

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

زیست ایران

دکتر فیروز فلاحی*، سکینه سجودی** و سیاب ممی پور***

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 به کارگیری 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 هم‌انباشگی 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، CO₂.
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

firfal@yahoo.com

sakinehsojoodi@gmail.com

mamipours@gmail.com

* استادیار دانشگاه تبریز، گروه اقتصاد

** دانشجوی دوره دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز

*** دانشجوی دوره دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز

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 محیط زیست 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.^۱

براساس برآوردهای انجام شده به میزان ۲ تا ۳ درصد از انتشار گاز CO₂ در جهان ناشی از تولید و استفاده از ICT است.^۲ همچنین برای ساخت این تجهیزات نیز از منابع زیست محیطی 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 CO₂ 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*

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۵۱

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.^۱ 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.^۲ 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 و شامل 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	به کارگیری ICT مانند استفاده از ICT برای نظارت و کنترل زیست‌محیطی
جانشینی غیر کامل ICT برای سایر مواد	تغییر ساختارها و کاستن از میزان مواد مورد استفاده در اقتصاد ^۳
اثر انعکاسی یا بازگشتی	تغییر سبک زندگی مانند هدایت مصرف به سمت مصرف سبز و سازگار با محیط زیست

مأخذ: سازمان همکاری اقتصادی و توسعه^۴

1. Hargroves and Smith

2. Houghton

3. Dematerialization

4. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD (2001))

۱-۱. 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.^۱ 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.^۲ واحد بین‌المللی مخابرات (ITU)^۳ پنج کاربرد مختلف ICT در محیط زیست را به صورت زیر برشمرده است:

۱. مشاهده و اندازه‌گیری شرایط زیست‌محیطی (مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS))^۴
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 به کارگیری مواد و انرژی است.^۵ بنابراین، ICT باعث تغییر ساختارهای اقتصادی و حرکت آن از به کارگیری انرژی و مواد به سمت نهادهای

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

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۵۳

غیرفیزیکی و اطلاعات می‌شود. نمونه‌های زیادی را برای اثبات این مورد می‌توان ارائه نمود؛ کاهش نیاز به کاغذ به دلیل استفاده از نامه‌های الکترونیکی یکی از مشهودترین آنها است.^۱ دوماً، ICT عملاً باعث تغییر روش‌های موجود در طراحی، تولید، توزیع و حتی عملکرد محصولات مختلف می‌شود. بنابراین، ICT نه تنها از طریق افزایش نهاده‌های در دسترس، بلکه از طریق استفاده هوشمندانه از منابع موجود نیز باعث ایجاد رشد اقتصادی و کاهش خسارت به محیط زیست می‌شود. شواهد فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد ICT باعث افزایش بهره‌وری نیروی کار شده^۲ و بر بهره‌وری سرمایه‌های فیزیکی و سایر منابع نیز تأثیر مثبت دارد. اثر مثبت ICT بر کارایی از چند طریق حاصل می‌شود:^۳

- فرایند طراحی و تولید هوشمند: با به کارگیری تجهیزات رایانه‌ای در فرایند تولید، امکان کنترل دقیق و کاهش ضایعات تولید فراهم می‌شود. همچنین طراحی هوشمندانه محصولات باعث به کارگیری کمترین مواد برای تولید محصولات می‌شود.^۴
- سازماندهی مجدد چرخه عرضه: به کارگیری سیستم‌های رایانه‌ای هوشمند در فرایند توزیع کالاها (تجارت الکترونیک) باعث کوتاه شدن چرخه عرضه شده و هزینه‌های خرده‌فروشی محصولات را کاهش می‌دهد.^۵
- تغییر ماهیت برخی محصولات: ICT باعث می‌شود تا برخی محصولات از حالت فیزیکی به غیرفیزیکی تبدیل شوند. برای نمونه، خرید الکترونیکی کتاب، نرم‌افزار و ... باعث عدم نیاز به سی‌دی، کاغذ و ... برای تولید این محصولات می‌شود.^۶
- تغییر ساختار ارتباطات: برای نمونه در ادارات به دلیل ایجاد امکان ارتباط 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 به دلیل استفاده از تجهیزات الکترونیکی برای کنترل ترافیک و اطلاع‌رسانی در مورد آن و به عبارت دیگر بهره‌گیری از سیستم حمل و نقل هوشمند است.^۱

1. Schmidt and Klooverpris (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 غیر کامل 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 در سیستم 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 Klopperpris (2009)

2. OECD (2001)

3. *Ibid*

4. *Ibid*

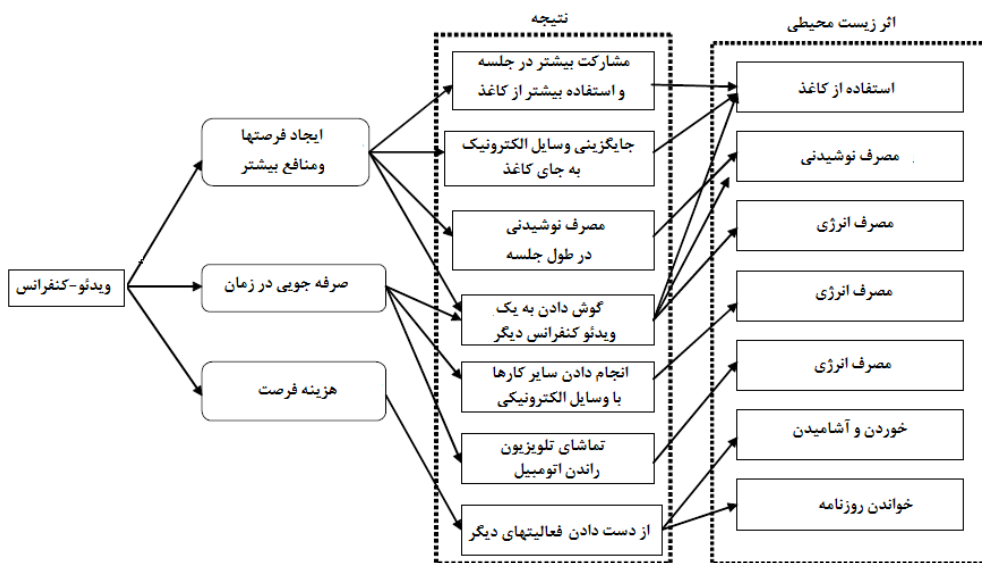
5. *Ibid*

6. *Ibid*

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۵۵

- 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.^۱

تاکاهاشی و همکاران^۲ 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 بیشتری 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 در یک ویدئو کنفرانس باعث عدم صرف آن در فعالیت‌های مصرفی دیگر می‌شود و از این طریق باعث کاهش مصرف می‌شود.



نمودار ۱. اثرات بازگشتی ویدئو کنفرانس بر محیط زیست

مأخذ: تاکاهاشی و همکاران (۲۰۰۴)

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

مطالعات تجربی موجود در حوزه اثرات زیست محیطی ICT بیشتر در سطح خرد است که این مطالعات توسط یی و توماس (۲۰۰۷) به صورت مبسوط مرور شده است. از مهم ترین مطالعات موجود در سطح خرد می توان به مطالعات زیر اشاره نمود:

آرنفالک^۱ نشان داده است که ICT زمانی می تواند به کاهش اثرات منفی زیست محیطی فعالیت های یک سازمان بیانجامد که نیاز به مسافرت های فیزیکی را در آن سازمان کاهش دهد، در غیر این صورت حتی می تواند باعث افزایش تخریب محیط زیست شود. هارست^۲ به بررسی اثرات زیست محیطی تجارت الکترونیک پرداخته و نشان داده است که این اثر می تواند در شرایط مختلف مثبت یا منفی باشد. آرنفالک (۲۰۰۲) نشان داده است که نقل و انتقالات مجازی جانشین کامل برای مسافرت ها نبوده و نه تنها به کاهش مسافرت های فیزیکی منجر نشده بلکه به دلیل افزایش ارتباطات توسط ICT بر میزان آن افزوده است. رم^۳ نشان داده که پیشرفت تکنولوژی به کاهش به کارگیری انرژی منجر شده و به عبارت بهتر، کارایی انرژی را افزایش داده است. توفل و هروث^۴ به مقایسه اثرات زیست محیطی مطالعه روزنامه های آنلاین و کاغذی پرداخته و نشان داده که روزنامه های آنلاین (الکترونیکی) دارای اثرات زیست محیطی منفی کمتری هستند. گای و همکاران^۵ نیز در مقایسه روش های تجارت سنتی و تجارت الکترونیک به نتایج مشابهی مبنی بر پایین بودن اثرات زیست محیطی منفی روش های مبتنی بر ICT دست یافته اند.

اثرات زیست محیطی ICT در مطالعات کلان کمتر مورد توجه بوده است. آئوچی و بچتی^۶ اثر متغیرهایی چون تعداد دریافت کننده های رادیویی و تعداد خطوط تلفن ثابت به ازای هر ۱۰۰۰ نفر را بر انتشار گاز CO₂ در میان ۱۹۷ کشور مختلف بررسی نموده و نشان داده اند که اثر هر دو شاخص بر انتشار گاز دی اکسید کربن منفی است. کسانتینی و مارتینی^۷ نیز اثر تعداد خطوط اینترنت، تلفن ثابت و همراه به ازای هر ۱۰۰۰ نفر را بر انتشار آلاینده های مختلف مورد بررسی قرار داده اند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که شاخص های ICT تأثیر مثبت بر انتشار آلاینده های مختلف از جمله CO₂ داشته است. لوپز و همکاران^۸ 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)

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۵۷

کیفیت محیط زیست پرداخته و نشان داده‌اند که با افزایش مخارج دولت در حوزه‌های عمومی مانند حفظ محیط زیست و ارتباطات، انتشار گاز CO₂ کاهش می‌یابد. کومار و میریتز^۱ 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. جیوانی^۲ در بررسی عوامل مؤثر بر انتشار آلاینده‌ها ها توسط بخش صنعت ایتالیا نشان داده است که ICT اثر معنی‌داری بر انتشار گازهای CO₂ 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 ۱۳۸۸ رسیده است. سرانه خط تلفن همراه نیز در نمودار ۳ نشان 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.^۳ 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 کاربران اینترنت در هر ۱۰۰ نفر را در ایران

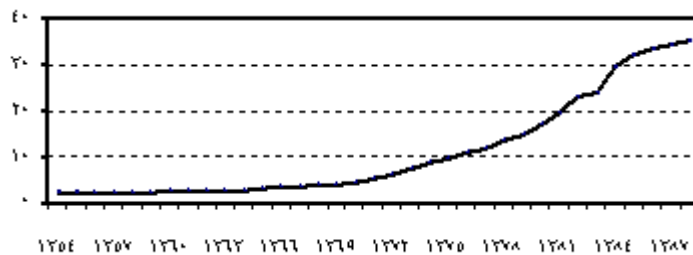
1. Kumar and Mieritez (2007)

2. Giovanni (2010)

۳. داده‌های آماری مربوط به تعداد کامپیوترهای شخصی قبل از سال ۱۳۷۳ موجود نیست.

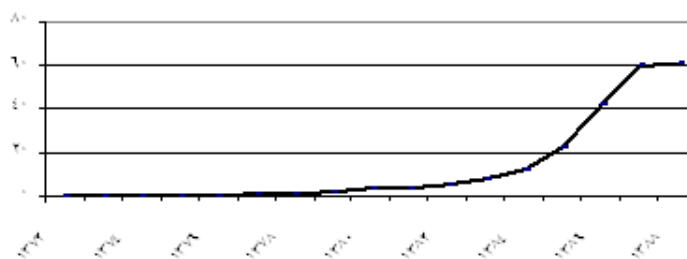
۱۵۸ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال اول شماره ۲

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 افزایشی 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

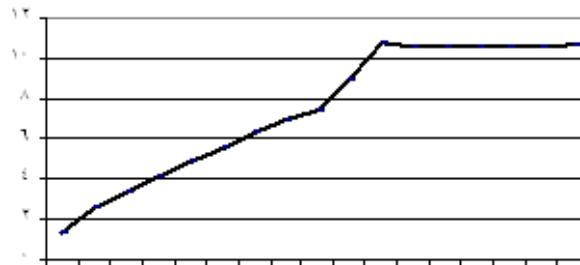
مأخذ: مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف



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

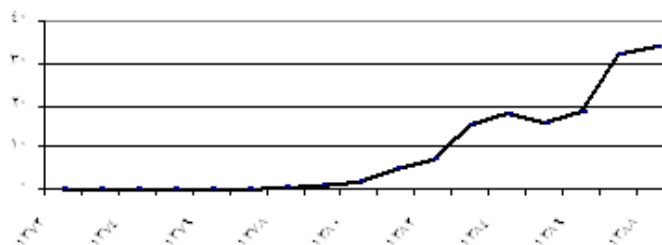
مأخذ: مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۵۹



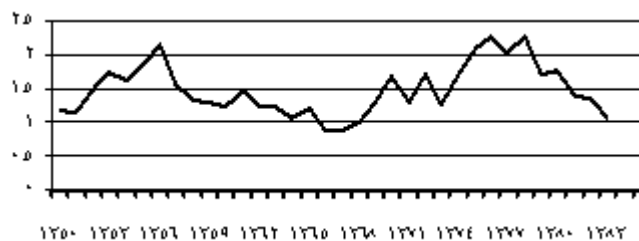
نمودار ۴. تعداد کامپیوترهای شخصی به ازای هر ۱۰۰ نفر در ایران

مأخذ: گزارش توسعه بانک جهانی (WDI)، ۲۰۰۹



نمودار ۵. تعداد کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر در ایران

مأخذ: گزارش توسعه بانک جهانی (WDI)، ۲۰۰۹



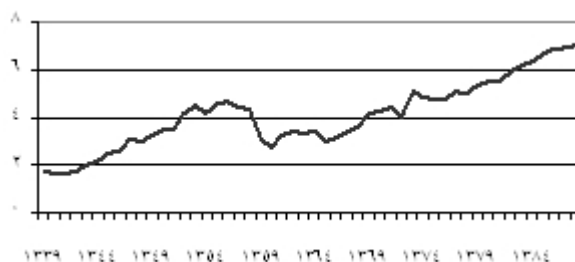
نمودار ۶. نسبت مخارج ارتباطات و اطلاعات جمعی به کل مخارج دولت در ایران

مأخذ: مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سالهای مختلف

در ادامه به بررسی روند دو شاخص مهم در ارتباط با محیط زیست پرداخته می‌شود، شاخص انتشار گاز CO_2 و 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، انتشار گاز CO_2 به جز

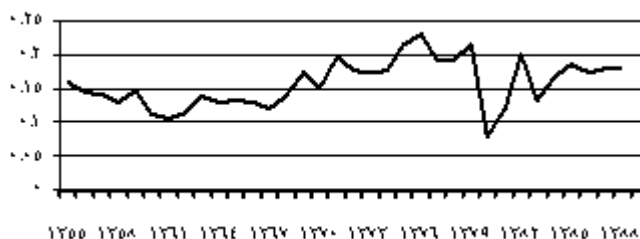
۱۶۰ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال اول شماره ۲

سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۵۰ که سرآغاز فعالیت‌های زیست‌محیطی در ایران است^۱، 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 CO₂ 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: مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، سال‌های مختلف

۴. الگوی تجربی و متدلوژی تحقیق

در این مطالعه برای بررسی اثر ICT بر محیط زیست از الگویی مشابه مطالعه کسناتینی و مارتینی^۲ و جیوانی (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)

$$\begin{aligned} \ln(CO_2)_t = & \alpha + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 (\ln GDP)_t^2 \\ & + \beta_3 Op_t + \beta_4 A_t + \beta_5 ICT_t + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

به طوری که:

$\ln CO_2$: لگاریتم طبیعی انتشار سرانه گاز CO_2 (بر حسب تن)

$\ln GDP$: 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 فن آوری ارتباطات و اطلاعات که با استفاده از ۴ شاخص زیر اندازه گیری می شود:

– 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 می شود، مطابق با فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC)^۱ مجذور متغیر $\ln GDP$ نیز در الگو لحاظ شده است.^۲ اطلاعات آماری مربوط به تولید ناخالص داخلی سرانه، صادرات و واردات از حساب های ملی بانک مرکزی و داده های آماری مربوط به مخارج دولت از سالنامه آماری و سایر داده ها از گزارش توسعه بانک جهانی^۳ استخراج شده است. برای تخمین الگوی فوق از روش همگرایی ARDL و الگوی ECM استفاده خواهد شد.

۵. یافته های تحقیق

به منظور دستیابی به یک تخمین غیر کاذب بین متغیرهای الگو، بایستی متغیرهای حاضر در رگرسیون ایستا بوده یا ترکیب آنها ایستا باشد. در واقع روش های هم انباشتگی، ایستایی ترکیب متغیرهای حاضر در الگو را بررسی می نماید. 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، به طوری که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، افزایش تولید ناخالص سرانه همراه با تخریب هر چه بیشتر محیط زیست است اما از یک سطح آستانه به بعد، افزایش رشد اقتصادی باعث بهبود کیفیت محیط زیست می شود.

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 تعمیم یافته بر روی متغیرهای الگو گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای $LnCO_2$ ، $LnGDP$ و CTE انباشته از درجه ۱ و سایر متغیرها ایستا هستند.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته

متغیر	آماره دیکی- فولر تعمیم یافته در سطح	آماره دیکی- فولر تعمیم یافته 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^۱ 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:

$$\begin{aligned}
 \Delta Ln(CO_2)_t = & b_1 + \lambda_1 Ln(CO_2)_{t-1} + \lambda_2 Ln(GDP)_{t-1} \\
 & + \lambda_3 [Ln(GDP)]^y_{t-1} + \lambda_4 Op_{t-1} + \lambda_5 A_{t-1} + \lambda_6 ICT_{t-1} \\
 & + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_{\nu,i} \Delta Ln(CO_2)_{t-i} + \sum_{j=0}^{q-1} \gamma_{\nu,j} \Delta Ln(GDP)_{t-j} \\
 & + \sum_{k=0}^{r-1} \gamma_{\nu,k} \Delta [Ln(GDP)]^y_{t-k} + \sum_{l=0}^{s-1} \gamma_{\nu,l} \Delta Op_{t-l} \\
 & + \sum_{m=0}^{v-1} \gamma_{\delta,m} \Delta A_{t-m} + \sum_{n=0}^{w-1} \gamma_{\delta,n} \Delta ICT_{t-n} + u_t
 \end{aligned} \tag{۲}$$

1. Pesaran, Shin and Smith (2001)

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۶۳

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

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

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. به طوری 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.^۱ این در حالی است که تنها ۰/۰۴ درصد (حدود ۱۱۲ میلیارد تومان) تولید ناخالص داخلی کشور برای حفاظت محیط زیست هزینه می‌شود.^۲ 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

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۶۵

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 ۴. نتایج تخمین رابطه بلندمدت

متغیر	شاخص ICT	TEL	MOB	INU	CTE
عرض از مبدأ	-۰/۸۴	-۰/۸۷	-۱/۱۸	-۱/۰۸	(-۲/۱۰)**
LnGDP	۱/۸۰	۱/۷۲	۱/۷۲	۱/۶۷	(۶/۶۱)*
(LnGDP) ^۲	-۰/۳۱	-۰/۳۰	-۰/۳۸	-۰/۳۵	(-۱/۰۷)
Op	-۰/۱۴	-۰/۱۹	-۰/۱۷	-۰/۱۵	(-۲/۱۳)**
A	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۸	(۰/۸۳)
ICT	(-۱/۸۶)***	(-۱/۸۹)***	۰/۲۱	(-۱/۸۷)***	(۳/۲۵)*

*** و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

مقادیر داخل پاراتر 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 اطلاع رسانی 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 می توان گفت که جانشین غیر کامل برای مکاتبات فیزیکی بوده و حتی مصرف کاغذ را افزایش داده است.

- ضریب CTE مانند TEL و MOB منفی و معنی دار است. این امر نشان دهنده اثر منفی گسترش زیرساخت های 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 کوتاه مدت در روابط بلندمدت می رسد. نتایج تخمین رابطه تصحیح خطا به صورت خلاصه در جدول ۵ ارائه شده است. ضریب تصحیح خطای به دست آمده برای روابط بلندمدت نشان دهنده سرعت قابل قبول تعدیل به سمت نتایج بلندمدت در هنگام بروز شوک های کوتاه مدت را نشان می دهد. به طوری که در هر ۴ رابطه مورد نظر حدود ۲ دوره برای انجام این تعدیل نیاز است. همچنین مقادیر ضریب تعیین به دست آمده نشان دهنده خوبی برازش در نتایج است.

جدول ۵. نتایج تخمین معادله تصحیح خطا

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

* نشان دهنده معنی داری در سطح ۱ درصد است.

توضیح: مقادیر داخل پارانتر نشان دهنده مقدار آماره t است.

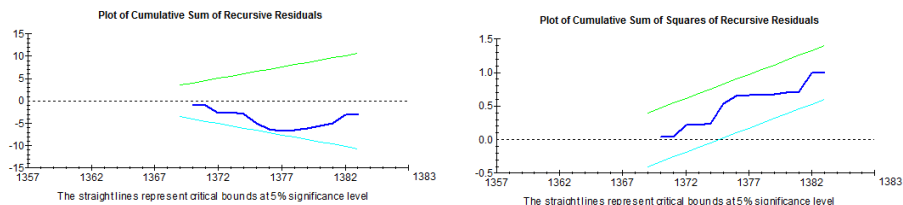
بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۶۷

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 $CUSUMS^2$ نشان‌دهنده ثبات ضرایب به دست آمده در دوره مورد بررسی است.

جدول ۶. نتایج آزمون‌های تشخیص

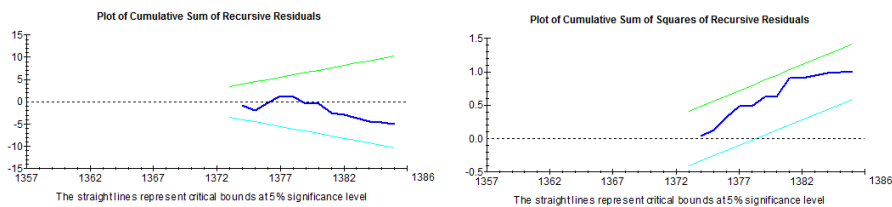
ICT	خودهمبستگی	ناهمسانی واریانس	نرمالیتی	فرم تبعی مناسب
TEL	$F=0/77$ (0/39)	$F=0/22$ (0/65)	$CHSQ=0/58$ (0/74)	$F=0/95$ (0/23)
MOB	$F=0/86$ (0/36)	$F=0/05$ (0/96)	$CHSQ=0/98$ (0/64)	$F=1/29$ (0/288)
INU	$F=2/29$ (0/147)	$F=1/47$ (0/296)	$CHSQ=1/69$ (0/430)	$F=1/22$ (0/15)
CTE	$F=0/37$ (0/56)	$F=2/45$ (0/12)	$CHSQ=3/01$ (0/21)	$F=0/41$ (0/52)

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

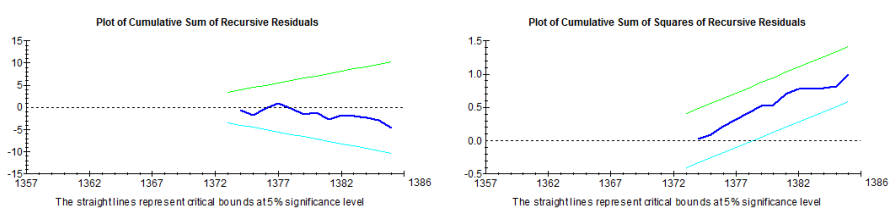


الف - TEL

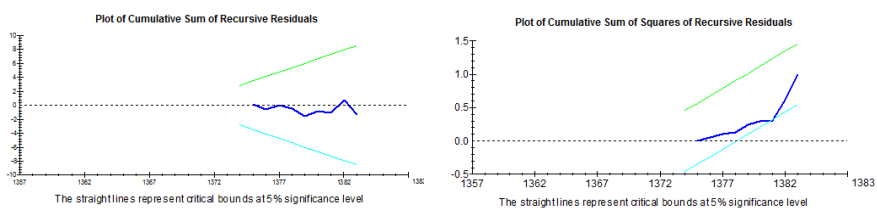
1. Cumulative Sum Standardized Residuals
2. Cumulative Sum of Squares of Standardized Residuals



ب- MOB



ج- INU



د- CTE

نمودار ۹. آزمون‌های ثبات ساختاری

۶. نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها

بدون شک در کشورهای در حال توسعه مانند ایران فرایند تولید مستلزم بهره گیری 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 می تواند 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 CO₂ در ایران به صورت نظری و تجربی است. براساس نتایج به

بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران ۱۶۹

دست آمده برخی از شاخص‌های ICT مانند خطوط تلفن ثابت و همراه و مخارج دولتی در حوزه ارتباطات و اطلاعات عمومی بر انتشار گاز CO₂ 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

Arnalk, P. (1999), "Information Technology in Pollution Prevention", International Institute for Industrial Environmental Economics, Sweden, Lund University.
Arnalk, 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 CO₂ 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.