مجله‌ی بررسی‌های آمار رسمی ایران
سال ۳۱، شماره‌ی ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، صص ۳۲۳ – ۳۴۶

عوامل مؤثر برشدت انرژی در سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)

احمدرضاعالی* و علی سایه‌میری

دانشگاه ایلام

چکیده. با توجه به‌ضرورت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، شناسایی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در اقتصاد کشورهای اوپک ضروری به نظر می‌رسد. شدت انرژی بیانگر انرژی لازم برای تولید یک واحد محصول در سطح ملی است. شدت انرژی در سطح یک صنعت یا یک فرایند تولیدی خاص برحسب واحدهای فیزیکی محاسبه می‌شود. مقدار فیزیکی شدت انرژی حاصل تقسیم میزان انرژی مصرف‌شده به محصول تولیدشده است. شدت انرژی تولید ناخالص داخلی معیاری برای اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی انرژی در اقتصاد است که با نسبت واحدهای انرژی مصرف شده به یک واحد تولید ناخالص داخلی مورد سنجش قرار می‌گیرد. با توجه به نقش و اهمیت شدت انرژی، در این مقاله به بررسی تأثیر متغیرهای قیمت انرژی (نفت)، تولید ناخالص داخلی، شاخص قیمت تولیدکننده و تکنولوژی با استفاده از روش داده‌های پانل دیتا طی سال‌های ۲۰۱۸ -۱۹۹۵ برای کشورهای عضو اوپک پرداخته شد. نتایج حاکی از تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر قیمت انرژی به مقدار ۰٫۰۳-، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (۰٫۰۰۴-) و سرمایه به نیروی کار به مقدار ۰٫۱۳- همچنین تأثیر مثبت شاخص قیمت تولیدکننده (۰٫۰۴۴) بر شدت انرژی است که تأثیر متغیره مطابق انتظار است.

واژگان کلیدی: شدت انرژی، مصرف انرژی، اوپک، الگوی داده‌های پانل دیتا.

---

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات
دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۴، پذیرش:۱۴۰۱/۷/۱۷.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

۱- مقدمه

شدت انرژی، شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در سطح اقتصاد ملی هر کشور است که از تقسیم مصرف نهایی انرژی (و یا عرضه انرژی اولیه) بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌گردد و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پول)، چه مقدار انرژی به‌کار رفته است. عوامل بسیاری در تعیین شدت انرژی یک کشور مؤثر است. شدت انرژی می‌تواند متأثر از سطح استانداردهای زندگی، عوامل آب و هوایی یا ساختار اقتصادی و صنعتی یک کشور باشد. کشورهایی که دارای سطح بالاتری از استاندارد زندگی هستند، مصرف بیشتری داشته و در نتیجه، این امر بر شدت انرژی آن‌ها تأثیر می‌گذارد [۱].

در کشورهای در حال توسعه، معمولاً علت اصلی بالا بودن شدت انرژی، ناکارا بودن به‌کارگیری انرژی در تولید و مصرف است. به‌طور کلی، با مقایسه این شاخص در سال‌های مختلف و میان کشورهای مختلف، می‌توان روند استفاده از منابع انرژی در فرایند تولید ملی کشورها را ارزیابی نمود.

شدت انرژی شاخصی است که معمولاً برای ارزیابی نحوه استفاده از انرژی در سطح کلان کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. شدت انرژی نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات چه میزان انرژی به‌کار رفته است. برای محاسبه شدت انرژی می‌توان مصرف نهایی انرژی را بر تولید ناخالص داخلی تقسیم کرد. تغییرات شاخص مزبور در طول زمان حکایت از آثار بهبود کارایی، تغییرات و اصلاحات ساختاری در اقتصاد کشور، تغییر در فعالیت‌ها و بخش‌های مصرف‌کننده انرژی و نیز جانشینی بین سوخت‌ها دارد. این شاخص می‌تواند اطلاعات مفیدی در خصوص عملکرد انرژی کشورهای مختلف بیان کند.

بررسی روند تغییرات شدت انرژی در کشورهای توسعه‌یافته نشانگر این واقعیت است که طی سال‌های اخیر میزان شدت انرژی در این کشورها کاهش چشمگیری یافته و دلیل اصلی آن بالا رفتن کارایی حرارتی وسایل مصرف‌کننده انرژی به‌دلیل فناوری برتر و همچنین صرفه‌جویی در مصرف انرژی بوده است؛ اما در کشورهای در حال توسعه، شدت انرژی همچنان بالاست و سهم عمده مصرف انرژی، صرف بخش‌های غیر تولیدی می‌شود. به‌عنوان نمونه در کشور ایران قیمت ارزان انرژی، وفور این منبع خدادادی، عدم

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

برنامه‌ریزی درست، فقدان سیاست مناسب برای اصلاح ساختار مصرف، تولید و توزیع باعث اتلاف شدید انرژی در کشور شده است، به‌گونه‌ای که امروزه ایران با توجه به ساختار اقتصادی خود یکی از کشورهای پرمصرف به شمار می‌آید. لذا لازم است جهت کاهش مصرف و بالطبع شدت انرژی از تجارب کشورهای موفق استفاده نماید [۱۰].

تجزیه شدت انرژی این امکان را فراهم می‌کند که اثر تغییرات ساختاری اقتصاد بر شدت انرژی را از ارتقاء بهره‌وری در مصرف انرژی، تمیز دهیم؛ به‌عبارت دیگر، تجزیه شدت انرژی، اثر دو عامل کلیدی مؤثر بر تغییر در شدت انرژی، یعنی افزایش بهره‌وری و تغییر در فعالیت‌های اقتصادی را از یکدیگر جدا می‌کند تا بتوان عامل مهم‌تر را در کاهش یا افزایش شدت انرژی طی دوره‌های مختلف شناسایی کرد [۴].

تاریخ تحولات انرژی نشان‌دهنده این امر مهم است که انرژی به یک عامل سیاسی در روابط بین‌المللی مبدل شده و کشورهای عمده صادرکننده آن، هرگز نتوانسته‌اند از تأثیر سیاسی آن بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی خود به دور باشند. همچنین با توجه به اینکه بخش قابل توجه یعنی بیش از ۶۵ درصد ذخایر نفت خام جهان در این منطقه قرار دارد و همچنین اعضای اوپک تولیدکننده قریب به ۴۰ درصد از نفت جهان هستند که این مقدار نفت به‌راحتی پاسخگوی تقاضای جهانی نفت خام در آینده‌ای قابل پیش‌بینی خواهد بود؛ و از نظر صادرات نفت بیش از ۶۰ درصد تجارت نفت دنیا را در دست دارد. لذا اهمیت این موضوع برای کشورهای صاحب انرژی جهان سوم، دو چندان بوده و شناسایی انرژی و مسائل مربوط به آن از جمله تأثیرات انرژی در تولید و رشد اقتصادی کشورهای صنعتی و همچنین روند شدت انرژی می‌تواند راه‌گشای برخی از مشکلات آن‌ها باشد.

این مقاله شامل شش بخش است: بخش اول مربوط به مقدمه، در بخش دوم چارچوب نظری را مورد بررسی قرار می‌دهد، در بخش سوم مروری بر ادبیات داخلی و خارجی شدت انرژی، بخش چهارم روش برآورد و مدل مورد بررسی، در بخش پنجم و ششم به ترتیب معرفی داده‌ها و تخمین و تفسیر بیان شده است. سرانجام نتیجه‌گیری مقاله ارائه گردیده است.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

۲- چارچوب نظری

تحولات شدت انرژی می‌تواند ناشی از تغییر در کارایی مصرف انرژی یا تغییر ساختار اقتصاد باشد. چنان‌چه حجم تولید ناخالص داخلی ثابت باشد و کارایی مصرف انرژی بالا رود، آنگاه شدت انرژی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر تغییر در ساختار اقتصاد و تولید می‌تواند باعث تغییر در شدت انرژی شود. به‌عبارت‌دیگر شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل واقع می‌شود یکی مصرف انرژی و دیگری میزان تولید، یعنی:

$$EI = F(ED, GDP) \quad (۱)$$

EI: شدت انرژی

ED: مصرف انرژی

GDP: تولید ناخالص داخلی

فیشر – وندن و همکاران [۱۸]، در کل برای تشخیص عوامل مؤثر بر شدت انرژی فرض کرده‌اند که هدف کلی اقتصاد حداقل‌سازی تابع هزینه کل با فرم کاب–داگلاس به‌صورت رابطه‌ی ۲ است:

$$C(P_K, P_L, P_E, P_M, Q) = A^{-1} P_K^{aK} P_L^{aL} P_E^{aE} P_M^{aM} \quad (۲)$$

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[۱]، در تابع بهینه‌شده 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:

$$E = \frac{\alpha_E A^{-1} P_K^{aK} P_L^{aL} P_E^{aE} P_M^{aM} Q}{P_E} \quad (۳)$$

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

$$\frac{E}{Q} = \frac{\alpha_E A^{-1} P_K^{aK} P_L^{aL} P_E^{aE} P_M^{aM} Q}{P_E} \quad (۴)$$

بنابراین شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل مهم تکنولوژی تولید و قیمت نسبی سایر نهاده‌های تولید به نهاده انرژی، قرار دارد. با توجه به مبانی نظری موجود، هر چه سطح تکنولوژی بالا باشد، برای تولید مقدار معین تولید (مثلاً یک واحد) به نهاده‌های تولیدی

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

(ازجمله 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 به‌عبارت دیگر انرژی به‌طور نسبی نهاده ارزان‌تری باشد، تمایل به جایگزینی نهاده انرژی بیشتر خواهد بود.

۳- پیشینه تحقیق

از میان مطالعات تجربی که به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی پرداخته‌اند، می‌توان به چند مورد از مطالعات خارجی و داخلی اشاره کرد.

۳-۱- مطالعات خارجی

وندن و کوان [۳۴]، 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 به‌ظاهر 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.

کومار [۲۵]، در مقاله‌ای با عنوان «شدت انرژی: اکتشاف کمی برای کارخانه‌های تولیدی هند» با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه برای شناسایی عوامل مهم مؤثر برشدت 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 است.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

پاپادوگنز و همکاران [۳۰]، در مطالعه‌ای با عنوان «اندازه شرکت و سیاست‌های زیست‌محیطی ملی، شواهد از یونان» به بررسی اثر اندازه بنگاه برشدت انرژی برق در میان صنایع کشور یونان پرداخته و نشان داده‌اند که برخلاف انتظار، بنگاه‌های کوچک از شدت انرژی به‌مراتب پایین‌تری برخوردار بوده و اندازه بنگاه اثری کاهنده بر شدت انرژی برق دارد.

کول (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 می‌یابد. همچنین مطالعه وی نشان‌دهنده اثر مثبت GDP سرانه و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار بر شدت انرژی است. هنگ و تو در کشور چین نیز به نتایج مشابهی رسیده است [۲۱].

پاپادوگنز و مایلو ناکیس [۳۰]، 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 هیئت‌رئیسه 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.

لیو و هان [۲۶]، 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 به‌عنوان شاخص تکنولوژی اثری منفی بر شدت انرژی در کشور چین دارند. همچنین نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر مثبت شاخص قیمت تولیدکننده (به‌عنوان معیاری برای قیمت سایر نهاده‌های تولید) بر شدت انرژی در این کشور است. بدیهی است هر چه سطح تکنولوژی بالاتر باشد، به‌کارگیری ماشین‌آلات نسبت به نیروی انسانی نیز بالاتر رفته و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار افزایش می‌یابد. همچنین شی و پلنسک [۳۳]، 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.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

وینگ [۳۵]، در پژوهشی با عنوان «توضیح کاهش شدت انرژی اقتصاد ایالات متحده» نشان داده است که افزایش قیمت انرژی نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش شدت انرژی این کشور داشته، در حالی‌که اثر نوآوری ناچیز بوده است. مطالعه‌ی متکالف [۲۷] در ایالات متحده نیز نشان‌دهنده اثر منفی قیمت انرژی و اثر مثبت GDP سرانه بر شدت انرژی بوده است.

ساهو و ناریان [۳۲]، مطالعاتی با عنوان «عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع تولیدی هند: تجزیه‌وتحلیل سطح شرکت» در میان بنگاه‌های صنعتی کشور هند و در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ 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 و همکاران [۲۴]، با مطالعه‌ای تحت عنوان «تجزیه‌وتحلیل شدت انرژی در کارخانه‌های تولیدی اندونزی» با استفاده از روش پنل دیتا در طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۰۸ 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.

اینگلسی لوتز و پوریس [۲۳]، در مطالعه‌ای با عنوان «کارایی انرژی در آفریقای‌جنوبی: عمل تجزیه» و با استفاده از روش تجزیه عوامل تأثیرگذار روی شدت انرژی در آفریقای جنوبی بین سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۳ را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییر ساختار اقتصاد به نفع بخش‌های دارای انرژی‌بری کمتر، به کاهش شدت انرژی منجر می‌شود.

آدام و کواکوا [۱۳]، در مطالعه‌ای با عنوان «تأثیر تغییر ساختار تجاری و عوامل فنی بخش تولید بر شدت انرژی در غنا»، نشان دادند که با رشد فعالیت‌های تولیدی با انرژی‌بری بالا، شدت انرژی در غنا افزایش می‌یابد، ولی تغییرات درون بخشی و میان‌بخشی در اقتصاد می‌تواند اثر ارزش‌افزوده صنعت روی شدت انرژی را تغییر دهد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بعداً اصلاحات جنبه‌های فنی و همچنین تغییر ترکیب تولید به سمت تولیدات با مصرف انرژی کمتر، به کاهش شدت انرژی در غنا منجر شده است.

آدام [۱۲]، در پژوهشی تحت عنوان «عدم تقارن اثر عوامل مؤثر بر شدت انرژی در نیجریه»، با استفاده روش OLS کاملاً اصلاح‌شده و رگرسیون همجمعی در بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۱ به بررسی تغییر اثرگذاری عوامل مؤثر بر شدت انرژی در پی وقوع شکست

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

ساختاری در نیجریه پرداخته و نشان داده است که قیمت انرژی، جریان مستقیم خارجی و درجه باز بودن تجاری، اثر منفی بر شدت انرژی داشته‌اند و این اثر، بعد از وقوع شکست ساختاری تشدید شده، همچنین ارزش‌افزوده صنعت، اثر مثبت بر شدت انرژی داشته، ولی بعد از وقوع شکست ساختاری به دلیل تغییرات ساختاری درون‌بخشی ناشی از حرکت بنگاه‌ها به سمت کارایی بیشتر در تولید، این اثر کاهش یافته است.

پارکر و همکاران [۳۱]، در پژوهشی با عنوان «کارایی انرژی در بخش تولید کشورهایOECD» تغییر کارایی انرژی در بخش تولید کشورهای OECD را برای سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۸۰ بررسی کردند. آن‌ها به این منظور از دو روش تجزیه و پانل دیتا استفاده کردند. روش نخست نشان داد که تغییر کارایی فنی، بیشتر از تغییر ساختاری در بهبود شدت انرژی نقش دارد. روش دوم نیز نشان داد که در این کشورها افزایش قیمت انرژی، کارایی مصرف آن را بهبود می‌بخشد.

گامتسا [۲۰]، در مطالعه‌ای با عنوان «اثر قیمت انرژی بر شدت انرژی: شواهدی از بخش تولید کانادا»، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده پانل تأثیر قیمت انرژی بر روی شدت انرژی در کانادا را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که قیمت انرژی، تأثیر منفی و معنی‌داری بر شدت انرژی داشته است.

۳-۲- مطالعات داخلی

عمادزاده و همکاران 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 [۱۰]. نتایج مطالعه نشان می‌دهد، نه‌تنها 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، نه‌تنها 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

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

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 وافی‌نجار در پژوهشی با عنوان «بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل‌ونقل با روش TSLS» طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۵۰، به بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل‌ونقل با روش SLS2، پرداخته‌اند [۸]. نتایج تخمین‌ها نشان می‌دهد که کشش‌های قیمتی، نسبتاً پایین و گویای آن است که تغییرات اندک قیمت انرژی به‌تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل‌توجهی 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 سیاست‌های تبعیض قیمت، برای انتقال مصرف از یک سوخت یا نهاده به سمت سوخت یا نهاده دیگر.

سیف، در یک مطالعه بین کشوری با عنوان «شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی»، به بررسی عوامل مؤثر برشدت انرژی در کشورهای مختلف با روش OLS، پرداخته است [۷]. در این مطالعه به بررسی عواملی همچون مساحت کشور، شاخص توسعه انسانی، شاخص درآمد سرانه، درصد جمعیت استفاده‌کننده از اینترنت و سهم ارزش‌افزوده بخش خدمات در تولید ناخالص داخلی به‌عنوان نماینده تغییرات ساختاری در اقتصاد کشورها، بر شدت انرژی پرداخته‌شده است. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر معکوس تغییرات ساختاری و اثر مثبت و معنی‌دار سایر متغیرها بر شدت انرژی است. درصد پوشش اینترنت اگرچه معنی‌دار بوده لیکن علامت آن برخلاف انتظار، مثبت و اندازه 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.

بهبود و همکاران 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

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

شدت انرژی ندارد، یعنی با پیشرفت تکنولوژی و افزایش به‌کارگیری تجهیزات سرمایه‌ای به‌جای نیروی‌کار، شدت انرژی افزایش می‌یابد [۴]. 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 به خاطر نبود مهارت‌های لازم در به‌کارگیری تمام ظرفیت‌های تجهیزات سرمایه‌ای دانست.

آرمن و تقی‌زاده در پژوهشی با عنوان «بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران»، با استفاده از روش پنل دیتا، تأثیر قیمت انرژی، تولید ناخالص داخلی و تکنولوژی را بر شدت انرژی در صنایع نه‌گانه ایران طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۷۴ مورد بررسی قرار داده‌اند [۳]. نتایج تحقیق، دلالت بر آن دارد که قیمت انرژی و سطح تکنولوژی، رابطه معکوس با شدت انرژی دارند و رشد مصرف انرژی، کمتر از رشد ارزش‌افزوده صنایع است؛ که دلالت برافزایش کارایی مصرف انرژی در صنایع بزرگ دارد.

عبدلی و ایرانشاهی در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران» در قالب روش پانل دیتا، به بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در تمام صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۵ پرداخته‌اند [۹]. نتایج نشان می‌دهد افزایش تجهیزات، سهم انرژی در تولید را در صنایع مختلف کاهش داده است. همچنین این نتیجه حاصل شد که در این صنایع، افزایش قیمت انرژی با تغییر قیمت‌های نسبی نهاده‌ها، می‌تواند موجب جانشینی سایر نهاده‌ها به‌جای انرژی و بهبود شدت انرژی شود.

درگاهی و بیابانی در پژوهشی با عنوان «نقش عوامل قیمتی، درآمدی و کارایی در شدت انرژی ایران»، با استفاده از روش تجزیه شاخصی و روش‌های اقتصادسنجی خودرگرسیونی، عوامل مؤثر بر شدت انرژی را برای سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۵۳ مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ناکارایی مصرف انرژی، اصلی‌ترین عامل پیش‌برنده شدت انرژی است [۵]. همچنین رشد سهم بخش صنعت از تولید، ارتقای بهره‌وری کل عوامل تولید و افزایش قیمت نسبی انرژی در بلندمدت و کوتاه‌مدت، از شدت انرژی می‌کاهد.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

۴- روش برآورد و مدل مورد بررسی

در این مطالعه از روش تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر داده‌های پنل جهت تخمین مدل استفاده می‌شود. مدل‌های پانل که در حال حاضر یکی از پررونق‌ترین موضوعات تحقیقی به شمار می‌روند از تلفیق داده‌های مقطعی و سری زمانی به دست می‌آیند یعنی در داده‌های ترکیبی یک فرد، کشور، کارگر و... را در طول زمان مشاهده کرده و متغیرهای مربوط به آن را اندازه‌گیری می‌کنیم [۲]. روش داده‌های ترکیبی نسبت به روش سری زمانی و داده‌های مقطعی دارای محاسن زیر است:

- تعداد مشاهدات به‌صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد و این مسئله موجب افزایش درجه آزادی و کاهش همخطی و افزایش کارایی می‌شود.
- داده‌های ترکیبی محققان را قادر می‌سازد به بررسی مسائلی بپردازند که امکان بررسی آن‌ها با داده‌های سری زمانی یا مقطعی وجود ندارد [۲۲].
- داده‌های تابلویی با ارائه داده برای هزاران واحد، می‌توانند تورشی را که ممکن است درنتیجه لحاظ کردن افراد یا بنگاه‌ها، به‌صورت جمعی و کلی حاصل می‌شود، حداقل سازد.

و ....

اگر برای یک داده ترکیبی الگوی رگرسیون زیر را در نظر بگیریم:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_i X_{it} + u_{it} \quad (۵)$$

می‌توان فروضی را برای رابطه (۵) وضع کرد.

هم‌شیب و هم‌عرض از مبدأ یکسان است (مدل مقید).

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + u_{it} \quad (۶)$$

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

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \quad (۷)$$

مدل غیرمقید رابطه (۷) 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 پارامتر ناشناخته است که باید تخمین زده شود؛ به‌عبارت دیگر، عرض از مبدأ در میان واحدهای انفرادی تغییر می‌کند و همین عرض از مبدأ انفرادی در طول زمان نیز ثابت نیست. در

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

مدل اثر تصادفی عرض از مبدأ تکی به‌صورت 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 به‌دست‌آمده از روش OLS و مجموع مربعات باقی‌مانده غیرمقید (URSS)، آماره F به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F = \frac{\frac{RRSS-URSS}{N-1}}{\frac{URSS}{NT-N-K}} \quad (8)$$

که در آن N تعداد مقاطع، K تعداد متغیرهای توضیحی مدل و NT تعداد کل مشاهدات است. در این آزمون فرض صفر نشان‌دهنده همگنی[۲] مدل و فرض مخالف نشان‌دهنده ناهمگنی مدل است؛ به‌عبارت دیگر فرض صفر در آزمون لیمر دلالت بر تلفیقی[۳] بودن داده‌ها و فرض مخالف حاکی از ترکیبی بودن آن‌ها است. در صورت رد فرض مدل ناهمگن بوده و از داده‌های ترکیبی جهت آزمون استفاده خواهد شد. در مرحله بعد انتخاب روش تخمین بین اثر ثابت[۴] و اثر تصادفی[۵] به‌وسیله آزمون هاسمن[۶] انجام می‌گیرد (هیسائو،[۲۲]). در آزمون هاسمن، فرض صفر بیانگر انتخاب روش تصادفی و فرض مخالف نشان‌دهنده اثر ثابت است. درصورت رد فرض صفر، اثر ثابت قابل‌پذیرش است [۱۴].

۴-۱- تصریح مدل

در این مطالعه از الگوی مشابه با الگوی ارائه‌شده توسط کول [۱۷]، هانگ و تو [۲۱]، متکاف [۲۷]، لیو و هان [۲۶]، استفاده می‌شود. مبنای این الگو رابطه (۳) 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:

$$P_Q = P_K^{\alpha K} P_L^{\alpha L} P_E^{\alpha E} P_M^{\alpha M} \quad (9)$$

به‌طوری که $\sum \alpha_x = 1$ است، بنابراین می‌توان رابطه (۳) را به فرم زیر نوشت:

$$E = \frac{\alpha_E A^{-1} P_Q Q}{P_E} \quad \text{یا} \quad \frac{E}{Q} = \frac{\alpha_E A^{-1} P_Q}{P_E} \quad (10)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

با لگاریتم‌گیری از تابع فوق خواهیم داشت:

$$\ln\left(\frac{E}{Q}\right) = \alpha + ln(A)_t + ln\left(P_Q\right)_t - ln(P_E)_t \quad (۱۱)$$

برای اندازه‌گیری A (اثر تکنولوژی) در مطالعات تجربی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال لیو و هان [۲۶] از نسبت نهاده سرمایه فیزیکی به نیروی‌کار به‌عنوان شاخص تکنولوژی استفاده کرده‌اند. بدیهی است که هرچه سطح تکنولوژی بالاتر باشد، به‌کارگیری ماشین‌آلات نسبت به نیروی انسانی بالاتر رفته و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار افزایش می‌یابد. هنگ وتو [۲۱] نیز از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مشارکت بخش خصوصی در فعالیت‌های اقتصادی، به‌عنوان عوامل مؤثر بر سطح تکنولوژی استفاده کرده‌اند. در این مطالعه با توجه به کار هنگ و تو، از میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی استفاده می‌شود؛ و سطح تکنولوژی به‌صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$A = f\left(\frac{K}{L}\right), FI \quad (۱۲)$$

که در آن، K موجودی سرمایه، L نیروی کار و FI میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است؛ بنابراین با جای‌گذاری رابطه‌ی ۱۲ در رابطه‌ی ۱۱، الگوی نهایی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$ln(e)_{it} = \alpha + \beta_0 ln\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \beta_1 ln(FI)_{it} + \beta_2 ln\left(P_Q\right)_{it} + \beta_3 ln(P_E)_{it} + \beta_4 ln(GDP)_{it} + V_i + U_t + \varepsilon_{it} \quad (۱۳)$$

در این مدل متغیرها به شرح زیر است:

$ln(e)_{it}$: لگاریتم شدت انرژی است. شدت انرژی شاخصی است که معمولاً برای ارزیابی نحوه استفاده از انرژی در سطح کلان کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. شدت انرژی نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات چه میزان انرژی به‌کار رفته است. برای محاسبه شدت انرژی می‌توان مصرف نهایی انرژی را بر تولید ناخالص داخلی تقسیم کرد. این شاخص می‌تواند اطلاعات مفیدی در خصوص عملکرد انرژی کشورهای مختلف بیان کند. مهم‌ترین موضوعی که وجود دارد، تبدیل ارزش تولید ناخالص داخلی کشورها برحسب یک مقیاس جهانی مانند دلار است. معمولاً پول ملی کشورها بر اساس دو معیار یا شاخص به دلار تبدیل می‌شود. شاخص نرخ ارز و شاخص برابری قدرت خرید در این

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

تحقیق از شاخص برابری قدرت خرید در تبدیل تولید ناخالص داخلی به دلار استفاده شده است. به لحاظ نظری انتظار بر این است با افزایش در شدت انرژی میزان مصرف انرژی افزایش یابد.

$ln(FI)$: شاخص سرمایه‌گذاری خارجی را نشان می‌دهد.

$ln(P_E)$: لگاریتم قیمت انرژی است که قیمت انرژی به قیمت ثابت سال پایه ۱۹۷۶ تبدیل‌شده است.

$ln(P_Q)$: لگاریتم شاخص قیمت تولیدکننده است.

$ln(GDP)$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی است.

K: موجودی سرمایه فیزیکی و L: کل نیروی‌کار شاغل است.

کل آمار فوق طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۹۵ برحسب قیمت پایه ۲۰۰۵ است و از بانک جهانی و سایت اوپک گردآوری و با نرم‌افزار Eviews9 تجزیه و تحلیل شده‌اند.

۵- معرفی داده‌ها

در این بخش به‌منظور روشن شدن عوامل مؤثر بر شدت انرژی به توضیح متغیرهای مورد بررسی پرداخته می‌شود.

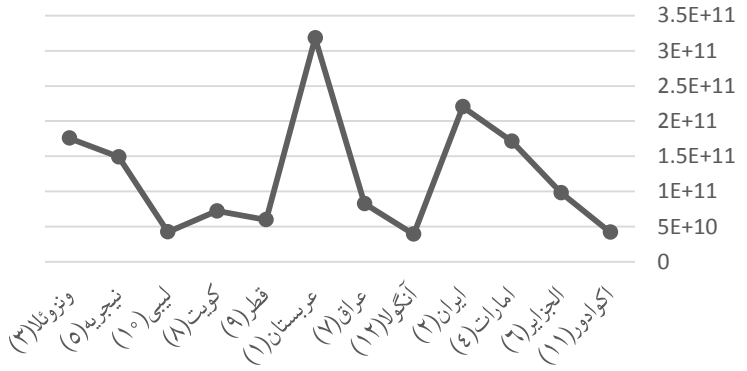
متغیر تولید ناخالص داخلی

تولید ناخالص داخلی یک متغیر کلان اقتصادی مرتبط با رشد اقتصادی است و معمولاً افزایش در این متغیر نشان‌دهنده بهبود سطح متوسط رفاه اقتصادی است. بازه زمانی مورد نظر دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۵ بوده و بر اساس قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ بوده آمار مورد استفاده برای تولید ناخالص داخلی، بانک جهانی است؛ داده‌های GDP اغلب بهترین معیار قابل دسترسی برای مقایسه بین کشوری است.

همان‌طور که در جدول مشخص است میانگین تولید ناخالص داخلی این چند سال مربوط به عربستان با ۳۱۸۰۵۱ میلیارد دلار و بعد از آن ایران به مقدار ۲۲۰۳۳۴ میلیارد دلار هست همچنین کمترین مقدار هم مربوط به آنگولا به مقدار ۳۹۲۱۷ میلیارد دلار می‌باشد.

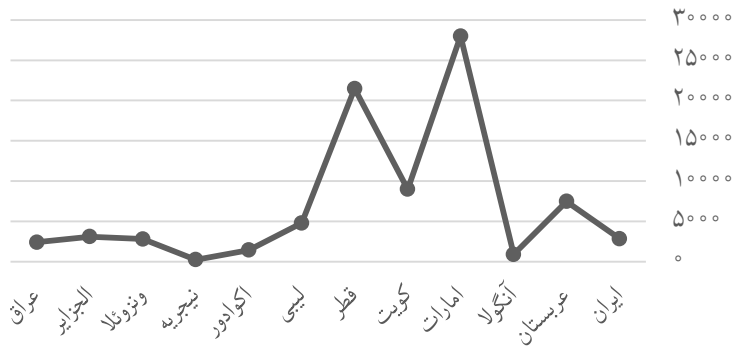
[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]



شکل ۱- متغیر تولید ناخالص داخلی

متغیر سرمایه به نیروی کار

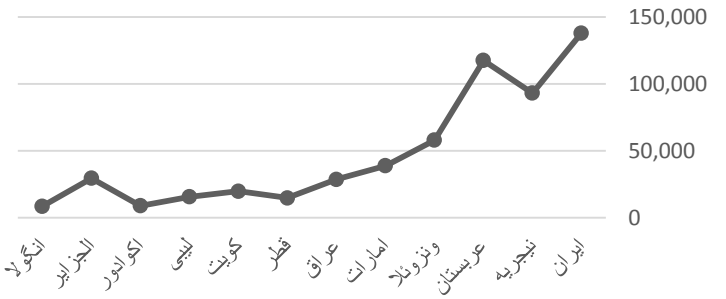


شکل ۲- سرمایه به نیروی کار

با توجه به جدول ۲ بیشترین مقدار سرمایه متعلق به کشور امارات به مقدار ۲۸۰۰۰ میلیارد دلار و بعد از آن کشور قطر به مقدار ۲۱۴۷۵ میلیارد دلار همچنین کمترین مقدار کشور نیجریه به مقدار ۲۲۰ میلیارد دلار است.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]



شکل ۳- مصرف انرژی

نمودار ۳ میانگین مصرف انرژی کشورهای اوپک در بازه زمانی مورد نظر را نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول پیداست بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به کشور ایران به مقدار ۱۳۷۸۶۴ کیلوتن معادل نفت خام هست و پس از آن عربستان (۱۱۷۴۵۶) و نیجریه به مقدار ۹۳۱۰۶ و همچنین کمترین مقدار مربوط به آنگولا (۸۵۵۰) و بعد از آن اکوادور به مقدار ۸۸۶۰ کیلوتن هست.

۶- تخمین معادله و تفسیر نتایج

۶-۱- آزمون ریشه واحد

پیش از برآورد مدل به‌منظور بررسی مانا بودن متغیرهای موجود در مدل آزمون ریشه واحد پسران و شین[۷] برای متغیرهای موجود در مدل در سطح با عرض از مبدأ و بدون روند انجام‌شده است؛ نتایج بررسی آزمون مانایی متغیرها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از تخمین آزمون ریشه واحد متغیرها

نام متغیر	$ln(e)_{it}$	$ln\left(\frac{K}{L}\right)$	$lnFI$	lnP_E	lnP_Q	$lnGDP$
آزمون پسران و شین	-۰/۳۴۱۹۳	-۱/۷۰۳۳۵	-۰/۴۰۴۰	-۵/۲۱۸۸	۱/۳۸۴۴	۷/۲۳۸۵
P-Value	۰/۳۶۶۲	*۰/۰۴۴۳	۰/۳۴۳۱	*۰/۰۰۰۰	۰/۹۱۶۹	۱/۰۰۰
تفاضلی مرتبه اول	-۱۰/۲۴۴۱	-	-۸/۸۹۹۴	-	-۳/۰۲۴۰	-۷/۰۵۴۳
P-Value	۰/۰۰۰۰	-	۰/۰۰۰۰	-	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰
نتیجه	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$	$I(1)$

* مانا در سطح و با روند

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

نتایج نشان‌دهنده این است به‌جز متغیر قیمت انرژی و سرمایه تمامی متغیرها در سطح ۵ درصد نامانا هستند و با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند.

۶-۱-۱- آزمون همجمعی

تخمین مدل در حالت نامانا بودن متغیرها باعث ایجاد رگرسیون کاذب در مدل می‌شود. برای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب روش‌های تفاضل گیری و آزمون همجمعی وجود دارد، اما هنگام استفاده از تفاضل متغیرها در برآورد ضرایب الگو اطلاعات ارزشمندی در رابطه با سطح متغیرها از دست می‌رود. لذا این روش برای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب مناسب نیست. می‌توان برای رفع این مشکل از آزمون همجمعی استفاده کرد. در این مقاله به‌منظور بررسی آزمون همجمعی در مدل‌های مورد استفاده از روش ارائه‌شده انگل- گرنجر تعمیم‌یافته استفاده می‌شود. در این آماره فرض صفر برابر عدم وجود همجمعی و فرض مخالف آن وجود همجمعی بین متغیرهای مدل است.

جدول ۲- آزمون همجمعی برای داده‌های ناپایا

متغیر	آماره	احتمال
U(t)	-۱٫۹۹۶۹	۰٫۰۲۲۹

نتایج بررسی آزمون همجمعی در جدول ۲ نشان‌دهنده این است که فرض صفر در سطح اطمینان ۵ درصد رد می‌شود؛ بنابراین، براساس آماره، همجمعی معادله برقرار است؛ بنابراین مشکل رگرسیون کاذب در مدل‌های تخمینی وجود نخواهد داشت.

۶-۲- آزمون‌های تشخیصی

نظر به این‌که داده‌های مدل از نوع ترکیبی[۸] است، برای تعیین نوع روش برآورد مدل، از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود. ابتدا با استفاده از آزمون چاو[۹] نوع رویکرد تلفیقی یا ترکیبی[۱۰] 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 [۲]. نتایج آزمون‌ها در جدول ۳ ارائه‌شده است.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

جدول ۳- نتایج آزمون چاو و هاسمن

آزمون چاو	۱۲۵/۴۰۱۱	آماره F
	۰/۰۰۰۰	احتمال
آزمون هاسمن	۸۲/۳۶۴۲	آماره Chi
	۴	درجه آزادی
	۰/۰۰۰۰	احتمال
	ثابت	تصادفی بودن یا ثابت بودن اثر

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 ارائه‌شده، شدت انرژی کشورهای اوپک برای دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۵ به‌صورت زیر (جدول ۴) تخمین زده شده است.

۶-۳- تخمین و تفسیر

برآوردهای OLS معمولی در شرایطی که در داده‌ها تغییرپذیری زیادی وجود داشته باشد، نمی‌توانند بهترین باشند؛ مثلاً اگر ناهمسانی واریانس در داده‌ها وجود داشته باشد؛ روش ایده‌آل روشی است که برای مشاهدات با تغییرپذیری زیاد وزن کمتری نسبت به مشاهدات با تغییرپذیری کمتر قائل شود. روش OLS از این روش پیروی نمی‌کند و به همه مشاهدات وزن برابر می‌دهد، در حالی‌که روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) تفاوت‌ها را به‌طور دقیق موردتوجه قرار می‌دهد [۱۱]. با توجه به این‌که این تحقیق ۱۲ کشور عضو اوپک را مورد بررسی قرار می‌دهد که معمولاً دارای تفاوت‌های زیادی در تمامی زمینه‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی هستند. از این‌رو ناهمسانی زیادی بین داده‌های این کشورها وجود دارد که برای برطرف شدن مشکل تخمین‌زننده‌ها از روش GLS در این تحقیق استفاده‌شده است.

با توجه به جدول ۴ ضریب تعیین ۹۸ درصد هست که مدل از قدرت توضیح‌دهندگی بالایی برخوردار است همچنین معنی‌داری کلی رگرسیون در سطح بالایی معنی‌دار است. جدول ۴ 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 و مقدار تقاضای انرژی و به تبع آن شدت انرژی را تأیید می‌کند و همان‌طور که انتظار می‌رود

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

شدت انرژی تابعی معکوس از سطح قیمت انرژی است. به این معنی که با افزایش (کاهش) یک واحدی قیمت انرژی شدت انرژی به مقدار ۳ درصد کاهش (افزایش) می‌یابد. در واقع با افزایش سطح قیمت انرژی، کشورها به افزایش سطح کارایی و بهره‌وری خود اقدام می‌کنند و هر واحد محصول را با سطح مصرف انرژی کمتری تولید می‌نمایند.

جدول ۴- تخمین مدل شدت انرژی

متغیر وابسته $ln(e)_{it}$		
متغیر	ضرایب	احتمال
$lnGDP$	-۰/۰۲۴۰	۰/۰۰۶
$ln\left(\frac{K}{L}\right)$	-۰/۱۳۳۱	۰/۰۰۰
$ln(FI)$	-۰/۰۰۴۲	۰/۰۲۵
$ln(P_E)$	-۰/۰۲۸۸۸	۰/۳۵۶
$ln(P_Q)$	۰/۰۴۴۶	۰/۱۸۷
C	۵/۵۰۶۸	۰/۰۰۰
$R^2 = ۰/۹۸$	$F = ۳۲۳/۶۱$	
$\bar{R}^2 = ۰/۹۸$	$DW = ۱/۹۹$	

اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر شدت انرژی، منفی و معنی‌دار است. در واقع با افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تکنولوژی‌های جدید و کارآمد وارد کشور می‌شوند و شدت انرژی، از این طریق کاهش می‌یابد. در واقع با افزایش (کاهش) یک واحدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی شدت انرژی به مقدار ۰/۰۰۴ کاهش (افزایش) می‌یابد. همچنین اثر متغیر سرمایه به نیروی کار بر شدت انرژی مطابق سرمایه‌گذاری خارجی منفی و معنادار هست در واقع با افزایش یک واحدی سرمایه، شدت انرژی به مقدار ۱۳ درصد کاهش می‌یابد.

شاخص قیمت تولیدکننده نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر متغیر شدت انرژی دارد. مقدار این متغیر ۰/۰۴۵ است در واقع با افزایش یک واحدی این متغیر شدت انرژی به مقدار ۴ درصد افزایش می‌یابد و برعکس.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

۷- نتیجه‌گیری

انرژی به‌عنوان یکی از نهاده‌های تولید و همچنین نهاده استراتژیک از سال ۱۹۷۰ مورد توجه سیاست‌گذاران و اقتصاددانان قرار گرفت. نیاز روزافزون زندگی بشر به این نهاده، غیرقابل اغماض است.

همچنین نه‌تنها انرژی برای کشورهای پیشرفته صنعتی که مصرف‌کنندگان اصلی منابع انرژی جهان هستند، اهمیت زیادی دارد، بلکه برای کشورهای نفت‌خیز که دارای منابع عظیم انرژی هستند نیز حائز اهمیت است، زیرا این کشورها ناگزیر به درک این واقعیت‌اند که منابع نفتی، منابعی محدود و پایان‌پذیرند. عدم درک این واقعیت به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه چون کشورهای عضو اوپک، می‌تواند علاوه بر خساراتی که در شرایط جاری به اقتصاد این کشورها وارد می‌کند، زندگی و اقتصاد نسل‌های آینده را به‌طور جدی به مخاطره افکند. همچنین شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی برای برنامه‌ریزی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی از ضرورت بالایی برخوردار است. لذا 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 توجهی بر شدت انرژی دارد. این تأثیر حاکی از آن است که قیمت پایین انرژی سبب حرکت ساختار فعالیت‌ها به سمت صنایع انرژی‌بر به‌منظور بهره‌مندی از رانت‌های ناشی از یارانه‌های انرژی می‌شود و همچنین وجود یارانه‌های انرژی و به‌تبع آن پایین بودن قیمت انرژی عامل مهمی درافت بهره‌وری خواهد بود؛ بنابراین، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی، در واقع ارتقای بهره‌وری در مصرف انرژی به‌عنوان یکی از نهاده‌های تولید است.

با توجه به خروجی مدل بین شدت انرژی و تولید ناخالص داخلی رابطه منفی وجود دارد لذا تأثیر افزایش درآمد بر شدت انرژی توسط کاهش درآمد جبران نمی‌شود و این مطلب مؤید کارایی است. به این معنی که گرچه درآمد کاهش یافته است اما افت مصرف انرژی بیشتر بوده و لذا هر واحد GDP با مصرف انرژی کمتری تولید شده است. در کشورهای اوپک، شدت انرژی همچنان بالاست و به‌دلیل مشکلات ساختاری، علمی و تکنیکی از جمله استفاده از فناوری‌های قدیم و سنتی در این کشورها، امکان صرفه‌جویی انرژی در فرایندهای مختلف تولید، توزیع و مصرف وجود ندارد و این مسئله باعث رشد روز افزون

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

مصرف انرژی در این گروه کشورها نسبت به کشورهای توسعه‌یافته شده است. اما به‌هرحال باید از اقدامات مفید کشورهای توسعه‌یافته جهت کاهش شدت انرژی استفاده نمود. با توجه به نتایج بدست آمده توصیه می‌شود:

با توجه به اینکه با افزایش ارزش‌افزوده (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 انجام شود.

افزایش بهره‌وری تکنولوژی تولید و نوسازی تجهیزات تولید به‌منظور کاهش مصرف انرژی صورت گیرد.

از آنجایی‌که 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. از طرفی، به دلیل اثر منفی نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر شدت انرژی، بهتر است دولت‌ها زمینه‌های لازم برای سرمایه‌گذاری‌های خارجی را فراهم نماید.

توضیحات

1. Shephard’s Lemma
2. Homogeneity
3. Pooled
4. Fixed Effect Model
5. Random Effect Model
6. Hausman Test
7. Pesaran and Shin
8. pooled Model
9. chow Test
10. pooled or Panel

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

مرجع‌ها

[۱] ابراهیمی، محسن؛ ممی‌پور، سیاب؛ بنی‌مشهدی، میلاد (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی با تأکید بر اثر شکست ساختاری در ایران، پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، دوره ۱۹، شماره ۲، ۱۰۸-۸۷.

[۲] اشرف‌زاده، حمیدرضا و مهرگان، نادر (۱۳۸۷). اقتصادسنجی پانل دیتا، مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران، ۱۳۶-۱۳۵.

[۳] آرمن، عزیز و تقی‌زاده، سمیرا (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌های ایران. اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست.

[۴] بهبودی، داود؛ اصلانی‌نیا، نسیم؛ سجودی، مهین و سجودی، سکینه (۱۳۸۹). تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۲۶، ۱۳۰-۱۰۵.

[۵] درگاهی، حسن و بیابانی خامنه، کاظم (۱۳۹۵). نقش عوامل قیمتی، درآمدی و کارایی در شدت انرژی ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، ۲، ۳۸۴-۳۵۵.

[۶] سوری، علی (۱۳۹۲). اقتصادسنجی پیشرفته، انتشارات فرهنگ‌شناسی.

[۷] سیف، الهمراد (۱۳۸۷). شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۲۰۱-۱۷۷.

[۸] عباسی‌نژاد، حسین و وافی‌نجار، داریوش (۱۳۸۳). بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل‌ونقل با روش TSLS، مجله تحقیقات اقتصادی، ۱۳۷-۱۱۳.

[۹] عبدلی، قهرمان و ایرانشاهی، زینب (۱۳۹۳). تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌های اقتصادی، ۱۲۴-۱۰۳.

[۱۰] عمادزاده، مصطفی؛ صفدری، مهدی؛ شریفی، علی‌مراد و دلالی اصفهانی، رحیم (۱۳۸۲). تحلیلی از روند شدت انرژی در کشورهای OECD، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ۱۱۸-۹۵.

[۱۱] گجراتی، دامودار (۱۳۷۸). مبانی اقتصادسنجی، ترجمه حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[12] Adom, P.K. (2015). Asymmetric impacts of the determinants of energy intensity in Nigeria. Energy Economics, **49**, 570-580.

[13] Adom, P.K. and Kwakwa, P.A. (2014). Effects of changing trade structure and technical characteristics of the manufacturing sector on energy intensity in Ghana. Energy Economic, **35**, 475-483.

[14] Baltagi, B. H. (2005). Econometric Analysis of Panel Data, third edition, Johan Wiley and Sons, 366.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

[15] Baumann, F. (2008). Energy Security as multidimensional concept, Center for Applied Policy Research (C.A.P), Research Group on European Affairs, **1**, 4-14.

[16] Breitung, J. and Meyer, W. (1994). Testing for Unit Roots in Panel Data: Are Wages on Different Bargaining Levels Cointegrated?, Applied Economics, **26**, 353-361.

[17] Cole, M.A. (2006). Does Trade Liberalization Increase National Energy Use, Economics Letters, **92**, 108-112.

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

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

[20] Gamtessa, S.F. (2017). The effects of energy price on energy intensity: evidence from Canadian manufacturing sector. Energy Efficiency, **10**, 183-197.

[21] Hang, L. and Meizeng, Tu (2007). The Impacts of Energy Prices on Energy Intensity: Evidence from China, Energy Policy, 35, 2978-2988.

[22] Hsiao, C. (2003). Analysis of Panel Data, 2nd Edition, Cambridge University Press.

[23] Inglesi-Lotz, R., and Pouris, A. (2012). Energy efficiency in South Africa: a decomposition exercise. Energy Economics, **42**, 113-120.

[24] Irawan, T., Hartono, D. and Noer A. A. (2010). An Analysis of Energy Intensity in Indonesian Manufacturing, Department of Economics Padjadjaran University, Working Paper in Economics and Development Studies, **20**, 7-10.

[25] Kumar, A. (2003). Energy Intensity: A Quantitative Exploration for Indian Manufacturing. IGIDR Working Paper No. 152, http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.468440.

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

[27] Metcalf, G. E. (2008). An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level, The Energy Journal, **29**, 1-26.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]

[28] OPEC Annual Statistical Bulletin.

[29] Papadogonas, T. and Mylonakis, J. (2007). Energy Consumption and Firm Characteristics in the Hellenic Manufacturing Sector, International Journal of Energy Technology and Policy, **5**, 89-96.

[30] Papadogonas, T. A., Floutsakos, M. G. and Mylonakis, J. (2005). Firm Size and National Environmental Policies, Evidence from Greece, International Journal of Environmental Technology and Management, **5**, 426-431.

[31] Parker, S. and Brantley, L. (2016). Energy efficiency in the manufacturing sector of the OECD: Analysis of price elasticities. Energy Economics, **58**, 38-45.

[32] Sahu, S. and Narayanan, K. (2009). Determinants of Energy Intensity in Indian Manufacturing Industries, A Firm Level Analysis, MPRA Paper, No. 21646.

[33] Shi, X. and Polenske, K.R. (2005). Energy Prices and Energy Intensity in China: A Structural Decomposition Analysis and Econometric Study, Working Paper, MIT CEEPR.

[34] Vanden, K.F., Jeferson, G.H., Hangmei, L. and Quan, T. (2002). What is Driving China's Decline in Energy Intensity, 787.

[35] Wing Sue, I. (2008). Explaining the Declining Energy Intensity of the U. S. Economy, Energy Economics, **30**, 21-49.

[36] www.worldbank.org.

احمدرضا عالی
کارشناسی ارشد اقتصاد
ایلام، بلوار پژوهش، دانشگاه ایلام.
رایانشانی: re.aali@yahoo.com

علی سایه‌میری
دکترای اقتصاد
ایلام، بلوار پژوهش، دانشگاه ایلام.
رایانشانی: asayehmiri@gmail.com

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.25385798.1399.31.2.1.7]