اقتصاد تطبیقی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
سال چهارم، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۳۹۶، ۱۳۵-۱۵۴

مقایسهٔ تطبیقی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و مؤلفه‌های آن بر مصرف انرژی در کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته

ابوالقاسم گل‌خندان*

چکیده

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) می‌تواند از طریق کانال‌های متعددی مصرف انرژی را افزایش و یا کاهش دهد. از این‌رو، 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 درحال‌توسعه و توسعه‌یافته می‌باشد. به این منظور از شاخص توسعه‌یافتگی ICT (IDI) به‌عنوان متغیر اندازه‌گیری ICT استفاده شده است. هم‌چنین، با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته 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 درحال‌توسعه افزایش و در کشورهای منتخب توسعه‌یافته، کاهش داده است. همچنین، مؤلفه دسترسی در کشورهای درحال‌توسعه، بیش‌ترین اثرگذاری را در افزایش مصرف انرژی و مؤلفه استفاده در کشورهای توسعه‌یافته، بیش‌ترین اثرگذاری را در کاهش مصرف انرژی داشته است.

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

۱. مقدمه

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT: Information and Communication Technology) (فاوا) با سرعت متحیرکننده‌ای در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته 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 درحال‌توسعه 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 درحال‌توسعه 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 کاراتر، 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 درحال‌توسعه 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 این‌صورت 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، نقش‌آفرینی 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)، 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 (Ishida, 2014). در این راستا، هیلتی (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 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 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 (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 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:

تاکاسی و ماروتا (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.

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 (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 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 حالی‌که 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 کره‌جنوبی 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 حالی‌که 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 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 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.

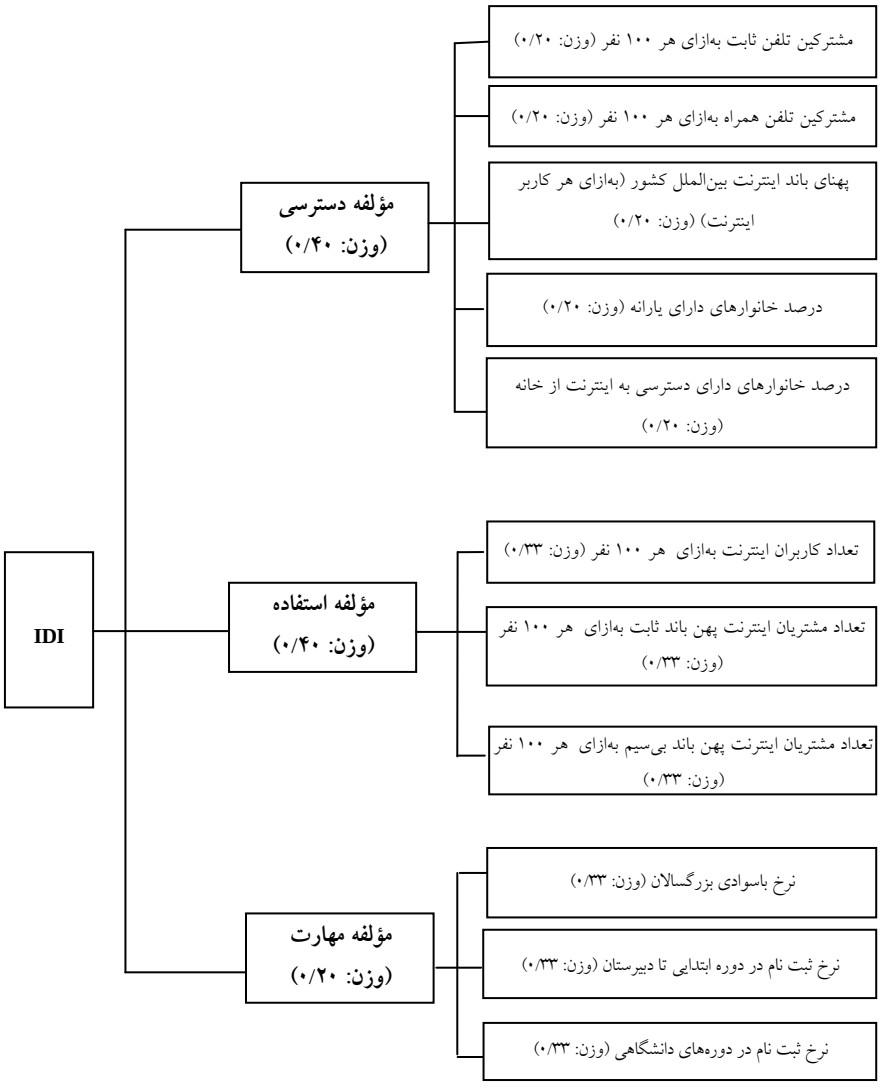
محمودزاده و شاه‌بیکی (۱۳۹۰) اثر ICT را بر شدت انرژی در ۲۵ کشور در حال توسعه طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۵ بررسی کرده‌اند. یافته‌های این تحقیق با استفاده از تحلیل‌های هم‌انباشتگی تابلویی نشان می‌دهد که برخی انواع سرمایه فاوا نظیر سخت‌افزار و نرم‌افزار بر مصرف انرژی تأثیر مثبت داشته و برخی دیگر نظیر ارتباطات 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 به‌عنوان متغیرهای اندازه‌گیری ICT استفاده شده است. نتایج این مطالعه با استفاده از روش ARDL نشان می‌دهد که گسترش ICT با هر سه شاخص اندازه‌گیری‌شده، 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 به‌معنای بالابودن درجه توسعه‌یافتگی ICT و امتیاز پایین‌تر به‌معنای 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، به‌منظور 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 به‌صورت زیر می‌باشد، استفاده شده است:

(۱)

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

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 به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که همبستگی سریالی در پسماندهای به‌دست آمده وجود نداشته باشد. با توجه به رابطه فوق، متغیرهای این تحقیق به‌صورت زیر تعریف شده‌اند:

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

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

Ln(CPI): لگاریتم طبیعی شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) (۲۰۰۵=۱۰۰) به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری قیمت انرژی. به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های قیمت انرژی برخی از کشورهای مورد مطالعه، به‌مانند مطالعات سادرسکی (Sadorsky, 2012)، اودهیامبو (Odhiambo, 2010) و هوشمند و همکاران (۱۳۹۲) از شاخص قیمت مصرف‌کننده به‌عنوان پروکسی قیمت انرژی استفاده شده است.

Ln(ICT): لگاریتم طبیعی شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات، که به‌وسیله شاخص جامع و کامل توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (IDI) اندازه‌گیری می‌شود. هم‌چنین

به‌منظور بررسی دقیق‌تر، 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 مورد بررسی قرار می‌گیرد.

هم‌چنین i نشان‌دهنده ۲۵ کشوردرحال‌توسعه 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، سویس، ژاپن، فرانسه، فنلاند، بلژیک، دانمارک، اسپانیا، انگلیس، ایتالیا، اتریش، اسلوونی، یونان، پرتغال، مالت، اسلواکی، آندورا) (i=1,...,25)، t نشان‌دهنده بازه‌ی زمانی (۲۰۱۳-۲۰۰۷)، v_i اثر ثابت کشورها (مقاطع)، ψ_t اثر ثابت زمان و ε_{it} جزء خطاء 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)، 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 فوق یک‌بار بدون در نظر گرفتن شاخص ICT و یک‌بار با درنظرگرفتن متغیر IDI به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری ICT تخمین زده می‌شود. بنابراین در مجموع چهار مدل تخمینی (برای هر یک از گروه کشورهای درحال 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 به‌درستی

برآورد شوند (Baltagi, 2005: 129). فرم کلی یک الگـوی پویـا در داده‌هـای ترکیبـی بـه صورت زیر است:

$$Y_{it} = \alpha Y_{it-1} + \beta X'_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \qquad (۲)$$

که در آن: $Y_{i,t}$ متغیر وابسته، X'_{it} بردار متغیرهای مسـتقل کـه تحـت عنـوان متغیرهـای ابزاری نیز به‌کار می‌روند، μ_i عامل خطای مربوط به مقاطع و ε_{it} عامل خطای مقطـع iام در زمان t است. هنگامی‌که در مدل داده‌های ترکیبی، متغیر وابسته به صورت با وقفه در طـرف راست ظاهر می‌شود، دیگر برآوردگرهای OLS سازگار نیست (Arellano & Bond, 1991) و باید به روش‌های برآورد حداقل مربعـات دومرحلـه‌ای (2SLS: Two Stage Least Squares) اندرسون و هسائو (Anderson & Hsiao, 1981) یا گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) آرلانو و بانـد (Arellano & Bond, 1991) متوسـل شـد. بـه گفتـه ماتیـاس و سوسـتر (Matyas & Sevestre, 1991)، برآوردکننـده 2SLS ممکـن اسـت بـه‌دلیـل مشـکل در انتخـاب ابزارهـا، واریانس‌های بزرگ برای ضرایب به‌دست دهد و برآوردها از لحاظ آماری معنی‌دار نباشـند. 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:

$$Y_{it} - Y_{it-1} = \alpha(Y_{it-1} - Y_{it-2}) + \beta(X'_{it} - X'_{it-1}) + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}) \qquad (۳)$$

و با فرض اینکه جملات خطا به صورت سریالی همبسته نیستند:

$$E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{is}] = 0 \quad \text{for } i = 1, \dots, N \text{ and } \quad s \neq t \qquad (۴)$$

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

$$E[Y_{it}\varepsilon_{it}] = 0 \quad \text{for } i = 1, \dots, N \text{ and } \quad t \geq 2 \qquad (۵)$$

محدودیت‌های گشتاوری زیر را بیان می‌کنند:

$$E[Y_{it}(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})] = 0 \text{ for } i = 3, \dots, T \text{ and } s \geq 2 \qquad (۶)$$

یعنی، ابتدا اقدام به تفاضل‌گیری می‌شود تا به این ترتیب به‌توان اثرات مقاطع یا μ_i را به ترتیبی از الگو حذف کرد و در مرحله‌ی دوم از پسماندهای باقی‌مانده در مرحله‌ی اول برای متوازن کردن ماتریس واریانس – کواریانس استفاده می‌شود. بـه‌عبـارت دیگـر ایـن 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:

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

جای‌که 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 گشتاوهای شرطی، معیار زیر را حداقل می‌کنند:

$$J_N = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \Delta\acute{v}_1 Z_i\right) W_N \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \acute{Z}_1 \Delta v_i\right) \qquad (۷)$$

این حداقل‌سازی با استفاده از ماتریس وزنی زیر انجام می‌گیرد:

$$W_N = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} (\acute{Z}_i \widehat{\Delta v_1} \widehat{\Delta v_1}' Z_i)\right]^{-1} \qquad (۸)$$

در روش GMM ارائه‌شده توسط آرلانو و باند (Arellano & Bond, 1991) از وقفه‌ی متغیر وابسته به‌عنوان 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 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 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 به‌وسیله آماره M_2 وجود همبستگی سریالی مرتبه دوم یا AR(2)

در جملات خطای تفاضلی مرتبه اول را آزمون می‌کند. در ایـن آزمـون، تخمـین‌زن GMM زمانی دارای سازگاری است که همبستگی سریالی مرتبه دوم در جمـلات خطـا از معادلـه تفاضلی مرتبه اول وجود نداشته باشد. عدم رد فرضیه صفر هر دو آزمـون شـواهدی را دال بر فرض عدم همبستگی سریالی و معتبربودن ابزارها فراهم می‌کند.

از آنجا که در روش GMM، تفاضل‌گیری از معادله اولیه، همبستگی غیرقابل اغماضی را بین وقفه متغیر وابسته و جزء خطای تبدیل‌شـده، فـراهم مـی‌آورد (Bond, 2002: 3-4) و بـا توجه به اینکه سازگاری این تخمین‌زننده بر اساس فرض عـدم همبسـتگی جمـلات خطـا 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 به‌روش GMM سیستمی برای هـر دو گـروه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته می‌پردازیم. شایان ذکر است که با توجه به ایـن‌کـه 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 آزمون‌هـای ریشـه واحـد و هم‌انباشتگی برای بررسی وضعیت مانایی متغیرها و وجود رابطه بلندمـدت بـین متغیرهـای مدل نیست. هم‌چنین، قبل از تخمین مـدل بـه‌روش GMM سیسـتمی، بـه‌منظـور اطمینـان انتخاب بین روش‌های داده‌های ترکیبی و داده‌هـای تلفیقـی (Pooling Data) (پولینـگ) از آماره F لیمر با درجه آزادی (N-1, NT-K-N) استفاده شده اسـت کـه K تعـداد متغیرهـای 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 حاصـل از تخمـین مـدل ترکیبـی به‌دست‌آمده از روش OLS و URSS مجموع مربعات باقیمانده غیرمقید است. فرضیه صـفر (H_0) این آزمون نشان‌دهنده آن است که هر یک از مقاطع عرض از مبدأهای یکسانی دارند (لزوم استفاده از داده‌های تلفیقـی) و فرضـیه مقابـل (H_1) اشـاره بـه ناهمسـانی عـرض از مبدأهای هر یک از مقاطع دارد (لزوم استفاده از داده‌های ترکیبی). بر اساس محاسبات ایـن تحقیق در هر چهار مدل مورد بررسی فرضیه صفر مبنی‌بر قابلیت تخمـین داده‌هـا بـه‌شـیوه

تلفیقی پذیرفته نمی‌شود و لازم است 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 آرلانو 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 خودرگرسیونی مرتبه اول AR(1) معنی‌دار باشد و ضریب خودرگرسیونی مرتبه‌ی دوم AR(2) معنی‌دار نباشد (Green, 2012). بر اساس نتایج پایینی جدول (۱)، فرضیه صفر مبنی‌بر عدم خودهمبستگی درجه اول تفاضل مرتبه‌ی اول جملات اختلال را می‌توان، اما فرضیه‌ی صفر مبنی‌بر عدم خودهمبستگی سریالی درجه دوم تفاضل جملات اخلال را نمی‌توان رد کرد. بنابراین در مدل‌های تحقیق تورش تصریح وجود ندارد و نتایج قابل اطمینان است.

جدول (۱): نتایج تخمین مدل‌ها به‌روش SGMM

متغیرهای مستقل	متغیر وابسته: Ln(EC)			
	ضرایب تخمینی			
	کشورهای در حال توسعه		کشورهای توسعه‌یافته	
[Ln(EC)](-1)	۰/۶۹۵ (۰/۰۰۰)	۰/۶۸۲ (۰/۰۰۰)	۰/۵۲۱ (۰/۰۰۰)	۰/۵۰۲ (۰/۰۰۰)
[Ln(EC)](-2)	۰/۲۵۲ (۰/۰۱۱)	۰/۲۲۸ (۰/۰۱۸)	۰/۳۰۲ (۰/۰۰۸)	۰/۲۹۱ (۰/۰۰۹)
Ln(GDP)	۰/۳۵۲ (۰/۰۰۰)	۰/۳۲۵ (۰/۰۰۰)	۰/۴۴۸ (۰/۰۰۱)	۰/۴۰۵ (۰/۰۰۰)
[Ln(GDP)](-1)	−۰/۳۱۸ (۰/۰۲۵)	−۰/۲۸۱ (۰/۰۲۸)	−۰/۳۴۱ (۰/۰۱۸)	−۰/۳۱۵ (۰/۰۱۶)
Ln(CPI)	−۰/۰۱۹ (۰/۰۵۶)	−۰/۰۲۱ (۰/۰۶۴)	−۰/۰۵۱ (۰/۰۴۲)	−۰/۰۶۸ (۰/۰۵۲)
[Ln(CPI)](-1)	−۰/۰۰۵ (۰/۰۶۴)	−۰/۰۰۳ (۰/۰۷۲)	−۰/۰۱۹ (۰/۰۵۵)	−۰/۰۲۱ (۰/۰۶۲)
Ln(ICT)	–	۰/۰۱۱ (۰/۰۴۱)	–	−۰/۰۱۸ (۰/۰۱۲)
Constant	۰/۲۱۲ (۰/۰۰۰)	۰/۱۸۸ (۰/۰۰۰)	۰/۰۸۱ (۰/۰۰۰)	۰/۱۱۲ (۰/۰۰۰)
آزمون‌های تشخیصی				
نام آزمون	**مقدار آماره**			
والد	(۰/۰۰۰) ۱۵۹۲۷/۱۱	۱۵۸۵۸/۲۸ (۰/۰۰۰)	۱۸۲۱۲/۱۱ (۰/۰۰۰)	۱۹۳۲۴/۴۵ (۰/۰۰۰)
سارگان	۲۵/۲۸ (۰/۶۰۱)	۲۴/۲۵ (۰/۵۸۸)	۲۲/۸۸ (۰/۶۴۸)	۲۱/۱۸ (۰/۶۵۵)
AR(1)	−۲/۳۶ (۰/۰۲۶)	−۱/۸۵ (۰/۰۶۲)	−۳/۹۲ (۰/۰۰۰)	−۳/۸۵ (۰/۰۰۰)
AR(2)	−۰/۵۲ (۰/۷۱۲)	−۰/۴۵ (۰/۶۴۸)	−۰/۲۶ (۰/۸۱۴)	−۰/۰۱ (۰/۹۹۲)

*** 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 (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 به‌ترتیب 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 در شاخص توسعه ICT، در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب 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 حال‌توسعه 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؛ به‌نحوی‌که با افزایش یک‌درصدی در این متغیر، به‌طور متوسط مصرف انرژی سرانه در کشورهای در حال توسعه، درکوتاه‌مدت 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 راجع‌به 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، درکوتاه‌مدت 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 آنجاکه 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

INT	–	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	–	−۰/۰۲۸	−۰/۰۲۸
کشش‌های بلندمدت						
GDP	۰/۶۴۱	۰/۴۸۹	۰/۵۶۵	۰/۵۹۸	۰/۴۳۵	۰/۵۱۷
CPI	−۰/۳۶۸	−۰/۲۶۷	−۰/۳۱۸	−۰/۳۹۵	−۰/۴۲۹	−۰/۴۱۲
INT	–	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	–	−۰/۰۸۷	−۰/۰۸۷

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 درحال‌توسعه و توسعه‌یافته مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور همانند قسمت قبل، مدل‌های مورد بررسی به‌روش 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 درحال‌توسعه		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	−/۰۲۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

بر اساس نتایج جدول (۳)، کشش بلندمدت مؤلفه‌های دسترسی و استفاده در کشورهای درحال‌توسعه 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 درحال‌توسعه در بلندمدت، به‌ترتیب 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 درحال‌توسعه 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. یک‌درصد افزایش در مؤلفه دسترسی، مصرف انرژی سرانه را در کشورهای توسعه‌یافته در بلندمدت، حدود ۰/۰۳۹ درصد افزایش و یک‌درصد افزایش در مؤلفه‌های استفاده و مهارت، مصرف انرژی سرانه را در این کشورها در بلندمدت، به‌ترتیب 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 درحال‌توسعه 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 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 بـا زمینـه‌سـازی اسـتفاده بیشـتر از اینترنـت در راستای کاهش سفرهای درون‌شهری، گسترش مبادلات الکترونیکی و الکترونیکی‌کردن امور اداری و کاهش نیاز به مراجعات حضوری، نقاضا بـرای حمـل‌ونقـل و در نتیجـه مصـرف حامل‌های انرژی و ایجاد آلاینده‌های زیست‌محیطی را کاهش داد. همچنین، با توجه به تأثیر منفی ICT بر روی مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته، سیاست‌گزاران 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 ایـن زمینـه آنسـت کـه مؤلفـه دسترسی در کشورهای درحال‌توسعه، بیش‌ترین اثرگذاری را در افزایش مصـرف انـرژی و مؤلفه استفاده در کشورهای توسعه‌یافته، بیش‌ترین اثرگذاری را در کـاهش مصـرف انـرژی داشته است.

کتاب‌نامه

کرامتی عباس؛ گل‌خندان، ابوالقاسم و خوانساری مجتبی (۱۳۹۴). "تأثیر فناوری اطلاعـات و ارتباطـات (ICT) بر مصرف انرژی در ایران (رویکرد آزمون بانـد)"، *فصـلنامه تحقیقـات توسـعه اقتصـادی*، شماره ۱۶، صص ۱۲۶-۱۰۳.

محمودزاده، محمود و شاه‌بیکی، حامد (۱۳۹۰). "آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انـرژی 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). "بررسـی رابطـه علیـت بـین 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.

Odhiambo, 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