

ارزیابی اثر فن آوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست

نیلوفر مرادحاصل¹، امیرحسین مزینی^{2*}

1 استادیار پژوهشگاه فضای مجازی

2 استادیار دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: 1390/1/30؛ تاریخ تصویب: 1392/3/27)

چکیده

فن آوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) طی سال‌های اخیر، ابعاد مختلف زندگی انسان را متأثر نموده است. مبانی نظری بحث حکایت از آن دارد که استفاده از فاوا می‌تواند به بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک نماید. اما قابل مشاهده بودن این اثر در کشورهای مختلف با سطوح متفاوت از نظر توسعه یافتگی نیازمند مطالعات موردی است. مقاله حاضر به دنبال بررسی این موضوع به صورت بین کشوری می‌باشد. بدین منظور، پس از بررسی مبانی نظری بحث و استخراج مدل مربوطه با استفاده از روش داده‌های تلفیقی (Panel Data)، به برآورد اثر فن آوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست به تفکیک در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه (از جمله ایران) برای دوره زمانی 1990-2005 پرداخته شده است.

نتایج حکایت از آن دارد که همزمان با افزایش شدت آلودگی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی، فن آوری اطلاعات و ارتباطات توانسته در کشورهای توسعه یافته روند فزاینده انباشت آلودگی را تعدیل نماید و از این مجرا کیفیت محیط‌زیست بهبود یابد. اما این موضوع در کشورهای در حال توسعه چندان محسوس نمی‌باشد. به نظر می‌رسد، تفاوت موجود میان کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در زمینه نهادینه شدن استفاده از فن آوری اطلاعات و ارتباطات در این رابطه نقش به‌سزایی ایفا می‌نماید.

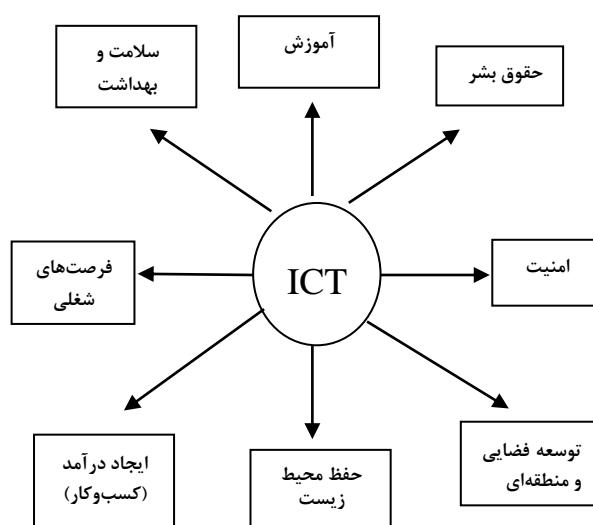
کلید واژه‌ها: فن آوری اطلاعات و ارتباطات، محیط‌زیست، آلودگی، داده‌های تلفیقی

سرآغاز

طی دهه‌های اخیر، اهمیت محیط‌زیست رفته رفته افزایش یافته و کیفیت محیط‌زیست از اهمیت به‌سزایی برخوردار شده است. به طوری که با رشد و توسعه جوامع، به کیفیت محیط‌زیست اهمیت بیشتری داده شده است و با وجود تفاوت‌های اساسی در مصادیق و ماهیت مشکلات حوزه محیط‌زیست در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، کلیت این موضوع در تمامی کشورها قابل مشاهده می‌باشد. برای مثال، همزمان که در کشورهای در حال توسعه مواردی چون تخریب محیط‌زیست⁽¹⁾ ناشی از استحصال غیراصولی منابع، نبود سیستم‌های ارزیابی و اندازه‌گیری (پایش)⁽²⁾، نبود قوانین محیط‌زیستی کارا و پدیده‌هایی چون گریزگاه آلودگی⁽³⁾ و ... مشکل اصلی می‌باشند در کشورهای توسعه یافته نیز مباحثی چون مصرف کارای منابع و یافتن جایگزین‌های بهینه برای آن‌ها، مدیریت انتشار و دفع آلاینده‌ها، پاسخ‌گویی به افکار عمومی (برای مثال در قالب NGOهای حوزه محیط‌زیست)، رعایت ترتیبات حوزه محیط‌زیست و ... دغدغه اصلی محسوب می‌شوند.

همان‌گونه که مطرح شد، با وجود تفاوت در ماهیت و مصادیق مشکلات در محیط‌زیست کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، مدیریت محیط‌زیست و حرکت در جهت حفظ و ارتقای آن یک دغدغه بین‌المللی محسوب می‌شود. بنابراین، هر راه‌کار و ابزاری که بتواند کشورها را در این راستا کمک نماید، می‌تواند

به‌عنوان یک راه‌کار کلی به‌حساب آید. بهره‌گیری و استفاده از فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و قابلیت‌های آن و در نتیجه انتقال فعالیت‌ها به فضای مجازی، یکی از مهم‌ترین (بسترها) و راه‌کارها در این راستا، چه در کشورهای توسعه یافته و چه در کشورهای در حال توسعه، به حساب می‌آید. توضیح آن که فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، یکی عوامل مهم در متحول نمودن حیات بشر طی دهه‌های اخیر بوده است و تقریباً نمی‌توان بخشی از زندگی امروزه بشر (به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم) را یافت که از قابلیت‌های این فن‌آوری بهره‌مند نشده باشد. ضمن آن که بدون شک بخش قابل توجهی از رشد و توسعه اقتصادی کشورها به‌ویژه کشورهای توسعه یافته طی دهه اخیر در سایه استفاده مطلوب از قابلیت‌های این فن‌آوری و فرصت‌های ایجاد شده از آن حاصل شده است. شکل (1)، تصویری کلی از حوزه نفوذ و تأثیرگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات را در ابعاد مختلف زندگی بشر نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بخش‌های مختلف همچون سلامت و بهداشت، فرصت‌های شغلی، کسب و کار، امنیت، محیط‌زیست، توسعه منطقه‌ای، حقوق بشر و آموزش از قابلیت‌های این پدیده بهره‌مند می‌شوند، ضمن آن که در بسیاری از موارد این ارتباط می‌تواند دو سویه باشد.



شکل (1): ارتباطات توسعه‌ای فناوری اطلاعات و ارتباطات

Source: (Wakelin & Shadrach, 2001)

ارتباطات استفاده نمی‌شود) افزایش یابد که به آثار ارتجاعی و بازگشت‌کننده⁽⁴⁾ معروف می‌باشند. نکته‌ای که در این رابطه جلب توجه می‌نماید، آن است که محاسبه آثار ارتجاعی فناوری اطلاعات و ارتباطات به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. چرا که در اقتصاد کلان همزمان که به دلیل استفاده از قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات از مجرای رشد اقتصادی، مقداری تقاضای جدید ایجاد می‌شود که می‌تواند به‌عنوان مثال باعث افزایش تقاضای مواد خام و انرژی شود. از سوی دیگر، به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات سبب کاهش استفاده از حامل‌های انرژی و مواد اولیه می‌شود که می‌تواند تا حدودی اثر یکدیگر را خنثی نمایند و آن‌چه در عمل مشاهده می‌شود، برآیند این دو اثر می‌باشد. ذکر این توضیح نیز ضروری است که اندازه نسبی هر یک از این آثار (در سه رده مطرح شده) یکسان نمی‌باشند و بدون شک آن‌چه در قالب تبعات بهره‌گیری از فناوری اطلاعات و ارتباطات در رده دوم مطرح می‌شود، به مراتب قابل توجه‌تر از دو سطح دیگر است که موضوع مقاله حاضر می‌باشد. بدین منظور با استفاده از داده‌های بین‌کشوری به ارزیابی این موضوع در قالب فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس می‌پردازیم.

در این مقاله، پس از مقدمه حاضر در بخش دوم به ادبیات موضوع پرداخته می‌شود که شامل چارچوب نظری و مروری بر بررسی‌های انجام شده در زمینه تبعات محیط‌زیستی فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات می‌باشد. در بخش سوم، به معرفی مدل انتخابی، داده‌ها و روش تخمین مدل پرداخته خواهد شد. در بخش چهارم، نتایج تخمین مدل و تحلیل‌های کمی ارایه خواهد شد. بخش پنجم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

مروری بر ادبیات موضوع

چارچوب نظری

طی دو دهه اخیر، ارتباط میان سطح توسعه یافتگی جوامع و میزان دستیابی به استانداردهای محیط‌زیست و به تعبیری رعایت ملاحظات محیط‌زیستی در کانون توجه پژوهشگران قرار گرفته است. یکی از مباحثی که در این حوزه، مطالعات مختلفی را به خود اختصاص داده ارتباط میان سطح درآمد (رشد اقتصادی) جوامع و میزان تخریب محیط‌زیست و عوامل مؤثر بر آن می‌باشد. به‌عبارت دیگر کشورهای مختلف که در سطوح مختلفی از توسعه‌یافتگی قرار دارند، از نظر مخاطرات محیط‌زیستی در چه

در این چارچوب، بهره‌گیری از قابلیت‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در عرصه‌های مختلف بدون شک تبعات قابل توجهی در حوزه محیط‌زیست نیز از خود به جای گذاشته و می‌گذارد و این موضوع با توجه به نقش و اهمیت محیط‌زیست، به‌ویژه طی دهه‌های اخیر می‌تواند به‌صورت خاص مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد مطالعه و بررسی تبعات به‌کارگیری فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست در کشورهای مختلف با سطوح توسعه یافتگی متفاوت، می‌تواند دستاوردهای جدیدی را به‌ویژه برای سیاست‌گذاران به همراه داشته باشد.

به‌طور کلی، در ارتباط با اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر حوزه محیط‌زیست می‌توان موضوع را از جنبه‌های مختلفی بررسی نمود. زیرا مصادیق و تبعات به‌کارگیری این فناوری در شئون مختلف زندگی انسان مشهود بوده و قابل بررسی است. در کامل‌ترین تقسیم‌بندی ارایه شده تبعات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست در سه رده مجزا به شرح زیر قابل تقسیم می‌باشند (Berkhout & Hertin, 2001)

الف- رده اول (سطح یک): در این سطح آن بخش از تبعات (پیامدها) محیط‌زیستی فناوری اطلاعات و ارتباطات بررسی می‌شود که صرفاً ناشی از تولید تجهیزات این حوزه و استفاده از آن‌هاست که به اصطلاح تبعات مستقیم نامیده می‌شوند و به دو گروه تبعات منفی و مثبت تقسیم می‌شوند. تبعات منفی، آن بخش از تبعات محیط‌زیست است که از فرایند تولید محصولات فاوا همچون: تولید سخت‌افزارهای رایان‌های، کابل‌های شبکه، مانیتورها، تبعات ناشی از دفع و معدوم‌سازی تجهیزات فاوا و ... حاصل می‌شود. تبعات مثبت نیز بیشتر ناظر به قابلیت‌هایی است که از تولید و عرضه محصولات فاوا به‌دست می‌آید. برای مثال دستگاه‌های الکترونیکی نشانگر آلودگی، کنترل‌های الکترونیکی و ...

ب- رده دوم (سطح دو): در این سطح، آن بخش از آثار محیط‌زیستی فاوا (همچون کاربرد فاوا در فرایند تولید، توزیع و مصرف) مدنظر می‌باشد که در قالب مجازی‌سازی و افزایش امکان دسترسی میان عاملین اقتصادی، بخش‌های کلان اقتصاد را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

ج- رده سوم (سطح سوم): این سطح به آن بخش از تبعات تحریک‌کننده و انگیزشی فناوری اطلاعات و ارتباطات باز می‌گردد که باعث می‌شود از مجرای رشد اقتصادی بالاتر، مصرف کل اقتصاد (در مقایسه با حالتی که از فناوری اطلاعات و

فناوری‌های ارتباطی را نشان می‌دهد که به طور معمول بر اساس دو متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه و شدت استفاده از تلفن استخراج می‌شود (Kenny, 2005). در ادامه، اقدام‌های انجام شده در این رابطه (در حوزه تئوریک) طی دهه، 1990 بررسی‌های زیادی، اثبات فرضیه کوزنتس و بررسی عوامل تأثیرگذار بر محیط‌زیست را با استفاده مدل‌های Adhoc در دستور کار خود قرار دادند. این روند از اوایل دهه 2000، با کمک مبانی خرد ادامه یافته و اثبات فرضیه منحنی کوزنتس با توجه به بنیان‌های خرد⁽⁶⁾ دنبال شده است. در این چارچوب، لیوینگسون و آندرونی مدلی را برای یک نفر و با فرض عدم وجود پیامد خارجی⁽⁷⁾ انتخاب کردند. ایشان فرض نمودند که آلودگی یک فرد یا یک بنگاه از مصرف حاصل می‌شود و با کاهش مصرف، آلودگی کاهش می‌یابد. به همین جهت، مطلوبیت را به صورت تابعی از مصرف و آلودگی به صورت زیر در نظر گرفتند (Levinson & Andreoni, 2000):

$$U_i = U_i(C_i, P) \quad U_c > 0, U_p < 0 \quad (1) \text{ رابطه}$$

در رابطه فوق، منحنی مطلوبیت U_i تابعی از مصرف (C_i) و

آلودگی (P) است و این مصرف‌کننده به دو طریق می‌تواند

آلودگی را کاهش دهد، الف- تخصیص دادن منابع جهت تمیز

نمودن محیط‌زیست، ب- جلوگیری از ایجاد آلودگی. پس تابع

آلودگی به صورت زیر تعریف شده است:

$$\text{رابطه (2)}$$

$$P = P(C, E) \quad C = \sum C_i, E = \sum E_i \quad P_c > 0, P_E < 0$$

در رابطه (2) متغیر E تلاش محیط‌زیست برای کاهش آلودگی

کل جامعه است و همچنین آلودگی تابعی مثبت از مصرف (C) و

تابعی منفی از تلاش‌ها در حوزه محیط‌زیست (E) است که این

تلاش می‌تواند به شکل توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات

باشد. همچنین فرض شده است که یک موجودی محدود به نام

درآمد (M_i) به صورت رابطه $M_i = E_i + C_i$ وجود دارد که می‌تواند

روی C_i و E_i صرف شود.

اگر از رابطه (2) دیفرانسیل کامل گرفته شود، رابطه (3)

به صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$dP = P_c dC + P_E dE \quad (dM - dC) \quad (3) \text{ رابطه}$$

اگر طرفین رابطه (3) بر dM تقسیم شود، خواهیم داشت:

سطحی می‌باشند. این موضوع اساس فرضیه کوزنتس می‌باشد. این رابطه نام خود را از سیمون کوزنتس، برنده جایزه نوبل که برای اولین بار به رابطه بین سطح درآمد و توزیع درآمد (به صورت U وارونه) پی برد، گرفته است (Kuznets, 1955). بر اساس فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس، ارتباط میان سطح درآمد کشورها و میزان تخریب محیط‌زیست به صورت یک U وارونه تعریف می‌شود. بدین معنا که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست تشدید می‌شود و به مرور زمان با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و ... کشورها، رشد تخریب محیط‌زیست کاهش یافته و در ادامه، این پدیده به موازات رشد درآمد، کاهش می‌یابد. به طور کلی، اقتصاددانان مکانیسم‌های منحنی محیط‌زیستی کوزنتس را در قالب سه اثر مقیاس، اثر ساختاری و اثر تکنیکی تحلیل می‌کنند. بدین صورت که بر اثر مقیاس رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست بر حسب مقیاس فعالیت‌های اقتصادی بحث می‌شود. بر اثر ساختاری به فرایند تبدیل ساختار کشاورزی به ساختار صنعتی آلاینده و سپس به ساختار صنعتی متمرکز با آلاینده‌گی کمتر تمرکز می‌شود. اثر تکنیکی نیز حکایت از آن دارد که در مراحل پایین رشد اقتصادی، تکنیک‌های تولید همراه با تولید آلودگی هستند. اما در مراحل بالای توسعه اقتصادی با فناوری‌های غیر آلاینده و تصفیه‌کننده‌ها، فرایند تولید با ایجاد آلودگی به مراتب کمتر همراه می‌باشد (Stokey, 1998).

برخی از محققان معتقدند مطمئن‌ترین راه برای بهبود وضعیت محیط‌زیست، حرکت کشورها به سمت اقتصاد خدماتی است که یکی از راه‌های رسیدن به اقتصاد خدماتی، توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌باشد (Panayotou et al., 2000). بنابراین، مشاهده می‌شود که بسیاری از کشورها، سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات و ارتباطات را یکی از استراتژی‌های راهبردی خود جهت توسعه ملی قرار داده‌اند. همزمان با این رویکرد در قالب مبانی نظری نیز تلاش شده است که ارتباط بین توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و توسعه تبیین شود.

لازم به ذکر است، از اولین بررسی‌ها در زمینه ارتباط فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی می‌توان به منحنی جیب⁽⁵⁾ اشاره نمود. ادبیات این منحنی برای اولین بار در سال 1963 مطرح و به نام پیشنهاددهنده آن نام‌گذاری شد (Jipp, 1963). این منحنی ارتباط مثبت و شدت همبستگی میان رشد اقتصاد و

$$\frac{dP}{dM} > 0$$

$$\frac{dP}{dM} < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{dC}{dM} > \frac{P_E}{P_E - P_C},$$

رابطه (5)

شرایط لازم و کافی برای برقراری فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس این است که در سطوح پایین درآمد $dC/dM < P_E / (P_E - P_C)$ و در سطوح بالای درآمد $dC/dM > P_E / (P_E - P_C)$ برقرار باشد (شکل 2).

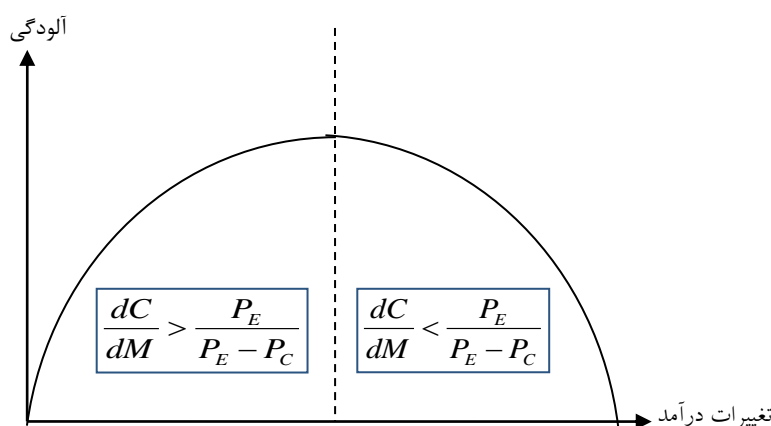
$$\frac{dP}{dM} > 0$$

$$\frac{dP}{dM} < 0$$

$$\Leftrightarrow P_C \frac{dC}{dM} + P_E \left(1 - \frac{dC}{dM}\right) > 0,$$

رابطه (4)

رابطه (4) بیان می‌کند که چگونه تغییرات درآمد بر آلودگی اثر می‌گذارد. عبارت $P_C dC/dM$ افزایش آلودگی ایجاد شده توسط مصرف‌کننده را نشان می‌دهد و عبارت $P_E (1 - dC/dM)$ تلاش‌های صورت گرفته در حوزه محیط‌زیست به منظور کاهش آلودگی را بیان می‌کند و زمانی آلودگی بدون تغییر باقی می‌ماند که این دو عبارت با هم مساوی باشند. با یک جابه‌جایی در رابطه (4) خواهیم داشت:



شکل (2): تغییرات درآمد و آلودگی
Source: (Levinson & Andreoni, 2005)

محیط‌زیست با توجه به بررسی صورت گرفته، بررسی‌های موجود را می‌توان به سه گروه کلی تقسیم نمود که عبارتند از: در بخش اول از بررسی‌ها، فقط به مطالعه اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی پرداخته شده است. در این بخش از بررسی‌ها، تأثیر فناوری بر رشد به سه شکل (حالت) مورد بحث قرار گرفته است. در حالت اول، تأثیر این فناوری بر کالاهای سرمایه‌ای بررسی شده که نتیجه آن افزایش بهره‌وری سرمایه بوده است؛ در حالت دوم این فناوری، بهره‌وری نیروی کار را افزایش داده است و در حالت سوم فناوری، بهره‌وری کل (و نه لزوماً بهره‌وری کار یا سرمایه) را افزایش داده است که از آن به فناوری خنثی هیکس⁽⁸⁾ تعبیر می‌شود (Romer, 2010). در دهه‌های گذشته، به دلیل تأثیر اندک فاوا، اثر آن را در مدل‌های

لازم به ذکر است، لوینسون و آندرونی در مطالعه‌ای دیگر با جای‌گذاری رابطه (2) در رابطه (1) به تابع مطلوبیتی رسیدند که آن را با توجه به محدودیت درآمدی $(M_i = E_i + C_i)$ به روش لاگرانژ حداکثر کردند و با حل شرایط اولیه F.O.C، مقدار بهینه مصرف فرد λ را به دست آوردند و با جای‌گذاری مقدار بهینه مصرف و تلاش‌ها در حوزه محیط‌زیست در رابطه (2)، به نقطه بهینه آلودگی و برقراری فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس رسیدند (Levinson & Andreoni, 2005).

مروری بر مطالعات انجام شده

به‌طور کلی، در خصوص ارتباط میان استفاده از قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات با رشد اقتصادی و کیفیت

محیط‌زیست انجام شده است که اولین مطالعه در این حوزه مربوط به پژوهش‌ها و مرادحاصل، تحت عنوان بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا در قالب منحنی محیط‌زیستی کوزنتس برای 67 کشور می‌باشد (پژویان و مرادحاصل، 1386). البته به دنبال این مطالعه کارهایی در این زمینه انجام شده است. برای نمونه در مطالعه‌ای رابطه بین درآمد و انتشار دی‌اکسید گوگرد برای کشورهای خاورمیانه طی دوره 1980 تا 2003 بررسی شده است (پورکاظمی و ابراهیمی، 1387) و مطالعه‌ای دیگر به ارتباط بین آلودگی هوا و رشد اقتصادی (آزمون فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس) در 16 کشور منتخب توسعه یافته و در حال توسعه از جمله ایران پرداخته است (اصغرپور و موسوی، 1388).

بخش سوم از تحقیق‌هایی انجام شده، شامل بررسی‌هایی می‌شود که در آن‌ها به مطالعه اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست پرداخته شده است. می‌توان این‌گونه مطرح نمود که در داخل کشور مطالعه‌ای که به صورت خاص به بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست پرداخته باشد، مشاهده نشد. اما از مطالعات انجام شده در سطح جهان، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

پلپیس (2002) در مطالعه خود به بررسی تبعات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست با رویکردی منفی پرداخته است. این مقاله در رده اول از طبقه‌بندی ارائه شده در بخش مروری بر مبانی نظری قرار می‌گیرد. بدین مفهوم که چنانچه مدیریت فرایند تولید و دفع ضایعات محصولات سخت افزاری فاوا با دقت لازم صورت نگیرد، می‌تواند تبعات محیط‌زیستی جدی به همراه داشته باشد. به گونه‌ای که در بعضی موارد تبعات مثبت آن را تحت تأثیر قرار دهد (Plepy, 2002).

یی و توماس (2007) در مقاله خود که به مرور بررسی‌های انجام شده در زمینه مطالعه اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات و کسب و کار الکترونیکی بر محیط‌زیست اختصاص یافته کلیه بررسی‌های انجام شده در دسترس، شامل: مقاله، پروژه تحقیقاتی، پایان‌نامه و ... را مورد بررسی قرار دادند. ایشان ادعا می‌نمایند: چه بررسی‌هایی که به صورت مورد کاوی و در سطح خرد انجام شده‌اند و چه بررسی‌هایی که در سطح کلان و در قالب یک رویکرد آماری انجام شده‌اند، هنوز به هم‌گرایی کامل در خصوص اثر مشخص استفاده از فاوا بر فرایند پایداری محیط‌زیست نرسیده‌اند (Yi & Thomas, 2007). به عبارت

رشد در نظر نمی‌گرفتند ولی در اواخر دهه 1990، همراه با رشد سرمایه‌گذاری فاوا و در دسترس قرار گرفتن حجم زیاد نهاده فاوا، این متغیر وارد مدل رشد اقتصادی شد. در سال‌های اخیر، تعدادی از اقتصاددانان با ارایه الگوهای رشد درون‌زا، سعی در توضیح دانش و فناوری‌های جدید به‌عنوان عامل رشد نمودند. در ادبیات اقتصادی، برآورد تأثیر سرمایه‌گذاری فاوا بر بهره‌وری کل و رشد اقتصادی به چهار روش قابل انجام است که عبارتند از: الف- حسابداری رشد (Jorgenson & Stiroh, 2006)؛ ب- برآورد تابع تولید (Jorgenson & Stiroh, 2000)؛ ج- تئوری رشد اقتصادی در حالت پایدار (Pohjola, 2000)؛ و د- روش پس‌اندازهای اجتماعی (کميجانی و محمودزاده، 1387).

در ایران نیز بررسی‌هایی در این حوزه انجام شده است. در برخی از تحقیق‌ها به بررسی میزان تأثیر استفاده از اینترنت بر جریان صادرات در کشورهای منتخب پرداخته شده است (طیبی و همکاران، 1386). برخی بررسی‌های دیگر، به مطالعه اثر فاوا بر اشتغال در بخش خدمات ایران پرداخته‌اند (محمودزاده و اسدی، 1386) و برخی دیگر به تخمین سهم فاوا از رشد اقتصادی ایران با رهیافت حسابداری رشد و با استفاده از روش تصحیح خطای برداری و داده‌های سری زمانی 82-1338 در زیربازه‌های مختلف پرداخته‌اند. (کميجانی، محمودزاده، 1387).

در بخش دوم از بررسی‌ها به مطالعه اثر رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست پرداخته شده است. از اولین بررسی‌های انجام شده در این حوزه می‌توان به مطالعه گروسمن و کروگر اشاره کرد که به منظور ارزیابی آثار محیط‌زیستی تجارت آزاد آمریکای شمالی مطالعه‌ای را انجام دادند و توسط رابطه‌ای رگرسیونی ارتباط میان آلودگی و رشد اقتصادی را بررسی کردند. نتیجه بررسی‌ها، وجود یک رابطه به شکل U وارونه میان آلودگی هوا و تولید ناخالص داخلی را نشان داد (Grossman & Krueger, 1991). به همین ترتیب (شافیک و بندپادیا، 1992؛ بکرمن، 1992؛ سلدون و سانگ، 1994؛ گیلز و ماسک، 2003؛ شین و هاشیموتو، 2004؛ آزوماهو و همکارانش، 2006) فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس را تأیید نمودند. (Shafik & Bandhopadhyay, 1992; Beckerman, 1992; Selden Shen & Hashimoto, & Song, Giles, Mosk, 2003; Azomahou, et al., 2006; 2004; 1994).

در ایران نیز تحقیق‌هایی در مورد اثر رشد اقتصادی بر

ε_{it} : جمله خطا

افزایش فعالیت‌های بشر به‌ویژه پس از انقلاب صنعتی، باعث افزایش آلاینده‌های هوا به شکل گاز و یا ذرات ریز معلق در هوا شده است. از جمله گازهای آلاینده اکسیدهای نیتروژن به اشکال مختلف (بسته به تعداد اتم‌های اکسیژن) می‌باشند. به طور تقریبی تمامی دی‌اکسید نیتروژن موجود در جو بر اثر فعالیت‌های بشر تولید می‌شود. انواع خودروها و نیروگاه‌هایی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند، منابع اصلی انتشار این گاز محسوب می‌شوند (بوتکین و کلر، 1379). بنابراین، در این مطالعه میزان انتشار گاز NOx به‌عنوان شاخص آلودگی (متغیر وابسته) انتخاب شده است. در صورتی که بسیاری از مطالعات بین کشوری و بین المللی نیز در مورد اثبات فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس از میزان انتشار گاز NOx به‌عنوان شاخص آلودگی هوا استفاده نموده‌اند. در این رابطه می‌توان به مطالعات (کل و همکاران، 1997؛ خان، 2002؛ فرانکل و رز، 2005) اشاره نمود (Cole, et al., 1997; Frankel & Rose, 2005; Khanna, 2002).

همچنین برای نشان دادن وضعیت فن آوری اطلاعات و ارتباطات کشورها، از شاخص ضریب نفوذ اینترنت استفاده شده است که به‌صورت تعداد کاربران اینترنت در هر هزار نفر نشان داده می‌شود و انتظار می‌رود تفاوت‌های موجود میان کشورها را در این حوزه نشان دهد. انتظار می‌رود ضرایب این متغیر (بسته به تخمین مدل)، وضعیت اثرگذاری حوزه فن آوری اطلاعات و ارتباطات را بر شاخص آلودگی هوا نشان دهد.

روش برآورد

روش برآورد مدل کوزنتس در مطالعه حاضر، براساس داده‌های تلفیقی (پانل)⁽⁹⁾ است. این روش ترکیبی از «اطلاعات سری زمانی»⁽¹⁰⁾ و «داده‌های مقطعی»⁽¹¹⁾ است. در هر یک از مدل‌های سری زمانی و داده‌های مقطعی، نارسایی‌هایی وجود دارد که در مدل تلفیقی می‌توان آن‌ها را کاهش داد (Baltagi, 1995). در روش داده‌های تلفیقی، ابتدا دو آزمون انجام می‌شود. برای تعیین حالت برابری عرض از مبدا کشورها با حالت تفاوت در عرض از مبدا کشورها از آزمون F و برای تعیین روش اثر ثابت⁽¹²⁾ و یا اثر تصادفی⁽¹³⁾ از آزمون هاسمن⁽¹⁴⁾ استفاده می‌شود که در این تحقیق پس از انجام این دو آزمون روش اثر ثابت انتخاب شده است. در مرحله بعد، آزمون‌های ریشه واحد⁽¹⁵⁾

دیگر مروری بر مطالعات انجام شده کماکان امکان قضاوت صریح در خصوص اثر استفاده از فاوا بر پایداری محیط‌زیست را نمی‌دهد و کماکان نیازمند مطالعات و روش‌های جدیدی می‌باشیم. اضافه می‌نماید. برکوت و هر تین (2001) نیز در مطالعه خود به نتایجی مانند آنچه در مقاله فوق به‌دست آمده، دست یافته‌اند (Hertin, 2001) (Berkhout &).
اردمان و همکاران (2004) در مطالعه خود که به بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر پایداری محیط‌زیست پرداخته‌اند، ضمن تفکیک کاربردهای مختلف فن آوری اطلاعات و ارتباطات، به بررسی آثار آن‌ها بر بخش‌های مختلف پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه که به‌صورت توصیفی انجام شده است. به طور کلی حکایت از اثر مثبت کاربرد فاوا بر کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، میزان بازیافت زباله‌های شهری و مصرف انرژی دارد (Erdmann et al., 2004).

مواد و روش‌ها

معرفی مدل

با توجه به مبانی نظری مطرح شده، در این قسمت تلاش می‌شود اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست در چارچوب فرضیه کوزنتس بررسی شود. بدین منظور از مدل گروسمن و کروگر با تعدیلاتی به شرح ذیل استفاده می‌شود (Grossman & Krueger, 1991):

$$LNP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LNY_{it} + \alpha_2 (LNY_{it})^2_{it} + \alpha_3 LICT_{it} + \alpha_4 LPD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

در رابطه (6)، نماد L بیانگر لگاریتم متغیرها است و α_0 عرض از مبدا و $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ضرایب مدل می‌باشند. متغیرهای به کار گرفته شده به شرح زیر می‌باشند:

LNP_{it} : لگاریتم شاخص آلودگی هوا (سرانه)، لگاریتم انتشار سرانه NOx - هزار تن / نفر،

LNY_{it} : لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی کشورها - دلار / نفر،
 LNY_{it}^2 : مجذور لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی کشورها - دلار / نفر،

$LICT_{it}$: لگاریتم شاخص فاوا (لگاریتم شاخص ضریب نفوذ اینترنت) - درصد کاربران اینترنت در هر هزار نفر،

LPD_{it} : لگاریتم شاخص تمرکز جمعیت - نفر در هر کیلومتر مربع

در جدول (1) مقادیر ستون‌های اول و دوم از هر گروه کشورها به ترتیب بیانگر مقدار ضرایب (α ها) و مقدار آماره t می‌باشند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مثبت بودن ضریب لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی در دو مدل فوق، نشان از افزایش آلودگی به ازای افزایش تولید ناخالص داخلی دارد. به عبارت دیگر، آلودگی به ازای افزایش درآمد روند صعودی داشته است. این ضریب به صورت تلویحی این واقعیت را بیان می‌کند که رشد اقتصادی (افزایش درآمد در مراحل اولیه رشد) با ایجاد آلودگی و تشدید تخریب محیط‌زیست همراه است. این ضریب برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به ترتیب برابر $1/71$ و $7/02$ برآورد شده است. اما همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ضریب به دست آمده برای متغیر مجذور لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی (که بیانگر مراحل بالای رشد اقتصادی است) منفی می‌باشد. این ضریب حکایت از روند نزولی ارتباط میان درآمد و آلودگی دارد. به عبارت دیگر، این ضریب بیان‌گر آن بخش از منحنی کوزنتس است که پس از نقطه عطف در مسیر نزولی قرار می‌گیرد.

ضریب به دست آمده برای شاخص تمرکز جمعیت مثبت است. به این مفهوم که با افزایش (تمرکز) جمعیت در یک منطقه، آلودگی افزایش می‌یابد. این ضریب نشان می‌دهد که اگر چنانچه ده درصد تمرکز جمعیت افزایش یابد، با شرط ثابت بودن سایر شرایط، آلودگی به میزان $1/47$ درصد در گروه کشورهای توسعه یافته و به میزان $0/69$ درصد در گروه کشورهای در حال توسعه افزایش خواهد یافت. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، قدرمطلق مقدار به دست آمده برای این متغیر در دو گروه کشورهای مورد بررسی به نسبت قابل توجه می‌باشد که می‌تواند حکایت از تأثیر قابل توجه زندگی بشر و تبعات آن بر ایجاد آلودگی داشته باشد.

مقایسه قدرمطلق ضرایب به دست آمده برای متغیر رشد اقتصادی در هر دو گروه حکایت از آن دارد که در نیمه اول منحنی کوزنتس روند مثبت و صعودی میان رشد اقتصادی و آلودگی با شیب زیاد طی شده است. اما در فرآیند نزولی و کاهش آن که نیمه دوم منحنی کوزنتس می‌باشد، شیب منحنی کاهش زیادی یافته است. به عبارت دیگر، منحنی کوزنتس شکلی قرینه نداشته و شیب (صعودی) منحنی در نیمه اول به مراتب بیشتر از شیب (نزولی) منحنی در نیمه دوم است. این وضعیت در شکل (3)، به تصویر کشیده شده است.

ضریب به دست آمده برای متغیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات برای گروه کشورهای در حال توسعه در سطح 95 درصد

انجام و مشخص شد که تمام متغیرها انباشته از مرتبه اول هستند و در نهایت آزمون هم‌جمعی⁽¹⁶⁾ داده‌های تلفیقی، وجود رابطه هم‌جمعی بین شاخص آلودگی و تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخص فاوا و شاخص تمرکز جمعیت را نشان داد.

داده‌های آماری

در این مطالعه، دو گروه کشورهای توسعه یافته عضو سازمان همکاری و گسترش اقتصادی⁽¹⁷⁾ شامل ایتالیا، فرانسه، دانمارک، ایالات متحد آمریکا، فنلاند، پرتغال، نروژ، اتریش، آلمان، یونان، ژاپن، استرالیا، بریتانیا، اسپانیا و سوئد و کشورهای در حال توسعه (منطقه آسیا) شامل ایران، مالزی، ازبکستان، پاکستان، ترکیه، فیلیپین، تایلند، قزاقستان، چین، تاجیکستان، امارات متحد عربی، عربستان سعودی، آذربایجان، بنگلادش و هندوستان انتخاب شده‌اند. لازم به ذکر است که کلیه داده‌های مربوط به کشورها از بانک اطلاعات آماری بانک جهانی (WDI, 2011) استخراج شده است.

یافته‌ها

مدل انتخابی به روش داده‌های تلفیقی (و با توجه امکان دسترسی به اطلاعات) برای دوره زمانی 1990-2005 تخمین زده شده است. کلیه ضرایب تخمین زده شده مطابق با انتظارات و چارچوب تئوریک می‌باشند و با توجه به آماره آزمون‌ها، کلیه ضرایب مدل به جزء شاخص فاوا برای گروه کشورهای آسیایی از نظر آماری و در سطح 95 درصد معنی‌دار و قابل قبول می‌باشند. نتایج در جدول (1) منعکس شده است.

جدول (1): نتایج حاصل از برآورد مدل برای کشورهای منتخب (متغیر وابسته LNP)

شرح	کشورهای در حال توسعه		کشورهای توسعه یافته	
	ضرایب (α ها)	آماره t	ضرایب (α ها)	آماره t
LNY	1/71	2/76	7/02	1/98
LNY ²	-0/11	-2/42	-0/36	-2/04
LICT	-0/001	-0/17	-0/03	-2/51
LPD	0/69	3/33	1/47	1/94

اطلاعات و ارتباطات و کاهش آلودگی هوا به دست نیامد. در حالی که در گروه کشورهای توسعه یافته، این رابطه معنی‌دار و قابل توجه بود. بنابراین، می‌توان این‌گونه استدلال نمود که گسترش فعالیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات جدا از تبعات مطلوب در حوزه اقتصاد، می‌تواند تبعات محیط‌زیستی مناسبی را نیز به همراه داشته باشد.

به نظر می‌رسد، مهم‌ترین دلیل این امر انتقال، بخش قابل توجهی از فعالیت‌های روزمره اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، اداری و غیره از شکل فیزیکی به فضای مجازی و در قالب پدیده‌هایی چون تجارت الکترونیک، دولت الکترونیک، آموزش الکترونیک، بهداشت الکترونیک و مواردی از این دست می‌باشد که به اجمال در شکل (1)، به تصویر کشیده شد. در این راستا، به صورت نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف- فعالیت‌های اداری، مانند: ثبت اسناد و املاک، درخواست پاسپورت و امثال آن در محیط الکترونیکی

ب- فعالیت‌های بانکی، مانند: پرداخت قبوض، برداشت و انتقال پول و غیره در محیط الکترونیکی

ج- فعالیت‌های تفریحی، مانند: بازی‌های رایانه‌ای و بازدید از موزه‌ها، گالری‌ها و نمایشگاه‌ها به صورت الکترونیکی

د- کسب اطلاعات، مانند: مطالعه اخبار روزنامه‌ها، آگاهی از وضعیت آب و هوا، ترافیک شهری، ساعات پرواز هواپیماها و غیره به صورت الکترونیکی

ه- فعالیت‌های تجاری، مانند: خرید و فروش کالا، موسیقی، فیلم و بسته‌های آموزشی و غیره به صورت الکترونیکی

و- فعالیت‌های علمی، مانند: انجام تحقیق، یافتن مقالات، دسترسی به منابع و کتب به صورت الکترونیکی

ز- فعالیت‌های آموزشی، مانند: برگزاری دوره‌های دانشگاهی، کارآموزی و غیره به صورت الکترونیکی

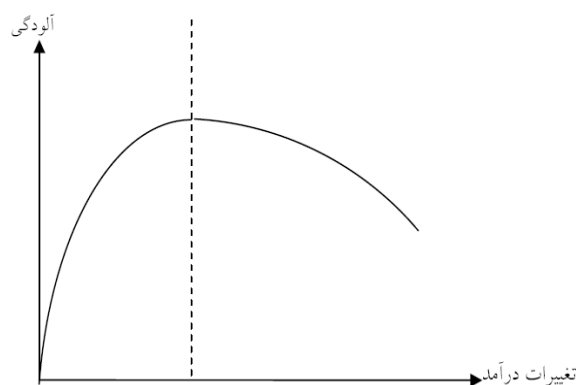
ح- فعالیت‌های سیاسی، مانند: شرکت در انتخابات، حضور در نظرسنجی‌ها و غیره در فضای الکترونیکی

ط- فعالیت‌های مسافرتی، مانند: رزرو بلیت سفر، رزرو هتل و کرایه اتومبیل به صورت الکترونیکی

ی- کاربایی و درخواست کار: همچون آگاهی یافتن از فرصت‌های شغلی، پرکردن فرم درخواست کار به صورت الکترونیکی

موارد فوق مصادیقی هستند که در آن‌ها در سایه قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، مراجعه حضوری به شدت کاهش یافته و به فضای مجازی (الکترونیکی) انتقال می‌یابد که

معنی‌دار نمی‌باشد. اما همین ضریب برای کشورهای توسعه یافته معنی‌دار است که حکایت از بهبود کیفیت محیط‌زیست به موازات گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات دارد. این ضریب نشان می‌دهد: چنانچه در کشورهای توسعه یافته ضریب نفوذ اینترنت به اندازه ده درصد افزایش یابد، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، آلودگی هوا به میزان $0/3$ درصد کاهش می‌یابد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این ضریب حکایت از آن دارد که فعالیت‌های حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات، نقش مؤثر و معناداری بر کاهش تخریب محیط‌زیست دارند.



شکل (3): منحنی کوزنتس برای کشورهای توسعه یافته

در مقایسه اثر نسبی کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در دو گروه از کشورها مشاهده می‌شود که اثر مثبت فناوری اطلاعات و ارتباطات بر (کاهش) کیفیت محیط‌زیست در کشورهای در حال توسعه (آسیایی) از نظر جبری ناچیز می‌باشد. اما این اثر در کشورهای توسعه یافته معنی‌دار و مثبت ظاهر شده است که جلب توجه می‌نماید. به نظر می‌رسد، بخشی از علت این موضوع را بتوان در نهادینه شدن و بلوغ کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای توسعه یافته جستجو کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، رابطه میان فناوری اطلاعات و ارتباطات و آلودگی محیط‌زیست در دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته طی دوره 1990-2005. براساس فرضیه کوزنتس بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده وجود یک رابطه به شکل U معکوس بین تولید ناخالص داخلی سرانه و شاخص آلودگی می‌باشد. همچنین براساس مدل‌هایی که برآورد شد، در گروه کشورهای در حال توسعه، رابطه معنی‌داری میان فناوری

4. Rebound Effects
5. Jipp Curve
6. Micro foundation
7. Externality
8. Hicks Neutrality
9. Panel data
10. Time series data
11. Cross section data
12. Fixed effects
13. Random effects
14. Hasman test
15. Unit Root
16. Cointegration
17. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

بدیهی‌ترین پیامد این وضعیت، کاهش تقاضا برای حمل‌ونقل و در نتیجه کاهش مصرف انواع مختلف حامل‌های انرژی و متعاقب آن بهبود کیفیت و یا کاهش مخاطرات محیط‌زیست می‌باشد. به طور کلی اثر معنی‌داری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کاهش آلودگی هوا در قالب نتایج مدل برآورد شده در تحقیق حاضر، برای کشورهای توسعه یافته اثبات شد. اما برای کشورهای در حال توسعه، نیازمند گذر زمان و بررسی‌های تکمیلی می‌باشد.

یادداشت‌ها

1. Environmental Degradation
2. Environmental Monitoring
3. Pollution Heaven

فهرست منابع

اصغرپور، ح؛ موسوی، س. 1388. آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس: کاربرد تکنیک هم‌جمعی تلفیقی، فصلنامه علوم اقتصاد، سال اول، شماره سوم.

بوتکین، د؛ کلر، ا. 1379. مسائل محیط‌زیست: (فرسایش لایه ازن - گرم شدن زمین - آلودگی هوا)، ترجمه کریم‌پور. ی، آذربایجان غربی: انتشارات جهاد دانشگاهی.

پژویان، ج؛ مرادحاصل، ن. 1386. بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال هفتم، شماره 4.

پورکاظمی، م. ح؛ ابراهیمی، ا. 1387. بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در خاورمیانه، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره 34.

طیعی، س. ک؛ جبّاری، ا؛ شاطری، م. ر؛ کوچک‌زاده، م. 1386. بررسی میزان تأثیر اینترنت بر جریان صادرات (مطالعه تجربی هشت کشور منتخب عضو اتحاد «آسه آن + 3» و ایران)، پژوهش‌های اقتصادی ایران، 9(33).

کمیحانی، ا؛ محمودزاده، م. 1387. نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی ایران (رهیافت حسابداری رشد). پژوهشنامه اقتصادی.

محمودزاده، م؛ اسدی، ف. 1386. اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران. فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره 43.

Azomahou, T.; Laisney, F. & Van, P. N. 2006. Economic development and CO2 emissions: A nonparametric panel approach, *Journal of Public Economics*, vol.90.

Baltagi, B. H. 1995. *Economic Analysis of Panel Data*. Published by Willy & Sons Lt.

Beckerman, W. 1992. Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?, *World Development*, 20.

Berkhout, F. & Hertin, J. 2001. Impacts of Information and Communication Technologies on Environmental Sustainability: speculations and evidence, SPRU- Science and Technology Policy Research, University of

Sussex.

Cole, M. A.; Rayner, A. J. & Bates, J. M. 1997. The Environmental Kuznets Curve :An Empirical Analysis, Environment and Development Economics, No.2.

Erdmann, L.; Hilty, L.; Goodman, J. & Arnfalk, P. 2004. The future impact of ICTs on environmental sustainability, European Commission.

Frankel, j. A. & Rose ,A .2005. Is Trade Good or bad for the environment? Sorting out the casality, The Review of Economics and statistics ,87.

Giles, D. E. & Mosk, C. 2003. Ruminant eructation and a long-run environmental Kuznets curve for enteric methane in New Zealand: Conventional and fuzzy regression”, Econometrics Working Paper, vol. 0306, Canada: Department of Economics, University of Victoria.

Grossman, G. M. & Krueger, A. G. 1991. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement, National Bureau Of Economic Research, NBER Working paper ,3914.

Jipp, A. 1963. Wealth of nations and telephone density, Telecommunications Journal.

Jorgenson, D. W. & Stiroh, K. J. 2000. Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age, Brookings Papers on Economic Activity.

Jorgenson, D. W. & Stiroh, K. J. 2006. Potential Growth of the U. S. Economy: Will the Productivity Resurgence Continue? ,Journal of Business Economics, No. 41:1.

Kenny, C. 2005. Reforming the posts: Abandonning the monopoly-supported postal universal service obligation in developing countries. AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies. Related Publication 05-17.

Khanna, N. 2002. The income elasticity of non-point source air pollutants: revisiting the environmental Kuznets curve, Economics Letters, 77 .

Kuznets, S. S. 1955.Economic Growth and Income Inequality, American Economic Review ,45.

Levinson, A. & Andreoni, J. 2000. The simple analytics of the Environmental Kuznets curve, Jornal of Public Economics 80, PP: 269- 286.

Levinson, A. & Andreoni, J. 2005. Preferences, Technology and the Environment:Understandy the EKC Hypothesis, Economic Department Working Paper,WP0313,PP:4-9.

Panayotou, T.; Peterson, A. & Sachs, J. 2000. Is the environmental Kuznets curve driven by structural change? What extended time series may imply for developing countries, CAER II Discussion Paper no. 80, Harvard Institute for International Development, Cambridge, MA.

Plepys, A. 2002. The grey side of ICT. Environmental Impact Assessment Review 22.

Pohjola, M. 2000. Information Technology and Economic Growth: A Cross Country Analysis, UNU/WIDER Working Paper, No. 173.

Romer, D. 2010. Advanced Macroeconomics. Mcgraw-Hill Series in Economics.

Selden, T. M. & Song, D. 1994. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions.Journal of Environmental Economics and Management, 27.

Shafik, N. & Bandhopadhyay, S. 1992. Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross Country Evidence. Background paper for World Development Report, World Bank, Washington, D.

Shen, J. Y. & Hashimoto, Y. 2004. Environmental Kuznets curve on country level: Evidence from China, Discussion Papers in Economics and Business 04-09, Osaka University.

Stokey, N. L. 1998. Are there limits to growth? International Economic Review, vol. 39(1).

Wakelin, O. & Shadrach, B. 2001. Impact Assessment of Appropriate and Innovative Technologies in Enterprise Development. (www.enterprise-impact.org.uk/pdf/ICTs.pdf).

World Development Indicators (WDI). 2011. data base.

Yi, L. & Thomas, H. R. 2007. A review of research on the environmental impact of e-business and ICT Environment International 33.