فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی
سال بیست و دوم، شماره ۷۱، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۱۲۴-۱۰۳

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

قهرمان عبدلی
دانشیار اقتصاد دانشگاه تهران
abdoli@ut.ac.ir

زینب ایرانشاهی
دانشجوی کارشناسی‌ارشد 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 (۱۳۹۰-۱۳۸۵) را به‌طور 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 انباشت سرمایه و تجهیزات تولید که به بهبود کیفت 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 به‌جای انرژی و بهبود شدت انرژی گردد.

طبقه‌بندی JEL: *C22, E32, E52*.
واژه‌های کلیدی: *بهبود انرژی، شدت انرژی، پانل دیتا، خلاقیت نوآورانه، جانشینی انرژی.*

***تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۷**

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

۱. مقدمه

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

– افزایش ماشین‌آلات و تجهیزات تولید (انباشت سرمایه) و به‌تبع 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[1] 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 وسایلی 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 برحسب 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.

$$Q = f(k, l, E) \qquad (۱)$$

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

1. Autonomy Energy Efficiency Improvment

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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

$$q = AX_1^{\alpha}X_2^{\beta} \qquad (۲)$$

در صورتی‌که تابع تولید کاب-داگلاس را با دو عامل تولید انرژی و مواد اولیه در نظر بگیریم هزینه تولید در تعادل به‌صورت زیر محاسبه خواهد گردید:

$$C(q, E, M) = qr_q + Er_E + Mr_M \qquad (۳)$$

که در آن، q میزان تولید و r_q، r_M و r_E به‌ترتیب قیمت تمام‌شده 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:

$$RTS = -\frac{dX_2}{dX_1} = \frac{f_1}{f_2} \quad (x_1=M, x_2=E) \qquad (۴)$$

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

$$RTS = \frac{\beta}{\alpha} \times \frac{M}{E} \qquad (۵)$$

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 می‌بایست به نحوی باشد که سیستم‌های فرسوده و انرژی بر با تکنولوژی مدرن‌تر و با شدت 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 می‌بایست با ایجاد تنوع بیشتر در نوع و کیفیت محصول تولیدی تمایل جایگزینی انرژی با مواد اولیه را افزایش داد (هومن و همکاران، ۱۳۸۸).

1. Rate Technical Substitution

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

۳. پیشینه تحقیق

در بررسی عوامل مؤثر بر بهبود شدت انرژی مطالعات خارجی و داخلی بسیاری انجام شده است. اغلب مطالعات خارجی به‌دنبال 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 صورت‌گرفته 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)[1] 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.

آسوزو اکاگاوا (۲۰۰۹) در بررسی خود تحت عنوان "بررسی اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر در بهبود شدت انرژی" با پیروی از روش سو وینگ و به‌کار 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 جانشینی 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 به‌دلیل استفاده فزاینده از تکنولوژی‌های تشدیدکننده مصرف انرژی طی دوره (۲۰۰۴-۱۹۹۵) 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 به‌کارگیری 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 یابد.

1. Restricted Variable Cost Function

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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 به‌کارگیری نمونه‌ای مقطعی نتیجه گرفتند رابطه مستقیمی بین اندازه بنگاه و شدت انرژی در بنگاه وجود دارد، در حالی‌که مخارج R&D اثر معناداری بر کاهش شدت انرژی بنگاه نداشته است.

٤. معرفی مدل تحقیق

فرض می‌کنیم تابع تولید یک بنگاه به‌صورت زیر باشد:

$$Q_i = Q_i(L_i, E_i, M_i, K_i) \qquad (۶)$$

برای صنایع مختلف $i = 1,2,...N$ هر تولیدکننده دارای تابع هزینه متغیر محدود کوتاه‌مدت (RVCF)[1] $G_i[P_i, X_i, \dot{X}_i, Y_i, t]$ 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 شبه‌ثابت برای حداقل نمودن ارزش حال هزینه‌هاست (هدف هر تولیدکننده مینیمم‌سازی تابع هزینه زیر برای یافتن مقادیر بهینه نهاده‌ها با استفاده از قضیه پوش[2] است).

$$\min_{X_i, \dot{X}_i} \int_0^{\infty} e^{-rt} \{G_i[P_i, X_i, \dot{X}_i, Y_i, t] + U_i \cdot X_i\} dt \qquad (۷)$$

که در آن، $u_i = ra_i + da_i$ هزینه استفاده از دارایی‌های شبه ثابت در فرایند تولید می‌باشد (r: نرخ بهره، d: نرخ استهلاک و a_i قیمت نرمالیزه‌شده 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 به‌دلیل استفاده از دارایی شبه ثابت از دست می‌دهد (ra_i) که به‌عبارتی در حکم هزینه فرصت دارایی شبه ثابت است و هزینه دوم میزان استهلاکی که با استفاده از دارایی شبه ثابت ایجاد می‌شود (da_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 راه‌حل مسئله (۷) 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 به‌ازای یک واحد تغییر در یکی از پارامترها را به تابع لانگرانژ منتسب می‌کند).

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

$$-\frac{\partial G_i\left[P_i, X_i^*\right]}{\partial X_i} = r\frac{\partial G_i\left[P_i, X_i^*\right]}{\partial \dot{X}_i} + U_i \qquad (۸)$$

برای یافتن مینیمم رابطه (۷) 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 مینیمم شدن ارزش حال هزینه‌ها کافیست از G نسبت به x مشتق بگیریم). بر اساس تعریف سووینگ (۲۰۰۸) از یک RVCF نرمال شده استفاده می‌کنیم:

$$G_i = P_{Li}L_i + P_{Ei}E_i + P_{Mi}M_i + P_{Ki}K_i \qquad (۹)$$

تابع هزینه متغیر کوتاه‌مدت (RVCF) بالا را هم نسبت به سطح تولید و هم قیمت نهاده کار یا همان دستمزد نرمالیزه می‌کنیم که به‌صورت رابطه (۱۰) است و با بسط مرتبه دوم تیلور روی آن رابطه (۱۱) به‌دست می‌آید:

(۱۰)

$$\begin{aligned}
&\frac{G_i}{Y_i} = P_{li}\frac{L_i}{Y_i} + P_{Ei}\frac{E_i}{Y_i} + P_{Mi}\frac{M_i}{Y_i} + P_{Ki}\frac{K_i}{Y_i} = L_i + p_{Ei}e_i + p_{Mi}m_i + p_{Ki}k_i \\
&= Y_i\left[\alpha_{0i} + \alpha_{0Ti}t + \sum_V \alpha_{Vi}p_{Vi} + \frac{1}{2}\sum_V \alpha_{VVi}p_{Vi}^2 + \sum_V p_{Vi}t + \sum_V \sum_{j\neq V} \alpha_{Vji}p_{Vi}p_{ji}\right] \\
&+ \sum_K \alpha_{Ki}X_{Ki-1} + \frac{1}{2}\sum_K \alpha_{KKi}\frac{X_{Ki-1}^2}{Y_i} + \sum_K \alpha_{KTi}X_{Ki-1}t + \sum_K \sum_V \alpha_{KVi}X_{Ki-1}p_{Vi} \\
&+ \sum_K \beta_{Ki}\dot{X}_{Ki-1} + \frac{1}{2}\sum_K \beta_{KKi}\frac{\dot{X}_{Ki-1}^2}{Y_i} + \sum_K \beta_{KYi}\dot{X}_{Ki-1}t + \sum_K \sum_V \beta_{KVi}\dot{X}_{Ki-1}p_{Vi} + \sum_K \gamma_{KKi}\frac{X_{Ki-1}\dot{X}_{Ki-1}}{Y_i}
\end{aligned} \qquad (۱۱)$$

V_i: شاخص نهاده متغیر (V=(L,E,M, K، P_{vi}: قیمت‌های نهاده‌های متغیر، P_{vi}: قیمت‌های نرمال‌شده نهاده‌های متغیر به دستمزد، l,e,m, k,x: شدت نهاده‌های تولید، t: متغیر روند، α,β,γ: ضرایب تخمینی، X_{ki-1}: دارایی‌های شبه ثابت با یک سال وقفه، $\dot{X}_{Ki-1}$: تغییردر دارایی‌های شبه ثابت با یک سال وقفه، A_i: هزینه‌های تعدیل‌شده داخلی صنایع i=1,…, n است که با در نظر گرفتن تغییر در نهاده دارایی شبه ثابت ($\dot{X}_{ki}$) بیان شده است. α_i نیز هزینه‌های تعدیل‌شده است که با سطوح تولید نرمالیزه شده است.

$$a_i = \frac{A_i}{Y_i} = \sum_K \beta_{Ki}\dot{X}_{Ki} + \sum_K \beta_{KKi}\dot{X}_{Ki}^2 + \sum_K \beta_{Kti}\dot{X}_{Ki}t + \sum_K \sum_V \beta_{KVi}\dot{X}_{Ki}p_{Ki} + \sum_K \gamma_{KKi}X_{Ki}\dot{X}_{Ki} \qquad (۱۲)$$

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:

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

$$\left.\frac{\partial a_i}{\partial \dot{X}_{Ki}}\right|_{X_{Ki}=\dot{X}^*_{Ki},\dot{X}_{Ki}} = \sum_K \beta_{Ki} + \sum_K \beta_{Kti} t + \sum_K \sum_V \beta_{KVi} P_{Vi} + \sum_K \gamma_{KKi} X^*_{Ki} = 0 \qquad (۱۳)$$

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

$$\beta_{Ki} = \beta_{Kti} = \beta_{KVi} = \gamma_{KKi} = 0 \qquad (۱۴)$$

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

$$e_i = E_i / Y_i = \alpha_{Ei} + \alpha_{EEi} p_{Ei} + \alpha_{EMi} p_{Mi} + \alpha_{E\Delta\Delta K} p_{\Delta Ki} + \alpha_{ETi} t + \sum_K \alpha_{EKi} x_{Ki} \qquad (۱۵)$$

$$m_i = M_i / Y_i = \alpha_{Mi} + \alpha_{EMi} p_{Ei} + \alpha_{MMi} p_{Mi} + \alpha_{M\Delta\Delta K} p_{\Delta Ki} + \alpha_{MTi} t + \sum_K \alpha_{MKi} x_{Ki} \qquad (۱۶)$$

$$k_i = K_i / Y_i = \alpha_{Ki} + \alpha_{EKi} p_{Ei} + \alpha_{MKi} p_{Mi} + \alpha_{KKi} p_{ki} + \alpha_{KTi} t + \sum_K \alpha_{KKi} x_{Ki} \qquad (۱۷)$$

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 به‌صورت زیر تعریف نمود:

$$\begin{aligned} l_i &= \frac{L_i}{Y_i} = \frac{G_i}{Y_i} - P_{Ei} e_i - P_{Mi} m_i - P_{Ki} k_i \\ &= \alpha_{0i} + \alpha_{0Ti} t - \frac{1}{2}(\alpha_{EEi} p^2_{Ei,t} + 2\alpha_{EMi} P_{Ei,t} P_{Mi,t} + \frac{1}{2}\alpha_{MMi,t} P^2_{Mi,t}) \\ &+ \sum_K \alpha_{Ki} X_{Ki} + \frac{1}{2}\sum_K \alpha_{KKi} X^2_{Ki} + \sum_K \alpha_{KTi} t + \frac{1}{2}\sum_K \beta_{KKi} \dot{X}^2_{Ki} \end{aligned} \qquad (۱۸)$$

هدف شناخت تأثیرات کوتاه‌مدت تغییرات قیمت و انباشتگی تجهیزات بر شدت مصرف انرژی است. با گرفتن مشتق لگاریتمی از معادله (۱۵) داریم:

$$\frac{\Delta e_i}{e_i} \approx \sum_V \varepsilon_{EVi} \frac{\Delta P_{Vi}}{P_{Vi}} + \varepsilon_{ETi} + \sum_V \eta_{EKi} \frac{\Delta X_{Ki}}{X_{Ki}} \qquad (۱۹)$$

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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

$$\varepsilon_{EVi} = (\partial e_i/\partial P_{Vi})(e_i/P_{Vi}) = \alpha_{EVi}\, P_{Vi}/e_i \qquad (۲۰)$$

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

$$\eta_{KEi} = \left(\frac{\partial e_i}{\partial X_{Ki}} + \sum_K \frac{\partial e_i}{\partial X^*_{Ki}} \frac{\partial X^*_{Ki}}{\partial X_{Ki}} \right) \Big/ \frac{e_i}{X_{Ki}} = \alpha_{KEi}\, X_{Ki}/e_i \qquad (۲۱)$$

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 مقطعی یا سری زمانی را مرتفع 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 خلاقیت 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: ارزش‌افزوده تولید صنعت، ASSET: دارایی‌های شبه ثابت صنعت (معیاری از تغییر ماشین‌آلات و تجهیزات تولید (انباشت 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 ASSETQ: 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:

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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

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

مأخذ: نتایج تحقیق.

فرضیه صفر در آزمون F لیمر به‌صورت زیر می‌باشد:

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 روش‌های آثار ثابت و تصادفی یکی را انتخاب می‌نماییم. برای انتخاب میان این دو روش از تست هاسمن کمک خواهیم گرفت. فرضیه صفر در آزمون هاسمن به‌صورت زیر می‌باشد:

H_0: plimq=plim $(\beta_{F.E}-\beta_{GLS})$

H_1:plimq≠plim $(\beta_{F.E}-\beta_{GLS})$

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 (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون‌های لیمر و هاسمن می‌توان نتیجه گرفت شدت انرژی در صنایع مختلف متفاوت بوده و با توجه به نتایج این آزمون‌ها از روش آثار تصادفی جهت تخمین مدل استفاده شده است. در جدول (۲) نتایج تخمین مدل زیر در حالت آثار تصادفی ارائه شده است:

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

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

جدول ۲. آزمون پانل دیتا در حالت آثار تصادفی

متغیرها	ضرایب	انحراف معیار	آماره t	سطح معناداری
C	-۳/۵۲۹۷۷۴	۱/۵۷۲۴۹۲	-۲/۲۴۴۷۰۱	۰/۰۲۹۳
ASSET?	-۰/۲۶۵۹۷۱	۰/۱۳۷۵۹۱	-۱/۹۳۳۰۵۴	۰/۰۵۹۰
K?	-۰/۴۱۰۵۶۱	۰/۱۴۶۳۰۴	-۲/۸۰۶۲۲۶	۰/۰۰۷۲
L?	۰/۰۵۵۸۴۴	۰/۰۱۸۹۷۶	۲/۹۴۲۸۹۷	۰/۰۰۵۰
M?	-۰/۹۷۸۶۷۷	۰/۰۹۶۴۸۳	-۱۰/۱۴۳۵۴	۰/۰۰۰۰
Q?	-۰/۰۹۴۵۷۸	۰/۰۳۵۲۴۰	۸/۲۵۴۱۸۰	۰/۰۰۰۰
ASSETQ?	-۴/۳۳۳۶۶۳	۱/۵۳۰۱۹۲	-۲/۸۳۲۱۰۳	۰/۰۰۵۹
KQ?	-۳/۲۵۶۴۴۴	۱/۱۷۶۷۱۳	-۲/۷۶۷۴۰۶	۰/۰۰۷۰
LQ?	۵/۹۸۵۶۹۸	۱/۸۱۵۱۳۵	۳/۲۹۷۶۶۰	۰/۰۰۱۵
MQ?	-۳/۱۳۹۴۳۲	۱/۱۸۳۱۵۲	-۲/۶۵۳۴۴۷	۰/۰۰۹۶
PL?	۱/۵۶۷۶۸۰	۰/۷۶۷۵۹۲	۲/۰۴۲۳۳۵	۰/۰۴۴۵
PK?	۰/۶۰۶۷۷۰	۰/۲۷۸۲۲۶	۲/۱۸۰۸۵۴	۰/۰۳۲۲
PM?	۰/۹۰۸۲۱۸	۰/۳۳۱۷۷۰	۲/۷۳۷۴۹۶	۰/۰۰۷۶
PASSET?	۰/۱۹۹۶۰۶	۰/۵۰۸۳۰۱	۰/۳۹۲۶۹۲	۰/۶۹۵۶
PE?	-۰/۲۶۰۱۲۸	۰/۱۱۶۹۰۹	-۲/۱۹۹۲۵۳	۰/۰۵۳۴
T	-۰/۹۵۴۹۲۵	۰/۱۲۹۱۲۶	-۷/۳۹۵۲۷۴	۰/۰۰۰۰
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			
_CHOBI--C	-۷۰۶/۷۹۳۴			
_SAERMALI--C	۷۰۱۲/۰۲۶			
_PAEMANKARSANATI--C	۱۴۴۴/۳۶۰			
_CHARM--C	۱۵۰۳۲/۲۸			
_GANDVSHKAR--C	۱۲۰۶۷/۷۶			

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

ادامه جدول ۲.

_SARMAEGOZARE--C	۱۲۵۶۶/۱۱
_CHANDRESHTHSANATI--C	۱۷۱۷۵/۹۵
_KASHVSRAMIC--C	-۸۲۵۷۴/۸۳
_SAERHAMLVNAGL--C	۱۰۸۱۳/۴۴
_KAGZ--C	۲۵۲۳/۹۵۸
_VASAELARTBATI--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.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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 به‌کاربردن 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 بیشتر 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 صورتی‌که علامت کشش متقاطع منفی به‌دست آمده باشد رابطه مذکور از نوع مکملی است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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

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

* منظور از صنعت سایر مالی شرکت‌های سر. ایساتیس پویا، سر. بانک مسکن، سر. پارس آریان، سر. توسعه و عمران استان کرمان، سر. خوارزمی، سر. صندوق بازنشستگی کارکنان بانک‌ها، سر. فلات ایرانیان، گسترش سرمایه گذاری ایرانیان، نیرو سرمایه می‌باشد.

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

٦. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

- افزایش تجهیزات تولید سهم انرژی در تولید را در صنایع کاهش داده است. افزایش هر واحد در متغیر داریی‌های شبه ثابت موجب تغییر ۰/۲۶- 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 ۰/۴۱- واحد در شاخص شدت مصرف انرژی شده است.

- رابطه عامل تولید نیروی انسانی با انرژی به‌صورت مستقیم به‌دست آمده است افزایش هر واحد (۱۰۰۰۰ نفری) در متغیر نیروی انسانی موجب تغییر ۰/۰۵ واحد در شاخص شدت انرژی شده است.

- رابطه مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی به‌دست آمده است. افزایش هر واحد در متغیر مواد اولیه موجب تغییر ۰/۹۷- 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 ۳/۱۳۹- واحدی در مصرف انرژی گردیده است.

- با افزایش ارزش‌افزوده صنعت مصرف انرژی کاهش یافته است. این امر ناشی از نوع رابطه ریاضی بین ارزش‌افزوده، انرژی و شاخص شدت انرژی است. افزایش هر واحد در متغیر ارزش‌افزوده موجب تغییر ۰/۰۹ 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 ۴/۳۳- 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 ۳/۲۵- 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 ۵/۹۸ 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 ۳/۱۳- واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

– 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 به‌ترتیب موجب تغییر ۱/۵۶، ۰/۶، 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. به‌عبارتی با افزایش قیمت انرژی به‌دلیل 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 نوشتن 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 ارزش‌افزوده صنایع با عامل انرژی وجود دارد سیاست‌هایی مانند هدفمندی یارانه‌های انرژی می‌تواند به‌شدت ارزش‌افزوده صنایع را تحت تأثیر قرار دهد، در نتیجه اجرای این سیاست اثر منفی بر رشد ارزش‌افزوده 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 ارزش‌افزوده حاصل گردد.

---

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

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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.

اشرف‌زاده، حمیدرضا و نادر مهرگان (۱۳۸۷)، *اقتصادسنجی پانل دیتا*، نشر مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران.

الزامی، محمدرضا (۱۳۸۶)، "بررسی قیمت مصوب سیمان متوسط قیمت بازاربرای مصرف‌کننده و حاشیه سود کلان با نگاهی به وضعیت عرضه و تقاضا"، دفتر مطالعات زیربنایی گروه صنایع و معادن.

برانسون (۱۳۸۷)، *اقتصاد کلان و سیاست‌ها*، ترجمه عباس شاکری، نشر نی.

ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف.

حیدری، ابراهیم و حسین صادقی (۱۳۸۲)، *تجزیه‌وتحلیل 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 کارشناسی‌ارشد 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، هومن و همکاران (۱۳۸۸)، "تدوین استراتژی مدیریت توزیع یارانه‌های انرژی در صنایع به‌شدت انرژی‌بر"، هفتمین همایش ملی انرژی.

قاسمی‌نژاد، مهدی (۱۳۸۴)، *بررسی تغییرات شدت انرژی در بخش ریلی ایران، پایان‌نامه* کارشناسی‌ارشد 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.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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 DrivingChina's Decline in Energy Intensity", Weber.ucsd.edu/carsonvs/papers/787.pdf.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

پیوست

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

نام صنعت	نام متغیر	ضریب	نام صنعت	نام متغیر	ضریب
	α_0	−۰/۱۴۰		α_0	−۰/۲۳۶
	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
فنی و مهندسی	α_{EA}	۰/۰۱۱	انبوه‌سازی	α_{EA}	۰/۴۷۵
	ε_{EE}	−۰/۰۰۲		ε_{EE}	−۰/۳۸۳
	ε_{EM}	−۰/۷۵۳		ε_{EM}	۱/۳۳۱
	ε_{EL}	۰/۷۲۰		ε_{EL}	۳/۵۴۴
	ε_{EK}	۰/۱۷۳		ε_{EK}	−۱/۲۵۵
	ε_{EA}	۰/۲۰۸		ε_{EA}	۰/۴۵۹
	α_0	−۰/۱۹۹		α_0	−۰/۳۷۳
	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
غذایی بجز قند و شکر	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}	−۰/۵۱۹		ε_{EL}	−۰/۴۲۵
	ε_{EK}	۰/۳۴۴		ε_{EK}	۰/۸۶۵
	ε_{EA}	۰/۳۸۸		ε_{EA}	۰/۱۰۳
	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
ذغال‌سنگ	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

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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	α_{EA}	−۰/۸۰۸	سایر مالی	α_{EA}	۰/۲۵۹
	ε_{EE}	−۰/۰۲۲		ε_{EE}	−۰/۴۹۱
	ε_{EM}	۰/۴۰۱		ε_{EM}	۰/۳۲۳
	ε_{EL}	−۰/۲۱۲		ε_{EL}	۰/۶۹۷
	ε_{EK}	۰/۱۰۴		ε_{EK}	۰/۱۶۵
	ε_{EA}	−۰/۷۸۸		ε_{EA}	۰/۶۹۰
	α_0	۰/۱۳۳		α_0	−۰/۱۹۴
	α_{EE}	۰/۰۶۸		α_{EE}	−۰/۱۲۳
	α_{EM}	۰/۱۸۵		α_{EM}	۰/۲۳۲
	α_{EL}	−۰/۰۲۳		α_{EL}	−۰/۰۵۹
	α_{EK}	۰/۱۹۳		α_{EK}	۰/۲۴۴
پیمانکار صنعتی	α_{EA}	−۰/۰۹۲	محصولات چرمی	α_{EA}	۰/۹۰۴
	ε_{EE}	−۰/۱۴۲		ε_{EE}	−۰/۳۵۰
	ε_{EM}	۰/۲۷۴		ε_{EM}	۰/۰۳۲
	ε_{EL}	۰/۶۴۵		ε_{EL}	۰/۱۵۳
	ε_{EK}	۰/۹۰۱		ε_{EK}	۰/۶۹۳
	ε_{EA}	−۰/۱۵۳		ε_{EA}	۰/۸۴۵
	α_0	−۰/۱۵۹		α_0	−۰/۰۶۳
	α_{EE}	−۰/۰۱۱		α_{EE}	−۰/۰۳۹
	α_{EM}	−۰/۰۶۹		α_{EM}	۰/۱۴۲
	α_{EL}	۰/۰۸۸		α_{EL}	−۰/۰۰۴
	α_{EK}	۱/۰۶۸		α_{EK}	۰/۰۲۸
قند و شکر	α_{EA}	۰/۲۸۲	سرمایه‌گذاری‌ها	α_{EA}	−۰/۰۴۸
	ε_{EE}	−۰/۳۸۴		ε_{EE}	−۰/۴۷۲
	ε_{EM}	−۰/۸۱۴		ε_{EM}	۰/۰۲۳
	ε_{EL}	۱/۳۲۸		ε_{EL}	−۰/۰۳۲
	ε_{EK}	۰/۲۷۷		ε_{EK}	۰/۶۰۱
	ε_{EA}	۰/۳۱۵		ε_{EA}	−۰/۰۹۴

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

ادامه جدول ۱.

	α_0	۰/۱۷۸		α_0	−۰/۱۷۶
	α_{EE}	−۰/۰۹۵		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	α_{EA}	۰/۳۰۱	کاشی و سرامیک	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}	−۱/۰۴۴
	α_0	−۰/۰۵۷		α_0	−۰/۲۳۴
	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 پولی	α_{EK}	۰/۰۹۶
وسایل ارتباطی	α_{EA}	۰/۶۰۷		α_{EA}	−۰/۲۳۱
	ε_{EE}	−۱/۱۵۶		ε_{EE}	۰/۶۷۸
	ε_{EM}	−۰/۵۲۱		ε_{EM}	−۰/۷۲۹
	ε_{EL}	۱/۲۳۳		ε_{EL}	۰/۶۵۲
	ε_{EK}	۱/۴۷۴		ε_{EK}	۱/۴۷۲
	ε_{EA}	۰/۴۲۴		ε_{EA}	−۱/۱۵۰
	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	α_{EA}	۰/۵۴۸	فلزات اساسی	α_{EA}	۰/۰۰۶
	ε_{EE}	−۰/۰۴۳		ε_{EE}	−۰/۲۷۲
	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

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

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}	۰/۰۳۸	ماشین‌آلات و تجهیزات	α_{EK}	-۰/۳۵۵
محصولات فلزی	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
	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
کانی غیرفلزی	α_{EA}	-۰/۳۷۴	خودرو و قطعات	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.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-07]