

مقایسه تطبیقی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و مؤلفه‌های آن بر مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته

ابوالقاسم گل خندان*

چکیده

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) می‌تواند از طریق کانال‌های متعددی مصرف انرژی را افزایش و یا کاهش دهد. از این رو، اثر کلی آن بر مصرف انرژی مبهم بوده است. در این راستا، هدف اصلی این مقاله بررسی و مقایسه تطبیقی تأثیر ICT و مؤلفه‌های اساسی آن بر مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته می‌باشد. به این منظور از شاخص توسعه یافتگی ICT (IDI) به عنوان متغیر اندازه‌گیری ICT استفاده شده است. هم‌چنین، با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (GMM-SYS) کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای مدل برآورد شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که گسترش ICT، در کوتاه‌مدت و بلندمدت مصرف انرژی سرانه را در کشورهای منتخب در حال توسعه افزایش و در کشورهای توسعه یافته، کاهش داده است. هم‌چنین، مؤلفه دسترسی در کشورهای در حال توسعه، بیش‌ترین اثرگذاری را در افزایش مصرف انرژی و مؤلفه استفاده در کشورهای توسعه یافته، بیش‌ترین اثرگذاری را در کاهش مصرف انرژی داشته است.

کلیدواژه‌ها: فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، مصرف انرژی، گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (GMM-SYS)، کشورهای در حال توسعه، کشورهای توسعه یافته.

۱. مقدمه

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT: Information and Communication Technology) (فاوا) با سرعت متحیرکننده‌ای در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته در حال رشد است. هر

* دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه لرستان، Golkhandana@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۸

چند که سرعت این رشد در کشورهای در حال توسعه بیشتر است. به‌طور مثال، بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، تعداد خطوط تلفن همراه به‌ازای هر ۱۰۰ نفر (به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری ICT) در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب به اندازه ۱۸۷ درصد، ۱۰۷ درصد و ۲۵۵ درصد افزایش داشته است (ITU Statistics, 2011). هم‌چنین، بین این سال‌ها، تعداد کاربران اینترنت به‌ازای هر ۱۰۰ نفر (به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری ICT) در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب به اندازه ۱۵۳ درصد، ۱۰۲ درصد و ۲۳۵ درصد افزایش داشته است. بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ نیز، نسبت خانوارهایی که به اینترنت دسترسی داشته‌اند (به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری ICT) در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای در حال توسعه به‌ترتیب به اندازه ۷۵ درصد، ۶۲ درصد و ۱۲۳ درصد افزایش داشته است. این آمارها و سایر آمارهای منتشر شده در این زمینه، یک سؤال جالب و مهم به‌وجود می‌آورد؛ آیا افزایش استفاده از ICT، بر روی میزان تقاضای انرژی اثر معنی‌داری می‌گذارد؟ چراکه تولید، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از تجهیزات ICT، از یک طرف باعث ایجاد تقاضای جدید برای انرژی شده و از طرف دیگر، استفاده از اطلاعات در چرخه فعالیت‌های اقتصادی می‌تواند به‌عنوان نهاده جانشین انرژی، نقش‌آفرینی نماید.

به‌طور کلی فاوا دو اثر بر روی مصرف انرژی دارد: فاوا می‌تواند از طریق سازماندهی مجدد فرآیندهای تولید به روش‌های کارا تر، مصرف انرژی و در نتیجه 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). از این‌رو، اثر کلی فاوا بر مصرف انرژی مبهم بوده و به میزان قدرت نسبی این دو اثر بستگی دارد (Edquist, 2001).

با توجه به این نکات، مطالعه حاضر به بررسی تجربی و مقایسه تطبیقی اثر ICT و مؤلفه‌های اساسی آن 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: ICT Development Index) که توسط اتحادیه جهانی مخابرات (ITU: International Telecommunication Union) در سال ۲۰۰۹ معرفی شده، و مدل‌های ترکیبی (ترکیبی) پویا و روش اقتصادسنجی گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM-SYS: Generalized Method of Moments System) استفاده شده است.

ادامه مطالعه حاضر به این صورت سازماندهی و تنظیم شده است: ادبیات موضوع؛ معرفی اجمالی شاخص **IDI**؛ مدل و روش تحقیق؛ تخمین مدل و تفسیر نتایج و جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.

۲. ادبیات موضوع

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 قابل توجه 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، نقش آفرینی نماید. جانشینی اطلاعات به‌جای انرژی در مفهوم اقتصادی‌اش، کاربرد اطلاعات بیشتر در فعالیت‌های اقتصادی به‌همراه کاهش مقدار انرژی مورد نیاز است. به‌عبارت 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 (Jorgenson et al., 2003).

دلایل متعددی برای توضیح این موضوع وجود دارد که چگونه توسعه ICT می‌تواند منجر به کاهش معنی‌داری در مصرف انرژی شود (Ishida, 2014: 3). در این راستا، تافل و هرواث (Toffel & Horvath, 2003) 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 اذعان کرد که ICT منجر به «غیرمادی‌سازی» (Dematerialization) در بخش‌های گسترده صنعتی از طریق جانشینی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و یا مواد می‌شود (Hilty, 2008). علاوه بر این، بارات (Barratt, 2006) 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 (Cho et al., 2007)، هیلتی و رودی (Hilty & Ruddy, 2010)، چیابای و همکاران (Chiabai et al., 2010) و بامهف و همکاران

(Bomhof et al., 2013)، به دلیل عوارض منفی توسعه ICT بر مصرف انرژی، شک و تردید خود را نسبت به ایده که توسعه ICT به طور خودکار به کاهش قابل توجه در مصرف انرژی منجر می‌شود، اعلام کرده‌اند (Ishida, 2014). در این راستا، هیلتی (Hilty, 2008) معتقد است که توسعه ICT از دو کانال مصرف انرژی را به طور 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 (Hilty, 2008) این اثر را «اثر القایی» (Induction Effect) نامیده است).

پاسینتی (Pasinetti, 1981) و ادکاست و همکاران (Edquist, 2001)، 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 جانشین نمودن یک تکنولوژی جدید تولید به جای تکنولوژی قدیمی، کاهش و سطح مصرف انرژی را تقلیل می‌دهد. این اثر را اثر جانشینی نیز می‌نامند. اثر دوم این‌که، تجهیزات ICT به منظور به کار انداختن 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 (Compensation Effect) 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.

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

تاکاسی و ماروتا (Takase & Murota, 2004) 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 (Collard et al., 2005) 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 یک‌سو و ابزار ارتباطی از سوی دیگر بود، بر شدت انرژی الکتریسته مطالعه کرده‌اند. آنها با استفاده از رویکرد داده‌های ترکیبی پویا دریافتند که شدت انرژی با افزایش استفاده از رایانه و نرم‌افزار افزایش می‌یابد؛ در حالی که این مورد با افزایش انتشار ابزار ارتباطی کاهش می‌یابد.

چو و همکاران (Cho et al., 2007)، 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 (European Commission e-Business Watch, 2008) 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 (NLS) و حداقل مربعات غیرخطی

دو مرحله‌ای (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.

سادرسکی (Sadorsky, 2012) در مطالعه‌ای تأثیر ICT را بر روی مصرف الکتریسته در کشورهای 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 ترکیبی پویا و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (SGMM) حاکی از تأثیر مثبت هر سه شاخص، بر روی مصرف الکتریسته این کشورها در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

ایشیدا (Ishida, 2014) 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 (ARDL)، حاکی از تأثیر منفی و معنی‌دار سرمایه‌گذاری در ICT بر روی مصرف انرژی در این کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

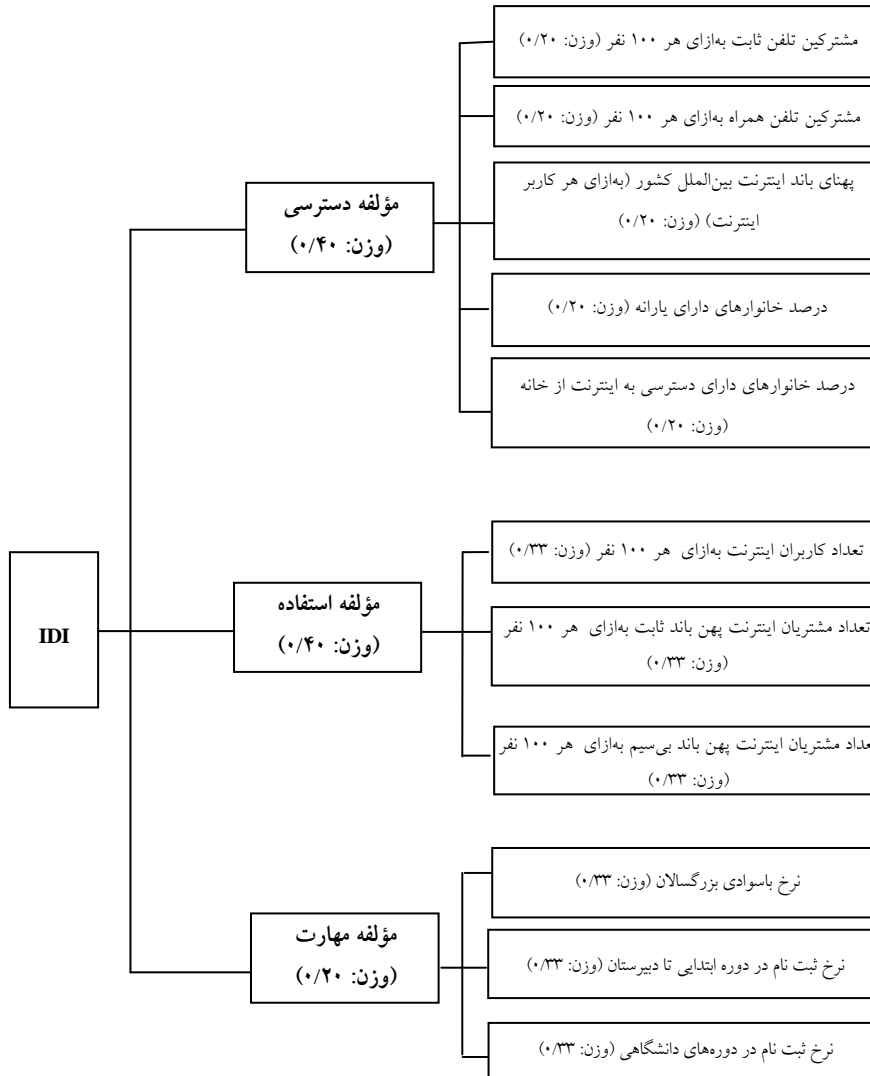
محمودزاده و شاه‌بیک (۱۳۹۰) اثر ICT را بر شدت انرژی در ۲۵ کشور در حال توسعه طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۵ بررسی کرده‌اند. یافته‌های این تحقیق با استفاده از تحلیل‌های هم‌انباشتگی تابلویی نشان می‌دهد که برخی انواع سرمایه‌ها و نظیر سخت‌افزار و نرم‌افزار بر مصرف انرژی تأثیر مثبت داشته و برخی دیگر نظیر ارتباطات 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.

کرامتی و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر فناوری ICT را بر مصرف انرژی در ایران طی دوره‌ی زمانی ۱۳۹۲-۱۳۷۳ بررسی کرده‌اند. به این منظور از سه شاخص، تعداد کاربران اینترنت، تعداد خطوط تلفن همراه و تعداد خطوط تلفن ثابت به عنوان متغیرهای اندازه‌گیری ICT استفاده شده است. نتایج این مطالعه با استفاده از روش ARDL نشان می‌دهد که گسترش ICT با هر سه شاخص اندازه‌گیری شده، مصرف انرژی سرانه را در کوتاه‌مدت و بلندمدت افزایش می‌دهد.

۳. معرفی اجمالی شاخص توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (IDI)

شاخص توسعه ICT یا IDI جهت بررسی پیشرفت و توسعه ICT در کشورها و نظارت بر شکاف دیجیتالی (Digital Divide) 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 بالابودن درجه توسعه‌یافتگی ICT و امتیاز پایین‌تر به معنای پایین‌بودن درجه توسعه‌یافتگی ICT کشورها است. IDI و مؤلفه‌های آن بر اساس گزارش سال ۲۰۱۴ اتحادیه جهانی مخابرات در شکل (۱) نشان داده شده است.

شکل (۱)، یازده معیار اصلی را برای اندازه‌گیری IDI، به تفکیک سه موضوع دسترسی، میزان استفاده و مهارت ارائه می‌دهد که بر اساس آن‌ها، به ساخت شاخص ترکیبی شاخص‌های IDI در روش اتحادیه جهانی مخابرات مبادرت شده است. شاخص اول، شاخص ترکیبی تعیین وضعیت توسعه‌یافتگی از دیدگاه برخورداری و دسترسی به امکانات و زیرساخت‌های ICT است. مؤلفه دسترسی ICT متشکل از پنج شاخص انفرادی است. شاخص دوم، شاخص ترکیبی مؤلفه استفاده ICT است که از سه شاخص تشکیل یافته است. شاخص سوم نیز شاخص ترکیبی مؤلفه مهارت ICT است که از سه شاخص انفرادی تهیه شده است.



شکل (۱): IDI و مؤلفه‌های آن

مأخذ: اتحادیه جهانی مخابرات

همان‌گونه که در شکل (۱) ملاحظه می‌شود، 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 وزن ۲۰ درصد و

برای هر سه عضو شاخص‌های زیرمجموعه مؤلفه استفاده وزن برابر با ۳۳ درصد و برای هر سه عضو شاخص‌های زیرمجموعه مؤلفه مهارت وزن برابر ۳۳ درصد به کار رفته است.

۴. مدل و روش تحقیق

۱.۴ مدل تحقیق

در این مقاله، به منظور بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه‌یافته، از مدل مقاله سادرسکی (Sadorsky, 2012: 132) که یک مدل سمت تقاضای انرژی و به صورت زیر می‌باشد، استفاده شده است:

(۱)

$$\text{Ln}(EC)_{it} = \sum_{j=1}^2 \alpha_j \text{Ln}(EC)_{it-j} + \sum_{j=0}^1 \beta_{1j} \text{Ln}(Y)_{it-j} + \sum_{j=0}^1 \beta_{2j} \text{Ln}(P)_{it-j} + \beta_3 \text{Ln}(ICT)_{it} + v_i + \psi_t + \varepsilon_{it}$$

همان‌طور که سادرسکی (Sadorsky, 2012: 132) بیان می‌کند مدل فوق بر اساس یک مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) بنا نهاده شده است و تعداد وقفه بهینه به گونه‌ای انتخاب می‌شود که همبستگی سریالی در پسماندهای به دست آمده وجود نداشته باشد. با توجه به رابطه فوق، متغیرهای این تحقیق به صورت زیر تعریف شده‌اند:

$\text{Ln}(EC)$: لگاریتم طبیعی مصرف انرژی سرانه (بر حسب کیلوگرم معادل نفتی) به عنوان شاخص اندازه‌گیری مصرف انرژی.

$\text{Ln}(Y)$: لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP) به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ (بر حسب دلار آمریکا) به عنوان شاخص اندازه‌گیری درآمد.

$\text{Ln}(CPI)$: لگاریتم طبیعی شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) (۲۰۰۵=۱۰۰) به عنوان شاخص اندازه‌گیری قیمت انرژی. به دلیل عدم دسترسی به داده‌های قیمت انرژی برخی از کشورهای مورد مطالعه، به مانند مطالعات سادرسکی (Sadorsky, 2012)، اودھیامبو (Odhiambo, 2010) و هوشمند و همکاران (۱۳۹۲) از شاخص قیمت مصرف‌کننده به عنوان پروکسی قیمت انرژی استفاده شده است.

$\text{Ln}(ICT)$: لگاریتم طبیعی شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات، که به وسیله شاخص جامع و کامل توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (IDI) اندازه‌گیری می‌شود. هم‌چنین

به منظور بررسی دقیق‌تر، با تفکیک شاخص IDI، به سه مؤلفه اساسی آن یعنی دسترسی، استفاده و مهارت، تأثیر هر یک از این مؤلفه‌ها نیز به طور جداگانه و مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

هم‌چنین i نشان‌دهنده ۲۵ کشور در حال توسعه و ۲۵ کشور توسعه‌یافته (شامل: 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، اسلونی، یونان، پرتغال، مالت، اسلواکی، آندورا) نشان‌دهنده بازه‌ی زمانی (۲۰۰۷-۲۰۱۳)، v_i اثر ثابت کشورها (مقاطع)، ϵ_{it} اثر ثابت زمان و ϵ_{it} جزء خطا تصادفی است. منبع داده‌های شاخص توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، اتحادیه جهانی مخابرات (ITU) و منبع داده‌های سایر متغیرها، شاخص‌های توسعه جهانی (WDI: World Development Indicators) است.

با تخمین ضرایب رابطه (۱)، به راحتی می‌توان کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت تمام متغیرها را نسبت به مصرف انرژی محاسبه کرد. به طور مثال، کشش تولید ناخالص داخلی نسبت به مصرف انرژی در کوتاه‌مدت 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 می‌آید. شایان ذکر است که مدل فوق یک‌بار بدون در نظر گرفتن شاخص ICT و یک‌بار با در نظر گرفتن متغیر IDI به عنوان شاخص اندازه‌گیری ICT تخمین زده می‌شود. بنابراین در مجموع چهار مدل تخمینی (برای هر یک از گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته دو مدل) خواهیم داشت.

۲.۴ 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 داده‌های ترکیبی 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 به درستی

برآورد شوند (Baltagi, 2005: 129). فرم کلی یک الگوی پویا در داده‌های ترکیبی به صورت 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 به کار می‌روند، μ_i عامل خطای مربوط به مقاطع و ε_{it} عامل خطای مقطع نام در زمان t است. هنگامی که در مدل داده‌های ترکیبی، متغیر وابسته به صورت با وقفه در طرف راست ظاهر می‌شود، دیگر برآوردهای OLS سازگار نیست (Arellano & Bond, 1991) و باید به روش‌های برآورد حداقل مربعات دو مرحله‌ای (2SLS: Two Stage Least Squares) اندرسون و هسائو (Anderson & Hsiao, 1981) یا گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) آرلانو و باند (Arellano & Bond, 1991) متوسل شد. به گفته ماتیناس و سوستر (Matyas & Sevestre, 1991)، برآوردکننده 2SLS ممکن است به دلیل مشکل در انتخاب ابزارها، واریانس‌های بزرگ برای ضرایب به دست دهد و برآوردها از لحاظ آماری معنی‌دار نباشند. لذا روش GMM دو مرحله‌ای توسط آرلانو و باند برای حل این مشکل پیشنهاد شده است. آرلانو و باند با تفاضل‌گیری از معادله رابطه (۲) به صورت 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 به صورت سریالی همبسته نیستند:

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

و حالات اولیه Y_{it} از قبل تعیین شده هستند:

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

محدودیت‌های گشتاوری زیر را بیان می‌کنند:

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

یعنی، ابتدا اقدام به تفاضل‌گیری می‌شود تا به این ترتیب به توان اثرات مقاطع یا μ_i را به ترتیبی از الگو حذف کرد و در مرحله دوم از پسماندهای باقی‌مانده در مرحله اول برای متوازن کردن ماتریس واریانس - کواریانس استفاده می‌شود. به عبارت دیگر 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 به شکل زیر استفاده می‌شود:

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

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

$$J_N = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta v_1' Z_i \right) W_N \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i' \Delta v_i \right) \quad (7)$$

این حداقل‌سازی با استفاده از ماتریس وزنی زیر انجام می‌گیرد:

$$W_N = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_i' \Delta v_1 \Delta v_1' Z_i) \right]^{-1} \quad (8)$$

در روش GMM ارائه شده توسط آرلانو و باند (Arellano & Bond, 1991) از وقفه‌ی متغیر وابسته به عنوان ابزار استفاده می‌شود (GMM دیفرانسیلی)، اما بلوندل و باند (Blundell & Bond, 1998) نشان داده‌اند که وقفه متغیرها در سطح، ابزارهای ضعیفی برای معادله رگرسیونی در تفاضل هستند. برای رفع این مشکل، بلوندل و باند (Blundell & Bond, 1998) تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم یافته 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 معتبر بودن فرض عدم همبستگی سریالی جملات خطا و ابزارها بستگی دارد که می‌تواند به وسیله دو آزمون تصریح شده توسط آرلانو و باند (Arellano & Bond, 1991)، آرلانو و باور (Arellano & Bovet, 1995) و بلوندل و باند (Blundell & Bond, 1998) آزمون شود. اولی آزمون سارگان (Sargan Test) 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 بیش از حد است. دومی آزمون همبستگی سریالی (Serial Correlation Test) است که به وسیله 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 معتبر بودن ابزارها فراهم می‌کند.

از آنجا که 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).

۵. تخمین مدل و تفسیر نتایج

در این قسمت از مقاله به برآورد مدل تحقیق به روش GMM سیستمی برای هر دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته می‌پردازیم. شایان ذکر است که با توجه به این‌که دوره‌ی زمانی مورد مطالعه (۲۰۱۳-۲۰۰۷) تقریباً کوتاه و هفت سال است، احتمال واگرایی در روند هر یک از متغیرها پایین است؛ بنابراین نیازی به انجام آزمون‌های ریشه واحد و هم‌انباشتگی برای بررسی وضعیت مانایی متغیرها و وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل نیست. هم‌چنین، قبل از تخمین مدل به روش GMM سیستمی، به منظور اطمینان انتخاب بین روش‌های داده‌های ترکیبی و داده‌های تلفیقی (Pooling Data) (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 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 ترکیبی 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 ترکیبی). 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 به‌روش داده‌های ترکیبی 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 معنی‌دار بوده‌اند و دارای اعتبار آماری لازم هستند. همچنین علامت ضرایب محاسبه‌شده متغیرهای کنترل و ثبات آنها در تمام مدل‌ها، با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام‌شده، 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 کای‌دو با درجه آزادی معادل تعداد متغیرهای توضیحی منهای جزء ثابت برخوردار است، فرضیه صفر مبنی بر صفر بودن تمام ضرایب در سطح معنی‌داری 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 آرانو و باند (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 مرتبه‌ی دو نباشد. به این منظور، باید ضریب خودرگرسیون مرتبه اول $AR(1)$ معنی‌دار باشد و ضریب خودرگرسیون مرتبه‌ی دوم $AR(2)$ معنی‌دار نباشد (Green, 2012). بر اساس نتایج پایینی جدول (۱)، فرضیه صفر مبنی بر عدم خودهمبستگی درجه اول تفاضل مرتبه‌ی اول جملات اختلال را می‌توان، 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.

جدول (۱): نتایج تخمین مدل‌ها به روش SGMM

| 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) | (۰/۰۰۰) ۱۵۹۲۷/۱۱ | 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 (۰/۷۱۲) | AR(2) |

* اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده سطح احتمال هستند.

مأخذ: محاسبات تحقیق

حال با توجه به توضیحات ارائه شده 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؛ 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 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 کمتر مشاهده می‌شود.

کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه، در تمام مدل‌ها، هم برای کشورهای در حال توسعه و هم برای کشورهای توسعه‌یافته مثبت بوده است که نشان می‌دهد با افزایش این متغیر مصرف انرژی سرانه در هر دو گروه از کشورهای مورد مطالعه گسترش می‌یابد؛ به‌نحوی که با افزایش یک‌درصدی در این متغیر، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کشورهای در حال توسعه، در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب حدود ۰/۳۳۹ و ۰/۵۶۵ درصد و در کشورهای توسعه‌یافته حدود ۰/۴۱۵ و ۰/۵۱۷ درصد افزایش خواهد یافت. نتیجه به‌دست‌آمده مطابق با مبانی نظری ارائه‌شده راجع به رابطه مصرف انرژی و رشد است؛ زیرا لازمه رشد اقتصادی استفاده بیشتر از انرژی می‌باشد. کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیر شاخص قیمت مصرف‌کننده نیز در هر دو گروه از کشورهای مورد بررسی دارای علامت منفی و مطابق انتظار است. بر این اساس با افزایش یک‌درصدی در این متغیر، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کشورهای در حال توسعه، در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب حدود ۰/۰۲۰ و ۰/۳۱۸ درصد و در کشورهای توسعه‌یافته حدود ۰/۰۵۹ و ۰/۴۱۲ درصد کاهش خواهد یافت. از آنجا که 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.

جدول (۲): کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت

| کشش متغیرها | کشورهای در حال توسعه | | | کشورهای توسعه‌یافته | | |
|-------------------|----------------------|--------|-------------|---------------------|--------|-------------|
| | SGMM1 | SGMM2 | میانگین کشش | SGMM1 | SGMM2 | میانگین کشش |
| کشش‌های کوتاه‌مدت | | | | | | |
| GDP | ۰/۳۵۲ | ۰/۳۲۵ | ۰/۳۳۹ | ۰/۴۴۸ | ۰/۴۰۵ | ۰/۴۱۵ |
| CPI | -۰/۰۱۹ | -۰/۰۲۱ | -۰/۰۲۰ | -۰/۰۵۱ | -۰/۰۶۸ | -۰/۰۵۹ |

| | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| -۰/۰۲۸ | -۰/۰۲۸ | - | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۱ | - | INT |
| کشش‌های 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

به‌منظور بررسی دقیق و جزئی‌تر موضوع، با تفکیک شاخص *IDI*، به سه مؤلفه اساسی آن یعنی دسترسی، استفاده و مهارت، تأثیر هر یک از این مؤلفه‌ها نیز به‌طور جداگانه و مجزا در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور همانند قسمت قبل، مدل‌های مورد بررسی به روش *SGMM* مورد برآورد قرار گرفته‌اند و کشش‌های بلندمدت محاسبه شده‌اند. اهم نتایج حاصل از برآورد کشش‌های بلندمدت مصرف انرژی نسبت به مؤلفه‌های اساسی شاخص *IDI* در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳): کشش‌های بلندمدت مصرف انرژی نسبت به مؤلفه‌های اساسی شاخص *IDI*

| مؤلفه | مقدار کشش | سطح احتمال | مقدار کشش | سطح احتمال |
|---------|---------------------|------------|---------------------|------------|
| | کشورهای درحال توسعه | | کشورهای توسعه‌یافته | |
| دسترسی | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۱۸ |
| استفاده | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۴۱ | -۰/۰۷۷ | ۰/۰۰۵ |
| مهارت | -۰/۰۱۱ | ۰/۲۰۱ | -۰/۰۳۶ | -۰/۰۲۵ |

مأخذ: محاسبات تحقیق

بر اساس نتایج جدول (۳)، کشش بلندمدت مؤلفه‌های دسترسی و استفاده در کشورهای درحال توسعه مثبت و معنی‌دار می‌باشد. این در حالیست که کشش بلندمدت مؤلفه مهارت در این کشورها، منفی و از سطح معنی‌داری لازم برخوردار نمی‌باشد. یک‌درصد افزایش در مؤلفه‌های دسترسی و استفاده، مصرف انرژی سرانه را در کشورهای درحال توسعه در بلندمدت، به ترتیب حدود ۰/۰۸۲ و ۰/۰۵۵ درصد افزایش خواهد داد. بر این اساس می‌توان گفت که مؤلفه دسترسی در بین مؤلفه‌های شاخص *IDI*، بیش‌ترین اثرگذاری را در افزایش مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه منتخب داشته است. بر اساس سایر نتایج، کشش بلندمدت مؤلفه دسترسی در کشورهای توسعه‌یافته مثبت و معنی‌دار است. این در حالیست

که کشش بلندمدت مؤلفه‌های استفاده و مهارت در این کشورها، منفی و معنی‌داری می‌باشد. یک درصد افزایش در مؤلفه دسترسی، مصرف انرژی سرانه را در کشورهای توسعه‌یافته در بلندمدت، حدود ۰/۰۳۹ درصد افزایش و یک درصد افزایش در مؤلفه‌های استفاده و مهارت، مصرف انرژی سرانه را در این کشورها در بلندمدت، به ترتیب حدود ۰/۰۷۷ و ۰/۰۳۶ درصد کاهش خواهد داد. بر این اساس می‌توان گفت که مؤلفه استفاده در بین مؤلفه‌های شاخص *IDI*، بیش‌ترین اثرگذاری را در کاهش مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته منتخب داشته است.

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های ترکیبی ۲۵ کشور در حال توسعه و ۲۵ کشور توسعه‌یافته و با بهره‌گیری از ابزارهای اقتصادسنجی، به بررسی ارتباط بین *ICT* و مصرف انرژی پرداخته است. به این منظور از متغیرهای: مصرف انرژی سرانه، شاخص توسعه‌یافتگی *ICT* (*IDI*) و مؤلفه‌های اساسی آن شامل: دسترسی، استفاده و مهارت و متغیرهای کنترل، شامل: تولید ناخالص داخلی سرانه (درآمد سرانه) و شاخص قیمت مصرف‌کننده در قالب یک مدل داده‌های ترکیبی پویا استفاده شده است. به‌منظور به‌دست‌آوردن رابطه‌های بلندمدت بین این متغیرها نیز از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (*GMM-SYS*) استفاده شده و صحت این رابطه‌ها توسط آزمون‌های تشخیصی تأیید شده است.

نتایج نشان می‌دهد، اثر *IDI* بر روی مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه در بلندمدت و کوتاه‌مدت مثبت است؛ این در حالیست که با افزایش *IDI*، در کوتاه‌مدت و بلندمدت، مصرف انرژی سرانه در کشورهای توسعه‌یافته 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. 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 هر دو گروه از کشورهای مورد مطالعه است. بر اساس این نتایج، حرکت به‌سمت سیاست‌ها و برنامه‌هایی که در کشورهای در حال توسعه از *ICT* برای کاهش مصرف انرژی بهره‌گیری

شود، ضروری است. به‌عنوان مثال 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، نقاضا برای حمل‌ونقل و در نتیجه مصرف حامل‌های انرژی و ایجاد آلاینده‌های زیست‌محیطی را کاهش داد. همچنین، با توجه به تأثیر منفی ICT بر روی مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران کشورهای در حال توسعه بایستی سیاست‌های اعمال‌شده در کشورهای توسعه‌یافته در این زمینه را سرلوحه خود قرار دهند. نکته مهم و قابل توجه در این زمینه آنست که مؤلفه دسترسی در کشورهای در حال توسعه، بیش‌ترین اثرگذاری را در افزایش مصرف انرژی و مؤلفه استفاده در کشورهای توسعه‌یافته، بیش‌ترین اثرگذاری را در کاهش مصرف انرژی داشته است.

کتاب‌نامه

کرامتی عباس؛ گل‌خندان، ابوالقاسم و خوانساری مجتبی (۱۳۹۴). "تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر مصرف انرژی در ایران (رویکرد آزمون بانند)", *فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی*، شماره ۱۶، صص ۱۲۶-۱۰۳.

محمودزاده، محمود و شاه‌بیک، 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.

هوشمند، محمود؛ دانش‌نیا، محمد؛ ستوده، علی و قزلیاش، 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.

- 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.
- Odhambo, N.M. (2010). "Energy consumption, prices and economic growth in three SSA countries: a comparative study", *Energy Policy*, 38, 2463-2469.
- 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.
- Toffel, M.W. & Horvath, A. (2004). "Environmental implications of wireless technologies: News delivery and business meetings", *Environ. Sci. Technol*, 38, 2961-2970.
- <http://www.itu.int/ict/statistics>