پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال چهارم، شماره ۱۳، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۹۰- ۱۶۹

بررسی تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل

دکتر عبدالرسول قاسمی[۱] و رقیه محمدخان پور اردبیل[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: .۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات (*ICT*) بر زندگی افراد از جنبه های مختلفی قابل بررسی است. از منظر اقتصادی و زیست محیطی، نتایجی همچون تغییر کارایی و بهره‌وری فعالیت‌ها، دارای اهمیت ویژه ای است چرا که با بهبود کارایی فعالیت ها، زمینه برای کاهش مصرف انرژی فراهم می گردد. بر همین اساس در مقاله حاضر، تأثیرگذاری فناوری اطلاعات وارتباطات بر شدت مصرف فرآورده های نفتی در بخش حمل ونقل کشورهای منتخب *OECD* و *OPEC*، طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ مورد آزمون قرار گرفت و برای این منظور از الگوی پانل پویا استفاده گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که درکشورهای منتخب *OECD* فناوری اطلاعات وارتباطات، شدت مصرف فرآورده های نفتی را در بخش حمل ونقل این کشورها افزایش می‌دهد. در حالی که در کشورهای منتخب *OPEC* با افزایش کاربرد *ICT*، شدت مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل ونقل، کاهش می‌یابد و *ICT*، پتانسیل کاهش شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل را در این گروه ازکشورها که دارای شدت مصرف انرژی بالایی هستند، دارا است.

طبقه‌بندی *D83, L96, N75:JEL*

واژه‌های کلیدی: شدت مصرف انرژی، فناوری اطلاعات وارتباطات(*ICT*)، حمل و نقل

۱- عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی (نویسنده مسئول)
a.ghasemi@atu.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی
rmohammadkhanpour@yahoo.com

۱- مقدمه

در دنیای امروزی، انرژی نقش برجسته‌ای را در حوزه‌های مختلف اقتصادی و سیاسی ایفا می‌نماید. نقشی که بسیاری از کشورها را گرفتار مصیبت منابع طبیعی و مبهوت چرخه توسعه‌نیافتگی و برخی دیگر را دست به گریبان فشار هزینه‌ای ناشی از افزایش قیمت انرژی کرده و در سپهری فراتر، حتی گرمی و سردی روابط در سطح بین‌الملل را متأثر ساخته است. این نقش با توجه به شکنندگی محیط زیست در دهه‌های اخیر، مسائل زیست‌محیطی را نیز شامل شده است.

بر همین اساس جوامع به دنبال راهکارهایی هستند تا مصرف انرژی را بدون آسیب زدن به روند رشد اقتصادی شان کاهش دهند. در این زمینه کشورهای توسعه یافته به پیشرفت‌های تکنولوژیکی گسترده ای در راستای کاهش مصرف انرژی دست یافتند. فناوری اطلاعات و ارتباطات از جمله‌ی این تکنولوژیکی ها به شمار می رود که در سال های اخیر استفاده از آن در تمامی بخش های اقتصادی رشد چشمگیری داشته است و تأثیر آن در تمامی عرصه های زندگی به خوبی قابل مشاهده است.

فناوری اطلاعات و ارتباطات علاوه بر تسریع در روند تبادل اطلاعات و تسهیل مدیریت و افزایش کارایی در بخش های مختلف اقتصادی، بر میزان مصرف انرژی نیز تأثیرگذار می باشد. تجهیزات *ICT* [1] از جمله تجهیزات مصرف‌کننده انرژی هستند که با افزایش کاربرد آنها میزان مصرف انرژی افزایش می یابد. از طرفی کاربرد این گونه تجهیزات با افزایش کارایی در بخش های مختلف اقتصادی، زمینه کاهش مصرف انرژی را فراهم می‌کند. کنترل و مدیریت فرآیند تولید به وسیله *ICT* و افزایش بازدهی تولید، جایگزینی کالاهای مجازی به جای کالاهای فیزیکی(به عنوان مثال کاربرد پست الکترونیکی [2] وخواندن کتاب‌های الکترونیکی [3] به جای استفاده از نامه و یا خواندن کتاب)، تحرک

1- Information & Communication Technology
2- E-mail
3- E-books

مجازی (خرید ازراه دور، دورکاری، ملاقات مجازی)[1]، تجارت الکترونیکی، بانکداری الکترونیکی، دولت الکترونیکی، سیستم حمل ونقل هوشمند و... از جمله کاربردهای گسترده *ICT* در بخش های مختلف اقتصاد است که باعث می‌شود، میزان مصرف انرژی در این بخش‌ها، تحت تأثیر قرار گیرد. بخش حمل و نقل با توجه به جایگاهی که در تقاضای سوخت های فسیلی دارد و نیز تأثیرپذیری زیادی که می‌تواند از ناحیه توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (به طور مستقیم و غیر مستقیم)، داشته باشد، حائز اهمیت است.

سیستم حمل ونقل هوشمند، دوربین های کنترل ترافیک، سیستم های راهنمای نقشه ماهواره‌ای و انجام خدمات مسافرتی (انجام رزرو و خرید بلیت مسافرتی) و... از کاربردهای *ICT* در بخش حمل ونقل هستند که در افزایش کیفیت خدمات حمل و نقل بسیار تأثیرگذار بوده‌اند. علاوه بر کاربردهای مستقیم *ICT* در بخش حمل و نقل، این فناوری در بسیاری از موارد، نیاز به حضور فیزیکی و تحرک را کاهش داده است. خرید الکترونیکی، بانکداری الکترونیکی، دورکاری، تجارت الکترونیکی، آموزش مجازی، ملاقات های مجازی و... از جمله این موارد هستند.

اهمیت تأثیرات *ICT* بر عملکرد بخش حمل ونقل با توجه به تأثیر نامطلوب مصرف انرژی و ایجاد آلاینده‌های زیست محیطی از این بخش، دوچندان می‌شود. بنابراین هدف از ارائه این مقاله این است که تأثیر *ICT* بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل مورد بررسی قرار گیرد و ملاحظه شود که آیا این تأثیرگذاری در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مشابه است؟ با توجه به در دسترس نبودن داده ها و اطلاعات مورد نیاز در خصوص کاربردهای مستقیم *ICT* در بخش حمل ونقل به ویژه برای تمامی کشورهای مورد مطالعه، تأکید ما بیشتر بر تأثیرات غیر مستقیم آن (کاهش تحرک) است. بنابراین در ادامه جنبه‌های مختلف تأثیرگذاری *ICT* بر مصرف انرژی، بررسی و مروری بر ادبیات موضوع و پژوهش های انجام شده، خواهیم داشت. سپس الگوی پانل پویا معرفی و الگوی

1- Carlos Rodri´guez Casal,2005

پژوهش تصریح و به تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق پرداخته می شود و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات، بیان می‌شوند.

۲- مبانی نظری

روند تغییرات بازار انرژی نشان می دهد که قیمت و انتظارات قیمتی، درآمد، ساختار اقتصادی، تعداد وسایل وتجهیزات مصرف کننده انرژی (با توجه به اشتقاقی بودن تقاضای انرژی) و تغییرات تکنولوژیکی از عوامل تأثیرگذار بر تقاضای انرژی است. در خصوص تأثیر قیمت انرژی بر شدت مصرف انرژی می توان گفت که رابطه میان قیمت انرژی و شدت مصرف انرژی به صورت معکوس است و با افزایش قیمت انرژی، شدت مصرف انرژی در سطح کلان کاهش می یابد. تأثیر تولید ناخالص داخلی بر شدت مصرف انرژی، در مراحل مختلف رشد و توسعه اقتصادی متفاوت است. در مراحل اولیه رشد اقتصادی، نرخ رشد مصرف انرژی بیشتر از نرخ رشد اقتصادی است ولی به تدریج این روند معکوس شده و نرخ رشد اقتصادی از نرخ رشد مصرف انرژی بیشتر خواهد بود.

به عبارت دیگر در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی، رشد اقتصادی بیشتر متأثر از نهاده‌های فیزیکی و نهاده انرژی است در حالی که در مراحل بعدی، سهم عوامل فنی و تکنولوژیکی در روند رشد و توسعه بیشتر می شود. بنابراین شدت انرژی یک اقتصاد، وقتی سطوح درآمد سرانه فزاینده است، دارای منحنی U شکل معکوس است و این مسئله از تغییرات ساختاری و تکنولوژیکی ناشی می‌شود (مهدوی عادلی،۱۳۹۱).

رشد فناوری اطلاعات وارتباطات، بسترهای تبادل سریع اطلاعات، کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش بهره‌وری و کارایی و ارتقاء سطح زندگی و رفاه را فراهم کرده است. گسترش این فناوری ها و تأثیرات قابل توجه آن در افزایش بهره وری[1]، از یک سو و کاهش شدت مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته در دهه‌های اخیر از سوی دیگر، موجب شد تا دیدگاه هایی نیز در جهت حمایت از این عقیده که فناوری اطلاعات

1- Jorgenson, 2001

وارتباطات پتانسیل کاهش انرژی‌بری را بدون کاهش رشد اقتصادی دارا است، مطرح و بیان شود که اطلاعات درچرخه فعالیت‌های اقتصادی می‌تواند به عنوان نهاده جانشین انرژی، نقش‌آفرینی نماید. جانشینی اطلاعات به جای انرژی در مفهوم اقتصادی اش، کاربرد اطلاعات بیشتر در فعالیت اقتصادی به همراه کاهش مقدار انرژی مورد نیاز است.

به عبارت دیگر اطلاعات موجب شود که مقدار مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید، کاهش یافته و یا ارزش اقتصادی بیشتری به وسیله مصرف مقدار یکسان انرژی، ایجاد شود). این رویکرد، پنجره‌ای را برای انجام پژوهش‌هایی که امکان جانشینی اطلاعات و انرژی را بررسی می‌کنند، رو به دنیای مطالعات اقتصادی گشود. برخی پژوهش ها اثرات فناوری‌های جدید اطلاعات (*NIT*)[1] بر تقاضای انرژی را مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که می‌توان از این فناوری ها در راستای ذخیره انرژی، استفاده کرد.

هر چند این فناوری‌ها در بیشتر موارد به تسریع فرآیندها و افزایش دقت و هماهنگی بیشتر کمک می‌کنند تا به افزایش کارایی انرژی. به علاوه بین زمان و اطلاعات یک ارتباط جانشینی وجود دارد، هنگامی که اطلاعات کمتری دردسترس باشد برای انجام امور، آزمون و خطای بیشتری صورت می‌گیرد، بنابراین زمان بیشتری صرف می شود. در صورتی که اگر ما بدانیم چگونه وظایف را انجام دهیم و چگونه به هر مکانی دسترسی پیدا کنیم، زمان کمتری برای انجام وظایف نیاز خواهیم داشت[2] و پدیده‌هایی از قبیل کاهش مصرف سوخت در حمل ونقل، افزایش کارایی انرژی در نتیجه کامپیوتری کردن فرآیند تولید دلایلی هستند که می توان برای اثبات جانشینی اطلاعات به جای انرژی مطرح کرد[3]. بر همین اساس ماچادو و میلر[4] برای پاسخ به این سؤال که آیا اطلاعات قادر است در اقتصاد جانشین انرژی شود، روند اطلاعاتی شدن اقتصاد آمریکا را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که شواهدی مبنی بر کمک بخش اطلاعات به کاهش انرژی‌بری و ذخیره انرژی وجود دارد. نتایج مطالعه آنها نشان داد که طی سال‌های ۱۹۸۷-۱۹۶۳ اقتصاد به

1- New Information Technology
2- Spreng,1993
3- Chen,1994
4- Machado & Miller (1997)

انرژی و اطلاعات، هر دو بیشتر وابسته شده، اما وابستگی اقتصاد به اطلاعات از وابستگی آن به انرژی بیشتر بوده است.

همچنین در سال ۱۹۸۷ نسبت به سال ۱۹۶۳ انرژی کمتری به ازای هر واحد اطلاعات مورد نیاز بوده در صورتی که اطلاعات در همه بخش های اقتصاد به طور فزاینده مورد نیاز بوده است. به علاوه حجم اطلاعات انرژی، به طور قابل توجهی افزایش یافته در حالی که حجم انرژی اطلاعات، کاهش یافته است. حجم اطلاعات همه فعالیت ها نیز به شدت افزایش یافته است. بنابراین می توان دریافت که اطلاعات می تواند جانشین انرژی شود و به ذخیره انرژی کمک کند. دیدگاه‌هایی که در خصوص تأثیرات *ICT* بر مصرف انرژی مطرح شد، بیان می‌کنند رشد بخش فناوری اطلاعات از دو منظر بر شدت مصرف انرژی در اقتصاد مؤثر است: ۱- با توجه به آن که بخش فناوری اطلاعات (*IT*)[1] ، انرژی بری کمتری نسبت به تولیدات سنتی دارد، بنابراین رشد این بخش مصرف نهایی انرژی را کاهش خواهد داد. ۲- فناوری اطلاعات، کارایی را در همه بخش‌های اقتصاد افزایش داده و از این طریق شدت مصرف انرژی را کاهش خواهد داد[2] . علاوه بر این در مورد تأثیر فناوری اطلاعات (*IT*) بر مصرف انرژی، دو اثر در آمدی و جانشینی مطرح شد و بیان گردید که تاثیر *IT* بر مصرف انرژی، به غلبه یکی از دو اثر بر دیگری، بستگی دارد. اثر جانشینی، به تغییر ساختار صنایع و فعالیت ها مرتبط می باشد و موجب می‌شود با افزایش کاربرد *IT* مصرف انرژی کاهش یابد.

به عبارت دیگر گسترش کاربرد*IT* موجب تغییر ساختار فعالیت ها و جایگزینی نهاده‌های غیر فیزیکی و اطلاعات به جای انرژی وکاراتر شدن فعالیت ها می‌شود و از این جهت موجب کاهش مصرف انرژی می شود. اثر درآمدی اشاره بر این دارد که سرمایه‌گذاری *IT* زمینه رشد اقتصادی بالا را فراهم می‌کند و از این طریق، مصرف انرژی را افزایش می‌دهد[3] . (در اقتصاد کلان به دلیل استفاده از قابلیت‌های فناوری اطلاعات،

1- Information Technology
2- Room, 2002
3- Murata & Takase, 2004

رشد اقتصادی افزایش می یابد و در پی افزایش درآمد، تقاضا برای انرژی نیز همانند دیگر عوامل تولید، افزایش می‌یابد) بنابراین تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر مصرف انرژی به برآیند این دو اثر و غلبه یکی از آنها بر دیگری، بستگی دارد.

در زمینه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط زیست نیز نشان داده شد که تأثیر *ICT* بر مصرف انرژی و محیط زیست در سطوح گوناگون متفاوت است و برای بررسی تأثیرات *ICT* بر محیط زیست، لازم است تا اثرات گوناگون آن را مورد بررسی قرار گیرد. این اثرات در سه سطح قابل طبقه‌بندی هستند[1]:

اثر مرتبه اول یا ابتدایی (اثرات وجود فیزیکی *ICT*): این اثر از تولید، مصرف و چرخه حیات سخت‌افزارهای *ICT* ناشی می شود (برای مثال انرژی مصرف شده به وسیله سخت‌افزارهای یک سیستم حمل ونقل هوشمند(*ITS*)[2]). اثر مرتبه اول موجبات افزایش مصرف انرژی را فراهم می‌کند.

اثر مرتبه دوم: به پتانسیل کاربردهای *ICT* برای بهینه‌سازی و یا جانشینی فرآیندهای تولیدات و افزایش کارایی در اقتصاد اشاره دارد. به عبارت دیگر، اثر مرتبه دوم به اثرات خدمات ارائه شده به وسیله کاربردهای *ICT* (برای مثال ذخیره انرژی در حمل ونقل به وسیله استفاده از سیستم حمل ونقل هوشمند) اشاره دارد.

اثر مرتبه سوم (اثر بازگشتی):پتانسیل کارایی، قیمت بازار و یا زمان مصرف را تغییر می‌دهد و با توجه به کشش پارامترها، می‌تواند تقاضا را تغییر دهد. به عبارت دیگر این سطح از اثر به آشکار شدن اثرات *ICT* در سیستم اقتصادی، برای مثال افزایش تقاضا برای حمل ونقل در نتیجه کاربرد سیستم حمل ونقل هوشمند، اشاره دارد.

کلی[3] معتقد است که ارزش افزوده ایجادشده توسط *ICT* معمولا ناشی از ایده‌های بشری است و بخش کمی از آن به واسطه به کارگیری مواد و انرژی است بنابراین *ICT*

1- Hilty *et al*, 2006, 2010
2- Intelligent Transport System
3- Kelly,1999

باعث تغییر ساختار های اقتصادی و حرکت آن از به کارگیری مواد و انرژی به سمت نهاده‌های غیر فیزیکی و اطلاعات می‌شود.

از سوی دیگر با تغییر روش های موجود در طراحی ، تولید، توزیع وعملکرد محصولات مختلف موجب افزایش کارایی وبهره وری در استفاده از منابع و کاهش خسارت به محیط زیست می‌شود (فلاحی و دیگران، ۱۳۹۱).

تأثیر ICT بر مصرف انرژی در بخش حمل ونقل نیز مانند سایر بخش ها، تحت تأثیر اثرات گوناگون ICT است. ICT از طریق کاراتر کردن حمل ونقل مسافر و بار می تواند به کاهش مصرف انرژی منجر شود. به علاوه تحرک مجازی نیز می تواند به کاهش تقاضا برای حمل ونقل منجر شود اما اثرات بازگشتی ناشی از افزایش کارایی می تواند به افزایش تقاضا و ایجاد تقاضاهای جدید، بینجامد.

برای مثال سیستم حمل ونقل هوشمند، حمل ونقل را سریع تر، انعطاف‌پذیرتر و ارزان تر می سازد و این مسئله ممکن است به افزایش تقاضا برای حمل ونقل منجر شود. البته چنان چه اثرات بازگشتی مدیریت شود. به عبارت دیگر چنان چه بهبود کارایی در حمل ونقل با مدیریت طرف تقاضا همرا شود، می توان انتظار داشت که کاربرد ICT به کاهش مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی منجر شود.

بنابراین باید توجه داشت که تأثیر ICT بر مصرف انرژی پیچیده و دارای جنبه‌های گوناگون است چرا که ICT دارای اثرات مستقیم و غیر مستقیم و اثر بازگشتی است. بهبود کارایی منجر به کاهش هزینه های مصرف انرژی می‌شود و این افزایش رفاه ناشی از صرفه‌جویی در هزینه‌ها ممکن است موجب استفاده بیشتر از وسایل شود و مصرف انرژی را افزایش دهد. اثر ناشی از رشد اقتصادی به وجود آمده به وسیله ICT، نیز ممکن است موجبات افزایش مصرف انرژی را فراهم کند.

بنابراین با توجه به مطالب مطرح شده، در این پژوهش علاوه بر تولید ناخالص داخلی و قیمت انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز به عنوان عامل موثر بر شدت مصرف انرژی معرفی شده است.

۳- پیشینه پژوهش

۳-۱- مطالعات داخلی

مباحث مربوط به شدت مصرف انرژی در جوامع و عوامل تأثیرگذار بر آن مورد توجه پژوهشگران بوده و جنبه های موثر بر آن بسیار مورد تأکید قرار گرفته است. مطالعه اله مراد سیف در خصوص عوامل تأثیرگذار بر شدت شدت انرژی نشان داد که یک درصد افزایش در سهم بخش خدمات موجب کاهش حدود نیم درصدی در شدت انرژی خواهد شد.

سید غلامحسین حسن تاش و محمد امین نادریان برای محاسبه پتانسیل‌های کاهش شدت انرژی در کشورهای عضو اوپک از روش سناریوسازی استفاده و با توجه به نتایج به دست آمده از سناریو های مختلف، تأثیر تحقق این پتانسیل ها را بر صادرات نفت، درآمدهای نفتی کشورهای عضو اوپک، تراز نفت جهان و کاهش انتشار دی اکسید کربن محاسبه کرده‌اند و نتایج مطالعه آنها نشان داد که کشورهای عضو اوپک دارای پتانسیل فراوانی برای کاهش شدت انرژی و صرفه جویی در مصرف نفت هستند.

سید کمال صادقی و سکینه سجودی عوامل موثر بر شدت انرژی در بنگاه های صنعتی ایران را مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که یک رابطه مستقیم بین اندازه بنگاه و شدت انرژی در بنگاه وجود دارد به علاوه نوع مالکیت اثر معنی‌داری بر شدت انرژی دارا است به طوری که بنگاه های خصوصی دارای شدت انرژی کمتری هستند. همچنین شدت سرمایه فیزیکی و نرخ دستمزد دارای اثر مثبت بر شدت انرژی بنگاه بوده در حالی که مخارج $R\&D$ اثر معنی‌داری بر کاهش شدت انرژی نداشته است.

مصطفی عمادزاده و دیگران، روند شدت انرژی را در کشورهای $OECD$ مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آنها نشان داد که شدت انرژی در مجموعه کشورهای $OECD$ پس از بحران های انرژی طی ۲۰ سال حدود ۳۰ درصد پایین آمده است به علاوه نه تنها به دنبال افزایش قیمت انرژی و تولید ناخالص داخلی، بلکه حتی زمانی که متغیرهای مزبور کاهش یافته است، شدت انرژی نیز کاهش یافته است.

اما پژوهش های انجام شده در داخل به ندرت به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر مصرف انرژی وکیفیت محیط زیست پرداخته‌اند. در این میان می‌توان به مطالعه والی، محمود زاده و فلاحی اشاره کرد.

سمانه والی (۱۳۹۱) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود، با بررسی اثر سرمایه *ICT* بر مصرف برق در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نتیجه گرفت که با افزایش یک درصد ذخیره سرمایه کامپیوتر و نرم افزار، شدت مصرف برق به میزان ۱۴ درصد کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش یک درصد ذخیره تجهیزات ارتباطات، شدت مصرف برق به میزان ۱۱ درصد کاهش می یابد.

فلاحی و دیگران (۱۳۹۱) با بررسی تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات برکیفیت محیط زیست ایران به این نتیجه رسید که با توجه به منفی بودن ضریب تعداد خطوط تلفن ثابت (به ازای هر ۱۰۰ نفر) و تعداد خطوط تلفن همراه (به ازای هر ۱۰۰ نفر)، گسترش خطوط تلفن ثابت و همراه، بر انتشار آلودگی تأثیر منفی و معنی داری دارد در صورتی که افزایش تعدادکاربران اینترنت نه تنها تأثیر مثبت بر حفظ محیط زیست نداشته بلکه باعث افزایش انتشار آلودگی نیز شده است.

به علاوه گسترش نسبت مخارج دولت در حوزه ارتباطات و اطلاعات جمعی به کل مخارج دولت (گسترش زیر ساخت های ارتباطی و اطلاعاتی) اثر منفی بر انتشار آلودگی دارد. محمود محمودزاده و حامد شاه بیکی، آثار فناوری اطلاعات وارتباطات را بر شدت انرژی (برق) در ۲۵ کشور در حال توسعه منتخب در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۵ مورد بررسی قرار دادند نتایج برآورد آنها نشان داد که هر چند برخی اجزای فاوا (فناوری اطلاعات و ارتباطات)، مانند ارتباطات بر شدت انرژی تأثیر منفی داشته است اما در مجموع اثر درآمدی از اثر جانشینی قوی تر بوده است و اثر خالص سرمایه فاوا بر شدت مصرف برق مثبت است.

۳-۲- مطالعات خارجی

رم[1] (۲۰۰۲) نشان داد، در آمریکا در دوران قبل از دوران اینترنت (۱۹۹۶_۱۹۹۲) میانگین رشد سالانه *GDP* و تقاضای انرژی به ترتیب ۳,۲ و۲,۴ درصد و در عصر اینترنت (۲۰۰۰_۱۹۹۶) میانگین رشد سالانه *GDP* و تقاضای انرژی به ترتیب ۴ و ۱ درصد بوده است، بنابراین انرژی بری طی سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ به شدت کاهش پیدا کرده است.

همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای در عصر اینترنت، کمتر از دوران قبل از اینترنت بوده است. به علاوه، اقتصاد اینترنت در بخش حمل ونقل نیز می تواند در کاهش انرژی بری بسیار موثر باشد. ایشیدا و یانگیساوا[2] (۲۰۰۳) از یک مدل کلان برای ارزیابی اثرات تشدید استفاده از *ICT* بر مصرف انرژی برای سال های آینده، استفاده کردند و برای این منظور دو مورد را در نظر گرفتند: یک مورد پایه برای ارزیابی اثرات و مورد *ICT* که یک ساختار اقتصادی و اجتماعی متمایل‌تر به *ICT* را از مورد پایه نشان می دهد (در شرایطی که رشد اقتصادی در هر دو مورد یکسان باشد، تا از تفاوت های بین دو مورد، اثرات تشدید کاربرد *ICT* مورد ارزیابی قرارگیرد). آنها نتیجه گرفتند که با فرض رشد اقتصادی ثابت، در مورد *ICT* عرضه انرژی اولیه در سال ۲۰۱۰ به میزان ۱,۴ درصد و مصرف نهایی انرژی در سال ۲۰۱۰ به میزان ۱,۹ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین نتیجه گرفتند، اگر رشد اقتصادی ایجاد شده به وسیله *ICT* سالانه به میزان ۳ درصد باشد، مصرف انرژی ژاپن افزایش نخواهد یافت.

مطالعه تاکاسا و موروتا[3] (۲۰۰۴) درخصوص اثرات سرمایه گذاری *IT* بر مصرف انرژی در کشور آمریکا و ژاپن، نشان داد که غلبه یکی از دو اثر جانشینی و درآمدی، تعیین می‌کند که تقاضای انرژی در نتیجه گسترش *IT*، کاهش می یابد یا خیر. مطالعه آنها نشان داد در حالی که افزایش سرمایه گذاری *IT* درژاپن می تواند در کاهش مصرف

1- Room
2- Ishida&Yanagisawa
3- Takase & Murota

انرژی و ذخیره کردن آن موثر باشد، در آمریکا افزایش سرمایه گذاری *IT*، مصرف انرژی را افزایش خواهد داد.

به عبارت دیگر در ژاپن اثر جانشینی بر اثر درآمدی غلبه دارد و این کشور با سرمایه گذاری بیشتر در *IT* انرژی بیشتری ذخیره خواهد کرد اما در آمریکا اثر جانشینی کمتر از اثر درآمدی است و با افزایش سرمایه گذاری *IT* مصرف انرژی افزایش خواهد یافت، چرا که قبلا در آمریکا تغییر ساختار صنایع صورت گرفته، است. در صورتی که شدت مصرف انرژی در هر دو کشور کاهش می یابد. آنها همچنین بیان کردند که اثر جانشینی در تقاضای صنایع برای انرژی، آشکار می‌گردد اما اثر درآمدی از بخش خانگی و حمل ونقل ناشی می شود. کولارد و دیگران[1] (۲۰۰۵) با بررسی تغییر مصرف برق در نتیجه‌ی توسعه فناوری اطلاعات وارتباطات در بخش خدمات فرانسه دریافتند که با افزایش کامپیوتر و نرم‌افزار، شدت مصرف برق افزایش می یابد، در صورتی که با گسترش وسایل ارتباطی، شدت مصرف الکتریسته (الکتریسیته بری[2]) کاهش می یابد. چو و دیگران[3] (۲۰۰۷) با بررسی اثر سرمایه گذاری *ICT* و قیمت انرژی بر روی مصرف برق صنایع کره جنوبی، با استفاده از مدل رشد لجستیک و به وسیله داده های سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۱دریافتند که سرمایه‌گذاری *ICT* در برخی از بخش های تولیدی، موجب کاهش مصرف برق می‌شود، در صورتی که در بخش های خدمات و اغلب بخش های تولیدی منجر به افزایش مصرف الکتریسیته شده است و در نیمی از صنایع مورد مطالعه، قیمت الکتریسیته بر مصرف آن تأثیر می گذارد. مطالعه سادورسکی[4] (۲۰۱۲) درباره تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر مصرف برق در اقتصادهای نوظهور نشان داد که میان *ICT* (که به وسیله تراکم تلفن اندازه گرفته می شود) و مصرف برق رابطه مثبت وجود دارد و اثرات *ICT* بر تقاضای برق، از

1- Collard *et al*
2- Electricity Intensity
3- Cho *et al*
4- Sadorsky

اثرات درآمد، بر تقاضای برق بزرگتر است، به علاوه کشش بلندمدت ICT از کشش بلندمدت درآمد کوچکتر می باشد، چرا که ICT سریع تر از درآمد رشد می‌کند.

ایشیدا[1] (۲۰۱۴) در پاسخ به این سوال که آیا سرمایه‌گذاری ICT می‌تواند اقتصاد را به سمت وضعیت برد–برد (رشد اقتصادی با مصرف کمتر انرژی) سوق دهد، بیان کرد در حالی که سرمایه گذاری ICT می‌تواند با ثبات سایر شرایط به کاهش محدود در مصرف انرژی منجر شود، تولید ناخالص داخلی را افزایش نخواهد داد.

٤- روش‌شناسی پژوهش

با توجه به ماهیت مدل در این مطالعه (وجود وقفه متغیر وابسته در سمت راست معادله) از مدل پانل پویا[2] استفاده می شود. رگرسیون با اجزای خطای پویا هنگامی مطرح می شود که متغیر وابسته وقفه داری در میان رگرس کننده ها حضور داشته باشد، یعنی:

(۱)

$$t = ۱,۲,...,T \qquad i = ۱,۲,...,N$$
$$y_{it} = \delta y_{i,t-۱} + \overline{x}_{it}\beta + \mu_i + \nu_{it}$$

در این الگو، δ یک عدد، $\overline{x}_{it}$ بردار $۱\times k$ و β بردار $k \times ۱$ است.در این مدل همبستگی وقفه متغیر وابسته در سمت راست با جز خطا در مدل موجب می گردد که تخمین زننده های OLS تورش دار و ناسازگار شود. همچنین تأثیرات تصادفی تخمین زننده های GLS در یک مدل پانل پویا، تورش دار شود.

تخمین زن GMM که توسط ارلانو و باند (۱۹۹۱) پیشنهاد شد برای خلاص شدن از شر اثرات خاص مربوط به مقاطع (افراد) و تمامی رگرس کننده های ثابت نسبت به زمان، اساسا از الگو تفاضل‌گیری می‌کند. همچنین این کار باعث می‌شود که از دردسرهای هر درون زایی که احتمالا به همبستگی این اثرات انفرادی و رگرس کننده های سمت راست منجر می‌شود، خلاص شویم. برای ایجاد اطمینان در خصوص مناسب بودن استفاده از این

1- Ishida
2- Dynamic Panel-data Model

روش برای برآورد مدل، دو آزمون مطرح است یکی از این آزمون ها، آزمون سارگان می باشد که برای اثبات شرط اعتبار تشخیص بیش از حد یعنی صحت و اعتبار متغیرهای ابزاری به کار می رود. آزمون دوم آزمون همبستگی پسماندها مرتبه اول $AR(۱)$ و مرتبه دوم $AR(۲)$ است به این صورت که باید فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود همبستگی مرتبه اول رد شود و عدم وجود همبستگی سریالی مرتبه دوم رد نشود. این آزمون نیز برای بررسی اعتبار و صحت متغیرهای ابزاری به کار می رود (بالتاجی،۱۳۹۱).

۵- تصریح الگوی پژوهش

مدل مورد استفاده در این پژوهش براساس مطالعه سادورسکی است که با کاربرد مدل پنل پویا تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر مصرف الکتریسته را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه نیز با استفاده از الگوی پانل پویا رابطه کمی میان متغیر وابسته (شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل) و متغیرهای توضیحی(عوامل موثربر شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل)، مورد بررسی قرار می‌گیرد. وقفه متغیر وابسته، تولید ناخالص داخلی سرانه، قیمت انرژی و فناوری اطلاعات وارتباطات به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر شدت مصرف انرژی معرفی شده‌اند.

(۲)

$$\ln ecvt_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln ecvt_{i,t-1} + \beta_2 \ln gdp/pop_{i,t} + \beta_3 \ln p_{i,t} + \beta_4 \ln ict_{i,t}$$

منظور از t زمان و i مقاطع (کشورها) است.

$\ln ecvt_{i,t}$: لگاریتم شدت مصرف فرآورده های نفتی در بخش حمل ونقل(مصرف فرآورده های نفتی (هزار تن) / ارزش افزوده بخش حمل ونقل (به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ بر حسب دلارآمریکا)) را نشان می دهد.

$\ln ecvt_{i,t-1}$: بیانگر لگاریتم شدت مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل ونقل در سال $t-1$ است.

$\ln gdp / pop_{i,t}$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ (بر حسب دلار آمریکا) است.

$\ln p_{i,t}$: لگاریتم قیمت فرآورده های نفتی(بنزین) برحسب دلار/ لیتر می‌باشد.

$\ln ict_{i,t}$: لگاریتم شاخص ICT (شاخص ترکیبی تعداد خطوط تلفن ثابت، تعداد خطوط تلفن همراه وکاربران اینترنت به ازای ۱۰۰ نفر) است.

شاخص ترکیبی ICT براساس وزن ها و درجه اهمیتی که ITU(برای اندازه گیری شاخص توسعه ICT) برای زیر بخش های ICT، استفاده می نماید، محاسبه شده است[1].

در جدول (۱) میانگین متغیرهای مورد بررسی ارائه گردیده است. ملاحظه می نماییم که میانگین شدت مصرف فرآورده های نفتی در کشورهای $OECD$ به مراتب پایین تر از کشورهای $OPEC$ است در حالی که شاخص ICT در این کشورها از کشورهای $OPEC$ بیشتر است.

جدول ۱- میانگین متغیرهای مورد بررسی در کشورهای مورد مطالعه

میانگین شدت مصرف فرآورده های نفتی دربخش حمل ونقل برای کشورهای منتخب $OECD$ (هزار تن)	۳/۱٤e-۰۷
میانگین شدت مصرف فرآورده های نفتی دربخش حمل ونقل برای کشورهای منتخب $OPEC$ (هزار تن)	۱/٦۷e-۰٦
میانگین قیمت بنزین در کشورهای منتخب $OECD$ (دلار/ لیتر)	۱/۳۷
میانگین قیمت بنزین در کشورهای منتخب$OPEC$ (دلار/ لیتر)	۰/۲۵
میانگین شاخص ICT در کشورهای منتخب$OECD$ (به ازای ۱۰۰ نفر)	٦۵/٦۳٦٦
میانگین شاخص ICT در کشورهای منتخب$OPEC$ (به ازای ۱۰۰ نفر)	۲۵/٦۳۰۸
میانگین تولید ناخالص داخلی سرانه درکشورهای منتخب $OECD$ (به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ بر حسب دلار آمریکا)	۷۲٤۷۳/۰۳
میانگین تولید ناخالص داخلی سرانه درکشورهای منتخب$OPEC$ (به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ بر حسب دلار آمریکا)	۱۳۲۵۲/۹۷

منبع: یافته های پژوهش

1- Measuring the Information Societ-The ICT Development Index,2009

٦- جامعه آماری و شیوه گردآوری اطلاعات و داده‌ها

جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش کشورهای *OECD* و کشورهای عضو*OPEC* است که با توجه به محدودیت‌های موجود درگردآوری اطلاعات،۱۷کشور از کشورهای *OECD* (شامل آمریکا، آلمان، اتریش، اسپانیا، انگلیس، ایتالیا، ایرلند، بلژیک، پرتغال، ترکیه، دانمارک، سوئیس، سوئد، فرانسه، فنلاند، نروژ، هلند) و ۱۰کشور از کشورهای *OPEC* (شامل ایران، امارات، الجزایر، اکوادور، عربستان، عراق، قطر، لیبی، نیجریه، ونزوئلا) در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

شیوه گردآوری اطلاعات در این پژوهش، کتابخانه ای و مراجعه به اسناد و مدارک و سایت های معتبر آماری است.

۷- نتایج حاصل از برآورد الگو

در مطالعه حاضر با استفاده از نرم افزار*Stata12* الگوی تصریح شده در بخش (۶) برای گروه کشورهای مورد مطالعه برآورد گردیده و نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول(۲) ارائه شده است. نتایج تخمین برای گروه اول(کشورهای*OECD*) نشان می دهد که تمامی متغیرهای توضیحی مورد استفاده در مدل تاثیر معناداری بر متغیر وابسته دارد و در این میان قیمت بنزین و تولید ناخالص داخلی سرانه تاثیر منفی و شاخص *ICT* تاثیر مثبت بر شدت مصرف انرژی (فرآورده های نفتی) در بخش حمل ونقل دارا است. در صورتی که تخمین مدل برای گروه دوم (کشورهای *OPEC*) نشان می‌دهد که متغیر *ICT* تاثیر منفی و معنادار، اما تولید ناخالص داخلی سرانه تأثیر مثبت و معنادار بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل دارد و قیمت بنزین در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأثیر معناداری بر انرژی‌بری در بخش حمل ونقل در این گروه از کشورها، نداشته است.

نتایج نشان داد که در کشورهای *OECD* با ثابت بودن سایر شرایط، با یک درصد افزایش در شاخص *ICT*، شدت مصرف فرآورده های نفتی در بخش حمل ونقل(برحسب

هزار تن) (۲۵.) درصد افزایش می یابد. در حالی که در کشورهای *OPEC* با ثابت بودن سایر شرایط، با یک درصد افزایش در شاخص *ICT*، شدت مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل ونقل(۲۷.) درصد کاهش می یابد. در کشورهای منتخب *OPEC* تولید ناخالص داخلی سرانه، تاثیر مثبتی بر انرژی بری بخش حمل ونقل دارد در حالی که در کشورهای *OECD* این تاثیر منفی است و در این خصوص باید گفت که با ثبات سایر شرایط و با یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت مصرف فرآورده-های نفتی در بخش حمل ونقل، در کشورهای *OECD* (۰,۸۶) درصد کاهش و در کشورهای *OPEC* (۰,۳۴) درصد افزایش می یابد. با توجه به آن که در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی، رشد اقتصادی بیشتر متأثر از نهاده‌های فیزیکی و نهاده انرژی است در حالی که در مراحل بعدی، سهم عوامل فنی و تکنولوژیکی در روند رشد و توسعه بیشتر می‌شود. می‌توان انتظار داشت که در کشورهای *OECD* که سهم عوامل فنی و تکنولوژیکی در رشد اقتصادی آنها بیشتر است، با افزایش تولید ناخالص داخلی کاهش در شدت مصرف انرژی محسوس‌تر باشد اما در کشورهای *OPEC* که سهم انرژی (به ویژه نفت) و دیگر نهاده‌های فیزیکی در روند رشد اقتصادی آنها بیشتر است شدت مصرف انرژی با افزایش تولید ناخالص داخلی افزایش می‌یابد و یا چندان تحت تأثیر قرار نگیرد.

در خصوص تاثیر قیمت بنزین بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل، نتایج نشان می‌دهد که در کشورهای *OECD*، قیمت بنزین تاثیر منفی و معنادار بر انرژیبری در بخش حمل ونقل دارد و با ثبات سایر شرایط و با یک درصد افزایش در قیمت بنزین، شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل (۰,۰۹) درصد کاهش می‌یابد.

در حالی که در کشورهای *OPEC* تأثیر قیمت بنزین بر شدت مصرف انرژی معنادار نبود. این نتیجه با توجه به وجود ذخایر فراوان انرژی در کشورهای *OPEC* و قیمت‌های بسیار پایین انرژی در این کشورها نسبت به کشورهای *OECD*، نشان می‌دهد که قیمت‌های انرژی در این گروه از کشورها نتوانسته شدت مصرف انرژی در بخش حمل ونقل را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول۲. نتایج تخمین مدل برای دو گروه مورد مطالعه طی سال های ۲۰۱۰-۲۰۰۰

گروه دوم (کشورهای *OPEC*)			گروه اول(کشورهای *OECD*)			
Prob	آماره *z*	ضریب	*prob*	آماره *z*	ضریب	متغیرها
۰/۰۰۰	۱۱/۷۱	۰/٤۸۲۲۲٦۳	۰/۰۰۰	۲٤/٦٦	۰/۹۳۹۸۳۲۷	$\ln ecvt_{i,t-1}$
۰/۹٦٤	-۰/۰٤	-۰/۰۰۱۷۰۳٦	۰/۰۲۰	-۲/۳۲	-۰/۰۹٥۸۸٤٦	$\ln p_{i,t}$
۰/۰۰۱	۳/۲٦	۰/۳٤۰٥۲۸۹	۰/۰۰۰	-۳/۸۷	-۰/۸٦۷۲۸٤۸	$\ln gdp/pop_{i,t}$
۰/۰۰۰	-۹/۳۷	-۰/۲۷۹۰٦۸۹	۰/۰۰۰	۷/٤۹	۰/۲٥۸٦٤۰۸	$\ln ict_{i,t}$
۰/۰۰۰	-۷/٦۱	-۹/۱٦۲۹٤۹	۰/۰۰۳	۲/۹۸	۷/۲٤۳۳۱۹	*_Cons*

منبع: یافته های پژوهش

جدول۳. آزمون سارگان

$H_0 = overidentifying\ \ restrictions\ \ are\ \ valid$

گروه دوم (کشورهای *OPEC*)	گروه اول(کشورهای *OECD*)	
۷/۲۸۳۷٦٦	۱٦/۰۱۱۹٦	*Chi2(24)*
۰/۹۲۳۲	۰/۸۸۷٦	*Prob>chi2*

منبع: یافته های پژوهش

نتیجه این آزمون فرض صفر مبنی بر معتبر بون محدودیت های تشخیصی را تأیید می کنند.

جدول٤. آزمون خودهمبستگی پسماندها

$H_0 = no\ \ autocorrelation$

گروه دوم (کشورهای *OPEC*)		گروه اول(کشورهای *OECD*)		
Prob	*Z*	*Prob*	*z*	*Order*
۰/۰٦۲۹	-۱/۸٥۹٦	۰/۰۰۲۳	-۳/۰٤۳۷	۱
۰/٥٥٥۷	۰/٥۸۹۲٤	۰/۱٤۹۸	۱/٤٤۰٤	۲

منبع: یافته های پژوهش

آزمون خودهمبستگی پسماندها، آماره های $AR(۱)$ و $AR(۲)$ را برای نشان دادن همبستگی سریالی در رابطه با تفاضل مرتبه اول پسماندها آزمایش می کند. نتایج آزمون برای خود همبستگی مرتبه اول $AR(۱)$ نشان می دهد که فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خود همبستگی رد می شود (برای گروه دوم با سطح اطمینان پایین تری فرضیه وجود خود همبستگی مرتبه اول تأیید می شود)، همچنین برای خود همبستگی مرتبه دوم $AR(۲)$ فرضیه صفر رد نمی شود. لذا نتایج این آزمون نشان می دهد که متغیرهای ابزاری مورد استفاده مستقل از عبارت خطا بوده (خود همبسته نیستند) و برای تخمین مناسب می باشند. بنابراین هردو آزمون سارگان و خود همبستگی پسماندها، صحت اعتبار نتایج مدل های آزمون شده را تأیید می کند.

۹- نتیجه‌گیری وپیشنهادها

توسعه از یک سو با صنعت و تکنولوژی و از سوی دیگر با تخریب و آلودگی‌های زیست محیطی ارتباط تنگاتنگی دارد، ابزارهایی که بتواند جوامع را در دستیابی به رشد اقتصادی بدون تخریب محیط زیست و یا کاهش اثرات منفی بر محیط زیست یاری رساند، می تواند در راستای دستیابی به توسعه پایدار، مفید واقع شود. از جمله این ابزارها که در سال های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، فناوری اطلاعات و ارتباطات می باشد. فناوری اطلاعات و ارتباطات از جنبه های مختلفی بر مصرف انرژی و محیط زیست موثر می باشد. نتایج نشان می دهد که فناوری اطلاعات وارتباطات دارای تاثیر معناداری برشدت مصرف انرژی است و این تأثیر بسته به درجه توسعه یافتگی کشورها و ساختار اقتصادی آنها متفاوت است.

کشورهای توسعه یافته با به کارگیری فناوری های نوین (از جمله ICT) و سیاست های صحیح در راستای مدیریت مصرف انرژی برای دستیابی به امنیت انرژی و مصون ماندن از تبعات منفی ناشی از تغییر قیمت انرژی، توانسته اند زمینه کاهش شدت مصرف انرژی را در کشورهایشان در دهه‌های اخیر فراهم کنند.

با توجه به تأثیرات فناوری اطلاعات وارتباطات در سطح کلان اقتصاد و افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی و تأثیر منفی فناوری اطلاعات وارتباطات بر شدت مصرف انرژی در

بخش حمل ونقل کشورهای *OPEC* و با توجه به بالا بودن شدت انرژی و مصرف بالای سوخت‌های فسیلی دراین کشورها و به ویژه در کشور ما، می‌توان با توسعه و بهبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات وارتباطات و تسهیل استفاده از آن در بخش‌های مختلف اقتصادی علاوه بر دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، زمینه افزایش کارایی و کاهش شدت مصرف انرژی را در بخش های مختلف اقتصادی و از جمله بخش حمل ونقل فراهم کرد و در راستای دستیابی به توسعه پایدار و کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی گام های مؤثری برداشت. برای مثال می توان با گسترش سیستم حمل ونقل هوشمند، زمینه بهبود کارایی در بخش حمل ونقل را فراهم کرد و یا با گسترش بانکداری الکترونیکی، خرید الکترونیکی، تجارت الکترونیکی و ... از تحرک غیر ضروری جلوگیری کرد.

همچنین پیشنهاد می گردد با توجه به تبعات منفی زیست محیطی فراوان مصرف سوخت های فسیلی در کشور، با ایجاد بسترهای مناسب، زمینه برای تأثیر گذاری قیمت انرژی بر مصرف انرژی فراهم شود.

۱۰- منابع

الف) فارسی

۱- بالتاجی، بدی اچ،(۱۳۹۱)، *اقتصادسنجی*، ترجمه رضا طالبلو و شعله باقری پر مهر،چاپ اول، نشر نی.

۲- ترازنامه انرژی سال های ۱۳۹۱-۱۳۷۹.

۳- سیف، اله مراد، (۱۳۸۷)، «شدت انرژی،عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال پنجم، شماره ۱۸۰، صفحات ۲۰۱-۱۷۷.

۴- حسن تاش، سید غلامحسین، محمد امین نادریان (۱۳۸۷)،« ارزیابی پتانسیل ها و مزایای کاهش شدت انرژی در کشورهای عضو اوپک»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال پنجم، شماره۱۶، صفحات ۱۸۴-۱۵۷.

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

۶- صادقی، سید کمال، سکینه سجودی (۱۳۹۰)، «مطالعه عوامل موثر برشدت انرژی در بنگاه های صنعتی ایران»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هشتم، شماره ۲۹، صفحات ۱۸۰-۱۶۳.

۷- فلاحی، فیروزه، سکینه سجودی و سیاب ممی پور (۱۳۹۱)، «بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات وارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران»، *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، شماره ۲ ،صفحات ۱۷۱-۱۴۹.

۸- محمودزاده، محمود، حامد شاه بیکی (۱۳۹۰)، «آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه»، *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره‌های ۲۳ و ۲۴، صفحات ۸۸-۶۷.

۹- مهدوی عادلی، محمد حسین، صالح نیا، نرگس (۱۳۹۱)، *کلیات اقتصاد انرژی*، موسسه مطالعات بین المللی انرژی.

۱۰- محمدخان‌پور اردبیل، رقیه (۱۳۹۳)، بررسی تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر مصرف انرژی در بخش حمل ونقل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی.

۱۱- والی، سمانه (۱۳۹۱)، اثر سرمایه ICT برمصرف برق در کشور های توسعه یافته و در حال توسعه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی.

ب) انگلیسی

1- Arellano, m.& Bond (1991),''Some Test of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and Application to Employment Equation'', *Review of Economic Studies* 58,pp.277-297.

2- Baltagi,Badi H (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, www.wiley.com.

3- Chen, Xavier (1994), Substitution of Information for Energy , *Energy Policy.*

4- Cho,Youngsang, Jongsu Lee & Tai_ Yookim (2007), ''The Impact of ICT Investment and Energy Price on Industrial Electricity Demand : Dynamic Growth Model Approach'' , *Energy Policy,*vol. 35, pp.4730- 4738.

5- Collard , Fabric, Patrick Feve & Franck Portier (2005), ‘‘Electricity Consumption and ICT in the French Service Sector’’, *Energy Economics,* vol.27, pp.541-550.
6- Erdmann, Lorenz & Lorenz M. Hilty (2010), ‘‘Scenario Analysis Exploring the Macroeconomic Impacts of Information & Communication Technology on Greenhouse Gas Emissions’’, Jour*nal of Industrial Ecology*, vol. 14, Number5, www.wiley online library .com/Journal/jie.
7- Hilty,Lornez M.et al (2006), ‘‘The Relevance of Information and Communication Technologies for Environmental Sustainability_ A Prospective Simulation Study’’, *Environmental Modelling & Software*, pp.1618-1629.
8- Ishida, Hiroyuki, Akira Yanagisawa (2003), ‘‘Impact Assessment of Advancing ICT Orientation on Energy Use: Consideration of A Macro Assessment Method - Executive Summary’’,*IEEJ*.
9- Ishida,Hazuki (2014),‘‘The Effect of ICT Development on Economic Growth and Energy Consumption in Japan’’, *Telematics and Informatic*.
10- Jorgenson, Dale W .(2001), ‘‘Information Technology and the U.S. Economy’’, *American Economic Review*, vol. 91, no.1, pp.1-32.
11- Kelly,H.(1999), ‘‘Information Technology & Environmental Choices & Opportunities’’, IMP, www.cisp.org/imp/october.
12- Machado, Aluisio Campos, Ronald E.Miller (1997), ‘‘Empirical Relationships between the Energy and Information Segments of the US Economy’’, *Energy Policy*, vol. 25,no.11, pp.913-921.
13- Room,J.(2002),‘‘The Internet and the New Energy Economy’’, *Resources,Conservation and Recycling*,vol.36, no.3, pp.197-210.
14- Rodriguez Casal, Carlos, Christine Van Wunnik *et al* (2005), *How Will ICTs Affect Our Environment in 2020*, Emerald Group Publishing Limited,ISSN 1463-6689, vol.7, no.1,pp.77-87.
15- Spreng, Daniel (1993), ‘‘Possibilities for Substitution between Energy, Time and Information’’, *Energy Policy.*
16- Sadorsky,Perry (2012),‘‘Information Communication Technology and Electricity Consumption in Emerging Economics’’, *Energy Policy,* vol.48, pp.130-136.
18- Takase, Kae, Yasuhiro Murota (2004), The Impact of IT Investment on Energy: Japan and US Comparison in 2010, *Energy Policy,* vol. 32, pp.1291-1301.
19- Unstats.un.org/unsd/snaama/metadata.asp
20- WWW.World Development Indicator.com