{EE}	-۰/۱۹۵	α_{EE}	۰/۰۷۱
α_{EM}	-۰/۰۴۸	α_{EM}	-۰/۱۵۰
α_{EL}	۰/۰۲۶	α_{EL}	۰/۰۰۹
α_{EK}	۰/۰۲۸	α_{EK}	-۰/۳۵۵
محصولات فلزی	ماشین آلات و تجهیزات		
α_{EA}	۰/۰۷۹	α_{EA}	۰/۱۸۷
ε_{EE}	-۰/۳۶۰	ε_{EE}	۱/۰۳۶
ε_{EM}	-۰/۷۸۸	ε_{EM}	-۰/۷۷۴
ε_{EL}	۰/۴۵۳	ε_{EL}	۱/۴۲۹
ε_{EK}	۰/۱۱۸	ε_{EK}	-۰/۲۹۲
ε_{EA}	۰/۹۹۸	ε_{EA}	۱/۰۱۸
<hr/>			
α_0	-۰/۱۷۸	α_0	۰/۲۲۹
α_{EE}	-۰/۰۴۹	α_{EE}	-۰/۲۲۰
α_{EM}	۰/۰۶۸	α_{EM}	-۰/۲۱۸
α_{EL}	۰/۰۱۴	α_{EL}	۰/۰۱۹
α_{EK}	-۰/۰۵۹	α_{EK}	۱/۱۸۶
α_{EA}	-۰/۳۷۴	α_{EA}	۰/۰۹۷
ε_{EE}	-۲/۲۴۷	ε_{EE}	۰/۰۱۳
ε_{EM}	۱/۹۷۴	ε_{EM}	-۰/۲۰۳
ε_{EL}	۱/۷۶۲	ε_{EL}	۰/۱۹۰
ε_{EK}	۱/۰۶۸	ε_{EK}	۰/۳۸۲
ε_{EA}	-۱/۱۵۵	ε_{EA}	۱/۴۶۳

مأخذ: نتایج تحقیق

