فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره‌های ۲۳ و ۲۴، زمستان ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰، صفحات ۶۷- ۸۸

آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه

محمود محمودزاده *

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه

حامد شاه بیکی **

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۲۴

چکیده

در این مطالعه آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، بر شدت انرژی در ۲۵ کشور در حال توسعه منتخب با استفاده از داده‌های تلفیقی در دوره زمانی ۱۹۹۵- ۲۰۰۸ ارزیابی شده است. نتایج برآورد به‌روش گشتاورهای تعمیم یافته GMM نشان می‌دهد هرچند برخی اجزای فاوا مانند ارتباطات، بر شدت انرژی تأثیر منفی داشته، در مجموع اثر درآمدی از اثر جانشینی قوی‌تر بوده است و اثرهای خالص سرمایه فاوا بر شدت انرژی مثبت است. به‌عبارتی، تقاضا برای کالاهای فاوا در کشورهای در حال توسعه افزایش یافته؛ اما کاربری فاوا در زمینه‌های مختلف و شبکه کاربران اندک است.

واژه‌های کلیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، شدت انرژی، داده‌های تلفیقی، کشورهای در حال توسعه.

طبقه‌بندی JEL: Q43, N75, D83.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mahmod.ma@yahoo.com

** پست الکترونیکی: hamed_shb@ymail.com

۱. مقدمه

فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، نقشی دوگانه در اقتصاد دارد؛ فاوا در صنایع تولیدکننده نقش ستاده و در صنایع مصرف‌کننده نقش نهاده را ایفا می‌کند. انقلاب فناوری با شاخص‌های بهبود سریع در کیفیت تجهیزات و نرم‌افزار به‌همراه کاهش بسیار زیاد قیمت‌ها معروف است. افزایش توان و سرعت پردازش اطلاعات، ارزان شدن نسبی قیمت سخت‌افزار و نرم‌افزار و رواج استفاده از سیستم‌های مکانیزه، باعث ایجاد نظام اطلاعاتی بهینه و دسترس سریع و آسان به اطلاعات شده است. نقش فاوا در شکل‌دهی نیازهای انرژی و رفتار مصرف‌کنندگان آن، افزایش چشمگیری داشته است. فاوا می‌تواند از طریق سازماندهی مجدد فرآیندهای تولید به روش‌های کاراتر، مصرف انرژی و در نتیجه هزینه‌ها را کاهش دهد (اثر جانشینی). در مقابل، فراهم آمدن 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 به‌میزان قدرت نسبی دو نیرو بستگی دارد که عبارتند از: ۱- اثر درآمدی که به سبب رشد اقتصادی ناشی از افزایش کاربرد فاوا اتفاق می‌افتد و منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود. ۲- اثر جانشینی که به‌واسطهٔ تغییرات در ساختار صنعتی و افزایش بهره‌وری موجودی سرمایه اتفاق می‌افتد و منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود. این مطالعه قصد دارد به‌صورت کمّی به تعیین اثر مسلط در کشورهای منتخب یعنی اثر درآمدی یا جانشینی انتشار فاوا بپردازد، موضوعی که از لحاظ تغییرات اقلیمی جهان و نگرانی‌ها دربارهٔ امنیت عرضه انرژی در آینده، اهمیت زیادی دارد. در جهت اهداف مقاله، پرسش‌های زیر مطرح هستند. گسترش موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه از یک‌سو و رشد موجودی سرمایه ارتباطات از سوی دیگر چه تأثیری بر مصرف انرژی (شدت انرژی برق) دارد؟ آیا موجودی سرمایهٔ ارتباطات نسبت به موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه اثر شدیدتری بر شدت انرژی برق، دارد؟

دربارهٔ پاسخ به این پرسش‌ها، این مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی شده است. پس از بیان مقدمه، مروری مختصر بر ادبیات موضوع صورت گرفته است. شواهد آماری بخش بعدی مقاله را تشکیل می‌دهد. در بخش چهارم تصریح مدل انجام و نتایج برآورد مدل ارائه شده است و در نهایت، بخش پنجم و ششم به‌ترتیب به نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی اختصاص یافته است.

۲. مرور ادبیات موضوع

فناوری اطلاعات و ارتباطات[1] (فاوا) چنان که از نامش پیداست دربردارندهٔ دو بخش کلی است؛ سخت‌افزار، نرم‌افزار و خدمات که جهت پردازش اطلاعات به‌کار می‌رود (بخش اطلاعات فاوا) و نیز مخابرات (بخش ارتباطات فاوا). فاوا یک فناوری با مختصات ویژه و چند وجهی است. از جهتی فاوا،فناوری با هدفمندی عمومی[2] محسوب می‌شود که دارای سه مشخصهٔ پایه‌ای است: اول، فراگیری آن است؛ بدین معنا که در تمام بخش‌ها گسترده شده است. دوم، نقش آن در پایین نگاه داشتن هزینه‌های مصرف‌کنندگان است و سوم، ترویج نوآوری از طریق تسهیل در انجام تحقیقات، توسعه و معرفی بازار برای محصولات، خدمات و فرآیندهای نوین.[3]

بازارهای انرژی در سال‌های اخیر شاهد تغییرات مهمی بوده که محرک آن تلاش در جهت آزادسازی و پیدایش فناوری‌های نوین (اغلب غیرمتمرکز) انرژی است. همزمان فاوا در شکل‌دهی نیازهای انرژی و رفتار مصرف‌کنندگان انرژی نقش مهمی داشته است. از یک‌سو با سازماندهی مجدد فرآیندهای تولیدی و رفتارهای کنترلی بهتر، به کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه‌ها کمک کرده است و از دیگر سو به تقاضای اضافی برای انرژی، به‌واسطهٔ فراهم نمودن تولیدات و خدمات جدید و همچنین تغییر قیمت نسبی کالاها و خدمات ارائه شده در بازارهای مختلف، منجر شده است. فاوا تغییرات بسزایی در ساختارها و رویه‌های اقتصادی و اجتماعی به‌وجود آورده است؛ از این‌رو، انتظار می‌رود شدت و ساختار مصرف انرژی، در نتیجه این تغییرات القایی، به شدت متأثر شود.[4] استفاده از اینترنت پهنای باند[5] و فناوری بی‌سیم از قبیل GSM,UMTS,Wimax,DSL[6] نقش مهمی در این پیشرفت بازی می‌کند. ارائه فاوا و خدمات وابسته به آن، موجب تبدیل مشترکان منفعل بازار به اعضای فعال شده و قادر خواهد بود پتانسیل چشمگیری برای خلق ارزش‌افزوده از دامنهٔ وسیعی از خدمات نوین برای ساختن بازارهای کاراتر ارائه کند. به‌طور کلی اثرهای انتشار فاوا و تجارت الکترونیکی بر مصرف انرژی (و از این‌رو بر آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای) در بخش‌های مصرف‌کننده این فناوری مبهم بوده و به‌میزان قدرت نسبی دو نیروی متضاد بستگی دارد: اثر درآمدی که به سبب ترقی اقتصادی ناشی از افزایش کاربرد فاوا اتفاق می‌افتد و منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود و اثر جانشینی که به‌واسطهٔ تغییرات در ساختار صنعتی و افزایش بهره‌وری موجودی سرمایه اتفاق می‌افتد و منجر به

---

[1] Information and Communications Technology (ICT)
[2] General Purpose Technology (GPT)
[3] Cf. Bresnahan/Traijtenberg (1996) and Jovanovich/Rousseau (2005)
[4] e-Business watch (2009)
[5] Broadband
[6] Global System for Mobil Communication, Universal Mobile Telecommunicatios System, Wimax, Digital Subscriber Line (GSM, UMTS, Wimax, DSL)

کاهش مصرف انرژی می‌شود. پیامد کاربرد افزون‌تر فاوا بر مصرف انرژی به‌شمار دیگری از عوامل از قبیل ساختار صنعتی و الگوهای پیش‌بینی شده[۱] مصرف انرژی بستگی دارد. برای مثال تاکاشی و موروتا[۲] (۲۰۰۴) دریافتند که ژاپن توانسته با ترویج فاوا در طول چند سال، صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف انرژی ایجاد کند؛ در حالی که نفوذ بیشتر فاوا در امریکا، جایی که پیش از این اثر جانشینی مسلط بوده، موجب افزایش مصرف انرژی شده است.

جنبهٔ مهم دیگر در این ارتباط تأثیر افزایش قیمت‌های انرژی بر گسترش کارایی انرژی[۳] و صرفه‌جویی انرژی[۴] حاصل از کاربری فاواست. در این زمینه دو جنبه بیشتر جلب توجه می‌کند؛ نخست، انتظار بر این است که به‌سبب افزایش قیمت‌های انرژی (و در نتیجه هزینه‌ها)، هر دو بخش بنگاه‌های تجاری و بخش خانگی به افزایش تقاضا برای کاربردهای[۵] فاوا که مدیریت کارای کارای مصرف انرژی را به‌دنبال دارد، مبادرت کنند. این مسئله بازاری برای ابزارهای بدیع و نو فاوا (سخت‌افزار و نرم‌افزار)، ایجاد می‌کند که دگرگونی مجموع هزینه‌های انجام دادوستد و در نتیجه کارایی بنگاه‌ها را در پی خواهد داشت. انتظار می‌رود که افزایش قیمت‌های انرژی، استفاده از فاوا را که قادر به کاهش هزینه‌های انرژی است، تحریک کند.

دوم، نظر به اینکه رشد موجودی فاوا،[۶] همراه با رشد قیمت‌های انرژی، به‌طور قابل ملاحظه‌ای هزینه انجام مبادله را افزایش می‌دهد؛ بخش‌های مصرف‌کننده فاوا[۷]جهت کارایی سخت‌افزاری به اعمال فشار بیشتر بر بخش‌های تولیدکننده فاوا[۸] اقدام می‌کنند. وجود چنین بازخوردی پیش از این نیز در مطالعات تجربی تأیید شده است. بر اساس نظر پوپ[۹] (۲۰۰۲)، قیمت‌های انرژی و کیفیت دانش موجود در طرف عرضه، آثار مثبت معناداری بر نوآوری‌ها دارد. به‌طور خلاصه، تقاضا برای ابزارهای فاوا که قادر به مدیریت مصرف انرژی هستند و همچنین کاربری‌های کاراتر، پیشرفت‌های فناورانه را در بخش‌های تولیدکننده فاوا هدایت می‌کنند. در نهایت، اثر بازخوردی یاد شده، بر رقابت‌مندی هر دو بخش تولیدکننده و مصرف‌کننده فاوا اثرگذار خواهد بود. در ادبیات اقتصادی، مجموعه وسیعی از مطالعات کلی وجود دارد که بیشتر آنها بر قیمت انرژی، تغییرات فنی و مصرف انرژی متمرکز هستند. در مقابل، تاکنون مطالعات

---

[1] Ex-ante Patterns
[2] Takase and Murota
[3] Energy-Efficient
[4] Energy-Saving
[5] Applications
[6] ICT Stock
[7] ICT-Using
[8] ICT-Manufacturing
[9] Popp

اندکی در ارتباط بین فاوا و مصرف انرژی صورت گرفته است. در ادامه اهم مطالعات مطرح شده است.

پوپ[1] (۲۰۰۱) به‌عنوان بخشی از مطالعه وسیع اثر قیمت‌های انرژی بر توسعه فناوری‌های نوین در حفاظت از انرژی یا تدارک منابع جدید انرژی، از داده‌های انحصاری برای تخمین اثر فناوری‌های نوین بر مصرف انرژی صنعتی استفاده کرد و اثر مالیات ۱۰ درصدی انرژی بر تحریک نوآوری را شبیه‌سازی کرد و دریافت که عامل جانشینی نسبت به نوآوری نقش بزرگ‌تری بر تهییج نوآوری در کوتاه‌مدت بازی می‌کند، در حالی که مالیات انرژی نسبت به عامل جانشین در بلندمدت نقش مهم‌تری دارد. رم[2] (۲۰۰۲) مشاهده کرد که برای امریکا میانگین نرخ رشد سالانه GDP و مصرف انرژی در عصر ماقبل اینترنت (۱۹۹۲-۱۹۹۶) به‌ترتیب ۳/۲ درصد و ۲/۴ درصد و در عصر مابعد اینترنت (۱۹۹۶- ۲۰۰۰) به‌ترتیب ۴ و ۱ درصد بوده است. تجزیهٔ رشد GDP و مصرف انرژی بر مبنای دو اثر مختلف است. نخست، بخش فناوری اطلاعات شدت انرژی کمتری نسبت به تولیدات سنتی دارد. دوم، به‌نظر می‌رسد که اقتصاد اینترنتی کارایی انرژی را در هر بخش اقتصاد افزایش می‌دهد. از این‌رو، اینترنت محرک اثربخشی‌های یادشده در شتاب تقاضای انرژی برق است. تاکاشی و موروتا (۲۰۰۴) اندازهٔ نسبی اثر سرمایه‌گذاری فناوری اطلاعات را بر مصرف انرژی، در ژاپن و امریکا بررسی کردند. آنها دریافتند که رشد فناوری اطلاعات، کاهش شدت انرژی (و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن) را در پی داشته و تغییر مصرف انرژی، به غلبه اثر درآمدی یا اثر جانشینی مرتبط است.

چو و همکاران[3] (۲۰۰۷) اثر سرمایه‌گذاری فاوا و قیمت انرژی را بر تقاضای انرژی برق در صنایع کشور کره جنوبی (در۱۱بخش) با استفاده از یک مدل رشد پویا در فاصله زمانی ۱۹۹۱-۲۰۰۳ مطالعه نمودند. آنان شواهدی یافتند مبنی بر اینکه سرمایه‌گذاری فاوا در صنایع تولیدی با شدت انرژی بالا، موجب ترویج جانشینی عامل تولید انرژی برق به‌جای نیروی کار می‌شود. همچنین سرمایه‌گذاری فاوا، مصرف انرژی برق را تنها در برخی از بخش‌های تولیدی کاهش می‌دهد، اما در بخش خدمات و اغلب بخش‌های تولیدی، در عمل رشد مصرف برق را به‌دنبال خواهد داشت.

کلارد و همکاران[4] (۲۰۰۵)، رشد مصرف انرژی برق و فاوا را در بخش خدمات کشور فرانسه بررسی کردند. 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

---

[1] Popp
[2] Romm
[3] Cho et al.
[4] Collard et al.

از یک سو و ابزار ارتباطاتی از سوی دیگر بود، بر شدت انرژی برق مطالعه کردند. آنها با استفاده از رویکرد داده‌های تلفیقی پویا برای مجموعه داده‌ها در فاصله زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۸، 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. رویکرد متفاوت در این زمینه را ایشیدا و یاناگیساوا[1] (۲۰۰۳) در ژاپن انجام داده‌اند. آنها از یک مدل ارزیابی اثر کلان برای مطالعه تأثیر شدت کاربری فاوا بر مصرف انرژی، برای یک دوره ده ساله پس از سال ۲۰۰۳ استفاده کردند. نتایج حاکی از کاهش عرضه اولیه انرژی در سال به‌اندازه ۱/۴ درصد و کاهش مصرف نهایی انرژی به اندازه ۱/۹ درصد در مورد فاوا در سال ۲۰۱۰ بوده است. براساس این تحلیل، به‌ازای هر ۰/۳ درصد سهم فاوا در رشد اقتصادی، انتظار می‌رود مصرف انرژی در کشور ژاپن افزایش نیابد. در بیشتر تحقیقات اخیر این مبحث که افزایش استفاده فاوا منجر به بهبود فرآیند و کارایی انرژی می‌شود؛ ذکر شده است.

لایتنر و ارهارت ـ مارتینز[2] (۲۰۰۸) دریافته‌اند که فاوا بهره‌وری اقتصادی و اثربخشی انرژی را در امریکا به مقدار چشمگیری افزایش داده و این امر بهبود شدت انرژی را نیز به‌دنبال داشته است. این فناوری‌ها که شامل ارتباطات مخابراتی دیجیتال، خدمات اینترنت، نامه‌های الکترونیکی و نظایر اینهاست به توسعه زیرساخت‌های نوین اجتماعی ـ اقتصادی کمک کرده، هدایت‌گر و انتشاردهنده کاربری‌های نوین‌شده و توسعه تولیدات و خدمات ابرفناورانه را میسر می‌کند. تمام این موارد ناشی از افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف انرژی و مواد اولیه است. افزون بر این، فاوا صرفه‌جویی خالص انرژی را در امریکا فراهم می‌کند. فناوری‌ها و کاربری‌های مختلف به‌صورت قابل‌توجهی صرفه‌جویی انرژی را امکان‌پذیر ساخته و صرفه‌جویی گسترده انرژی، ناشی از به‌کارگیری همه‌جانبه فاوا است. جانشینی بخش فاوا به‌جای حمل‌ونقل فیزیکی (که به‌شدت انرژی‌بر است) نقش کنفرانس از راه دور،[3] پزشکی از راه دور[4] و ... توسط آرنفالک[5] (۲۰۰۲) برای کشور سوئد و پوستل ـ وینای[6] (۲۰۰۲) برای کشور فرانسه مورد تحلیل قرار گرفته است. به‌کارگیری این ابزارهای جانشین منتج به کاهش حمل‌ونقل به‌میزان یک سوم اندازه قبل از آن در کشور سوئد شده است. فناوری‌های نوین و پیشرفته، این ارتباطات

---

[1] Ishida and Yanagisawa
[2] Laitner and Ehrhardt-Martinez
[3] Teleconferencing
[4] Telemedicine
[5] Arnfalk
[6] Postel-Vinay

غیرحضوری و کم هزینه را تسهیل کرده و از اثر جانشینی حمایت می‌کند. مطالعهٔ هابر و میلز[1] (۱۹۹۹) نشان می‌دهد که رایانه‌ها و اینترنت حدود ۸ درصد مصرف برق را باعث می‌شوند.

یکی از مهم‌ترین مطالعات تجربی در این زمینه از سوی بخش تحقیقات اتحادیه اروپا، با عنوان برنامه دیده‌بانی کسب‌وکار الکترونیکی بخشی،[2] در سال ۲۰۰۸، انجام یافته است. هدف اساسی این پژوهش تعیین اثر موجودی سرمایه فاوا بر مصرف انرژی برق در تولیدات صنعتی ـ در شش زیر بخش ـ کشورهای عضو اتحادیه اروپا در فاصله زمانی ۱۹۸۰-۲۰۰۴ بوده است. ایدهٔ اولیه این پژوهش، مدل ساده عامل تقاضاست که توسط کلارد و همکاران (۲۰۰۵)، برای مطالعهٔ ارتباط بین مصرف برق و سرمایه فاوا در بخش خدمات کشور فرانسه به‌کار گرفته شده است. مدل ارائه شدهٔ کلارد، مبتنی بر تابع تولید با بازده ثابت نسبت به مقیاس است. در این معادله تغییرات درونزای جریان تولید با توسعهٔ فناورانه انرژی برق و جایگزینی سه متغیر و ضرایب آنها، مدل‌سازی شده است. این سه متغیر عبارتند از: موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه (K_{CS})، موجودی سرمایهٔ ابزار ارتباطات (K_C)، و شاخص مناطق گرمسیری (HA) که هر سه این متغیرها با موجودی سرمایه کل (K)، استاندارد شده‌اند. در این پژوهش، تنها سه صنعت شامل صنایع شیمیایی، فلزی و صنعت حمل‌ونقل برای ۴ کشور شامل دانمارک، آلمان، ایتالیا و بریتانیا در فاصله زمانی ۱۹۹۱- ۲۰۰۵ بررسی شده است. در این پژوهش با استفاده از دو روش حداقل مربعات غیرخطی (NLS) و حداقل مربعات غیرخطی دو مرحله‌ای (TSNLS)، پارامترهای ساختاری برآورد شده‌اند. در ادامه نتایج حاصل از این پژوهش به اختصار و به تفکیک سه صنعت ارائه می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱. کشش شدت انرژی به سرمایه فاوا در صنایع مختلف

روش برآورد / کشش‌ها	صنایع شیمیایی		صنایع فلزی		صنایع حمل‌ونقل	
	TSNLS	NLS	TSNLS	NLS	TSNLS	NLS
روند	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۲	-۰/۰۹۳	-۰/۰۷۷	-۰/۰۰۸	-۰/۰۱۰
شدت انرژی به K_{CS}	-۰/۱۵۳	-۰/۱۲۵	۰/۵۳۱	۰/۳۹۸	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۴
شدت انرژی به K_C	-۰/۴۰۶	-۰/۱	۰/۱۳۲	-۰/۱۱۳	-۰/۲۴۱	-۰/۲۵۶

مأخذ: Sectoral e-Business Watch, 2008

[1] Huber and Mills
[2] Sectoral e-Business Watch

در صنایع شیمیایی موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه از نظر آماری دارای اثر معناداری بر شدت انرژی برق نیست؛ حال آنکه ابزار ارتباطات و پیشرفت‌های فناورانه هر دو دارای اثر کاهنده بر شدت برق مصرفی در این صنایع بوده است. از نظر کشش‌ها نیز برای مثال هر یک درصد افزایش در موجودی سرمایه ارتباطات منجر به ۰/۴ درصد کاهش در شدت برق مصرفی در صنایع شیمیایی می‌گردد. همچنین اثر جانشینی انتشار فاوا که به معنی کاهش مصرف انرژی است؛ نسبت به اثر درآمدی غالب است.

در صنایع فلزی نتایج حاکی از آن است که انتشار ابزار ارتباطات منجر به کاهش شدت انرژی برق در این صنایع شده و انتشار سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه رشد مصرف انرژی را در پی داشته که با توجه به اثر قوی‌تر انتشار سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه و در نتیجه افزایش مصرف انرژی، در این صنایع اثر درآمدی بر اثر جانشینی انتشار فاوا غالب شده است. در این صنعت نیز همانند صنایع شیمیایی، با رشد فناوری، مصرف کاهش یافته است.

نتایج حاصل از برآورد مدل در صنایع حمل‌ونقل، غیرمعنادار بودن انتشار موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه را تأیید کرده است. با این حال رشد موجودی سرمایه ارتباطات، منجر به کاهش شدت انرژی شده است. در صنایع حمل‌ونقل نیز نتایج حاکی از غلبه اثر جانشینی انتشار فاوا بر اثر درآمدی است.

۳. حقایق آشکار شده: شواهد آماری

براساس استانداردهای سازمان‌های بین‌المللی دیده‌بانی صنعت فاوا نظیر اتحادیه بین‌المللی مخابرات[1] و اتحادیه جهانی خدمات و فناوری اطلاعات،[2] شاخص‌های متعددی برای تبیین وضعیت فاوا در جهان ارائه شده است. در ادامه، پاره‌ای از شاخص‌های برجسته صنعت فاوا برای کشورهای منتخب در حال توسعه در دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۸، تحلیل می‌شود. همچنین برخی شاخص‌های جهانی انرژی نیز توصیف می‌شود.

۳-۱. نسبت مخارج فاوا به تولید ناخالص داخلی

شاخصی که در نمودار ۱ مورد بررسی قرار گرفته بخشی از تولید ناخالص داخلی ۲۵ کشور در حال توسعه[3] را که صرف مخارج سرمایه‌گذاری فاوا شده؛ نشان می‌دهد. مخارج سرمایه‌گذاری فاوا حاصل‌جمع مخارج سخت‌افزار فاوا، نرم‌افزار فاوا و ارتباطات است. این نمودار روند این

[1] International Telecommunication Union (ITU)

[2] World Information Technology and Services Alliance

[3] مکزیک، آرژانتین، برزیل، بولیوی، شیلی، کلمبیا، کاستاریکا، اکوادور، هندوراس، جامائیکا، پاناما، پرو، اوروگوئه، ونزوئلا، ونزوئلا، ترکیه، جمهوری چک، مجارستان، لهستان، رومانی، روسیه، اسلواکی، اندونزی، تایلند، ایران و افریقای جنوبی.

شاخص را در دوره زمانی ۱۹۹۵- ۲۰۰۸ برای مجموعه کشورهای در حال توسعه منتخب نشان می‌دهد. درابتدای بازه زمانی، بیش از ۲ درصد از تولید ناخالص داخلی این کشورها صرف سرمایه‌گذاری فاوا می‌شده است. این مقدار در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶، با سهم ۶/۳ درصدی بالاترین میزان خود را تجربه کرده است.

نمودار ۱. سهم مخارج فاوا از تولید ناخالص داخلی در کشورهای منتخب در حال توسعه

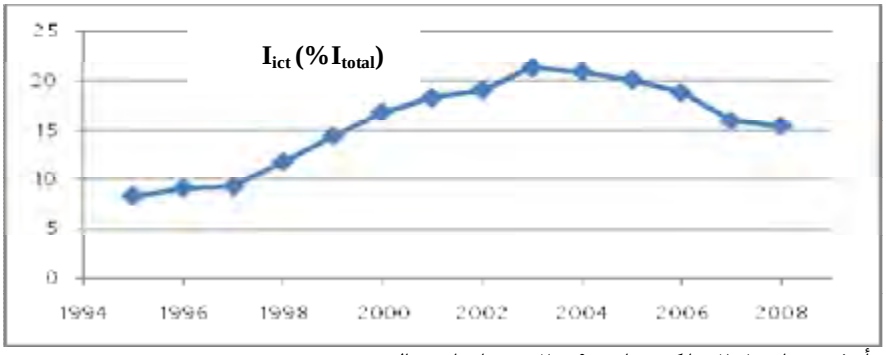
مأخذ: ویتسا (۲۰۱۰)، بانک جهانی (۲۰۰۹) و محاسبات مقاله.

۳-۲. نسبت سرمایه‌گذاری فاوا به سرمایه‌گذاری کل

سهم سرمایه‌گذاری فاوا از کل سرمایه‌گذاری برای کشورهای در حال توسعه منتخب در نمودار ۲ به تصویر کشیده شده است. در سال‌های ابتدایی، بازه مورد بررسی سهم سرمایه‌گذاری فاوا از کل سرمایه‌گذاری کمتر از ۱۰ درصد بوده که در ادامه با شیب ملایمی افزایش یافته و در سال ۲۰۰۳ با سهم ۲۱ درصدی، بالاترین میزان را تجربه نموده و پس از آن کاهش یافته و به ۱۵ درصد رسیده است. به‌نظر می‌رسد بنگاه‌های اقتصادی از انگیزهٔ بالایی برای سرمایه‌گذاری فاوا برخوردارند.

پرتال جامع علوم انسانی

نمودار ۲. سهم مخارج فاوا از کل مخارج سرمایه‌گذاری در کشورهای در حال توسعه

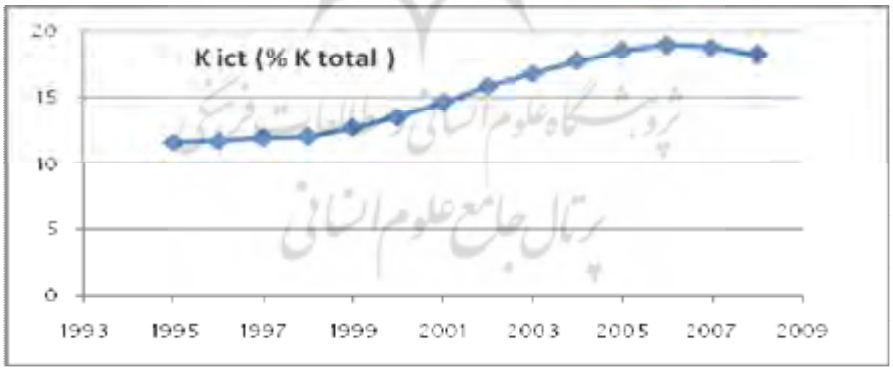


مأخذ: ویتسا (۲۰۱۰)، بانک جهانی (۲۰۰۹) و محاسبات مقاله.

۳-۳. نسبت موجودی سرمایه فاوا به موجودی سرمایه کل

این شاخص سهم موجودی سرمایه فاوا را از کل موجودی سرمایه نشان می‌دهد که در ادبیات اقتصادی به تعمیق سرمایه فاوا معروف است. مطابق نمودار ۳ روند S شکل ملایم مشاهده می‌شود که طی آن در سال ابتدایی بازه زمانی یعنی ۱۹۹۵، در کشورهای در حال توسعه منتخب حدود ۱۲ درصد از موجودی کل سرمایه، به موجودی سرمایه فاوا اختصاص یافته است. این شاخص در سال انتهایی بازه در سطح ۱۸ درصد باقی مانده است.

نمودار ۳. سهم موجودی سرمایه فاوا از موجودی سرمایه کل در کشورهای در حال توسعه

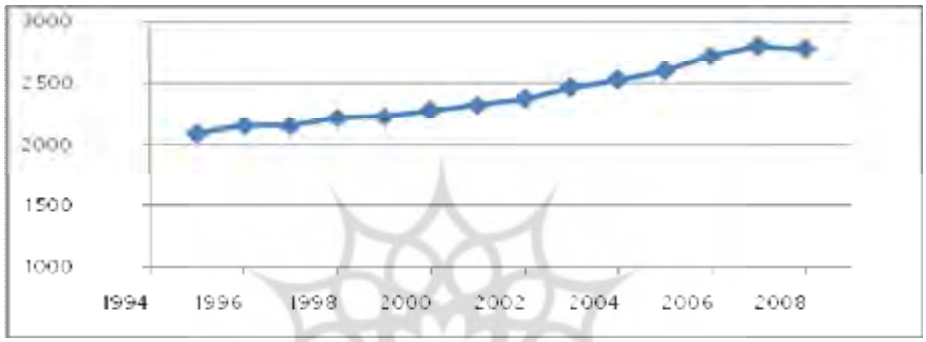


مأخذ: ویتسا (۲۰۱۰)، بانک جهانی (۲۰۰۹) و محاسبات مقاله.

۳-۴. مصرف سرانه انرژی برق (کیلووات ساعت)

نمودار ۴ سرانه انرژی برق مصرفی را در کشورهای در حال توسعه منتخب، نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۵، به‌طور میانگین هر فرد در این کشورها، ۲۰۹۵ کیلو وات ساعت، برق مصرف نموده است. با گذشت زمان، روند مصرف برق پس از گذر از سطح ۲۵۰۰ کیلووات ساعت به ازای هر نفر در سال ۲۰۰۴، به رقم ۲۷۷۷ کیلووات ساعت در سال ۲۰۰۸ بالغ شده است.

نمودار ۴. مصرف سرانه برق برحسب کیلووات ساعت در کشورهای منتخب در حال توسعه



مأخذ: بانک جهانی (۲۰۰۹) و محاسبات مقاله.

۴. تصریح مدل و نتایج تجربی

مدل مورد استفاده در این پژوهش بر اساس مطالعات کلارد، فیوه، پورشیر[1] (۲۰۰۵)، گزارش دیده‌بانی کسب‌وکار الکترونیکی[2] (۲۰۰۸) و هنگ و تو[3] (۲۰۰۶) است. هنگ و تو (۲۰۰۶) لگاریتم شدت انرژی را تابع لگاریتم شدت انرژی برق، لگاریتم قیمت انرژی برق و روند زمانی(فناوری) معرفی می‌کند. ساختار تصریح مدل کلارد و همکاران (۲۰۰۵) و گزارش دیده‌بانی کسب‌وکار الکترونیکی به‌صورت زیر است. ابتدا تابع تقاضا به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E = P^{\alpha}\,\Theta^{\beta}\,E(-1)^{\gamma} \qquad (۱)$$

E مصرف برق، P قیمت برق، Θ پیشرفت فناوری، E(-1) مصرف برق دوره قبل است. حال با فرض $\beta=1$، لگاریتم رابطه رفتاری متغیرهای بالا برابر است با:

$$\log(E) = \alpha\log(P) + \log(\Theta) + \gamma\log(E(-1)) \qquad (۲)$$

---

[1] Collard, Feve and Portier
[2] e-Business Watch
[3] Hang and Tu

که در آن $\log\Theta$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Log}(\Theta) = \theta_0 + \theta_t t + \theta_c \log(K_C/K) + \theta_{CS} \log(K_{CS}/K) \quad (۳)$$

در رابطهٔ ۳، .θ عرض ازمبدأ، θ_t ضریب روند زمانی، K_C موجودی سرمایه ارتباطات K_{CS} موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه، θ_cو θ_{cs} ضرایب این دو متغیر و K موجودی سرمایه کل است. حال از جایگذاری رابطهٔ ۳ در رابطهٔ ۲، رابطهٔ ۴ به‌دست می‌آید:

$$log(E/Y)_{it} = \theta_0 + \theta_t t + \alpha\, log(p)_{it} + \gamma\, log[(E/Y)(-1)]_{it} + \theta_C log(K_C/K)_{it} + \theta_{cs} log(K_{CS}/K)_{it} + \gamma_{it} \quad (۴)$$

با توجه به مقیاس متفاوت کشورهای مورد بررسی، متغیر مصرف انرژی (E) با متغیر شدت انرژی برق (E/Y) جایگزین شده است. شدت انرژی دوره قبل نیز ((E/Y(-1)) به‌جای سایر عوامل به‌عنوان تقریب وارد مدل می‌شود.

۴-۱. شرح متغیرها و منابع داده‌ها

مجموعه کشورهای مورد نظر برای مطالعه در این مقاله، کشورهای در حال توسعه بوده است. کشورها از نظر زیرساخت‌های فاوا تفاوت زیادی دارند. در بیشتر تحقیقات تجربی انجام یافته روش عملیاتی برای دسته‌بندی کشورها وجود نداشته و بیشتر بر معیارهای غیرکمّی از قبیل در حال توسعه بودن، منطقه‌ای و نظایر آن استوار بوده‌اند. در این مقاله از الگوی طبقه‌بندی اربیکام[1] (۲۰۰۸) استفاده شده است. در این الگو کشورها به پنج گروه تقسیم شده‌اند. کشورهای گروه «الف» و «ب» بیشتر کشورهای توسعه‌یافته و پیشرو در فاوا هستند. کشورهای گروه «ج» و «د» عموماً کشورهای در حال توسعه را پوشش می‌دهند. کشورهای واقع در گروه «ه» کشورهایی هستند که از نظر فاوا چندان وضعیت مناسبی ندارند. از آنجا که هدف این مطالعه، ارزیابی اثرهای فاوا بر شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه است بنابراین، کشورهای گروه «ج» و «د» مدنظر قرار گرفته و از میان آنها ۲۵ کشور منتخب که همگنی بیشتری دارند، برای مطالعه انتخاب شده‌اند. دوره زمانی نیز سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۰۸ است. متغیرهای مدل نیز شدت انرژی برق، قیمت برق، شدت انرژی دوره قبل، موجودی سرمایه کل و موجودی سرمایه فاوا هستند. شرح متغیرهای به‌کار رفته در مدل عبارت است از:

شدت انرژی برق: متغیر شدت انرژی برق (E/Y) میزان انرژی برق مورد نیاز را برای ایجاد هر واحد تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد. در واقع این متغیر، مقیاس کارایی یک اقتصاد در تبدیل انرژی به تولید ناخالص داخلی است. (Y) تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال

[1] Orbicom

۲۰۰۰ بوده و (E) مصرف انرژی برق بر حسب کیلو وات ساعت است. داده‌های مربوط به این متغیر از WDI(2009)[1] استخراج شده است.

قیمت برق: قیمت برق برای کشورهای منتخب از ترازنامه انرژی سال‌های ۷۴ تا ۸۹ بر حسب (دلار/کیلو وات ساعت) و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ استخراج شده است.

موجودی سرمایه کل: سرمایه یک عامل تولید است که در تولید انواع کالاها و خدمات نقش ایفا می‌کند. به‌جهت فقدان داده‌های موجودی سرمایه کل باید مقدار این متغیر محاسبه شود که برای این منظور از روش PIM[2] استفاده شده است. این روش به پیشنهاد سازمان ملل متحد، به‌طور تقریبی در بیشتر کشورها استفاده می‌شود.[3] روش PIM به‌صورت زیر است:

$$_{t} = I_t + (1-\delta)K_{t-1} \qquad (۵)$$

برای به‌دست آوردن موجودی سرمایه اولین دوره نیز از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$K_0 = \frac{I_{ict}}{(\delta + \gamma_{ict})} \qquad (۶)$$

K_t موجودی سرمایه سال t، K_{t-1} موجودی سرمایه سال t-1، I_t سرمایه‌گذاری در سال t، I_{t-1} سرمایه‌گذاری در سال t-1، δ نرخ استهلاک و ۲ متوسط نرخ رشد سرمایه‌گذاری در دورهٔ مورد نظر است. نرخ استهلاک در نظر گرفته شده برای محاسبه موجودی سرمایه کل، با استناد به مطالعهٔ لی[4] ۵ درصد در نظر گرفته شده است. داده‌های تشکیل سرمایه ثابت ناخالص به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ از WDI (2009) استخراج شده است.

موجودی سرمایه فاوا: برای محاسبه متغیر موجودی سرمایه فاوا از داده‌های موجود در WITSA (2009)[5] استفاده می‌شود. داده‌های موجود در WITSA مخارج فاوا هستند در حالی‌که محاسبه موجودی سرمایه، نیاز به داده‌های سرمایه‌گذاری دارد. در WITSA داده‌های مربوط به فاوا به دو جزء داده‌های IT (نرم‌افزار، سخت‌افزار و خدمات فاوا) و داده‌های CT (ارتباطات) تفکیک شده است. از آنجا که خدمات جزء سرمایه‌گذاری محسوب نمی‌شود؛ به‌تبعیت از پاجولا[6]

---

[1] World Development Indicator
[2] Perpetual Inventory Method
[3] Amini and Neshat (2005) and Rahmani and Hayati (2007)
[4] Lee (2005, 2006)
[5] World Information Technology Systems and Alliances (WITSA)
[6] Pohjola

(۲۰۰۲) و اسکریر[1](۲۰۰۰) ارقام مربوط به خدمات از مجموع رقم IT کسر شده است. سپس با روش PIM موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار فاوا (K_{CS}) و موجودی سرمایه ارتباطات (K_C) محاسبه شده است. شایان ذکر است با استناد به مطالعهٔ محمودزاده (۲۰۱۱) نرخ استهلاک نرم‌افزار فاوا ۳۳ درصد، نرخ استهلاک سخت‌افزار فاوا ۱۴ درصد و نرخ استهلاک ارتباطات ۹ درصد در نظر گرفته شده است. همچنین از آنجا که داده‌های مربوط به مخارج فاوا موجود در WITSA به قیمت جاری و دلار امریکاست؛ با استفاده از شاخص بهای مصرف‌کننده (سال پایه ۲۰۰۰) تعدیل شده است.

۴-۲. نتایج تجربی

قبل از برآورد مدل،پایایی متغیرها ارزیابی می‌شود. برای این منظور از دو روش که از مهم‌ترین آزمون‌های ریشه واحد با داده‌های تلفیقی هستند؛ استفاده می‌شود. روش‌های مورد استفاده در این مقاله عبارتند از:

۱- آزمون لوین، لین و چو[2] (LLC)

۲- آزمون ایم، پسران و شین[3] (IPS)

در این آزمون‌ها فرضیه صفر، وجود ریشه واحد است. نتایج آزمون پایایی متغیرها برای مجموعه کشورهای منتخب در حال توسعه در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود متغیرهای الگو پایا نبوده و دارای ریشه واحد هستند اما تفاضل مرتبه اول آنها بیشتر I(1) است.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد داده‌های ترکیبی

متغیر	Levin, Lin & Chu t*	Im, Pesaran and Shin W-stat	نتیجه
ln E/Y	-۲/۲۰۴۲۲ (۰/۰۱۳۸)	۱/۴۳۵۲۸ (۰/۹۲۴۴)	ناپایا
ln P	-۱۰/۷۰۱۴ (۰/۰۰۰۰)	-۱/۳۹۸۶۳ (۰/۰۸۱۰)	ناپایا
ln K_C/K	-۹/۵۳۸۴۶ (۰/۰۰۰۰)	۰/۹۴۵۹۶ (۰/۸۲۷۹)	ناپایا

[1] Schreyer
[2] Levin, Lin and Cho (2002)
[3] Im, Pesaran and Shin (2003)

ادامه جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد داده‌های ترکیبی

متغیر	Levin, Lin & Chu t*	Im, Pesaran and Shin W-stat	نتیجه
$\ln K_{CS}/K$	-۳/۳۲۸۶۰ (۰/۰۰۰۴)	-۱/۰۳۷۳۴ (۰/۱۴۹۸)	ناپایا
d ln E/Y	-۹/۸۶۰۰۲ (۰/۰۰۰۰)	-۶/۷۸۲۶۸ (۰/۰۰۰۰)	پایا
d ln P	-۷/۴۵۶۴۶ (۰/۰۰۰۰)	-۱۴/۲۱۹۸ (۰/۰۰۰۰)	پایا
d ln K_C/K	-۱۰/۱۵۷۷ (۰/۰۰۰۰)	-۸/۰۱۵۳۷ (۰/۰۰۰۰)	پایا
d ln K_{CS}/K	-۹/۴۳۳۲۳ (۰/۰۰۰۰)	-۲/۳۸۱۳۰ (۰/۰۰۸۶)	پایا

توجه: اعداد داخل پرانتز معرف سطح احتمال است.

با توجه به اینکه اکثر متغیرهای مدل پایا نیستند، باید از وجود هم‌جمعی بین متغیرها جهت وجود رابطه بلندمدت اطمینان حاصل شود. اگر چه بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی دارای ریشه واحد هستند، ممکن است در بلندمدت ترکیب خطی این متغیرها پایا باشند. در این مقاله از آزمون کائو[1] (۱۹۹۹) جهت تحلیل هم‌جمعی استفاده می‌شود. بر اساس نتایج این آزمون که برای ۲۵ کشور منتخب در حال توسعه در جدول ۳ ارائه شده است؛ وجود رابطهٔ تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل تأیید می‌شود.

جدول ۳. نتایج آزمون هم‌جمعی کائو

روش آزمون	آماره آزمون (P-value)	فرض صفر	نتیجه آزمون
ADF	-۱/۷۵۹۳۱۵ (۰/۰۳۹۳)	عدم هم‌جمعی	رد فرضیه صفر

برای برآورد مدل از روش داده‌های تلفیقی و برای تشخیص نوع مدل ـ مدل داده‌های تلفیق شده،[2] مدل اثرهای ثابت[3] و مدل اثرهای تصادفی[4] ـ از دو آزمون F و هاسمن استفاده می‌شود. بر

[1] Kao
[2] Pooled Data
[3] Fixed Effect
[4] Random Effect

بر اساس نتایج حاصل از این دو آزمون، مدل از نوع اثرهای ثابت است. نتایج حاصل از برآورد مدل داده‌های تلفیقی برای مجموعه کشورهای منتخب در حال توسعه در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج حاصل از برآورد مدل

مدل‌ها / متغیر	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴
C	۰/۰۳۳۷۹ (۳/۶۲۶۳)	۰/۲۳۲۳ (-۸/۲۲۲۳)	۰/۰۲۸۶ (-۲/۷۷۲۱)	۰/۸۴۶۷ (۲/۴۱۵۴)
$LOG(K_{ICT}/K)$	-۰/۰۱۸۹ (-۴/۴۳۲۳)	—	-۰/۰۰۵۲ (-۱/۷۷۱۲)	—
$LOG(K_C/K)$	—	-۰/۰۰۷۵ (-۱/۳۰۶۸)	—	-۰/۰۰۳۳ (-۲/۱۲۸۱)
$LOG(K_{CS}/K)$	—	-۰/۰۱۱۵ (-۱/۲۰۵۲)	—	۰/۱۸۴۱ (۳/۸۳۴۷)
LOG(P)	-۰/۰۱۶۴ (-۲/۵۰۳۵)	-۰/۰۳۱۲ (-۵/۲۹۱۲)	-۰/۰۲۰۵ (-۲/۹۸۸۰)	-۰/۰۳۰۳ (-۱/۴۴۰۵)
LOG(E/Y(-1))	۰/۸۳۴۱ (۳۵/۶۱۹۱)	۰/۸۴۸۳ (۳۳/۱۵۹۳)	۰/۹۷۲۶ (۱۲۵/۳۲۸۸)	۰/۲۱۹۶ (۲/۲۸۱۶)
@TREND	—	—	-۰/۵۰۰۴ (-۲/۵۴۲۱)	-۰/۹۱۲۴ (-۱/۸۹۹۹)
R^2 adj	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۸
F_{test}	۲۴/۲۹ (۰/۰۰۰)^a	۱۶۹/۲۹۶ (۰/۰۳۴)^a	—	—
H_{test}	۳ (۰/۰۰۰۰)^b	۴ (۰/۰۰۰۳)^b	—	—
روش برآورد	FE	FE	GMM	GMM

توجه:

- اعداد داخل پرانتز مقادیر آماره t هستند. a احتمال پذیرش فرضیهٔ صفر در آزمون F است. b احتمال پذیرش فرضیهٔ صفر در آزمون هاسمن است.
- مدل ۱ روش‌داده‌های تلفیقی مدل به روش داده‌های تلفیقی دو سویه با اثرهای ثابت مدل ۳ دولتی برآوری گشتاوری‌های تعمیم یافته است.

مدل ۱ نتایج حاصل از برآورد مدل به روش داده‌های تلفیقی که متشکل از اثرهای مقطع (کشورهای مختلف) و اثرهای زمان است است. در این حالت نسبت موجودی سرمایه فاوا (K_{ICT}) ـ که از ترکیب موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار فاوا (K_{CS}) و موجودی سرمایه ارتباطات (K_C) حاصل آمده ـ به کل موجودی سرمایه (K)، به‌عنوان متغیر توضیحی که مبین تعمیق سرمایه[1]است؛ در نظر گرفته شده است. نتایج حکایت دارد که در مجموع، کاربرد سرمایه فاوا در مجموعه کشورهای منتخب در حال توسعه، کاهش مصرف انرژی را در پی داشته است. این موضوع حاکی از غلبه اثر جانشینی انتشار فاوا بر اثر درآمدی است.

چنانکه مشخص است قیمت انرژی نیز بر مصرف آن، اثر کاهنده داشته و شدت انرژی دوره قبل اثر مثبت بر مصرف انرژی دوره بعد دارد.[۲] حال با توجه به اینکه ترکیب موجودی سرمایه ارتباطات با سخت‌افزار و نرم‌افزار ممکن است منجر به بروز خطای تجمیع شود و اطلاعات دقیقی از انواع سرمایه ارائه نکند؛ از این‌رو، موجودی سرمایه فاوا (K_{ICT}) به دو جزء موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار فاوا (K_{CS}) و موجودی سرمایه ارتباطات (K_C) تفکیک می‌شود. دلیل این تفکیک این است که ارتباطات در کشورهای در حال توسعه نسبت به سخت‌افزار و نرم‌افزار از نفوذ بیشتری برخوردار است و دولت‌ها بیشترین سرمایه‌گذاری‌ها را در این زمینه انجام می‌دهند به‌گونه‌ای که بیش از ۶۵ درصد مخارج فاوا این کشورها در بخش ارتباطات انجام می‌شود.[۳] متناسب با گستردگی و نفوذ بالای ارتباطات، کاربری آن نیز در حوزه‌های اقتصادی و بازرگانی گسترش یافته است. هر چند تقاضا برای سخت‌افزار و نرم‌افزار در سال‌های اخیر افزایش یافته همچنان ضریب نفوذ بالایی ندارد؛ ضمن اینکه هنوز تقاضا برای سخت‌افزار و نرم‌افزار به‌عنوان کالا صورت می‌گیرد و نتوانسته است به‌صورت گسترده در حوزه‌های مختلف به‌کار گرفته شود. بنابراین، انتظار می‌رود اثر ارتباطات بر شدت انرژی منفی ولی اثر سخت‌افزار و نرم‌افزار مثبت باشد. در جهت آزمون این فرضیه، سرمایهٔ فاوا به دو جزء سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار و سرمایه ارتباطات تفکیک شده است.

نتایج حاصل از آزمون F و هاسمن مبین برآورد مدل با اثرهای ثابت بوده و با توجه به توضیحات مذکور، مدل به روش داده‌های تلفیقی دوسویه با اثرهای ثابت برآورد و نتایج حاصل از آن در مدل ۲ ارائه شده است. شواهد حاکی از آن است که در کشورهای منتخب در حال توسعهٔ کاربرد موجودی سرمایهٔ ارتباطات فاوا منجر به کاهش شدت انرژی شده است. به‌بیان

---

[1] Capital Deeping

[۲] مدل بدون متغیر وابسته با وقفه نیز برآورد گردید. نتایج نشان می‌دهد علامت متغیرهای مستقل تغییر نکرده و تنها مقادیر، اندکی تغییر می‌کند که این موضوع بیانگر پایداری ضرایب است.

[3] Vista (2009)

دیگر با افزایش یک درصدی موجودی سرمایه ارتباطات، شدت انرژی برق به‌میزان ۰/۰۰۷ درصد کاهش می‌یابد هرچند مقادیر آن ضعیف است. از سوی دیگر، با افزایش یک درصدی موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار فاوا، شدت انرژی برق به‌میزان ۰/۰۱۱ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین، اثر جانشینی بیشتر از اثر درآمدی بوده و تقاضا برای کالاهای فاوا، شدت انرژی را کاهش می‌دهد. شواهد نشان می‌دهد بیشترین سهم اثرگذاری بر مصرف انرژی مربوط به مصرف انرژی دورهٔ قبل است به‌گونه‌ای که یک درصد رشد مصرف یک دوره، ۰/۸۴ درصد، مصرف دورهٔ آینده را افزایش خواهد داد. بدین ترتیب مفهوم چسبندگی مصرف تأیید می‌شود. از طرفی چنان که قابل انتظار است؛ رشد قیمت انرژی برق، کاهش مصرف و درنتیجه تقاضای آن را در پی داشته که این موضوع با انتظارات نظری همخوانی دارد.

با توجه به این موضوع که متغیر وابسته با یک وقفه در معادله ظاهر می‌شود؛ ممکن است برآورد آماری به روش‌های سنتی (اثرهای ثابت و تصادفی)، نتایج ناسازگاری را در پی داشته باشد.[1] در این حالت روش برآوردی گشتاورهای تعمیم‌یافته GMM[2] از کارایی بیشتری برخوردار خواهد بود. در ادامه برآورد الگو با استفاده از این روش نیز صورت می‌گیرد. در این روش از وقفه متغیرهای توضیحی موجود در الگو به‌عنوان متغیرهای ابزاری استفاده می‌شود. نتایج حاصل از برآورد الگو به این روش به‌ترتیب در مدل‌های ۳ و ۴ جدول ۴ ارائه شده است. در مجموع این روش تفاوت‌های بسیار زیادی با روش‌های سنتی دارد؛ هرچند نتایج آنها مشابه یکدیگر است. برآورد به روش GMM نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی موجودی سرمایه فاوا، شدت انرژی برق را ۰/۰۰۵ درصد کاهش می‌دهد. در ستون ۴ که نتایج حاصل از برآورد الگو به‌روش گشتاورهای تعمیم یافته برای متغیرهای تفکیکی فاوا ارائه شده، افزایش موجودی سرمایه ارتباطات منجر به کاهش شدت انرژی شده و افزایش موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار فاوا افزایش شدت انرژی را در بردارد. از آنجا که اثر افزایشی شدت انرژی بر اثر کاهشی آن غلبه دارد در مجموع می‌توان ادعا نمود که اثر درآمدی بر اثر جانشینی غلبه دارد. در اینجا نیز رشد موجودی سرمایه ارتباطات کاهش شدت انرژی و رشد موجودی سرمایه سخت‌افزار و نرم‌افزار فاوا افزایش شدت انرژی برق را در پی داشته است. همچنین قیمت برق و تغییرات فناوری بر مصرف انرژی برق اثر منفی داشته است. در این روش نیز اثر چسبندگی مصرف دوره گذشته به‌خوبی مشاهده می‌شود.

---

[1] Wooldrig (2002)
[2] Generalized Method of Moments

۵. نتایج

در این مقاله اثر تعمیق سرمایه فاوا بر شدت انرژی برق در ۲۵ کشور منتخب در حال توسعه در دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۸ مطالعه شده و نتایج زیر به‌دست آمده است:

- مطابق با انتظارات نظری، افزایش قیمت انرژی برق و بهبود فناوری بر شدت انرژی برق اثر منفی دارند.
- برخی انواع سرمایه فاوا نظیر سخت‌افزار و نرم‌افزار بر مصرف انرژی تأثیر مثبت داشته (اثر درآمدی) و برخی دیگر نظیر ارتباطات دارای تأثیر منفی (اثر جانشینی) هستند. در مجموع اثر خالص انتشار فاوا بر مصرف انرژی، مثبت بوده و بدین‌ترتیب تقاضا برای محصولات فاوا، شدت انرژی را افزایش می‌دهد.

استفاده روزافزون از کالاهای فاوا توسط خانوارها و دولت‌ها در کشورهای در حال توسعه، افزایش مصرف انرژی را در پی داشته و از دیگر سو، نفوذ و گسترش همه‌جانبهٔ ابزار ارتباطات صرفه‌جویی انرژی را باعث شده است. آثار منفی ارتباطات بر شدت انرژی به چند دلیل اتفاق می‌افتد: نخست، قدمت و پیشینه ابزارهای ارتباطات در کشورهای در حال توسعه طولانی است و از نفوذ و گستردگی بالایی در میان فعالان اقتصادی برخوردار است و در نتیجه شبکه‌های ارتباطاتی شکل گرفته و از بازده مقیاس طرف تقاضا برخوردار است. بنابراین، شبکه‌های ارتباطاتی در کشورهای در حال توسعه بالاتر از سطح آستانه‌ای قرار می‌گیرند. بر این اساس شبکه‌های ارتباطاتی جایگزین بسیاری از ارتباطات فیزیکی شده و در مجموع صرفه‌جویی انرژی را در پی داشته است. دوم، شبکه‌های ارتباطاتی از فناوری‌هایی با هدفمندی عموم مردم[1] محسوب می‌شود که توانایی اثرگذاری در تمامی بخش‌های اقتصادی را داراست و به‌سرعت و سهولت فراگیر می‌شود. کافی است به پیشینهٔ ضریب نفوذ تلفن ثابت و همراه در این کشورها توجه شود. مطالعات آنکتاد[2] (۲۰۰۹) نشان می‌دهد که ضریب جینی شبکه‌های ارتباطاتی به‌شدت کاهش یافته است. به بیان دیگر، سه مرحله برای توسعه و بلوغ فاوا تعریف می‌شود که مشتمل بر مرحلهٔ آمادگی، مرحلهٔ کاربری و مرحلهٔ پیامدهاست. شبکه‌های ارتباطاتی بیشتر در مرحلهٔ سوم قرار دارند. نکتهٔ سوم مربوط به اثرهای سرریز و بازدهی اجتماعی است. شبکه‌های ارتباطاتی علاوه بر منافع فردی به‌شدت بر بازدهی‌های اجتماعی اثرگذار هستند.

موضوع سخت‌افزار و نرم‌افزار تا حدی متفاوت است. خرید کالاهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، لزوماً منجر به شکل‌گیری شبکه‌های کاربری نمی‌شود و همانند سایر کالاهای فیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این صورت خرید محصولات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری

---

[1] General Purpose Technology (GPT)
[2] UNCTAD

همانند سایر محصولات الکتریکی افزایش مصرف انرژی را در پی خواهند داشت. به‌عبارت دیگر فواید و پیامدهای کالاهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری می‌تواند در بعد فردی محدود شده و پیامدهای اجتماعی را در پی نداشته باشد. افزون بر این، در کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای محصولات فاوا بیشتر در بخش‌های خانوار و دولت افزایش یافته است تا بنگاه‌های اقتصادی. بنابراین، آثار اولیه آن بر شدت انرژی ملموس و آشکار است. آثار ثانویه و پیامدهای مثبت آنها زمانی شکل می‌گیرد که شبکه‌های ارتباطاتی و الکترونیکی به‌وجود آمده و کاربردهای الکترونیکی افزایش یابد. در این صورت اثرهای جانشینی سخت‌افزار و نرم‌افزار نیز آثار جانشینی ارتباطات را تقویت خواهد کرد. بی‌تردید گسترش شبکه‌های الکترونیکی و ارتباطاتی و گسترش کاربردهای فاوا در بخش‌های اقتصادی و بازرگانی، اثرهای فاوا را بر صرفه‌جویی انرژی در کشورهای در حال توسعه آشکار خواهد کرد و فواید و بازدهی‌های اجتماعی را به موازات بازدهی‌های فردی تقویت خواهد نمود.

۶. توصیه‌های سیاستی

- توسعهٔ سرمایه‌گذاری برای فراهم نمودن بسترهای ارتباطاتی مناسب به‌منظور کاهش هزینه‌های دسترس به اینترنت و تشویق کاربران به فعالیت در محیط‌های مجازی.
- تأکید بر توسعهٔ کاربری فاوا به‌جای تولید آن (به‌دلیل نبود مزیت نسبی در تولید فاوا)، به‌منظور بهره‌برداری از توان بالای فاوا و گسترش اندازهٔ شبکهٔ کاربران.
- اجرای سیاست‌های بخشی و تأکید بر بخش‌های بیش فاوا، به‌منظور بسط کاربردهای فاوا.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مآخذ

Amini, A. R., & Neshat, H. M. (2003). Time series estimation of capital stock in iran economy 1959-2002. *Plan and Budjet Journal*, 90, 53-86.

Arnfalk., P. (2002). Virtual mobility and pollution prevention.Lund University. *The International Institute for Industrial Environmental Economics*.

Power Ministry of Iran. Balance of Energy, *Electricity & Energy Office*. (1995-2008).

Bresnahan, T. F., Stern, S., & Trajtenberg, M. (1995*). General purpose technologies "engines of growth?"*. NBER Working Papers 4148. Cambridge, M. A.

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(9), 4730-4738.

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

e-Business Watch (2008 a). The implication of ict for energy consumption. A cross-sectoral study by RWTH Aachen university & diw Berlin. Impact Study No. 09/2008European Commission, *Enterprise& Industry Directorate General*. 14.

Hang, L., & Tu, M. (2006). The impacts of energy prices on energy intensity: Evidence from china, *Energy Policy*, 35, 29-78.

Huber., P., & Mills, M. (1999). *Dig more coal- the PCs are coming, Forbes*, 31 May. 70-72.

Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.

Ishida, H., & Yanagisawa, A. (2003). Impact assessment of advancing ICT orientation on energy uses-consideration of a macro assessment model, *IEEJ*, May 2003.

Jovanovic, B., & Rousseau, P. (2005). General purpose technologies. NBER Working Paper W11093. Cambridge, M.A.

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

Laitner, J., & Ehrhardt-Martinez, K. (2008). Information and communication technologies: The power of productivity. How ICT sectors are transforming the economy while driving gains in energy productivity, *American Council for Energy-Efficient Economy* (ACEEE), Report E081, February.

Lee, G. (2005). Direct versus indirect international R&D spillovers. *Information Economics and Policy*, 17, 334-348.

Lee. G. (2006).The effectiveness of international knowledge spillover channels. *Europian Economic Review*, 50, 2075-2088.

Levin, A., Lin, C., & Cho, C. J. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1-24.

Mahmudzade, M., & Asadi, F. (2007). The effects of information and communication technology on total factor productivity in iran economy. *Iranian Journal of Trade study*, 43(2), 153-182.

Mahmudzade, M. (2011). The effects of information and communication technology on total factor productivity growth in selected developing countries. *Iranian Journal of Trade study*, 57(4), 29-64.

Orbicom. (2008). From the digital divide to digital opportunities: Measuring infostate for development. *Quabec: National Research Council of Canada*.

Pohjola, M. (2002).The new economy in growth and development. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(3), 380-396.

Popp, D. C. (2002).I nduced innovation and energy prices. *American Economic Review*, 92(1), 160-180.

Popp, D. C. (2001). The effect of new technology on energy consumption. *Resource and Energy Economics*, 23(3), 215-239.

Postel-Vinay, G. (2002). *Can telework save energy? A French Outlook*, ECRIN, France.

Rahmani, T., & Hayati, S. (2008). The effects of information and communication technology on total factor productivity: cross country study. *Journal of Iran Economy Researchs.*33(4), 25-51.

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

Schreyer, P. (2000). The contribution of information and communication technology to output growth: A study of G7 Countries. STI working paper 2000/2, Paris, OECD.

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

UNCTAD. (2009). Information economy report: The development perspective, United Nations, New York and Geneva.

World Bank. (2009). *World Development Indicators*.

World Information Technology Systems and Alliances. The digital Planet. (2002,2009,2010). The global information economy.