فصلنامهٔ مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری‌عمومی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۲۴، پائیز ۹۶

نقش آموزش بر رابطهٔ فناوری اطلاعات و ارتباطات و شدت انرژی: یک تحلیل بین کشوری[۱]

وحید کفیلی،[۲] سعید هاشمی،[۳] فائزه مرندی[۴]

چکیده

در تحقیق حاضر، نویسندگان می‌خواهند به این پرسش پاسخ دهند که آیا سطح آموزش بالاتر می‌تواند زمینه‌ساز استفادهٔ بیشتر از مزایای فناوری اطلاعات و ارتباطات برای کاهش شدت انرژی باشد؟ برای این منظور، به برآورد عوامل مؤثر بر شدت انرژی با استفاده از داده‌های ۱۱۹ کشور (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ م) پرداخته شده است. کشورها به دو گروه کشورهای توسعه‌یافته (کشورها با توسعه انسانی بسیار بالا) و کشورهای درحال‌توسعه (کشورهای با سطح توسعهٔ بالا، متوسط و پایین) تقسیم شده است. نتایج برآورد برای هر دو گروه نشان می‌دهد که افزایش سطح آموزش باعث افزایش بهره‌مندی از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای کاهش شدت انرژی می‌شود. به عبارت دیگر، رابطهٔ فاوا با شدت انرژی از طریق گسترش آموزش قوی‌تر می‌شود؛ بنابراین گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات در کنار افزایش سطح آموزش می‌تواند سیاستی مؤثرتر برای کاهش شدت انرژی و درنتیجه افزایش امنیت تأمین انرژی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی باشد.

۱. تاریخ دریافت : ۹۶/۴/۱۲ تاریخ پذیرش:۹۶/۶/۳۱
۲. دکترای اقتصاد از دانشگاه شهیدچمران اهواز؛ رایانامه: ayhan_vahid01@yahoo.com
۳. کارشناس ارشد اقتصاد؛ رایانامه: saeed.hashemi144@gmail.com
۴. کارشناس ارشد اقتصاد؛ رایانامه: marandifaezeh@yahoo.com

کلیدواژه‌ها: شدت انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، آموزش
طبقه‌بندی JEL: L86، Q4، A20

۱. مقدمه

انرژی سهم بی‌بدیلی را در رشد اقتصادی و توسعه به خود اختصاص داده است (Narayanan & Sahu, 2010). مصرف انرژی برای توسعهٔ پایدار کشورها حیاتی است؛ به‌نحوی که عدم استفادهٔ کارا از انرژی می‌تواند منجر به عواقب جدی برای اقتصاد از جمله تهدید توسعهٔ پایدار، کاهش امنیت تأمین انرژی و مشکلات زیست‌محیطی شود (Adom & Kwakwa, 2014). شوک قیمت نفت در دههٔ ۱۹۷۰م همراه با گسترش شهرنشینی، صنعتی شدن و مشکلات زیست‌محیطی باعث شد که مسئلهٔ استفادهٔ کارا از انرژی با اهمیت بیشتری مطرح شود. یکی از پدیده‌های نوظهور که می‌تواند در بهره‌وری انرژی مؤثر باشد، فناوری اطلاعات و ارتباطات است. در دهه‌های اخیر، فناوری اطلاعات و ارتباطات نقش فزاینده‌ای در بهبود بهره‌وری ایفا کرده است. این فناوری از یک‌سو با کاهش مصرف انرژی در هر سه فرایند تولید، توزیع و مصرف می‌شود و از طرف دیگر، به‌واسطهٔ ابزار جدید باعث تقاضا برای مصرف انرژی (هم در فرایند تولید و هم فرایند مصرف) می‌شود. اثر اول اثر جانشینی و اثر دوم اثر درآمدی نامیده می‌شود (Edquist, Hommen & McKelvey, 2010). برآیند این دو اثر می‌تواند در سطح معینی از تولید منجر به کاهش یا افزایش مصرف انرژی شود که در نتیجه باعث کاهش یا افزایش شدت انرژی (بهره‌وری انرژی) خواهد شد. باور غالب این است که گسترش این فناوری می‌تواند شدت انرژی را (مخصوصاً بخش‌هایی با انرژی‌بری بالا) کاهش دهد (Bernstein & Madlener, 2008). برای ظهور و بروز اثرهای به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات، لازم است میزان زیرساخت‌ها و کاربران از حد آستان‌های بیشتر باشد (Shiu and Lam, 2008) که به آن اثرهای شبکه‌ای گفته می‌شود. وجود زیرساخت‌ها و ابزار فناوری اطلاعات و ارتباطات شرط لازم و توان به‌کارگیری بهینهٔ این ابزار شرط کافی برای تأثیرگذاری این فناوری است. آموزش یک عامل کلیدی در پذیرش تکنولوژی‌های جدید است (Vu, 2005). سطح آموزش بالاتر شهروندان، زمینه را برای آگاهی بیشتر برای استفاده از ابزار فناوری اطلاعات و ارتباط فراهم می‌کند و می‌تواند زمینه را برای تأثیر بیشتر این فناوری در حوزه‌های مختلف از جمله بهره‌وری انرژی فراهم کند. بر همین مبنا، پیش‌بینی اولیه این است که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر کاهنده بر شدت انرژی دارد و جوامع با سطح آموزش بالاتر می‌توانند از آثار مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات برای کاهش شدت انرژی به میزان بیشتری بهره‌مند شوند.

شناخت عوامل ایجاد تفاوت در بروز اثرهای گسترش فناوری اطلاعات می‌تواند برای

سیاست‌گذاران در جهت کاهش شکاف با کشورهای موفق راهگشا باشد. بر همین اساس، در این تحقیق تلاش شده است تأثیر سطح آموزش در فرایند تأثیرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در قالب یک تحلیل بین کشوری ارزیابی شود. در ادامه، ابتدا ادبیات تحقیق در باب نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در شدت انرژی و نقش آموزش مطرح شده است. با معرفی الگوی تحقیق و روش تحلیل آماری نتایج بررسی آماری را ارائه و فرضیهٔ تحقیق را آزمایش می‌کنیم. نتیجه بخش پایانی تحقیق است.

۲. ادبیات تحقیق

فناوری اطلاعات و ارتباطات دانشِ نوینی است که تمامی ابعاد زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده است. حوزهٔ اقتصاد از مهم‌ترین حوزه‌های تحت تأثیر این فناوری است. از اوایل دههٔ ۱۹۸۰ م، فناوری اطلاعات و ارتباطات نقش فزاینده‌ای را در فرایند تولید ایفا کرده است. نقش فزایندهٔ این پدیده و گسترش سریع آن باعث شده است محققان حوزه‌های مختلف علم توجه بیشتری به آن داشته باشند. یکی از این حوزه‌ها انرژی است. استفاده از این فناوری در تولید و مصرف انرژی می‌تواند بازار انرژی و مصرف آن را تحت تأثیر قرار دهد. گسترش فاوا نقش مستقیم اندکی در فرایند بهبود کارایی انرژی دارد (Coroama & Hilty, 2009)؛ اما به‌صورت غیرمستقیم تأثیرات بسیار مهمی بر بهبود بهره‌وری انرژی می‌گذارد. فناوری اطلاعات و ارتباطات این امکان را فراهم می‌کند که مصرف انرژی و هزینه‌های انرژی در سطح معینی از تولید کاهش پیدا کند (اثر جانشینی). از طرفی گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند با ارائهٔ کالاهای جدید، زمینهٔ جدیدی برای تقاضای انرژی ایجاد کند. روم[5] (۲۰۰۲) صرفه‌جوئی انرژی ناشی از به‌کارگیری فاوا را به دو بخش تقسیم می‌کند: دستاوردهای برگرفته از بهبود بهره‌وری به دلیل بهبود مدیریت تولید و دستاوردهای ساختاری مانند کاهش نیاز به حمل‌ونقل. وجود فاوا کاهش نیاز به جابه‌جایی فیزیکی، افزایش سرعت انتقال اطلاعات و کاهش هزینهٔ انتقال اطلاعات را در پی دارد. بر همین اساس، می‌توان در کنار عوامل مختلف ــ مانند قیمت‌گذاری انرژی، مساحت، شرایط جغرافیائی، ساختار اقتصادی و استاندارد زندگی ــ از فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌عنوان عامل مؤثر بر میزان انرژی مصرفی برای تولید هر واحد پولی از تولید نام برد.

این فناوری به‌عنوان یکی از تکنولوژی‌های همراه با مصارف عمومی[6] (Takase & Murota, 2004) را می‌توان به‌عنوان ابزار تحقق رشد اقتصادی سبز در نظر گرفت (Schulte, Welsch & Rexhäuser, 2014)؛ زیرا استفاده از این فناوری در ضمن بهبود سطح بهره‌وری عوامل تولید

5. Romm
6. General purpose technology

تحقق رشد اقتصادی، می‌تواند مصرف و شدت انرژی را کاهش دهد. به عبارت دیگر، گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات پتانسیل ایجاد یک بازی برد ـ برد را فراهم می‌کند که در آن تولید بیشتر با انرژی کمتر حاصل می‌شود (Ishida, 2015).

پذیرش و به‌کارگیری این فناوری توسط افراد یک جامعه در کنار وجود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، لازمهٔ بروز آثار این فناوری نوین است. سطح آگاهی افراد جامعه سهم عمده‌ای در فرایند پذیرش فناوری‌های نوین ازجمله فناوری اطلاعات و ارتباطات دارد. آموزش اقشار جامعه زمینه را برای پذیرش و همچنین استفادهٔ بهینه از ابزار ارتباطی و اطلاعاتی فراهم می‌سازد. کاسلی و کولمن[7] (۲۰۰۱) بر تأثیر سطح آموزش در انطباق با کامپیوتر، لی[8] (۲۰۰۰) در پذیرش تلفن همراه و چین و فایرلیه[9] (۲۰۰۷) در پذیرش و انطباق با کامپیوتر و این‌ترنت تأکید کرده‌اند، اما هارگیتای[10] (۱۹۹۹) و نوریس[11] (۲۰۰۰) اثر غیر معنی‌دار آموزش بر اثرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات را گزارش کرده‌اند؛ بنابراین نتایج مطالعات متناقض هستند.

تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بسیاری از متغیرهای اقتصادی و غیراقتصاد بررسی شده است. در جدول ۱ برخی از مطالعات را آورده‌ایم:

جدول ۱. مطالعات تجربی

تأثیر فاوا بر تقاضا و شدت انرژی	تاکاشی و موروتا (۲۰۰۴)	تأثیر کاهنده برای ژاپن و فزاینده بر مصرف انرژی ایالات‌متحده
	کولارداو دیگران (۲۰۰۵)[11]	تأثیر منفی بر مصرف برق بخش خدمات فرانسه
	چو و همکاران (۲۰۰۷)[12]	تأثیر منفی بر تقاضای برق ۱۱ زیر بخش صنعت کرهٔ جنوبی
	ایشیدا (۲۰۱۵)	تأثیر کاهندهٔ تقاضای انرژی ژاپن
	شولت و همکاران (۲۰۱۴)	تأثیر فاوا بر کاهش تقاضای انرژی غیرالکتریکی کشورهای OECD
	صلاح‌الدین و عالم (۲۰۱۶)	تأثیر مثبت ICT بر بهره‌وری انرژی کشورهای OECD

7. Caselli and coleman
8. Lee
9. Chinn and Fairlie
10. Hargittai
11.Norris
12.Collard and et al
13.Cho et al.

	سیف‌الله (۱۳۸۷)	تأثیر مثبت تعداد کاربران اینترنت بر شدت انرژی کشورهای منتخب
	محمدیان منصور و گلخندان (۱۳۹۵)	تأثیر غیرخطی فاوا بر سرانهٔ مصرف انرژی ایران
تأثیر فاوا بر رشد اقتصادی	وو (۲۰۰۵)	تأثیر مثبت بر رشد ۵۰ کشور منتخب که ۹۰ درصد بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات را در اختیار دارند
	کوترومپیس (۲۰۰۹)[13]	تأثیر مثبت پهنای باند بر رشد کشورهای OECD
	وو (۲۰۱۱)	تأثیر مثبت بر رشد (تأثیر اینترنت بیشتر از تلفن همراه) ۱۰۲ کشور
	ساسی و گوآید (۲۰۱۳)[14]	تأثیر مستقیم مثبت و غیرمستقیم منفی بر رشد کشورهای حوزه منا
	ادکوئست هنرِکسون[15] (۲۰۱۷)	تأثیر مثبت ICT و r & d بر ارزش افزودهٔ ۴۷ صنعت سوئد
	کمیجانی و محمودزاده (۱۳۸۷)	تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی ایران
	عصاری آرانی و خوندابی (۱۳۸۷)	تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک
تأثیر فاوا بر بهره‌وری	ون آرک و همکاران[16] (۲۰۰۳)	تأثیر مثبت بر بهره‌وری نیروی کار در ۵۱ صنعت اتحادیهٔ اروپا و ایالات‌متحده
	مشیری و جهانگرد (۲۰۰۷)	تأثیر خالص مثبت بر بهره‌وری نیروی کار بخش صنعت ایران
	دیملیس و پاپایونو (۲۰۱۰)[17]	تأثیر معنی‌دار بر بهره‌وری کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته
	کومار و همکاران (۲۰۱۶)[18]	تأثیر مثبت بر تولید سرانهٔ نیروی کار کره جنوبی

14. Koutroumpis
15. Sassi & Goaied
16. Edquist & Henrekson
17. Van Ark and et al
18. Dimelis and Papaioannou

۳. روش تحقیق

۳. ۱. پایائی

وجود متغیرهای ناپایا در معادلهٔ رگرسیونی باعث ایجاد رگرسیون کاذب و عدم اعتبار آزمون‌های آماری خواهد شد. برخلاف رگرسیون سری زمانی، رگرسیون کاذب پانلی، با افزایش حجم نمونه($N,T \to \infty$) ضرایب سازگاری را حاصل می‌کند (Baltagi, 2008: 237)؛ اما اعتبار آزمون‌های آماری همچنان برقرار نیست. بر همین مبنا، لازم است آزمون‌های ریشهٔ واحد پانلی برای متغیرهای رگرسیون پانلی بررسی شود. آزمون‌های متعددی برای بررسی پایایی داده‌های ترکیبی ارائه شده است. لوین و همکاران[19] (LLC) به آزمون ریشهٔ واحدی قابل اتکا پرداخته‌اند. فرض صفر این آزمون وجود ریشهٔ واحد برای متغیر پانلی است. برای آزمون این فرضیه از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL} \Delta Y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mt} + u_{it} \qquad i = 1,...,n \quad t = 1,...,T \qquad (۱)$$

رابطهٔ ۱ خود رگرسیون مرتبهٔ اول با رفع خود همبستگی است که در آن d_{mt} متغیرهای قطعی هستند و d_{mt} بردار ضرایب قطعی هستند. فرض آزمون به‌صورت رابطهٔ ۲ بیان می‌شود:

$$\begin{cases} H_0 : \rho = 0 \\ H_1 : \rho \prec 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

رابطهٔ ۲ (رگرسیون دیکی فولر تعمیم‌یافته) برای هر یک از مقاطع برآورد می‌شود و وقفهٔ بهینه برای هر مقطع تعیین و به‌صورت زیر عمل می‌شود که:

ابتدا ΔY_{it} روی متغیرهای $\sum_{j=1}^{p_i} \lambda_i \Delta Y_{it-j}$ و بردار متغیرهای قطعی برآورد و خطاهای ناشی از رگرسیون ($\hat{e}_{it}$) محاسبه می‌شود. سپس Y_{it-1} روی متغیرهای $\sum_{j=1}^{p_i} \lambda_i \Delta Y_{it-j}$ و بردار متغیرهای قطعی برآورد و خطاهای ناشی از رگرسیون ($\hat{v}_{it}$) محاسبه می‌شود. برای کنترل واریانس متفاوت بین مقاطع، خطاهای به‌دست‌آمده نرمال می‌شوند($\tilde{e}_{it}, \tilde{v}_{it}$). رابطهٔ ۳ را از معادلهٔ رگرسیون تجمعی به دست آوریم:

$$\tilde{e}_{it} = \rho \tilde{v}_{it-1} + \varepsilon_{it} \qquad (۳)$$

رابطهٔ ۳ براساس $N\tilde{T}$ داده که در آن $\tilde{T} = T - \bar{P} - 1$ و $\bar{P}$ متوسط وقفه در آزمون

19. Levin Lin Chu Test

ADF برای مقاطع است. آمارهٔ تی به‌صورت زیر برای آزمون $\rho = 0$ به‌صورت رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود:

$$t_\rho = \frac{\hat{\rho}}{\sigma_{\hat{\rho}}}$$

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=2+p_i}^{T} \tilde{v}_{i,t-1}\tilde{e}_{it}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=2+p_i}^{T} \tilde{v}_{i,t-1}^2} \qquad \sigma_{\hat{\rho}} = \frac{\hat{\sigma}_{\tilde{\varepsilon}}}{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=2+p_i}^{T} \tilde{v}_{i,t-1}^2\right]^{1/2}} \qquad (۴)$$

$$\hat{\sigma}_{\tilde{\varepsilon}} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=2+p_i}^{T} (\tilde{e}_{it} - \hat{\rho}\tilde{v}_{i,t-1}^2)^2$$

اما برای آزمون، از یک آمارهٔ تعدیل‌شده تی نظیر رابطهٔ ۵ استفاده می‌شود:

$$t = \frac{t_\rho - N\tilde{T}\hat{S}_N \hat{\sigma}_{\tilde{\varepsilon}}^{-2}\hat{\sigma}(\hat{\rho}\sqrt{b^2 - 4ac})\mu^*_{m\tilde{T}}}{\sigma^*_{m\tilde{T}}} \qquad (۵)$$

در عبارت ۵ $\mu^*_{m\tilde{T}}$ و $\sigma^*_{m\tilde{T}}$ میانگین و انحراف معیار تعدیل‌کننده توسط LLC محاسبه شده است. آمارهٔ محاسبه‌شده با آماره‌های جدول سطح معناداری لین، لوین و چو (t تعدیل‌شده) مقایسه می‌شود. اگر آمارهٔ محاسبه‌شده از آمارهٔ جدول کوچک‌تر باشد، فرضیه وجود ریشه واحد برای آن متغیر رد نمی‌شود.

۳. ۲. رگرسیون پانلی

داده‌های پانلی ترکیبی از دو نوع از داده‌های سری زمانی و مقطعی است که منبع بسیار پرباری از اطلاعات در مورد اقتصاد است (Greene, 2003: 283). وجود دو بعد زمان و مقطع در داده‌های پانلی باعث شده است به کارگیری مدل‌های توضیح‌دهندهٔ آماری مناسبی که ویژگی‌های متغیرها را توصیف کند، پیچیده‌تر از مدل‌های استفاده‌شده در داده‌های مقطعی یا سری‌های زمانی باشد (Dougherty, 2007: 408). به طور کلی، رگرسیونی پانلی به‌صورت عبارت ۶ قابل بیان است:

$$Y_{it} = \beta_1 + \sum_{j=2}^{k}\beta_j X_{jit} + \sum_{p=1}^{s}\gamma_p Z_{p_i} + \delta t + \varepsilon_{it} \qquad (۶)$$

در رابطهٔ ۶ Y نشان‌دهندهٔ متغیر وابسته، X متغیرهای توضیحی مشاهده‌شده و Z نشان‌دهندهٔ

متغیرهای توضیحی غیرقابل مشاهدهٔ اثرگذار بر متغیر وابسته برای هر مقطع است و برای توضیح بهتر، این دسته متغیرها از مقادیر اجزای خطا جدا شده است. β_j پارامترهای مجهول رگرسیون، نماد i نشان‌دهندهٔ مقطع‌ها یا واحدهای مشاهده‌شده، t نشان‌دهندهٔ دورهٔ زمانی و p,j نشان‌دهندهٔ تفاوت بین متغیرهای مشاهده‌نشده و مشاهده‌شده در مدل است. عبارت نشان‌دهندهٔ خطای برآورد داده‌های ترکیبی است که تمامی شرایط مربوط به جملات خطا تحت فرضیات گوس‌ـمارکوف را دارا است. چنانچه اثرهای فردی یا ناهمگنی، بسیار جزئی (قابل‌چشم‌پوشی) یا وجود نداشته باشد رگرسیون (۱) به‌صورت (۲) خواهد بود:

$$Y_{it} = \beta_1 + \sum_{j=2}^{k} \beta_j X_{jit} + \delta t + \varepsilon_{it} \qquad (۷)$$

رگرسیون(۷) به رگرسیون تجمعی یا پولد[20] معروف است که در آن فرض می‌شود عرض از مبدأ و ضرایب شیب در طول زمان و مکان ثابت است. روش متداول در قالب‌ریزی مدل پانل دیتا، بر این فرض استوار است که اختلاف بین واحدها را میتوان به‌صورت تفاوت در عرض از مبدأ نشان داد. نحوهٔ اعمال این اختلاف نیز به دو روش رگرسیون اثرهای تصادفی و رگرسیون اثرهای ثابت انجام می‌شود. در روش اثرهای ثابت از متغیر دامی برای هر یک از قاطع استفاده میشود و فرض بر این است که اثرهای فردی با متغیرهای توضیحی دارای همبستگی است. رگرسیون اثرهای ثابت یک رگرسیون خطی کلاسیک است و هیچ شرط جدیدی برای تجزیه‌وتحلیل آن لازم نیست و میتوان مدل را با استفاده از روش حداقل مربعات برآورد کرد. چنانچه فرض همبستگی بین اثرهای فردی و متغیرهای توضیحی رد شود، لازم است که از روش اثرهای تصادفی برای برآورد استفاده شود. این روش دارای درجهٔ آزادی بیشتر است و امکان وارد کردن متغیرهای توضیحی را فراهم می‌کند که در داخل یک گروه مقادیر یکسانی را برای تمام مشاهدات به خود می‌گیرد (Asteriou, 2007: 371). همچنین تخمین‌زن اثرهای تصادفی از یک فرایند تخمین حداقل مربعات تعمیم‌یافته و تخمین‌زن اثرهای ثابت از حداقل مربعات معمولی به دست می‌آید و در نمونه‌های بزرگ تخمین زن GLS نسبت به OLS واریانس کمتری دارد (Hill, Griffiths & Lim, 2011: 557). برای تشخیص وجود تفاوت‌های فردی از آزمون چاو[21] (F لیمر) استفاده می‌شود. در این آزمون، رگرسیونی که اثرهای فردی را لحاظ می‌کند، رگرسیون غیر مقید[22] و رگرسیونی که عرض از مبدأ مشترک

20. Pooled regression
21. Chow
22. Unrestricted Regression

را در نظر می‌گیرد، رگرسیون مقید[۲۳] خواهد بود. آمارهٔ محاسباتی که دارای توزیع F است، به‌صورت عبارت ۸ خواهد بود:

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_{UR}) / (n-1)}{RSS_{UR} / (nT - K - n)} \qquad (۸)$$

اگر آمارهٔ محاسباتی در ناحیهٔ رد قرار گیرد باید از مدل اثرهای ثابت استفاده شود. با رد فرض وجود عرض از مبدأ مشترک برای مقاطع می‌توان یکی از مدل‌های اثرهای ثابت یا تصادفی را انتخاب کرد. برای انتخاب از بین دو مدل فوق از آزمون هاسمن[۲۴] استفاده می‌شود. فرض صفرِ این آزمون صحت استفاده از رگرسیون اثرهای تصادفی است. آمارهٔ محاسباتی آزمون هاسمن به‌صورت عبارت ۹ تعریف می‌شود:

$$H = (\hat{\beta}^{FE} - \hat{\beta}^{RE}) \left[Var(\hat{\beta}^{FE}) - Var(\hat{\beta}^{FE}) \right]^{-1} (\hat{\beta}^{FE} - \hat{\beta}^{RE}) \qquad (۹)$$

آمارهٔ محاسباتی دارای توزیع کای-دو با درجهٔ آزادی تعداد متغیرهای توضیحی است. اگر آماره محاسباتی در ناحیه رد قرار گیرد فرض استفاده از اثرهای تصادفی رد خواهد شد.

٤. مدل تحقیق

نمونهٔ آماری تحقیق شامل منتخبی از کشورهای درحال‌توسعه (۷۸ کشور) و توسعه‌یافته (۴۱ کشور) است.[۲۵] داده‌ها و منابع مورداستفاده از بانک جهانی و بانک اطلاعاتی سازمان ملل متحد

23. Restricted Regression
24. Hausman test

۲۵. آلبانی، الجزایر، آرژانتین، آذربایجان، ارمنستان، استرالیا، اتریش، باهاماس، بنگلادش، باربادوس، بلژیک، بلیز، بنین، بولیوی، بوستوانا، برزیل، بلغارستان، بروندی، کامبوج، کامرون، چاد، شیلی، چین، کلمبیا، کاستاریکا، کرواسی، کوبا، قبرس، چک، دانمارک، دومینیکن، جمهوری دومینیکن، اکوادور، مصر، السالوادور، استونی، اتیوپی، فیجی، فنلاند، فرانسه، گابن، آلمان، غنا، یونان، گواتمالا، هندوراس، هنگ کنگ، لهستان، ایسلند، هند، اندونزی، ایران، ایرلند ایتالیا، جامایکا، ژاپن، اردن، قزاقستان، کنیا، کره جنوبی، قرقیزستان، لاتویا، لسوتو، لیتوانی، لوکزامبورگ، ماداگاسکار، مالاوی، مالزی، مالدیو، مالی، مالتا، موریتانی، موریتوس، مکزیک، مولداوی، مراکش، موزامبیک، میانمار، نامیبیا، نپال، هلند، نیوزلند، نیکاراگوئه، نروژ، پاکستان، پاناما، پاراگوئه، پرو، فیلیپین، لهستان، پرتغال، قطر، رومانی، روسیه، عربستان، سنگال، سنگاپور، اسلواکی، اسلوونی، آفریقای جنوبی، اسپانیا، سوایزلند، سوئد، سوئیس، تاجیکستان، تانزانیا، تایلند، توگو، تونگا، ترینیدادوتوباگو، تونس، ترکیه، اوگاندا، اوکراین، بریتانیا، ایالات‌متحدهٔ آمریکا، اروگوئه، زامبیا.

برای دورهٔ زمانی ۳۱۰۲-۲۰۰۰ استخراج و استفاده شده است. برای بررسی فرضیه تحقیق، معادله زیر مورد برآورد قرار گرفته است:

$$LE_{it} = \alpha_i + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LLAND_i + \beta_3 LSER_{it} + \beta_4 LUR_{it} + \beta_5 LICT_{it} + \beta_6 \text{LED}_{it} . \text{LICT}_{it} + U_{it} \quad (۱۰)$$

که در آن LE نشان‌دهنده لگاریتم طبیعی شدت انرژی (بانک جهانی) است. در ادبیات اقتصادی، شدت انرژی به‌عنوان یک معیار سنجش کارایی مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Adom, 2013; Inés Pardo Martínez, 2010; Ang, 2006). $LGDP$ لگاریتم طبیعی تولید سرانه به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ (بانک اطلاعات سازمان ملل)، است که نشان‌دهندهٔ استاندارد زندگی است. استاندارد بالای زندگی زمینه را برای تقاضای انرژی فراهم می‌کند؛ اما این امکان نیز وجود دارد که منجر به استفاده کاراتر از انرژی (به دلیل استفاده مناسب از انرژی و امکان استفاده از وسایل با کارایی بالاتر) شود. $LLAND$ لگاریتم طبیعی مساحت (بانک جهانی) است که انتظار بر این است که کشورهای با مساحت بیشتر به دلیل نیاز به جابه‌جایی، شدت انرژی بیشتری را تجربه کنند. $LSER$ لگاریتم طبیعی سهم بخش خدمات از کل تولید داخلی (بانک جهانی) است. در مراحل اولیهٔ صنعتی شدن، با انتقال از فعالیت‌هایی با انرژی‌بری پایین (مانند کشاورزی) به فعالیت‌های صنعتی، انتظار بر این است که با توجه به ماهیت بخش صنعت، شدت انرژی روند فزایندهای داشته باشد؛ اما از یک حدّ معیّنی به بعد با تثبیت بخش صنعت، بخش خدمات گسترش بیشتری پیدا می‌کند که به دلیل ماهیت انرژی بری پایین انتظار بر این است که گسترش این بخش منجر به کاهش شدت انرژی شود (Bernardini & Galli, 1993; Elliott, Sun & Zhu, 2014). LUR نشان‌دهنده لگاریتم طبیعی نرخ شهرنشینی است. اثر این متغیر بر شدت انرژی می‌تواند مثبت یا منفی باشد. شهرنشینی منجر به صرفه‌های اقتصادی ناشی از بزرگ‌تر شدن مقیاس و کارایی انرژی می‌شود؛ اما از طرفی، با ایجاد نیازهای جدید و گسترش تولید منجر به افزایش تقاضا برای انرژی می‌شود (Alshehry &, Belloumi, 2015). $LICT$ لگاریتم طبیعی بهره‌مندی از فاوا (مجموع کاربران اینترنت، تلفن همراه و ثابت به ازای ۱۰۰ نفر) است که در مطالعات متعددی از این متغیرها به‌عنوان شاخص بهره‌مندی از فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده شده است. این متغیر به دو شکل وارد معادلهٔ رگرسیون شده است. در حالت اول مجموع کاربران اینترنت و تلفن همراه و در حالت دوم مجموع کاربران اینترنت، تلفن همراه و ثابت به ازای ۱۰۰ نفر. علت این تفکیک از باب نوظهور بودن این دو پدیده و همچنین نیاز بالای این پدیده اینترنت و موبایل به آگاهی بیشتر در سطح جامعه است. $LEDU$ نشان‌دهندهٔ لگاریتم طبیعی شاخص آموزش (بانک اطلاعات سازمان ملل) است که یک شاخص ترکیبی

از دو متغیر متوسط طول دورهٔ تحصیل در افراد بالای ۲۵ سال و طول دورهٔ انتظاری تحصیل کودکان در سن ورود به مدرسه است؛ و در نهایت U جزء اخلال رگرسیون است. انتظار می‌رود که تأثیر فاوا بر شدت انرژی، با توجه به مبانی نظری تحقیق، منفی باشد. همچنین، انتظار این است که سطوح بالاتر آموزش، باعث تقویت تأثیر منفی فاوا بر شدت انرژی شود؛ بنابراین، فرضیهٔ حاکم بر تحقیق به این صورت است که کشورهایی که از سطح آموزش بالاتری برخوردارند، بهرهٔ بیشتری از فاوا در جهت کاهش شدت انرژی برده‌اند. به عبارتی، فرض بر این است که داشته باشیم:

$$\beta_5 \prec 0, \beta_6 \prec 0$$
$$(\beta_5 + \beta_6 \,\mathrm{EDU}_{it})\,\mathrm{ICT}_{it} \rightarrow \frac{\partial(\beta_5 + \beta_6 \,\mathrm{EDU})}{\partial \,\mathrm{EDU}_{it}} \prec 0 \qquad (۱۱)$$

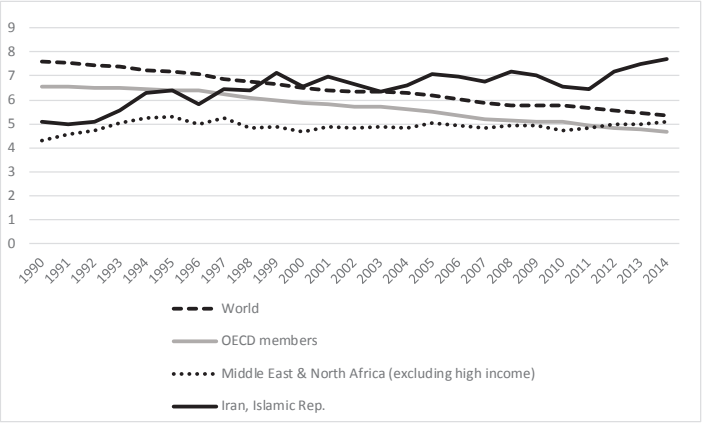
رابطهٔ رگرسیونی (۱۰) برای دو گروه از کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته برآورد شده است. برای تفکیک بین کشورها، از شاخص توسعهٔ انسانی استفاده شده است. کشورهایی که در گروه کشورهایی با شاخص توسعهٔ انسانی بسیار بالا ($HDI \succ 0.8$) قرار گرفته‌اند، کشورهای توسعه‌یافته در نظر گرفته شده‌اند. در مجموعهٔ کشورهای در حالتوسعه برای کشورهای دارای منابع نفتی متغیر دامی (DU) تعریف شده است و برای کشورهای نفتی عدد یک و غیرنفتی عدد صفر لحاظ شد. برای تشخیص وفور منابع نفتی نیز از نسبت صادرات سوختی به کل صادرات در طی سال‌های مورد بررسی استفاده شد (مستخرج از بانک جهانی).

۵. تجزیه‌وتحلیل

۵. ۱. روند متغیرهای تحقیق

الف) شدت انرژی

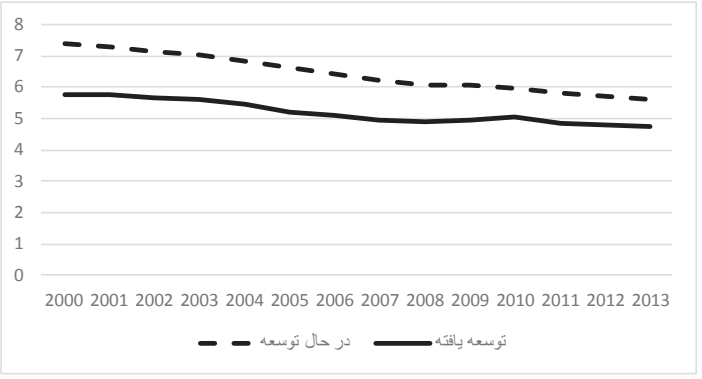
یکی از معیارهای سنجش کارایی مصرف انرژی، شدت انرژی است. کاهش این متغیر نشانهٔ بهبود بهره‌وری انرژی است. روند این متغیر برای ایران در مقایسه با کشورهای خاورمیانه، کشورهای عضو OECD و کل جهان ترسیم شده است. این روند برای ایران صعودی، برای کشورهای خاورمیانه نوسانی و کل جهان و کشوهای عضو OECD نزولی بوده است. عملکرد ایران در مقایسه با گروه‌های فوق نشان می‌دهد که سیستم اقتصادی ایران عملکرد مناسبی نداشته است.



شکل ۱. نمودار روند شدت انرژی ایران

(مأخذ: بانک جهانی)

مقایسهٔ شدت انرژی کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته نیز نشان از روند نزولی این متغیر برای هر دو گروه دارد؛ اما در همهٔ سال‌ها متوسط شدت انرژی کشورهای درحال‌توسعه بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته بوده است.



شکل ۲. نمودار روند متوسط شدت انرژی کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافتهٔ منتخب

(مأخذ: بانک جهانی)

طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ م، شدت انرژی کشورهای توسعه‌یافتهٔ منتخب به‌طور متوسط سالانه ۲/۱۴ درصد کاهش داشته است و این عملکرد برای کشورهای درحال‌توسعهٔ منتخب برابر ۱/۴۷ درصد در سال است.

ب) روند شاخص آموزش

با توجه به روش جدید محاسبهٔ شاخص آموزش که سازمان ملل متحد برای محاسبهٔ شاخص توسعهٔ انسانی انجام می‌دهد، شاخص آموزش ترکیبی از دو متغیر متوسط طول دورهٔ تحصیل در افراد بالای ۲۵ سال و طول دورهٔ انتظاری تحصیل کودکان در سن ورود به مدرسه است که با استفاده از رابطهٔ زیر بی مقیاس شده (نرمال‌سازی) و شاخص پایه نامیده می‌شود:

$$X_N = \frac{X_i - X_{\max}}{X_{\max} - X_{\min}} \qquad (۱۲)$$

با ترکیب شاخص‌های پایهٔ محاسبه شده، شاخص آموزش با استفاده از رابطهٔ (۱۳) محاسبه می‌شود:

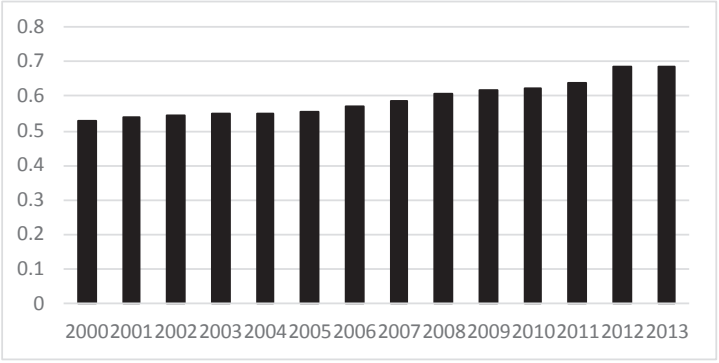
$$\text{شاخص آموزش} = (\text{شاخص پایهٔ متوسط انتظاری دوره تحصیل}) \times (\text{شاخص پایهٔ آموزش دوره})^{(\frac{1}{2})} \qquad (۱۳)$$

روند متوسط شاخص توسعهٔ آموزش برای هر دو گروه صعودی و متوسط شاخص آموزش در تمامی سال‌ها برای کشورهای منتخب درحال‌توسعه کمتر از کشورهای منتخب توسعه‌یافته بوده است؛ اما متوسط رشد شاخص آموزش برای کشورهای درحال‌توسعهٔ منتخب (حدود ۱/۱ درصد) بیشتر از کشورهای منتخب توسعه‌یافته (حدود ۷/۰ درصد) بوده است.

شکل ۳. نمودار روند متوسط شاخص آموزش کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته منتخب

(مأخذ: UNDP)

روند شاخص آموزش برای ایران در شکل ۴ ترسیم شده است:



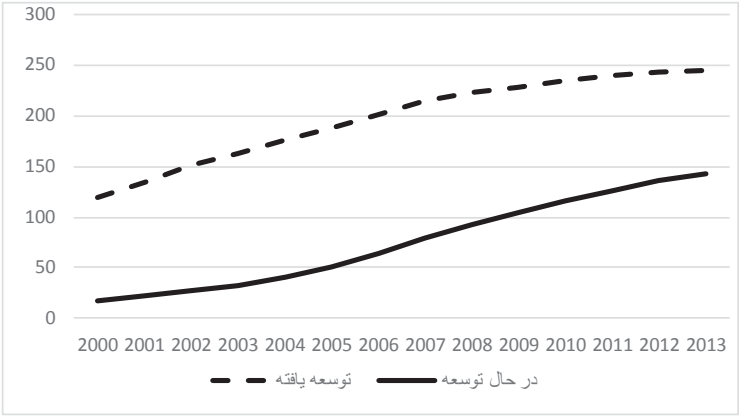
شکل ٤. نمودار روند متوسط شاخص آموزش برای ایران

(مأخذ: UNDP)

روند این متغیر برای ایران صعودی است. متوسط رشد شاخص آموزش برای ایران از متوسط رشد کشورهای درحال‌توسعه منتخب بیشتر (حدود ۲ درصد) بوده است که اهتمام نظام جمهوری اسلامی ایران برای افزایش سطح آگاهی عمومی را نشان می‌دهد.

ج) روند بهره‌مندی از فناوری اطلاعات و ارتباطات

بررسی روند تغییرات متوسط بهره‌مندی از سه ابزار مهم فناوری اطلاعات و ارتباطات (مجموع موبایل، تلفن ثابت و اینترنت به ازای صد نفر)

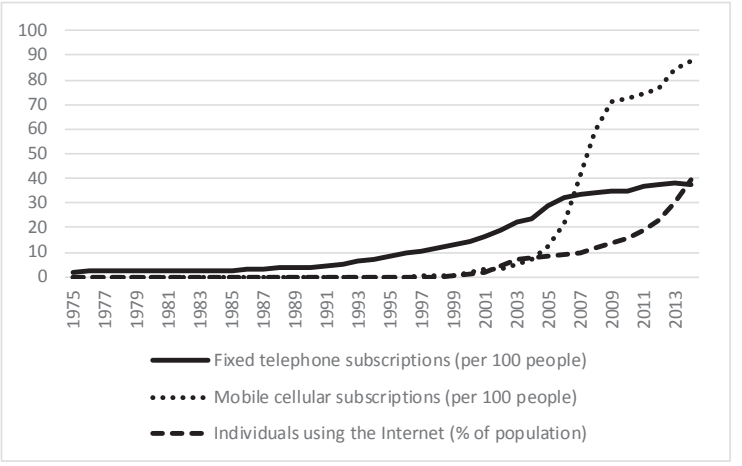


شکل ٥. نمودار روند متوسط بهره‌مندی از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته منتخب

(مأخذ: بانک جهانی)

در تمامی سال‌ها، کشورهای درحال‌توسعهٔ منتخب بهره‌مندی کمتری نسبت به کشورهای منتخب توسعه‌یافته از سه ابزار ذکرشده داشته‌اند، اما طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ کشورهای درحال‌توسعهٔ منتخب رشد بیش از ۱۷ درصد را تجربه کرده‌اند؛ درحالی‌که متوسط نرخ رشد این ابزار برای کشورهای توسعه‌یافته منتخب کمتر از ۶ درصد بوده است. کشورهای توسعه‌یافته به دلیل نزدیکی به نقطهٔ اشباع تعداد کاربران تلفن ثابت، همراه و اینترنت، رشد کمتری را تجربه کرده‌اند.

روند تغییرات بهره‌مندی از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ایران نیز نشان‌دهندهٔ یک روند صعودی است.



شکل ٦. نمودار روند بهره‌مندی از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ایران

(مأخذ: بانک جهانی)

با توجه به نوظهور بودن پدیدهٔ اینترنت و تلفن همراه، این دو متغیر از سال ۲۰۰۰ م به بعد این دو متغیر روند صعودی با شیب صعودی تندی را تجربه کرده‌اند. ۲/۶ برابر شدن تلفن ثابت، ۳۲ برابر شدن کاربران اینترنت و بیش از ۵۷ برابر شدن کاربران تلفن ثابت به ازای ۱۰۰ نفر طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ م نشان از گسترش به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایران دارد.

۵. ۲. برآورد معادلهٔ رگرسیون

قدم اول برای تجزیه‌وتحلیل، آزمون ریشه واحد پانلی متغیرهاست. برآورد معادلهٔ رگرسیون با متغیرهای نامانا می‌تواند منجر به ایجاد رگرسیون کاذب و عدم اعتبار آماره‌های F و t شود.

برای اطمینان از نتایج معادلهٔ رگرسیون نتایج آزمون ریشه واحد LLC در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۲. آزمون ریشه واحد پانلی LLC

	متغیر	آماره	احتمال		متغیر	آماره	احتمال
کشورهای توسعه‌یافته	LICT	71/10-	000/0	کشورهای درحال‌توسعه	LICT	57/3-	000/0
	LICT1	26/17-	000/0		LICT1	44/12-	000/0
	LED*LICT	19/17-	000/0		LED*LICT	35/2-	01/0
	LED*LICT1	076/14-	000/0		LED*LICT1	54/14-	000/0
	LE	55/3-	000/0		LE	91/7-	000/0
	LUR	22/7-	000/0		LUR	08/17-	000/0
	LGDP	6/1	054/0		LGDP	09/22-	000/0
	LSER	33/6-	000/0		LSER	45/9-	000/0

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

نتایج نشان می‌دهد که متغیرها با اطمینان ۹۰ درصد در سطح پایا هستند. بنابراین، امکان وجود رگرسیون کاذب در معادلات تحقیق منتفی است. نتایج تخمین معادلات برای دو گروه کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته برای دو حالت لحاظ متغیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. برآورد معادله شدت انرژی (PGLS)

	کشورهای درحال‌توسعه		کشورهای توسعه‌یافته	
LGDP	۳/۰– ۷/۱۱– (۰۰۰/۰)	۲۸/۰– ۰۴/۱۱– (۰۰۰/۰)	۰۵۶/۰– ۹۸/۱– (۰۵/۰)	۰۵۲/۰– ۹۵/۱– (۰۵۲/۰)
LSER	۰۷۹/۰– ۳/۲– (۰۰۳/۰)	۰۸/۰– ۲۳/۲– (۰۲۶/۰)	۲۸/۰– ۸۴/۳ (۰۰۰/۰)	۲۶/۰– ۶۱–/ (۰۰۰/۰)
LLAND	۵۱/۱۰ ۱۵/۳ (/۰۰۲)	۰۸/۱۰ ۰۲/۳ (۰۰۳/۰)	۷۸/۲– ۲۲/۲– (۰۲۷/۰)	۱۴/۳– ۵۱/۲– (۰۰۰/۰)
LUR	۱۵/۰ ۹۹/۲ (/۰۰۳)	۱/۰ ۰۳/۲ (۰۴۳/۰)	۴۴/۰– ۷/۳– (۰۰۰/۰)	۴۵/۰– ۶/۳– (۰۰۰/۰)

۲۶. با توجه به امکان ناهمسانی واریانس در داده‌ها به دلیل تفاوت در شرایط اقتصادی، اجتماعی و سیاسی، از روش حداقل مربعات وزنی استفاده شده است.

LICT	۰۵۶/۰– ۹۷/۸– (۰۰۰/۰)		۱۷/۰– ۳۲/۱۴– (۰۰۰/۰)	
LED*LICT	۰۲۰/۰– ۳/۳– (۰۰۰/۰)		۰۰۵/۰– ۲۹/۰– (۷۷/۰)	
LICT1		۰۴۴/۰– ۶۵/۸– (۰۰۰/۰)		۱۲/۰– ۲۲/۱۳ (۰۰۰/۰)
LED*LICT1		۰۱۵/۰– ۸۳/۲– (۰۰۵/۰)		۰۴/۰– ۳/۲– (۰۲۲/۰)
DU	۰۳۶/۰ ۹/۱ (۰۵۷/۰)	۰۳۸/۰ ۹۸/۱ (۴۷/۰)		
عرض از مبدأ	۸۱/۱۲۱– ۰۳/۳– (۰۰۳/۰)	۶۱/۱۱۶– ۸۹/۲– (۰۰۴/۰)	۳۵/۳۸ ۶۶/۲ (۰۰۰/۰)	۱/۴۲ ۹۳/۲ (۰۰۴/۰)
$\bar{R}^2$	۹۸/۰	۹۸/۰	۹۷/۰	۹۷/۰
F	۷/۸۹۳ (۰۰۰/۰)	۰۳/۸۳۹ (۰۰۰/۰)	۶۵/۴۵۲ (۰۰۰/۰)	۱۵/۴۱۳ (۰۰۰/۰)
آزمون چاو	۹/۵۶۳ (۰۰۰/۰)	۰۹/۵۵۱ (۰۰۰/۰)	۲۹۰ (۰۰۰/۰)	۱۷/۲۹۷ (۰۰۰/۰)
آزمون هاسمن	۳۱/۱۱۰ (۰۰۰/۰)	۹۴/۹۵ (۰۰۰/۰)	۸۵/۲۴ (۰۰۰/۰)	۳۴/۲۳ (۰۰۱/۰)
تعداد مشاهدات		کشور ۷۸ $N = ۱۰۹۲$	کشور ۴۱ $N = ۵۷۴$	

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

برای تمامی معادلات، اثرهای ثابت به‌عنوان شیوهٔ مناسب لحاظ ناهمگنی بین مقاطع تشخیص داده شده است. کل رگرسیون‌ها به لحاظ آماری معنیدار هستند. تمامی ضرایب به‌جز ضریب تقاطعی برای کشورهای توسعه‌یافته در حالت استفاده از کاربران اینترنت و موبایل به‌عنوان شاخص برخورداری از فناوری اطلاعات و ارتباطات، در سطح ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. متغیر مساحت برای کشورهای توسعه‌یافته اثر منفی و کشورهای درحال توسعه مثبت حاصل شده است.

مساحت بیشتر از معادل جمعیت و منابع تولیدی بیشتر بوده که تقاضای انرژی بیشتر و تولید بیشتر را در پی دارد. اثر نهایی برای کشورهای درحال‌توسعه مثبت است که این امر می‌تواند ناشی از عدم استفادهٔ مناسب از منابع، رشد بی‌رویهٔ جمعیت و عدم کارایی مناسب سیستم اقتصادی این کشورها در مصرف انرژی باشد. وجود امکانات و برخی خدمات در مناطق مرکزی (تمرکزگرایی) نیز از دلایل دیگر این موضوع در کشورهای درحال‌توسعه می‌تواند باشد که موجب افزایش نیاز به سفر به مناطق دارای مرکزیت می‌شود. گسترش شهرنشینی نیز در کشورهای درحال‌توسعه تأثیر مثبت و در کشورهای توسعه‌یافته منفی به دست آمده است که نشان می‌دهد در فرایند گسترش شهرنشینی در کشورهای توسعه‌یافته، افزایش بهره‌وری و صرفه‌های ناشی از مقیاس بر تقاضای بیشتر انرژی ناشی از گسترش شهرنشینی غلبه دارد. در هر دو گروه، سطح تولید سرانه بیشتر و سهم بیشتر بخش خدمات از تولید داخلی به شدت انرژی کمتر منجر می‌شود. متغیر دامی وفور منابع نفتی نیز تأثیری مثبت و معنی‌دار داشته است. به عبارت دیگر، شدت انرژی در کشورهایی که وفور منابع نفتی وجود دارد، بیشتر بوده است که نشانهٔ وجود نظام مصرفی غیرمنطقی منابع انرژی در این کشورها است.

ضریب فناوری اطلاعات و ارتباطات برای کشورهای توسعه‌یافته در هر دو حالت بزرگ‌تر از کشورهای درحال‌توسعه است که نشان‌دهندهٔ از استفاده بهتر این کشورها از این فناوری در جهت کاهش شدت انرژی است. ضریب تقاطعی برای کشورهای درحال‌توسعه (هر دو حالت) معنی‌دار است، اما برای کشورهای توسعه‌یافته، آموزش بالاتر باعث اثرگذاری بیشتر کاربران اینترنت و تلفن همراه می‌شود. با توجه به نوظهور بودن این دو پدیده، حتی در کشورهای توسعه‌یافته نیز که از سطح آموزش بالایی برخوردار هستند، افزایش سطح آموزش برای گسترش اثرهای به‌کارگیری اینترنت و تلفن همراه لازم است.

۷. نتیجه

استفاده از فناوری‌های جدید نیازمند آن است که کاربران از سطح آگاهی بالاتری برای پذیرش فناوری و استفاده از فناوری برخوردار باشند. این امکان با سطح بالاتری از آموزش امکان‌پذیر است. بر همین اساس، پیش‌بینی اولیه بر این است که سطح بالاتر آموزش، باعث اثرگذاری بیشتر فناوری اطلاعات و ارتباطات در حوزه‌های مختلف اقتصادی و غیراقتصادی می‌شود. در این تحقیق تلاش کردیم نقش آموزش را در تأثیرگذاری به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در کاهش شدت انرژی ارزیابی کنیم. نتایج برآورد معادلهٔ رگرسیون برای هر دو گروه از کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته حاکی از آن است که افزایش بهره‌مندی از فناوری

اطلاعات و ارتباطات، شدت انرژی را کاهش می‌دهد و هر چه جامعه از سطح آموزش بالاتری برخوردار باشد، تأثیرگذاری این فناوری در کاهش شدت انرژی بیشتر خواهد بود. نتیجه اینکه سطح آموزش در کنار سایر اثرهایی که ممکن است در روند توسعهٔ پایدار داشته باشد، از طریق بهبود کارایی در مصرف انرژی نیز می‌تواند این نقش را ایفا کند؛ بنابراین افزایش کاربران وسایل ارتباطی و اطلاعاتی در کنار افزایش سطح آموزش می‌تواند سیاستی مؤثرتر برای کاهش شدت انرژی و درنتیجه افزایش امنیت تأمین انرژی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی باشد. در این میان، کشورهای درحال‌توسعه (که متوسط شدت انرژی بیشتری نسبت به کشورهای توسعه‌یافته دارند) بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته نیازمند استفاده از مزایای فناوری اطلاعات و ارتباطات برای بهبود بهره‌وری مصرف انرژی هستند. کشورهای درحال‌توسعه به توسعهٔ زیربنایی در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات و توسعهٔ سطح آموزش برای افزایش مزایای فناوری اطلاعات و ارتباطات نیاز دارند. در این راستا، چند پیشنهادهای سیاستی عرضه می‌کنیم که برای کشورهای درحال‌توسعه و در رأس آن‌ها کشورهایی با وفور منابع نفتی، با اهمیت بیشتری باید مد نظر قرار گیرد:

ـ ارائهٔ برخی خدمات به صورت غیرحضوری (منوط کردن به استفاده از کانال ابزار فناوری ارتباطات و اطلاعات) باعث می‌شود افرادی که در مقابل پذیرش فناوری اطلاعات و ارتباطات مقاومت نشان می‌دهند، به‌اجبار از این ابزار استفاده کنند.

ـ استفاده از برخی مشوق‌ها برای افزایش تمایل افراد برای استفاده از فناوری اطلاعات در مراحل اولیه می‌تواند مفید باشد؛ و منجر به ایجاد یک تقاضای رابطهٔ بلندمدت برای ابزار فناوری اطلاعات شود.

ـ شناسایی بخش‌های پُرتراکنشی که امکان به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در آن وجود دارد و ارائه خدمات آموزشی برای کاربران آن بخش‌ها.

ـ استفاده از رسانه‌های جمعی برای آموزش به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات جهت کاهش نیاز به مصرف انرژی. فرهنگ‌سازی می‌تواند تضمین بلندمدتی برای اطمینان از تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کاهش شدت انرژی باشد.

ـ استفاده از ابزار فناوری اطلاعات و ارتباطات در آموزش دوره‌های ابتدایی و راهنمایی جهت آشنایی کودکان و نوجوانان با این ابزار می‌تواند یک سرمایه‌گذاری بلندمدت برای کاهش شدت انرژی در آینده باشد و همچنین آموزش به کودکان برای ترغیب والدین به استفاده از ابزار فناوری اطلاعات و ارتباطات در امور روزمره در جهت کاهش نیاز به جابه‌جایی و به‌تبع آن انرژی.

ـ گسترش کاربری فناوری اطلاعات و ارتباطات در محیط‌هایی آموزش عالی و محیط‌هایی که افراد فعال در آن از سطح سواد کافی برای به‌کارگیری این نوع فناوری برخوردار هستند.

ـ با توجه به سهم بالای دولت از فعالیت‌های اقتصادی در کشورهای درحال‌توسعه، گسترش

دولت الکترونیک در این کشورها و افزایش مراودات مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات بین نهادهای دولتی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش دولتی شود. همچنین، کاهش تصدی‌گری دولت و انتقال برخی فعالیت‌ها به بخش خصوصی می‌تواند کارایی مصرف انرژی را افزایش دهد.

کتابنامه

سیف‌الله، مراد.۱۳۸۷. «شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی». *مطالعات اقتصاد انرژی*. شمارهٔ ۱۸. صص ۱۷۷ تا ۲۲۱.

عصاری آرانی، عباس و مجید آقایی خوندابی.۱۳۸۷. «اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک (OPEC)». *پژوهش‌های اقتصادی*. سال ۸. شمارهٔ ۲. صص ۶۳ تا ۸۲.

کمیجانی، اکبر و محمود محمودزاده.۱۳۸۷. «نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی در ایران (رهیافت حسابداری رشد)». *پژوهشنامهٔ اقتصادی*. سال ۸. شمارهٔ ۲ (پیاپی ۲۹). صص ۷۵ تا ۱۰۷.

محمدیان منصور، صاحبه، ابوالقاسم گل‌خندان. ۱۳۹۵. «سنجش تأثیر فاوا بر مصرف انرژی در ایران: در قالب یک مدل STR». *نشریهٔ انرژی ایران*. سال ۱۹. شمارهٔ ۳. صص ۵۷ تا ۷۴.

Adom, P. K., & Kwakwa, P. A. 2014. "Effects of changing trade structure and technical characteristics of the manufacturing sector on energy intensity in Ghana". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 35. pp 475-483.

Asteriou, D .2007. Applied Econometrics: *A Modern Approach Using Eviews And Microfi*. New York: Palgrave Macmillan Press.

Baltagi, B. 2008. *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons.

Alshehry, A. S., & Belloumi, M. 2015. "Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 41.pp 237-247.

Bernardini, O., & Galli, R. 1993. "Dematerialization: long-term trends in the intensity of use of materials and energy. *Futures*". Vol 25. No 4. pp 431-448.

Bernstein, R., & Madlener, R. 2008. "The Impact of Disaggregated ICT Capital on Electricity Intensity of Production: Econometric Analysis of Major European Industries". *FCN Working Paper* No. 4/2008.

Caselli, F., & II, W. J. C. 2001. "Cross-country technology diffusion: The case of computers". *National bureau of economic research*. Working Paper 8130.

Chinn, M. D., & Fairlie, R. W. 2007. "The determinants of the global digital divide: a cross-country analysis of computer and internet penetration". *Oxford Economic Papers*, Vol 59. No 1. pp 16-44.

Cho, Y., Lee, J., & Kim, T. Y. 2007. "The impact of ICT investment and

energy price on industrial electricity demand: dynamic growth model approach". *Energy Policy*,Vol 35. No 9. pp 4730-4738.
Collard, F., Fève, P., & Portier, F. 2005. "Electricity consumption and ICT in the French service sector". *Energy Economics*,Vol 27. No 3. pp 541-550.
Coroama, V., & Hilty, L. M. 2009, September. "Energy consumed vs. energy saved by ICT–A closer look. In Environmental Informatics and Industrial Environmental Protection: Concepts, Methods and Tools". 23*rd International Conference on Informatics for Environmental Protection*. Berlin pp. 353-361.
Dimelis, S. P., & Papaioannou, S. K. 2010. "FDI and ICT effects on productivity growth: A comparative analysis of developing and developed countries". *The European Journal of Development Research*. Vol 22. No 1. pp 79-96.
Dougherty, C. 2007. *Introduction to econometrics*. Oxford university press, USA.
Edquist, C., Hommen, L., & McKelvey, M. D. 2001. *Innovation and employment*: *Process versus product innovation*. Edward Elgar Publishing.
Edquist, H., & Henrekson, M. 2017. "Swedish lessons: How important are ICT and R&D to economic growth?". *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol 42. pp 1-12.
Elliott, R. J., Sun, P., & Zhu, T. 2014. "Urbanization and energy intensity: a province-level study for China". *Department of Economics Discussion Paper*. pp 14-05.
Greene, W. H. 2003. *Econometric analysis*. Prentice Hall. new jersey.
Hargittai, E. 1999. "Weaving the Western Web: Explaining differences in Internet connectivity among OECD countries". *Telecommunications policy*. Vol 23. No 10. pp 701-718.
Hill, C., Griffiths, W., & Lim, G. 2011. *Principles of Econometrics*. 4th ed. John Wiley & Sons. United States.
Ishida, H. 2015. "The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan". *Telematics and Informatics*, Vol 32. No 1. pp 79-88.
Koutroumpis, P. 2009. "The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach". *Telecommunications policy*, Vol 33. No 9.pp 471-485.
Kumar, R. R., Stauvermann, P. J., & Samitas, A. 2016. "The effects of ICT∗ on output per worker: A study of the Chinese economy". *Telecommunications Policy*, Vol 40. No2.pp 102-115.
Lee, M. I. H., & Khatri, M. Y. 2003. "Information technology and productivity growth in Asia ". *International Monetary Fund* Working Paper No. 3-15.
Norris, P. 2000. August. "The global divide: Information poverty and Internet access worldwide". *In Internet conference at the international political science world congress in Quebec city*. pp 1-6.
Romm, J. 2002. "The internet and the new energy economy". *Resources*, *conservation and recycling*, Vol 36. No 3. pp 197-210.

Sahu, S., & Narayanan, K. 2010. “Determinants of energy intensity in Indian manufacturing industries: a firm level analysis”. *MPRA Paper* No. 21646.
Salahuddin, M., & Alam, K. 2016. “Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis”. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol 76. pp 185-193.
Ang, B.W.2006. “Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: From energy–GDP ratio to composite efficiency index”. *Energy Policy*. Vol 34. NO 5. pp 574–582.
Sassi, S., & Goaied, M. 2013. “Financial development, ICT diffusion and economic growth: Lessons from MENA region”. *Telecommunications Policy*. Vol 37. No 4. pp 252-261.
Schulte, P., Welsch, H., & Rexhäuser, S. 2016. “ICT and the Demand for Energy: Evidence from OECD Countries”. *Environmental and Resource Economics*. Vol 63. NO 1. pp 119-146.
Shiu, A., & Lam, P. L. 2008. “Causal relationship between telecommunications and economic growth in China and its regions”. *Regional Studies*. Vol 42. No 5. pp 705-718.
Takase, K., & Murota, Y. 2004. “The impact of IT investment on energy: Japan and US comparison in 2010”. *Energy Policy*, Vol 32. No 11.pp 1291-1301.
Van Ark, B., Inklaar, R., & McGuckin, R. H. 2003. “ICT and Productivity in Europe and the United States Where do the differences come from?”. *CESifo Economic Studies*. Vol 49. No 3. pp 295-318.
Vu, K. 2005. “Measuring the Impact of ICT Investments on Economic Growth. Journal of Economic Growth”. Program on Technology and Economic Policy. Harvard Kennedy School of Government.
Vu, K. M. 2011. “ICT as a source of economic growth in the information age: Empirical evidence from the 1996–2005 period”. *Telecommunications Policy*. Vol 35. No 4.pp 357-372.