

## مطالعه‌ی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران

سید کمال صادقی\*

استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز seyedghi@yahoo.com

سکینه سجودی

دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه تبریز و مدرس دانشگاه پیام نور تبریز sakinehsojoodi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۰

### چکیده

هدف اصلی این مقاله بررسی تجربی رابطه‌ی بین شدت انرژی و برخی از ویژگی‌های منتخب بنگاه در بخش صنایع کارخانه‌ای ایران می‌باشد. تحلیل‌های تجربی مطالعه با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و با به‌کارگیری نمونه‌ای مقطعی شامل ۱۲۲۹۸ بنگاه صنعتی فعال انجام گرفته است. نتایج مطالعه نشان دهنده‌ی یک رابطه‌ی مستقیم بین اندازه‌ی بنگاه و شدت انرژی در بنگاه می‌باشد. این نتیجه می‌تواند به دلیل دولتی بودن اغلب بنگاه‌های بزرگ باشد. هم‌چنین نتایج تحلیل‌های تجربی نشان دهنده‌ی اثر معنی‌دار نوع مالکیت بنگاه بر شدت انرژی بنگاه می‌باشد، به طوری که بنگاه‌های خصوصی دارای شدت انرژی کم‌تری می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد که مخارج R&D اثر معنی‌داری بر کاهش شدت انرژی بنگاه نداشته است. هم‌چنین، شدت سرمایه‌ی فیزیکی و نرخ دستمزد دارای اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه می‌باشند.

طبقه‌بندی JEL: Q4, Q40, B23

کلیدواژه: شدت انرژی، صنایع کارخانه‌ای، ویژگی‌های بنگاه، رگرسیون مقطعی

---

\* نویسنده‌ی مسئول

## ۱- مقدمه

شدت انرژی، شاخص مهمی است که برای ارزیابی نحوه‌ی استفاده از انرژی به کار می‌رود. شدت انرژی نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات، چه میزان انرژی به کار رفته است. به عبارت دیگر شدت انرژی مقدار انرژی‌ای است که برای تولید یک واحد تولید ناخالص داخلی (GDP)<sup>۱</sup> به قیمت ثابت مصرف می‌شود. یکی از تغییرات مهم در دهه‌های اخیر، کاهش قابل توجه در شدت انرژی کشورهای توسعه یافته‌ی جهان می‌باشد. بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷، شدت انرژی کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، OECD<sup>۲</sup>، به میزان ۱۴/۴ درصد و گروه هفت<sup>۳</sup> ۱۵ درصد و ایالات متحده ۱۸/۸ درصد کاهش داشته است (اداره‌ی اطلاعات انرژی<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹).<sup>۵</sup> با این وجود مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه در طی سه دهه‌ی گذشته بیش از چهار برابر شده و پیش‌بینی می‌شود این افزایش در آینده نیز ادامه داشته باشد (همان). نگاهی به روند تغییرات شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه لزوم توجه هر چه بیش‌تر به این متغیر و بررسی عوامل مؤثر بر آن را یادآوری می‌کند. برخی از محققان بیان می‌دارند که عدم همگن بودن بنگاه‌های اقتصادی خرد، بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در سطح کلان را با چالش مواجه می‌کند. به اعتقاد این گروه از محققان شدت انرژی کل چیزی جز مجموع شدت انرژی بنگاه‌های اقتصادی با ویژگی‌های متفاوت نیست، بنابراین عدم توجه به متغیرهای خرد در تعیین شدت انرژی نمی‌تواند قابل توجیه باشد. به عبارت دیگر، برای تعیین عوامل مؤثر بر شدت انرژی کل، ابتدا باید به این سؤال پاسخ داد که چرا برخی از بنگاه‌ها دارای شدت انرژی کم‌تری نسبت به بنگاه‌های دیگر هستند. با این وجود تعداد مطالعات تجربی که به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در سطح بنگاه پرداخته باشند، چندان قابل توجه نیست و تنها در سال‌های اخیر چندین مطالعه‌ی مختلف به بررسی این سؤال در کشورهای مختلف به ویژه کشورهای در حال توسعه پرداخته‌اند.

1- Gross Domestic Product.

2- Organization for Economic Cooperation and Development .

3- G-7.

4- Energy Information Administration.

5- [http://tonto.eia.doe.gov/country/country\\_energy\\_data.cfm?fips=IN](http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=IN)

با توجه به لزوم بهینه سازی مصرف انرژی در کشور، این مطالعه به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی کارگاه‌های صنعتی ایران با استفاده از اطلاعات آماری حاصل از طرح سرشماری کارگاه‌های صنعتی توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۶ می‌پردازد. به این منظور ابتدا مطالعات نظری و تجربی موجود در این زمینه مرور شده و سپس به معرفی الگو و روش شناسی تحقیق پرداخته می‌شود. در انتها با استفاده از اطلاعات آماری و به کارگیری روش‌های اقتصادسنجی به تحلیل تجربی موضوع و تفسیر نتایج مبادرت شده و در نهایت به ارائه‌ی پیشنهادهای سیاستی حاصل از تحقیق پرداخته می‌شود.

## ۲- مروری بر ادبیات موضوع

براساس مطالعات نظری، متغیرهای مختلفی بر شدت انرژی بنگاه مؤثر است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها اندازه‌ی بنگاه می‌باشد. براساس تئوری وجود صرفه‌های به مقیاس در تولید، با افزایش اندازه‌ی بنگاه، هزینه‌ی متوسط واحد محصول کاهش می‌یابد، زیرا در بیش‌تر مواقع بنگاه‌های بزرگ‌تر در خرید نهاده‌ها از جمله انرژی، قدرت چانه زنی بالاتری داشته و هم‌چنین توان مالی خرید تکنولوژی‌های کارا تر را دارا هستند، بنابراین با توجه به این که بنگاه‌های بزرگ‌تر در مقایسه با بنگاه‌های کوچک تر دارای هزینه‌ی واحد محصول پایین‌تر و به عبارت بهتر، کارایی بالاتری می‌باشند، از این رو انتظار می‌رود که شدت انرژی در بنگاه‌های بزرگ‌تر به صورت نسبی پایین‌تر باشد (کایجوگ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۰)، اما از سوی دیگر، برخی مطالعات نشان داده‌اند که بنگاه‌های کوچک و متوسط به دلیل قرارگرفتن در محیط رقابتی‌تر و داشتن انگیزه برای کاهش هزینه‌ها، اقدام به نوآوری بیش‌تر کرده و تمایل بیش‌تری در به‌کارگیری تجهیزات و تکنولوژی‌های پیشرفته و کارا دارند. از این رو بازدهی انرژی در این بنگاه‌ها بیش‌تر و شدت انرژی پایین‌تر می‌باشد (پاپادوگونز و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵).

متغیر دیگری که مورد توجه مطالعات نظری می‌باشد، شدت سرمایه‌ی فیزیکی بنگاه یا همان نسبت موجودی سرمایه به سطح فروش یا محصول بنگاه می‌باشد. مروری بر مطالعات نظری نشان می‌دهد که این متغیر هم اثر مثبت و هم اثر منفی بر شدت انرژی

1- Kleijweg.

2- Papadogonas et al.

می‌تواند داشته باشد. در حقیقت اثر سرمایه‌ی فیزیکی بر شدت انرژی بستگی به آن دارد که این دو نهاد در تابع تولید جانشین هم هستند یا مکمل یکدیگرند. با توجه به این که نظریه پردازان اقتصادی در مورد جانشین یا مکمل بودن این دو نهاد اتفاق نظر ندارند، از این رو نمی‌توان در مورد اثر شدت سرمایه‌ی فیزیکی بر شدت انرژی نیز نتیجه‌گیری کلی کرد (گراچیل و گوفری<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳). ایراوان و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۰)، عنوان می‌کنند که بنگاه‌ها با شدت سرمایه‌ی فیزیکی بالاتر دارای ماشین‌آلات و تجهیزات انرژی بر بیش‌تری بوده و به عبارت دیگر الگوی تولید آن‌ها انرژی برتر است، بنابراین با افزایش شدت سرمایه‌ی فیزیکی، شدت انرژی بنگاه نیز افزایش می‌یابد.

متغیر دیگری که می‌تواند بر شدت انرژی بنگاه اثر قابل توجهی داشته باشد، مخارج تحقیق و توسعه یا R&D<sup>۳</sup> می‌باشد. در مورد تأثیر این متغیر بر شدت انرژی نیز اتفاق نظر وجود ندارد. پاپادوگونز و مایلو ناکیس<sup>۴</sup> (۲۰۰۷)، بیان می‌کنند که بنگاه‌ها با مخارج تحقیق و توسعه‌ی بالاتر به احتمال زیاد دارای تکنولوژی تولید پیشرفته‌تری خواهند بود. با توجه به این که استفاده از تکنولوژی تولید پیشرفته از طریق ایجاد کارایی در تولید موجب به کارگیری کم‌تر نهاده‌ها از جمله انرژی برای تولید یک واحد محصول شده و شدت انرژی را کاهش می‌دهد، بنابراین انتظار می‌رود با افزایش مخارج تحقیق و توسعه، شدت انرژی در بنگاه کاهش یابد. از سوی دیگر به اعتقاد کومار<sup>۵</sup> (۲۰۰۳)، مخارج تحقیق و توسعه به دلیل بستر سازی برای استفاده‌ی بیش‌تر از ماشین‌آلات و تجهیزات انرژی بر به جای نیروی انسانی، می‌تواند اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه داشته باشد.

مالکیت بنگاه یکی دیگر از متغیرهای مؤثر بر شدت انرژی بنگاه می‌باشد. براساس تئوری‌های اقتصادی کلاسیک، بخش خصوصی در مقایسه با بخش دولتی دارای کارایی بیش‌تری بوده و برای تولید هر واحد محصول از نهاده‌های کم‌تری استفاده می‌کند. بنابراین انتظار می‌رود شدت انرژی در بنگاه‌ها با مالکیت خصوصی، در مقایسه با بنگاه‌های دولتی کم‌تر باشد (ایراوان و همکاران، ۲۰۱۰). کومار (۲۰۰۳)، عنوان می‌کند که مقدار دستمزد نیروی کار نیز در شدت انرژی بنگاه مؤثر می‌باشد. به اعتقاد وی با افزایش نرخ دستمزد، بنگاه، تمایل بیش‌تری به جای‌گزینی سایر نهاده‌ها از جمله

1- Graciela and Geoffrey.

2- Irawan et al.

3- Research and Development.

4- Papadogonas and Mylonakis.

5- Kumar.

تجهیزات سرمایه‌ای، که جای‌گزین نهاده نیروی کار می‌تواند باشد، به جای نیروی کار خواهد داشت. بنابراین در صورتی که یک رابطه‌ی مثبت بین شدت سرمایه‌ی فیزیکی و شدت انرژی وجود داشته باشد، می‌توان انتظار داشت که نرخ دستمزد نیز اثر مثبت بر شدت انرژی داشته باشد. متغیر دیگری که معمولاً به عنوان شاخص کارایی در زمره‌ی متغیرهای مؤثر بر شدت انرژی بنگاه در نظر گرفته می‌شود، شدت هزینه‌ی تعمیر ماشین‌آلات بنگاه (نسبت هزینه‌های تعمیرات ماشین‌آلات به فروش) می‌باشد. بالا بودن مقدار این متغیر نشان‌دهنده‌ی عدم کارایی تجهیزات تولید و متضمن شدت انرژی بالاتری خواهد بود (کومار، ۲۰۰۳).

در حوزه‌ی اقتصاد انرژی، تعداد زیادی از مطالعات به بررسی رابطه‌ی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، برآورد تقاضا برای انرژی در خانوارها، صنعت و سایر بخش‌ها، پرداخته‌اند، اما تعداد مطالعاتی که به بررسی شدت انرژی در سطح بنگاه پرداخته باشند، چندان قابل توجه نمی‌باشد. در این حوزه می‌توان به مطالعه‌ی وندن و کوان<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) در چین اشاره کرد که با استفاده از اطلاعات آماری ۲۵۰۰ بنگاه بزرگ و متوسط در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۹، 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، منطقه‌ی استقرار و موقعیت صنعت مورد نظر تأثیر معنی‌داری بر شدت انرژی نداشته‌اند. کومار (۲۰۰۳)، در کشور هند و در میان بیش از ۵۰۰۰ بنگاه صنعتی این کشور با برآورد تابع شدت انرژی طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۲ نشان داده است که مخارج تحقیق و توسعه مهم‌ترین عامل مؤثر بر شدت انرژی بنگاه می‌باشد. پاپادوگنز و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر اندازه‌ی 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 اثر اندازه‌ی بنگاه بر شدت انرژی برق مثبت می‌باشد. پاپادوگنز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷)، با استفاده از داده‌های آماری بیش از ۴۰۰۰ بنگاه صنعتی کشور یونان، عوامل تعیین‌کننده‌ی شدت انرژی بنگاه‌های صنعتی را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شدت سرمایه‌ی فیزیکی تأثیر مثبت و تکنولوژی و اندازه‌ی بنگاه تأثیر منفی بر شدت انرژی دارد. ساهو و

1- Vanden and Quan.

نارایانان<sup>۱</sup> (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰)، مطالعات مشابهی را در میان بنگاه‌های صنعتی کشور هند و در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ انجام داده و نشان داده‌اند که اندازه‌ی بنگاه و مالکیت از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه هستند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش اندازه‌ی بنگاه، شدت انرژی در بنگاه نیز افزایش می‌یابد. ایراوان و همکاران (۲۰۱۰) نیز در کشور اندونزی نشان داده‌اند که عمر بنگاه، دستمزد، شدت سرمایه‌ی فیزیکی و مالکیت بخش خصوصی تأثیر مثبت و تکنولوژی و اندازه‌ی بنگاه اثر منفی بر شدت انرژی بنگاه داشته است. با توجه به مطالب فوق، فرضیه‌های تحقیق به شرح جدول ۱ معرفی می‌شود.

جدول ۱- فرضیه‌های تحقیق

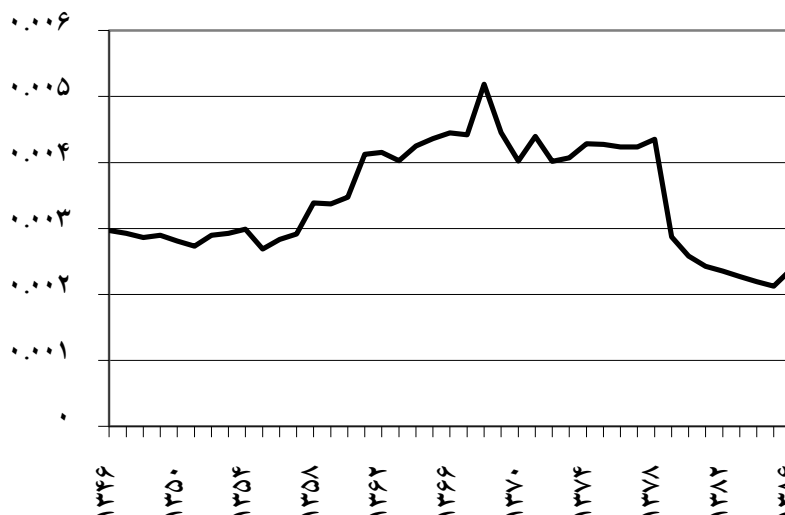
ردیف	فرضیه	بر اساس مطالعات تجربی
۱	اندازه‌ی بنگاه اثر منفی بر شدت انرژی بنگاه دارد	کایجوگ (۱۹۹۰)، کومار (۲۰۰۳)، پاپادوگونز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷)، ایراوان و همکاران (۲۰۱۰)
۲	شدت سرمایه‌ی فیزیکی اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه دارد	کومار (۲۰۰۳)، پاپادوگونز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷)، ساهو و نارایانان (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰)، ایراوان و همکاران (۲۰۱۰)
۳	مخارج R&D اثر منفی بر شدت انرژی بنگاه دارد	کومار (۲۰۰۳)، پاپادوگونز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷)
۴	مالکیت بخش خصوصی اثر منفی بر شدت انرژی بنگاه دارد	کومار (۲۰۰۳)
۵	سطح دستمزد اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه دارد	کومار (۲۰۰۳)، ایراوان و همکاران (۲۰۱۰)
۶	شدت هزینه‌ی تعمیر ماشین آلات اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه دارد	کومار (۲۰۰۳)، ساهو و نارایانان (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰)

### ۳- نگاهی به وضعیت شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران

براساس اطلاعات آماری موجود طی چند دهه‌ی گذشته، شدت انرژی در بخش صنعت روند توأم با تغییرات قابل توجهی را داشته است. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، از سال ۱۳۵۶ و هم زمان با آغاز نابسامانی‌های اقتصادی ناشی از وقوع

1- Sahu and Narayanan.

انقلاب و در نتیجه‌ی افت کارایی، شدت انرژی در بخش صنعت شروع به افزایش کرده و این روند تا سال ۱۳۶۷ ادامه داشته است. پس از پایان جنگ تحمیلی به دلیل توجه ویژه به تجهیز بخش صنعت با ماشین آلات وارداتی کارا، شدت انرژی از حوالی سال ۱۳۷۰ شروع به کاهش نموده و این روند تا سال ۱۳۸۶ ادامه داشته است.



منبع: ترازنامه‌ی انرژی سال‌های مختلف

نمودار ۱- شدت انرژی در بخش صنعت (میلیون بشکه بر میلیارد ریال)

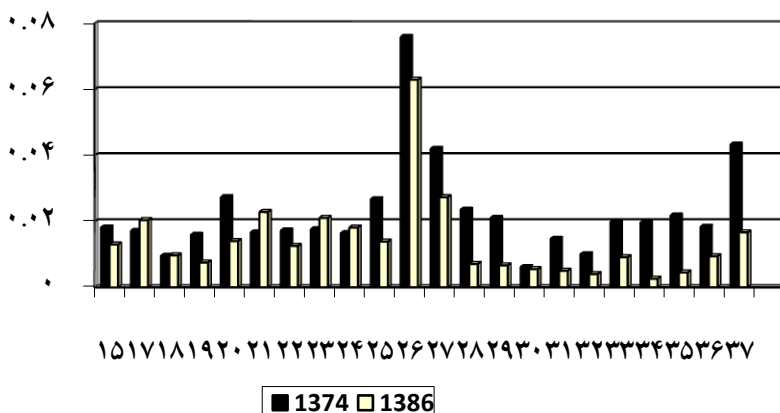
کاهش شدت انرژی در بخش صنعت طی سال‌های اخیر می‌تواند دو دلیل عمده داشته باشد:

- افزایش بهره‌وری انرژی در بخش صنعت،
- کاهش سهم زیربخش‌ها با شدت انرژی بالا از تولید کل صنعت و بر عکس، افزایش سهم زیربخش‌ها با شدت انرژی پایین از تولید کل صنعت. این تغییر به عنوان تغییرات ساختاری شناخته شده است.

می‌توان با تحلیل‌های جزئی‌تر نشان داد که سهم کدام عامل فوق در کاهش شدت انرژی قابل توجه‌تر است. در نمودار ۲ تغییرات شدت انرژی بخش صنعت به تفکیک زیر بخش‌های صنعت (ISIC<sup>1</sup> دو رقمی) در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۶ نشان داده شده است.

1- International Standard Industrial Classification.

همان‌طور که مشاهده می‌شود به جز زیر بخش‌ها با کد ۱۷ (صنایع نساجی)، ۲۱ (صنایع کاغذ)، ۲۳ (زغال کک و پالایشگاه‌های نفت) و ۲۵ (محصولات لاستیکی و پلاستیکی)، در تمامی بخش‌ها شدت انرژی کاهش داشته است. این پدیده نشان‌دهنده‌ی افزایش بهره‌وری انرژی در بیش‌تر زیر بخش‌های صنعت می‌باشد. هم‌چنین براساس اطلاعات آماری موجود، زیر بخش با کد ۲۶ (تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی) که دارای شدت انرژی بسیار بالایی دارد، از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۶ دچار کاهش سهم تولیدی (از کل تولید صنعت) به میزان ۵۴ درصد شده است. و زیر بخش‌هایی مانند زیربخش ۲۴ (صنایع محصولات شیمیایی) که شدت انرژی به نسبت پایین‌تری دارند، با افزایش سهم تولیدی به میزان ۶۲ درصد مواجه بوده‌اند. بنابراین می‌توان عنوان کرد که هر دو عامل بهره‌وری و ساختار فعالیت‌های صنعتی در کاهش شدت انرژی بخش صنعت مؤثر بوده‌اند.



منبع: مرکز آمار ایران

نمودار ۲- شدت انرژی در سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۶ در زیربخش‌های صنعت بر حسب کد ISIC دو رقمی - (ریال بر ریال)<sup>۱</sup>

#### ۴- روش‌شناسی تحقیق

با توجه به ادبیات موضوع و مطابق با مطالعه‌ی کومار (۲۰۰۳) در کشور هند، در این مطالعه از الگوی زیر برای بررسی و آزمون فرضیه‌های تحقیق استفاده می‌شود:

۱- شدت انرژی با استفاده از تقسیم ارزش ریالی مصرف انرژی بر ارزش ریالی تولید بنگاه‌های صنعتی محاسبه شده است.



$$\text{Ln}E_i = c_0 + c_1 \text{Ln}S_i + c_2 \text{LnCap}_i + c_3 \text{R\&D}_i + c_4 O_{1i} + c_5 O_{2i} + c_6 \text{Ln}W_i + c_7 \text{LnRep}_i + u_i \quad (1)$$

به طوری که:

$\text{Ln}E_i$ : لگاریتم شدت انرژی در بنگاه نام صنعت در سال ۱۳۸۶. در این مطالعه شاخص شدت انرژی برابر با نسبت ارزش ریالی مصرف انرژی بنگاه بر ارزش ریالی تولید بنگاه در نظر گرفته شده است.

$\text{Ln}S_i$ : لگاریتم اندازه‌ی بنگاه نام صنعت در سال ۱۳۸۶. برای اندازه‌گیری اندازه‌ی بنگاه می‌توان از دو متغیر تعداد شاغلان و میزان فروش بنگاه می‌توان استفاده کرد، که در این مطالعه از تعداد کل شاغلان بنگاه به عنوان معیار اندازه‌گیری اندازه‌ی بنگاه استفاده می‌شود.

$\text{LnCap}_i$ : لگاریتم شدت سرمایه‌ی فیزیکی بنگاه نام صنعت در سال ۱۳۸۶ که برابرنسبت سرمایه‌ی فیزیکی به تولید بنگاه در نظر گرفته شده است.

$\text{R\&D}_i$ : متغیر مجازی برای معین کردن وضعیت مخارج تحقیق و توسعه‌ی بنگاه نام در سال ۱۳۸۶. این متغیر به این شکل تعریف شده است که برای بنگاه‌های دارای واحد تحقیق و توسعه‌ی مقدار ۱ و برای سایر بنگاه‌ها مقدار ۰ را اختیار می‌کند.

$O_{1i}$ : متغیر مجازی اول برای معین کردن وضعیت مالکیت بنگاه نام صنعت در سال ۱۳۸۶. این متغیر به این شکل تعریف شده است که برای بنگاه‌ها با مالکیت بخش خصوصی مقدار ۱ و برای سایر بنگاه‌ها (بنگاه‌ها با مالکیت دولتی و تعاونی) مقدار ۰ را اختیار می‌کند.

$O_{2i}$ : متغیر مجازی دوم برای معین کردن وضعیت مالکیت بنگاه نام صنعت در سال ۱۳۸۶. این متغیر به این شکل تعریف شده است که برای بنگاه‌ها با مالکیت بخش تعاونی مقدار ۱ و برای سایر بنگاه‌ها (بنگاه‌ها با مالکیت دولتی و خصوصی) مقدار ۰ را اختیار می‌کند.

$\text{Ln}W_i$ : لگاریتم متوسط دستمزد پرداختی به هر واحد نیروی کار در بنگاه نام صنعت در سال ۱۳۸۶.

$\text{Ln}R_i$ : لگاریتم نسبت مخارج تعمیرات ماشین آلات و تجهیزات تولید به کل فروش در بنگاه نام در سال ۱۳۸۶.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، الگوی فوق با استفاده از داده‌های آماری در سطح بنگاه تخمین زده می‌شود. اطلاعات آماری این مطالعه از طرح سرشماری کارگاه‌های صنعتی در سال ۱۳۸۶ توسط مرکز آمار ایران به دست آمده که شامل ۱۲۲۱۹ بنگاه فعال می‌باشد. هم‌چنین به دلیل عدم پیوستگی اطلاعات مربوط به هر بنگاه در طول زمان، در این مطالعه برای تخمین الگو از رگرسیون مقطعی استفاده می‌شود.

### ۵- یافته‌های تحقیق

در این بخش پیش از تخمین الگوی مطالعه، براساس آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده، روابط برخی از متغیرهای معرفی شده در بخش قبل با شدت انرژی در بنگاه‌ها مورد تحلیل توصیفی قرار خواهد گرفت. در جدول ۱ میانگین شدت انرژی در دو گروه از بنگاه‌ها نشان داده شده است، بنگاه‌های دارای واحد یا مخارج R&D و بنگاه‌هایی که مخارج R&D نداشته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، متوسط شدت انرژی بنگاه‌های دارای مخارج تحقیق و توسعه به مراتب کم‌تر از بنگاه‌هایی است که چنین مخارجی ندارند. در جدول ۲ و ۳ این تحلیل در مورد وضعیت مالکیت و اندازه‌ی بنگاه‌ها ارائه شده است. بر اساس آن چه از این جداول به دست می‌آید، می‌توان به صورت ابتدایی در مورد تأثیر این متغیرها بر شدت انرژی قضاوت کرد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، خصوصی بودن بنگاه مطابق انتظار تأثیر منفی و معنی داری بر شدت انرژی دارد و متوسط شدت انرژی در بنگاه‌های غیردولتی کم‌تر از بنگاه‌های دولتی است. هم‌چنین جدول ۳ نشان می‌دهد که شدت انرژی در بنگاه‌هایی که دارای ۵۰ نفر کارکن و بیش‌تر هستند، بیش‌تر از بنگاه‌های کوچک‌تر می‌باشد.

جدول ۱- مخارج R&D و شدت انرژی

وضعیت تحقیق و توسعه در بنگاه	میانگین شدت انرژی
بنگاه‌های دارای مخارج R&D	۰/۰۱۶
بنگاه‌های بدون مخارج R&D	۰/۰۲۱

منبع: مرکز آمار ایران

جدول ۲- وضعیت مالکیت بنگاه و شدت انرژی

وضعیت مالکیت بنگاه	میانگین شدت انرژی
بنگاه‌های خصوصی	۰/۰۱۴۷
بنگاه‌های دولتی	۰/۰۲۲
بنگاه‌های تعاونی	۰/۰۱۱۴

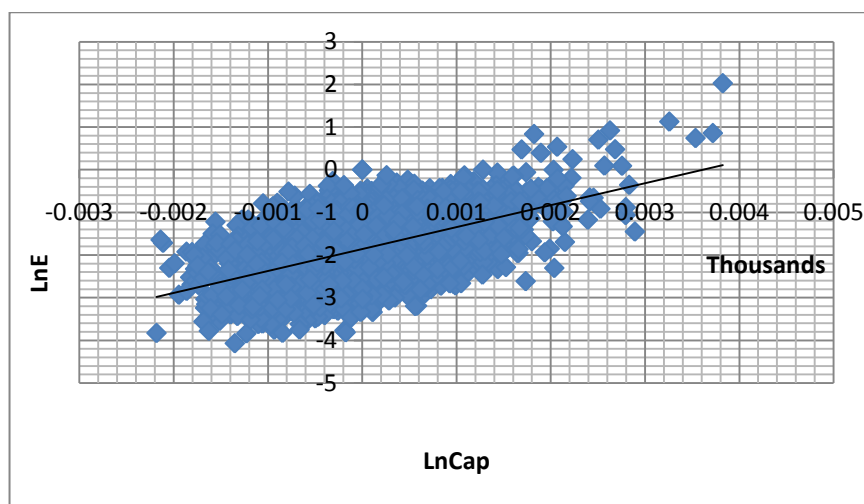
منبع: مرکز آمار ایران

جدول ۳- اندازه‌ی بنگاه و شدت انرژی

اندازه‌ی بنگاه	میانگین شدت انرژی
بنگاه‌های کم‌تر از ۵۰ نفر کارکن	۰/۰۱۶۹
بنگاه‌های ۵۰ نفر کارکن و بیش‌تر	۰/۰۱۷۳

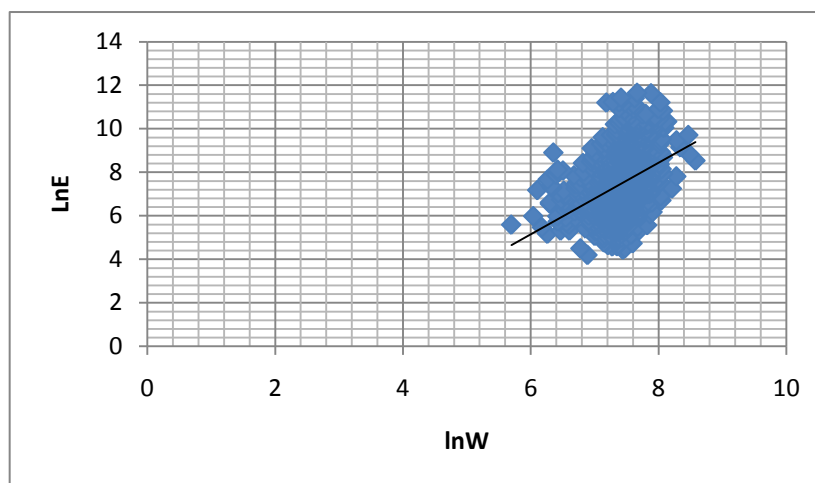
منبع: مرکز آمار ایران

در نمودار ۳ رابطه‌ی بین لگاریتم شدت انرژی ( $\ln E$ ) و لگاریتم شدت سرمایه‌ی فیزیکی ( $\ln K$ ) نمایش داده شده است. نمودار پراکنش نشان دهنده‌ی وجود رابطه‌ی مثبت بین این دو متغیر می‌باشد. مطابق با مبانی نظری ارائه شده و پیشینه‌ی تجربی موجود انتظار می‌رفت که با افزایش شدت سرمایه‌ی فیزیکی، شدت انرژی افزایش یابد. نمودار ۴، رابطه‌ی بین لگاریتم شدت انرژی ( $\ln E$ ) و لگاریتم نرخ دستمزد نیروی کار ( $\ln W$ ) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این نمودار نیز نشان دهنده‌ی رابطه‌ی مثبت بین نرخ دستمزد و شدت انرژی می‌باشد. به عبارت دیگر، افزایش نرخ دستمزد در نهایت منجر به جای‌گزینی سرمایه‌ی به جای نیروی کار و افزایش شدت سرمایه‌ی فیزیکی شده و به تبع آن شدت انرژی را افزایش می‌دهد.



منبع: مرکز آمار ایران

نمودار ۳- رابطه‌ی لگاریتم شدت انرژی (LnE) و لگاریتم شدت سرمایه‌ی فیزیکی (LnK)



منبع: مرکز آمار ایران

نمودار ۴- رابطه‌ی لگاریتم شدت انرژی (LnE) و لگاریتم نرخ دستمزد (LnW)

پس از تحلیل‌های اولیه نوبت به تخمین الگوی ارائه شده در بخش قبل می‌رسد. نتایج تخمین رابطه‌ی ۱ در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده ضریب LnS مثبت بوده و نشان می‌دهد که به ازای یک درصد افزایش در اندازه‌ی بنگاه،

شدت انرژی در بنگاه ۰/۹۸ درصد افزایش می‌یابد، بنابراین برخلاف انتظار اولیه، افزایش در اندازه‌ی بنگاه که با تعداد شاغلان بنگاه اندازه‌گیری شده، تأثیر مثبت بر شدت انرژی بنگاه داشته است. این موضوع نشان دهنده‌ی بهره‌وری بالاتر انرژی در بنگاه‌های کوچک‌تر است. این نتیجه نشان دهنده‌ی رد فرضیه‌ی اول مطالعه می‌باشد، اما با نتیجه‌ی به دست آمده در مطالعه‌ی پاپادوگونز و همکاران (۲۰۰۵) و ساهو و نارایانان<sup>۱</sup> (۲۰۰۹)، مطابقت دارد. با توجه به این که بیش‌تر بنگاه‌های بزرگ در مالکیت بخش دولتی هستند و معمولاً در این بنگاه‌ها انگیزه برای کاهش هزینه‌ی تولید و افزایش کارایی پایین است، نتیجه‌ی به دست آمده دور از ذهن نمی‌باشد.

جدول ۴ - نتایج تخمین رابطه‌ی شماره‌ی ۱ به روش <sup>۲</sup>OLS

متغیر	ضریب	آماره‌ی t
عرض از مبدا	۰/۰۶	۰/۲۰
LnS	۰/۹۸	۱۴/۶۱*
LnCap	۰/۰۶	۶/۲۶*
R&D	-۰/۴۳	-۱/۵۰
O <sub>1</sub>	-۰/۲۷	-۸/۸۵*
O <sub>2</sub>	-۰/۲۲	-۵/۲۹*
LnW	۰/۸۲	۲۱/۸۰*
LnR	۰/۲۹	۱۳/۰۷*
تعداد مشاهدات		۱۲۲۱۹
R <sup>2</sup> تعدیل یافته		۰/۴۰
لگاریتم لایک لیهود		-۲۷۶۱/۰۵
معیار آکاییک		۰/۶۴
آماره‌ی F (مقدار سطح احتمال)		۸۲۷/۶۹ (۰/۰۰۰)
آزمون ناهمسانی واریانس		۱۰۵/۰۸ (۰/۰۰۰۰)

\* معنی‌دار دز سطح ۱٪

منبع: یافته‌های تحقیق

ضریب LnK مثبت و معنی‌دار است و که نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت شدت سرمایه‌ی‌های فیزیکی بر شدت انرژی در بنگاه می‌باشد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد،

1- Sahu and Narayanan.  
2- Ordinary Least Square.

این نتیجه نشان می‌دهد که با جای‌گزینی تجهیزات سرمایه‌ای به جای سایر نهاده‌ها از جمله نیروی کار، انرژی بری در بنگاه‌های صنعتی افزایش می‌یابد. این نتیجه تأییدی بر فرضیه‌ی دوم این مطالعه می‌باشد. متغیر R&D اثر منفی بر شدت انرژی دارد، که این نتیجه نیز با آن چه در فرضیه‌ی سوم مطالعه ارائه شده مطابقت دارد. با این وجود، ضریب این متغیر از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد، که این پدیده می‌تواند به دلیل ناچیز بودن مخارج تحقیق و توسعه در بنگاه‌های صنعتی باشد. همچنین همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در صورتی مخارج تحقیق و توسعه منجر به کاهش شدت انرژی می‌شود که نوآوری و پیشرفت تکنولوژی را پدید آورد، با توجه به نتیجه‌ی به دست آمده، به نظر می‌رسد مخارج تحقیق و توسعه اثر چندانی بر ایجاد تکنولوژی‌های انرژی-اندوز نداشته است. ضریب متغیرهای مجازی مالکیت بنگاه منفی و معنی‌دار می‌باشد که نشان دهنده‌ی شدت انرژی پایین‌تر در بنگاه‌ها با مالکیت غیردولتی بوده و فرضیه‌ی چهارم مطالعه را تأیید می‌کند.

ضریب متغیر  $\ln W$  مثبت و معنی‌دار می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد، رابطه‌ی مثبت بین این دو متغیر متأثر از رابطه‌ی مثبت بین شدت سرمایه‌ی فیزیکی و شدت انرژی است. متغیر نسبت مخارج تعمیرات ماشین‌آلات و تجهیزات، به فروش ( $\ln R$ ) مثبت و معنی‌دار می‌باشد که نشان دهنده‌ی اثر کیفیت ماشین‌آلات بر شدت انرژی است. با کاهش کیفیت و کارایی ماشین‌آلات و به تبع آن افزایش هزینه‌ی تعمیرات انتظار می‌رود که شدت انرژی افزایش یابد. ضریب تعیین به دست آمده برابر ۰/۴۰ می‌باشد که اگر چه چندان قابل توجه نیست، ولی در مقایسه با مطالعات تجربی مشابه، قابل قبول می‌باشد. برای مثال در مطالعه‌ی پاپادوگونز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷) در کشور یونان، مقدار ضریب تعیین برابر ۰/۲۱ و در مطالعه‌ی ساهو و نارایانان (۲۰۱۰) در هند برابر ۰/۳۶ بوده است.

پس از تخمین الگو ابتدا آزمون هم خطی<sup>۱</sup>  $VIF$  بر روی متغیرهای توضیحی انجام شده که نتایج آن نشان دهنده‌ی عدم وجود هم خطی در بین این متغیرهاست. همچنین در انتهای جدول ۴ نتایج آزمون ناهمسانی واریانس بروش-پاگن گزارش شده است که با توجه به مقدار آماره و سطح احتمال آن، وجود ناهمسانی واریانس در نتایج تأیید می‌شود. با وجود ناهمسانی واریانس، ضرایب حاصل از روش OLS اگر چه

1- Variance Inflation Factor.

هم چنان بدون تورش و سازگار باقی خواهند ماند، ولی به صورت مجانبی کارا نخواهند بود. برای حل این مشکل دو روش وجود دارد، استفاده از روش حداقل مربعات وزنی (WLS)<sup>۱</sup> و یا به کارگیری روش حدکثر احتمال (MLE)<sup>۲</sup>. در این مطالعه برای اطمینان از صحت استنتاجات انجام شده بر اساس روش OLS، الگوی تحقیق یک بار دیگر به روش MLE در جدول ۵ تخمین زده شده است. نتایج به دست آمده نشان دهنده‌ی صحت نتیجه‌گیری‌های حاصل از روش OLS می‌باشد و تنها تغییر ایجاد شده کاهش قابل توجه در مقدار آماره‌ی t است.

جدول ۵ - نتایج تخمین رابطه‌ی شماره‌ی ۱ به روش MLE

متغیر	ضریب	آماره‌ی t
عرض از مبدا	۰/۰۳۲	۰/۵۳
LnS	۱/۸۷	۱۵/۲۲*
LnCap	۰/۰۶	۷/۳۸*
R&D	-۰/۳۱	-۱/۵۱
O <sub>1</sub>	-۰/۱۹	-۸/۳۵*
O <sub>2</sub>	-۰/۱۶	-۷/۷۹*
LnW	۰/۶۲	۵/۴۴*
LnR	۰/۲۷	۹/۱۷*
تعداد مشاهدات	۱۲۲۱۹	
لگاریتم لایک لیهود	-۳۸۹۶/۵۷	
معیار آکاییک	۰/۸۹	

\* معنی‌دار در سطح ۱٪  
منبع: یافته‌های تحقیق

پس از تخمین الگو به منظور بررسی استحکام نتایج، در جدول ۶ با تقسیم نمونه‌ی مورد بررسی به دو گروه بنگاه‌های کوچک با تعداد ۱۰ تا ۴۹ نفر کارکن و بنگاه‌های بزرگ با ۵۰ نفر کارکن و بیش‌تر رابطه‌ی ۱ دوباره تخمین زده شده است. نتایج تخمین در بنگاه‌های کوچک و بزرگ تفاوت چندانی با نتایج به دست آمده در بخش پیشین نداشته و اعتبار نتایج را نشان می‌دهد.

1- Weighted least squares.  
2- Maximum likelihood estimation.

جدول ۶ - نتایج تخمین رابطه‌ی شماره‌ی ۱ به تفکیک بنگاه‌های کوچک، بزرگ

گروه		کارگاه‌های ۱۰ تا ۴۹ نفر کارکن		کارگاه‌های ۵۰ نفر کارکن و بیش‌تر	
متغیر	ضریب	آماره‌ی t	ضریب	آماره‌ی t	
عرض از مبدا	۰/۰۲	۰/۶۷	۰/۰۲	۰/۷۷	
LnS	۰/۸۹	۸/۱۵*	۰/۶۱	۱۳/۲۵*	
LnCap	۰/۰۶	۱۱/۷۶*	۰/۰۹	۱۱/۷۰*	
R&D	-۰/۴۱	۱/۴۷	-۰/۳۹	-۱/۴۴	
O <sub>1</sub>	-۰/۱۷	-۷/۶۷*	-۰/۱۸	-۸/۱۱*	
O <sub>2</sub>	-۰/۱۲	-۹/۱۶*	-۰/۱۵	-۱۲/۸۶*	
LnW	۰/۵۰	۱۰/۶۱*	۰/۶۹	۷/۹۵*	
LnR	۰/۴۲	۸/۳۷*	۰/۳۹	۱۰/۷۴*	
تعداد مشاهدات		۸۲۴۶		۳۹۷۳	
R <sup>2</sup> تعدیل یافته		۰/۳۵		۰/۴۰	
آماره‌ی F (مقدار سطح احتمال)		۰/۰۰۰(۹۸/۵۲)		۰/۰۰۰(۱۰۲/۸۷)	

\* معنی‌دار در سطح ۱٪

منبع: یافته‌های تحقیق

### ۵- نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهادهای سیاستی

هدف اصلی این مقاله بررسی تجربی رابطه‌ی بین شدت انرژی و برخی از ویژگی‌های منتخب بنگاه در بخش صنایع کارخانه‌ای ایران می‌باشد. تحلیل‌های تجربی انجام گرفته با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و با به‌کارگیری نمونه‌ی مقطعی شامل ۱۲۲۹۸ بنگاه صنعتی نشان دهنده‌ی نتایج زیر می‌باشد:

- نتایج نشان دهنده‌ی یک رابطه‌ی مستقیم بین اندازه‌ی بنگاه و شدت انرژی در بنگاه می‌باشد. براساس این نتیجه می‌توان عنوان کرد که بنگاه‌های بزرگ دارای شدت انرژی به مراتب بالاتری بوده و تشویق این بنگاه‌ها به تجهیز فرایند تولید به ماشین آلات با فن آوری پیشرفته و انرژی اندوز، می‌تواند در کاهش شدت انرژی مؤثر واقع شود.
- نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مخارج R&D اثر معنی داری بر کاهش شدت انرژی بنگاه نداشته است. بنابراین فرضیه‌ی شماره‌ی سه تحقیق را نیز نمی‌توان پذیرفت. این پدیده می‌تواند به دلیل پایین بودن مخارج تحقیق و توسعه و عدم توجه بنگاه‌ها به تحقیق و توسعه در حوزه‌ی تکنولوژی‌های انرژی اندوز باشد.



- هم‌چنین نتایج تحلیل‌های تجربی نشان دهنده‌ی اثر منفی نوع مالکیت بنگاه بر شدت انرژی بنگاه می‌باشد، به طوری که بنگاه‌های غیردولتی دارای شدت انرژی کم‌تری می‌باشند. این نتیجه فرضیه‌ی چهارم این مطالعه را تأیید می‌کند. این نتیجه‌ی با نتیجه به دست آمده در مطالعه‌ی کومار (۲۰۰۳) مطابقت داشته و نشان می‌دهد که بخش خصوصی در بهره‌گیری از انرژی به صورت نسبی دارای کارایی بالاتری است.

- مطابق انتظار، شدت سرمایه‌ی فیزیکی و نرخ دستمزد دارای اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه می‌باشند. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش دستمزد یا پیشرفت تکنولوژی و جای‌گزینی تجهیزات مکانیزه به جای ابزارها و نهاده‌های سنتی تولید از جمله نیروی کار، شدت انرژی در بنگاه‌ها افزایش یافته است. بنابراین فرضیه‌ی دوم و پنجم مطالعه نیز تأیید می‌شود. این نتیجه لزوم توجه به افزایش بازدهی تجهیزات سرمایه‌ای را یادآوری می‌کند. اثر مثبت و معنی‌دار و قابل توجه هزینه‌ی تعمیرات تجهیزات تولید بر شدت انرژی نیز تأیید کننده‌ی این مساله است و به نظر می‌رسد، حرکت به سمت جای‌گزینی تکنولوژی‌های نو و ماشین‌آلات و تجهیزات سرمایه‌ای با بازدهی بالا به جای تجهیزات سرمایه‌ای فرسوده و انرژی بر و به عبارت بهتر نوسازی زیرساخت‌ها و تجهیزات تولید، می‌تواند در کاهش شدت انرژی در بخش صنعت مؤثر واقع شود.

### فهرست منابع

مرکز آمار ایران، طرح سرشماری از کارگاه‌های صنعتی ایران، ۱۳۸۶.

Graciela, Chichilnisky & Heal, Geoffrey (1993), "Energy-Capital Substitution: A General Equilibrium Analysis", MPRA Paper 8329, University Library of Munich, Germany.

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

Kleijweg, A., R. Huigen., G. van Leeuwen., and K. Zeelenberg. (1990), Firm Size and the Demand for Energy in Dutch Manufacturing, 1978-1986. Small Business Economics, Volume: 2, pp. 171-181.

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

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*, Volume 5, Number 4, pp. 426-431(6).

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

Sahu, Santosh and Narayanan, K., (2009), "Determinants of Energy Intensity: A Preliminary Investigation of Indian Manufacturing Industries", Paper presented in the 44th Annual Conference of "The Indian Econometrics Society", at Guwahati University, Assam, India & Available at <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/16606/>

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

Vanden K.F., Jeferson G.H., Hangmei L., Quan T.(2002), "What is Driving China's Decline in Energy Intensity", [weber.ucsd.edu/~carsonvs/papers/787.pdf](http://weber.ucsd.edu/~carsonvs/papers/787.pdf)