فصلنامه اقتصاد انرژی ایران
سال دوم، شماره ۸، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۲۰-۱

بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران

سیدعزیز آرمن* و سمیرا تقی‌زاده**

تاریخ دریافت: ۵ آبان ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۳۹۲

چکیده

با توجه به ضرورت صرفه جویی در مصرف انرژی در سطح کل کشور و نقش مهم بخش صنعت در این میان، شناسایی عوامل موثر بر شدت انرژی در این بخش از اهمیت بالایی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از روش داده های ترکیبی[1] تأثیر قیمت انرژی، تولید ناخالص داخلی و تکنولوژی بر شدت انرژی در صنایع نه‌گانه طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۷٤ مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج تحقیق دلالت بر آن دارد که قیمت انرژی و سطح تکنولوژی، رابطه معکوس با شدت انرژی دارند و شتاب افزایش مصرف انرژی (رشد مصرف انرژی) کمتر از شتاب افزایش ارزش افزوده صنایع (رشد تولید) است که این امر دلالت بر افزایش کارائی مصرف انرژی در صنایع با مقیاس بزرگ دارد. بنابراین، توصیه می‌شود حتی‌الامکان با ادغام کردن صنایع با مقیاس کوچک، از صنایع با مقیاس بزرگ به جای صنایع کوچکتر استفاده شود. همچنین اصلاح قیمت انرژی، افزایش سطح تکنولوژی و کنترل نرخ تورم به عنوان سیاست‌هایی مستمر، می‌توانند در کاهش شدت انرژی در صنعت مؤثر باشند.

واژه‌های کلیدی: شدت انرژی، صنایع کارخانه‌ای، الگوی داده‌های ترکیبی.
طبقه‌بندی JEL: Q43، L60، C23.

۱. مقدمه

انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیربنایی را ایفا می‌کند. به این معنا که هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد یکی از مقدمات توسعه اقتصادی فراهم است. از سوی دیگر استفاده نامناسب و غیرکارا از انرژی، منجر به پیامدهای

* دانشیار اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز saarman2@yahoo.com
** دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز samiraeghtesad@gmai.com

1. Panel Data

نامطلوب زیست‌محیطی و حتی غیراقتصادی می‌شود؛ لذا توجه به بهبود کارایی انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن، به خصوص در کشوری که از منابع غنی انرژی برخوردار است، اهمیت زیادی دارد. با توسعه و پیشرفت اقتصادی، اهمیت انرژی هم به طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. در این میان بخش صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بهبود کارایی مصرف انرژی در صنعت و زیربخش‌های آن باعث کاهش هزینه تولید، پرداخت میزان کمتر یارانه و کاهش قیمت تمام شده محصولات صنعتی می‌شود و از این طریق باعث ارتقای سطح ارزش افزوده این بخش‌ها، افزایش توان رقابتی، افزایش کیفیت تولید و در نهایت، باعث کاهش واردات برخی کالاهای مورد لزوم و افزایش صادرات مصنوعات ساخته شده می‌شود.

براساس آمار ترازنامه انرژی کشور، مصرف کل انرژی بخش صنعت از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ بیش از ۲۶۲ درصد افزایش یافته است. مصرف کل انرژی بخش صنعت کشورمان در سال ۱۳۷۴ بالغ بر ۱۰۴/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام بود که در سال ۱۳۸۹ این رقم به ۲۷۴/۶ میلیون بشکه افزایش پیدا کرده است.

از آنجایی که قدر مطلق میزان مصرف انرژی در بررسی‌ها نمی‌تواند به خودی خود ملاک درستی برای محاسبه بهره‌وری و آگاهی از الگوهای فرهنگی و مصرفی باشد، شاخصی به نام شدت مصرف انرژی تعریف شده است. «شدت انرژی»[1] از تقسیم مصرف نهایی انرژی بر تولید ناخالص داخلی به دست می‌آید[2] و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات، چه مقدار انرژی به کار رفته است. در حال حاضر معیار شدت انرژی از جمله شاخص‌های استراتژیک در کشورهای توسعه‌یافته است (بومان[3]، ۲۰۰۸: ۶).

بالا بودن شدت مصرف انرژی در تولید محصولات صنعتی پدیده‌ای است که کشورهای در حال توسعه از جمله ایران با آن روبرو هستند. محققان برای اینکه درک بهتری از رفتار صرفه‌جویی انرژی داشته باشند به بررسی عوامل مؤثر بر میزان شدت انرژی به خصوص در بخش‌های پرتقاضا و با پتانسیل های لازم برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پرداخته‌اند تا با اعمال سیاست‌های مناسب، میزان آن را کنترل کنند.

---

1. Energy intensity

۲. ترازنامه انرژی

3. Baumann

هدف اصلی این مقاله تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران و تعیین عوامل مهم و مؤثر بر شدت انرژی در این بخش است.

این مقاله شامل شش بخش است: پس از مقدمه، در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه تحقیق، در بخش سوم نگاهی به وضعیت شدت انرژی و در بخش چهارم روش تحقیق و مدل مورد نظر ارائه گردیده است. پس از معرفی الگوی تحقیق در بخش پنجم، نتایج تجربی مدل مطرح شده است. سرانجام، نتیجه‌گیری مقاله ارائه گردیده است.

۲. چارچوب نظری و پیشینه تحقیق

برای تشخیص عوامل مؤثر بر شدت انرژی می‌توان هدف کلی اقتصاد را حداقل‌سازی تابع هزینه کل با فرم کاب- داگلاس به صورت رابطه زیر در نظر گرفت (فیشر- وندن[1]، ۲۰۰۴):

$$C(P_K, P_L, P_M, P_E, Q) = A^{-1} P_K^{\alpha K} P_L^{\alpha L} P_M^{\alpha M} P_E^{\alpha E} Q \qquad (۱)$$

که در آن Q سطح محصول کل، P_L قیمت نهاده نیروی کار، P_K قیمت نهاده سرمایه، P_E قیمت نهاده انرژی، P_M قیمت نهاده مواد اولیه و α_X کشش نهاده X ($X = K, L, E, M$) را نشان می‌دهد. همچنین A نشان‌دهنده سطح تکنولوژی است. براساس لم شفارد[2]، در تابع بهینه شده هزینه، مقدار تقاضا برای هر نهاده برابر مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت آن نهاده است، بنابراین مقدار تقاضا برای انرژی (E) برابر خواهد بود با:

$$E = \frac{\alpha_E A^{-1} P_K^{\alpha K} P_L^{\alpha L} P_M^{\alpha M} P_E^{\alpha E} Q}{P_E} \qquad (۲)$$

با تقسیم طرفین بر Q می‌توان شدت انرژی تعادلی را به دست آورد:

$$\frac{E}{Q} = \frac{\alpha_E A^{-1} P_K^{\alpha K} P_L^{\alpha L} P_M^{\alpha M} P_E^{\alpha E}}{P_E} \qquad (۳)$$

بنابراین شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل مهم تکنولوژی تولید و قیمت نسبی سایر نهاده‌های تولید به نهاده انرژی، قراردارد. با توجه به مبانی نظری موجود، هر چه سطح تکنولوژی بالا باشد، برای

1. Fisher-Vanden
2. Shephard's Lemma

تولید مقدار معین تولید (مثلاً یک واحد) به نهاده های تولیدی (از جمله نهاده انرژی) کمتری نیاز است و بنابراین شدت انرژی پایین‌تر خواهد بود. از سوی دیگر هر چه قیمت سایر نهاده‌ها نسبت به نهاده انرژی بالاتر باشد و به عبارت دیگر انرژی به طور نسبی نهاده ارزان‌تری باشد، تمایل به جایگزینی نهاده انرژی بیشتر خواهد بود.

چنانچه شاخص کل قیمت انرژی افزایش یابد (با فرض ثابت بودن قیمت سایر عوامل تولید) مصرف آن کاهش می‌یابد و در نتیجه بر شدت انرژی اثر می گذارد. اما چنانچه در مجموعه حامل‌هایی مانند انرژی، تنها قیمت یکی از حامل‌ها افزایش یابد، یا افزایش آن بیش از سایر حامل‌ها باشد، آنگاه مقداری از اثر افزایش قیمت این حامل، توسط جانشینی سایر حامل‌ها جبران خواهد شد. میزان این جانشینی بستگی به این امر دارد که از نظر تکنیکی تا چه حد سایر حامل ها بتوانند جانشین آن گردند و مدت زمان این تعدیل چقدر باشد. بنابراین افزایش قیمت از یک سو باعث جانشینی سایر حامل‌های انرژی‌زا به جای آن خواهد شد و از سوی دیگر در کوتاه‌مدت باعث افزایش هزینه های تولید گشته و میزان تولید را کاهش خواهد داد. در بلندمدت نیز افزایش هزینه‌ها بستگی به توان جایگزینی سایر نهاده‌ها و حامل‌ها خواهد داشت. چنانچه قابلیت جایگزینی وجود داشته باشد مصرف کنندگان و تولیدکنندگان اقدام به جایگزین نمودن منابع انرژی رقیب می‌نمایند. در این صورت تقاضا برای منابع انرژی رقیب افزایش یافته و به دنبال آن هزینه تولید منابع رقیب جهت عرضه بیشتر در بازار افزایش می‌یابد (عمادزاده، ۱۳۸۲، ص ۱۰۰).

طی سال‌های مختلف مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است که در زیر به چند مورد از مطالعات خارجی و داخلی اشاره می کنیم.

وندن و کوان[1] (۲۰۰۲)، در پژوهشی با عنوان «چگونگی روند کاهش شدت انرژی در چین» با استفاده از اطلاعات آماری ۲۵۰۰ بنگاه بزرگ و متوسط در فاصله سال‌های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۹، با استفاده از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط به بررسی عوامل مؤثر بر کاهش شدت انرژی در بخش صنعت چین پرداخته‌اند. آنها نشان داده‌اند که تغییر قیمت انرژی و مخارج تحقیق و توسعه از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش شدت انرژی بوده و تغییر در مالکیت، منطقه استقرار و موقعیت صنعت مورد نظر تأثیر معنی‌داری بر شدت انرژی نداشته است.

1. Vanden and Quan

کومار[1] (۲۰۰۳)، در مقاله‌ای با عنوان «شدت انرژی: اکتشاف کمی برای کارخانه‌های تولیدی هند» با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه برای شناسایی عوامل مهم مؤثر بر شدت انرژی در ۵۰۰۰ بنگاه صنعتی هند طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۲ نشان داده است که عواملی چون اندازه بنگاه، مخارج تحقیق و توسعه، شدت سرمایه فیزیکی، مالکیت بخش خصوصی، سطح دستمزد و شدت هزینه تعمیر ماشین‌آلات بر شدت انرژی اثر دارند. نتایج نشان می‌دهد که اندازه بنگاه، مخارج تحقیق و توسعه و مالکیت بخش خصوصی اثر منفی و شدت سرمایه فیزیکی، سطح دستمزد و شدت هزینه تعمیر ماشین‌آلات اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه دارند و همچنین مخارج تحقیق و توسعه مهمترین عامل مؤثر بر شدت انرژی بنگاه می‌باشد.

پاپادوگنز[2] و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای با عنوان «اندازه شرکت و سیاست‌های زیست‌محیطی ملی، شواهد از یونان» به بررسی اثر اندازه بنگاه بر شدت انرژی برق در میان صنایع کشور یونان پرداخته و نشان داده‌اند که برخلاف انتظار، بنگاه‌های کوچک از شدت انرژی به مراتب پایین‌تری برخوردار بوده و اندازه بنگاه اثری کاهنده بر شدت انرژی برق دارد.

کول[3] (۲۰۰۶)، در یک مطالعه بین کشوری با عنوان «آیا آزادسازی تجاری استفاده از انرژی‌های ملی را افزایش می‌دهد» با استفاده از روش پنل دیتا به بررسی اثر درجه باز بودن تجاری بر شدت انرژی پرداخته و به این نتیجه رسیده است که با افزایش تجارت خارجی، شدت انرژی نیز افزایش می یابد. همچنین مطالعه وی نشان دهنده اثر مثبت GDP سرانه و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار بر شدت انرژی است. هنگ و تو (۲۰۰۷) در کشور چین نیز به نتایج مشابهی رسیده است.

پاپادوگنز و مایلو ناکیس[4] (۲۰۰۷)، در پژوهشی با عنوان «مصرف انرژی و ویژگی‌های شرکت در بخش تولیدی یونان» با استفاده از داده‌های آماری بیش از ۴۰۰۰ بنگاه صنعتی کشور یونان و با استفاده از روش پنل دیتا، عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شدت سرمایه فیزیکی تأثیر مثبت بر تکنولوژی و اندازه بنگاه تأثیر منفی بر شدت انرژی دارد.

1. Kumar
2. Papadogonas
3. Cole
4. Papadogonas and Mylonakis

لیو و هان[1] (۲۰۰۸)، در تحقیقی با عنوان «عوامل مؤثر بر شدت انرژی با در نظر گرفتن تجارت درون صنعت» به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی با استفاده از داده‌های پانل برای ۲۵ بنگاه تولیدی چین در طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۶ پرداختند و نشان دادند که نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار و نسبت تجارت خارجی به GDP به عنوان شاخص تکنولوژی اثری منفی بر شدت انرژی در کشور چین دارند. همچنین نتایج این مطالعه نشان دهنده اثر مثبت شاخص قیمت تولیدکننده (به عنوان معیاری برای قیمت سایر نهاده‌های تولید) بر شدت انرژی در این کشور است. بدیهی است هر چه سطح تکنولوژی بالاتر باشد، به کارگیری ماشین‌آلات نسبت به نیروی انسانی نیز بالاتر رفته و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار افزایش می‌یابد. همچنین شی و پلنسک[2] (۲۰۰۵)، در مطالعه دیگری برای کشور چین نشان داده‌اند که قیمت انرژی اثر منفی بر قیمت سایر نهاده‌ها و GDP اثر مثبت بر شدت انرژی در این کشور داشته است.

وینگ[3] (۲۰۰۸)، در پژوهشی با عنوان «توضیح کاهش شدت انرژی اقتصاد ایالات متحده» درکشور نشان داده است که افزایش قیمت انرژی نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش شدت انرژی این کشور داشته، در حالی که اثر نوآوری ناچیز بوده است. مطالعه‌ی متکالف[4] (۲۰۰۸) در ایالات متحده نیز نشان‌دهنده اثر منفی قیمت انرژی و اثر مثبت GDP سرانه بر شدت انرژی بوده است.

ساهو و ناریان[5] (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰)، مطالعاتی با عنوان «عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع تولیدی هند: تجزیه و تحلیل سطح شرکت» در میان بنگاه‌های صنعتی کشور هند و در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ و با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه انجام داده‌اند و نشان دادند که اندازه بنگاه و مالکیت از مهمترین عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه هستند.

ایروان[6] و همکاران (۲۰۱۰)، با مطالعه‌ای تحت عنوان «تجزیه و تحلیل شدت انرژی در کارخانه‌های تولیدی اندونزی» با استفاده از روش پنل دیتا در طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۰ نشان دادند که عمر بنگاه، دستمزد، شدت سرمایه فیزیکی و مالکیت بخش خصوصی، تأثیر مثبت بر تکنولوژی و اندازه بنگاه اثر منفی بر شدت انرژی بنگاه داشته است.

در ادامه به چند مطالعه داخلی انجام شده در زمینه عوامل مؤثر بر شدت انرژی می‌پردازیم.

---

1. Liu and Han
2. Shi and Polenske
3. Wing
4. Metcalf
5. Sahu and Narayanan
6. Irawan

عمادزاده و همکاران (۱۳۸۲)، در پژوهشی با عنوان «تحلیلی از روند شدت انرژی در کشورهای OECD» به بررسی آثار قیمت انرژی و تولید ناخالص داخلی بر شدت انرژی در کشورهای عضو OECD طی سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۶۵ با استفاده از روش داده‌های ترکیبی پرداخته‌اند و رابطه تقارن و عدم تقارن شدت انرژی با قیمت و تولید ناخالص داخلی را بررسی کرده‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد، نه تنها زمانی که قیمت انرژی افزایش یافته، بلکه حتی زمانی که قیمت انرژی کاهش یافته (به‌رغم افزایش مصرف انرژی) به دلیل تداوم سیاست‌های صرفه‌جویی و افزایش کارایی در مصرف انرژی، شتاب افزایش تولید بیشتر شده و لذا شدت انرژی نیز کاهش یافته است. همچنین، نه تنها زمانی که تولید کاهش یافته، بلکه حتی زمانی که تولید افزایش یافته (گرچه مصرف انرژی نیز افزایش یافته است) چون میزان افزایش مصرف انرژی کمتر از میزان افزایش تولید بوده لذا شدت انرژی نیز کاهش یافته است. این بدان معنی است که بحران‌های انرژی دهه هفتاد، بسترساز انقلاب صنعتی نوینی شده است که در افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف متجلی شده است.

عباسی‌نژاد و وافی نجار (۱۳۸۳)، در پژوهشی با عنوان « بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS» طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۵۰، به بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش 2SLS، پرداخته‌اند. نتایج تخمین‌ها نشان می‌دهد که کشش‌های قیمتی، نسبتاً پایین و گویای آن است که تغییرات اندک قیمت انرژی به تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی در میزان مصرف آن در بخش حمل و نقل داشته باشد، مگر در صورت افزایش‌های شدید و با فرض ثابت بودن قیمت سایر عوامل و اعمال سیاست های تبعیض قیمت، برای انتقال مصرف از یک سوخت یا نهاده به سمت سوخت یا نهاده دیگر.

سیف (۱۳۸۷)، در یک مطالعه بین کشوری با عنوان «شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی»، به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در کشورهای مختلف با روش OLS، پرداخته است. در این مطالعه به بررسی عواملی همچون مساحت کشور، شاخص توسعه انسانی، شاخص درآمد سرانه، درصد جمعیت استفاده‌کننده از اینترنت و سهم ارزش افزوده بخش خدمات در تولید ناخالص داخلی به عنوان نماینده تغییرات ساختاری در اقتصاد کشورها، بر شدت انرژی

پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر معکوس تغییرات ساختاری و اثر مثبت و معنی دار سایر متغیرها بر شدت انرژی است. درصد پوشش اینترنت اگرچه معنی‌دار بوده لیکن علامت آن برخلاف انتظار، مثبت و اندازهٔ آن نیز ناچیز است. در حقیقت متغیر درصد پوشش اینترنت نتوانسته است جانشین خوبی برای استفاده از ظرفیت دولت الکترونیک در کشورها باشد. دلیل این نکته این واقعیت تلخ می‌تواند باشد که در کشورهای جهان سوم اینترنت یک کالای لوکس بوده و بیشتر در خدمت سرگرمی‌ها عمل می‌کند.

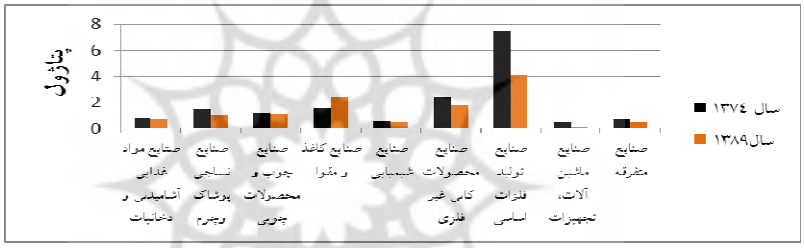
بهبودی و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی با عنوان «تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران» به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در اقتصاد ایران در دوره ۱۳۴۷-۱۳۸۵ با استفاده از روش ARDL به تحلیل عوامل مؤثر بر شدت انرژی پرداختند، نتایج نشان می‌دهد که در ایران نسبت موجودی سرمایه فیزیکی به نیروی‌کار اثر بهبود بخشی بر شدت انرژی ندارد، یعنی با پیشرفت تکنولوژی و افزایش به‌کارگیری تجهیزات سرمایه‌ای به جای نیروی‌کار، شدت انرژی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که تغییرات تکنولوژی تولید، نتوانسته مطابق انتظار به بهبود بهره‌وری منجر شود. علت آن را می‌توان فرسودگی و قدیمی بودن تجهیزات سرمایه‌ای و همچنین بخاطر نبود مهارت‌های لازم در به‌کارگیری تمام ظرفیت‌های تجهیزات سرمایه‌ای دانست.

جمع‌بندی پیشینه مطالعات فوق‌الاشاره حاکی از این است که عواملی چون اندازه بنگاه، تکنولوژی (نسبت موجودی کار به سرمایه)، قیمت انرژی، شدت سرمایه فیزیکی و مالکیت بخش خصوصی، سطح دستمزد و شدت هزینه تعمیر ماشین‌آلات، شاخص قیمت تولیدکننده بر شدت انرژی اثرگذار بوده‌اند. در ضمن، صنایع با مقیاس بزرگتر از شدت انرژی کمتری نسبت به صنایع کوچکتر برخوردار بوده‌اند.

۳. نگاهی به وضعیت شدت انرژی در صنایع نه‌گانه کشور

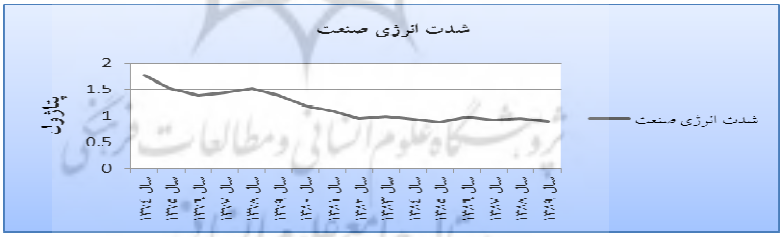
یکی از متغیرهای مهم در بین شاخص‌های انرژی، شاخص شدت انرژی است. این شاخص تحت تأثیر عواملی هم چون شرایط آب و هوایی، جغرافیایی و ساختار اقتصادی هر کشور قرار دارد. در نمودار ۱ تغییرات شدت انرژی در بخش صنعت به تفکیک صنایع نه‌گانه در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۹ که ابتدا و انتهای دوره مورد بررسی است، نشان داده شده است. بیشترین مقدار این شاخص در سال ۱۳۷۴ مربوط به صنایع فلزات اساسی و کانی غیرفلزی و کاغذ و مقوا است. محاسبه شاخص مذکور در سال ۱۳۸۹ بیانگر آن است که بیشترین مقدار شاخص شدت انرژی به ترتیب

مربوط به فلزات اساسی، صنایع کاغذ، کانی غیرفلزی و چوب و نساجی بوده است. همانطور که مشاهده می‌شود به جز زیربخش صنایع کاغذ و مقوا، در تمامی بخش‌ها شدت انرژی کاهش داشته است. این پدیده می‌تواند نشانی از افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی در بیشتر زیربخش‌های صنعت باشد. همچنین اطلاعات مربوط به ارزش افزوده صنایع حاکی است که زیربخش‌های چوب و کاغذ و کانی غیرفلزی که شدت انرژی نسبتاً بالایی دارند از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ به ترتیب دچار کاهش سهم تولیدی به میزان ۷۰ و ۶۸ و ۲۵ درصد شده‌اند و زیربخش ماشین‌آلات که شدت انرژی به نسبت پایین‌تری دارند با افزایش سهم تولیدی ۸۸ درصد مواجه بوده اند. با توجه به نمودار ۲ شدت انرژی در کل بخش صنعت بعد از سال ۱۳۷۸ کاهش یافته است یا روند نسبتاً ثابتی را به خود گرفته که هر دو عامل بهره‌وری و ساختار فعالیت‌های صنعتی احتمالاً در کاهش شدت انرژی بخش صنعت مؤثرند.



نمودار ۱. شدت انرژی در سال ۱۳۷٤ و ۱۳۸۹ در زیربخش صنعت

مأخذ: مرکز آمار ایران و نتایج تحقیق



نمودار ۲. شدت انرژی صنعت

مأخذ: نتایج تحقیق

٤. روش برآورد و مدل مورد بررسی

در این مطالعه از روش تجزیه و تحلیل مبتنی بر داده‌های ترکیبی و با استفاده از نرم‌افزار Eviews.6 جهت تخمین مدل استفاده می‌شود. داده‌های ترکیبی به مجموعه‌ای از داده‌ها گفته می‌شود که براساس آن مشاهدات به وسیله تعداد زیادی از متغیرهای مقطعی (N)، که اغلب به

طور تصادفی انتخاب می‌شوند، در طول یک دوره زمانی مشخص (T) مورد بررسی قرار گرفته باشند، در این صورت (N×T) داده آماری را داده‌های ترکیبی یا داده‌های مقطعی- سری زمانی می‌نامند. اگر برای یک داده ترکیبی الگوی رگرسیون زیر را در نظر بگیریم:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + u_{it} \qquad (۴)$$

می‌توان فروضی را برای رابطه (۴) وضع کرد.
هم شیب و هم عرض از مبدأ یکسان است (مدل مقید)

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + u_{it} \qquad (۵)$$

شیب ثابت و عرض از مبدأ متفاوت باشد (مدل غیرمقید)

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it} \qquad (۶)$$

مدل غیرمقید رابطه (۶) دارای اثر ثابت و تصادفی است. در مدل اثر ثابت تفاوت در طول مقاطع مختلف در ثابت‌ها خود را نشان می‌دهند، بنابراین در هر یک α_i یک پارامتر ناشناخته است که باید تخمین زده شود. به عبارت دیگر، عرض از مبدأ در میان واحدهای انفرادی تغییر می‌کند و همین عرض از مبدأ انفرادی در طول زمان نیز ثابت نیست. در مدل اثر تصادفی عرض از مبدأ تکی بصورت انحرافی از میانگین ثابت بیان می‌شود که این میانگین ثابت میانگین جامعه‌های بزرگ‌تر است.

جهت بررسی اعتبار استفاده از داده‌های ترکیبی در مدل، از آزمون F لیمر استفاده می‌شود. با استفاده از مجموع مربعات باقیمانده مقید (RRSS) حاصل از تخمین مدل ترکیبی به دست آمده از روش OLS و مجموع مربعات باقی‌مانده غیرمقید (URSS)، آماره F به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F = \frac{\dfrac{RRSS - URSS}{N - ۱}}{\dfrac{URSS}{NT - N - K}} \qquad (۷)$$

که در آن N تعداد مقاطع، K تعداد متغیرهای توضیحی مدل و NT تعداد کل مشاهدات است. در این آزمون فرضیه صفر نشان‌دهنده همگنی[1] مدل و فرضیه مخالف نشان‌دهنده ناهمگنی مدل است. به عبارت دیگر فرضیه صفر در آزمون لیمر دلالت بر تلفیقی[2] بودن داده‌ها و فرضیه مخالف حاکی از ترکیبی[3] بودن آن ها است. در صورت رد فرضیه H_0 مدل ناهمگن بوده و از داده‌های ترکیبی جهت آزمون استفاده خواهد شد. در مرحله بعد انتخاب روش تخمین بین اثر ثابت[4] و اثر تصادفی[5] بوسیله آزمون هاسمن[6] انجام می‌گیرد (هیسائو[7]، ۲۰۰۳). در آزمون هاسمن، فرضیه صفر بیانگر انتخاب روش تصادفی و فرضیه مخالف نشان‌دهنده اثر ثابت است. درصورت رد فرضیه صفر، اثر ثابت قابل پذیرش است (بالتاجی، ۲۰۰۵: ۱۲).

۵. مدل مورد بررسی

در این مطالعه از الگوی مشابه با الگوی ارائه شده توسط کول (۲۰۰۶)، هانگ و تو[8] (۲۰۰۷)، متکاف (۲۰۰۸)، لیو و هان (۲۰۰۸)، استفاده می‌شود. مبنای این الگو رابطه (۲) در بالا است. آنها عنوان می‌کنند با توجه به اینکه مقدار شاخص قیمت تولیدکننده (p_Q) تابعی با فرم کاب داگلاس از شاخص‌های قیمت نهاده‌های تولید است:

$$P_Q = P_K^{\alpha K} P_L^{\alpha L} P_E^{\alpha E} P_M^{\alpha M} \qquad (۸)$$

به طوری که $\sum \alpha_X = ۱$ است، بنابراین می‌توان رابطه (۲) را به فرم زیر نوشت:

$$\frac{E}{Q} = \frac{\alpha_E A^{-۱} P_Q}{P_E} \quad \text{یا} \quad E = \frac{\alpha_E A^{-۱} P_Q Q}{P_E} \qquad (۹)$$

با لگاریتم‌گیری از تابع فوق خواهیم داشت:

$$\ln(\frac{E}{Q}) = \alpha - \ln(A)_t + \ln(P_Q)_t - \ln(P_E)_t \qquad (۱۰)$$

1. Homogeneity
2. Pooled
3. Panel
4. Fixed Effect Model
5. Random Effect Model
6. Hausman Test
7. Hsiao
8. Hang and Tu

برای اندازه‌گیری A (اثر تکنولوژی) در مطالعات تجربی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال لین و هان (۲۰۰۸) از نسبت نهاده سرمایه فیزیکی به نیروی‌کار به عنوان شاخص تکنولوژی استفاده کرده است. بدیهی است که هرچه سطح تکنولوژی بالاتر باشد، به کارگیری ماشین‌آلات نسبت به نیروی انسانی بالاتر رفته و نسبت موجودی سرمایه به نیروی‌کار افزایش می‌یابد.

متغیر مهم دیگری که در تابع شدت انرژی قابل توجه است، سطح تولید (ارزش افزوده) صنایع است. از تولید ناخالص به مثابه اندازه فعالیت‌های اقتصادی صنعت (اثر مقیاس در مصرف انرژی) که در میزان تقاضای انرژی نیز تأثیر می‌گذارد، استفاده شده است. هر چند انتظار می‌رود که با افزایش مقیاس صنعت، کل مصرف انرژی در آن صنعت هم افزایش یابد، اما اینکه شدت انرژی چگونه تغییر می‌یابد نیاز به بررسی دارد.

با توجه به آنچه بیان شد تصریح مدل به صورت رابطه (۱۱) قابل ارائه است:

$$\ln I_{it} = \alpha + \beta \ln(\frac{K}{L})_{it} + \gamma \ln(P_Q)_{it} + \delta \ln(P_E)_{it} + \sigma \ln(\mathrm{GDP})_{\mathrm{it}} + V_i + U_t + \varepsilon_{it} \qquad (۱۱)$$

در این مدل متغیرها به شرح زیر است:

LnI، لگاریتم شدت انرژی است که از نسبت مصرف به ارزش افزوده به قیمت ثابت سال ۷۶ بدست آمده است. در اینجا ارزش افزوده و مصرف انرژی زیربخش‌های صنعت مورد نیاز است. ارقام مربوط به ارزش افزوده، از نشریه حساب‌های ملی مرکز آمار ایران و برحسب میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۷۶ تهیه شده است. آمار مربوط به مصرف انرژی نیز از نشریه «نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» برای سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۴ تهیه شده است. در این نشریه آماری که از طرف مرکز آمار ایران منتشر می‌شود، داده‌های مربوط به مصرف حامل‌های انرژی شامل، نفت سفید، گازوئیل، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، نفت کوره، زغال سنگ، برق و برحسب واحد فیزیکی هر حامل است[۱]. به منظور هم‌مقیاس کردن واحدهای انرژی (پتاژول) از

۱. واحد فیزیکی حامل‌های انرژی به ترتیب هزار لیتر، هزار لیتر، هزار مترمکعب، هزار کیلوگرم، هزار لیتر، هزار کیلوگرم، هزار لیتر و هزار کیلووات است.

ضریب تبدیل مربوط به هر حامل، ارائه شده توسط وزارت نیرو و ترازنامه انرژی (۱۳۸۷) استفاده شده است.

lnPE، لگاریتم قیمت انرژی است که قیمت انرژی از «نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» تهیه شده است. آماری که در این نشریه منتشر می‌شود برحسب اجزای حامل های انرژی است. با محاسبه یک میانگین وزنی از قیمت حامل‌های انرژی، قیمت کل انرژی برآورد شده است و با استفاده از شاخص قیمت تولیدکننده صنعتی، قیمت انرژی به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۷۶ تبدیل شده است.

lnPQ، لگاریتم شاخص قیمت تولیدکننده به قیمت سال پایه ۱۳۷۶است. این شاخص به قیمت ثابت سال ۱۳۷۵ در مرکز آمار ایران موجود است که به سال پایه ۱۳۷۶ تبدیل گردید.

LnGDP، لگاریتم ارزش افزوده زیربخش‌های صنعت به قیمت سال پایه ۱۳۷۶ است.

K، موجودی سرمایه فیزیکی به قیمت سال پایه ۱۳۷۶ را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه اطلاعات موجودی سرمایه به تفکیک حامل‌های انرژی در دسترس نیست، لازم است از روش‌های متعارف برای برآورد آن استفاده کرد. در این تحقیق از روش نمایی و با استفاده از داده‌های سرمایه‌گذاری بخش صنعت، منتشره توسط مرکز آمار ایران، این برآورد صورت گرفته است (کلانتری، ۱۳۷۱). براساس این روش، موجودی سرمایه به وسیله رابطه (۱۱) برآورد می‌شود:

$$I_t = I_0 e^{rt} \qquad (۱۱)$$

که در آن I_t نشانگر سرمایه‌گذاری خالص (برگرفته از «نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر») در سال t و I_0 سرمایه‌گذاری در سال پایه r نیز نرخ رشد سرمایه گذاری است. با استفاده از تبدیل لگاریتمی، رابطه (۱۱) به صورت زیر است:

$$\ln I_t = \ln I_0 + rT \qquad (۱۲)$$

که T بیانگر روند زمانی است. با توجه به اینکه داده‌ها به صورت ترکیبی هستند (با شانزده سال و ۹ مقطع) بنابراین رابطه فوق باید به روش داده‌های ترکیبی برآورد شود. سپس با اخذ آنتی لگاریتم از عرض از مبدأ برآورد شده، سرمایه گذاری در سال پایه (I_0) بدست می‌آید. موجودی سرمایه در سال پایه (k_0) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K_{\cdot} = \frac{I_{\cdot}}{r} \qquad (۱۳)$$

برای به دست آوردن موجودی سرمایه در سال‌های بعد، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$K_t = \frac{k_{t-۱} + I_t}{۱ + d} \qquad (۱۴)$$

که k_t به ترتیب ارزش خالص موجودی سرمایه در زمان t و d نرخ استهلاک سرمایه‌های ثابت است. بنابراین، برای محاسبه موجودی سرمایه خالص لازم است نرخ استهلاک سرمایه‌های ثابت به تفکیک در اختیار باشد. براساس گزارش‌های آماری وزارت صنایع و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، نرخ استهلاک به تفکیک گروه‌های صنعت استخراج و اعمال گردید.

L، نیروی کار شاغل است که از «نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» استخراج شده است و v_i اثر ثابت کشورها، U_t اثر ثابت زمان و ε_{it} جزء خطاء تصادفی هستند و همچنین i نشان‌دهنده صنایع نه‌گانه (مقاطع) و t نشان‌دهنده بازه زمانی است.

٦. تجزیه و تحلیل نتایج تجربی

ابتدا با استفاده از آزمون‌های مناسب ریشه واحد، به بررسی ویژگی آماری پایایی سری‌های زمانی می‌پردازیم. آزمون‌های ریشه‌ی واحد[1] داده‌های ترکیبی توسط بریتون[2] (۱۹۹۴) پایه‌ریزی شد. فرانکل و رز[3] (۱۹۹۶) در تحقیق خود نشان دادند به کارگیری آزمون‌های ریشه واحد متداول، مانند آزمون دیکی فولر[4] و دیکی فولر پیشرفته دارای قدرت آماری پایین‌تری نسبت به آزمون‌های ریشه واحد داده‌های ترکیبی هستند. انواع آزمون‌های پایایی در داده‌های ترکیبی شامل آزمون لوین، لین و چو[5]، آزمون ایم، پسران و شین[6] (IPS)، آزمون فیلیپس پرون و فیشر[7] و آزمون دیکی فولر مقطعی (CADF) هستند (اشراف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). در این تحقیق به منظور بررسی پایایی از آزمون لوین، لین و چو (LL) استفاده شده است.

1. Unit Root
2. Breituing
3. Francel & Rose
4. ADF
5. Levin, Lin & Chu
6. Im, Pesaran & Shin
7. PP-Fisher

جدول ۱. نتایج حاصل از تخمین آزمون ریشه واحد متغیرها

متغیر	آزمون لوین، لین و چو		نتیجه
	آماره	احتمال	
lnCE	-۳/۰۰۵۸۵	۰/۰۰۱۳	I(۰)
lnI	-۱/۸۵۰۱۱	۰/۰۳۲۱	I(۰)
lnPE	-۴/۲۸۶۱۵	۰/۰۰۰۰	I(۰)
lnGDP	-۲/۱۵۹۸۱	۰/۰۱۵۴	I(۰)
lnPQ	-۱/۷۰۵۰۲	۰/۰۰۰۰	I(۰)
ln(K/L)	-۳/۲۰۹۸۲	۰/۰۰۰۷	I(۰)

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج جدول ۱ حاکی از این است که براساس آزمون LLC، تمام متغیرها در سطح معنی‌داری ۵ درصد جمعی[1] از درجه صفر هستند و پایایی آن‌ها مورد تأیید قرار می‌گیرد. بنابراین به دلیل پایایی کلیه متغیرهای مورد استفاده در مدل، می‌توان بدون نگرانی از تولید نتایج کاذب[2] از روش‌های استاندارد رگرسیون استفاده کرد و نیازی به آزمون هم‌جمعی نیست.

نظر به این که داده‌های مدل از نوع ترکیبی[3] است، برای تعیین نوع روش برآورد مدل، از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود. ابتدا با استفاده از آزمون چاو[4] نوع رویکرد تلفیقی یا ترکیبی[5] مشخص می‌شود. سپس در صورتی که رویکرد مناسب، رویکرد ترکیبی تعیین شود، با استفاده از آزمون هاسمن در مورد انتخاب روش اثر ثابت یا اثر تصادفی تصمیم‌گیری می‌شود (اشراف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). نتایج آزمون‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون چاو و هاسمن

آزمون چاو	آماره F	۱۲۷/۸۵۸۲۶۳
	احتمال	۰/۰۰۰۰
آزمون هاسمن	آمارهChi	۱۰/۲۳۰۴۱۳
	درجه آزادی	۴
	احتمال	۰/۰۳۶۷
	تصادفی بودن یا ثابت بودن اثر	ثابت

مأخذ: نتایج تحقیق

1. Integrated
2. Spuirius
3. Pooled Model
4. Chow Test
5. Pooled or Panel

آماره آزمون چاو نشان می‌دهد داده‌ها از نوع ترکیبی است، همچنین آزمون هاسمن در سطح معنی‌داری ۵ درصد نشان می‌دهد که مدل از نوع اثر ثابت است. با توجه به الگوی ارائه شده، شدت انرژی صنایع نه‌گانه برای دوره ۱۳۸۹-۱۳۷۴ به صورت زیر (جدول ۳) تخمین زده شده است.

جدول ۳. تخمین مدل شدت انرژِی صنعت

متغیر وابسته		lnI	
احتمال	آماره t	ضرایب	متغیرها
۰/۰۰۰۰	-۹/۲۱۱۹۰۷	-۰/۵۲۵۶۲۲	Ln(GDP)
۰/۰۰۰۰	-۴/۹۲۷۵۱۶	-۰/۱۹۸۹۰۰	Ln(PE)
۰/۰۲۲۱	-۲/۳۱۵۴۵۵	-۰/۱۴۴۴۱۷	Ln(K/L)
۰/۰۰۰۰	۶/۱۳۷۴۳۲	۰/۳۱۷۸۱۷	Ln(PQ)
۰/۰۰۰۰	۱۰/۱۳۸۹۴	۴/۷۱۷۲۳۲	C
F = ۵۰۱/۷۰۸۰	$\bar{R}^2$ =۰/۹۷۶	R^2 =۰/۹۷۸	DW= ۱/۸۶

مأخذ: نتایج تحقیق

رابطه فوق نشان می‌دهد که علامت پارامترها صحیح و مطابق با علامت مورد انتظار است. علامت منفی در مقابل متغیر قیمت انرژی، نظریه وجود رابطه معکوس بین قیمت خودی و مقدار تقاضای انرژی و به‌تبع آن شدت انرژی را تأیید می‌کند و همان‌طور که انتظار می‌رود شدت انرژی تابعی معکوس از سطح قیمت انرژی است. بدین معنی که با افزایش سطح قیمت انرژی، صنایع به افزایش سطح کارایی و بهره‌وری خود اقدام می‌کنند و هر واحد محصول را با سطح مصرف انرژی کمتری تولید می‌نمایند. رابطه معکوس بین سطح تولید صنعتی و شدت انرژی حاکی از این است که کارایی انرژی در صنایع با مقیاس تولید بزرگتر، افزایش می‌یابد. این امر ممکن است ناشی از صرفه‌جویی‌هایی باشد که در مقیاس‌های بزرگ‌تر تولید مقدور خواهد بود. به منظور بررسی بیشتر این موضوع، چنانچه به جای شدت انرژی (مصرف انرژی به ازای یک واحد محصول)، کل مصرف انرژی را در مدل بالا جایگزین کنیم، این رابطه مثبت می شود (جدول شماره ۴). بدیهی است که وقتی با افزایش تولید، مقدار کل مصرف انرژی افزایش یابد اما مصرف انرژی به ازای تولید یک واحد محصول (شدت انرژی) کاهش یابد معنای آن افزایش کارایی در مصرف انرژی است.

جدول ٤. تخمین مدل مصرف انرژی صنعت

متغیر وابسته		lnCE	
احتمال	آماره t	ضرایب	متغیرها
۰/۰۰۰۰	۸/۳۱۳۸۲۶	۰/۴۷۴۳۷۸	Ln(GDP)
۰/۰۰۰۰	-۴/۹۲۷۵۱۶	-۰/۱۹۸۹۰۰	Ln(PE)
۰/۰۲۲۱	-۲/۳۱۵۴۵۵	-۰/۱۴۴۴۱۷	Ln(K/L)
۰/۰۰۰۰	۶/۱۳۷۴۳۲	۰/۳۱۷۸۱۷	Ln(PQ)
۰/۰۰۰۰	۱۰/۱۳۸۹۴	۴/۷۱۷۲۳۲	C
F = ۱۵۳۵/۴۳۲	$\overline{R}^2$ =۰/۹۹	R^2 =۰/۹۹	DW= ۱/۸۶

مأخذ: نتایج تحقیق

به عبارت دیگر، شتاب افزایش ارزش افزوده صنایع (رشد تولید) بیشتر از شتاب افزایش مصرف انرژی (رشد مصرف انرژی) است و این امر دلالت بر افزایش کارایی دارد. نسبت موجودی سرمایه به نیروی‌کار رابطه‌ای معکوس و معنی‌دار با شدت انرژی را نشان می‌دهد. به‌کارگیری بیشتر تجهیزات سرمایه‌ای به جای نیروی‌کار (حاکی از افزایش تکنولوژی)، شدت انرژی کاهش می‌یابد. در نتیجه تغییرات تکنولوژی به افزایش بهره‌وری در فرایند تولید منجر شده است. اثر LnP_Q، بر شدت انرژی، اثری مستقیم دارد و معنی‌دار است و حاکی از آن است که افزایش شاخص قیمت سایر نهاده‌ها موجب جایگزینی انرژی به جای نهاده‌های دیگر می‌شود.

۷. نتیجه‌گیری

شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی برای برنامه‌ریزی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی از ضرورت بالایی برخوردار است. در این مقاله تأثیر قیمت انرژی، تکنولوژی و تولید ناخالص داخلی بر شدت انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج و یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که قیمت انرژی تأثیر منفی قابل توجه‌ای بر شدت انرژی دارد. این تأثیر حاکی از آن است که قیمت پایین انرژی سبب حرکت ساختار فعالیت‌ها به سمت صنایع انرژی‌بر به منظور بهره‌مندی از رانت‌های ناشی از یارانه‌های انرژی می‌شود و همچنین وجود یارانه‌های انرژی و به‌تبع آن پایین بودن قیمت انرژی عامل مهمی در افت بهره‌وری خواهد بود. بنابراین، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی، در واقع ارتقای بهره‌وری در مصرف انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های تولید است.

با توجه به نتایج بدست آمده توصیه می شود:

- با توجه به اینکه با افزایش ارزش افزوده (اثر مقیاس) مصرف انرژی افزایش اما شدت انرژی کاهش می‌یابد، بهتر است حتی‌الامکان از صنایع با مقیاس بزرگ استفاده شود.
- اصلاح قیمت انرژی و کاهش یارانه‌های پنهان انرژی همراه با برنامه‌ریزی و سیاست‌های مناسب.
- افزایش بهره‌وری تکنولوژی تولید و نوسازی تجهیزات تولید به منظور کاهش مصرف انرژی.
- از آنجایی که شاخص قیمت سایر نهاده‌ها بر شدت انرژی اثر مستقیم دارد، می‌توان انتظار داشت با اعمال سیاست‌های مناسب از طریق کاهش قیمت سایر نهاده‌ها، به جایگزینی آنها با نهاده انرژی در تولید اقدام کرد.

منابع

الف- فارسی

اشرف‌زاده، حمیدرضا و نادر مهرگان (۱۳۸۷)، *اقتصاد سنجی پانل دیتا*، تهران: مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران، ۱۵۴ صفحه، صفحات ۱۳۶-۱۳۵.

بهبودی، داود، اصلانی‌نیا، نسیم مهین و سکینه سجودی (۱۳۸۹)، «تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران»، فصلنامه *مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۲۶، سال هفتم، پاییز، صفحات ۱۳۰-۱۰۵.

سیف، الهمراد (۱۳۸۷)، «شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی»، فصلنامه *مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۱۸، سال پنجم، پاییز، صفحات ۲۰۱-۱۷۷.

عباسی‌نژاد، حسین و داریوش وافی نجار (۱۳۸۳)، «بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS»، مجله *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۶، پائیز، صفحات ۱۳۷-۱۱۳.

عمادزاده، مصطفی، صفدری، مهدی، شریفی، علیمراد و رحیم دلالی اصفهانی (۱۳۸۲)، «تحلیلی از روند شدت انرژی در کشورهای OECD»، فصلنامه *پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۲۸، پاییز، صفحات ۱۱۸-۹۵.

کلانتری، باقر و عباس عرب‌مازار (۱۳۷۱)، «برآورد موجودی سرمایه ۱۳۳۸-۱۳۶۷ اقتصاد»، مجله علمی پژوهشی دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی، سال اول، شماره ۱.

مرکز آمار ایران، کارگاه‌های بزرگ صنعتی، نشریه *نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر*، سال‌های مختلف.

مرکز آمار ایران، نشریه *حساب‌های ملی*، سالهای مختلف.

وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶.

ب- انگلیسی

Baltagi, Badi H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, third edition, Johan Wiley and Sons, 366 pages.

Baumann, Florian (2008), Energy Security as multidimensional concept, Center for Applied Policy Research (C·A·P), Research Group on European Affairs, No.1, March 2008, PP. 4-14.

Breitung, J. & W. Meyer (1994), "Testing for Unit Roots in Panel Data: Are Wages on Different Bargaining Levels Cointegrated?", *Applied Economics*, No. 26, PP. 353-361.

Cole, M. A. (2006), "Does Trade Liberalization Increase National Energy Use", *Economics Letters*, Vol. 92, No. 1, PP. 108-112.

Eviews, http://www.eviews.com/home.html

Fisher-Vanden, K., Jefferson, G.H., Liu, H. & Q. Tao (2004), "What is Driving China's Decline in Energy Intensity", *Resource and Energy Economics*, Vol. 26, pp. 77-97.

Frankel, J. A. and K. Rose (1996), "Currency Crashes in Emerging Markets: an Empirical Treatment", *Journal of International Economics*, Vol. 41.

Hang, Leiming and Meizeng, Tu (2007), "The Impacts of Energy Prices on Energy Intensity: Evidence from China", *Energy Policy*, Vol. 35, PP. 2978-2988.

Hsiao (2003), *Analysis of Panel Data*, 2nd Edition, Cambridge University Press, Ch. 4, PP. 1-4.

Irawan, Tony, Hartono, Djoni and Noer Azam Achsani (2010), "An Analysis of Energy Intensity in Indonesian Manufacturing", Department of Economics Padjadjaran University, Working Paper in Economics and Development Studies, No. 201007.

Kumar, A. (2003), "Energy Intensity: A Quantitative Exploration for Indian Manufacturing", SSRN Paper No. 468440.

Liu, C. P. and G. Y. Han (2008), "Determinants of Aggregate Energy Intensity with Consideration of Intra industry Trade", *Industrial Electronics and Applications*, PP. 716-719.

Metcalf, Gilbert E. (2008), "An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level", *The Energy Journal*, Vol. 29, No. 3, PP. 1-26.

Papadogonas, T. & J. Mylonakis (2007), "Energy Consumption and Firm Characteristics in the Hellenic Manufacturing Sector", *International Journal of Energy Technology and Policy*, Vol. 5: 1, pp. 89-96.

Papadogonas, Theodore A., Floutsakos, Michalis G. and John Mylonakis (2005), "Firm Size and National Environmental Policies, Evidence from Greece", *International Journal of Environmental Technology and Management*, Vol. 5, Number 4, PP. 426-431(6).

Sahu, Santosh and K. Narayanan (2009), "Determinants of Energy Intensity in Indian Manufacturing Industries: A Firm Level Analysis", MPRA Paper, No. 21646.

Shi, X. and K. R. Polenske (2005), "Energy Prices and Energy Intensity in China: A Structural Decomposition Analysis and Econometric Study", 06-006 Working Paper, MIT CEEPR.

Vanden K. F., Jeferson, G. H., Hangmei, L. & T. Quan (2002), "What is Driving China's Decline in Energy Intensity", P. 787.

Wing Sue, I. (2008), "Explaining the Declining Energy Intensity of the U. S. Economy", *Energy Economics*, No. 30, PP. 21-49.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی