Arshive of SID

مدلسازی شدت انرژی در صنایع کارخانه ای ایران

سعید راسخی

استاد اقتصاد، گروه اقتصاد بازرگانی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران

(نویسنده مسئول)

srasekhi@umz.ac.ir

سید پیمان اسدی

دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران

peymman.asadi@gmail.com

مائده کیانی

کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران

maede_kiani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۱

چکیده

در این مطالعه انواع و عوامل مؤثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از داده‌های قابل دسترس برای حدود ۷۵ هزار کارگاه صنعتی در سطوح سه و چهار رقم طبقه بندی ISIC مدلسازی شده است. بر اساس نتایج حاصل از شاخص‌های عددی مختلف برای تجزیه شدت انرژی، در مجموع عوامل تعیین کننده شدت انرژی در شاخص‌های غیر دیویژیایی (انواع لاسپیرز، پاشه و فیشر) به شکل مناسب‌تری عمل می‌کنند. در میان شاخص‌های دیویژیایی، مدل بکاررفته برای شاخص ضربی کل، بیشترین قابلیت توصیف‌کنندگی را داراست. نتایج برآورد الگوی تحقیق نشان می دهد که شدت نیروی کار اثر معنادار و مثبت و در مقابل، شدت سرمایه، شدت سود، نسبت مصرف انرژی دسته (کد چهار رقمی) به گروه (کد سه رقمی)، درجه جانشینی سوخت و فناوری اثر معنادار و منفی بر شدت انرژی دارند. همچنین، شدت تحقیق و توسعه و اندازه بنگاه به شکل غیرخطی اثر معناداری بر شدت انرژی دارند.

طبقه بندی JEL: Q40 ,Q49 ,L60 ,N75

کلید واژه‌ها: مدلسازی، تجزیه شدت انرژی، اثرات شدتی و ساختاری، صنایع کارخانه‌ای، ایران.

www.SID.ir

Arshive of SID

۱. مقدمه

یکی از رویدادهای قابل توجه در حوزه انرژی در چند دهه گذشته، کاهش قابل توجه شدت انرژی در کشورهای توسعه یافته بوده است که می توان آن را به دلیل وجود صنایع

کارخانه‌ای با تکنولوژی و بهره‌وری بالا که بهینه‌ترین استفاده را از عوامل تولید از جمله انرژی دارند، دانست(سریزمای و ویرسپاگن[1]، ۲۰۱۵). در حالی که کشورهای درحال توسعه دارای سهم پایین تری از انرژی‌های تجدیدپذیر، بهره‌وری کمتر در مصرف انرژی و جهت گیری تولیدات صنعتی به سمت محصولات با تکنولوژی پایین‌تر و انرژی‌بری بالاتر هستند (آلتنبورگ[2]، ۲۰۱۱).

اگرچه شدت انرژی می‌تواند وضعیت کلی اقتصاد را به لحاظ بهره‌وری مصرف انرژی نشان دهد ولی با تجزیه شدت انرژی به ویژه در صنایع کارخانه‌ای می‌توان عوامل موثر بر تغییر شدت انرژی را بررسی کرد. در این چارچوب، سطح فعالیت و فناوری از مهمترین عوامل موثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای هستند، بطوریکه، با افزایش سطح فعالیت اقتصادی، مصرف انرژی افزایش می‌یابد در حالی که بهبود فناوری در همان سطح فعالیت، موجب کاهش مصرف انرژی و بنابراین، کاهش شدت انرژی می‌گردد(دورو[3] ، ۲۰۱۵). در کنار این عوامل، استاندارد زندگی، بهینه‌سازی مصرف،ترکیب مصرف حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی، مسافت، شیوه و فناوری حمل ونقل، حوادث طبیعی و قیمت یا یارانه انرژی برشدت انرژی اثرگذار هستند(ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱).

بر اساس تراز نامه انرژی(۱۳۹۱)، ایران از لحاظ مصرف انرژی دارای وضعیت مناسبی نیست. بر اساس آمار این ترازنامه، سرانه مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی، خانگی، عمومی و تجاری، صنعت و حمل و نقل به ترتیب ۳,۳، ۱,۹، ۱,۵، ۱,۵ متوسط جهانی است. با مقایسه آمارهای شدت انرژی ایران با دیگر کشورها در نمودار(۱) مشاهده می‌کنیم که شدت انرژی در ایران نه تنها در همه دوره‌ها از متوسط جهانی بیشتر بوده، بلکه در اکثر دوره‌ها دارای شدت انرژی به مراتب بیشتری نسبت به کشورهای خاورمیانه و کشورهای نفتی بوده است(سازمان بین المللی انرژی، ۲۰۱۴).

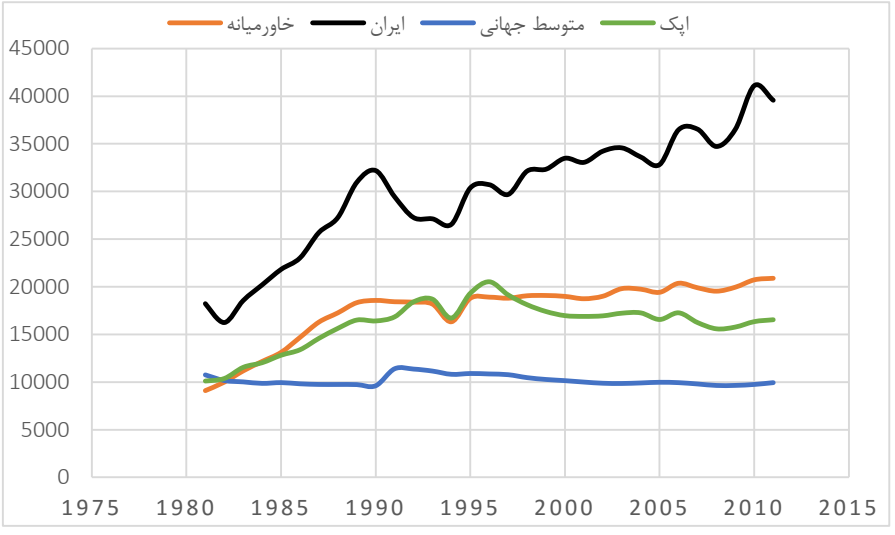
---

[1]. Szirmai and Verspagen
[2]. Altenburg
[3]. Duro

www.SID.ir

Arshive of SID

نمودار ۱. مقایسه شدت انرژی ایران با متوسط جهانی، اوپک و خاورمیانه (واحد بی تی یو/دلار)



منبع: تحقیق حاضر

مطالعات تجربی در خصوص موضوع تحقیق را می‌توان به سه دسته تفکیک کرد. دسته اول شامل مطالعاتی است که عوامل موثر بر مصرف انرژی را بررسی کرده‌اند که در این رابطه، می‌توان به اتریج[1] (۱۹۷۳)، روی[2] و همکاران(۱۹۹۹)، فیچدیک[3] و همکاران(۲۰۱۴) اشاره کرد. این مطالعات عموماً پیشرفت‌های تکنولوژیکی و تغییرات قیمتی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده مصرف و تقاضای انرژی در نظر می‌گیرند. دسته دوم مطالعاتی را شامل می‌شود که عوامل موثر بر شدت انرژی را آزمون کرده‌اند. از این مطالعات می‌توان به کومار و نارایان[4] (۲۰۱۱)، لی جیان[5] و همکاران(۲۰۱۴)، چیانگسونگ و وانکئون[6] (۲۰۱۵)، فیلیپ آدام[7](۲۰۱۵)، آرمن و تقی زاده(۱۳۹۲) اشاره کرد. این مطالعات، عوامل موثر بر شدت انرژی را به شکل مقایسه بین کشورهای مختلف و بین بخش‌های اقتصادی مختلف یک کشور بررسی کرده‌اند. دسته سوم که مطالعه حاضر نیز جزو این دسته می‌شود، ضمن تجزیه شدت انرژی به انواع آن، عوامل تعیین‌کننده انواع شدت انرژی را بررسی کرده‌اند. از این دسته مطالعات می‌توان به کیلی

1. Ethridge
2. Roy
3. Fischedick
4. Kumar and Narayan
5. Leijan
6. Chiungsong and wankeuoon
7. Philip Kofi Adam

www.SID.ir

Arshive of SID

و بوکیولی[1](۲۰۱۵)، چی وانگ[2]و همکاران(۲۰۱۵)، شاماسری و روی[3](۲۰۱۵)، روی و همکاران(۲۰۱۳)، جهانگرد و تجلی(۱۳۹۰)، بهبودی و همکارن(۱۳۸۹) اشاره کرد، که با بهره‌گیری از الگوهای مختلف و شاخص‌های تجزیه متفاوت، پویایی های شدت انرژی را مورد تجزیه تحلیل قرار داده اند. مزیت های مطالعه حاضر در مقایسه با دسته سوم شامل ۱) این مطالعه در خصوص بررسی عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای کشور به تفکیک ریز داده‌ها در سطح کارگاه‌های صنعتی، پیشرو است. ۲) مطالعات موجود داخلی تنها به تجزیه شدت انرژی در سطح دو رقم ISIC پرداخته‌اند و مطالعه‌ای در خصوص بررسی عوامل موثر بر آن انجام نشده است.

براساس نتایج تحقیق مصرف انرژی به همراه ارزش افزوده بخش صنعت در سال‌های مورد بررسی افزایشی بوده است. هر چند رشد ارزش افزوده بخش صنعت از رشد مصرف انرژی آن بیشتر است که دلالت بر کاهش شدت انرژی بخش صنعت دارد. همچنین علی رغم وجود نوساناتی در شدت انرژی، روند کلی آن در سال‌های مورد بررسی نزولی بوده است. این روند نزولی به چند دلیل تشدید شده است. به دلیل اینکه ارزش افزوده بخش تولیدات صنایع کارخانه‌ای ایران روندی افزایشی داشته است درحالی که افزایش مصرف انرژی به مراتب کمتر از روند افزایشی ارزش افزوده بوده است. آنچه در این بین از اهمیت قابل توجهی برخوردار است، تحول ساختاری در مصرف انرژی بخش صنعت است به طوریکه به دلیل سیاست‌های دولتی مصرف فرآورده های نفتی در بخش صنعت روندی نزولی داشته و گاز طبیعی و برق (با شدت کمتری) جایگزین آن شده است(جهانگرد و تجلی، ۱۳۹۱). قابل ذکر است که براساس نتایج بدست آمده از تحقیق، بیشترین شدت انرژی مربوط به صنایع فلزات اساسی و کانی‌های غیر فلزی و کاغذ و چوب در سال ۱۳۸۰ است و در پایان دوره تحقیق بیشترین شدت انرژی مربوط به صنایع کاغذ و چوب، فلزات اساسی و چوب و نساجی بوده است. همچنین در این دوره بیشترین بهره‌وری در انرژی در صنایع کانی‌های غیرفلزی و فلزات اساسی رخ داده و کمترین بهره‌وری در صنایع نساجی، صنایع غذایی و شیمیایی به وقوع پیوسته است.

هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی، تجزیه شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران و بررسی عوامل تعیین‌کننده انواع شدت انرژی این صنایع طی دوره‌ی زمانی ۸۶-۱۳۸۰ است. برای این منظور، ابتدا با بکارگیری از آخرین ریزداده‌های

[1]. Keli and Boqioolin
[2] .Ce wang
[3]. Shamasree and Roy

www.SID.ir

Arshive of SID

موجود برای حدود ۷۵ هزار کارگاه صنعتی، شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران در سطوح سه و چهار رقم طبقه بندی ISIC تجزیه شده و سپس، با استفاده از روش داده‌های تابلویی، عوامل تعیین‌کننده انواع شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران آزمون شده است.

ادامه مقاله به این صورت سازماندهی شده است که بعد از مقدمه در بخش اول، مبانی نظری در بخش دوم ارایه شده است. بخش سوم به تحلیل نتایج تجزیه شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران اختصاص دارد. در بخش چهارم، برآورد مدل و تحلیل نتایج ارایه شده است. نتیجه‌گیری در بخش پنجم آمده است.

۲. مبانی نظری

از جمله عوامل تاثیر گذار بر مصرف انرژی، قیمت است. در این خصوص بر طبق سچور[1] (۱۹۸۲) و یورگنسن[2](۱۹۸۴)، در هنگام افزایش قیمت انرژی و ثبات سایر شرایط، تولیدکنندگان تمایل به بکارگیری مقادیر کمتر نهاده انرژی خواهند داشت و آن را با نهاده‌های ارزانتر جایگزین می‌کنند. با تغییر قیمت انرژی، بخش‌های مصرف کننده انرژی، با بهینه‌سازی مصرف انرژی و تغییر در ترکیب نهاده در جهت کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کارایی انرژی حرکت می‌کنند. همچنین، قیمت انرژی بالاتر موجب پذیرش فناوری‌هایی می‌شود که از سهم بالاتری از سرمایه و کار استفاده می‌کنند. بنابراین، بهره‌وری نهایی عوامل کار و سرمایه کاهش می‌یابد، در حالی که بهره‌وری نهایی انرژی افزایش می‌یابد. از این رو قیمت انرژی بالاتر منجر به پذیرش فناوری‌هایی با کارایی انرژی بالاتر می‌شود (فیلیپ آدام، ۲۰۱۵). بعلاوه ارتباط مشخصی بین تغییر در قیمت انرژی و پیشرفت‌ها و نوآوری‌های تکنولوژیکی وجود دارد(متکالف[3]، ۲۰۰۸). سو وینگ[4] (۲۰۰۸)، با تمرکز بر رابطه‌ی میان قیمت انرژی، کارایی انرژی و شدت انرژی، سه کانال اثرگذاری قیمت انرژی بر شدت انرژی را جانشینی نهاده‌ها، ابداعات و تغییر در ترکیب صنایع مطرح می‌کند. تغییرات در انرژی مصرفی به شدت به پیشرفت‌های تکنولوژی وابسته است(روز و چن[5] ۱۹۹۱، موریلیو و لویس[6] ۲۰۰۵). سو

1. Schurr
2. Jorgenson
3. Metcalf
4. Sue wing
5. Rose and Chen
6. Murillo and Luis

www.SID.ir

Arshive of SID

وینگ(۲۰۰۸) عنوان می‌کند که پیشرفت تکنولوژی به لحاظ اهمیت اثر گذاری بر کارایی انرژی، پس از اثر قیمت قرار می‌گیرد. از طرفی اصلاح قیمت نهاده‌های انرژی موجب بهبود کارایی عرضه کننده‌های انرژی می‌شود(ابونوری و لاجوردی، ۱۳۹۲). سرمایه گذاری بر روی ابداعات، مرتبط با بهره‌برداری کارا از انرژی است (گروت[۱] و همکاران، ۲۰۰۱)، چرا که این سرمایه‌گذاری می‌توان درعین حالی که مصرف انرژی را کاهش دهد موجب بهبود تکنولوژی نیز شوند. پیشرفت فناوری با افزایش بهره‌وری موجب انتقال منحنی تولید به سمت بالا می‌شود و در نتیجه حداکثر تولید قابل حصول ارتقا می‌یابد. به طور کلی از میان تغییراتی که درون صنایع اتفاق می‌افتد، تغییر فناوری اثر غالب بر فرآیندهای صرفه‌جویانه انرژی دارد(فیلیپ آدام، ۲۰۱۵). بر طبق جفرسون[۲] و همکاران (۲۰۰۲)، فیشر وندن[۳] و همکاران (۲۰۰۴) و کومار (۲۰۰۳) مخارج تحقیق و توسعه در صنایع موجب تخصیص منابع جهت ابداع و نوآوری با هدف صرفه‌جویی مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی می‌شود. فعالیت‌های مبتکرانه موجب نوآوری در محصول و فرآیند تولید می‌شود و به دنبال آن بر شدت انرژی تاثیرگذار است. همچنین تحقیق و توسعه بر عملکرد تجاری بنگاه‌ها نیز اثر مثبت دارد. چرا که هزینه‌های تحقیق و توسعه به صورت بالقوه موجب گسترش و بهبود کیفیت فرآیند تولید می‌شود و در دستیابی به بازارهای خارجی تسهیل کننده است(کومار و نارایان، ۲۰۱۱).

تغییر در ترکیب صنایع نیز نقش تعیین کننده‌ای در کاهش شدت انرژی داردلوتز و پوریسا[۴]، ۲۰۱۲؛ لین و مبارک[۵]، ۲۰۱۴؛ هریراز[۶]و همکاران، ۲۰۱۳؛ هوبلر و کلر[۷]، ۲۰۱۰؛ سو و ژن[۸]، ۲۰۱۰). انتقال از ساختار صنعتی با انرژی بری بالا به ساختار صنعتی با انرژی اندوزی بیشتر، منجر به کاهش شدت انرژی کل می‌شود(آدام و کواکوا، ۲۰۱۴). شدت سرمایه بالاتر باعث افزایش شدت انرژی می‌شود. مشخصاً، بنگاه‌های با شدت سرمایه بالاتر از ماشین‌آلات بیشتری در فرآیند تولید استفاده می‌کنند. بنابراین، این بنگاه‌ها دارای مصرف انرژی بالاتر در مقایسه با سایربنگاه‌ها هستند(هارتونو و

[1]. Groot
[2] .Jefferson
[3]. Fisher-Vanden
[4]. Lotz and pourisa
[5]. Lin and Mobark
[6]. Herrerais
[7]. Hubler abd Keller
[10]. Su and Zhen

www.SID.ir

Arshive of SID

همکاران[1] ۲۰۱۱، کلیجوگ و همکاران[2] ۱۹۹۰، کومار و نارایان، ۲۰۱۱). نسبت نیروی کار ماهر مورد استفاده تاثیر مثبت بر پیشرفت تکنولوژیکی بر جای می گذارد و در نتیجه منجر به بهبود کارایی بهره‌برداری از منابع انرژی می‌شود. یادگیری در حین کار[3] نیز می‌تواند منجر به کاهش شدت انرژی شود(کومار و نارایان، ۲۰۱۱). در نتیجه بهره‌وری بالاتر عوامل تولید موجب سودآوری بیشتر شده و بنابراین، شدت انرژی را کاهش می‌دهد(ساهو و نارایانان[4]،۲۰۱۱). به علاوه بر طبق کومار[5](۲۰۰۳)، شدت سود[6]بالاتر به معنی دسترسی بیشتر به ماشین‌آلات جدید و با کارایی بالاتر است و استفاده از این ماشین‌آلات موجب کاهش در شدت انرژی می‌شود. در حالی که شدت تعمیرات بالاتر منجر به افزایش شدت انرژی می‌شود(ساهو و نارایانان،۲۰۱۱).

ادبیات متفاوتی در خصوص ارتباط بین اندازه بنگاه و شدت انرژی وجود دارد. در حالی که کلیجوگ و همکاران(۱۹۸۹)، اوسکوفسکی و شراما(۲۰۰۵)، برنارد و جانسن[7] (۲۰۰۱)، کومار(۲۰۰۳)، رابطه بین اندازه بنگاه و شدت انرژی را اثبات کردند. فاروق و یای[8](۲۰۱۰) تاکید می کنند که رابطه مشخصی بین اندازه بنگاه و کارایی بهره برداری از انرژی وجود ندارد و می‌تواند نتایج مثبت و منفی به همراه داشته باشد. استدلال گروه اول این است که اندازه بنگاه می‌تواند مشخصه‌های مختلف بنگاه، همچون مقیاس و صرفه‌های ناشی از آن را در برگیرد. بر این اساس ساهو و نارایان(۲۰۱۱) رابطه اندازه بنگاه و شدت انرژی را در نمونه کشورهای درحال گذار مورد بررسی قرار داده‌اند و عنوان می‌کنند این مسئله وابسته به نوع انرژی مصرفی بنگاه بوده و بر این اساس می‌تواند به رابطه مثبت و یا منفی منجر شود.

مطالعات مبتنی بر منحنی کوزنتس شدت انرژی(EIKC)[9] این سئوال را مطرح می‌کنند که آیا در مراحل اولیه، شدت انرژی با افزایش درآمد افزایش می‌یابد و سپس، بعد از یک مقدار بحرانی، کاهش می‌یابد(گالی[10]، ۱۹۹۸). در چارچوب ادبیات EIKC، اثرات

---

1. Hartonoet al
2. Kleijweg et al
3. Learning by doing
4. Sahu and Narayanan
5. Kumar
6. Profit intensity
7. Bernard and Jensen
8. Faruq and Yi
9. Energy intensity Kuznets Curve
10. Galli

www.SID.ir

Arshive of SID

فعالیت اقتصادی بر شدت انرژی بطورکلی به اثرات مقیاس[۱]، فنی[۲] و ترکیبی[۳] تقسیم می‌شود. اثر مقیاس به وضعیتی اشاره می‌کند که در آن، با افزایش مقیاس یا اندازه تولید، انرژی بیشتری مصرف شود. اثر ترکیبی در ارتباط با ساختار اقتصادی است(الیوت و همکاران[۴]، ۲۰۱۳). بطور معمول، کشورهای در حال توسعه، یک انتقال از بخش کشاورزی به بخش صنعت و در نهایت به بخش خدمات را تجربه می‌کنند. همان‌گونه که هریریاس[۵] و همکاران(۲۰۱۳) و آنتولر و همکاران[۶] (۲۰۰۱) مطرح می‌کنند، بخش صنعت انرژی بر است در حالیکه شدت انرژی بخش خدمات به مراتب پایین تر از بخش صنعت است. بدین ترتیب، اثر ترکیبی منجر به افزایش شدت انرژی در مراحل اولیه رشد و کاهش آن در مراحل بعدی رشد می‌شود(استرن[۷]، ۲۰۰۴ و الیوت و همکاران، ۲۰۱۳). این روند توسط اثر فنی در کشورهای برخوردار که توانایی انتقال فنی و ارتقای کارایی انرژی را دارند، تقویت می‌شود. به هر حال، این امکان وجود دارد که اثرات فنی و ترکیبی بر اثر مقیاس غلبه کنند و شدت انرژی کاهش یابد(جیانگ و همکاران[۸]، ۲۰۱۴). همچنین بر اساس اثر کشش[۹] (گروسمن و هلپمن؛[۱۰] ۱۹۹۱) و اثر فشار[۱۱] (هولمز و اسکمیتز[۱۲]، ۲۰۰۱) آزادسازی تجاری، شانس تقلید و یادگیری از خارجیان را تقویت می‌کند و بنگاه های داخلی را برای پذیرش فناوری‌هایی با بهره‌وری انرژی بالاتر تحت تاثیر قرار می دهد و در نهایت رقابت ناشی از باز شدن اقتصاد موجب کاهش مصرف انرژی در کشور میزبان می‌شود. البته کول[۱۳](۲۰۰۶) و فیشر-وندن[۱۴](۲۰۰۴) معتقدند که اثر آزادسازی تجاری بر شدت انرژی می‌تواند مثبت یا منفی باشد. آنها در این رابطه مطرح می‌کنند که اثر آزادسازی تجاری بر شدت انرژی به وزن نسبی انرژی صرفه جویی شده از طریق واردات و انرژی مصرف شده بوسیله صادرات بستگی دارد و چون انرژی صرفه‌جویی شده از طریق واردات بیشتر از انرژی مصرف شده بواسطه

---

1. Scale
2. Technical
3. Combined
4. Elliot, et al.
5. Herrerias
6. Antweiler, et al.
7. Stern
10. Jiang, et al.
11. Pull effect
12. Grossman and helpman
13. Push effect
14. Holmes and Schmitz
15. Cole
16. Fisher-Vanden et al

www.SID.ir

Arshive of SID

صادرات است، بنابراین آزادسازی تجاری شدت انرژی را کاهش می‌دهد. البته برای کشورهای با اقتصادهای کوچک نقش صادرات مهمتر است زیرا اگرچه بنگاهها با هدف رقابت بین‌المللی برای ابداع فناوری، واردات تجهیزات پیشرفته و استفاده از فناوری‌های کمتر انرژی بر انگیزه پیدا می‌کنند ولی صادرات بیشتر محصولات انرژی بر، می‌تواند شدت انرژی آنها را افزایش دهد.

۳. برآورد مدل و تحلیل داده ها

با مفروض انگاشتن تکنولوژی بنگاه، مسئله بنگاه انتخاب میزان نهاده متناسب برای حداکثرسازی سود خواهد بود. با فرض تکنولوژی کاب-داگلاس مسئله حداکثرسازی سود بنگاه به صورت زیر خواهد بود:

$$Max \ \rightarrow \ \pi = Py - p_e E - z \quad (۱)$$

$$Subject\ to: Y = AE^{\alpha^1} Z^{\alpha^2} \quad (۲)$$

با نرمال کردن قیمت نهاده مرکب به یک لاگرانژین مسئله بالا به صورت زیر خواهد بود:

$$L = py - p_e e - Z + \lambda[Y - AE^{\alpha^1} Z^{\alpha^2}] \quad (۳)$$

شرط مرتبه اول حداکثرسازی به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial L}{\partial E} = -P_e - \lambda \alpha^1 A E^{\alpha^1 - 1} Z^{\alpha^2} \quad (۴)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Z} = -1 - \lambda \alpha^2 A E^{\alpha^1} Z^{\alpha^2 - 1} \quad (۵)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = Y - AE^{\alpha^1} Z^{\alpha^2} \quad (۶)$$

حل معادلات شرط بهینه اول تقاضای انرژی بنگاه را به صورت زیر می‌دهد:

$$E = \left(\frac{\alpha^1}{\alpha^2}\right)^{\alpha^2} \left(\frac{Y}{A}\right) \left(\frac{1}{P_e}\right)^{\alpha^2} \quad (۷)$$

اگر فرض شود که بازار رقابت کامل است و اطلاعات کامل وجود دارد معادله بالا تقاضای انرژی هر بنگاه نماینده را نشان می‌دهد. این تابع تقاضای انرژی نسبت به تکنولوژی و قیمت غیرفزآینده و نسبت به ستاده غیر کاهنده می‌باشد. اما آنچه مدنظر است فرم تابعی شدت انرژی می‌باشد که به صورت نسبت انرژی مصرفی به نسبت تولید ناخالص داخلی می‌باشد. بدین منظور معادله بالا را بر تولید تقسیم می‌نماییم که در نتیجه خواهیم داشت:

www.SID.ir

Arshive of SID

$$\frac{E}{Y} = \left(\frac{\alpha^1}{\alpha^2}\right)^{\alpha^2} \left(\frac{1}{A}\right) \left(\frac{1}{P_e}\right)^{\alpha^2} \quad (۸)$$

این معادله نشان می‌دهد که شدت انرژی نسبت به قیمت انرژی و تکنولوژی غیرفزآینده است. در این مطالعه برای بررسی متغیرهای موثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران از مدل زیر استفاده شده است:

$$\begin{aligned} Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 P_e + \beta_2 Labour\ int + \beta_3 Capital\ int + \beta_4 Repair\ int \\ + \beta_5 R\&D\ int + \beta_6 R\&D^2 + \beta_7 Size + \beta_8 Size^2 \\ + \beta_9 Export\ int + \beta_{10} Consumption\ Ratio + \beta_{11} Tech \\ + \beta_{12} Substitution + \beta_{13} Profit\ int + u_{it} \end{aligned}$$

جدول(۱)، توصیف و نحوه اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق حاضر را به صورت خلاصه ارائه کرده است. داده‌ها و اطلاعات مربوط به بخش صنایع کارخانه‌ای کشور در سطح تجمیع چهار رقم آیسیک از سرشماری‌های کارگاه‌های صنعتی مرکز آمار ایران طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ بدست آمده است. در این تحقیق شدت انرژی برحسب واحد بی‌تی‌یو[1] به ریال محاسبه گردیده و تبدیل انرژی به واحد بی‌تی‌یو با استفاده از ضرایب مربوطه انجام شده است(ترازنامه انرژی ۱۳۸۹). همچنین ارزش افزوده‌ی کارگاه‌ها در سال‌های مختلف با استفاده از ضرایب تبدیل مرکز آمار ایران و به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۰ محاسبه شده است.

جدول ۱. توصیف و نحوه اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق

متغیر	تعریف
Y_{it}	شدت انرژی و شاخص های تجزیه شدت انرژی شامل پاشه، لاسپیرز، فیشر و دیویژیایی
P_e	قیمت انرژی های مصرفی مختلف بنگاهها شامل گازوئیل، گاز و برق
$Labour\ int$	شدت استفاده از نهاده نیروی کار را نشان می دهد و عبارتست از نسبت دستمزدهای پرداختی به ارزش فروش
$Capital\ int$	شدت استفاده از نهاده سرمایه می باشد که بیانگر ارزش سرمایه به ارزش تولید است
$R\&D$	هزینه های تحقیق و توسعه بنگاه می باشد که بیانگر مخارج تحقیق و توسعه به ارزش فروش می باشد
$Size$	اندازه بنگاه را نشان می دهد که نشان دهنده ارزش انرژی مصرفی بنگاه است
$Export\ int$	میزان صادرات بنگاه و نسبت ارزش صادرات به ارزش فروش را نشان می دهد
$Profit\ int$	سود بنگاه و نسبت سود قبل از اعمال مالیات به ارزش فروش است

[1]. British Thermal Unit (BTU)

www.SID.ir

Arshive of SID

Co nsumption Ratio	سهم ارزش انرژی مصرفی بنگاه را در مقایسه با انرژی مصرفی گروه یا زیربخش صنعت نشان می دهد
Repair int	هزینه های تعمیرات ماشین آلات به ارزش فروش را نشان می دهد
Substitution	جانشینی گاز طبیعی را نشان می دهد و بیانگر نسبت ارزش گاز طبیعی مصرفی به انرژی مصرفی کل است
Tech	تکنولوژی بنگاه را نشان می دهد که بیانگر ارزش سرمایه به نیروی کار یا نسبت تعداد مهندسین شاغل به تعداد کل شاغلین است

در ادامه، ابتدا عوامل موثر بر شدت انرژی بررسی می‌شود. سپس، شدت انرژی توسط شاخص‌های مختلف به اثر شدتی و اثر ساختاری و کل تجزیه شده و عوامل موثر بر هریک به صورت تفکیکی بررسی شده است. جدول (۲) نتایج برآورد مدل عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران در سطح تجمیع چهار رقم آیسیک طی دوره زمانی ۸۶-۱۳۸۰ را ارایه می‌کند.

جدول ۲. نتایج برآورد عوامل موثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه ای ایران در سطح تجمیع چهار رقم ISIC

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	احتمال
عرض از مبدا	۷,۶۹۱	۳,۲۹	۲,۳۴	۰,۰۵۸
قیمت گازوئیل	-۰,۰۰۹۶	۰,۰۱۹	-۰,۵۱	۰,۶۱۱
قیمت گاز	۰,۰۰۰۳	۰,۰۱۱	۰,۰۲	۰,۹۸
قیمت برق	۰,۰۰۲	۰,۰۰۶	۰,۲۸	۰,۷۷۹
شدت نیروی کار	۱,۳۰۹	۰,۲۴۱	۵,۴۴	۰,۰۰۰۱
شدت سرمایه	-۰,۸۰۸	۰,۱۳۰۴	-۶,۱۹	۰,۰۰۱
شدت تحقیق و توسعه	-۲۱,۵۵۷	۷,۱۶۲	-۳,۰۱	۰,۰۰۳
مربع شدت تحقیق و توسعه	۱۴۶,۲۷	۴۵,۶۶۹	۳,۲	۰,۰۰۱
شدت تعمیرات	۲,۹۸۴	۱,۱۴۹	۲,۵۶	۰,۰۱۰۶
اندازه	-۰,۷۹۹	۰,۲۶	-۳,۰۸	۰,۰۰۲
مربع اندازه	۰,۰۱۹۶	۰,۰۰۵	۳,۹۱	۰,۰۰۰۱
شدت صادرات	-۰,۳۴۸	۰,۲۸	-۱,۲۴	۰,۲۱۴
نسبت مصرف انرژی دسته به گروه	-۰,۲۰۷	۰,۰۸۶	-۲,۴	۰,۰۱۶۶
جانشینی سوخت	-۰,۰۱۳۳	۰,۰۰۷۱	-۱,۸۷	۰,۰۶۲
فناوری	-۱,۲۱۸	۰,۵۹۴	-۲,۰۵	۰,۰۴۰۸

www.SID.ir

Arshive of SID

آزمون لیمر	۹۴,۶۷	**احتمال**	۰,۰۰۱
آزمون هاسمن	۴۹,۹۵۶	**احتمال**	۰,۹۵۲
آماره‌ی دوربین واتسون	۲,۱۱۳		
R^2	۰,۳۶۸		

منبع: نتایج تحقیق

جدول (۳) نتایج برآورد مدل عوامل موثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران را در سطح تجمیع سه رقم ISIC طی دوره زمانی ۸۶-۱۳۸۰ ارایه می‌کند.

جدول ۳. نتایج برآورد عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران در سطح تجمیع سه رقم ISIC

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	احتمال
عرض از مبدا	۱۲,۳۱۴	۵,۰۳۶	۲,۴۵	۰,۰۹۲
قیمت گازوئیل	-۰,۰۰۹	۰,۰۱۹	-۰,۵۱	۰,۶۱۳
قیمت گاز	-۰,۰۰۳	۰,۰۱۱	-۰۲۹	۰,۷۷۵
قیمت برق	۰,۰۰۳	۰,۰۰۶	۰,۴۱	۰۶۷۹
شدت نیروی کار	۲,۳۲۶	۰,۵۸	۴,۰۱	۰,۰۰۰۱
شدت سرمایه	-۲,۰۷۶	۰,۸۸۵	-۲,۴۳	۰,۰۱۶
شدت تحقیق و توسعه	-۱۴,۳۷۳	۱۰,۲۲۲	-۱,۴۱	۰,۱۶۲
مربع شدت تحقیق و توسعه	۹۴,۴۹۳	۶۶,۲۳	۱,۴۳	۰,۱۵۵
شدت تعمیرات	۳,۹۵۶	۴,۵۸۹	۰,۸۶	۰,۳۸۹
اندازه	-۱,۰۵۳	۰,۳۵۸	-۲,۹۴	۰,۰۰۳
مربع اندازه	۰,۰۲۶	۰,۰۰۷	۳,۸۳	۰,۰۰۲
شدت صادرات	۰,۰۰۳	۰,۵۵۴	۰,۰۱	۰,۹۹۵
نسبت مصرف انرژی دسته به گروه	-۰,۱۱۲	۰,۱۵۳	-۰,۷۳	۰,۴۶۴
جانشینی سوخت	۰,۴۴۶	۰,۲۱۶	۲,۰۶	۰,۰۴۱
فناوری	-۱,۸۵۶	۱,۰۰۷	-۱,۸۴	۰,۰۶۷
آزمون لیمر	۵,۹۶۱	**احتمال**	۰,۰۰۹۲	
آزمون هاسمن	۲,۹۶۳	**احتمال**	۰,۵۳۱	
آماره‌ی دوربین واتسون	۲,۲۱			
R^2	۰,۵۲۷			

منبع: نتایج تحقیق

www.SID.ir

Arshive of SID

نتایج جداول (۲) و (۳) نشان می‌دهد که شدت نیروی کار در هر دو سطح اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای دارد. بر اساس این نتایج با گران‌تر شدن نیروی کار، صنایع کارخانه‌ای به سمت جایگزینی نیروی کار با نهاده سرمایه و تکنولوژی های کار اندوز تمایل پیدا می‌کنند که این موضوع می‌تواند موجب افزایش مصرف انرژی و شدت انرژی گردد. اثر منفی و معنادار شدت سرمایه بر شدت انرژی در هر دو سطح تجمیع سه و چهار رقم صنایع کارخانه‌ای ایران نشانگر این واقعیت است که صنایع با تجهیزات سرمایه‌ای بالاتر، شدت انرژی را کاهش می‌دهد. طبیعی است که افزایش استفاده از تجهیزات سرمایه‌ای موجب افزایش مصرف انرژی می‌شود اما از این جهت که استفاده از این تجهیزات رشد تولید و ارزش افزوده را به مراتب بیشتر از رشد انرژی افزایش می‌دهند در کل موجب کاهش شدت انرژی می‌گردد. در مطالعات تجربی(جیانگ و همکاران، ۲۰۱۴) اندازه و هزینه‌های تحقیق و توسعه به صورت درجه دوم و شکل U معکوس درنظر گرفته می‌شود. هزینه‌های تحقیق و توسعه اثر معنی‌دار بر شدت انرژی در سطح تجمیع سه رقمی نشان می‌دهد درحالیکه اندازه بنگاه در هر دوسطح تجمیع سه و چهار رقمی اثر معنی‌دار نشان می‌دهد. قیمت انرژی که متشکل از قیمت گازوئیل، قیمت گاز طبیعی و قیمت برق می‌باشد در هر دو سطح سه رقم و چهار رقم آیسیک اثر معنی‌داری بر شدت انرژی نداشته است. این نتیجه به این دلیل می‌باشد که در دوره مورد بررسی قیمت حامل‌های انرژی بسیار نازل بوده و از این نظر بر بنگاهها محدودیت ایجاد نمی‌کرد. به همین دلیل قیمت انرژی تاثیری بر رفتار بهینه‌یابی بنگاه‌ها بر جای نمی‌گذاشته است. اثر مثبت و معنادار شدت تعمیرات بر شدت انرژی که حاکی از ناکارآمدی ماشین‌آلات و تجهیزات و انرژی‌بری بالای آنهاست در سطح تجمیع چهار رقم صنایع با مطالعات تجربی سازگاری دارد. اثر شدت صادرات بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای غیرمعنادار بدست آمده است. در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که ارزش صادرات در کارگاه‌های صنایع مختلف بخش اثرگذاری در مصرف انرژی این صنایع نداشته است. همچنین نسبت صادرات به تولید کل رقم قابل توجهی نبوده است. افزایش مصرف نسبی انرژی اثرس معکوس بر شدت انرژی نشان می‌دهد. چرا که از طرفی افزایش نسبی انرژی دلالت بر افزایش مقیاس بنگاه دارد و بازگو کننده اثرات مربوط در اندازه بنگاه و شدت سرمایه است. اثر منفی و معنادار جانشینی انرژی در صنایع کارخانه‌ای در سطح چهار رقمی نشانگر کاهش شدت انرژی در صنایعی است که به نسبت از گاز طبیعی بیشتری استفاده می‌کنند. اثر منفی و معنادار فناوری بر شدت

www.SID.ir

Arshive of SID

انرژی در دو سطح نشانگر این موضوع است که صنایعی که از تعداد مهندسین بیشتری استفاده کرده‌اند شدت انرژی پایین‌تری را داشته‌اند. از آنجا که تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر در بطن خود دانش فنی بیشتری دارند، افزایش نسبت تعداد مهندسان به تعداد کل شاغلان می‌تواند نشان‌دهنده‌ی پیشرفت فناوری در صنعت باشد. همچنین، نیروی کار متخصص با پژوهش و نوآوری و ارائه‌ی طرح‌های جدید به صرفه‌جویی در مصرف انرژی کمک می‌کند.

علاوه بر عوامل موثر و تعیین‌کننده شدت انرژی، بررسی و فهم دلایل تفاوت در تغییرات شدت انرژی و عوامل موثر بر آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. برای این مسئله چارچوبی پیشنهاد می‌شود که براساس آن بتوان دلایل تغییرات در شدت انرژی را تجزیه کرد. تمایز بین این تغییرات نشان‌دهنده تغییرات در ساختار تولید و تغییرات در کارایی بهره‌برداری از انرژی است(گوتساو[1] و همکاران ۲۰۱۳). برای تجزیه شدت انرژی روش‌های مختلفی وجود دارد. در دهه‌های اخیر، شاخص‌های لاسپیرز و پاشه، شاخص‌های میانگین حسابی و لگاریتمی دیویژیا[2] و شاخص ایده آل فیشر[3] رایج‌ترین روش‌های تجزیه بوده‌اند. دراین قسمت با تجزیه شدت انرژی مصرفی به اثر ساختاری و اثر شدتی با استفاده از شاخص‌های مختلف به بررسی عوامل اثرگذار بر شاخص‌های شدتی و ساختاری می‌پردازیم. تجزیه تغییرات شدت انرژی به اجزایش به بهبود کارایی انرژِی و تغییر فعالیت اقتصادی بستگی دارد و موضوع تحقیقات اواسط دهه ۱۹۷۰ بوده است.

جدول (۴) عوامل تعیین‌کننده شاخص شدتی فیشر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران طی دوره زمانی ۸۶-۱۳۸۰ را ارایه می‌کند. اثر شدتی(کارایی) به میزان کاهش مصرف انرژی به ازای هر واحد فعالیت اقتصادی درون یک بخش خاص اشاره دارد و تغییر در شدت انرژی را مستقل از ترکیب فعالیت‌های اقتصادی بررسی می‌کند. براساس نتایج بدست آمده شدت بهره‌برداری از نهاده سرمایه و شدت سود اثر معکوس و معنی‌داری بر تجزیه شدتی فیشر بر جای می‌گذارد درحالیکه فناوری اثر مستقیم و معنادار دارد.

[1]. Gutsavo
[2]. Arithmetic Mean Divisia
[3]. Fisher Ideal Index

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۴. نتایج برآوردهای مدل عوامل اثرگذار بر شاخص شدتی فیشر در صنایع کارخانه ای ایران

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	احتمال
عرض از مبدا	-۹,۳۱۳	۸,۳۰۲	-۱,۱۲	۰,۳۰۴۸
شدت نیروی کار	۱,۶۲۱	۱,۰۱۹	۱,۵۹	۰,۱۱۳۸
شدت سرمایه	-۴,۴۸۳	۱,۶۷۶	-۲,۸۹	۰,۰۰۴۴
شدت تحقیق و توسعه	-۱۵,۹۷۶	۱۷,۸۶۴	-۰,۸۹	۰,۳۷۲۶
مربع شدت تحقیق و توسعه	۱۸,۴۵۲	۱۱۵,۹	۰,۱۶	۰,۸۷۳۷
شدت سود	-۱,۷۶۲	۰,۶۰۱	-۲,۹۳	۰,۰۰۳۹
شدت تعمیرات	-۸,۲۶۱	۸,۳۴۷	-۰,۹۹	۰,۳۲۳۹
اندازه	۰,۵۲۳	۰,۶۱۲	۰,۸۵	۰,۳۹۴۲
مربع اندازه	-۰,۰۰۵	۰,۰۱۱	-۰,۴۵	۰,۶۵۳
شدت صادرات	۰,۱۱۴	۰,۹۳۵	۰,۱۲	۰,۹۰۳۳
نسبت مصرف انرژی دسته به گروه	-۰,۱۹	۰,۲۵	-۰,۷۶	۰,۴۴۸۳
جانشینی سوخت	۰,۵۴۴	۰,۳۸۹	۱,۴	۰,۱۶۳۷
فناوری	۸,۳۶۷	۳,۱۲۸	۲,۶۷	۰,۰۰۸۳
آماره‌ی دوربین واتسون	۱,۹۶۱			
R^2	۰,۴۳۸			

منبع: نتایج تحقیق

جدول (۵) اثرات عوامل مورد مطالعه بر شدت انرژی کل بر شاخص ساختاری فیشر در صنایع کارخانه‌ای کشور در بازه زمانی ۸۶-۱۳۸۰ را نشان می‌دهد. اثر ساختاری به تغییر ترکیب فعالیت‌های اقتصادی؛ انتقال از فعالیت‌های اقتصادی پرمصرف انرژی به فعالیت‌های اقتصادی با مصرف انرژی کمتر اشاره دارد. براساس نتایج بدست آمده، فناوری و شدت تعمیرات اثر مستقیم و معنی دار بر شاخص ساختاری فیشر بر جای می گذارد درحالیکه تحقیق و توسعه به صورت U وارون اثر گذار است.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۵. نتایج برآوردهای مدل عوامل اثرگذار بر شاخص ساختاری فیشر در صنایع کارخانه‌ای ایران

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره‌ی t	احتمال
عرض از مبدا	-۴,۸۷۱	۷,۲۹۳	-۰,۶۷	۰,۵۲۹
شدت نیروی کار	-۰,۸۸۷	۱,۰۱۳	-۰,۸۸	۰,۳۸۲۸
شدت سرمایه	۰,۸۱۹	۱,۸۴۲	۰,۴۴	۰,۶۵۷۱
شدت تحقیق و توسعه	۴۶,۱۳۶	۱۹,۷۷۱	۲,۴۳	۰,۰۲۶
مربع شدت تحقیق و توسعه	-۳۰۶,۷۷	۱۲۶,۴۸	-۲,۴۳	۰,۰۱۶۵
شدت سود	۱,۱۵۸	۰,۶۱۴	۱,۸۹	۰,۰۶۱۱
شدت تعمیرات	۲۱,۴۱۷	۹,۱۰۹	۲,۳۵	۰,۰۲
اندازه	۰,۴۷۳	۰,۵۳۶	۰,۸۸	۰,۳۷۹۴
مربع اندازه	-۰,۰۱	۰,۰۱	-۱,۰۳	۰,۳۰۳۳
شدت صادرات	-۰,۸۲۳	۰,۸۶۶	-۰,۹۵	۰,۳۴۳۳
نسبت مصرف انرژی دسته به گروه	۰,۱۲۱	۰,۲۲۳	۰,۵۴	۰,۸۵۸۲
جانشینی سوخت	۰,۲۱	۰,۴۲۳	۰,۵	۰,۶۲۰۵
فناوری	۶,۶۶۲	۲,۵۸۴	۲,۸۵	۰,۰۱۰۹
آماره‌ی دوربین واتسون	۲,۳۳			
R^2	۰,۱۸۶			

منبع: نتایج تحقیق

جدول (۶) اثرگذاری و همچنین جهت اثرگذاری عوامل اثرگذار بر شدت انرژی را بر هریک از شاخص‌های عددی تجزیه شدت انرژی لاسپیرز، پاشه، فیشر، میانگین جمعی دیویژیا، میانگین ضربی دیویژیا، میانگین لگاریتمی ضربی و میانگین لگاریتمی جمعی دیویژیا را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج اثر عوامل شدت نیروی کار، شدت صادرات و همچنین جانشینی سوخت، بر تغییرات هیچ‌یک از شاخص‌های عددی اثر معنی‌داری نداشته است. همچنین شاخص عددی ساختاری میانگین حسابی دیویژیا جمعی و ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیا ضربی، دو شاخص عددی بودند که اثر هیچ‌یک از عوامل بر آنها معنی‌دار تشخیص داده نشده است. عامل شدت سرمایه، بر شاخص‌های شدتی لاسپیرز، شدتی پاشه و شدتی فیشر اثر معنی‌دار و معکوس نشان می‌دهد، در حالی که بر شاخص‌های کل لاسپیرز، کل پاشه و ضربی کل اثر معنی‌دار و مستقیم نشان می‌دهد. ضرایب درجه‌ی یک و درجه‌ی دو عامل هزینه‌های تحقیق و توسعه در گروه برای شاخص‌های ساختاری لاسپیرز، ساختاری پاشه و ساختاری فیشر به ترتیب

www.SID.ir

Arshive of SID

مثبت و منفی بوده است، که نشان‌دهنده رابطه فرم U معکوس میان هزینه‌های تحقیق و توسعه و این سه شاخص می‌باشد، این در حالی است که برای شاخص ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیای جمعی علامت‌های ضرایب درجه‌ی یک و دو به ترتیب منفی و مثبت هستند که این بیانگر رابطه با فرم U با این شاخص‌ها می‌باشد. عامل شدت سود بر شاخص‌های شدتی لاسپیرز، شدتی پاشه، شدتی فیشر، شدتی میانگین حسابی دیویژیا ضربی، شدتی میانگین حسابی دیویژیا جمعی، شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی و جمعی کل اثر معکوس دارد. شدت تعمیرات بر شاخص‌های ساختاری لاسپیرز، کل لاسپیرز، ساختاری پاشه و ساختاری فیشر اثر مستقیم نشان می‌دهد. ضرایب درجه‌ی یک و درجه‌ی دو اندازه بنگاه برای شاخص‌های ساختاری میانگین حسابی دیویژیا جمعی، ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی و جمعی کل به ترتیب مثبت و منفی بوده است، که نشان‌دهنده‌ی اثرگذاری مشابه بر این شاخص‌ها به فرم U معکوس دارد. عامل نسبت مصرف انرژی گروه به زیربخش، بر تمامی شاخص‌های شدتی دیویژیا یعنی شاخص‌های شدتی میانگین حسابی دیویژیا ضربی، شدتی میانگین حسابی دیویژیا جمعی، شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا ضربی، شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی و شاخص جمعی کل اثر معنی‌دار و معکوس نشان می‌دهد. متغییر فناوری بر شاخص‌های لاسپیرز، پاشه و فیشر و همچنین شاخص ضربی کل اثر معنی‌دار و مستقیم دارد. شدت سرمایه، شدت سود و نسبت مصرف انرژی گروه به زیربخش، بر تعدادی از شاخص‌های عددی از نوع شدتی اثرگذار بودند و بر شاخص‌های ساختاری اثر نداشتند. شدت تحقیق و توسعه و مربع آن، همچنین اندازه‌ی گروه و مربع آن، عواملی بودند که بر برخی از شاخص‌های ساختاری اثر معنی‌داری داشتند، در حالی که اثرشان بر شاخص‌های شدتی، معنی‌دار تشخیص داده نشد.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۶. چگونگی اثرگذاری عوامل مورد بررسی بر مقدار شاخص‌های شدت انرژی گروه‌های صنعتی (ns بی‌اثر، + افزاینده، - کاهنده)

شاخص‌های عددی شدت انرژی گروه صنعتی	عوامل													آماره‌ی دوربین واتسون	R^2
	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲		
شدتی لاسپیرز	ns	ns	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	۱,۹۶۲	۰,۴۳۲
ساختاری لاسپیرز	ns	ns	ns	+	-	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	+	۲,۳۲۲	۰,۱۸۵
کل لاسپیرز	ns	ns	+	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	+	۲,۱۶۲	۰,۴۱۹
شدتی پاشه	ns	ns	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	۱,۹۵۸	۰,۴۴۱
ساختاری پاشه	ns	ns	ns	+	-	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	+	۲,۳۳۴	۰,۱۸۵
کل پاشه	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	۲,۱۶۹	۰,۴۲۹
شدتی فیشر	ns	ns	-	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	۱,۹۶۲	۰,۴۳۲
ساختاری فیشر	ns	ns	ns	+	-	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	+	۲,۳۳	۰,۱۸۶
شدتی میانگین حسابی دیویژیا ضربی	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	۲,۲۰۵	۰,۱۱۸
ساختاری میانگین حسابی دیویژیا ضربی	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	۱,۶	۰,۰۹۴
شدتی میانگین حسابی دیویژیا جمعی	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	۲,۵۹۹	۰,۱۲۵
ساختاری میانگین حسابی دیویژیا جمعی	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	-	ns	ns	ns	ns	۱,۲۶۸	۰,۰۵۱
شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا ضربی	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	۲,۱۵۵	۰,۱۱۲
ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیا ضربی	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	۱,۸۰۵	۰,۰۷۵
شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	۲,۶۴	۰,۱۲۲
ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی	-	ns	ns	-	+	ns	ns	+	-	ns	ns	ns	ns	۱,۴۲	۰,۱۸۳
ضربی کل	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	۲,۱۷۱	۰,۴۲۷
جمعی کل	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	+	-	ns	-	ns	ns	۲,۱۶۹	۰,۱۱۴

منبع: نتایج تحقیق

عامل ۰ (عرض از مبدا)، ۱ (شدت نیروی کار)، ۲ (شدت سرمایه)، ۳ (شدت تحقیق و توسعه)، ۴ (مربع شدت تحقیق و توسعه)، ۵ (شدت سود)، ۶ (شدت تعمیرات)، ۷ (اندازه)، ۸ (مربع اندازه)، ۹ (شدت صادرات)، ۱۰ (نسبت مصرف انرژی گروه به زیربخش)، ۱۱ (جانشینی سوخت)، ۱۲ (فناوری)

www.SID.ir

Arshive of SID

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات بنگاه‌های کشور در سطح چهار رقم ISIC، عوامل موثر بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران و عوامل موثر بر تجزیه شدت انرژی به طور جداگانه بررسی شود. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد شدت انرژی با شدت نهاده نیروی کار رابطه مثبت و معناداری دارد. در حالی که شدت نهاده سرمایه مورد استفاده، شدت سود، نسبت مصرف انرژی دسته به گروه، جانشینی سوخت‌های مختلف مورد استفاده و فناوری به طور منفی و معناداری بر شدت انرژی اثر می‌گذارند. بنابراین افزایش بهره‌برداری از این عوامل به معنای دستیابی به سطوح بهره‌وری بالاتر از منابع بوده و موجب کاهش شدت انرژی می‌شود. در حالی که افزایش نهاده نیروی کار نشانگر روش های تولید کاربرتر و تکنولوژی تولید پایین‌تر و در نتیجه شدت انرژی بالاتر است. بعلاوه، هزینه‌های تحقیق و توسعه و اندازه بنگاه ارتباط معنادار و غیر خطی با شدت انرژی دارند. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه، عوامل موثر بر تجزیه شدت انرژی، که در این مطالعه برای این منظور از ۱۸ شاخص عددی مختلف استفاده می‌شود، بررسی و مدل‌های مورد استفاده مقایسه می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که بطور کلی عوامل تعیین‌شده در توصیف تغییرات شاخص‌های غیر دیویژیایی (انواع لاسپیرز، پاشه و فیشر) بهتر عمل می کنند. در میان شاخص‌های دیویژیایی نیز، مدل بکار رفته برای شاخص ضربی کل بیشترین قابلیت توصیف‌گری را داشته است. به عنوان نتیجه کلی این مطالعه، کاهش شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای باید جز اهداف و استراتژی‌های توسعه صنعتی کشور قرار گیرد و در راه نیل به آن اقدامات لازم همچون هدف گذاری جزی تر در صنایع با انرژی بالا صورت گیرد. چرا که صنایع و تولیدات کارخانه‌ای می‌تواند به عنوان موتور رشد و توسعه کشور در جهت نقش آفرینی بیشتر در تولید ارزش افزوده و بالندگی هرچه بیشتر بخش صنعت عمل نماید. این مهم درصورتی تحقق می‌یابد که متغییرهای کلیدی آن همچون شدت انرژی و کارایی بهره‌برداری از انرژی به سطح بهینه‌ای نائل آید.

www.SID.ir

Arshive of SID

فهرست منابع:

ابونوری، اسمعیل و حسن، لاجوردی(۱۳۹۲)، تاثیر تشکیل بازار برق ایران بر کارایی نیروگاههای برق ایران، نشریه کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران، ۲(۳): ۵۷-۵۰.

آرمن، سیدعزیز و سمیرا، تقی زاده، (۱۳۹۲)، بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲(۸): ۱-۲۰.

ترازنامه انرژی سال (۱۳۸۹)، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.

ترازنامه انرژی سال (۱۳۹۱)، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.

جهانگرد، اسفندیار و هدیه، تجلی (۱۳۹۰)، تجزیه‌ی شدت انرژی بری در صنایع کارخانه ای ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۳۱: ۵۸-۲۵.

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

Adom, P. K. (2015), Business cycle and economic-wide energy intensity: The implications for energy conservation policy in Algeria, Energy, 88: 334-350.

Adom, P. K. and P. A. Kwakwa (2014), Effects of changing trade structure and technical characteristics of the manufacturing sector on energy intensity in Ghana, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 35: 475-483.

Adom, P. K. and P. A. Kwakwa (2014), Effects of changing trade structure and technical characteristics of the manufacturing sector on energy intensity in Ghana, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 35: 475-483.

Altenburg, T. and A. Pegels (2012), Sustainability-oriented innovation systems–managing the green transformation, Innovation and Development,2(1): 5-22.

Bernard, A. B. and Jensen B. (2001), Why Some Firms Export?, NBER Working Paper No. W8349.

Bernardini, O. and R. Galli (1993), Dematerialization: long-term trends in the intensity of use of materials and energy, Futures, 25(4): 431-448.

Birol, F. and J. H. Keppler (2000), Prices, technology development and the rebound effect, Energy policy, 28(6): 457-469.

Chai, J., Guo, J. E., Wang, S. Y. and K. K. Lai (2009), Why does energy intensity fluctuate in China?, Energy Policy, 37(12): 5717-5731.

Chai, J., Guo, J. E., Wang, S. Y. and K. K. Lai (2009), Why does energy intensity fluctuate in China?, Energy Policy, 37(12): 5717-5731.

www.SID.ir

Arshive of SID

Cole, M. A. (2006), Does trade liberalization increase national energy use?, Economics Letters, 92(1): 108-112.

Cornillie, J. and S. Fankhauser (2004), The energy intensity of transition countries, Energy Economics, 26(3): 283-295.

Couto, Couto, A. and D. J. Graham (2009), The determinants of efficiency and productivity in European railways, Applied Economics, 41(22): 2827-2851.

Dargay, J. M. (1983), The demand for energy in Swedish manufacturing industries, The Scandinavian Journal of Economics, 37-51.

Dasgupta, S. and J. Roy (2015), Understanding technological progress and input price as drivers of energy demand in manufacturing industries in India. Energy Policy, 83: 1-13.

Dhungel, K.R. (2008), A causal relationship between energy consumption and economic growth in Nepal, Asia-Pacific Development Journal, 15(1): 137-150.

Duro, J. A. (2015), The international distribution of energy intensities: Some synthetic results, Energy Policy, 83: 257-266.

Elliott, R. J., Sun, P. and S. Chen (2013), Energy intensity and foreign direct investment: A Chinese city-level study, Energy Economics, 40: 484-494.

Ethridge, D. (1973), The Inclusion of Wastes in the Theory of the Firm, The Journal of Political Economy, 1430-1441.

Faruq, H. A. and D. T. Yi (2010), The determinants of technical efficiency of manufacturing firms in Ghana, Global Economy Journal, 10(3).

Fischedick, M., Roy, J., Acquaye, A., Allwood, J., Ceron, J. P., Geng, Y., Kheshgi, H., Lanza, A., Perczyk, D., Price, L., Santalla, E., Sheinbaum, C. & E. Santalla (2014), Industry in: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Technical Report.

Fisher-Vanden, K., Jefferson, G. H., Liu, H. and Q. Tao (2004), What is driving China's decline in energy intensity?, Resource and Energy Economics, 26(1): 77-97.

Fok, D., Van Dijk, D. and P. H. Franses (2005), A multi-level panel STAR model for US manufacturing sectors, Journal of Applied Econometrics, 20(6): 811-827.

Galli, R. (1998), The relationship between energy intensity and income levels: forecasting long term energy demand in Asian emerging countries, The Energy Journal, 85-105.

www.SID.ir

Arshive of SID

Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1991), Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914), National Bureau of Economic Research.

Hang, L. and M. Tu (2007), The impacts of energy prices on energy intensity: Evidence from China, Energy policy, 35(5): 2978-2988.

Herrerias, M. J., Cuadros, A. and V. Orts (2013), Energy intensity and investment ownership across Chinese provinces, Energy Economics, 36: 286-298.

Holmes, T. J. and J. A. Schmitz Jr (2001), A gain from trade: From unproductive to productive entrepreneurship, Journal of Monetary Economics, 47(2): 417-446.

Hübler, M. and A. Keller (2010), Energy savings via FDI? Empirical evidence from developing countries, Environment and Development Economics, 15(1): 59-80.

Inglesi-Lotz, R. and A. Pouris (2012), Energy efficiency in South Africa: A decomposition exercise, Energy, 42(1): 113-120.

Irawan, T., Hartono, D., Hartono, D. and N. A. Achsani (2010), An analysis of energy intensity in indonesian manufacturing (No. 201007), Department of Economics, Padjadjaran University.

Jiang, L., Folmer, H. and M. Ji (2014), The drivers of energy intensity in China: A spatial panel data approach, China Economic Review, 31: 351-360.

Jorgenson, D. W. (1984), The role of energy in productivity growth, The Energy Journal, 5(3): 11-26.

Kleijweg, A., Huigen, R., van Leeuwen, G. and K. Zeelenberg (1990), Firm size and the demand for energy in Dutch manufacturing, 1978–1986. Small Business Economics, 2(3), 171-181.

Kumar, A. (2003), Energy intensity: a quantitative exploration for Indian manufacturing.

Lachaal, L., Karray, B., Dhehibi, B. and A. Chebil (2005), Technical efficiency measures and its determinants for olive producing farms in Tunisia: A stochastic frontier analysis, African Development Review, 17(3): 580-591.

Li, K. and B. Lin (2014), The nonlinear impacts of industrial structure on China's energy intensity, Energy, 69: 258-265.

Li, K. and B. Lin (2015), The improvement gap in energy intensity: Analysis of China's thirty provincial regions using the improved DEA (data envelopment analysis) model, Energy, 84: 589-599.

www.SID.ir

Arshive of SID

Lin, B. and M. Moubarak (2014), Estimation of energy saving potential in China's paper industry, Energy, 65: 182-189.

Liu, C. P. and G. Y. Han (2008, June), Determinants of aggregate energy intensity with consideration of intra-industry trade. In Industrial Electronics and Applications, 2008. ICIEA 2008. 3rd IEEE Conference on (pp. 716-719). IEEE.

Ma, C. and D. I, Stern (2008), China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis, Energy economics, 30(3): 1037-1053.

Metcalf, G. E. (2008), An empirical analysis of energy intensity and its determinants at the state level, The Energy Journal, 29(3): 1-26.

Myers, J. G. and L. I. Nakamura (1978), Saving energy in manufacturing: the post-embargo record, Ballinger Pub Co.

Rose, A. and C. Y. Chen (1991), Sources of change in energy use in the US economy, 1972–1982: a structural decomposition analysis, Resources and Energy, 13(1): 1-21.

Roy, J., Dasgupta, S. and D. Chakravarty (2013), Energy efficiency: technology, behavior, and development. The handbook of global energy policy, Wiley, Blackwell, 282-302.

Roy, J., Sathaye, J., Sanstad, A., Mongia, P. and K. Schumacher (1999), Productivity trends in India's energy intensive industries, The Energy Journal: 33-61.

Sahu, S. K. and K. Narayanan (2011), Determinants of energy intensity in Indian manufacturing industries: a firm level analysis, Eurasian Journal of Business and Economics, 4(8): 13-30.

Santosh Kumar, S. and K. Narayanan (2011), Energy Intensity and Firm Performance: Do Energy Clusters Matter? (No. 43457), University Library of Munich, Germany.

Schurr, S. H. (1982), Energy efficiency and productive efficiency: some thoughts based on American experience, The Energy Journal, 3(3): 3-14.

Song, F. and X. Zheng (2012), What drives the change in China's energy intensity: Combining decomposition analysis and econometric analysis at the provincial level, Energy Policy, 51: 445-453.

Suri, V. and D. Chapman (1998), Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve, Ecological economics, 25 (2): 195-208.

Su-yun, Y. and Y. Zhen-yu (2009), Empirical study on impact of FDI on regional energy intensity in China, Journal of International Trade, 2009-1.

www.SID.ir

Arshive of SID

Szirmai, A. and B. Verspagen (2011), Manufacturing and economic growth in developing countries, 1950-2005.

Wang, C., Liao, H., Pan, S. Y., Zhao, L. T., and Y. M. Wei (2014), The fluctuations of China's energy intensity: Biased technical change, Applied Energy, 135: 407-414.

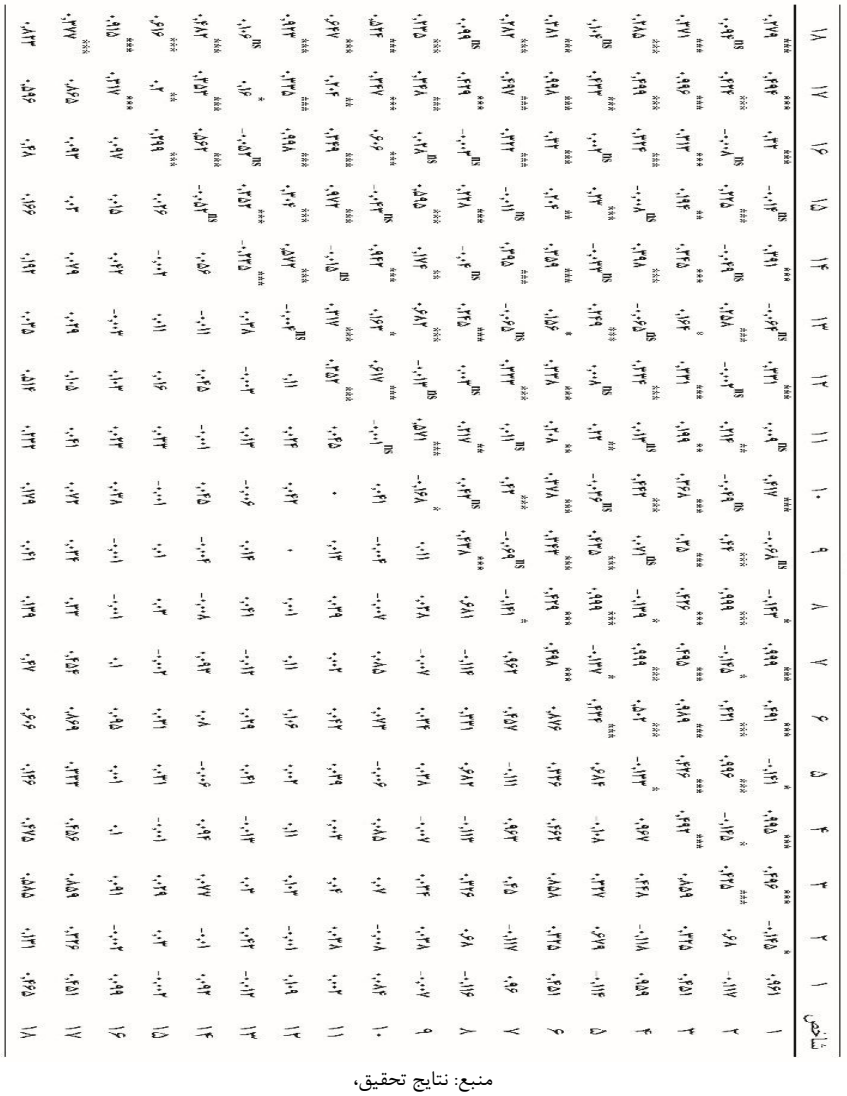
Wing, I. S. (2008), Explaining the declining energy intensity of the US economy, Resource and Energy Economics, 30(1): 21-49.

www.SID.ir

Arshive of SID

پیوست:

جدول ۷. واریانس (قطر)، کوواریانس (زیر قطر) و ضریب همبستگی پیرسون (بالای قطر) مقادیر شاخص‌های عددی شدت انرژی گروه‌های صنعت در دوره‌ی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶



منبع: نتایج تحقیق،

۱ (شدتی لاسپیرز)، ۲ (ساختاری لاسپیرز)، ۳ (کل لاسپیرز)، ۴ (شدتی پاشه)، ۵ (ساختاری پاشه)، ۶ (کل پاشه)، ۷ (شدتی فیشر)، ۸ (ساختاری فیشر)، ۹ (ساختاری میانگین حسابی دیویژیا ضربی)، ۱۰ (شدتی میانگین حسابی دیویژیا ضربی)، ۱۱ (ساختاری میانگین حسابی دیویژیا جمعی)، ۱۲ (شدتی میانگین حسابی دیویژیا جمعی)، ۱۳ (ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیا ضربی)، ۱۴ (شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا ضربی)، ۱۵ (ساختاری میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی)، ۱۶ (شدتی میانگین لگاریتمی دیویژیا جمعی)، ۱۷ (ضربی کل)، ۱۸ (جمعی کل).

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، *** معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱

www.SID.ir