فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفتم / شماره‌ی 26/ پاییز 1389/ صفحات 130- 105

تجزیه‌ی شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران

داود بهبودی

دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز dbehbudi@gmail.com

نسیم مهین اصلانی‌نیا

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه تبریز nsaslani@gmail.com

سکینه سجودی

دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه تبریز sakinehsojoodi@gmail.com

تاریخ دریافت: 89/3/2 تاریخ پذیرش: 89/6/21

چکیده

با توجه به ضرورت صرفه جویی در مصرف انرژی در ایران، شناسایی عوامل موثر بر شدت انرژی در اقتصاد ایران ضروری به نظر می رسد. هدف اصلی این مطالعه شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر تغییرات شدت انرژی در ایران و در بازه زمانی 1385-1347 می‌باشد. به‌کارگیری متدلوژی تجزیه، امکان تحلیل دقیق‌تر روند شدت انرژی در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده را برای کاربردهای سیاستی فراهم می‌نماید. بهره‌وری انرژی یکی از عوامل تعیین‌کننده‌ی شدت انرژی می‌باشد اما علاوه بر بهره‌وری انرژی، ترکیب فعالیت‌های اقتصادی نیز در تعیین شدت استفاده از انرژی نقش به‌سزایی دارد. با افزایش فعالیت‌های اقتصادی انرژی‌بر، شدت انرژی کل نیز افزایش می‌یابد. هدف این مطالعه تجزیه شدت انرژی در ایران به دو عامل کلیدی مؤثر بر تغییر در شدت انرژی یعنی افزایش بهره‌وری و تغییر در فعالیت‌های اقتصادی می باشد. نتایج این تجزیه به روش شاخص ایده‌آل فیشر نشان می‌دهد که افزایش شدت انرژی در کشور در اثر تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی و نیز کاهش بهره‌وری در بهره‌گیری از انرژی بوده است. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست آمده، یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر شدت انرژی، قیمت انرژی می‌باشد. بطوری که حساسیت شدت انرژی نسبت به قیمت انرژی بسیار بالا می باشد.

طبقه بندی JEL : C43; C50; C65;

کلیدواژه: شدت انرژی، بهره‌وری انرژی، ساختار فعالیت‌های اقتصادی، متدولوژی تجزیه

1- مقدمه

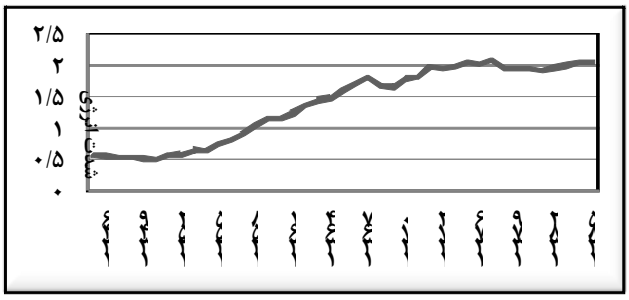
پس از وقوع بحران جهانی قیمت نفت در اوایل و اواخر دهه‌ی 1970، شدت انرژی نسبت مصرف انرژی به GDP[1]، مورد توجه محققان حوزه اقتصاد انرژی قرارگرفت و تلاش‌هایی جدی در جهت درک عوامل مؤثر بر مصرف و شدت انرژی انجام پذیرفت. حاصل این تلاش‌ها ایجاد روش‌های مختلف برای تجزیه ی شدت انرژی به عوامل تعیین کننده‌ی آن بوده است. تجزیه ی شدت انرژی این امکان را فراهم می‌کند که اثر تغییرات ساختاری اقتصاد بر شدت انرژی را از ارتقاء بهره‌وری در مصرف انرژی، تمیز دهیم. به عبارت دیگر، تجزیه ی 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. افزایش بهره‌وری انرژی منجر به کاهش انرژی مصرف شده به ازای هر واحد فعالیت اقتصادی در یک بخشِ به ویژه (مثلاً صنعت) می‌شود، اما تغییر فعالیت، به تغییر ترکیب فعالیت‌های اقتصادی (تغییر از فعالیت‌های اقتصادی انرژی‌بر به سمت فعالیت‌های اقتصادی بدون مصرف انرژی یا بر عکس) با ثابت در نظر گرفتن عامل بهره‌وری مربوط است.

نگاهی به روند شدت انرژی در کشور(نمودار 1) بیانگر افزایش چشم‌گیر این متغیر در دهه‌های اخیر بوده است. بدیهی است اولین گام در کنترل روند افزایش این متغیر، شناسایی عوامل مؤثر بر آن می‌باشد. وجود روند افزایشی در سری زمانی شدت انرژی این سئوال را ایجاد می‌کند که آیا این افزایش ناشی از کاهش بهره‌وری انرژی بوده، یا نشان دهنده‌ی جای گزینی فعالیت‌های اقتصادی انرژی‌بر به‌جای فعالیت‌های انرژی اندوز بوده است و به عبارت دیگر تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی منجر به روند افزایشی در شدت انرژی شده است. هدف اصلی این مطالعه شناسایی نیروهای کلیدی مؤثر بر تغییرات شدت انرژی در ایران و در بازه‌ی زمانی 1385-1347 می‌باشد.

به این منظور ابتدا روش‌های مختلف تجزیه‌ی شدت انرژی و مطالعات تجربی مربوطه در بخش‌های 2 و 3 مرور می‌شود، سپس در بخش 4، با استفاده از داده‌های بخش‌های مختلف اقتصادی به تحلیل تجربی موضوع در ایران پرداخته شده و شدت

1- Gross Domestic Production.

انرژی به عوامل تعیین کننده‌ی آن تجزیه خواهد شد و در نهایت بخش 5، نتایج به دست آمده مورد جمع بندی قرار خواهد گرفت.



مأخذ : ترازنامه‌ی انرژی، وزارت نیرو،معاونت امور برق و انرژی - سال 1386

نمودار1- شدت انرژی در ایران طی سال‌های 1346-1385

2- مروری بر ادبیات موضوع

در این قسمت ابتدا به معرفی اجمالی روش‌های پایه و متدولوژی تجزیه‌ی شاخص شدت انرژی پرداخته خواهد شد. هم‌چنین مطالعات تجربی در زمینه ی تجزیه‌ی شدت انرژی در عرصه ی داخلی و خارجی مرور می‌شود.

2-1- روش‌های پایه و روش شناسی تجزیه‌ی شاخص شدت انرژی

برای تجزیه‌ی شدت استفاده از انرژی روش‌های مختلفی وجود دارد، ولی در دهه‌ی اخیر، شاخص‌های لاسپیرز و پاشه، شاخص‌های میانگین حسابی و لگاریتمی دیویژیا[1] و نیز شاخص ایده‌آل فیشر[2]، رایج ترین روش‌های تجزیه بوده‌اند. در این قسمت روش‌های متعارف مذکور در متدولوژی تجزیه به صورت اجمالی مرور خواهند شد. در مباحث ارائه شده فرض بر این است که کل انرژی مصرفی در کشور، حاصل جمع مصرف در m بخش مختلف (مانند صنعت، کشاورزی، خدمات و ...) باشد. هم‌چنین انرژی مصرفی با واحد انرژی و ستانده‌ی کل با واحد پولی، اندازه‌گیری می‌شود. نمادهای مورد استفاده به صورت زیر معرفی می‌شوند:

E_t : کل انرژی مصرف شده در کشور در سال t

$E_{i,t}$: انرژی مصرف شده در بخش iام و در سال t

1- Arithmetic Mean Divisia.

2- Fisher Ideal Index.

Y_t : کل تولید در سال t

$Y_{i,t}$: تولید بخش iام در سال t

$S_{i,t}$: سهم تولید بخش i از تولید کل در سال t = $(Y_{i,t}/Y_t)$

I_t : شدت انرژی کل در سال t =(E_t/Y_t)

$I_{i,t}$: شدت انرژی در بخش iام و در سال t = $(E_{i,t}/Y_{i,t})$

در ادبیات تجزیه‌ی متغیر $S_{i,t}$ نشان دهنده‌ی ساختار فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد، و متغیر $I_{i,t}$، عکس بهره‌وری انرژی در بخش iام و در سال t را نشان داده[1] و از آن به عنوان شاخص عدم بهره‌وری انرژی یاد می‌شود (Metcalf ,2008). شدت انرژی کل، به صورت حاصل جمع وزنی شدت انرژی بخش‌ها (m بخش)، رابطه‌ی 1، در نظر گرفته شده است:

$$I_t = \sum_i S_{i,t} I_{i,t} \qquad (1)$$

بنابراین، شدت انرژی کل وابسته به ساختار کلی فعالیت‌های اقتصادی و شدت انرژی بخش‌ها می‌باشد. چنان‌چه شدت انرژی کل از I_0 در سال صفر، به I_T در زمان T تغییر کند، این تغییر را می‌توان به دو روش زیر نشان داد:

الف- $D_{tot} = I_T / I_0$

ب- $\Delta I_{tot} = I_T - I_0$

روش الف، با عنوان تجزیه‌ی ضربی[2] شناخته می‌شود، که با توجه به رابطه‌ی 1 می‌توان نوشت:

$$D_{tot} = I_T / I_0 = D_{str} D_{int} \qquad (2)$$

به طوری که D_{str} و D_{int}، به ترتیب تغییرات ساختاری و تغییر در شدت انرژی زیربخش‌ها را نشان می‌دهد. روش ب، تجزیه‌ی جمعی[3] نامیده می‌شود. این تغییرِ تفاضلی نیز از دو جزء فوق (تغییرات ساختاری و تغییر در شدت انرژی) تشکیل شده است، با این تفاوت که در این روش این دو جزء به صورت حاصل جمع ظاهر شده‌اند:

$$\Delta I_{tot} = I_T - I_0 = \Delta I_{str} + \Delta I_{int} \qquad (3)$$

1- $(Y_{i,t}/E_{i,t})$ نسبت تولید به مقدار مصرف انرژی را نشان داده و بهره‌وری نهاده‌ی انرژی محسوب می شود.

2- Multiplicative Decomposition.

3- Additive Decomposition.

به طوری که ΔI_{tot}، ΔI_{str} و ΔI_{int}، به ترتیب تغییرات شدت انرژی کل، تغییرات ساختاری و تغییر در شدت انرژی بخش‌ها را نشان می‌دهند. روش‌های فوق را می‌توان برای تجزیه‌ی تغییرات در مصرف انرژی کل صنعت نیز به کار برد. در این صورت $E_t = \sum Y_i S_{i,t} I_{i,t}$ در معادله‌ی (1)، جای‌گذاری می‌شود، به طوری که تجزیه‌ی ضربی، فرم زیر را به خود می‌گیرد: $D_{tot} = E_T / E_0$ و در روش جمعی بدین شکل تبدیل می‌شود: $\Delta E_{tot} = E_T - E_0$، لذا مفهوم کلی تغییری نمی‌کند، تنها عبارت دیگری نیز مربوط به اثر تولید کل (Y_t)وارد روابط 2 و 3 می‌شود که در اصطلاحِ تجزیه، به عنوان اثر تولید شناخته شده است.

2-1-1- روش شاخص لاسپیرز و شاخص پاشه

شاخص لاسپیرز، همانند شاخص لاسپیرز قیمت و مقدار در اقتصاد است که اثر یک متغیر را به این ترتیب مشخص می‌کند، که اجازه ی تغییر به آن متغیر می‌دهد، در حالی که مقدار سایر متغیرها را در مقدار سال پایه، ثابت نگه می‌دارد. با رجوع به روابط (1 و 2)، خواهیم داشت:

$$D_{str} = \sum_i S_{i,t} I_{i,0} \Big/ \sum_i S_{i,0} I_{i,0} \qquad (4a)$$

$$D_{int} = \sum_i S_{i,0} I_{i,T} \Big/ \sum_i S_{i,0} I_{i,0} \qquad (5a)$$

$$D_{rsd} = D_{tot} / (D_{str} D_{int}) \qquad (6)$$

عبارت جزء باقیمانده (D_{rsd})، بخشی از تغییرات D_{tot} را نشان می‌دهد که توضیح داده نشده است. در روش جمعی با در نظر گرفتن روابط (1و2) داریم:

$$\Delta I_{str} = \sum_i S_{i,T} I_{i,0} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} \qquad (7)$$

$$\Delta I_{int} = \sum_i S_{i,0} I_{i,T} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} \qquad (8)$$

$$\Delta I_{rsd} = \Delta I_{tot} - \Delta I_{str} - \Delta I_{int} \qquad (9)$$

به منظور تجزیه‌ی جمعی، برخی از محققان (مانند فارلا[1] و همکاران (1998) و گولوو و اسکیپر[1] (1996))، تغییرات را به صورت درصدی محاسبه می‌کنند که با تقسیم معادلات (9-7) بر I_0 روابط زیر حاصل می‌شود:

1- Farla et al.

$$(\Delta I_{str})/I_0 = \sum_i S_{i,T} I_{i,0} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} - 1 = D_{str} - 1 \qquad (10)$$

$$(\Delta I_{int})/I_0 = \sum_i S_{i,0} I_{i,T} - \sum_i S_{i,0} I_{i,0} - 1 = D_{int} - 1 \qquad (11)$$

$$(\Delta I_{rsd})/I_0 = (\Delta I_{tot})/I_0 - (\Delta I_{str})/I_0 - (\Delta I_{int})/I_0 \qquad (12)$$

هم‌چنین در روابط فوق با تغییر سال‌های پایه (t=0) و سال آخر $(t = T)$، مـی‌تـوان شاخص پاشه را به دست آورد. برای مثال روابط 4a و 5a در شاخص پاشه به صورت زیر خواهند بود:

$$P_{str} = \sum_i S_{i,T} I_{i,T} \Big/ \sum_i S_{i,0} I_{i,T} \qquad (4b)$$

$$P_{int} = \sum_i S_{i,T} I_{i,T} \Big/ \sum_i S_{i,T} I_{i,0} \qquad (5b)$$

2-1- 2- روش شاخص میانگین حسابی و لگاریتمی دیویژیا

این شاخص، یک شاخص عددی و انتگرالی است که توسط دیویژیا (1995)، معرفـی شده است.[2]. با به کارگیری نرخ رشد لحظه‌ای در معادله‌ی (1) داریم:

$$d\ln(I_t)/dt = \sum_i w_i [d\ln(S_{i,t})/dt + d\ln(I_{i,t})/dt] \qquad (13)$$

به طوری که در آن $w_i = E_{i,t}/E_t$، سهم هر بخـش از مـصرف انـرژی اسـت و در مجموع به عنوان وزن بخـش i در نظـر گرفتـه مـی‌شـود. انتگـرال از زمـان صـفر تـا T، نتیجه ی زیر را به دست می‌دهد:

$$\ln(I_T/I_0) = \int_0^T \sum_i w_i [d\ln(S_{i,t})/dt] + \int_0^T \sum_i w_i [d\ln(I_{i,t})/dt] \qquad (14)$$

بـا بـه تـوان رسـاندن، رابطـه‌ی (14) را مـی‌تـوان بـه فـرم ضـربی تبـدیل کرد. $D_{tot} = D_{str} D_{int}$، به طوری که:

1- Golove and Schipper.

2- برای آشنایی بیش‌تر به مطالعات (Hulten, 1973 و Diewert, 1980) رجوع کنید.

$$D_{str} = \exp\left\{\int_0^T \sum_i w_i \left[d\ln\left(S_{i,t}\right)/dt\right]\right\} \quad (15)$$

$$D_{int} = \exp\left\{\int_0^T \sum_i w_i \left[d\ln\left(I_{i,t}\right)/dt\right]\right\} \quad (16)$$

از آن‌جا که در مطالعات تجربی، داده‌ها به صورت گسسته هستند، تابع وزن اغلب به صورت میانگین حسابی وزن‌های سال‌های صفر و T، تخمین زده می‌شود:

$$D_{str} = \exp\left\{\sum_i \left(w_{i,T} + w_{i,0}\right) \Big/ 2\ln\left(S_{i,T}/S_{i,0}\right)\right\} \quad (17a)$$

$$D_{int} = \exp\left\{\sum_i \left(w_{i,T} + w_{i,0}\right) \Big/ 2\ln\left(I_{i,T}/I_{i,0}\right)\right\} \quad (18a)$$

اما باید توجه داشت که حاصل ضرب روابط (17) و (18) برابر با D_{tot} نیست و باید نوشت:

$D_{tot} = D_{str}D_{int}D_{rsd}$؛ شاخص جمعی دیویژیا را نیز می‌توان به همین ترتیب به دست آورد:

$$\Delta I_{str} = \sum_i \left(E_{i,T}/Y_T + E_{i,0}/Y_0\right) \Big/ 2\ln\left(S_{i,T}/S_{i,0}\right) \quad (19)$$

$$\Delta I_{int} = \sum_i \left(E_{i,T}/Y_T + E_{i,0}/Y_0\right) \Big/ 2\ln\left(I_{i,T}/I_{i,0}\right) \quad (20)$$

$$\Delta I_{tot} = \Delta I_{str} + \Delta I_{int} + \Delta I_{rsd} \quad (21)$$

انگ و لیو[1](2001)، روش دیگری به نام شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI)[2] را معرفی کرده‌اند که از پایداری و قدرت تجزیه‌ی بالایی برخوردارست. در این روش میانگین لگاریتمی که با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود، جایگزین تابع وزنی شده است:

$$x \neq y \ , \ L(x,y) = (y-x) \Big/ \ln\left(x/y\right)$$

دراین روش روابط 17a و 18a به شکل ذیل خواهد بود:

1- Ang and Liu .
2- Log Mean Divisia.

$$D_{str} = \exp\left[\sum_i \frac{L(E_{i,0}, E_{i,T}) / L(E_0, E_T)}{\ln(S_{i,T}/S_{i,0})}\right] \quad (17b)$$

$$D_{int} = \exp\left[\sum_i \frac{L(E_{i,0}, E_{i,T}) / L(E_0, E_T)}{\ln(I_{i,T}/I_{i,0})}\right] \quad (18b)$$

2-1-2- شاخص ایده‌آل فیشر

این شاخص در حقیقت میانگین هندسی شاخص‌های لاسپیرز و پاشه است. فیشر در سال 1921 نشان داد که این شاخص برای تجزیه‌ی کامل شاخص مخارج به شاخص قیمت و مخارج، مطلوب و مناسب است. در این مطالعه نیز، شاخص ایده‌آل فیشر شرایط لازم برای تجزیه‌ی شاخص کل شدت انرژی به شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی $\left(F_t^{pro}\right)$ و فعالیت $\left(F_t^{str}\right)$ را بدون جزء باقیمانده فراهم می‌کند:

$$F_{str} = (L_{str} P_{str})^{1/2} \quad (22)$$

$$F_{int} = (L_{int} P_{int})^{1/2} \quad (23)$$

با در نظر گرفتن e_0، به عنوان شدت انرژی کل برای سال پایه، شاخص شدت انرژی به صورت e_t/e_0 ایجاد می‌شود:

$$e_t/e_0 = I_t = F_t^{pro} F_t^{str} \quad (24)$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، این شاخص بدون جزء باقیمانده است که یکی از ویژگی‌های جالب آن می‌باشد، چرا که دیگر شاخص‌ها، دارای جزء باقیمانده هستند که تعیین اهمیت نسبی اثرات فعالیت و اثرات بهره‌وری را مشکل می‌کند.

3- مروری بر مطالعات تجربی در زمینه ی تجزیه‌ی شدت انرژی

در این قسمت مطالعات خارجی و داخلی در خصوص تجزیه شدت انرژی به تفکیک مورد بررسی اجمالی قرار می‌گیرد.

3-1- مطالعات خارجی

درچند دهه‌ی گذشته، اندازه‌گیری تغییرات شدت انرژی و میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از شدت انرژی با به‌کارگیری روش‌شناسی تجزیه‌ی، رشد چشم‌گیری داشته است.

به طوری که از 10 مقاله‌ی مرجع در حوزه‌ی اقتصاد انرژی طی دوره‌ی 1979 تا 1999، هفت مقاله در زمینه ی تجزیه‌ی شدت انرژی بوده است (بان[1]، 2000). مطالعه ی آنگ و ژانگ[2] (2000)، به مرور بیش از 100 مقاله‌ی انجام گرفته در زمینه‌ی شدت انرژی طی دوره‌ی 1978 تا 1999 پرداخته، در حالی که طی دوره‌ی 2000 تا 2001، حدود 40 مقاله‌ی دیگر در این حوزه به چاپ رسیده و بعد از آن نیز به صورت پیوسته تعداد مطالعات موجود در این حوزه افزایش یافته است.

در جدول (1)، تنها به برخی از این مطالعات که در دهه‌ی اخیر انجام گرفته، اشاره شده است. در ادامه به ادبیات موضوعی و مطالعات تجربی انجام یافته در زمینه‌ی عوامل مؤثر بر شدت انرژی اشاره خواهد شد.

جدول 1 - مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر

محقق یا محققان	دوره‌ی زمانی	شاخص مورد استفاده	جامعه‌ی مورد بررسی
Ang and Liu(2000)	1971-1995	میانگین لگاریتمی دیویژیا	چین – جهان
Sun and Ang(2000)	1973-1995	دیویژیا	اتحادیه‌ی اروپا
Bhattacharyya and Ussanarassamee(2003)	1981-2000	میانگین لگاریتمی دیویژیا	تایلند et
Sun(2003)	1970-2000	دیویژیا	یازده کشور در حال توسعه
Boyd and Roop(2004)	1983-1998	فیشر	صنایع آمریکا
He Yong-Xiu et al (2007)	2000-2005	میانگین لگاریتمی دیویژیا	استان‌های چین
Lescaroux(2008)	1974-1998	دیویژیا	تولیدکننده‌های آمریکا
Ma and Stern(2008)	1980-2003	میانگین لگاریتمی دیویژیا	چین
Metcalf (2008)	1970-2001	فیشر	ایالات متحده

شدت انرژی تحت تأثیر متغیرهای مختلفی قرار دارد. فیشر- وندن[3] و همکاران (2004)، برای تشخیص عوامل مؤثر بر شدت انرژی فرض کرده‌اند که هدف کلی اقتصاد حداقل سازی تابع هزینه‌ی کل با فرم کاب-داگلاس به صورت رابطه‌ی 25 می‌باشد:

1- Bunn.
2- Zhang .
3- Fisher-Vanden .

$$C(P_K,P_L,P_E,P_M,Q)=A^{-1}P_K^{aK}P_L^{aL}P_E^{aE}P_M^{aM}Q \quad (25)$$

که در آن Q سطح محصول کل، P_K قیمت نهاده‌ی سرمایه، P_L قیمت نهاده‌ی نیروی کار، P_E قیمت نهاده‌ی انرژی، P_M قیمت نهاده‌ی مواد اولیه و α_X کشش نهاده‌ی X (X=K,L,E,M) می‌باشد. هم‌چنین A نشان دهنده‌ی سطح تکنولوژی است. بر اساس لم شفارد[1]، در تابع بهینه شده ی هزینه، مقدار تقاضا برای هر نهاده برابر مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت آن نهاده می‌باشد، بنابراین مقدار تقاضا برای انرژی (E) برابرخواهد بود با:

$$E=\frac{a_E A^{-1}P_K^{aK}P_L^{aL}P_E^{aE}P_M^{aM}Q}{P_E}$$

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

$$\frac{E}{Q}=\frac{a_E A^{-1}P_K^{aK}P_L^{aL}P_E^{aE}P_M^{aM}}{P_E} \quad (26)$$

بنابراین شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل مهم می‌باشد:

- تکنولوژی تولید یا بهره‌وری کل عوامل
- قیمت نسبی سایر نهاده‌های تولید به نهاده ی انرژی

براساس مبانی نظری موجود، هر چه سطح تکنولوژی یا بهره‌وری کل بالا باشد، برای تولید مقدار معین تولید (مثلاً یک واحد) نیاز به نهاده‌های تولیدی (از جمله نهاده انرژی) کم‌تری است و بنابراین شدت انرژی پایین خواهد بود. بنابراین، پیشرفت تکنولوژی امکان افزایش کارآیی انرژی در وسایل انرژی‌بر را فراهم کرده و نیز به‌کارگیری روش‌ها و الگوهای حمل و نقل بهتر و بهره‌گیری از ظرفیت‌های ترانزیت انبوه را تسهیل کرده است و کاهش شدت انرژی کل کشور را به دنبال خواهد داشت (جمشیدی[2]، 2008). از سوی دیگر هر چه قیمت سایر نهاده‌ها نسبت به نهاده ی انرژی بالاتر باشد و به عبارت دیگر انرژی به‌طور نسبی نهاده ی ارزان تری باشد، تمایل به جایگزینی نهاده ی انرژی به جای سایر نهاده‌ها بیش‌تر خواهد بود. برای مثال تولیدکنندگان، افزایش مصرف انرژی را به خرید تجهیزات جدید و کم مصرف ترجیح خواهند داد. یکی دیگر از متغیرهای مؤثر بر شدت انرژی کل، ویژگی‌های عمومی استاندارد و یا سبک زندگی در یک اقتصاد می‌باشد. کشورهایی که استاندارد زندگی پیشرفته‌تری را تجربه

1- Shephard's lemma.
2- Jamshidi.

می‌کنند و از سطح رفاه بالاتری برخوردار هستند، کالاها و وسایل انرژی بیش‌تری را نیز استفاده می‌کنند و لذا از این نظر می‌توانند میزان شدت انرژی بالاتری نیز داشته باشند (سیف، 1387). از این رو برخی مطالعات نیزGDP سرانه را به عنوان شاخص استاندارد زندگی در تابع شدت انرژی لحاظ کرده‌اند.

از میان مطالعات تجربی که به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی پرداخته‌اند، می‌توان به مطالعه‌ی لیو و هان[1](2008) اشاره کرد که نشان دهنده‌ی اثر منفی نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار و نسبت تجارت خارجی به GDP به عنوان شاخص تکنولوژی بر شدت انرژی در کشور چین می‌باشد. هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان دهنده‌ی اثر مثبت شاخص قیمت تولیدکننده (به عنوان معیاری برای قیمت سایر نهاده‌های تولید) بر شدت انرژی در این کشور می‌باشد. هم‌چنین شی و پُلنسک[2](2005)، در مطالعه‌ی دیگری برای کشور چین نشان داده‌اند که قیمت انرژی اثر منفی و قیمت سایر نهاده‌ها و GDP اثر مثبت بر شدت انرژی در این کشور داشته است. وینگ[3](2008)، درکشور ایالات متحده نشان داده است که افزایش قیمت انرژی نقش تعیین کننده در کاهش شدت انرژی این کشور داشته، در حالی که اثر نوآوری ناچیز بوده است. مطالعه ی متکالف[4] (2008) در یالات متحده نیز نشان دهنده‌ی اثر منفی قیمت انرژی و اثر مثبت GDP سرانه بر شدت انرژی بوده است. کول[5](2006)، در یک مطالعه ی بین کشوری به بررسی اثر درجه‌ی 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 ی وی نشان دهنده‌ی اثر مثبت GDP سرانه و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کاربر شدت انرژی می‌باشد. هنگ و تو[6](2007) در کشور چین نیز به نتایج مشابهی رسیده است.

3-2- مطالعات داخلی

1- Liu and Han.
2- Shi and Polenske.
3- Wing.
4- Metcalf.
5- Cole.
6- Hang and Tu.

در ادامه به معدود مطالعات انجام شده در حوزه ی تجزیه‌ی شدت انرژی و عوامل مؤثر بر آن در ایران می‌پردازیم. عمادزاده و همکاران (1382)، در پژوهشی به بررسی تأثیرات قیمت انرژی و تولید ناخالص داخلی بر شدت انرژی در کشورهای عضو OECD طی سال‌های 1996-1965 پرداخته‌اند و رابطه‌ی تقارن و عدم تقارن شدت انرژی با قیمت و تولید ناخالص داخلی را مورد تحلیل قرار داده‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهند که نه تنها به دنبال افزایش قیمت انرژی و تولید ناخالص داخلی، بلکه حتی زمانی که متغیرهای مزبور کاهش یافته‌اند، شدت انرژی نیز کاهش یافته است و این بدان معنی است که بحران‌های انرژی دهه‌ی هفتاد بسترساز انقلاب صنعتی نوینی شده است که در افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف متجلی شده است.

عباسی نژاد و وافی نجار (1383)، طی سال‌های 1379-1350، به بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش2SLS، پرداخته‌اند. نتایج تخمین‌ها نشان می‌دهد که کشش‌های قیمتی، نسبتاً پایین و گویای آن است که تغییرات اندک قیمت انرژی به تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی در میزان مصرف آن در بخش حمل و نقل داشته باشد، مگر در صورت افزایش‌های شدید و با فرض ثابت بودن قیمت سایر عوامل و اعمال سیاست‌های تبعیض قیمت، برای انتقال مصرف از یک سوخت یا نهاده به سمت سوخت یا نهاده ی دیگر.

قاسمی نژاد (1384)، به تجزیه‌ی شدت و مصرف انرژی بخش حمل و نقل زمینی در سال‌های 1381-1370 پرداخته است. وی از دو الگوی تغییرات مصرف انرژی و الگوی تغییرات شدت انرژی و دو روش پارامتریک دیویژیا استفاده کرده است. او به این نتیجه رسیده است که اثر ساختاری، سهم بسیار ضعیفی در توضیح تغییرات مصرف و شدت انرژی بخش حمل و نقل داشته و اثر شدت خالص مصرف انرژی بیش‌ترین سهم را در توضیح تغییرات مصرف و شدت انرژی در بخش حمل و نقل زمینی دارد.

سیف (1387)، در یک مطالعه‌ی بین کشوری، به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در کشورهای مختلف پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان دهنده‌ی اثر مثبت تغییرات ساختاری و مساحت کشورها بر شدت انرژی می‌باشد. شریفی و همکاران (1387)، بر اساس داده‌های سری زمانی سال‌های 1383-1374، با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر و روش ضربی، به تجزیه‌ی شدت انرژی در صنایع نه گانه ی ایران پرداخته‌اند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که در بیش‌تر صنایع نه گانه، اثر ساختاری سهم اندکی در تغییرات اثر کل شدت انرژی داشته و اثر کارایی، سهم بیش‌تری در تغییرات اثر کل

داشته است. در بیش‌تر صنایع، در سال‌های مختلف، اثر کارایی در جهت کاهش شدت انرژی حرکت کرده و اثر ساختاری سهم ضعیفی در کاهش شدت انرژی داشته‌است.

مطالعه‌ی حاضر از نظر نمونه‌ی مورد بررسی و روش‌شناسی تحقیق با مطالعات داخلی تفاوت عمده داشته و هم‌چنین در این مطالعه علاوه بر تجزیه‌ی شدت انرژی به بررسی عوامل مؤثر برهر یک از اجزای تجزیه شده نیز پرداخته می‌شود. هم‌چنین این مطالعه تلاش دارد با معرفی روش‌های نوین، راه را برای مطالعات تجربی آتی در این حوزه بگشاید.

4- نتایج تجربی

در این قسمت ابتدا شدت انرژی کل با استفاده از شاخص ایده ال فیشر به شاخص بهره‌وری و شاخص فعالیت تجزیه شده و سپس با استفاده از روشARDL و الگوی ارائه شده توسط کول (2006)، هانگ وتو (2007)، متکاف (2008) و لیو و هان (2008)، الگوی تجربی مطالعه، معرفی و تخمین زده می‌شود و در ادامه به تحلیل عوامل مؤثر بر این سه شاخص (شدت انرژی، شاخص بهره‌وری و شاخص فعالیت) پرداخته می‌شود.

4-1- تجزیه‌ی شدت انرژی

برای تجزیه‌ی شدت انرژی کل در ایران از اطلاعات آماری 4 بخش اقتصادی صنعت، کشاورزی، حمل و نقل و بخش عمومی، تجاری و خانگی استفاده شده است. اطلاعات مربوط به میزان انرژی مصرفی بخش‌ها از ترازنامه‌ی انرژی و هم‌چنین سهم این بخش‌ها از GDP، از حساب‌های ملی بانک مرکزی جمع آوری شده است. در جدول شماره‌ی (2)، شاخص ایده آل فیشر برای ساختار فعالیت(F_{str})[1] و عدم بهره‌وری انرژی (F_{pro})

پرتال جامع علوم انسانی

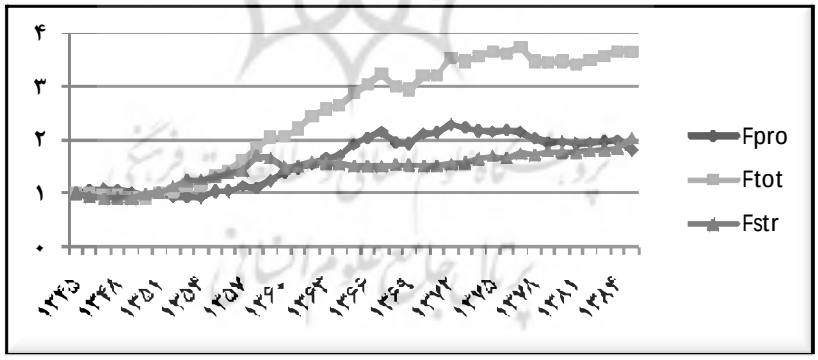
1- Fisher Ideal Index for Structure of Economic Activities.

جدول 2- شاخص ایده آل فیشر برای ساختار فعالیت (F_{str}) و عدم بهره‌وری انرژی (F_{pro}) و شدت انرژی (F_{tot})

سال	F_{str}	F_{pro}	F_{tot}	سال	F_{str}	F_{pro}	F_{tot}	سال	F_{str}	F_{pro}	F_{tot}
1346	1	1	1	1360	1.658127	1.237695	2.052255	1374	1.561697	2.221033	3.46858
1347	0.930088	1.06522	0.990749	1361	1.478011	1.393157	2.059102	1375	1.642934	2.168334	3.56243
1348	0.900944	1.078468	0.97164	1362	1.495942	1.477194	2.209796	1376	1.694823	2.157674	3.656876
1349	0.91037	1.048579	0.954594	1363	1.583408	1.543828	2.444509	1377	1.656316	2.177886	3.607268
1350	0.910628	1.028317	0.936415	1364	1.557651	1.654531	2.577181	1378	1.741562	2.148676	3.742053
1351	0.975099	0.932141	0.90893	1365	1.551922	1.706857	2.648909	1379	1.718823	2.01997	3.47197
1352	1.005355	1.013339	1.018765	1366	1.501574	1.913669	2.873515	1380	1.777768	1.944793	3.457391
1353	1.124901	0.924271	1.039713	1367	1.494858	2.036425	3.044166	1381	1.770088	1.963569	3.475689
1354	1.243531	0.930565	1.157186	1368	1.506952	2.150105	3.240106	1382	1.772006	1.923374	3.408231
1355	1.247583	0.919537	1.147199	1369	1.529265	1.957655	2.993775	1383	1.795054	1.946182	3.493502
1356	1.294177	1.0378	1.343096	1370	1.526727	1.927951	2.943454	1384	1.811657	1.972919	3.574254
1357	1.368921	1.040805	1.42478	1371	1.509665	2.118218	3.197801	1385	1.843108	1.988884	3.665727
1358	1.423237	1.127823	1.60516	1372	1.506084	2.132137	3.211178	1386	2.020532	1.805168	3.647399
1359	1.695607	1.095372	1.85732	1373	1.549125	2.285954	3.541229				

منبع: نتایج تحقیق

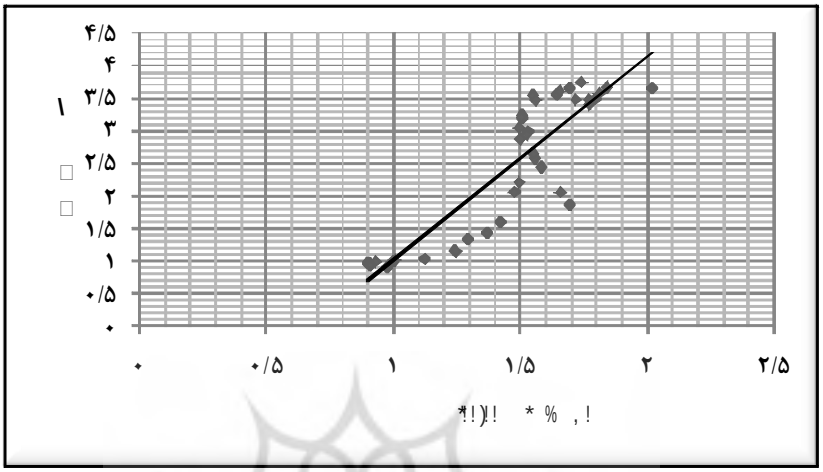
و هم‌چنین شدت انرژی (F_{tot})[1]، با به‌کارگیری روابط 5a،4a، 5b،4b و 22 و 23، به قیمت سال پایه ی 1346 محاسبه شده است. علت استفاده از سال 1346 به عنوان سال پایه که اولین سال نمونه‌ی مورد بررسی است، تسهیل مقایسه ی روند اجزای مختلف شدت انرژی با شدت انرژی است. در نمودار (2) روند این سه شاخص نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، در طی دوره‌ی مورد بررسی، هر دو شاخص ساختار فعالیت و شاخص عدم بهره‌وری روندی صعودی داشته‌اند و روند صعودی هر دو شاخص در نهایت منجر به افزایش شدت انرژی طی دوره‌ی مورد بررسی شده است. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع در نمودارهای (3) و (4)، نمودار پراکنش شاخص شدت انرژی در مقابل هر یک از این شاخص‌ها ترسیم شده است، که بر اساس این نمودارها بین شاخص شدت انرژی کل و دو شاخص عدم بهره‌وری و ساختار فعالیت رابطه‌ای مستقیم و قوی وجود دارد. هم‌چنین مشاهده می‌شود که در اواسط دهه‌ی 70، شاخص عدم بهره‌وری به‌طور بطئیِ و تدریجی کاهش می‌یابد، در حالی که شاخص ساختار فعالیت در حال افزایش است. برآیند این دو تغییر ملایم موجب شده است تا شاخص شدت انرژی در این دوره نسبتاً ثابت بماند. در سال 1386، شاخص ساختار فعالیت و عدم بهره‌وری نسبت به سال پایه تقریبا" هر دو، دو برابر شده‌اند، که این تغییرات شاخص شدت انرژی را نزدیک به چهار برابر کرده است.



منبع: نتایج تحقیق

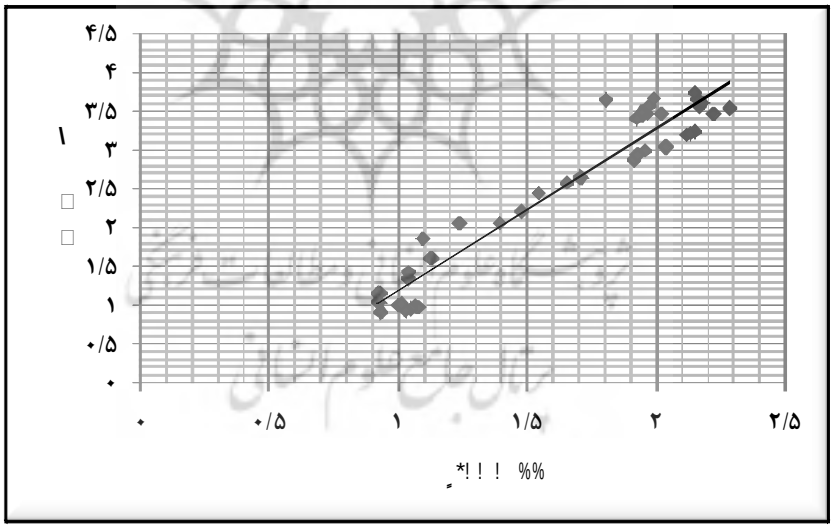
نمودار 2- شاخص ایده آل فیشر برای ساختار فعالیت (F_{str}) و عدم بهره‌وری انرژی (F_{pro}) و شدت انرژی (F_{tot})

1- Fisher Ideal Index for Total Energy Intensity.



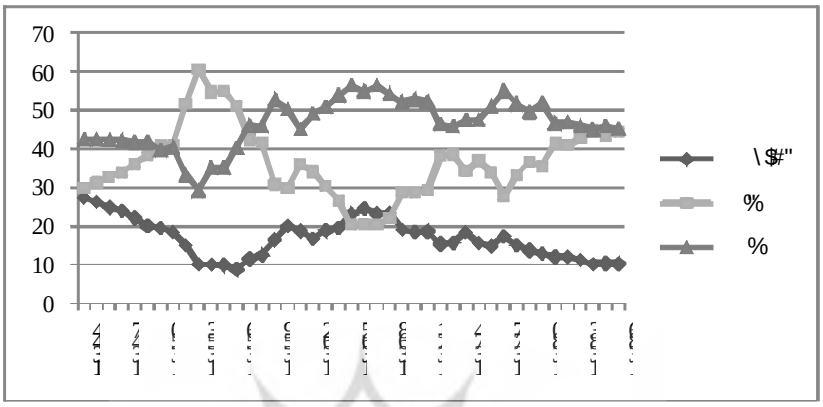
منبع: نتایج تحقیق

نمودار 3 - نمودار پراکنش شاخص شدت انرژی در مقابل شاخص فعالیت



منبع: نتایج تحقیق

نمودار 4 - نمودار پراکنش شاخص شدت انرژی در مقابل شاخص عدم بهره‌وری



منبع: گزارش شاخص‌های توسعه‌ی بانک جهانی، 2009

نمودار 5- نمودار تغییرات ساختاری فعالیت‌های اقتصادی

نمودار (5)، نیز نشان دهنده‌ی تغییرات ساختاری قابل توجه در فعالیت‌های اقتصادی طی دوره‌ی مورد بررسی می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود، با وجود این‌که سهم بخش خدمات طی این دوره تقریباً ثابت بوده، اما سهم بخش کشاورزی از 30 درصد به 10 درصد کاهش یافته است و در مقابل سهم بخش صنعت که از بخش‌های انرژی‌بر محسوب می‌شود، افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که درکنار کاهش بهره‌وری، افزایش فعالیت‌های انرژی‌بر، خود عامل مهمی برای روند صعودی شدت انرژی محسوب می‌شود.

4-2- تعیین عوامل مؤثر بر شدت انرژی

در این بخش با استفاده از الگوی ARDL، به تحلیل عوامل مؤثر بر شدت انرژی پرداخته می‌شود. هم‌چنین در این مطالعه از الگویی مشابه با الگوی هنگ و تو (2007) کول (2006) و لیو و هان (2008) استفاده می‌شود. مبنای این الگو رابطه‌ی 2 ارائه شده در بخش پیشین است. آن‌ها عنوان می‌کنند با توجه به این‌که مقدار شاخص قیمت

تولید کننده (P_Q) تابعی با فرم کاب داگلاس ازشاخص‌های قیمت نهاده‌های تولید می‌باشد:

$$P_Q = P_K^{a\,K} P_L^{a\,L} P_E^{a\,E} P_M^{a\,M} \qquad (27)$$

به‌طوری که $\sum \alpha_x = 1$ است، بنابراین می‌توان رابطه‌ی 2 را به فرم زیر نوشت:

$$E = \frac{a_{\,E} A^{-1} P_Q Q}{P_E} \quad \text{یا} \quad \frac{E}{Q} = \frac{a_{\,E} A^{-1} P_Q}{P_E}$$

با لگاریتم‌گیری از تابع فوق خواهیم داشت:

$$Ln\left(\frac{E}{Q}\right)_t = \alpha + \beta Ln(A)_t + \gamma Ln(P_Q)_t + \delta Ln(P_E)_t \qquad (28)$$

برای اندازه‌گیری A در مطالعات تجربی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال، لین و هان (2008)، از نسبت نهاده ی سرمایه‌ی فیزیکی به نیروی کار به عنوان شاخص تکنولوژی استفاده کرده است. بدیهی است هر چه سطح تکنولوژی بالا باشد، به کارگیری ماشین‌آلات نسبت به نیروی انسانی بالاتر رفته و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار افزایش می‌یابد. هم‌چنین در این مطالعه از درجه‌ی باز بودن تجاری، یا حجم تجارت خارجی نیز به عنوان شاخص تکنولوژی استفاده شده است. هنگ وتو (2007) نیز از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مشارکت بخش خصوصی در فعالیت‌های اقتصادی، به عنوان عوامل مؤثر بر سطح تکنولوژی استفاده کرده‌اند. در این مطالعه با توجه به محدود بودن میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران، از این متغیر صرف‌نظر کرده و سطح تکنولوژی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$A = f\left(\left(\frac{K}{L}\right), OP\right) \qquad (29)$$

که در آن، K موجودی سرمایه، L نیروی کار و OP نسبت مجموع صادرات و واردات به GDP است. بنابراین با جای گذاری رابطه‌ی 29 در رابطه‌ی 28، به الگوی نهایی این مطالعه می‌رسیم:

$$Ln(e)_t = \alpha_0 + \alpha_1 Ln\left(\frac{K}{L}\right)_t + \alpha_2 Ln(OP)_t + \alpha_3 Ln(P_Q)_t + \alpha_4 Ln(P_E)_t + \alpha_5 Ln\left(\frac{I_P}{I_T}\right)_t + \alpha_6 LnPCGDP_t + \varepsilon_t \qquad (30)$$

به طوری که:

e: شاخص شدت انرژی به سال پایه‌ی 1376

K: موجودی سرمایه‌ی فیزیکی به سال پایه‌ی 1376

L: نیروی کار شاغل

OP: نسبت مجموع صادرات و واردات کالا و خدمات، بر GDP

P_Q: شاخص قیمت تولیدکننده به سال پایه‌ی 1376

P_E: قیمت انرژی به سال پایه‌ی 1376

I_P: سرمایه‌گذاری بخش خصوصی به قیمت ثابت 1376

I_T: سرمایه‌گذاری کل به قیمت ثابت 1376

هم‌چنین مطابق با مطالعات متکالف (2008)، برای نشان دادن اثر تغییرات استانداردهای زندگی بر شدت انرژی، متغیر لگاریتم تولید ناخالص سرانه (LnPCGDP) را نیز به الگوی فوق افزوده شده است. داده‌های آماری مربوط به K، OP، I_P، I_T و GDP سرانه از حساب‌های ملی بانک مرکزی جمع‌آوری شده و داده‌های آماری L از گزارش‌های اقتصادی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به دست آمده است. هم‌چنین آمار مربوط به شاخص‌های قیمت، از گزارش‌های اقتصادی و ترازنامه‌ی بانک مرکزی و ترازنامه‌ی انرژی جمع‌آوری شده است. برای محاسبه ی قیمت حقیقی انرژی، ابتدا میانگین وزنی قیمت حامل‌های انرژی در سال‌های مختلف، محاسبه و سپس مقدار حقیقی این متغیر با استفاده از شاخص قیمت مصرف کننده، تعیین شده است. پس از آزمون ریشه‌ی واحد دیکی فولر تعمیم یافته، مشخص شده است که تمامی متغیرها انباشته از درجه‌ی یک یا ایستا هستند، بنابراین به تخمین رابطه‌ی کوتاه‌مدت طی دوره‌ی 1353 تا 1386در جدول (3) مبادرت شده است. طبق نتایج تخمین رابطه‌ی کوتاه‌مدت، اثر قیمت انرژی بر شدت انرژی، منفی و معنی‌دار بوده و نظریه‌ی وجود رابطه‌ی معکوس بین قیمت و مقدار تقاضای انرژی و به تبع آن شدت انرژی را تأیید می‌کند و همان طور که انتظار می‌رفت، شدت انرژی تابع معکوسی از سطح قیمت آن می‌باشد.. رابطه‌ی مثبت بین شدت انرژی و تولید ناخالص سرانه نشان می‌دهد که شتاب افزایش مصرف انرژی بسیار بیش‌تر از شتاب افزایش تولید بوده است و نیز افزایش درآمد سرانه و افزایش سطح استاندارد زندگی، اثر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی و به تبع آن شدت انرژی داشته است و علت این امر را می‌توان افزایش بهره‌گیری آحاد جامعه از وسایل زندگی انرژی‌بر دانست. نسبت موجودی سرمایه‌ی فیزیکی به نیروی کار اثر مثبت و معنی‌داری بر شدت انرژی دارد، یعنی با پیشرفت تکنولوژی و افزایش

به‌کارگیری تجهیزات سرمایه‌ای به جای نیروی کار، شدت انرژی افزایش می‌یابد، انتظار این بود تا با پیشرفت تکنولوژی و جایگزینی سرمایه به جای نیروی انسانی به دلیل افزایش بهره‌وری در فرایند تولید، شدت انرژی کاهش یابد، اما به نظر می‌رسد که تغییرات تکنولوژی تولید، نتوانسته آن طور که باید به بهبود بهره‌وری منجر شود. درجه‌ی باز بودن تجاری، اثر منفی بر شدت انرژی داشته است، که این امر می‌تواند به دو دلیل باشد:

- کالاهای سرمایه‌ای وارداتی از راندمان انرژی بالاتری برخوردارند، که این امر موجب می‌شود تا با افزایش این نوع واردات، شدت انرژی کاهش یابد.
- با افزایش صادرات، به دلیل پی‌آمدهای خارجی صادرات، بهره‌وری افزایش یافته و شدت انرژی کاهش می‌یابد.

با این حال، این متغیر اثر معنی‌داری بر شدت انرژی نداشته است و ضریب برآورد شده معنی دار نمی‌باشد. اثر $Ln(P_Q)$، بر شدت انرژی، مثبت و در سطح 5 درصد معنی-دار است و حاکی از آنست که افزایش شاخص قیمت سایر نهاده‌ها موجب جایگزینی انرژی به جای نهاده‌های دیگر می‌شود. هم‌چنین ضریب متغیر سهم بخش

جدول 3- نتایج تخمین رابطه‌ی کوتاه‌مدت

متغیر	ضریب	t
$Ln(e)(-1)$	0/49	3/48*
$Ln(\frac{K}{L})$	0/43	3/04*
$Ln(OP)$	-0/067	-1/02
$Ln(P_Q)$	0/051	2/31**
$Ln(P_E)$	-0/14	-5/04*
$LnPCGDP$	0/20	2/78*
$Ln\left(\frac{I_P}{I_T}\right)$	0/03	7/52*
R^2	0/98	

آماره‌ی دوربین واتسون	2/45

* و ** به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح 1 درصد، و سطح 5 درصد
منبع: نتایج تحقیق

خصوصی از سرمایه‌گذاری کل، مثبت و معنی‌دار است، که نشان دهنده‌ی اثر منفی مالکیت بخش خصوصی بر شدت انرژی می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان عنوان کرد که مالکیت گسترده ی بخش دولتی در بیش‌تر فعالیت‌های اقتصادی، موجب افزایش شدت انرژی در کشور بوده است. با توجه به معنی‌دار بودن ضریب وقفه ی اول Ln(e) در رابطه‌ی کوتاه‌مدت، وجود رابطه‌ی بلندمدت پذیرفته شده و 4 این رابطه در جدول 4 تخمین زده شده است. نتایج حاصل از تخمین رابطه‌ی بلندمدت نیز مشابه نتایج تخمین کوتاه‌مدت است، با این تفاوت که اثر قیمت انرژی از 0/14 در کوتاه‌مدت، به 0/26 در بلندمدت افزایش یافته است و نشان می‌دهد که رابطه‌ی منفی قیمت انرژی و شدت انرژی در بلندمدت بیش‌تر محسوس است. به‌طور کلی نتایج رابطه‌ی بلندمدت، نتایج کوتاه‌مدت را تأیید می‌کند و شدت اثر متغیرها در بلندمدت بیش‌تر از کوتاه مدت است. همان‌طور که مشاهده می‌شود هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت کشش قیمتی انرژی زیر یک بوده و نشان می‌دهد که انرژی یک کالای ضروری محسوب می‌شود. ضریب تصحیح خطای به دست آمده برای رابطه‌ی بلندمدت برابر 0/50- می‌باشد که نشان می‌دهد هر انحراف ایجاد شده در رابطه‌ی بلندمدت در طول دو دوره تصحیح می‌شود. هم‌چنین بر اساس نتایج آزمون‌های تشخیص و ثبات ساختاری، مشکل ناهمسانی واریانس و خود همبستگی سریالی در نتایج به دست آمده وجود نداشته و ضرایب برآورد شده در طی دوره‌ی مورد بررسی دارای ثبات اند.

جدول 4- نتایج تخمین رابطه‌ی بلندمدت

	ضریب	t
$Ln(\frac{K}{L})$	0/86	2/77*
$Ln(OP)$	-0/11	-1/05
$Ln(P_Q)$	0/10	4/76*
$Ln(P_E)$	-0/26	-3/46*
$LnPCGDP$	0/39	5/29*

$Ln(\frac{K}{L})$	0/05	5/09*

* و ** به تر تیب نشانگر معنی‌داری در سطح 1 درصد، و سطح 5 درصد
منبع: نتایج تحقیق

5- نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی در برنامه‌ریزی جهت کاهش مصرف انرژی، یکی از اولویت‌ها محسوب می‌شود. بر این اساس در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از اطلاعات بخش‌های اقتصادی ایران، شاخص شدت انرژی کل به دو عامل اصلی شکل دهنده‌ی آن، یعنی شاخص ساختار فعالیت‌های اقتصادی و شاخص بهره‌وری تجزیه شود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی کشور و افت شاخص بهره‌وری طی دوره‌ی مورد بررسی، هر دو در تغییرات شاخص شدت انرژی و به‌طور مشخص افزایش آن نقش داشته‌اند.

نتایج و یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که شاخص قیمت، تأثیر منفی قابل توجهی بر این شاخص داشته است. تأثیر منفی قیمت بر شاخص ساختار، بهره‌وری و شدت انرژی حاکی از آن است که قیمت پایین انرژی سبب حرکت ساختار فعالیت‌های کشور به سمت صنایع انرژی بر به منظور بهره‌مندی از رانت ناشی از یارانه‌های انرژی شده و هم‌چنین وجود یارانه‌های انرژی و به تبع آن پایین بودن قیمت انرژی عامل مهمی در افت بهره‌وری بوده و این دو اثر در کنار هم منجر به افزایش شدت انرژی را افزایش داده است. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان چنین عنوان کرد که به منظور صرفه‌جویی در انرژی و کاهش شدت انرژی مهم‌ترین راهکار توجه به ارتقای بهره‌وری می‌باشد، زیرا تغییرات ساختاری در فعالیت‌های اقتصادی نه تنها غیرقابل اجتناب است، بلکه بیش‌تر مثبت تلقی می‌شود . نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاهش یارانه‌های انرژی می‌تواند در ارتقای شاخص‌های بهره‌وری مفید باشد. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- اصلاح قیمت انرژی و کاهش یارانه‌های پنهان انرژی، البته باید توجه کرد که بر اساس نتایج به دست آمده، انرژی، یک کالای ضروری بوده است و کاهش یارانه‌های آن بایستی با برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های مناسب همراه باشد تا از اثرات منفی آن بر توزیع درآمد جلوگیری شود.

- افزایش بهره‌وری تکنولوژی تولید و نوسازی و بهینه‌سازی تجهیزات تولید به منظور کاهش مصرف انرژی
- گسترش تجارت خارجی به منظور بهره‌مندی از پیامدهای خارجی آن
- گسترش مالکیت حصوصی و محدود سازی مالکیت دولتی در راستای اصلاح الگوی مصرف انرژی
- توجه بیش‌تر به بهینه‌سازی مصرف انرژی در بنگاه‌های اقتصادی دولتی

فهرست منابع

سیف، اله مراد(1387)، شدت انرژی : عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی، فصل نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال پنجم، شماره‌ی 18، ص 177-201 .

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، گزارش‌های اقتصادی، سال‌های مختلف

قاسمی‌نژاد، محمدمهدی.(1384). تحلیل شدت انرژی بخش حمل و نقل ریلی نسبت به حمل و نقل جاده‌ای. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.

شریفی، علیمراد و همکاران.(1387). تجزیه‌ی شدت انرژی در صنایع ایران. فصل نامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران. شماره‌ی35، ص 110-79.

عمادزاده، مصطفی و همکاران.(1382). تحلیلی از روند شدت انرژی در کشورهای OECD. فصل نامه‌ی پژوهش نامه‌ی بازرگانی. شماره‌ی 28، ص 118-95.

عباسی نژاد، حسین و وافی نجار، داریوش.(1383). بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS. مجله‌ی تحقیقات اقتصادی. شماره‌ی 66، ص 137-113.

Ang, B. W. and F.Q. Zhang (2000). "A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Environmental Studies." Energy 25: 1149-1176.

Antweiler, Werner, Brian R. Copeland and M. Scott Taylor (2001). "Is Free Trade Good for the Environment?" American Economic Review 91(4): 877-908.

Arellano, M. and S. Bond (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations." Review of Economic Studies 58: 277-297.

Atkinson, J. and N. Manning (1995). "A Survey of International Energy Elasticities." In Terry, B., P. Elkins and N. Johnstone, eds., Global Warming and Energy Demand. London: Routledge.

Bernstein, Mark, Kateryna Fonkych, Sam Loeb and David Loughran (2003). State-Level Changes in Energy Intensity and Their National Implications. Santa Monica, CA, RAND.

Bjorner, Thomas and Henrik Holm Jensen (2002). "Energy Taxes, Voluntary Agreements and Investment Subsidies - a Micro-Panel Analysis of the effect on Danish Industrial Companies' Energy Demand." Resource and Energy Economics 24: 229-249.

Boyd, Gale A., J.F. McDonald, M. Ross and D. Hanson (1987). "Separating the Changing Composition of U.S. Manufacturing Production from Energy Efficiency Improvements: A Divisia Index Approach." The Energy Journal 8(2): 77-96.

Boyd, Gale A. and Joseph M. Roop (2004). "A Note on the Fisher Ideal Index Decomposition for Structural Change in Energy Intensity." Energy Journal 25(1): 87-101.

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

Diewert WE (1980). Recent developments in the economic theory of index numbers: capital and the theory of productivity. American Economic Review;70(2):260–7.

Diewert, W.E. (2001). The Consumer Price Index and Index Number Theory: A Survey. Vancouver, Department of Economics, University of British Columbia, Department Paper 0102.

Divisia F (1925). L'indice Monetaire et al Theorie de la Monnaie. Revue Divisia Economic Politique;9(2):109–35.

Energy Information Administration (2006). Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2005. Washington, DC, Energy Information Administration, DOE/EIA-0573(2005).

Energy Information Administration (2007). Annual Energy Outlook 2007. Washington, DC, Energy Information Administration.

Farla J, Cuelenaere R, Blok K (1998). Energy Efficiency and Structural Changes in the Netherlands 1980–1990. Energy Economics;20(1):1–28.

Fisher, Irving (1921). "The Best Form of Index Number." Quarterly Publications of the American Statistical Association 17(133): 533-537.

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

Garofalo, Gasper, G. and Stevin Yamarik (2002). "Regional Convergence: Evidence from a New Stateby- State Capital Stock Series." Review of Economics and Statistics 84: 316-323.

Golove WH, Schipper L (1996). Long-term Trends in US Manufacturing Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions. Energy;21(7-8):683–92.

Greening, Lorna A. (2004). "Effects of Human Behavior on Aggregate Carbon Intensity of Personal Transportation: Comparison of 10 OECD Countries for the Period 1970-1993." Energy Economics 26(1): 1-30.

Greening, Lorna A., William B. Davis, Lee Schipper and Marta Khrushch (1997). "Comparison of Six Decomposition Methods: Application to Aggregate Energy Intensity for Manufacturing in Ten OECD Countries." Energy Economics 19(3): 375-390.

Greening, Lorna A., Michael Ting and Thomas J. Krackler (2001). "Effects of Changes in Residential End-Uses and Behavior on Aggregate Carbon Intensity: Comparison of 10 OECD Countries for the Period 1970 Through 1993." Energy Economics 23(2): 153-178.

Hulten CR (1973). Divisia index numbers. Econometrica;41(6):1017–25.

Hang، Leiming and Meizeng Tu(2007), The Impacts of Energy Prices on Energy Intensity: Evidence from China, Energy Policy, Volume 35, Issue 5, May 2007, Pages 2978-2988

Jamshidi, Mohamed M.(2008)"An Analysis of Residential Energy Intensity in Iran, A System Dynamics Approach", Sharif University of Technology, Faculty of Computer Engineering.

Liu , C.P. and G. Y. Han(2008), Determinants of Aggregate Energy Intensity with Consideration of Intra-industry Trade, Industrial Electronics and Applications, 2008. ICIEA 2008. 3rd IEEE Conference on Issue Date: 3-5 June 2008 On page(s): 716 – 719.

Metcalf, Gilbert E. (2008), An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level, The Energy Journal 29.3: 1-26.

Schipper L, Ting M, Khrushch M, Golove W (1997). The Evolution of Carbon Dioxide Emissions from Energy Use in Industrialized Countries: an End-use Analysis. Energy Policy;25(7-9):651–72.

Shi X., Polenske K.R., (2005), "Energy prices and energy intensity in China: a structural Decomposition analysis and econometric study", 06-006 Working Paper, MIT CEEPR.

Sue Wing, Ian and Richard S. Eckaus (2004). Explaining Long-Run Changes in the Energy Intensity of the U.S. Economy. Cambridge, Ma, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 116.

Thompson, Peter and Timothy Taylor (1995). "The Capital-Energy Substitutability Debate: A New Look." The Review of Economics and Statistics 77(3): 565-569.

Wing Sue I. (2008). Explaining the Declining Energy Intensity of the U.S. Economy. Resource and Energy Economics 30: 21–49

World Bank, World Development Indicators, 2009.