

تأثیر شاخص توسعه یافتگی ICT بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب

ابوالقاسم گل خندان^{*۱}

golkhandana@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: اثر کلی فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)^۲ بر مصرف انرژی مبهم بوده است. در این راستا هدف اصلی این مقاله بررسی بررسی و مقایسه تأثیر شاخص توسعه یافتگی ICT (IDI)^۳ بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۷-۲۰۱۳ است.

روش بررسی: به این منظور، با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (GMM-SYS)^۴ کشش‌های کوتاه مدت و بلندمدت بین متغیرهای مدل برآورد شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که یک درصد گسترش IDI، در کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب مصرف انرژی سرانه را در کشورهای منتخب در حال توسعه حدود ۰/۰۱ و ۰/۱۲ افزایش و در کشورهای منتخب توسعه یافته حدود ۰/۰۳ و ۰/۰۹ درصد کاهش داده است. نتیجه گیری: توسعه ICT در کشورهای در حال توسعه، مصرف انرژی را افزایش و در کشورهای توسعه یافته، مصرف انرژی را کاهش داده است.

واژه‌های کلیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، شاخص توسعه یافتگی ICT (IDI)، مصرف انرژی، گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (GMM-SYS).

۱- دانشجوی دکترای اقتصاد محیط زیست، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران. * (مسئول مکاتبات)

2-Information and Communication Technology (ICT)

3-ICT Development Index

4-System Generalized Method of Moments

Effects of the ICT Development Index on Energy Consumption in Selected Countries

Abolghasem Golkhandan ^{1*}

golkhandana@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The total impact of Information and Communication Technology (ICT) on energy consumption is unclear. In this regard the main objective of this paper is to analysis and comparative the impact of ICT Development Index (IDI) on energy consumption in the developing and developed selected countries during the period 2007-2013.

Method: For this purpose, the short run and long run elasticities between the variables of the model estimated and analyzed using a system generalized method of moments (GMM-SYS).

Results: The results show that a one percent expansion of ICT, in the short and long term, respectively, increased the energy consumption per capita in developing selected countries amount 0.01 and 0.12 percent and reduced the energy consumption per capita in developed selected countries amount 0.03 and 0.09 percent.

Conclusion: Development of ICT, increased the energy consumption in developing countries and reduced the energy consumption in developed countries.

Keywords: Information and Communication Technology (ICT), ICT Development Index (IDI), Energy Consumption, System Generalized Method of Moments (GMM-SYS).

1- PhD Graduate of Environmental Economics, University of Lorestan, Lorestan, Iran * (*Corresponding Author*)

زمینه و هدف

رشد ICT بسترهای تبادل سریع اطلاعات، کاهش در هزینه‌های مبادله، افزایش سطح بهره‌وری و کارایی و ارتقاء سطح زندگی و رفاه را فراهم کرده است. گسترش ICT و تأثیرات چشمگیر آن در افزایش بهره‌وری، از یک سو 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 توان کاهش انرژی‌بری را بدون کاهش رشد اقتصادی داراست، مطرح و بیان شود که اطلاعات در چرخه فعالیت‌های اقتصادی می‌تواند به‌عنوان نهاده جانشین انرژی، نقش‌آفرین شود.

جانشینی اطلاعات به‌جای انرژی در مفهوم اقتصادی‌اش، کاربرد اطلاعات بیشتر در فعالیت‌های اقتصادی به‌همراه کاهش مقدار انرژی مورد نیاز است. به‌بیان دیگر اطلاعات موجب می‌شود که مقدار مصرف انرژی به‌ازای هر واحد تولید، کاهش یافته 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 (۱).

دلایل متعددی برای توضیح این موضوع وجود دارد که چگونه توسعه ICT می‌تواند منجر به کاهش معناداری در مصرف انرژی شود (۲).

در این راستا، تافل و هرواث (۳) به‌عنوان مثال، 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 ادعان کرد که ICT منجر به «غیرمادی‌سازی»^۱ در بخش‌های گسترده صنعتی از طریق جانشینی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و یا مواد می‌شود (۴).

علاوه بر این، بارات (۵) معتقد است که آموزش و پرورش در مورد مدیریت زیست‌محیطی و مصرف بهینه انرژی می‌تواند از طریق آموزش از راه دور و با ابزاری مانند اینترنت به‌دست آید.

در عین حال برخی از محققان نظیر چو و همکاران (۶)، هیلتی و رودی (۷)، چیبای و همکاران (۸) و بامهف و همکاران (۹)، به‌دلیل عوارض منفی توسعه ICT بر مصرف انرژی، شک و تردید خود را نسبت به ایده که توسعه ICT به‌طور خودکار به کاهش قابل توجه در مصرف انرژی منجر می‌شود، اعلام کرده‌اند (۲).

در این راستا، هیلتی (۴) 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 و سخت 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 هیلتی این اثر را «اثر القایی»^۲ نامیده است).

به‌طور کلی می‌توان تأثیر ICT را بر مصرف انرژی به دو اثر مخالف و غیر هم‌جهت تقسیم‌بندی کرده‌اند: اولین اثر این‌که، توسعه ICT تقاضا برای الکتریسته 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 الکتریسته دارند و در نتیجه نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از تجهیزات ICT باعث ایجاد تقاضای جدید برای مصرف الکتریسته و در نهایت افزایش مصرف انرژی می‌شود. این اثر را اثر جبرانی^۳ یا درآمدی نیز می‌نامند (۶).

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

چو و همکاران (۶) رابطه بین سرمایه‌گذاری در ICT و مصرف الکتریسته را در بخش صنعت کشور کره جنوبی طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۱ و با استفاده از مدل رشد لجستیک پویا بررسی کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در ICT، مصرف الکتریسته را در بیشتر بخش‌های صنایع این کشور افزایش می‌دهد؛ این در حالیست که توسعه ICT فقط در برخی از بخش‌های صنعتی خاص (مانند تولید فلزات اولیه)، مصرف الکتریسته را کاهش می‌دهد. کمیسیون برنامه دیده‌بانی کسب‌وکار الکترونیکی اروپا (۱۳) در یک مطالعه جامع، اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات را بر روی مصرف الکتریسته کشورهای عضو اتحادیه اروپا و صنایع مختلف آنها (شامی: شیمیایی، فلزات و حمل‌ونقل) طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۴-۱۹۸۰ بررسی کرده است. یافته‌های این تحقیق با استفاده از دو روش: حداقل مربعات غیرخطی^۱ (NLS) و حداقل مربعات غیرخطی دو مرحله‌ای^۲ (TNLS) نشان می‌دهد که در سطح کل، ممکن است ICT، مصرف الکتریسته را کاهش دهد. در سطح بخشی نیز انتشار ابزار ارتباطات منجر به کاهش شدت مصرف الکتریسته می‌شود؛ در حالی که رواج فناوری کامپیوتر و نرم‌افزار، مصرف الکتریسته را در کشورهای مورد بررسی افزایش می‌دهد.

سادرسی (۱۴) در مطالعه‌ی تأثیر ICT را بر روی مصرف الکتریسته در نمونه‌ای شامل کشورهایی با اقتصاد نوظهور، طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۳ بررسی کرده است. وی در این مطالعه به منظور 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 پانل پویا و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS) حاکی از تأثیر مثبت هر سه شاخص، بر روی مصرف الکتریسته این کشورها در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

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.

رم (۱۰) در مطالعه خود مشاهده کرد که برای اقتصاد آمریکا میانگین نرخ رشد سالیانه GDP و مصرف انرژی در عصر ماقبل اینترنت (۱۹۹۶-۱۹۹۲) به ترتیب ۳/۲ درصد و ۲/۴ درصد و در عصر مابعد اینترنت (۲۰۰۰-۱۹۹۶) به ترتیب ۴ و ۱ 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، به نظر می‌رسد که اقتصاد اینترنتی کارایی انرژی را در هر بخش اقتصاد افزایش می‌دهد. از این‌رو، اینترنت محرک اثربخشی‌های یادشده در شتاب تقاضای انرژی برق است.

تاکاسی و ماروتا (۱۱) تأثیر سرمایه‌گذاری در ICT را بر روی مصرف انرژی در دو کشور ژاپن و آمریکا مورد تجزیه و تحلیل 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.

کولارد و همکاران (۱۲) رشد مصرف انرژی الکتریسته و فاوا را در بخش خدمات کشور فرانسه طی دوره‌ی زمانی ۱۹۹۸-۱۹۸۶ بررسی کرده‌اند. آنها با استفاده از یک مدل ساده عامل تقاضا (مبتنی بر یک تابع تولید با بازده ثابت نسبت به مقیاس)، اثر کالاهای سرمایه‌ای فاوا را که مشتمل بر دو بخش رایانه‌ها و نرم‌افزار از یک سو و ابزار ارتباطی از سوی دیگر بود، بر شدت انرژی الکتریسته مطالعه کرده‌اند. آنها با استفاده از رویکرد داده‌های ترکیبی پویا دریافته‌اند که شدت انرژی با افزایش استفاده از رایانه و نرم‌افزار افزایش می‌یابد؛ در حالی که این مورد با افزایش انتشار ابزار ارتباطی کاهش می‌یابد.

1-Non-linear Least Square

2-Two Non-linear Least Square

ICT و امتیاز پایین‌تر به معنای پایین بودن درجه توسعه یافتگی ICT کشورها است. در ساخت شاخص IDI از سوی اتحادیه جهانی مخابرات، برای مؤلفه دسترسی، وزن ۴۰ درصد، برای مؤلفه استفاده، وزن ۴۰ درصد و برای مؤلفه مهارت، وزن ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. هم‌چنین، برای هر پنج عضو شاخص‌های زیرمجموعه مؤلفه دسترسی (شامل: مشترکین تلفن ثابت به‌ازای هر ۱۰۰ نفر، مشترکین تلفن همراه به‌ازای هر ۱۰۰ نفر، پهنای باند اینترنت بین‌الملل کشور (به‌ازای هر کاربر اینترنت)، درصد خانوارهای دارای یارانه و درصد خانوارهای دارای دسترسی به اینترنت از خانه) وزنی معادل ۲۰ درصد و برای هر سه عضو شاخص‌های زیرمجموعه مؤلفه استفاده (شامل: تعداد کاربران اینترنت به‌ازای هر ۱۰۰ نفر، تعداد مشتریان اینترنت پهن باند ثابت به‌ازای هر ۱۰۰ نفر و تعداد مشتریان اینترنت پهن باند بی‌سیم به‌ازای هر ۱۰۰ نفر) وزنی معادل با ۳۳ درصد و برای هر سه عضو شاخص‌های زیرمجموعه مؤلفه مهارت (شامل: نرخ باسوادی بزرگسالان، نرخ ثبت نام در دوره ابتدایی تا دبیرستان و نرخ ثبت نام در دوره‌های دانشگاهی) وزنی معادل ۳۳ درصد به‌کار رفته است (۱۶).

مدل و روش تحقیق

الف. مدل تحقیق

در این مقاله، به‌منظور بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه‌یافته، از مدل مقاله سادرسکی (۱۴) که یک مدل سمت تقاضای انرژی و به‌صورت زیر می‌باشد، استفاده شده است:

$$\begin{aligned} \ln(EC)_{it} = & \sum_{j=1}^2 \alpha_j \ln(EC)_{it-j} \\ & + \sum_{j=0}^1 \beta_{1j} \ln(Y)_{it-j} \\ & + \sum_{j=0}^1 \beta_{2j} \ln(P)_{it-j} \\ & + \beta_3 \ln(ICT)_{it} + v_i + \psi_t \\ & + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

ایشیدا (۲) تأثیر توسعه ICT را بر روی مصرف انرژی در کشور ژاپن، طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ مورد بررسی قرار داده است. نتایج این بررسی با استفاده از رهیافت خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی^۱ (ARDL)، حاکی از تأثیر منفی و معنادار سرمایه‌گذاری در ICT بر روی مصرف انرژی در این کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

محمودزاده و شاه‌بیک (۱۵) اثر ICT را بر شدت انرژی در ۲۵ کشور در حال توسعه طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۵ بررسی کرده‌اند. یافته‌های این تحقیق با استفاده از تحلیل‌های هم‌انباشتگی پانلی نشان می‌دهد که برخی انواع سرمایه‌فاوا نظیر سخت‌افزار و نرم‌افزار بر مصرف انرژی تأثیر مثبت داشته و برخی دیگر نظیر ارتباطات دارای تأثیر منفی هستند. در مجموع اثر خالص انتشار فاوا بر مصرف انرژی مثبت بوده و بدین ترتیب تقاضا برای محصولات فاوا، شدت انرژی را افزایش می‌دهد.

با توجه به توضیحات فوق، مطالعه حاضر به بررسی تجربی و مقایسه تطبیقی اثر ICT بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه‌یافته طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۷ پرداخته است. به این منظور از شاخص جامع و کامل توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (IDI) که توسط اتحادیه جهانی مخابرات^۲ در سال ۲۰۰۹ معرفی شده، و مدل‌های پانلی (ترکیبی) پویا و روش اقتصادسنجی گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی استفاده شده است.

شاخص توسعه ICT یا IDI جهت بررسی پیشرفت و توسعه ICT در کشورها و نظارت بر شکاف دیجیتالی^۳ در جهان معرفی شده است. این شاخص از سوی اتحادیه جهانی مخابرات ارائه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. IDI بر مبنای یازده ویژگی و در سه محور: دسترسی، میزان استفاده و مهارت محاسبه می‌شود. رتبه‌بندی این شاخص بر اساس امتیاز صفر تا ده می‌باشد. امتیاز بالاتر به معنای بالا بودن درجه توسعه‌یافتگی

1-Auto Regressive Distributed Lag

2- International Telecommunication Union

۳-شکاف دیجیتالی (Digital Divide) به شکاف بین اقتصادهای درحال توسعه و توسعه‌یافته در استفاده و دسترسی به ICT اشاره دارد.

جهانی^۲ (WDI) است. با تخمین ضرایب رابطه (۱)، به راحتی می توان کشش های کوتاه مدت و بلندمدت تمام متغیرها را نسبت به مصرف انرژی محاسبه کرد. به طور مثال، کشش تولید ناخالص داخلی نسبت به مصرف انرژی در کوتاه مدت به وسیله ضریب بدون وقفه این متغیر یعنی: β_{10} و کشش بلندمدت آن از جایگذاری در رابطه $(\beta_{10} + \beta_{11}) / (1 - \alpha_1 - \alpha_2)$ به دست می آید. شایان ذکر است که مدل فوق یکبار بدون در نظر گرفتن شاخص ICT و یکبار با در نظر گرفتن متغیر IDI به عنوان شاخص اندازه گیری ICT تخمین زده می شود. بنابراین در مجموع چهار مدل تخمینی (برای هر یک از گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته دو مدل) خواهیم داشت.

ب. روش تحقیق

از آنجا که در مدل تحقیق (معادله رابطه ۱)، متغیر وابسته به صورت با وقفه در سمت راست معادله ظاهر شده است، با یک الگوی داده های پانل پویا مواجه هستیم. آنچه که در این مدل ها مهم می باشد 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 به درستی برآورد شوند (۱۹).

فرم کلی یک الگوی پویا در داده های پانل به صورت زیر است:

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

که در آن: Y_{it} متغیر وابسته، X'_{it} بردار متغیرهای مستقل که تحت عنوان متغیرهای ابزاری نیز به کار می روند، μ_i عامل خطای مربوط به مقاطع و ε_{it} عامل خطای مقطع آم در زمان t است. هنگامی که در مدل داده های پانل، متغیر وابسته به صورت با وقفه در طرف راست ظاهر می شود، دیگر برآوردهای OLS سازگار نیست (۲۰) و باید به روش های برآورد حداقل مربعات دومرحله ای^۳ (2SLS) اندرسون و هسائو (۲۱) یا گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) آرانسو و باند (۲۰) متوسل شد. برآوردکننده 2SLS ممکن است به دلیل مشکل در انتخاب ابزارها، واریانس های بزرگ برای ضرایب به دست دهد و برآوردها از لحاظ آماری معنی دار نباشند. لذا روش GMM دو مرحله ای

همان طور که سادرسکی بیان می کند مدل فوق بر اساس یک مدل خودرگرسیون با وقفه های توزیعی (ARDL) بنا نهاده شده است و تعداد وقفه بهینه به گونه ای انتخاب می شود که همبستگی سریالی در پسماندهای به دست آمده وجود نداشته باشد. با توجه به رابطه فوق، متغیرهای این تحقیق به صورت زیر تعریف شده اند:

$Ln(EC)$: لگاریتم طبیعی مصرف انرژی سرانه (بر حسب کیلوگرم معادل نفتی) به عنوان شاخص اندازه گیری مصرف انرژی.

$Ln(Y)$: لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP) به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ (بر حسب دلار آمریکا) به عنوان شاخص اندازه گیری درآمد.

$Ln(CPI)$: لگاریتم طبیعی شاخص قیمت مصرف کننده (CPI) (۲۰۰۵=۱۰۰) به عنوان شاخص اندازه گیری قیمت انرژی. به دلیل عدم دسترسی به داده های قیمت انرژی برخی از کشورهای مورد مطالعه، به مانند مطالعات سادرسکی (۱۴)، اودهیامبو (۱۷) و هوشمند و همکاران (۱۸) از شاخص قیمت مصرف کننده به عنوان پروکسی قیمت انرژی استفاده شده است. $Ln(ICT)$: لگاریتم طبیعی شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات، که به وسیله شاخص جامع و کامل توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (IDI) اندازه گیری می شود.

همچنین i نشان دهنده ۲۵ کشور در حال توسعه و ۲۵ کشور توسعه یافته^۱ ($i=1, \dots, 25$)، t نشان دهنده بازه ی زمانی (۲۰۰۷-۲۰۱۳)، v_i اثر ثابت کشورها (مقاطع)، ψ_t اثر ثابت زمان و ε_{it} جزء خطاء تصادفی است. منبع داده های شاخص توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، اتحادیه جهانی مخابرات (ITU) و منبع داده های سایر متغیرها، شاخص های توسعه

۱- کشورهای در حال توسعه عبارتند از: ایران، الجزایر، آذربایجان، بنگلادش، بولیوی، برزیل، کامرون، شیلی، جیبوتی، اکوادور، مصر، غنا، گواتمالا، هند، اردن، مکزیک، نیجریه، عمان، پاکستان، آفریقای جنوبی، تایلند، تونس، ونزوئلا، پرو و قرقیزستان. کشورهای توسعه یافته نیز عبارتند از: نروژ، آمریکا، نیوزلند، استرالیا، هلند، کانادا، سوئد، آلمان، کره جنوبی، سوئیس، ژاپن، فرانسه، فنلاند، بلژیک، دانمارک، اسپانیا، انگلیس، ایتالیا، اتریش، اسلوانی، یونان، پرتغال، مالت، اسلواکی، آندورا.

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 محاسبه شده، فرضیه صفر مبنی بر عدم همبسته بودن پسماندها با متغیرهای ابزاری را رد نمی‌کند و حاکی از سازگاری تخمین‌زننده GMM است؛ بنابراین نتایج ضرایب برآورد شده 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 به منظور انجام آزمون خودهمبستگی آرانو و باند (۲۰) معتبر نبوده است. زیرا روش تفاضل‌گیری مرتبه اول برای حذف اثرات ثابت در صورتی روش مناسبی است که مرتبه خودهمبستگی جملات اختلال از مرتبه‌ی دو نباشد. به این منظور، باید ضریب خودرگرسیونی مرتبه اول AR(1) معنی‌دار باشد و ضریب خودرگرسیونی مرتبه‌ی دوم AR(2) معنی‌دار نباشد (۲۶).

بر اساس نتایج پایینی گزارش شده در جدول (۱)، فرضیه صفر مبنی بر عدم خودهمبستگی درجه اول تفاضل مرتبه‌ی اول جملات اختلال را می‌توان رد کرد، اما فرضیه‌ی صفر مبنی بر عدم خودهمبستگی سریالی درجه دوم تفاضل جملات اختلال را نمی‌توان رد کرد. بنابراین در مدل‌های تحقیق تورش تصریح وجود ندارد و نتایج قابل اطمینان است.

که K تعداد متغیرهای توضیحی لحاظ شده در مدل، N تعداد مقاطع و T دوره‌ی 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 به دست آمده 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 (لزوم استفاده از داده‌های پانل). بر اساس محاسبات این تحقیق در هر چهار مدل مورد بررسی فرضیه صفر مبنی بر قابلیت تخمین داده‌ها به شیوه تلفیقی پذیرفته نمی‌شود و لازم است این مدل‌ها به روش داده‌های پانل برآورد شوند.

نتایج برآورد مدل‌های تحقیق در زمینه تأثیر ICT بر روی مصرف انرژی، برای کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه‌یافته طی بازه‌ی زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۷ و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS) در قسمت بالای جدول (۱) آمده است.

بر اساس نتایج قسمت بالای این جدول، کلیه متغیرها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار بوده‌اند و دارای اعتبار آماری لازم هستند. همچنین علامت ضرایب محاسبه شده متغیرهای کنترل و ثبات آنها در تمام مدل‌ها، با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام شده، انتظار ما را در تخمین مدل و صحت آن برآورده می‌کنند.

در قسمت پایین جدول (۱) نتایج آزمون‌های تشخیص مدل آورده شده است. بر اساس نتیجه آزمون والد که از توزیع کای دو

جدول ۱- نتایج تخمین مدل‌ها به روش SGMM

Table 1- Results of estimated models by SGMM method

متغیر وابسته: Ln(EC)				متغیرهای مستقل
ضرایب تخمینی				
کشورهای توسعه یافته		کشورهای در حال توسعه		
۰/۵۰۲ (۰/۰۰۰)	۰/۵۲۱ (۰/۰۰۰)	۰/۶۸۲ (۰/۰۰۰)	۰/۶۹۵ (۰/۰۰۰)	[Ln(EC)](-1)
۰/۲۹۱ (۰/۰۰۹)	۰/۳۰۲ (۰/۰۰۸)	۰/۲۲۸ (۰/۰۱۸)	۰/۲۵۲ (۰/۰۱۱)	[Ln(EC)](-2)
۰/۴۰۵ (۰/۰۰۰)	۰/۴۴۸ (۰/۰۰۱)	۰/۳۲۵ (۰/۰۰۰)	۰/۳۵۲ (۰/۰۰۰)	Ln(GDP)
-۰/۳۱۵ (۰/۰۱۶)	-۰/۳۴۱ (۰/۰۱۸)	-۰/۲۸۱ (۰/۰۲۸)	-۰/۳۱۸ (۰/۰۲۵)	[Ln(GDP)](-1)
-۰/۰۶۸ (۰/۰۵۲)	-۰/۰۵۱ (۰/۰۴۲)	-۰/۰۲۱ (۰/۰۶۴)	-۰/۰۱۹ (۰/۰۵۶)	Ln(CPI)
-۰/۰۲۱ (۰/۰۶۲)	-۰/۰۱۹ (۰/۰۵۵)	-۰/۰۰۳ (۰/۰۷۲)	-۰/۰۰۵ (۰/۰۶۴)	[Ln(CPI)](-1)
-۰/۰۱۸ (۰/۰۱۲)	-	۰/۰۱۱ (۰/۰۴۱)	-	Ln(ICT)
۰/۱۱۲ (۰/۰۰۰)	۰/۰۸۱ (۰/۰۰۰)	۰/۱۸۸ (۰/۰۰۰)	۰/۲۱۲ (۰/۰۰۰)	Constant
آزمون‌های تشخیصی				
مقدار آماره				نام آزمون
۱۹۳۲۴/۴۵ (۰/۰۰۰)	۱۸۲۱۲/۱۱ (۰/۰۰۰)	۱۵۸۵۸/۲۸ (۰/۰۰۰)	۱۵۹۲۷/۱۱ (۰/۰۰۰)	والد
۲۱/۱۸ (۰/۶۵۵)	۲۲/۸۸ (۰/۶۴۸)	۲۴/۲۵ (۰/۵۸۸)	۲۵/۲۸ (۰/۶۰۱)	سارگان
-۳/۸۵ (۰/۰۰۰)	-۳/۹۲ (۰/۰۰۰)	-۱/۸۵ (۰/۰۶۲)	-۲/۳۶ (۰/۰۲۶)	AR(1)
-۰/۰۱ (۰/۹۹۲)	-۰/۲۶ (۰/۸۱۴)	-۰/۴۵ (۰/۶۴۸)	-۰/۵۲ (۰/۵۸۲)	AR(2)

* اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده سطح احتمال هستند.

مأخذ: محاسبات تحقیق

در شاخص توسعه ICT، در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب مصرف انرژی سرانه در کشورهای توسعه‌یافته حدود ۰/۰۲۸ و ۰/۰۸۷ درصد کاهش می‌یابد. این نتیجه بیان‌گر آنست که در مجموع، در زمینه رابطه بین ICT و مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه (توسعه‌یافته)، اثر درآمدی (جانشینی) از اثر جانشینی (درآمدی) قوی‌تر بوده است و اثر خالص ICT بر روی مصرف انرژی این کشورها مثبت (منفی) است. در توجیه این نتیجه بایستی گفت که در اکثر کشورهای در حال توسعه بر خلاف کشورهای توسعه‌یافته، ICT بیشتر مواقع به‌منظور تسهیل فعالیت‌ها به‌کار گرفته می‌شود و جایگزینی کامل آن به‌جای فعالیت‌های انرژی‌بر و هم‌چنین مصرف منابع طبیعی

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 (۱) آمده است، این کشش‌ها را محاسبه می‌کنیم. نتایج این محاسبه در جدول (۲) آمده است. بر اساس نتایج این جدول، اثر شاخص توسعه ICT بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه در بلندمدت و کوتاه‌مدت مثبت است؛ به‌گونه‌ای که با افزایش یک‌درصدی در این شاخص، در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب در حال توسعه حدود ۰/۰۱۱ و ۰/۱۲۲ درصد افزایش می‌یابد. این در حالیست که بر اساس نتایج جدول (۲)، با افزایش یک‌درصدی

و بلندمدت به ترتیب حدود ۰/۳۳۹ و ۰/۵۶۵ درصد و در کشورهای توسعه یافته حدود ۰/۴۱۵ و ۰/۵۱۷ درصد افزایش خواهد یافت. نتیجه به دست آمده مطابق با مبانی نظری ارائه شده راجع به رابطه مصرف انرژی و رشد است؛ زیرا لازمه رشد اقتصادی استفاده بیشتر از انرژی می باشد. کشش های بلندمدت و کوتاه مدت متغیر شاخص قیمت مصرف کننده نیز در هر دو گروه از کشورهای مورد بررسی دارای علامت منفی و مطابق انتظار است. بر این اساس با افزایش یک درصدی در این متغیر، به طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کشورهای در حال توسعه، در کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب حدود ۰/۰۲۰ و ۰/۳۱۸ درصد و در کشورهای توسعه یافته حدود ۰/۰۵۹ و ۰/۴۱۲ درصد کاهش خواهد یافت. از آنجاکه تورم سبب کاهش قدرت خرید مصرف کننده شده و به دلیل آثار منفی که بر تولید به جای می گذارد، کاهش در تقاضای انرژی را موجب می شود، نتیجه به دست آمده، مطابق انتظار و قابل قبول است.

کم تر مشاهده می شود. نتیجه به دست آمده در زمینه تأثیر مثبت ICT بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه با نتیجه بسیاری از مطالعات، نظیر: محمودزاده و شاه بیگی (۱۵) برای ۲۵ کشور در حال توسعه و سادرسکی (۱۴) برای کشورهای دارای اقتصاد نوظهور، هم سویی نزدیکی دارد. نتیجه به دست آمده در زمینه تأثیر منفی ICT بر مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته نیز با نتیجه بعضی از مطالعات تجربی برای کشورهای توسعه یافته، نظیر مطالعه ایشیدا (۲) برای کشور ژاپن، هم سویی دارد. کشش های کوتاه مدت و بلندمدت متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه، در تمام مدل ها، هم برای کشورهای در حال توسعه و هم برای کشورهای توسعه یافته مثبت بوده است که نشان می دهد با افزایش این متغیر مصرف انرژی سرانه در هر دو گروه از کشورهای مورد مطالعه گسترش می یابد؛ به نحوی که با افزایش یک درصدی در این متغیر، به طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کشورهای در حال توسعه، در کوتاه مدت

جدول ۲- کشش های کوتاه مدت و بلندمدت

Table 2-Short and long term elasticities

کشورهای توسعه یافته			کشورهای در حال توسعه			کشش متغیرها
میانگین کشش	SGMM1	SGMM2	میانگین کشش	SGMM1	SGMM2	
کشش های کوتاه مدت						
۰/۴۱۵	۰/۴۰۵	۰/۴۴۸	۰/۳۳۹	۰/۳۲۵	۰/۳۵۲	GDP
-۰/۰۵۹	-۰/۰۶۸	-۰/۰۵۱	-۰/۰۲۰	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۹	CPI
-۰/۰۲۸	-۰/۰۲۸	-	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	-	INT
کشش های بلندمدت						
۰/۵۱۷	۰/۴۳۵	۰/۵۹۸	۰/۵۶۵	۰/۴۸۹	۰/۶۴۱	GDP
-۰/۴۱۲	-۰/۴۲۹	-۰/۳۹۵	-۰/۳۱۸	-۰/۲۶۷	-۰/۳۶۸	CPI
-۰/۰۸۷	-۰/۰۸۷	-	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	-	INT

مأخذ: محاسبات تحقیق

بحث و نتیجه گیری

تولید ناخالص داخلی سرانه و شاخص قیمت مصرف کننده در قالب یک مدل پانل دیتای پویا استفاده شده است. به منظور به دست آوردن رابطه های بلندمدت بین این متغیرها نیز از روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (GMM-SYS) استفاده شده و صحت این رابطه ها توسط آزمون های تشخیصی تأیید

تحقیق حاضر با استفاده از داده های ترکیبی ۲۵ کشور در حال توسعه و ۲۵ کشور توسعه یافته و با بهره گیری از ابزارهای اقتصادسنجی، به بررسی ارتباط بین ICT و مصرف انرژی پرداخته است. به این منظور از متغیرهای: مصرف انرژی سرانه، شاخص توسعه یافتگی ICT (IDI) و متغیرهای کنترل، شامل:

منابع

- 1- Jorgenson, D. W. (2001). "Information technology and the U.S. economy", *American Economic Review*, 91(1), 1-32.
- 2- Ishida, H. (2014). "The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan", *Telematics and Informatics*, 1-10.
- 3- Toffel, M.W. & Horvath, A. (2004). "Environmental implications of wireless technologies: News delivery and business meetings", *Environ. Sci. Technol*, 38, 2961-2970.
- 4- Hilty, L.M. (2008). *Information Technology and Sustainability, Books on Demand*.
- 5- Barratt, R.S. (2006). "Meeting lifelong learning needs by distance teaching - clean technology", *J. Cleaner Product*, 14, 906-915.
- 6- 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.
- 7- Hilty, L.M. & Ruddy, T.F. (2010). "Sustainable development and ICT interpreted in a natural science context: the resulting research questions for the social sciences", *Inf. Commun. Soc.*, 13, 7-22.
- 8- Chiabai, A., Rubbelke, D. & Maurer, L. (2010). "ICT applications in the research for environmental sustainability", *Basque Centre for Climate Change, Working Paper Sires* 18.
- 9- Bomhof, R., van Hoorik, P. & Donkers, M. (2009). "Systematic analysis of rebound effects for

شده است. نتایج نشان می‌دهد، اثر شاخص توسعه ICT بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه در بلندمدت و کوتاهمدت مثبت است؛ به گونه‌ای که با افزایش یک درصدی در این شاخص، در کوتاهمدت و بلندمدت به ترتیب مصرف انرژی سرانه در کشورهای منتخب در حال توسعه حدود ۰/۰۱۱ و ۰/۱۲۲ درصد افزایش می‌یابد. این در حالیست که بر اساس نتایج جدول (۲)، با افزایش یک درصدی در شاخص توسعه ICT، در کوتاهمدت و بلندمدت به ترتیب مصرف انرژی سرانه در کشورهای توسعه یافته حدود ۰/۰۲۸ و ۰/۰۸۷ درصد کاهش می‌یابد. این نتیجه بیانگر آنست که در مجموع، در زمینه رابطه بین ICT و مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه (توسعه یافته)، اثر درآمدی (جانشمینی) از اثر جانشمینی (درآمدی) قوی‌تر بوده است و اثر خالص ICT بر روی مصرف انرژی این کشورها مثبت (منفی) است. نتایج دیگر این تحقیق مطابق انتظار حاکی از اثر مثبت رشد اقتصادی و اثر منفی شاخص قیمت مصرف کننده بر روی مصرف انرژی سرانه در کوتاهمدت و بلندمدت، در هر دو گروه از کشورهای مورد مطالعه است. زیرا لازمه رشد اقتصادی استفاده از انرژی و افزایش تقاضای آن می‌باشد و تورم نیز سبب کاهش قدرت خرید مصرف کننده شده و به دلیل آثار منفی که بر تولید به جای می‌گذارد، کاهش در تقاضای انرژی را موجب می‌شود.

بر اساس این نتایج، حرکت به سمت سیاست‌ها و برنامه‌هایی که در کشورهای در حال توسعه از ICT برای کاهش مصرف انرژی بهره‌گیری شود، ضروری است. به عنوان مثال می‌توان با زمینه‌سازی استفاده بیشتر از اینترنت در راستای کاهش سفرهای درون شهری، گسترش مبادلات الکترونیکی و الکترونیکی کردن امور اداری و کاهش نیاز به مراجعات حضوری، نقاضا برای حمل و نقل و در نتیجه مصرف حامل‌های انرژی و ایجاد آلاینده‌های زیست محیطی را کاهش داد. همچنین، با توجه به تأثیر منفی ICT بر روی مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران کشورهای در حال توسعه بایستی سیاست‌های اعمال شده در کشورهای توسعه یافته در این زمینه را سرلوحه خود قرار دهند.

- 19- Baltagi, B. (2005). *Econometric analysis of panel data*, John Wiley & Sons Ltd.
- 20- 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.
- 21- Anderson, T.W. & Hsiao, C. (1981). "Estimation of dynamic models with error components", *Journal of the American Statistical Association*, 76, 589-606.
- ۲۲- طیبی، کمیل؛ حاجی‌کرمی، مرضیه و سریری، هما (۱۳۹۰). "تحلیل درجه بازبودن مالی و تجاری روی توسعه مالی ایران و شرکای تجاری"، فصلنامه تحقیقات اقتصادی راه اندیشه، شماره ۴، صص ۶۰-۳۹.
- 23- Blundell, R. & Bond, S. (1998). "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models", *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.
- 24- Arellano, M. & Bover, O. (1995). "Another look at the instrumental variable estimation of error compo net models", *Journal of Econometrics*, 68, 29-51.
- 25- 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.
- 26- Green, W.H. (2012). *Econometric analysis*, 7th Ed, New Jersey, Upper Saddle River: Pearson International.
- greening by ICT' initiatives", *Commun. Strategies*, 76, 77-96.
- 10- Romm, J. (2002). "The internet and the new energy economy", *Resource, Conservation and Recycling*, 36, 197-210.
- 11- Takase, K. & Murota, Y. (2004). "The impact of IT investment on energy: Japan and US comparison in 2010", *Energy Policy*, 32(11), 1291-1301.
- 12- Collard, F., Feve, P. & Portier, F. (2005). "Electricity consumption and ICT in the French service sector", *Energy Economics*, 27(3), 541-550.
- 13- European Commission e-Business Watch. (2008). "The implications of ICT for energy consumption", *Impact study no.09/2008*.
- 14- Sadorsky, P. (2012). "Information communication technology and electricity consumption in emerging economies", *Energy Policy*, 48, 130-136.
- ۱۵- محمودزاده، محمود و شاه‌بیگی، حامد (۱۳۹۰). "آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه"، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره‌های ۲۳ و ۲۴، صص ۸۸-۶۷.
<http://www.itu.int/ict/statistics> -۱۶
- 17- Odhiambo, N.M. (2010). "Energy consumption, prices and economic growth in three SSA countries: a comparative study", *Energy Policy*, 38, 2463-2469.
- ۱۸- هوشمند، محمود؛ دانش‌نیا، محمد؛ ستوده، علی و قزلباش، اعظم (۱۳۹۲). "بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و قیمت‌ها با استفاده از داده‌های تابلویی در کشورهای عضو اوپک"، دو فصلنامه اقتصاد پولی، مالی، شماره ۵، صص ۲۵۶-۲۳۴.