سنجش تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب منطقه منا (رویکرد GMM سیستمی)

محمد علیزاده[1]
استادیار اقتصاد بخش عمومی دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه لرستان
ابوالقاسم گل‌خندان[2]
دانشجوی دکتری اقتصاد بخش عمومی دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت : 1393/11/27 تاریخ پذیرش: 1394/7/20

چکیده

فنّاوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) می‌تواند از طریق سازمان‌دهی مجدد فرآیندهای تولید به روش‌های کاراتر، مصرف انرژی را کاهش دهد. در مقابل، فراهم آمدن تولیدات و خدمات جدید و افزایش مصرف انرژی موجودی سرمایه فاوا، منجر به تقاضای اضافی برای انرژی می‌شود. ازاین‌رو، اثر کلی آن بر مصرف انرژی مبهم بوده است. در این راستا هدف اصلی این مقاله بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب منطقه منا طی دورۀ زمانی 2011-1995 است. به این منظور از مدل ارائه‌شده توسط Sadorsky (2012) و سه شاخص: تعداد کاربران اینترنت، تعداد خطوط تلفن همراه و تعداد خطوط تلفن ثابت به‌عنوان متغیرهای اندازه‌گیری ICT استفاده شده است. هم‌چنین، با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS) کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای

(1- نویسنده مسئول: alizadeh_176@yahoo.com)

2- golkhandana@gmail.com

مدل برآورد شده و مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است. نتایج نشان می‌دهد که گسترش ICT با هر سه شاخص اندازه‌گیری‌شده، مصرف انرژی سرانه را در کشورهای منتخب منطقه منا در کوتاه‌مدت و بلندمدت افزایش می‌دهد. به‌گونه‌ای که با افزایش یک‌درصدی در این شاخص‌ها، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب 0/007 و 0/089 درصد افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، مصرف انرژی، کشورهای منا، گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS).

طبقه‌بندی JEL: C23, D83, N75, Q4.

1. مقدمه

فناوری اطلاعات و ارتباطات[1] (فاوا) (ICT) با سرعت متحیرکننده‌ای در کشورهای جهان و بالأخص کشورهای درحال‌توسعه در حال رشد است. به‌طور مثال، بین سال‌های 2000 تا 2010، تعداد خطوط تلفن همراه به‌ازای هر 100 نفر (به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری ICT) در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای درحال‌توسعه به‌ترتیب به‌اندازه 187 درصد، 107 درصد و 255 درصد افزایش داشته است (ITU Statistics, 2011). هم‌چنین، بین این سال‌ها، تعداد کاربران اینترنت به‌ازای هر 100 نفر (به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری ICT) در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای درحال‌توسعه به‌ترتیب به‌اندازه 153 درصد، 102 درصد و 235 درصد افزایش داشته است. بین سال‌های 2002 تا 2010 نیز، نسبت خانوارهایی که به اینترنت دسترسی داشته‌اند (به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری ICT) در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای درحال‌توسعه به‌ترتیب به‌اندازه 75 درصد، 62 درصد و 123 درصد افزایش داشته است. این آمارها و سایر آمارهای منتشر شده در این زمینه، یک سؤال جالب و مهم به وجود می‌آورد؛ آیا افزایش استفاده از ICT، بر روی تقاضای انرژی اثر می‌گذارد (Sadorsky, 2012: 131)؟

از طرفی دیگر، در بسیاری از مطالعات تجربی، تأثیر مصرف انرژی بر روی رشد اقتصادی (نظیر مطالعات: Ferguson و همکاران (2000) و Soytas & Sari (2003)) و تأثیر ICT بر روی

1-Information and Communication Technology (ICT)

رشد اقتصادی (نظیر مطالعات: Jorgenson و همکاران (2003) و Lee و همکاران (2005)) مورد بررسی و تحلیل قرارگرفته است؛ درحالی‌که رابطه بین ICT و مصرف انرژی به‌عنوان یک حلقه مفقوده، به‌رغم اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی آن توجه نسبتاً کمی را به خود جلب کرده است (Cho et al., 2007: 4730). به‌طورکلی فاوا دو اثر بر روی مصرف انرژی دارد: فاوا می‌تواند از طریق سازمان‌دهی مجدد فرآیندهای تولید به روش‌های کاراتر، مصرف انرژی و درنتیجه هزینه‌ها را کاهش دهد (اثر جانشینی). در مقابل، فراهم‌آمدن تولیدات و خدمات جدید و افزایش مصرف انرژی موجودی سرمایه فاوا، منجر به تقاضای اضافی برای انرژی می‌شود (اثر درآمدی). ازاین‌رو، اثر کلی فاوا بر مصرف انرژی مبهم بوده و به میزان قدرت نسبی این دو اثر بستگی دارد (Mahmoodzadeh & Shahbeyki, 2011).

با توجه به این نکات، در مطالعه حاضر به بررسی نظری و تجربی اثر ICT بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب منطقه منا[1] (خاورمیانه و شمال آفریقا) طی دورهٔ زمانی 2011-1995 پرداخته می‌شود. با توجه به این‌که اغلب کشورهای این منطقه ازجمله کشورهای درحال‌توسعه محسوب می‌شوند و با توجه به‌سرعت بالای رشد ICT در کشورهای درحال‌توسعه طبق آمارهای ارائه‌شده قبلی و کاهش «شکاف دیجیتالی»[2]، این بررسی می‌تواند به تفهیم بیشتر تأثیر ICT بر روی تقاضای انرژی این کشورها کمک کند و برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را در تعیین و تصویب سیاست‌های زیست‌محیطی و اقتصادی یاری دهد. تاکنون مطالعه داخلی محدودی در این زمینه انجام شده، لذا مطالعه حاضر سعی دارد با استفاده از اطلاعات آماری و اقتصادی 12 کشور منتخب این منطقه، در قالب مدل‌های پانل (ترکیبی) پویا و روش اقتصادسنجی گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی[3] (GMM-SYS) تبیین دقیقی از اثر ICT (با استفاده از شاخص‌های تعداد کاربران اینترنت، تعداد خطوط

1-Middle East and North Africa

2- شکاف دیجیتالی (Digital Divide) به شکاف بین اقتصادهای درحال توسعه و توسعه‌یافته در استفاده و دسترسی به ICT اشاره دارد. بهبود این شکاف به‌دلیل افزایش بهره‌وری و ثروت مطلوب است (Sadorsky, 2012: 131). توسعه ICT در کشورهای درحال‌توسعه و کاهش شکاف دیجیتالی، با توجه به تأثیر آن بر روی مصرف انرژی و به تبع آن، انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌تواند توصیه‌های سیاستی مهمی در این راستا داشته باشد.

3- Generalized Method of Moments System

تلفن همراه و تعداد خطوط تلفن ثابت) بر روی مصرف انرژی این کشورها ارائه دهد.

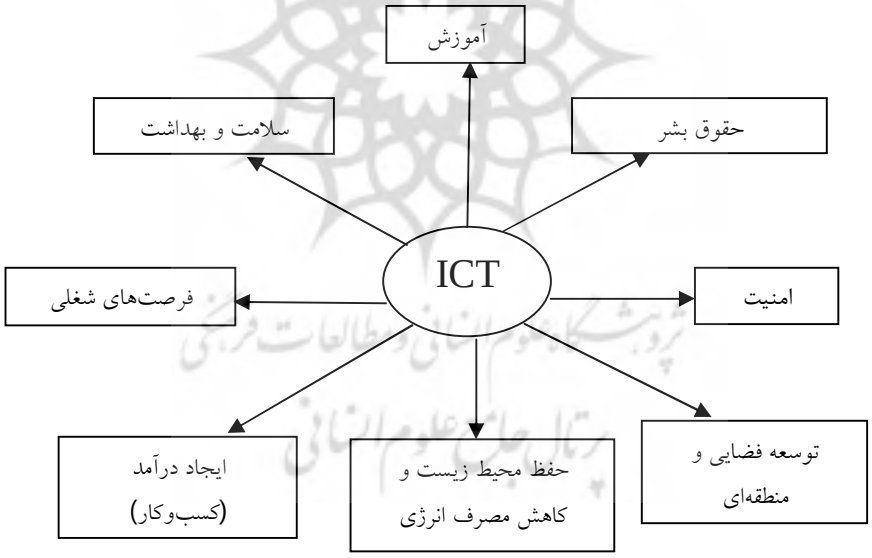
مقاله حاضر در پنج بخش تنظیم شده است. پس از مقدمه، بخش دوم به ادبیات موضوع می‌پردازد. بخش سوم به مدل، توصیف داده‌ها و روش تحقیق اختصاص دارد. در بخش چهارم به برآورد مدل و تحلیل نتایج پرداخته شده است. در بخش پایانی نیز جمع‌بندی و پیشنهادها آمده است.

2. ادبیات موضوع

2-1. مبانی نظری

شکل (1)، تصویری کلی از حوزه نفوذ و تأثیرگذاری مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات را در ابعاد مختلف زندگی بشر نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بخش‌های مختلف همچون سلامت و بهداشت، فرصت‌های شغلی، کسب‌وکار، امنیت، توسعه منطقه‌ای، حقوق بشر و آموزش می‌توانند از قابلیت‌های مثبت این پدیده بهره‌مند شوند. ضمن آن‌که، در بسیاری از موارد این ارتباط می‌تواند دوسویه باشد. همان‌طور که از شکل (1) پیداست، یکی از آثار مثبت توسعه فاوا، در کاهش مصرف انرژی و به تبع آن آلودگی هوا و حفظ محیط‌زیست است.

شکل (1): ارتباطات توسعه‌ای فناوری اطلاعات و ارتباطات



مأخذ: Wakelin & Shadrach (2001) (با اندکی تغییرات)

رشد ICT بسترهای تبادل سریع اطلاعات، کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش بهره‌وری و کارایی و ارتقاء سطح زندگی و رفاه را فراهم کرده است. گسترش ICT و تأثیرات قابل‌توجه آن در افزایش بهره‌وری، از یک‌سو و کاهش شدت مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته در دهه‌های اخیر از سوی دیگر، موجب شد تا دیدگاه‌هایی در جهت حمایت از این ایده که ICT پتانسیل کاهش انرژی‌بری را بدون کاهش رشد اقتصادی داراست، مطرح و بیان شود که اطلاعات در چرخه فعالیت‌های اقتصادی می‌تواند به‌عنوان نهاده جانشین انرژی، نقش‌آفرینی نماید. جانشینی اطلاعات به‌جای انرژی در مفهوم اقتصادی‌اش، کاربرد اطلاعات بیشتر در فعالیت‌های اقتصادی به‌همراه کاهش مقدار انرژی مورد نیاز است. به‌عبارت‌دیگر اطلاعات موجب می‌شود که مقدار مصرف انرژی به‌ازای هر واحد تولید، کاهش‌یافته و یا ارزش اقتصادی بیشتری به‌وسیله مصرف مقدار یکسان انرژی، ایجاد شود. این رویکرد، پنجره‌ای را برای انجام پژوهش‌هایی که امکان جانشینی اطلاعات و انرژی را بررسی می‌کند، رو به دنیای مطالعات اقتصادی گشود (Jorgenson et al., 2003) .

دلایل متعددی برای توضیح این موضوع وجود دارد که چگونه توسعه ICT می‌تواند منجر به کاهش معناداری در مصرف انرژی شود (Ishida, 2014: 3). در این راستا، Toffel & Horvath (2004) به‌عنوان‌مثال، بر صرفه‌جویی در انرژی بالقوه حاصل از خواندن روزنامه و کاهش نیاز به سفرهای تجاری از طریق استفاده از فن‌آوری‌های اطلاعات بی‌سیم تأکید می‌کنند. در بسیاری دیگر از موارد می‌توان اذعان کرد که ICT منجر به «غیرمادی‌سازی»[1] در بخش‌های گسترده صنعتی از طریق جانشینی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و یا مواد می‌شود (Hilty, 2008). علاوه بر این، Barratt (2006) معتقد است که آموزش‌وپرورش در مورد مدیریت زیست‌محیطی و مصرف بهینه انرژی می‌تواند از طریق آموزش از راه دور و با اینترنت به‌دست آید.

درعین‌حال برخی از محققان نظیر Cho و همکاران (2007)، Hilty & Ruddy (2010)، Chiabai و همکاران (2010) و Bomhof و همکاران (2013) به‌دلیل عوارض منفی توسعه ICT بر مصرف انرژی، شک و تردید خود را نسبت به ایده که توسعه ICT به‌طور خودکار به کاهش قابل

1- Dematerialization

توجه در مصرف انرژی منجر می‌شود، اعلام کرده‌اند (Ishida, 2014). در این راستا، Hilty (2008) معتقد است که توسعه ICT از دو کانال مصرف انرژی را به‌طور مثبت در اقتصاد تحت تأثیر قرار می‌دهد: کانال اثرات مستقیم و کانال اثرات غیرمستقیم. کانال اثرات مستقیم مربوط به تولید، استفاده و دفع تجهیزات ICT است، که باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. کانال اثرات غیرمستقیم نیز که برآورد آن بسیار پیچیده است، از طریق جهانی‌شدن بازارها و توزیع اشکال تولید ناشی از رشد شبکه‌های ارتباطات از راه دور، تقاضا برای انرژی را تحریک و افزایش می‌دهد (که Hilty (2008) این اثر را «اثر القایی»[1] نامیده است).

Pasinetti (1981) و Edquist و همکاران (2001)، تأثیر ICT را بر مصرف انرژی به دو اثر مخالف و غیر هم‌جهت تقسیم‌بندی کرده‌اند. اولین اثر این‌که، توسعه ICT تقاضا برای الکتریسیته را از طریق فرآیند نوآوری و جانشین‌نمودن یک تکنولوژی جدید تولید به‌جای تکنولوژی قدیمی، کاهش و سطح مصرف انرژی را تقلیل می‌دهد. این اثر را اثر جانشینی نیز می‌نامند. اثر دوم اینکه، تجهیزات ICT به‌منظور به‌کارانداختن نیاز به الکتریسیته دارند و درنتیجه نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از تجهیزات ICT باعث ایجاد تقاضای جدید برای مصرف الکتریسیته و درنهایت افزایش مصرف انرژی می‌شود. این اثر را اثر جبرانی[2] یا درآمدی نیز می‌نامند (Cho et al., 2007: 4730). اثر نهایی ICT بر مصرف انرژی وابسته به برآیند این دو اثر است. چنانچه اثر جانشینی بزرگ‌تر از اثر جبرانی باشد، توسعه ICT باعث کاهش مصرف انرژی و چنانچه اثر جبرانی بر اثر جانشینی غلبه کند، توسعه ICT مصرف انرژی را افزایش می‌دهد.

با توجه به مباحث فوق می‌توان گفت که ارتباط بین ICT و مصرف انرژی، مسأله‌ای پیچیده و چند بعدی است که در خصوص آن پاسخی آشکار و قاطع، قابل ارائه نیست و هرگونه نتیجه‌گیری باید نسبی و با احتیاط کامل تلقی شود.

2-2. مطالعات تجربی

رابطه بین ICT و مصرف انرژی یک موضوع مهم و به روز است که در این زمینه مطالعات

1- Induction Effect
2- Compensation Effect

تجربی انجام‌شده بسیار اندک بوده و بیشتر آن‌ها نیز تأثیر ICT را بر روی مصرف انرژی در کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته (نه در کشورهای حال توسعه) بررسی کرده‌اند (Sadorsky, 2012). در زمینه مطالعات داخلی نیز تاکنون مطالعات گسترده‌ای در رابطه با تأثیر ICT بر روی بیشتر متغیرهای کلان اقتصادی انجام شده است؛ اما تاکنون مطالعات داخلی بسیار محدودی در راستای بررسی تأثیر ICT بر مصرف انرژی انجام شده است. با توجه به این نکات، اهم مطالعات انجام‌شده در زمینه موضوع تحقیق، در ادامه آمده است:

Romm (2001) مشاهده کرد که برای اقتصاد آمریکا میانگین نرخ رشد سالیانه GDP و مصرف انرژی در عصر ماقبل اینترنت (1996-1992) به‌ترتیب 3/2 درصد و 2/4 درصد و در عصر مابعد اینترنت (2000-1996) به‌ترتیب 4 و 1 درصد بوده است. تجزیه رشد GDP و مصرف انرژی بر مبنای دو اثر مختلف است. نخست، بخش فناوری اطلاعات، شدت انرژی کمتری نسبت به تولیدات سنتی دارد. دوم، به‌نظر می‌رسد که اقتصاد اینترنتی کارایی انرژی را در هر بخش اقتصاد افزایش می‌دهد. ازاین‌رو، اینترنت محرک اثربخشی‌های یادشده در شتاب تقاضای انرژی برق است.

Takase & Murota (2004) تأثیر سرمایه‌گذاری در ICT را بر روی مصرف انرژی در دو کشور ژاپن و آمریکا مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده‌اند. آن‌ها تأثیر سرمایه‌گذاری در ICT را بر روی مصرف انرژی به دو اثر جانشینی و درآمدی تفکیک کرده‌اند و به این نتیجه دست یافتند که اثر جانشینی در کشور ژاپن و اثر درآمدی در کشور آمریکا برقرار است. به این معنا که افزایش سرمایه‌گذاری در ICT به ذخیره‌سازی انرژی در کشور ژاپن کمک می‌نماید؛ اما در کشور آمریکا، مصرف انرژی را افزایش می‌دهد.

Collard و همکاران (2005) رشد مصرف انرژی الکتریسیته و فاوا را در بخش خدمات کشور فرانسه طی دورهٔ زمانی 1998-1986 بررسی کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از یک مدل ساده عامل تقاضا (مبتنی‌بر یک تابع تولید با بازده ثابت نسبت به مقیاس)، اثر کالاهای سرمایه‌ای فاوا را که مشتمل بر دو بخش رایانه‌ها و نرم‌افزار از یک‌سو و ابزار ارتباطی از سوی دیگر بود، بر شدت انرژی الکتریسیته مطالعه کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از رویکرد داده‌های ترکیبی پویا دریافتند که شدت انرژی با افزایش استفاده از رایانه و نرم‌افزار افزایش می‌یابد؛ درحالی‌که این مورد با افزایش انتشار ابزار ارتباطی کاهش می‌یابد.

Cho و همکاران (2007) رابطه بین سرمایه‌گذاری در ICT و مصرف الکتریسیته را در بخش صنعت کشور کره‌جنوبی طی دورهٔ زمانی 2003-1991 و با استفاده از مدل رشد لجستیک پویا بررسی کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در ICT، مصرف الکتریسیته را در بیشتر بخش‌های صنایع این کشور افزایش می‌دهد؛ این در حالی است که توسعه ICT فقط در برخی از بخش‌های صنعتی خاص (مانند تولید فلزات اولیه)، مصرف الکتریسیته را کاهش می‌دهد.

کمیسیون برنامه دیده‌بانی کسب‌وکار الکترونیکی اروپا[1] (2008) در یک مطالعه جامع، اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات را بر روی مصرف الکتریسیته کشورهای عضو اتحادیه اروپا و صنایع مختلف آن‌ها (شیمیایی، فلزات و حمل‌ونقل) طی دورهٔ زمانی 2004-1980 بررسی کرده است. یافته‌های این تحقیق با استفاده از دو روش حداقل مربعات غیرخطی (NLS) و حداقل مربعات غیرخطی دو مرحله‌ای (TNLS) نشان می‌دهد که در سطح کل، ممکن است ICT، مصرف الکتریسیته را کاهش دهد. در سطح بخشی نیز انتشار ابزار ارتباطات منجر به کاهش شدت مصرف الکتریسیته می‌شود؛ درحالی‌که رواج فناوری کامپیوتر و نرم‌افزار، مصرف الکتریسیته را افزایش می‌دهد.

Sadorsky (2012) در مطالعه‌ای تأثیر ICT را بر روی مصرف الکتریسیته در کشورهای با اقتصاد نوظهور، طی دورهٔ زمانی 2008-1993 بررسی کرده است. وی در این مطالعه به‌منظور اندازه‌گیری ICT، از سه شاخص تعداد کاربران اینترنت، تعداد خطوط تلفن همراه و تعداد کامپیوترهای شخصی استفاده کرده است. یافته‌های این تحقیق در قالب مدل‌های پانل‌پویا و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (SGMM) حاکی از تأثیر مثبت هر سه شاخص، بر روی مصرف الکتریسیته این کشورها در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

Ishida (2014) تأثیر توسعه ICT را بر روی مصرف انرژی در کشور ژاپن، طی دورهٔ زمانی 2010-1980 مورد بررسی قرار داده است. نتایج این بررسی با استفاده از رهیافت خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL)، حاکی از تأثیر منفی و معنادار سرمایه‌گذاری در ICT بر روی مصرف انرژی در این کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

1- European Commission e-Business Watch

در تنها مطالعه داخلی انجام‌شده در این زمینه، Mahmoodzadeh & Shahbeyki (2011) اثر ICT را بر شدت انرژی در 25 کشور درحال‌توسعه طی دورهٔ زمانی 2008-1995 بررسی کرده‌اند. یافته‌های این تحقیق با استفاده از تحلیل‌های هم‌انباشتگی پانلی نشان می‌دهد که برخی انواع سرمایه فاوا نظیر سخت‌افزار و نرم‌افزار بر مصرف انرژی تأثیر مثبت داشته و برخی دیگر نظیر ارتباطات دارای تأثیر منفی هستند. درمجموع اثر خالص انتشار فاوا بر مصرف انرژی مثبت بوده و بدین ترتیب تقاضا برای محصولات فاوا، شدت انرژی را افزایش می‌دهد.

شایان‌ذکر است که مقاله حاضر صرف‌نظر از حوزهٔ مکانی و بازهٔ زمانی، از حیث نوع مدل‌سازی و شاخص‌های مورد استفاده برای ICT، با این مطالعه کاملاً متفاوت است.

3- مدل و متغیرها، توصیف داده‌ها و روش تحقیق

3-1. مدل تحقیق

در این مقاله، به‌منظور بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب منطقه منا، از مدل مقاله Sadorsky (2012: 132) که یک مدل سمت تقاضای انرژی و به‌صورت زیر می‌باشد، استفاده شده است:[1]

$$LnEC_{it} = \sum_{j=1}^{2} \alpha_j LnEC_{it-j} + \sum_{j=0}^{1} \beta_{1j} LnY_{it-j} + \sum_{j=0}^{1} \beta_{2j} LnP_{it-j} + \beta_3 LnICT_{it} + v_i + \psi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

همان‌طور که Sadorsky (2012: 132) بیان می‌کند مدل فوق بر اساس یک مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) بنا نهاده شده است و تعداد وقفه بهینه به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که همبستگی سریالی در پسماندهای به‌دست آمده وجود نداشته باشد. با توجه به

1- به‌طور کلی عوامل متعددی نظیر: رشد اقتصادی، تورم، جمعیت، شهرنشیتی و ... بر تقاضای انرژی مؤثرند. در این مطالعه بر اساس اصل قلت پارامترهای توضیحی، معناداری مدل تخمینی و مطالعات تجربی انجام‌شده در زمینه موضوع تحقیق نظیر مطالعات: Sadorsky (2010) و Ishida (2014)، از متغیرهای رشد اقتصادی و تورم به‌عنوان متغیرهای کنترل در بررسی تأثیر ICT بر مصرف انرژی استفاده شده است. با توجه به آنکه افزایش رشد اقتصادی مستلزم تقاضای انرژی بیشتر است و تورم بالاتر نیز به‌دلیل کاهش قدرت خرید مصرف‌کننده و آثار منفی بر تولید، تقاضای انرژی را کاهش می‌دهد، انتظار بر آنست که تأثیر این متغیرها بر مصرف انرژی در مدل به‌ترتیب مثبت و منفی باشد.

رابطه فوق، متغیرهای این تحقیق به‌صورت زیر تعریف شده‌اند:

LnEC: لگاریتم طبیعی مصرف انرژی سرانه (بر حسب کیلوگرم معادل نفتی) به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری مصرف انرژی.

LnY: لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP) به قیمت ثابت سال 2005 (بر حسب دلار آمریکا) به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری درآمد.

LnCPI: لگاریتم طبیعی شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) (2005=100) به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری قیمت انرژی. به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های قیمت انرژی برخی از کشورهای مورد مطالعه، به‌مانند مطالعات Sadorsky (2012)، Odhiambo (2010) و Hooshmand و همکاران (2013) از شاخص قیمت مصرف‌کننده به‌عنوان پروکسی قیمت انرژی استفاده شده است.

LnICT: لگاریتم طبیعی شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات، که به‌وسیله 3 شاخص در دسترس، LnINT: لگاریتم طبیعی تعداد کاربران اینترنت (به‌ازای هر 100 نفر جمعیت)، LnMOB: تعداد خطوط تلفن همراه (به‌ازای هر 100 نفر جمعیت) و LnTEL: تعداد خطوط تلفن ثابت (به‌ازای هر 100 نفر جمعیت) اندازه‌گیری می‌شود.

هم‌چنین i نشان‌دهنده کشورهای منطقه منا ($i=1,\ldots,12$) (این کشورها با توجه به در دسترس‌بودن تمام داده‌ها برای آن‌ها عبارت‌اند از: امارات، بحرین، الجزایر، مصر، ایران، اسرائیل، اردن، مراکش، عمان، عربستان، تونس و یمن)، t نشان‌دهنده بازۀ زمانی (1995-2011) (این بازۀ زمانی به‌گونه‌ای انتخاب شده است که تمام داده‌های کشورهای مورد مطالعه موجود باشد)، v_i اثر ثابت کشورها (مقاطع)، ψ_t اثر ثابت زمان و ε_{it} جزء خطای تصادفی است. منبع داده‌های مربوط به تمام متغیرها، شاخص‌های توسعه جهانی[1] (WDI) است.

با تخمین ضرایب رابطه (1)، به‌راحتی می‌توان کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت تمام متغیرها را نسبت به مصرف انرژی محاسبه کرد. به‌طور مثال، کشش تولید ناخالص داخلی نسبت به مصرف انرژی در کوتاه‌مدت به‌وسیله ضریب بدون وقفه این متغیر یعنی: β_{10} و کشش بلندمدت آن از جایگذاری در رابطه $(\beta_{10}+\beta_{11})/(1-\alpha_1-\alpha_2)$ به‌دست می‌آید. شایان ذکر است که مدل

1- World Development Indicators

فوق یک‌بار بدون درنظرگرفتن شاخص‌های اندازه‌گیری ICT، یک‌بار با درنظرگرفتن متغیر INT به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری ICT، یک‌بار با درنظرگرفتن متغیر MOB به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری ICT و یک‌بار با درنظرگرفتن متغیر TEL به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری ICT تخمین زده می‌شود؛ بنابراین در مجموع چهار مدل تخمینی خواهیم داشت.

2-3. توصیف داده‌ها

بررسی برخی آماره‌های توصیفی از متغیرهای مورد استفاده در مطالعه حاضر، می‌تواند به فهم نتایج و شناخت وضعیت کشورهای منتخب منطقه منا کمک شایان توجهی کند. در جدول (1) برخی از آماره‌های توصیفی ارائه شده‌اند.

جدول (1): آماره‌های توصیفی کشورهای منتخب منطقه منا (2011-1995)

متغیر	بیشینه	کمینه	متوسط	میانه
EC	12658/322	223/971	3231	1377/395
GDP	47081/158	705/819	9818/428	3047/302
CPI	248/411	21/149	100/928	412/98
INT	78	0	14/427	7/094
MOB	193/452	0	44/662	25/365
TEL	49/481	1/242	16/013	11/693

مأخذ: محاسبات تحقیق با استفاده از داده‌های WDI

همان‌طور که در جدول (1) مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا، برابر با 12658/322 کیلوگرم معادل نفتی است که مربوط به کشور امارات در سال 1996 می‌باشد و کمترین مقدار آن 223/971 کیلوگرم معادل نفتی است که مربوط به کشور یمن در سال 1996 است. هم‌چنین، متوسط و میانه مقدار مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا، به‌ترتیب برابر با 3231 و 1377/395 کیلوگرم معادل نفتی است که بر اساس داده‌های موجود، میزان متوسط مصرف انرژی سرانه در کشور ایران با چیزی حدود 2231/390 پایین‌تر از متوسط مقدار مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه مناست.

بیشترین مقدار تولید ناخالص داخلی سرانه برابر با 47081/158 دلار است که مربوط به کشور

امارات در سال 2004 می‌باشد و کمترین مقدار آن 705/819 دلار است که مربوط به کشور یمن در سال 1995 است. متوسط و میانه داده‌های این متغیر در کشورهای منتخب منطقه منا، به‌ترتیب برابر با 9818/428 و 3047/302 دلار است. بر اساس داده‌های موجود، میزان متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه در کشور ایران با چیزی حدود 2655/687 پایین‌تر از مقدار متوسط این متغیر در کشورهای منتخب منطقه مناست.

متوسط شاخص قیمت مصرف‌کننده 100/928 است که بیشترین مقدار آن برابر با 411/ 248 برای کشور ایران در سال 2011 و کمترین مقدار آن نیز برای کشور ایران در سال 1995 با چیزی معادل 21/149 می‌باشد که نشان‌دهنده بی‌ثبات‌بودن اقتصاد ایران طی دوره زمانی مورد بررسی است.

متوسط و میانه تعداد کاربران اینترنت به‌عنوان یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری ICT، به‌ترتیب برابر با 14/427 و 7/094 نفر کاربر در هر 100 نفر است که بیشترین مقدار آن با چیزی حدود 78 نفر کاربر در هر 100 نفر مربوط به کشور امارات در سال 2011 می‌باشد و کمترین مقدار آن 0 نفر کاربر در هر 100 نفر مربوط به کشورهای عمان در سال 1996 و سوریه در سال‌های 1995 و 1996 می‌باشد. بر اساس داده‌های موجود، میزان متوسط این شاخص در کشور ایران حدود 6/197 محاسبه شده که پایین‌تر از مقدار متوسط این شاخص در کشورهای منتخب منطقه مناست.

بیشترین مقدار تعداد خطوط تلفن همراه به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های اندازه‌گیری ICT، برابر با 193/452 خط به‌ازای هر 100 نفر است که مربوط به کشور عربستان در سال 2011 می‌باشد و کمترین مقدار آن 0 خط به‌ازای هر 100 نفر است که مربوط به کشور سوریه در سال 1995 است. متوسط و میانه داده‌های این متغیر در کشورهای منتخب منطقه منا، به‌ترتیب برابر با 44/662 و 25/365 خط به‌ازای هر 100 نفر است. بر اساس داده‌های موجود، میزان این شاخص در کشور ایران با چیزی حدود 22/057 پایین‌تر از مقدار متوسط این شاخص در کشورهای منتخب منطقه مناست.

در آخر نیز، بیشترین مقدار تعداد خطوط تلفن ثابت در کشورهای منتخب منطقه منا، برابر با 49/481 خط در هر 100 نفر است که مربوط به کشور اسرائیل در سال 2001 می‌باشد و کمترین مقدار آن 1/242 خط در هر 100 نفر است که مربوط به کشور یمن در سال 1995 است. هم‌چنین، متوسط و میانه مقدار مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا، به‌ترتیب برابر با

16/013 و 11/693 خط در هر 100 نفر است که بر اساس داده‌های موجود، میزان متوسط خطوط تلفن ثابت در کشور ایران با چیزی حدود 24/166 خط در هر 100 نفر، بالاتر از متوسط مقدار خطوط تلفن ثابت در کشورهای منتخب منطقه مناست.

2-3. روش تحقیق

ازآنجاکه در مدل تحقیق (معادله رابطه 1)، متغیر وابسته به‌صورت با وقفه در سمت راست معادله ظاهر شده است، با یک الگوی داده‌های پانل پویا مواجه هستیم. آنچه که در این مدل‌ها مهم می‌باشد این است که حتی اگر ضریب وقفه متغیر وابسته چندان مورد نظر و مهم نباشد، حضور این متغیر باعث خواهد شد که ضرایب سایر متغیرها به‌درستی برآورد شوند (Baltagi, 2005: 129). فرم کلی یک الگوی پویا در داده‌های پانل به‌صورت زیر است:

$$Y_{it} = \alpha Y_{it-1} + \beta X'_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

که در آن: $Y_{i,t}$ متغیر وابسته، X'_{it} بردار متغیرهای مستقل که تحت عنوان متغیرهای ابزاری نیز به‌کار می‌روند، μ_i عامل خطای مربوط به مقاطع و ε_{it} عامل خطای مقطع iام در زمان t است. هنگامی‌که در مدل داده‌های پانل، متغیر وابسته به‌صورت با وقفه در طرف راست ظاهر می‌شود، دیگر برآوردگرهای OLS سازگار نیست (Arellano & Bond, 1991) و باید به روش‌های برآورد دو مرحله‌ای 2SLS Anderson & Hsiao (1981) یا گشتاورهای تعمیم‌یافته[1] (GMM) Arellano & Bond (1991) متوسل شد. به گفته Matyas & Sevestre (1991)، برآوردکننده 2SLS ممکن است به‌دلیل مشکل در انتخاب ابزارها، واریانس‌های بزرگ برای ضرایب به‌دست دهد و برآوردها از لحاظ آماری معنی‌دار نباشند (Tayebi et al., 2011: 51). لذا روش GMM دو مرحله‌ای توسط آرلانو و باند برای حل این مشکل پیشنهاد شده است. آرلانو و باند با تفاضل‌گیری از معادله رابطه (2) به‌صورت زیر:

$$Y_{it} - Y_{it-1} = \alpha(Y_{it-1} - Y_{it-2}) + \beta(X'_{it} - X'_{it-1}) + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}) \quad (3)$$

و با فرض اینکه جملات خطا به‌صورت سریالی همبسته نیستند:

1. Generalized Method of Moments

$$E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{is}] = 0 \quad \text{for } i = 1,\dots,N \text{ and } \quad s \neq t \tag{4}$$

و حالات اولیه Y_{it} از قبل تعیین‌شده هستند:

$$E[Y_{it}\varepsilon_{it}] = 0 \quad \text{for } i = 1,\dots,N \text{ and } \quad t \geq 2 \tag{5}$$

محدودیت‌های گشتاوری زیر را بیان می‌کنند:

$$E[Y_{it}(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})] = 0 \text{ for } i = 3,\dots,T \text{ and } s \geq 2 \tag{6}$$

یعنی، ابتدا اقدام به تفاضل‌گیری می‌شود تا به‌این‌ترتیب به‌توان اثرات مقاطع یا μ_i را به ترتیبی از الگو حذف کرد و در مرحلهٔ دوم از پسماندهای باقی‌مانده در مرحلهٔ اول برای متوازن کردن ماتریس واریانس ـ کواریانس استفاده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر این روش، متغیرهای تحت عنوان متغیر ابزاری ایجاد می‌کند تا برآوردهای سازگار و بدون تورش داشته باشیم (Baltagi, 2005: 140).

در این روش از ماتریس متغیرهای ابزاری به‌شکل زیر استفاده می‌شود:

$$z_i = \begin{bmatrix} Y_{i1} & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & Y_{i1} & Y_{i2} & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & Y_{i1} & \cdots & Y_{i,T-2} \end{bmatrix}$$

جایی که سطرهای ماتریس فوق برابر با معادلات دیفرانسیلی از مرتبه اول برای دوره‌های $t = 2,3,\dots,T$ برای مقاطع i می‌باشد، گشتاورهای شرطی استخراج می‌شوند. تخمین‌زن‌های GMM که به‌صورت مجانبی کارا هستند، بر اساس مجموعه‌ای از گشتاورهای شرطی، معیار زیر را حداقل می‌کنند:

$$J_N = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \Delta\hat{v}_i' Z_i\right) W_N \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Z_i' \Delta\hat{v}_i\right) \tag{7}$$

این حداقل‌سازی با استفاده از ماتریس وزنی زیر انجام می‌گیرد:

$$W_N = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} (Z_i' \Delta\hat{v}_i \Delta\hat{v}_i' Z_i)\right]^{-1} \tag{8}$$

در روش GMM ارائه‌شده توسط Arellano & Bond (1991) از وقفهٔ متغیر وابسته به‌عنوان ابزار استفاده می‌شود (GMM دیفرانسیلی)، اما Blundell & Bond (1998) نشان داده‌اند که وقفه

متغیرها در سطح، ابزارهای ضعیفی برای معادله رگرسیونی در تفاضل هستند. برای رفع این مشکل، Blundell & Bond (1998) تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی را پیشنهاد داده‌اند که در یک رگرسیون، رگرسیون در سطح را با رگرسیون در تفاضل‌ها ترکیب می‌کند.

سازگاری تخمین‌زننده GMM بر اساس فروضی که بر پایه درستی آن‌ها بنا شده است، به معتبربودن فرض عدم همبستگی سریالی جملات خطا و ابزارها بستگی دارد که می‌تواند به‌وسیله دو آزمون تصریح شده توسط Arellano & Bond (1991)، Arellano & Bover (1995) و Blundell & Bond (1998) آزمون شود. اولی آزمون سارگان[1] از محدودیت‌های از پیش تعیین شده است که معتبر بودن ابزارها را آزمون می‌کند. آماره آزمون سارگان (J-Statistic) دارای توزیع χ^2 با درجات آزادی برابر با تعداد محدودیت‌های بیش‌ازحد است. دومی آزمون همبستگی سریالی[2] است که به‌وسیله آماره M_2 وجود همبستگی سریالی مرتبه دوم یا AR(2) در جملات خطای تفاضلی مرتبه اول را آزمون می‌کند. در این آزمون، تخمین‌زن GMM زمانی دارای سازگاری است که همبستگی سریالی مرتبه دوم در جملات خطا از معادله تفاضلی مرتبه اول وجود نداشته باشد. عدم رد فرضیه صفر هر دو آزمون شواهدی را دال بر فرض عدم همبستگی سریالی و معتبربودن ابزارها فراهم می‌کند. ازآنجاکه در روش GMM، تفاضل‌گیری از معادله اولیه، همبستگی غیرقابل اغماضی را بین وقفه متغیر وابسته و جزء خطای تبدیل‌شده، فراهم می‌آورد (Bond, 2002: 3-4) و با توجه به اینکه سازگاری این تخمین‌زننده بر اساس فرض عدم همبستگی جملات خطا استوار است، انجام آزمون AR(2) بسیار مهم است (Arellano & Bond, 1991).

4. تخمین مدل و تفسیر نتایج

روش‌های معمول اقتصادسنجی در کارهای تجربی مبتنی بر فروض مانایی متغیرهای مورد مطالعه است؛ به این دلیل که امکان ساختگی بودن برآورد با متغیرهای نامانا وجود دارد و استناد به نتایج چنین برآوردهایی به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر خواهد شد (Baltagi, 2005). ازاین‌رو قبل

1- Sargan Test
2- Serial Correlation Test

از استفاده از این داده‌ها لازم است نسبت به مانایی و نامانـایی آن‌هـا اطمینـان حاصـل کـرد. در ایـن مطالعه به‌منظور بررسی مانایی متغیرها از آزمون Im و همکاران (IPS) (2003) استفاده شده اسـت. فرضیه صفر در این آزمون مبتنی‌بر وجود یک ریشه واحد است. خلاصه نتایج این آزمون بـا فـرض وجود متغیرهای روند زمانی و عرض از مبدأ، در جدول (2) ارائه شده است. بر اساس نتـایج، کلیـه متغیرها در سطح نامانا بوده و پس از یک‌بار تفاضل‌گیری به‌صورت مانا درآمده‌اند.

جدول (2): نتایج آزمون ریشه واحد Im و همکاران (2003)

متغیر	آماره IPS		درجه مانایی
	در سطح	با یک تفاضل	
Ln(EC)	0/865 (0/806)	-3/183 (0/001)	I(1)
Ln(GDP)	1/593 (0/944)	-3/058 (0/001)	I(1)
Ln(CPI)	2/366 (0/991)	-1/875 (0/031)	I(1)
Ln(INT)	1/543 (0/939)	4/581 (0/000)	I(1)
Ln(MOB)	2/988 (0/998)	-3/058 (0/001)	I(1)
Ln(TEL)	1/791 (0/963)	-2/612 (0/005)	I(1)

***** وقفه انتخابی برای آماره IPS توسط معیار شوارتز انتخاب شده است و اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده سطح احتمال هستند.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تخمین مدل در حالت نامانا بودن متغیرها باعث ایجاد رگرسیون کاذب در مدل می‌شـود. بـرای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب روش‌های تفاضل‌گیری و آزمون هـم‌انباشـتگی وجـود دارد، اما هنگام استفاده از تفاضل‌گیری در برآورد ضرایب الگو، اطلاعات ارزشمندی در رابطه بـا سـطح متغیرها از بین می‌رود. لذا این روش برای جلوگیری از اتکـا بـه رگرسـیون کـاذب مناسـب نیسـت. می‌توان برای رفع ایـن مشـکل از آزمـون هـم‌انباشـتگی پـانلی اسـتفاده کـرد. مفهـوم هـم‌انباشـتگی تداعی‌کننده یک رابطه تعادلی بلندمدت اسـت کـه سیسـتم اقتصـادی در طـول زمـان بـه‌سـمت آن حرکت می‌کنـد (Nofersti, 2010). در ایـن مقالـه بـه‌منظـور انجـام آزمـون‌هـای هـم‌انباشـتگی در مدل‌های مورد اسـتفاده از روش‌هـای ارائـه‌شـده توسـط Pedroni (2004) و Kao (1999) اسـتفاده شده است.

Pedroni (2004) برای انجام آزمون هم‌انباشتگی داده‌های پانلی دو نوع آماره آزمون را پیشنهاد داده است: نوع اول مبتنی بر رویکرد درون‌گروهی[1] است که شامل چهار آماره پانل v، rho، PP و ADF است. این آماره‌ها بیان‌گر متوسط آماره آزمون‌های سری‌زمانی هم‌انباشتگی پانلی در طول مقاطع هستند. آزمون دوم Pedroni (2004) مبتنی بر روش بین‌گروهی[2] است که شامل سه آماره گروه rho، PP و ADF است. فرضیه صفر تمام آماره‌های این آزمون نشان‌دهنده عدم هم‌انباشتگی و فرضیه مقابل آن اشاره به هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل دارد. \

جدول (3): نتایج آزمون هم‌انباشتگی

آزمون Pedroni (2004)				
آماره	شاخص معرف ICT			
	-	INT	MOB	TEL
آماره‌های درون‌گروهی				
Panel *v*-Statistic	0/625 (0/265)	-0/084 (0/534)	-0/278 (0/609)	-0/035 (0/398)
Panel rho-Statistic	0/998 (0/841)	1/827 (0/966)	0/732 (0/768)	2/942 (0/991)
Panel PP-Statistic	-2/566 (0/005)	-3/641 (0/000)	-2/771 (0/003)	-3/469 (0/000)
Panel ADF-Statistic	-2/376 (0/009)	-1/453 (0/073)	-2/544 (0/006)	-4/699 (0/00)
آماره‌های بین‌گروهی				
Group rho-Statistic	1/951 (0/974)	3/033 (0/998)	2/005 (0/977)	3/681 (1/00)
Group PP-Statistic	-4/119 (0/000)	-5/419 (0/000)	-4/088 (0/000)	-4/043 (0/000)
Group ADF-Statistic	-1/937 (0/026)	-1/778 (0/037)	-2/013 (0/022)	-2/188 (0/019)
آزمون Kao (1999)				
آماره	شاخص معرف ICT			
	-	INT	MOB	TEL
ADF	-1/591 (0/056)	-1/627 (0/052)	-1/616 (0/053)	-1/292 (0/098)

* اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده سطح احتمال هستند.

مأخذ: محاسبات تحقیق.

1- Within-Dimension
2- Between-Dimension

نتایج این آزمون با وجود عرض از مبدأ و متغیر روند در قسمت بالایی جدول (3) آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول مذکور هم‌انباشتگی یا وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل بدون استفاده از شاخص‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و با استفاده از این شاخص‌ها، در دو آماره پانل PP و ADF و دو آماره گروه PP و ADF در سطح اطمینان 95 درصد پذیرفته می‌شود.

به‌منظور اطمینان کامل از هم‌انباشتگی بین متغیرهای هر سه مدل، از آزمون هم‌انباشتگی Kao (1999) نیز استفاده شده است. این آزمون با استفاده از آماره آزمون‌های ریشه واحد DF و ADF انجام می‌شود. در این آماره‌ها فرضیه صفر برابر عدم وجود هم‌انباشتگی و فرضیه مخالف آن وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل است. نتایج آزمون هم‌انباشتگی Kao (1999) با استفاده از آماره ADF برای هر چهار مدل تخمینی، در قسمت پایینی جدول (3) نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهدکه فرضیه صفر در سطح اطمینان 90 درصد رد می‌شود؛ بنابراین، بر اساس آماره ADF آزمون Kao (1999) نیز، هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل با استفاده از هر سه شاخص ICT و بدون استفاده از این شاخص، برقرار است.

پس از تأیید وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای سه مدل، بدون نگرانی از بروز مشکل رگرسیون کاذب، می‌توان این مدل‌ها را برآورد کرد. قبل از تخمین مدل به‌روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، به‌منظور اطمینان انتخاب بین روش‌های داده‌های پانل و داده‌های تلفیقی[1] (پولینگ) از آماره F لیمر با درجه آزادی (N-1, NT-K-N) استفاده شده است که K تعداد متغیرهای توضیحی لحاظ شده در مدل، N تعداد مقاطع و T دورهٔ زمانی است:

$$F = \frac{RRSS - URSS/N - 1}{URSS/NT - K - N}$$

در رابطه فوق RRSS مجموع مربعات باقیمانده مقید حاصل از تخمین مدل پانل به‌دست‌آمده از روش OLS و URSS مجموع مربعات باقیمانده غیرمقید است. فرضیه صفر (H_0) این آزمون نشان‌دهنده آن است که هر یک از مقاطع عرض از مبدأهای یکسانی دارند (لزوم استفاده از داده‌های تلفیقی) و فرضیه مقابل (H_1) اشاره به ناهمسانی عرض از مبدأهای هر یک از مقاطع دارد

1- Pooling Data

(لزوم استفاده از داده‌های پانل). بر اساس محاسبات این تحقیق در هر چهار مدل مورد بررسی فرضیه صفر مبنی‌بر قابلیت تخمین داده‌ها به شیوه تلفیقی پذیرفته نمی‌شود و لازم است این مدل‌ها به‌روش داده‌های پانل برآورد شوند که نتایج به‌منظور صرفه‌جویی ارائه نشده‌اند.

نتایج برآورد مدل‌های تحقیق در زمینه تأثیر ICT بر روی مصرف انرژی، برای کشورهای منتخب منطقه منا طی بازهٔ زمانی 2011-1995 و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS) در قسمت بالای جدول (4) آمده است. بر اساس نتایج قسمت بالای این جدول کلیه متغیرها در سطح اطمینان 90 درصد معنادار بوده‌اند و دارای اعتبار آماری هستند. هم‌چنین علامت ضرایب محاسبه‌شده متغیرهای کنترل و ثبات آن‌ها در تمام مدل‌ها با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی، انتظار ما را در تخمین مدل و صحت آن برآورده می‌کنند. در قسمت پایین جدول (4) نتایج آزمون‌های تشخیص مدل آورده شده است. بر اساس نتیجه آزمون والد که از توزیع کای‌دو با درجه آزادی معادل تعداد متغیرهای توضیحی منهای جزء ثابت برخوردار است، فرضیه صفر مبنی بر صفر بودن تمام ضرایب در سطح معناداری یک درصد در مدل‌های تخمینی رد شده و در نتیجه اعتبار ضرایب برآوردی تأیید می‌شود. نتیجه آزمون سارگان نیز، با توجه به مقدار آماره و سطوح احتمال محاسبه‌شده، فرضیه صفر مبنی بر عدم همبسته بودن پسماندها با متغیرهای ابزاری را رد نمی‌کند و حاکی از سازگاری تخمین‌زننده GMM است؛ بنابراین نتایج ضرایب برآوردشده از نظر آماری تأیید شده و قابل تفسیر می‌باشند. وجود همبستگی سریالی در تفاضل مرتبه اول خطاها در مراتب بالاتر از یک، مانند AR(2) بر این موضوع دلالت دارد که شرایط گشتاوری به‌منظور انجام آزمون خودهمبستگی Arellano & Bond (1991) معتبر نبوده است؛ زیرا روش تفاضل‌گیری مرتبه اول برای حذف اثرات ثابت در صورتی روش مناسبی است که مرتبه خودهمبستگی جملات اختلال از مرتبهٔ دو نباشد. به این منظور، باید ضریب خودرگرسیونی مرتبه اول AR(1) معنی‌دار باشد و ضریب خودرگرسیونی مرتبهٔ دوم AR(2) معنی‌دار نباشد (Green, 2012). بر اساس نتایج پایینی جدول (4)، فرضیه صفر مبنی‌بر عدم خودهمبستگی درجه اول تفاضل مرتبهٔ اول جملات اختلال را می‌توان، اما فرضیهٔ صفر مبنی‌بر عدم خودهمبستگی سریالی درجه دوم تفاضل جملات اخلال را نمی‌توان رد کرد؛ بنابراین در مدل‌های تحقیق تورش تصریح وجود ندارد.

جدول (4): نتایج تخمین مدل‌ها به‌روش GMM

متغیرهای مستقل	متغیر وابسته Ln(EC)			
	ضرایب			
[Ln(EC)](-1)	0/709 (0/000)	0/695 (0/000)	0/684 (0/000)	0/722 (0/000)
[Ln(EC)](-2)	0/228 (0/024)	0/218 (0/025)	0/208 (0/024)	0/218 (0/018)
Ln(GDP)	0/383 (0/001)	0/379 (0/001)	0/341 (0/001)	0/401 (0/000)
[Ln(GDP)](-1)	-0/336 (0/000)	-0/332 (0/001)	-0/278 (0/000)	-0/362 (0/000)
Ln(CPI)	-0/011 (0/086)	-0/010 (0/084)	-0/013 (0/092)	-0/011 (0/052)
[Ln(CPI)](-1)	-0/003 (0/074)	-0/003 (0/072)	-0/005 (0/072)	-0/004 (0/072)
Ln(INT)	-	0/009 (0/077)	-	-
Ln(MOB)	-	-	0/007 (0/052)	-
Ln(TEL)	-	-	-	0/006 (0/038)
Constant	0/182 (0/002)	0/183 (0/032)	0/198 (0/021)	0/189 (0/035)
آزمون‌های تشخیصی				
نام آزمون	مقدار آماره			
والد	17937/94 (0/000)	15278/16 (0/000)	15284/89 (0/000)	(0/000) 15288/52
سارگان	28/68 (0/462)	24/56 (0/582)	22/98 (0/641)	31/12 (0/384)
AR(1)	-3/61 (0/000)	-1/88 (0/061)	-3/88 (0/000)	-2/35 (0/026)
AR(2)	-0/01 (0/992)	-0/48 (0/628)	-0/25 (0/804)	-0/81 (0/391)

* اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده سطح احتمال هستند.

مأخذ: محاسبات تحقیق

حال با توجه به توضیحات ارائه‌شده در قسمت مدل تحقیق و نحوه محاسبه کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت، با توجه به نتایج تخمین مدل‌های مورد بررسی که در جدول (4) آمده است، این کشش‌ها را محاسبه می‌کنیم. نتایج این محاسبه در جدول (5) آمده است. بر اساس نتایج این جدول، اثر شاخص‌های اندازه‌گیری ICT بر مصرف انرژی در بلندمدت و کوتاه‌مدت مثبت است؛ به‌گونه‌ای که با افزایش یک‌درصدی در شاخص‌های تعداد کاربران اینترنت (در هر 100 نفر)، تعداد خطوط تلفن همراه (در هر 100 نفر) و تعداد خطوط تلفن ثابت (در هر 100 نفر) به‌ترتیب مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا در کوتاه‌مدت 0/009، 0/007 و 0/006 درصد و در بلندمدت 0/103، 0/065 و 0/100 درصد افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، با

افزایش یک‌درصدی در ICT، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب 0/007 و 0/089 درصد افزایش می‌یابد. این نتیجه بیان‌گر آن است که در مجموع، در زمینه رابطه ICT و مصرف انرژی در کشورهای منتخب منطقه منا، اثر درآمدی از اثر جانشینی قوی‌تر بوده است و اثر خالص ICT بر مصرف انرژی کشورهای این منطقه مثبت است. در توجیه این نتیجه بایستی گفت که در اکثر کشورهای منطقه منا، ICT بیشتر مواقع به‌منظور تسهیل فعالیت‌ها به‌کار گرفته می‌شود و جایگزینی کامل آن به‌جای فعالیت‌های انرژی‌بر و هم‌چنین مصرف منابع طبیعی کمتر مشاهده می‌شود. نتیجه به‌دست‌آمده در زمینه تأثیر مثبت ICT بر مصرف انرژی با نتیجه بسیاری از مطالعات بین‌کشوری، نظیر Mahmoodzadeh & Shahbeyki (2011) برای 25 کشور درحال‌توسعه و Sadorsky (2012) برای کشورهای دارای اقتصاد نوظهور، همسویی نزدیکی دارد. البته نتیجه به‌دست‌آمده با نتیجه بعضی از مطالعات برای کشورهای توسعه‌یافته، نظیر مطالعه Ishida (2014) برای کشور ژاپن، مغایرت دارد.

کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه، در تمام مدل‌ها مثبت بوده است که نشان می‌دهد با افزایش این متغیر مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا گسترش می‌یابد؛ به‌نحوی‌که با افزایش یک‌درصدی در این متغیر، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب 0/376 و 0/671 درصد افزایش خواهد یافت. نتیجه به‌دست‌آمده مطابق با مبانی نظری ارائه‌شده راجع‌به رابطه مصرف انرژی و رشد است؛ زیرا لازمه رشد اقتصادی استفاده از انرژی می‌باشد. کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیر شاخص قیمت مصرف‌کننده نیز در هر سه مدل دارای علامت منفی است. بر این اساس با افزایش یک‌درصدی در متغیر شاخص قیمت مصرف‌کننده، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب 0/011- و 0/197- درصد کاهش می‌یابد. ازآنجاکه تورم سبب کاهش قدرت خرید مصرف‌کننده شده و به‌دلیل آثار منفی که بر تولید به‌جای می‌گذارد، کاهش در تقاضای انرژی را موجب می‌شود، نتیجه به‌دست‌آمده، مطابق انتظار و قابل قبول است.

5. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های ترکیبی 12 کشور منطقه منا و با بهره‌گیری از ابزار

اقتصادسنجی، به بررسی ارتباط بین ICT و مصرف انرژی پرداخته است. به این منظور از متغیرهای مصرف انرژی سرانه، شاخص‌های ICT (تعداد کاربران اینترنت (در هر 100 نفر)، تعداد خطوط تلفن همراه (در هر 100 نفر) و تعداد خطوط تلفن ثابت (در هر 100 نفر)) و متغیرهای کنترل، شامل: تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخص قیمت مصرف‌کننده در قالب چهار مدل پانل‌دیتای پویا استفاده شده است. پس از بررسی مانایی متغیرها توسط آزمون ریشه واحد Im و همکاران (2003)، وجود هم‌انباشتگی (رابطه بلندمدت) بین متغیرهای هر چهار مدل توسط آزمون‌های هم‌انباشتگی پانلی Pedroni (2004) و Kao (1999) تأیید شده است. سپس به‌منظور به‌دست‌آوردن این رابطه‌های بلندمدت از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS) استفاده شده و صحت این رابطه‌ها توسط آزمون‌های تشخیصی تأیید شده است.

جدول (5): کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت

کشش متغیرها	GMM 1	GMM2	GMM3	GMM4	میانگین کشش
کوتاه‌مدت					
GDP	0/383	0/379	0/341	0/401	0/376
CPI	-0/011	-0/010	-0/013	-0/011	-0/011
INT	-	0/009	-	-	0/007
MOB	-	-	0/007	-	
TEL	-	-	-	0/006	
بلندمدت					
GDP	0/746	0/540	0/583	0/816	0/671
CPI	-0/222	-0/149	-0/166	-0/250	-0/197
INT	-	0/103	-	-	0/089
MOB	-	-	0/065	-	
TEL	-	-	-	0/100	

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج نشان می‌دهد تأثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت تعداد کاربران اینترنت (در هر 100 نفر)، تعداد خطوط تلفن همراه (در هر 100 نفر) و تعداد خطوط تلفن ثابت (در هر 100 نفر) به‌عنوان شاخص‌های اندازه‌گیری ICT، بر مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب منطقه منا مثبت است.

به‌گونه‌ای که با افزایش یک‌درصدی در این شاخص‌ها، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب 0/007 و 0/089 درصد افزایش می‌یابد. نتایج دیگر این تحقیق مطابق انتظار حاکی از اثر مثبت رشد اقتصادی و اثر منفی شاخص قیمت مصرف‌کننده بر روی مصرف انرژی سرانه در کوتاه‌مدت و بلندمدت، در کشورهای منتخب منطقه منا است؛ زیرا لازمه رشد اقتصادی استفاده از انرژی و افزایش تقاضای آن می‌باشد و تورم نیز سبب کاهش قدرت خرید مصرف‌کننده شده و به‌دلیل آثار منفی که بر تولید به‌جای می‌گذارد، کاهش در تقاضای انرژی را موجب می‌شود.

بر اساس این نتایج، می‌توان گفت که توسعه ICT در کشورهای منتخب منطقه منا، باعث افزایش مصرف انرژی شده است. ازآنجاکه اکثر کشورهای منطقه منا جزء کشورهای درحال‌توسعه محسوب می‌شوند و از طرفی بر طراحی سیاست‌هایی که به کاهش شکاف دیجیتالی بین کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه تأکید می‌شود، به‌منظور جلوگیری از افزایش مصرف انرژی و به تبع آن انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا در اثر اعمال این سیاست‌ها، حرکت به‌سمت سیاست‌ها و برنامه‌هایی که از ICT برای کاهش مصرف انرژی بهره‌گیری شود، ضروری است. به‌عنوان‌مثال می‌توان با زمینه‌سازی استفاده بیشتر از اینترنت در راستای کاهش سفرهای درون‌شهری، گسترش مبادلات الکترونیکی و الکترونیکی کردن امور اداری و کاهش نیاز به مراجعات حضوری و تقاضا برای حمل‌ونقل، مصرف حامل‌های انرژی و ایجاد آلاینده‌های زیست‌محیطی را کاهش داد.

References

Anderson, T.W. & Hsiao, C. (1981). "Estimation of dynamic models with error components", *Journal of the American Statistical Association*, 76, 589-606.

Arellano, M. & Bond, S. (1991). "Some test of specification for panel data: Monte Carlo evidence and application to employment equations", *Review of Economic Studies*, 58, 277-297.

Arellano, M. & Bover, O. (1995). "Another look at the instrumental variable estimation of error compo net models", *Journal of Econometrics*, 68, 29-51.

Baltagi, B. (2005). *Econometric analysis of panel data*, John Wiley & Sons Ltd.

Barratt, R.S. (2006). "Meeting lifelong learning needs by distance teaching - clean technology", J. Cleaner Product, 14, 906–915.

Blundell, R. & Bond, S. (1998). "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models", *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.

Bond, R. (2002). "Dynamic panel data model: A guide to micro data methods and practice", *The Institute for Fiscal Studies Department of Economics*, 1-34.

Cho, Y., Lee, J. & Kim, T. (2007). "The impact of ICT investment and energy price on industrial electricity demand: dynamic growth model approach", *Energy Policy*, 35, 4730–4738.

Collard, F., Feve, P. & Portier, F. (2005). "Electricity consumption and ICT in the French service sector", *Energy Economics*, 27(3), 541-550.

European Commission e-Business Watch. (2008). "The implications of ICT for energy consumption", Impact study no.09/2008.

Green, W.H. (2012). *Econometric analysis*, 7th Ed, New Jersey, Upper Saddle River: Pearson International.

Hilty, L.M. (2008). *Information Technology and Sustainability*, Books on Demand.

Ishida, H. (2014). "The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan", *Telematics and Informatics*, 1–10.

Hooshmand, M., Daneshnia, M., Sotoodeh, A. & Ghezelbash, A. (2013). "Causality relationship between energy consumption, economic growth and prices: using panel data OPEC member countries", *Journal of Monetary and Financial Economics*, No. 5, 234-256. (In Persian)

Im, K.S., Pesaran, M.H. & Shin, Y. (2003). "Testing for unit roots in heterogeneous panels", *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.

Kao, C. (1999). "Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data", *Journal of Econometrics*, 90, 1- 44.

Mahmoodzadeh, M. & Shahbeyki, H. (2011). "The effects of ICT on energy intensity in developing countries", *Journal of New Economy and Commerce*, No. 23, 24, 67-88. (In Persian)

Nofersti, M. (2010). *Unit root and cointegration in econometric*, Resa Publications. (In Persian)

Odhiambo, N.M. (2010). "Energy consumption, prices and economic growth in three SSA countries: a comparative study", *Energy Policy*, 38, 2463–2469.

Pedroni, P. (2004). "Panel cointegration, asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis", *Econometric Theory*, No. 3, 597-625.

Romm, J. (2002). "The internet and the new energy economy", Resource, Conservation and Recycling, 36, 197-210.

Sadorsky, P. (2012). "Information communication technology and electricity consumption in emerging economies", *Energy Policy*, 48, 130–136.

Takase, K. & Murota, Y. (2004). "The impact of IT investment on energy: Japan and US comparison in 2010", *Energy Policy*, 32(11), 1291–1301.

Tayebi, S., Hajikarami, M. & Sariri. H. (2011). "The effect of financial and trade openness on financial development: evidence from Iran and its trade partners (1996-2009)" , *Journal of Economic Research (Rahe Andisheh)*, No. 4, 39- 60. (In Persian)

Toffel, M.W. & Horvath, A. (2004). "Environmental implications of wireless

technologies: News delivery and business meetings", *Environ. Sci. Technol*, 38, 2961–2970.

Wakelin, O. & Shadrach , B.. (2001). "Impact assessment of appropriate and innovative technologies in enterprise development", (www.enterprise-impact.org.uk/pdf/ICTs.pdf).

http://www.itu.int/ict/statistics

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی