فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی
سال اول، شماره ۲، بهار ۱۳۹۱، صفحات ۱۷۱-۱۴۹

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران

دکتر فیروز فلاحی*، سکینه سجودی و سیاب ممی‌پور*****

تاریخ دریافت: ۴ مرداد ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: ۳۰ آذر ۱۳۹۰

اثر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر محیط زیست یکی از موضوعات پیچیده و چندوجهی است. ICT می‌تواند هم اثر مثبت و هم اثر منفی بر پایداری محیط زیست داشته باشد. در واقع به‌کارگیری تجهیزات ICT موجب کاهش نیاز به منابع زیست‌محیطی و همچنین کاهش خسارت به محیط زیست می‌شود. با این وجود، تجهیزات ICT مانند کامپیوتر معمولاً از مواد زیان‌آور که بیشتر آنها عناصر شیمیایی زیان‌آور هستند ساخته می‌شوند. بر این اساس این مطالعه به بررسی اثرات تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات بر کیفیت محیط زیست ایران با استفاده از روش هم‌انباشتگی ARDL در دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۸ پرداخته است. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تأثیر مثبت خطوط تلفن ثابت و همراه و همچنین مخارج دولت در حوزه ICT بر کیفیت محیط زیست است، در حالی که با افزایش کاربران اینترنت، کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات، محیط زیست، خطوط تلفن، اینترنت، CO_2.
طبقه‌بندی JEL: D83، O15، Q01، Q56.

۱. مقدمه

تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) با سرعت متحیرکننده‌ای در حال رشد است. مجازی شدن بسیاری از محصولات، دیجیتالی شدن اطلاعات، غیر فیزیکی شدن انتقالات، کاهش نیاز به فضای

*استادیار دانشگاه تبریز، گروه اقتصاد firfal@yahoo.com
** دانشجوی دوره دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز sakinehsojoodi@gmail.com
*** دانشجوی دوره دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز mamipours@gmail.com

گسترده در ادارات و انبارها، کوتاه شدن زنجیره عرضه، کاهش تمرکز جمعیت و افزایش امکان بازیافت از جمله نتایج مثبت گسترش ICT است. این نتایج، از یک سو باعث کاهش نیاز جوامع به منابع طبیعی موجود در محیط زیست می‌شود و از سوی دیگر میزان ضایعات وارد شده به محیط‌زیست را کاهش می‌دهد. با نظری اجمالی به این آثار مثبت، این پرسش پیش می‌آید که آیا ICT امکان دستیابی همزمان به رشد اقتصادی و حفظ محیط زیست و به عبارت دیگر توسعه پایدار را فراهم می‌نماید؟ اگرچه گسترش به کارگیری ICT نتایج مثبت فراوانی برای جوامع به بار می‌آورد، با این وجود نباید فراموش کرد که تجهیزات ICT معمولاً از مواد مضر و غیر قابل جذب برای محیط زیست ساخته می‌شوند. برای نمونه، یک سیستم کامپیوتر متشکل از نزدیک به ۱۰۰۰ ماده مختلف است که بیشتر آنها عناصر شیمیایی مضر هستند.[1]

براساس برآوردهای انجام شده به میزان ۲ تا ۳ درصد از انتشار گاز CO_2 در جهان ناشی از تولید و استفاده از ICT است.[2] همچنین برای ساخت این تجهیزات نیز از منابع زیست‌محیطی استفاده بی‌رویه‌ای می‌شود. بنابراین، افزون بر اثرات مثبت، ICT تأثیر منفی نیز بر محیط زیست داشته و تعیین اثر نهایی این متغیر نیازمند انجام مطالعه و آزمون‌های تجربی است. بر این اساس در این مطالعه به بررسی نظری و تجربی اثر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط زیست ایران پرداخته می‌شود. برای این منظور با استفاده از روش هم‌انباشتگی ARDL در دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۸ اثر شاخص‌های مختلف ICT یعنی تعداد خطوط تلفن ثابت و همراه، تعداد کاربران اینترنت و مخارج دولت در حوزه اطلاعات و ارتباطات جمعی بر کیفیت محیط زیست که با شاخص انتشار گاز CO_2 اندازه‌گیری می‌شود، مورد تحلیل تجربی قرار می‌گیرد. قبل از تحلیل تجربی موضوع ابتدا مروری خواهد شد بر ادبیات موضوع و شاخص‌های ICT و وضعیت محیط زیست در ایران و سپس الگوی مطالعه معرفی شده و یافته‌های تجربی مطالعه ارائه می‌شود و در پایان نتایج به دست آمده جمع‌بندی می‌شود.

۲. مرور ادبیات موضوع

رابطه تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات با محیط زیست یکی از موضوعات پیچیده و چندبعدی است. ICT می‌تواند هم تأثیر مثبت و هم منفی بر پایداری محیط زیست داشته باشد. ICT یک

1. Yi and Tomas (2007)
2. *Ibid*

ابزار قوی برای جوامع برای محافظت از محیط زیست فراهم می‌نماید. امکاناتی که ICT برای ارتباطات بشری فراهم می‌نماید باعث کاهش نیاز جوامع به مواد طبیعی موجود در محیط زیست می‌شود.[1] همچنین ICT میزان ضایعات ورودی به محیط زیست را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، تولید و توزیع تجهیزات ICT خود نیازمند مصرف انرژی و مواد بوده و با توجه به اینکه تجهیزات ICT دارای چرخه حیات کوتاهی است، بنابراین باعث افزایش پسماندهای الکترونیکی وارد شده به محیط زیست می‌شوند.[2] اثرات مثبت و منفی ICT بر محیط زیست معمولاً در سه دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند که در جدول ۱ نشان داده شده است. دو دسته اول می‌توانند هم مثبت و هم منفی باشند وشامل اثرات نوع اول یا مستقیم (مانند مصرف انرژی توسط تجهیزات ICT یا استفاده از ICT در نظارت و کنترل بر محیط زیست) و اثرات نوع دوم یا غیرمستقیم (مانند افزایش کارایی سیستم حمل و نقل در اثر بکارگیری ICT و کاهش آلودگی ناشی از مصرف سوخت) است. دسته سوم که به اثرات انعکاسی مشهور است بیشتر منفی بوده و به دنبال اثرگذاری مستقیم یا غیرمستقیم ICT بر محیط زیست ممکن است ایجاد شوند (مانند افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی در اثر بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل عمومی که خود ناشی از به کارگیری ICT در این سیستم است). در این بخش به تفسیر هر یک از این اثرات پرداخته می‌شود.

جدول ۱. اثرات ICT بر محیط زیست

اثرات منفی	اثرات مثبت	
اثرات زیست‌محیطی تولید و استفاده از ICT مانند ضایعات الکترونیکی	به‌کارگیری ICT مانند استفاده از ICT برای نظارت و کنترل زیست‌محیطی	اثر نوع اول یا اثر مستقیم
جانشینی غیرکامل ICT برای سایر مواد	تغییر ساختارها و کاستن از میزان مواد مورد استفاده در اقتصاد[3]	اثر نوع دوم یا اثر غیرمستقیم
اثر انعکاسی یا بازگشتی	تغییر سبک زندگی مانند هدایت مصرف به سمت مصرف سبز و سازگار با محیط زیست	اثر نوع سوم

مأخذ: سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[4]

1. Hargroves and Smith
2. Houghton
3. Dematerialization
4. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD (2001))

۲-۱. اثرات نوع اول ICT بر محیط زیست

اثرات منفی و مستقیم ICT بر محیط زیست ناشی از تولید و استفاده سخت‌افزارهایی مانند کامپیوتر، کابل‌های شبکه و تجهیزاتی از این قبیل است. اثر منفی این نوع تولیدات و مصارف، اگر چه تفاوت چندانی با سایر تولیدات بشری ندارد اما در برخی موارد، این نوع محصولات مشکلات زیست‌محیطی ویژه‌ای به دنبال دارند. افزون بر تولید و مصرف ICT که با بهره‌گیری از منابع و به ویژه انرژی همراه است، حمل و نقل تجهیزات ICT و ضایعات مربوط به این تجهیزات مشکلات زیست‌محیطی گوناگونی را به دنبال دارد.[1] اثر مثبت و مستقیم ICT را می‌توان در کاربردهای زیست‌محیطی ICT جستجو نمود. برای نمونه، ICT امکان مشاهده و اندازه‌گیری آلاینده‌ها و سنجش از راه دور و کنترل شرایط زیست‌محیطی را فراهم می‌نماید. همچنین می‌توان ICT را به عنوان ابزاری برای افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی افراد به کار برد.[2] واحد بین‌المللی مخابرات (ITU)[3] پنج کاربرد مختلف ICT در محیط زیست را به صورت زیر برشمرده است:

۱. مشاهده و اندازه‌گیری شرایط زیست‌محیطی (مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی[4] (GIS))
۲. تحلیل‌های زیست‌محیطی
۳. برنامه‌ریزی زیست‌محیطی
۴. مدیریت محیط زیست و محافظت از آن
۵. ایجاد ظرفیت‌های زیست‌محیطی از طریق تسهیل آموزش‌های زیست‌محیطی

۲-۲. اثرات نوع دوم ICT بر محیط زیست

بیشتر پژوهشگران اقتصاد محیط زیست معتقدند که اثرات نوع دوم ICT بر محیط زیست مثبت است. به اعتقاد آنان، ICT یک ابزار مناسب برای دستیابی همزمان به رشد اقتصادی و حفظ محیط زیست و به عبارت دقیق‌تر توسعه پایدار است. این اقتصاددانان معمولاً دو دلیل برای داشتن چنین دیدگاهی ارائه می‌نمایند؛ اولاً، ارزش افزوده ایجاد شده توسط ICT معمولاً ناشی از ایده‌های بشری است و بخش کمی از آن به واسطه به‌کارگیری مواد و انرژی است.[5] بنابراین، ICT باعث تغییر ساختارهای اقتصادی و حرکت آن از به کارگیری انرژی و مواد به سمت نهاده‌های

1. OECD (2001)
2. Esty (2001)
3. International Telecommunication Unit (2008)
4. Geography Information System
5. Kelly (1999)

غیرفیزیکی و اطلاعات می‌شود. نمونه‌های زیادی را بـرای اثبـات ایـن مـورد مـی‌تـوان ارائـه نمـود؛ کاهش نیاز به کاغذ به دلیل استفاده از نامه‌های الکترونیکی یکی از مشهودترین آنها اسـت.[۱] دومـاً، ICT عملاً باعث تغییر روش‌های موجود در طراحـی، تولیـد، توزیـع و حتـی عملکـرد محصـولات مختلف می‌شود. بنابراین، ICT نـه تنهـا از طریـق افـزایش نهـاده‌هـای در دسـترس، بلکـه از طریـق استفاده هوشمندانه از منابع موجود نیـز باعـث ایجـاد رشـد اقتصـادی و کـاهش خسـارت بـه محـیط زیست می‌شود. شواهد فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد ICT باعث افـزایش بهـره‌وری نیـروی کار شده[۲] و بر بهره‌وری سرمایه‌های فیزیکی و سایر منابع نیز تـأثیر مثبـت دارد. اثـر مثبـت ICT بـر کارایی از چند طریق حاصل می‌شود:[۳]

- فرایند طراحی و تولید هوشمند: با به‌کارگیری تجهیزات رایانه‌ای در فرایند تولید، امکـان کنتـرل دقیـق و کـاهش ضـایعات تولیـد فـراهم مـی‌شـود. همچنـین طراحـی هوشـمندانه محصولات باعث به‌کارگیری کمترین مواد برای تولید محصولات می‌شود.[۴]
- سازماندهی مجدد چرخه عرضه: به‌کـارگیری سیسـتم‌هـای رایانـه‌ای هوشـمند در فراینـد توزیع کالاها (تجارت الکترونیک) باعث کوتاه شدن چرخـه عرضـه شـده و هزینـه‌هـای خرده‌فروشی محصولات را کاهش می‌دهد.[۵]
- تغییر ماهیت برخـی محصـولات: ICT باعـث مـی‌شـود تـا برخـی محصـولات از حالـت فیزیکی به غیرفیزیکی تبدیل شوند. برای نمونه، خرید الکترونیکی کتاب، نـرم‌افـزار و ... باعث عدم نیاز به سی دی، کاغذ و ... برای تولید این محصولات می‌شود.[۶]
- تغییر ساختار ارتباطات: برای نمونه در ادارات به دلیل ایجـاد امکـان ارتبـاط از راه دور و دورکاری، نیاز به فضا را کاهش داده و از این طریق در مصرف انواع انرژی صرفه‌جویی می‌شود.[۷]

یکی از شواهد عینی و قابل لمس اثر غیرمستقیم ICT بر محیط زیست، کاهش بار ترافیکی بـه دلیل استفاده از تجهیزات الکترونیکی برای کنترل ترافیک و اطلاع‌رسانی در مورد آن و به عبـارت دیگر بهره‌گیری از سیستم حمل و نقل هوشمند است.[۱]

1. Schmidt and Kloverpris (2009)
2. David (1999) and Schreyer (2000)
3. OECD (2001)
4. *Ibid*
5. *Ibid*
6. *Ibid*
7. *Ibid*

اثرات منفی نوع دوم تحت عنوان جانشینی غیرکامل مطرح می‌شود. برای نمونه به دلیل عدم هماهنگی ICT با ساختارهای خاص ادارات، وجود تجهیزات ICT در ادارات باعث حذف کامل استفاده از کاغذ نشده و تنها مکملی برای آن به شمار می‌رود و در برخی موارد شاید تأثیری بر کاهش مصرف کاغذ نداشته باشد. به طور مشابه، به کارگیری تجارت الکترونیک ممکن است به دلیل عدم هماهنگی با سیستم‌های قدیمی تجارت و یا به دلیل عدم کاهش مسافرت‌های تجاری توسط مصرف‌کنندگان، نه تنها باعث کاهش مسافرت‌ها نشود بلکه آن را افزایش دهد.[۲]

۲-۳. اثرات نوع سوم ICT بر محیط زیست

اثرات نوع سوم که تحت عنوان اثرات انعکاسی یا بازگشتی مشهور هستند، بیشتر بر منفی بودن تأثیر ICT بر محیط زیست تأکید دارند. براساس نظریه اثرات بازگشتی، اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت نیز یک انعکاس منفی بر محیط زیست خواهند داشت. برای توجیه این نظریه معمولاً نمونه‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:[۳]

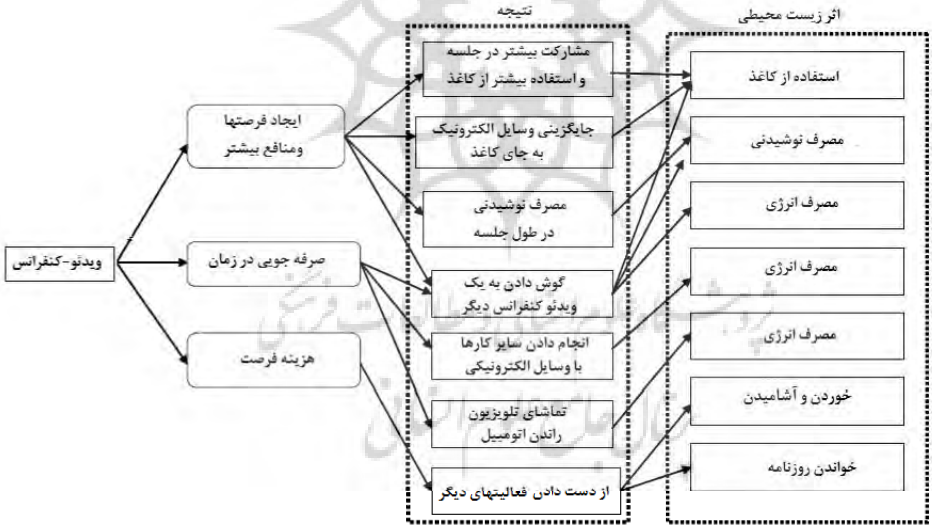
- افزایش کارایی در مصرف انرژی (ناشی از اثرات نوع اول یا دوم) باعث افزایش تقاضا برای انرژی شده و این افزایش به افزایش تخریب محیط زیست می‌انجامد، به این ترتیب که برای مثال با بکارگیری ICT درسیستم حمل و نقل عمومی و مدیریت بهینه آن، کارایی این سیستم افزایش یافته و در نتیجه با کاهش تقاضا برای سوخت و افت قیمت آن یا افزایش ظرفیت سیستم حمل و نقل مواجه خواهیم بود. این امر باعث افزایش تقاضا برای سوخت و یا استفاده بیشتر از حمل و نقل عمومی خواهد شد.[۴]
- استفاده از ICT برای اموری مانند دورکاری این امکان را به افراد می‌دهد که محدودیتی برای مسافرت و دور شدن از محل کار نداشته باشند. این موضوع می‌تواند باعث افزایش تقاضا برای انرژی شود.[۵]
- افزایش بهره‌گیری از اینترنت یا تلویزیون ممکن است به دلیل اطلاع‌رسانی در مورد مکان‌های توریستی باعث ایجاد انگیزه برای مسافرت‌های بیشتر شود.[۶]

---

1. Schmidt and Kloverpris (2009)
2. OECD (2001)
3. *Ibid*
4. *Ibid*
5. *Ibid*
6. *Ibid*

- یکی از بزرگترین بازارهای الکترونیکی، بازار خرید و فروش بلیط‌های مسافرتی است. بنابراین ICT فراهم نمودن مقدمات مسافرت را تسهیل می‌نماید و باعث افزایش انگیزه مسافرت می‌شود.[1]

تاکاهاشی و همکاران[2] اشاره می‌نمایند که اثرات بازگشتی می‌تواند مثبت یا منفی باشد. آنها با استفاده از نمودار ۱ اثرات بازگشتی استفاده از ویدئو کنفرانس را نشان داده‌اند. در این نمودار اثرات یک ویدئو کنفرانس به سه دسته تقسیم شده است؛ اولاً از طریق عدم نیاز به مسافرت برای شرکت در جلسه باعث کاهش هزینه‌ها و ایجاد فرصت‌های بیشتر می‌شود که این امر انگیزه مشارکت در ویدئو کنفرانس‌های بیشتری را ایجاد می‌نماید و ممکن است حتی باعث افزایش مصرف کاغذ شود. ثانیاً، با صرفه‌جویی در زمان، افراد فرصت بیشتری برای سایر فعالیت‌ها از جمله فعالیت‌های مصرفی داشته و از این طریق مصرف انرژی افزایش خواهد یافت. ثالثاً، صرف زمان برای شرکت دریک ویدئو کنفرانس باعث عدم صرف آن در فعالیت‌های مصرفی دیگر می‌شود و از این طریق باعث کاهش مصرف می‌شود.



نمودار ۱. اثرات بازگشتی ویدئوکنفرانس بر محیط زیست

مأخذ: تاکاهاشی و همکاران (۲۰۰۴)

1. OECD (2001)
2. Takahashi, *et al* (2004)

مطالعات تجربی موجود در حوزه اثرات زیست‌محیطی ICT بیشتر در سطح خرد است که این مطالعات توسط یی و توماس (۲۰۰۷) به صورت مبسوط مرور شده است. از مهم‌ترین مطالعات موجود در سطح خرد می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود:

آرنفالک[1] نشان داده است که ICT زمانی می‌تواند به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی فعالیت‌های یک سازمان بیانجامد که نیاز به مسافرت‌های فیزیکی را در آن سازمان کاهش دهد، در غیر اینصورت حتی می‌تواند باعث افزایش تخریب محیط زیست شود. هارست[2] به بررسی اثرات زیست‌محیطی تجارت الکترونیک پرداخته و نشان داده است که این اثر می‌تواند در شرایط مختلف مثبت یا منفی باشد. آرنفالک (۲۰۰۲) نشان داده است که نقل و انتقالات مجازی جانشین کامل برای مسافرت‌ها نبوده و نه تنها به کاهش مسافرت‌های فیزیکی منجر نشده بلکه به دلیل افزایش ارتباطات توسط ICT بر میزان آن افزوده است. رم[3] نشان داده که پیشرفت تکنولوژی به کاهش به‌کارگیری انرژی منجر شده و به عبارت بهتر، کارایی انرژی را افزایش داده است. توفل و هرواث[4] به مقایسه اثرات زیست‌محیطی مطالعه روزنامه‌های آنلاین و کاغذی پرداخته و نشان داده که روزنامه‌های آنلاین (الکترونیکی) دارای اثرات زیست‌محیطی منفی کمتری هستند. گای و همکاران[5] نیز در مقایسه روش‌های تجارت سنتی و تجارت الکترونیک به نتایج مشابهی مبنی بر پایین بودن اثرات زیست‌محیطی منفی روش‌های مبتنی بر ICT دست یافته‌اند.

اثرات زیست‌محیطی ICT در مطالعات کلان کمتر مورد توجه بوده است. آئوچی و بچتی[6] اثر متغیرهایی چون تعداد دریافت‌کننده‌های رادیویی و تعداد خطوط تلفن ثابت به ازای هر ۱۰۰۰ نفر را بر انتشار گاز CO_2 در میان ۱۹۷ کشور مختلف بررسی نموده و نشان داده‌اند که اثر هر دو شاخص بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن منفی است. کسنانتینی و مارتینی[7] نیز اثر تعداد خطوط اینترنت، تلفن ثابت و همراه به ازای هر ۱۰۰۰ نفر را بر انتشار آلاینده‌های مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص‌های ICT تأثیر مثبت بر انتشار آلاینده‌های مختلف از جمله CO_2 داشته است. لوپز و همکاران[8] به بررسی اثر ترکیب مخارج عمومی بر

1. Arnfalk (1999)
2. Hurst (2001)
3. Romm (2002)
4. Toffel and Horvath (2004)
5. Gay, *et al* (2005)
6. Auci and Becchetti (2005)
7. Costantini and Martini (2006)
8. Lopez, *et al* (2008)

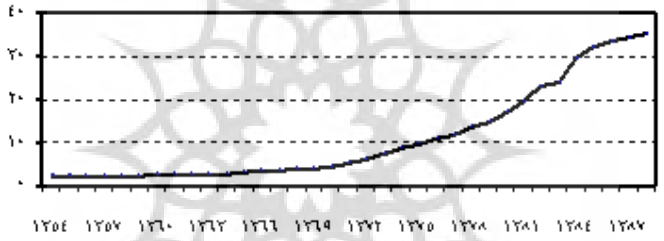
کیفیت محیط زیست پرداخته و نشان داده‌اند که با افزایش مخارج دولت در حوزه‌های عمومی مانند حفظ محیط زیست و ارتباطات، انتشار گاز CO_2 کاهش می‌یابد. کومار و میریتز[1] با تخمین اثرات زیست‌محیطی تجهیزات ICT به این نتیجه رسیده‌اند که یک تا سه درصد انتشار گاز جهان مربوط به تولید و مصرف این تجهیزات است. جیووانی[2] در بررسی عوامل مؤثر بر انتشار آلاینده‌ها توسط بخش صنعت ایتالیا نشان داده است که ICT اثر معنی‌داری بر انتشار گازهای CO_2 و SO_x نداشته است.

۳. مروری بر شاخص‌های ICT و محیط زیست در ایران

مهم‌ترین شاخص‌های بهره‌گیری از ICT که معمولاً در مطالعات تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: میزان دسترسی به خطوط تلفن ثابت و همراه، تعداد سیستم‌های کامپیوتری موجود، تعداد کاربران اینترنت و همچنین در برخی مطالعات از مخارج صرف شده در حوزه ارتباطات و اطلاعات نیز به عنوان معیار دسترسی به ICT یاد می‌شود. در این بخش مروری اجمالی بر روند هر یک از این شاخص‌ها در ایران خواهد شد. نمودار ۲ روند تعداد خطوط تلفن ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، تا قبل از سال ۱۳۷۰ تعداد خطوط تلفن به ازای هر ۱۰ نفر کمتر از ۱ خط است، اما با پایان جنگ تحمیلی و آغاز دوران سازندگی، این تعداد به سرعت افزایش یافته و به سطح ۳/۵ خط برای هر ۱۰ نفر یا حدود یک خط به ازای ۳ نفر در سال ۱۳۸۸رسیده است. سرانه خط تلفن همراه نیز در نمودار ۳نشان می‌دهد که مقدار این شاخص قبل از سال ۱۳۷۹ بسیار پایین بوده است. از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۸۴ و به دنبال گسترش زیرساخت‌های مورد نیاز برای افزایش خطوط تلفن همراه، سرانه خط تلفن همراه با رشد ملایمی افزایش یافته و از سال ۱۳۸۴ و به دنبال افزایش موج خصوصی‌سازی، با سرعت قابل توجهی افزایش یافته و به سطح ۶ خط به ازای هر ۱۰ نفر رسیده است. روند تعداد کامپیوترهای شخصی به ازای هر ۱۰۰ نفر در نمودار ۴ نشان داده شده است.[3] مقدار این متغیر در سال ۱۳۷۳ حدود یک و در سال ۱۳۸۳ حدود ۱۱ کامپیوتر است که در این دوره دارای رشد قابل توجهی بوده، اما به نظر می‌رسد بعد از سال ۱۳۸۳ این روند افزایشی ادامه نداشته و تعداد کامپیوترها به ازای هر ۱۰۰ نفر در سطح ۱۱ کامپیوتر باقی مانده است. نمودار ۵ روند تعداد کابران اینترنت در هر ۱۰۰ نفر را در ایران

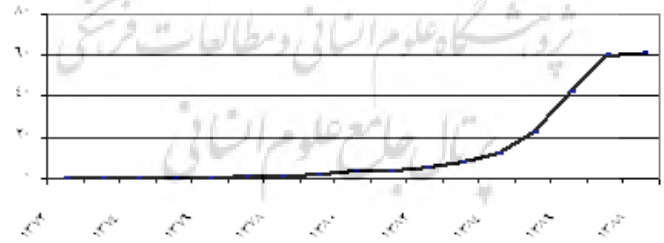
1. Kumar and Mieritez (2007)
2. Giovanni (2010)
۳. داده‌های آماری مربوط به تعداد کامپیوترهای شخصی قبل از سال ۱۳۷۳ موجود نیست.

نشان می‌دهد. ورود اینترنت به ایران در سال ۱۳۷۳ اتفاق افتاد و تا سال ۱۳۷۹ در سطح بسیار محدودی بوده است. از سال ۱۳۷۹ این متغیر با روند افزایش قابل توجهی مواجه بوده است. آخرین شاخص ICT که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد، نسبت مخارج دولت در حوزه ارتباطات و اطلاعات جمعی به کل مخارج دولت است که در نمودار ۶ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود روند این متغیر از سال ۱۳۵۵ تا وقوع انقلاب در سال ۱۳۵۷ صعودی بوده و با وقوع انقلاب و به دنبال آن جنگ تحمیلی به شدت کاهش یافته و این روند کاهشی تا پایان جنگ ادامه داشته است. از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۸ با پایان جنگ و شروع دوران سازندگی و به تبع آن افزایش سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه ارتباطات و اطلاعات، این متغیر نیز دارای روند افزایش بوده اما پس از فراهم شدن زیرساخت‌های اولیه و کاهش نسبی این نوع سرمایه‌گذاری‌ها از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ مجدداً مقدار آن رو به کاهش نهاده است.



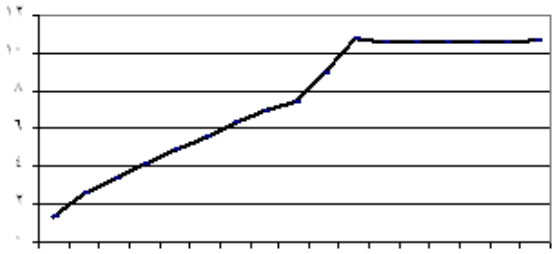
نمودار ۲. تعداد خط تلفن ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر در ایران

مأخذ: مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف



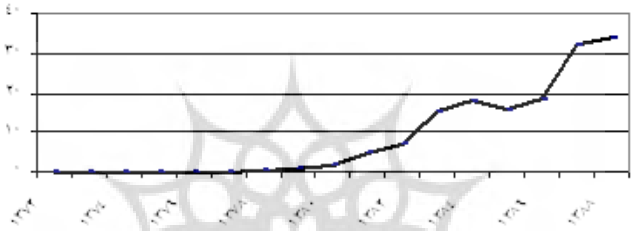
نمودار ۳. تعداد خط تلفن همراه به ازای هر ۱۰۰ نفر در ایران

مأخذ: مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف



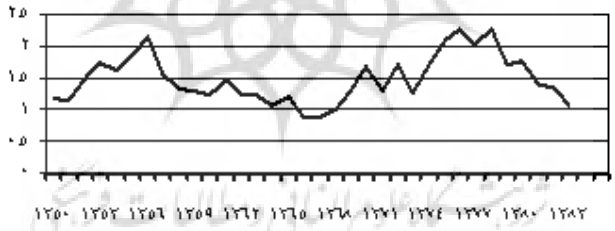
نمودار ٤. تعداد کامپیوترهای شخصی به ازای هر ۱۰۰ نفر در ایران

مأخذ: گزارش توسعه بانک جهانی (WDI)، ۲۰۰۹



نمودار ٥. تعداد کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر در ایران

مأخذ: گزارش توسعه بانک جهانی (WDI)، ۲۰۰۹

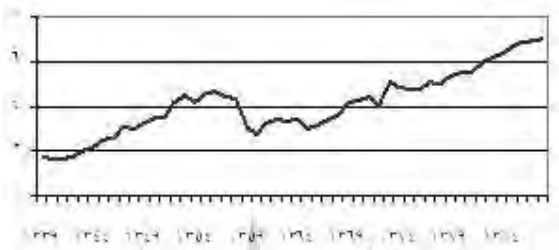


نمودار ٦. نسبت مخارج ارتباطات و اطلاعات جمعی به کل مخارج دولت در ایران

مأخذ: مرکزآمارایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف

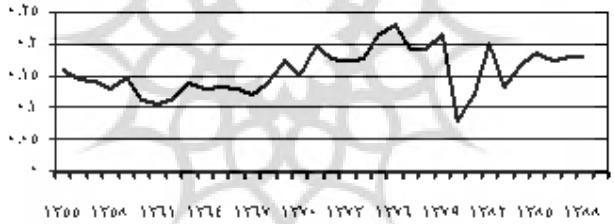
در ادامه به بررسی روند دو شاخص مهم در ارتباط با محیط زیست پرداخته می‌شود، شاخص انتشار گاز CO_2و سهم مخارج دولت برای حفظ محیط زیست از کل مخارج دولت. روند این دو متغیر به ترتیب در نمودارهای ۷ و ۸ نشان داده شده است. براساس این نمودارها، انتشارگاز CO_2به جز

سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۵۰ که سرآغاز فعالیت‌های زیست‌محیطی در ایران است[1]، همواره روند صعودی داشته است. همچنین نمودار ۸ نشان می‌دهد که سهم هزینه‌های دولت برای حفظ محیط زیست از کل بودجه دولت، در سال‌های اخیر چندان متفاوت از دهه ۱۳۵۰ نبوده و تقریباً در دوره گزارش شده ثابت مانده است.



نمودار ۷. میزان انتشار سرانه گاز CO_2 در ایران (تن به ازای نفر)

مأخذ: گزارش توسعه بانک جهانی (WDI)، ۲۰۱۰



نمودار ۸ نسبت مخارج زیست‌محیطی به کل مخارج دولت در ایران

مأخذ: مرکزآمارایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف

٤. الگوی تجربی و متدلوژی تحقیق

در این مطالعه برای بررسی اثر ICT بر محیط زیست از الگویی مشابه مطالعه کسنانتینی و مارتینی[2] و جیووانی (۲۰۱۰) به صورت زیر استفاده می‌شود:

---

۱. حفاظت از محیط زیست در چارچوبی فراتر از حفاظت از گونه‌های حیات وحش از سال ۱۳۵۰ آغاز شد که در آن سازمان حفاظت از محیط زیست جایگزین سازمان شکاربانی و نظارت بر صید (کانون شکار سابق) شد.

2. Costantini and Martini (2006)

$$Ln(CO_2)_t = \alpha + \beta_1 LnGDP_t + \beta_2 (LnGDP)_t^2 + \beta_3 Op_t + \beta_4 A_t + \beta_5 ICT_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

به‌طوری که:

$LnCO_2$: لگاریتم طبیعی انتشارسرانه گاز CO_2 (برحسب تن)

$LnGDP$: لگاریتم تولید ناخالص سرانه به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶

Op: درجه باز بودن تجاری که برابر نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی است.

A: نسبت مخارج دولت برای حفظ محیط زیست به کل مخارج دولت

ICT: شاخص فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات که با استفاده از ۴ شاخص زیر اندازه‌گیری می‌شود:

- TEL: تعداد خطوط تلفن ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر
- MOB: تعداد خطوط تلفن همراه به ازای هر ۱۰۰ نفر
- INU: تعداد کاربران اینترنت در هر ۱۰۰ نفر جمعیت
- CTE: نسبت مخارج دولت در حوزه ارتباطات و اطلاعات جمعی به کل مخارج دولت

همانطور که مشاهده می‌شود، مطابق با فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)[1] مجذور متغیر LnGDP نیز در الگو لحاظ شده است.[2] اطلاعات آماری مربوط به تولید ناخالص داخلی سرانه، صادرات و واردات از حساب‌های ملی بانک مرکزی و داده‌های آماری مربوط به مخارج دولت از سالنامه آماری و سایر داده‌ها از گزارش توسعه بانک جهانی[3] استخراج شده است. برای تخمین الگوی فوق از روش همگرایی ARDL و الگوی ECM استفاده خواهد شد.

۵. یافته‌های تحقیق

به منظور دستیابی به یک تخمین غیرکاذب بین متغیرهای الگو، بایستی متغیرهای حاضر در رگرسیون ایستا بوده یا ترکیب آنها ایستا باشد. در واقع روش‌های هم‌انباشتگی، ایستایی ترکیب متغیرهای حاضر در الگو را بررسی می‌نماید. در روش ARDL یکی از شرایط اولیه برای صحت

1. Environmental Kuznets Curve

۲. براساس این فرضیه یک رابطه به شکل U معکوس بین رشد تولید ناخالص سرانه و شاخص تخریب محیط زیست وجود دارد، به‌طوری که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، افزایش تولید ناخالص سرانه همراه با تخریب هرچه بیشتر محیط زیست است اما از یک سطح آستانه به بعد، افزایش رشد اقتصادی باعث بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود.

3. World Development Indicators (2010)

آزمون هم‌انباشتگی، عدم وجود متغیرهایی از درجه انباشتگی ۲ و بالاتر در الگو است. بنابراین پیش از انجام آزمون هم‌انباشتگی، در جدول ۲ نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم‌یافته بر روی متغیرهای الگو گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای $LnCO_2$، $LnGDP$ و CTE انباشته از درجه ۱و سایر متغیرها ایستا هستند.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم‌یافته

متغیر	آماره دیکی- فولر تعمیم‌یافته در سطح	آماره دیکی- فولر تعمیم‌یافته در تفاضل مرتبه اول	نتیجه
$LnCO_2$	-۰/۳۷	-۵/۲۰	انباشته از درجه ۱
LnGDP	-۰/۸۹	-۳/۲۱	انباشته از درجه ۱
Op	-۵/۰۸	-	ایستا در سطح
A	-۳/۵۷	-	ایستا در سطح
TEL	۴/۷۸	-	ایستا در سطح
MOB	۴/۱۱	-	ایستا در سطح
CTE	-۲/۱۱	-۶/۶۴۷۶	انباشته از درجه ۱

در این مطالعه برای بررسی وجود هم‌انباشتگی در بین متغیرهای الگو از روش ARDL و آزمون پیشنهادی توسط پسران، شاین و اسمیت[1] که به آزمون مقادیر کرانه‌ای یا باند مشهور است استفاده می‌شود. برای انجام این آزمون رابطه (۱) را به فرم تصحیح خطای زیر بازنویسی می‌نماییم:

$$\begin{aligned}\Delta Ln(CO_2)_t = {} & b_0 + \lambda_1 Ln(CO_2)_{t-1} + \lambda_2 Ln(GDP)_{t-1} \\ & + \lambda_3 [Ln(GDP)]^2_{t-1} + \lambda_4 Op_{t-1} + \lambda_5 A_{t-1} + \lambda_6 ICT_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_{1,i} \Delta Ln(CO_2)_{t-i} + \sum_{j=0}^{q-1} \gamma_{2,j} \Delta Ln(GDP)_{t-j} \\ & + \sum_{k=0}^{r-1} \gamma_{3,i} \Delta [Ln(GDP)]^2_{t-k} + \sum_{l=0}^{s-1} \gamma_{4,l} \Delta Op_{t-l} \\ & + \sum_{m=0}^{v-1} \gamma_{5,m} \Delta A_{t-m} + \sum_{n=o}^{w-1} \gamma_{6,n} \Delta ICT_{t-n} + u_t\end{aligned} \quad (۲)$$

1. Pesaran, Shin and Smith (2001)

در رابطه (۲) علامت Δ نشان‌دهنده تفاضل متغیرها است. مقادیر p، q، r، s، v و w نیز نشان‌دهنده طول وقفه بهینه برای هر متغیر است. برای وجود یک رابطه بلندمدت بین متغیرهای الگو بایستی براساس آزمون F ضرایب وقفه اول تمامی متغیرها در معادله (۲) به صورت همزمان معنی‌دار باشد. به عبارت دیگر در فرضیه صفر به صورت زیر:

$$H_0 : \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = \lambda_6 = 0$$
$$H_1 : \lambda_1 \neq \lambda_2 \neq \lambda_3 \neq \lambda_4 \neq \lambda_5 \neq \lambda_6 \neq 0$$

در این آزمون بایستی مقدار آماره F بدست آمده به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتوان این فرضیه را رد نمود. مقدار آماره F بدست آمده برای فرضیه فوق با مقادیر بحرانی محاسبه شده توسط پسران، شاین و اسمیت (۲۰۰۱) مقایسه می‌شود، این مقادیر بحرانی دارای یک حد بالا و یک حد پایین است. در صورتی که آماره F محاسبه شده بیش از حد بحرانی بالا باشد می‌توان فرضیه صفر را رد و وجود رابطه بلندمدت را پذیرفت. مقادیر آماره F محاسبه شده برای شاخص‌های مختلف ICT در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به اینکه مقدار حد بحرانی بالا در سطح اطمینان ۹۵ درصد و تعداد متغیر ۶ برابر ۳/۶۱ است، وجود رابطه بلندمدت در تمامی روابط اشاره شده در جدول ۳ قابل قبول است.

جدول ۳. نتایج آزمون هم‌انباشتگی باند

مدل	وقفه بهینه (شوارتز- بیزین)	آماره F
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, TEL)$	(۰،۰،۲،۱،۱،۱)	۴/۵۹
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, MOB)$	(۰،۰،۲،۱،۱،۱)	۳/۸۸
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, INU)$	(۰،۰،۲،۱،۱،۱)	۳/۹۵
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, CTE)$	(۱،۰،۲،۱،۱،۱)	۳/۷۲

پس از تأیید وجود رابطه بلندمدت نوبت به برآورد این رابطه می‌رسد. در جدول ۴ نتایج تخمین رابطه بلندمدت گزارش شده است. براساس نتایج به دست آمده:

- ضریب *LnGDP* در تمامی تخمین‌ها مثبت و قابل توجه است. به‌طوری که یک درصد رشد تولید ناخالص سرانه باعث افزایش نزدیک به ۲ درصد در رشد انتشار گاز CO_2 می‌شود. این نتیجه نشان‌دهنده استفاده از تکنولوژی ناپاک و مغایر با استانداردهای زیست‌محیطی در فرایند تولید در بخش‌های مختلف اقتصاد کشور است.
- ضریب مجذور *LnGDP* با وجود اینکه مطابق با فرضیه EKC منفی است اما معنی‌دار نبوده و نشان‌دهنده یک رابطه مثبت خطی بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست است.
- ضریب *Op* منفی و معنی‌دار است. با توجه به ترکیب صادرات کشور که بیشتر از مواد خام تشکیل شده و برای تولید آن آلودگی چندانی ایجاد نمی‌گردد و با در نظر گرفتن اینکه واردات کالاها جایگزینی برای تولید داخلی محسوب می‌شود، اثر منفی درجه باز بودن تجاری بر انتشار آلودگی چندان دور از ذهن نیست.
- ضریب متغیر A در تمامی تخمین‌ها اگر چه منفی است ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. این نتیجه ناشی از پایین بودن سقف اعتبارات اختصاص یافته به امر حفاظت از محیط زیست است. براساس تجارب بین‌المللی چنانچه سهم مخارج سرمایه‌گذاری برای حفظ محیط زیست حدود ۱/۵ درصد GDP باشد، آلودگی محیط زیست کنترل می‌شود و در صورتی که این رقم به ۲ الی ۳ درصد برسد، محیط زیست از لحاظ کیفی ارتقاء می‌یابد.[1] این در حالی است که تنها ۰/۰۴ درصد (حدود ۱۱۲ میلیارد تومان) تولید ناخالص داخلی کشور برای حفاظت محیط زیست هزینه می‌شود.[2] بنابراین افزایش سهم فعالیت‌های حافظ محیط زیست از کل بودجه کشور و در کنار آن استفاده بهینه و کارا از این منابع در هدایت رشد اقتصادی کشور به مسیر بلندمدت می‌تواند مفید باشد. همچنین عدم استفاده درست و مناسب از اعتبارات زیست‌محیطی و نبود مدیریت اصولی و علمی در محافظت از محیط زیست نیز می‌تواند دلیل غیرمعنی‌دار بودن ضریب این متغیر باشد.
- ضریب متغیر TEL منفی و در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است. اگر چه مقدار ضریب به دست آمده بسیار ناچیز است اما به هر حال علامت منفی این ضریب نشان می‌دهد که

1. Deng and Huang (2009)

۲. بودجه ۱۳۸۸، اعتبارات دولت در راستای حفظ و نگهداری محیط زیست

گسترش زیرساخت‌ها در حوزه ارتباطات توانسته در کاهش مسافرت‌ها و در نتیجه کاهش مصرف انرژی و ایجاد آلودگی موفق باشد.

- ضریب MOB هم مانند ضریب TEL بر انتشار آلودگی تأثیر منفی و معنی‌دار دارد. گسترش خطوط تلفن همراه در کاهش نیاز به مسافرت‌های کوتاه درون شهری بسیار مؤثر بوده و از این طریق تأثیر مثبت بر محیط زیست داشته است. اگر چه استفاده از این وسیله خود مستلزم مصرف انرژی است اما می‌توان چنین بیان نمود که صرفه‌جویی‌های ناشی از آن بیش از هزینه‌های زیست‌محیطی آن است.

جدول ٤. نتایج تخمین رابطه بلندمدت

شاخص ICT / متغیر	TEL	MOB	INU	CTE
عرض از مبدأ	−۰/۸۴	−۰/۸۷	−۱/۱۸	−۱/۰۸
	(−۲/۱۰)**	(۲/۷۹)*	(−۱/۹۹)***	(−۲/۰۵)**
LnGDP	۱/۸۰	۱/۷۲	۱/۷۲	۱/۶۷
	(۶/۶۱)*	(۵/۸۸)*	(۵/۸۵) *	(۶/۰۶)*
(LnGDP)^۲	−۰/۳۱	−۰/۳۰	−۰/۳۸	−۰/۳۵
	(−۱/۰۵)	(−۰/۹۱)	(−۱/۲۱)	(−۱/۰۷)
Op	−۰/۱۴	−۰/۱۹	−۰/۱۷	−۰/۱۵
	(−۲/۱۳)**	(−۳/۹۷)*	(−۲/۴۷)**	(−۲/۱۲)**
A	−۰/۰۴	−۰/۰۳	−۰/۰۱	−۰/۰۸
	(۰/۳۸)	(۰/۴۶)	(۰/۹۲)	(۰/۸۳)
ICT	−۰/۱۱	−۰/۱۶	۰/۲۱	−۰/۰۹
	(−۱/۸۶)***	(−۱/۸۹)***	(۳/۲۵)*	(−۱/۸۷)***

*،**و*** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.
مقادیر داخل پارانتز نشان‌دهنده مقدار آماره t است.

- ضریب INU مثبت و معنی‌دار است. برخلاف دو شاخص قبلی ICT به نظر می‌رسد که افزایش تعداد کاربران اینترنت نه تنها تأثیر مثبت بر حفظ محیط زیست نداشته بلکه باعث افزایش انتشار آلودگی نیز شده است. این نتیجه می‌تواند به نحوه استفاده از

اینترنت در ایران مرتبط باشد. با توجه به عدم گسترش قابل توجه تجارت الکترونیک و عدم توجه به اینترنت به عنوان یک وسیله اطلاع‌رسانی مناسب در بین نهادها، اینترنت در ایران بیشتر یک کالای مصرفی بوده و بیشتر باعث افزایش مصرف انرژی شده است. همچنین به دلیل عدم استفاده وسیع از آن در مکاتبات می‌توان گفت که جانشین غیرکامل برای مکاتبات فیزیکی بوده و حتی مصرف کاغذ را افزایش داده است.

- ضریب CTE مانند TEL و MOB منفی و معنی‌دار است. این امر نشان‌دهنده اثر منفی گسترش زیرساخت‌های ارتباطی و اطلاعاتی بر انتشار آلودگی است.

پس از تخمین رابطه بلندمدت نوبت به برآورد معادله تصحیح خطا و بررسی رفتار الگو در هنگام بروز انحرافات کوتاه‌مدت در روابط بلندمدت می‌رسد. نتایج تخمین رابطه تصحیح خطا به صورت خلاصه در جدول ۵ ارائه شده است. ضریب تصحیح خطای به دست آمده برای روابط بلندمدت نشان‌دهنده سرعت قابل قبول تعدیل به سمت نتایج بلندمدت در هنگام بروز شوک‌های کوتاه‌مدت را نشان می‌دهد. به‌طوری که در هر ۴ رابطه مورد نظر حدود ۲ دوره برای انجام این تعدیل نیاز است. همچنین مقادیر ضریب تعیین به دست آمده نشان‌دهنده خوبی برازش در نتایج است.

جدول ۵. نتایج تخمین معادله تصحیح خطا

مدل	ECM	ضریب تعیین
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, TEL)$	−۰/۵۵ (−۶/۱۷)*	۰/۸۸
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, MOB)$	−۰/۵۲ (−۴/۹۵)*	۰/۸۷
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, INU)$	−۰/۴۹ (−۵/۴۸)*	۰/۸۷
$Ln(CO_2)_t = f(LnGDP, (LnGDP)^2, Op, A, CTE)$	−۰/۵۳ (−۵/۳۳)*	۰/۸۴

* نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد است.

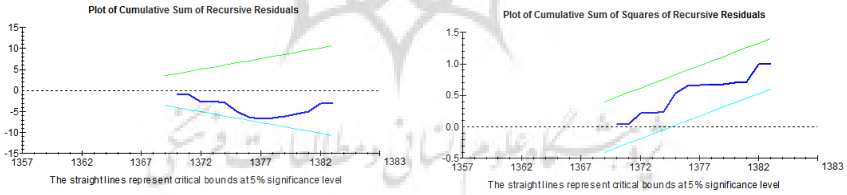
توضیح: مقادیر داخل پارانتز نشان‌دهنده مقدار آماره t است.

در انتها برای بررسی اعتبار نتایج به دست آمده نتایج آزمون‌های تشخیص در جدول ۶ گزارش شده است که براساس این جدول در هیچ یک از تخمین‌ها مشکل خودهمبستگی سریالی و ناهمسانی واریانس مشاهده نشده و وجود فرم تبعی مناسب و توزیع نرمال قابل قبول است. همچنین نمودارهای CUSUM[1] و CUSUMSQ[2] نشان‌دهنده ثبات ضرایب به دست آمده در دوره مورد بررسی است.

جدول ٦. نتایج آزمون‌های تشخیص

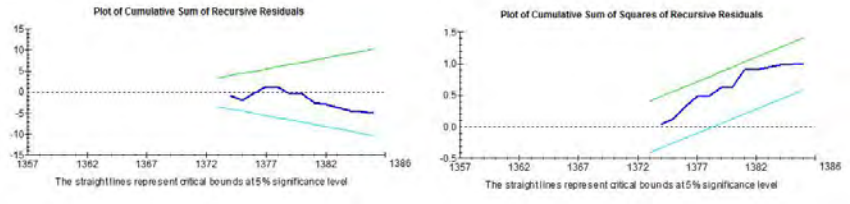
ICT	خودهمبستگی	ناهمسانی واریانس	نرمالیتی	فرم تبعی مناسب
TEL	F=۰/۷۷ (۰/۳۹)	F=۰/۲۲ (۰/۶۵)	CHSQ=۰/۵۸ (۰/۷۴)	F=۰/۹۵ (۰/۲۳)
MOB	F=۰/۸۶ (۰/۳۶)	F=۰/۰۰۵ (۰/۹۶)	CHSQ=۰/۹۸ (۰/۶۴)	F=۱/۲۹ (۰/۲۸۸)
INU	F=۲/۲۹ (۰/۱۴۷)	F=۱/۴۷ (۰/۲۹۶)	CHSQ=۱/۶۹ (۰/۴۳۰)	F=۱/۲۲ (۰/۱۵)
CTE	F=۰/۳۷ (۰/۵۶)	F=۲/۴۵ (۰/۱۲)	CHSQ=۳/۰۱ (۰/۲۱)	F=۰/۴۱ (۰/۵۲)

توضیح: اعداد داخل پارانتز نشان‌دهنده سطح احتمال مربوط به آماره مربوطه است.

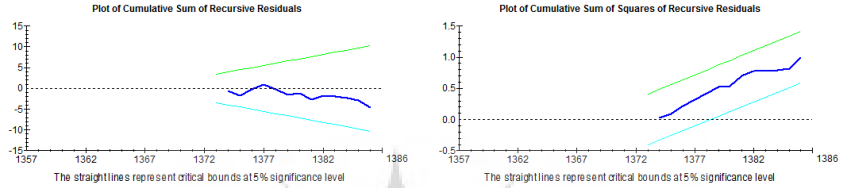


الف – TEL

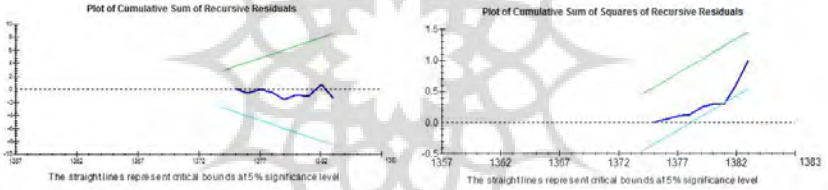
1. Cumulative Sum Standardized Residuals
2. Cumulative Sum of Squares of Standardized Residuals



ب- MOB



ج- INU



د- CTE

نمودار ۹. آزمون‌های ثبات ساختاری

٦. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

بدون شک در کشورهای در حال توسعه مانند ایران فرایند تولید مستلزم بهره‌گیری از محیط زیست و در عین حال تخریب آن است. با توجه به لزوم رشد اقتصادی و عدم امکان توقف تولید، ابزارهایی که کشور را به طور همزمان به افزایش تولید و حفظ محیط زیست قادر سازد می‌توانند در دستیابی به رشد پایدار بسیار کارآمد باشند. یکی از این ابزارها که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققان بوده، تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات است. هدف این مطالعه بررسی اثر شاخص‌های ICT بر انتشار گاز CO_2 در ایران به صورت نظری و تجربی است. براساس نتایج به

دست آمده برخی از شاخص‌های ICT مانند خطوط تلفن ثابت و همراه و مخارج دولتی در حوزه ارتباطات و اطلاعات عمومی بر انتشار گاز CO_2 تأثیر منفی داشته است. با توجه به پایین بودن میزان این تأثیر، به نظر می‌رسد می‌توان با توجه بیشتر به افزایش زیرساخت‌های ارتباطاتی و همچنین استفاده بهینه و مناسب از ظرفیت‌های موجود این اثر را تقویت نمود. در کشور ما در بیشتر مواقع تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات تنها برای تسهیل فعالیت‌ها به کار گرفته می‌شود و جایگزینی کامل آن به جای فعالیت‌های انرژی‌بر و همچنین مصرف منابع طبیعی کمتر مشاهده می‌شود و حتی در برخی موارد ICT امکان بهره‌برداری بیشتر از محیط زیست و منابع طبیعی را فراهم آورده است. بر این اساس، حرکت به سمت سیاست‌ها و برنامه‌هایی که از این ابزار برای حفظ هر چه بیشتر محیط زیست بهره‌گیری شود ضروری است.

گسترش زیرساخت‌های ارتباطاتی و توسعه خطوط تلفن ثابت و همراه، زمینه‌سازی برای استفاده بیشتر از اینترنت در راستای کاهش سفرهای درون شهری و گسترش مبادلات الکترونیکی، توجه بیشتر به فصل فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و افزایش اعتبارات زیست‌محیطی در بودجه‌های سالیانه، الکترونیکی کردن امور اداری و کاهش نیاز به مراجعات حضوری و کاهش استفاده از کاغذ در امور اداری از جمله هدف‌هایی است که می‌تواند در رأس امور مربوط به حفظ محیط زیست قرار گیرند.

منابع

الف- فارسی

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، حساب‌های ملی، سال‌های مختلف.

مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف.

ب- انگلیسی

Arnfalk, P. (1999), "Information Technology in Pollution Prevention", International Institute for Industrial Environmental Economics, Sweden, Lund University.

Arnfalk, P. (2002), Virtual Mobility and Pollution Prevention, PhD dissertation, International Institute of Industrial Environmental Economics, Lund University, Lund.

Becchetti, L. and S. Auci (2005), "The Stability of the Adjusted and Unadjusted Environmental Kuznets Curve", FEEM Working Paper, No. 93.05.

Costantini, V. and Chiara Martini (2010), "A Modified Environmental Kuznets Curve for Sustainable Development Assessment Using Panel Data", *International Journal of Global Environmental*, Vol. 10, pp. 84-122.

David, P. A. (1999), "Digital Technology and the Productivity Paradox: After Ten Years, What Has Been Learned and What Do We Need to Know?", Prepared for the White House Conference on Understanding the Digital Economy, Washington, D.C., May 25-26.

Esty, D. C. (2001), "Information Age Environment Protection", OECD OBSERVER, May.

Gay, R. H. *et al* (2005), "Modeling Paradigm for the Environmental Impacts of the Digital Economy", *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, Vol. 15, No. 1, pp. 61-82.

Giovanni, Marin (2010), "Sector CO_2 and SO_x Emissions Efficiency and Investment: Homogeneous vs Heterogeneous Estimates Using the Italian NAMEA", ISEE 2010 Conference Advancing Sustainability in a Time of Crisis 22-25 August 2010- Oldenburg & Bremen, Germany.

Hargroves K. C. and H. Smith (2005), *The National Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21st Century*. Section 3: The regulatory measure response. London: Sterling, VA, pp. 182-188.

Houghton, John (2009), "ICT and the Environment in Developing Countries: Opportunities and Developments, Centre for Strategic Economic Studies", Victoria University, DRAFT Rev 3 (31 August).

ITU (2008), "ICTs and Climate Change: ITU Background Report", ITU/MIC Japan Symposium on ICTs and Climate Change, Kyoto, pp. 15-16 April 2008.

Kelly, H. (1999), "Information Technology and Environmental Choices and Opportunities", IMP, at www.cisp.org/imp/october.

Kumar, Rakesh and Mieritz Lars (2007), "Conceptualizing Green IT and Data Centre Power and Cooling Issues", Gartner Research Paper No. G00150322.

Lopez, R., Galinato, G. and A. Islam (2009), "Fiscal Spending and the Environment: Theory and Empirics", Working Papers 2009-22, School of Economic Sciences, Washington State University

OECD (2001), "Impacts of Information and Communication Technologies on Environmental Sustainability: Speculations And Evidence", Report to the OECD.

Romm, J. (2002), "The Internet and the New Energy Economy", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 36, No. 3, pp. 197-210.

Schmidt, A. and N. H. Kloverpris (2009), "Environmental Impacts from Digital Solutions as an Alternative to Conventional Paper-based Solutions", Assessment of e-Boks, Lyngby. Available http://ekstranet.e-boks.dk/

Schreyer, P. (2000), "The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of G&C Countries", STI Working Papers, 2, OECD, Paris.

Takahashi, K. I. *et al* (2004), "Environmental Impact of Information and Communication Technologies Including Rebound Effects", IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, pp. 10-13 May: 13-16.

Toffel, M. W. and A. Horvath (2004), "Environmental Implications of Wireless Technologies: News Delivery and Business Meetings", *Environmental Science & Technology*, Vol. 38, No. 11, pp. 2961-2970.

World Bank (2010), World Development Indicators.

Yi, L. and H. R. Thomas (2007), "A Review of Research on the Environmental Impact of E-business and ICT", *Environment International,* Vol. 33, pp. 841-849.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی