

## تأثیر استفاده از اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای در حال توسعه

ابوالقاسم گل خندان<sup>\*۱</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، دکتری اقتصاد بخش عمومی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.  
ایمیل نویسنده مسئول: golkhandana@gmail.com شماره موبایل نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۳۶۶۶۳۶۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۴

### چکیده

اینترنت (به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ICT) از کانال‌های متعددی می‌تواند آلودگی هوا را متأثر کند. بر این اساس هدف اصلی مقاله حاضر پاسخ به این پرسش است که آیا افزایش استفاده از اینترنت و پر شدن شکاف دیجیتالی بین کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته، بر انتشار گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در کشورهای در حال توسعه اثر می‌گذارد؟ برای نیل به هدف مذکور، از تحلیل‌های هم‌جمعی داده‌های پانلی و برآوردگر اثرات ثابت (FE) و هم‌چنین اطلاعات و داده‌های آماری ۳۰ کشور در حال توسعه (شامل ایران) استفاده شده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد، استفاده از اینترنت تأثیر مثبت و معناداری بر آلودگی هوا داشته است، اما شدت این اثرگذاری ناچیز است. به‌گونه‌ای که با ۱۰ درصد افزایش تعداد کاربران اینترنت (در هر ۱۰۰ نفر)، در بلندمدت میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای مورد مطالعه کمتر از ۰/۰۱ درصد افزایش خواهد یافت. بر این اساس می‌توان گفت که استفاده از اینترنت، تهدیدی جدی برای آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه محسوب نمی‌شود. بر اساس سایر نتایج، رشد اقتصادی، سرانه مصرف انرژی، شدت تجارت و توسعه بازار پول، اثر مثبت و معنادار بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای مورد مطالعه داشته است.

### کلمات کلیدی

"اینترنت"، "آلودگی هوا"، "اثرات ثابت"، "کشورهای در حال توسعه".

## The Impact of Internet Usage on CO<sub>2</sub> Emissions in Developing Countries

Abolghasem Golkhandan<sup>\*</sup>

<sup>1</sup> Phd in Public Sector Economics, Faculty of Economics and Administration, University of Lorestan, Khoram Abad, Iran

\*Email Address: golkhandana@gmail.ir

\* Mobile Phone: +989183666361

### Abstract

Internet (as one of the most important indicators of ICT) from several channels can affect the air pollution. Accordingly, the main purpose of this paper is to answer the question of whether increasing Internet usage and filling the digital divide between developing and developing countries will affect CO<sub>2</sub> emissions in developing countries? In order to achieve this purpose, have been used panel data analysis and fixed effects estimator (FE) and information and statistical data of 30 developing countries (including Iran). The findings of this study indicate that Internet usage has a positive and significant impact on air pollution, but the severity of this effect is negligible. In the long run, with 10 percent increase in the number of Internet users (per 100 people) CO<sub>2</sub> emissions will increase by less than 0.01 percent in the studied countries. On this basis, it can be said that Internet usage is not a serious threat for air pollution in developing countries. Based on the results, economic growth, per capita energy consumption, trade intensity and development of market money, have a significant and positive effect on CO<sub>2</sub> emissions in the studied countries.

### Keywords

"Internet", "Air Pollution", "Fixed Effects", "Developing Countries".

## ۱- مقدمه

کاهش نیاز جوامع به مواد طبیعی موجود در محیط زیست می شود (Houghton, 2009). هم چنین، ICT میزان ضایعات ورودی به محیط زیست را کاهش می دهد. از سوی دیگر، تولید و توزیع تجهیزات ICT خود نیازمند مصرف انرژی و مواد بوده و با توجه به این که تجهیزات ICT دارای چرخه حیات کوتاهی است، بنابراین باعث افزایش پسماندهای الکترونیکی وارد شده به محیط زیست می شوند (Hargroves & Smith, 2005). اثرات مثبت و منفی ICT بر محیط زیست معمولاً در سه دسته کلی تقسیم بندی می شوند که در جدول ۱ نشان داده شده است. دو دسته اول می توانند 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 دوم یا غیرمستقیم (مانند افزایش کارایی سیستم حمل و نقل در اثر به کارگیری 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) (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۵۱).

جدول ۱. اثرات ICT بر محیط زیست

نوع اثر	اثرات مثبت	اثرات منفی
اثر نوع اول یا اثر مستقیم	به کارگیری ICT مانند استفاده از ICT برای نظارت و کنترل محیطی	اثرات زیست محیطی تولید و استفاده از ICT مانند ضایعات الکترونیکی
اثر نوع دوم یا اثر غیرمستقیم	تغییر ساختارها و کاستن از میزان مواد مورد استفاده در اقتصاد <sup>۴</sup>	جانمایی غیرکامل ICT برای سایر موارد
اثر نوع سوم	تغییر سبک زندگی مانند هدایت مصرف سبز و سازگار با محیط زیست	اثر انعکاسی یا بازگشتی

مأخذ: سازمان همکاری اقتصادی و توسعه<sup>۵</sup> (OECD: 2001) به نقل از فلاحی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۵۱)

فناوری اطلاعات و ارتباطات<sup>۱</sup> (ICT) (فاوا) با سرعت متحیرکننده ای در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته در حال رشد است. البته سرعت این رشد در کشورهای در حال توسعه بیشتر است (گل خندان، ۱۳۹۶). اتحادیه جهانی مخابرات<sup>۲</sup> (IUT)، شاخص توسعه ICT را به سه مؤلفه اساسی، دسترسی، میزان استفاده و مهارت تقسیم بندی کرده است (ITU, 2009). اینترنت محور اصلی مؤلفه میزان استفاده از ICT را تشکیل می دهد.

امروزه اغلب افراد در سرتاسر جهان، در فعالیتهای اقتصادی و زندگی اجتماعی خود از اینترنت استفاده می کنند. بر اساس جدیدترین آمار بانک جهانی در سال ۲۰۱۰، تعداد کاربران اینترنت ۲۰۳۸۶۲۵۹۵۱ نفر بوده و در این سال، از هر ۱۰۰ نفر، ۳۰/۱۵ نفر در سطح جهان از اینترنت استفاده کرده اند. هم چنین، بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، تعداد کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه به ترتیب به اندازه ۱۵۳ درصد، ۱۰۲ درصد و ۲۳۵ درصد افزایش داشته است. بین سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ نیز، نسبت خانوارهایی که به اینترنت دسترسی داشته اند در کل کشورهای جهان، کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه به ترتیب به اندازه ۷۵ درصد، ۶۲ درصد و ۱۲۳ درصد افزایش داشته است. این آمارها و سایر آمارهای منتشر شده در این زمینه، یک سؤال مهم به وجود می آورد: آیا افزایش استفاده از اینترنت و پر شدن «شکاف دیجیتالی»<sup>۳</sup> بین کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، بر روی تقاضای انرژی و بالتبع آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه ای، بالاخص در کشورهای در حال توسعه اثر می گذارد (Sadorsky, 2012)?

رابطه فناوری اطلاعات و ارتباطات با محیط زیست یکی از موضوعات پیچیده و چندبعدی است. ICT می تواند هم تأثیر مثبت و هم منفی بر پایداری محیط زیست داشته باشد. ICT یک ابزاری قوی برای جوامع برای محافظت از محیط زیست فراهم می نماید. امکاناتی که ICT برای ارتباطات بشری فراهم می نماید باعث

1. Information and Communication Technology
2. International Telecommunication Union

۳. شکاف دیجیتالی (Digital Divide) به شکاف بین اقتصادهای در حال توسعه و توسعه یافته در استفاده و دسترسی به ICT اشاره دارد.

4. Dematerialization
5. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD (2001))

از دسترسی به اینترنت به انتشار گاز CO<sub>2</sub> وجود دارد. بر این اساس افزایش سرمایه گذاری در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات می تواند یک کانال قابل قبول برای کاهش سطح آلودگی هوا باشد.

در یکی از معدود مطالعات داخلی انجام شده، فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی اثرات تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات بر کیفیت محیط زیست در ایران با استفاده از روش هم‌انباشتگی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی<sup>۸</sup> (ARDL) طی دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۸ پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان دهنده 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. بنابر اهمیت مسأله فوق، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی تأثیر مؤلفه استفاده از ICT با تمرکز بر روی شاخص استفاده از اینترنت در کنار سایر متغیرهای اساسی مؤثر بر آلودگی هوا در ۳۰ کشور در حال توسعه (شامل ایران) و طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۵ می‌باشد.

## ۲- روش انجام تحقیق

### • مدل تحقیق

مدل این تحقیق برگرفته از مطالعه تجربی انجام شده توسط اوزکان و آپرجیس (Ozcan & Apergis, 2017: 4) و به صورت زیر می‌باشد:

$$\ln(\text{CO}_2)_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{INT})_{it} + \beta_2 \ln(\text{GDPC})_{it} + \beta_3 \ln(\text{FD})_{it} + \beta_4 \ln(\text{TRD})_{it} + \beta_5 \ln(\text{ENC})_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

در رابطه فوق متغیرها به صورت زیر تعریف شده‌اند:

ln: لگاریتم طبیعی؛

CO<sub>2</sub>: میزان انتشار سرانه دی‌اکسید کربن (بر حسب متریک تن)

و به‌عنوان شاخص آلودگی هوا؛

INT: تعداد کاربران اینترنت (به‌ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت) و

به‌عنوان شاخص نفوذ و میزان استفاده از اینترنت؛

ال - مولالی و همکاران (Al-Mulali et al., 2015)، تأثیر خرده‌فروشی اینترنتی را بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ۷۷ کشور جهان طی دوره زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۰ بررسی کرده‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که خرده‌فروشی اینترنتی تولید گازهای گلخانه‌ای را در کشورهای توسعه‌یافته کاهش می‌دهد؛ در حالی که در این زمینه هیچ تأثیر معناداری در مورد کشورهای در حال توسعه مشاهده نشده است. صلاح‌الدین و همکاران (Salahuddin et al., 2016) تأثیر استفاده از اینترنت را بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای OECD طی دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۱ بررسی کرده‌اند. به این منظور از تحلیل‌های داده‌های پانل و برآوردگرهای حداقل مربعات معمولی پویا<sup>۱</sup> (DOLS)، حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده<sup>۲</sup> (FMOLS) و میانگین‌گیری گروهی تلفیقی<sup>۳</sup> (PMG) استفاده شده است. نتایج حاصل از برآوردهای این مطالعه نشان می‌دهد که اگرچه تأثیر اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> مثبت است؛ اما این اثرگذاری از لحاظ بزرگی قابل توجه نیست. بنابراین افزایش نفوذ اینترنت در شرایط فعلی تهدیدی جدی برای آلودگی هوا در این کشورها نیست. اوزکان و آپرجیس (Ozcan & Apergis, 2017) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ۲۰ کشور دارای اقتصاد نوظهور طی دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۰ پرداخته‌اند. به این منظور از آزمون‌های ریشه واحد و هم‌انباشتگی با وابستگی مقطعی<sup>۴</sup> و سه برآوردگر بلندمدت میانگین گروهی<sup>۵</sup> (MG)، میانگین گروهی تعمیم‌یافته<sup>۶</sup> (AMG) و میانگین حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده<sup>۷</sup> (GM-FMOLS) استفاده شده است. برآوردگرهای بلندمدت نشان می‌دهند که اینترنت، تأثیر منفی و معناداری بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای مورد مطالعه داشته است. به‌گونه‌ای که با یک درصد افزایش در دسترسی به اینترنت، انتشار گاز CO<sub>2</sub> حدود ۲ تا ۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج آزمون علیت نشان می‌دهد که یک رابطه علیت یک‌طرفه

1. Dynamic Ordinary Least Square
2. Fully Modified Ordinary Least Square
3. Pooled Mean Group
4. Cross-Sectional
5. Mean Group
6. Augmented Mean Group
7. Group Mean-FMOLS

8. Autoregressive Distributed Lag

داشت که کارایی بیشتری در تحقیق داشته و پژوهشگر را در مشخص کردن اثرات هر متغیر خاص یاری می‌کند (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷).

چارچوب کلی مدل آماری تابلویی به صورت زیر است:

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + u_{it} \quad (2)$$

که در آن  $i$  بیان‌گر مقطع (کشور) و  $t$  بیان‌گر دوره‌ی زمانی با  $i=1, 2, \dots, N$  و  $t=1, 2, \dots, T$  است.  $\alpha$  مقدار عددی عرض از مبدأ و  $\beta$  بردار  $K \times 1$  بُعدی و  $X'_{it}$  دربرگیرنده مشاهده‌ی  $t$  متغیر توضیحی  $K$  است. در واقع،  $i$  تعداد کشورها (مشاهدات نمونه‌ای) و  $t$  بیان‌گر تعداد مشاهدات سری زمانی است. در تصریح مؤلفه خطا در این الگو، جزء اخلاص به شکل زیر نمایش داده می‌شود:

$$u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \nu_{it} \quad (3)$$

که در آن  $\mu_i$  ها اجزاء (مؤلفه‌های) خاص مقطع عرضی و  $\nu_{it}$  اثرات باقیمانده هستند.

در بررسی داده‌های مقطعی و سری‌های زمانی، اگر ضرایب اثرات مقطعی ( $\mu_i$  ها) و اثرات زمانی ( $\lambda_t$  ها) معنی‌دار نشوند، می‌توان داده‌ها را با یکدیگر ترکیب کرده و به‌وسیله یک رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین بزنیم. از آنجایی که در اکثر داده‌های ترکیبی اغلب ضرایب مقاطع یا زمانی معنی‌دار هستند، این مدل که به مدل رگرسیون ترکیب‌شده<sup>۳</sup> معروف است، کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Baltagi, 2005). بنابراین قبل از برآورد مدل، به‌منظور اطمینان انتخاب بین روش‌های داده‌های پانل و داده‌های تلفیقی<sup>۴</sup> (پولینگ) از آماره  $F$  لیمر با درجه آزادی  $(N-1, NT-K-N)$  استفاده شده است که  $K$  تعداد متغیرهای توضیحی لحاظ‌شده در مدل،  $N$  تعداد مقاطع و  $T$  دوره‌ی زمانی است:

$$F = \frac{RRSS - URSS / N - 1}{URSS / NT - K - N} \quad (4)$$

در رابطه فوق  $RRSS$  مجموع مربعات باقیمانده مقید حاصل از تخمین مدل پانل به‌دست آمده از روش OLS و  $URSS$  مجموع مربعات باقیمانده غیرمقید است. فرضیه صفر ( $H_0$ ) این آزمون آن

GDPC: تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۲۰۱۱ (بر حسب PPP دلار آمریکا) و به‌عنوان شاخص درآمد و رشد اقتصادی؛

FD: سهم حجم اعتبارات اختصاص‌یافته به بخش خصوصی توسط سیستم بانکی از تولید ناخالص داخلی (بر حسب درصد) و به‌عنوان شاخص توسعه مالی و توسعه بازار پول؛

TRD: سهم تجارت (مجموع صادرات و واردات) از تولید ناخالص داخلی (بر حسب درصد) و به‌عنوان شاخص درجه بازبودن تجاری؛

ENC: سرانه مصرف انرژی (بر حسب کیلوگرم معادل نفتی)؛

$\beta_j$ : میزان کشش انتشار گاز  $CO_2$  نسبت به متغیر  $Z_j$ .

هم‌چنین،  $i$  نشان‌دهنده ۳۰ کشور درحال توسعه ( $i=1, \dots, 30$ ) (شامل: ایران، الجزایر، آذربایجان، بنگلادش، بولیوی، برزیل، کامرون، شیلی، جیبوتی، کاستاریکا، اکوادور، مصر، غنا، گواتمالا، هند، اردن، مکزیک، نیجریه، امارات، چاد، ارمنستان، نپال، عمان، پاکستان، آفریقای جنوبی، تایلند، تونس، ونزوئلا، پرو و قرقیزستان)،  $t$  نشان‌دهنده بازه‌ی زمانی (۲۰۱۵-۱۹۹۵) و  $\varepsilon_{it}$  جزء خطای معادله رگرسیونی است.

شایان ذکر است که منبع داده‌های آماری کلیه متغیرهای تحقیق، شاخص‌های توسعه جهانی<sup>۱</sup> (WDI) متعلق به بانک جهانی است.

#### • روش تحقیق

در بحث روش تحقیق، نخست با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد پانلی، به بررسی پایایی داده‌ها پرداخته شده است. سپس، هم‌جمعی داده‌ها با استفاده از آماره‌های هم‌جمعی داده‌های پانل، آزمون شده و در آخر نیز رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل طراحی‌شده، توسط روش‌های برآورد داده‌های پانل استخراج شده است.

در الگوی داده‌های پانل (تابلویی و یا ترکیبی)، داده‌ها، تلفیقی از داده‌های سری زمانی و داده‌های مقطعی هستند و برای هر کشور (فرد) نمونه، دوره زمانی مورد بررسی مشابه است. با ترکیب مشاهدات سری زمانی و مقطعی در قالب مدل‌های داده‌های پانل، مدل‌هایی حاوی اطلاعات کامل‌تر، تغییرپذیری بیشتر، هم‌خطی کم‌تر میان متغیرها، تورش کم‌تر و درجات آزادی بیشتر خواهیم

2. Components  
3. Pooled least squares  
4. Pooling Data

1. World Development Indicators

مانایی برای متغیرهای مورد استفاده در مدل، انجام می‌گیرد. اگر کلیه متغیرها در سطح، مانا یعنی  $I(0)$  باشند؛ در این حالت بدون نیاز به انجام آزمون هم‌انباشتگی، بایستی آزمون  $F$  لیمر را به‌منظور انتخاب بین روش‌های داده‌های تلفیقی (پولینگ) و ترکیبی (پانل) انجام داد. اما اگر بین متغیرهای مدل، متغیر نامانا نیز وجود داشته باشد؛ در این حالت بایستی ابتدا به‌وسیله آزمون‌های هم‌انباشتگی، وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل را اثبات کرد و سپس آزمون  $F$  لیمر را انجام داد. چنان‌چه در این آزمون فرضیه صفر رد نشود، بایستی مدل تحقیق را به شیوه داده‌های تلفیقی برآورد کرد؛ اما در صورت رد فرضیه صفر، روش مناسب برآورد مدل، روش داده‌های ترکیبی می‌باشد. در این حالت نیز بایستی به‌وسیله آزمون هاسمن از بین روش‌های برآورد اثرات تصادفی و ثابت، روش مناسب برآورد مدل در داده‌های ترکیبی را مشخص کرد. چنان‌چه در آزمون هاسمن، فرضیه صفر رد شود، از روش اثرات ثابت و چنان‌چه فرضیه صفر رد نشود، از روش اثرات تصادفی استفاده خواهد شد.

شایان ذکر است که اگر آزمون‌های هم‌انباشتگی، عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل را اثبات کند؛ در این حالت دیگر نمی‌توان مدل را به روش‌های یادشده، برآورد کرد و بایستی بازبینی مجدد در مدل و متغیرهای تحقیق به‌عمل آید. در واقع در این حالت بایستی مدل به‌شکل دیگری طراحی شود.

شایان ذکر است که برای تجزیه و تحلیل‌های آماری و اقتصادسنجی در این مطالعه از نرم‌افزار Eviews9.0 استفاده شده است.

است که هر یک از مقاطع عرض از مبدأهای یکسانی دارند (لزوم استفاده از داده‌های تلفیقی) و فرضیه مقابل  $(H_1)$  اشاره به ناهمسانی عرض از مبدأهای هر یک از مقاطع دارد (لزوم استفاده از داده‌های پانل).

به‌طور کلی، دو شیوه مختلف برای برآورد معادله داده‌های تابلویی وجود دارد. نخست مدل اثرات ثابت<sup>۱</sup> که در آن  $\alpha_i$ ها (عرض از مبدأ هریک از مقاطع مورد بررسی و پارامترهای فرد و زمان) متشکل از  $N$  پارامتر نامعلوم، اما ثابت هستند. مدل دیگر که به عنوان اثرات تصادفی<sup>۲</sup> تعریف می‌شود، در آن عرض از مبدأ و هریک از پارامترهای متعلق به اثرات فرد و زمان ثابت نبوده و تصادفی هستند که دارای توزیعی مستقل از متغیرهای توضیحی می‌باشند.

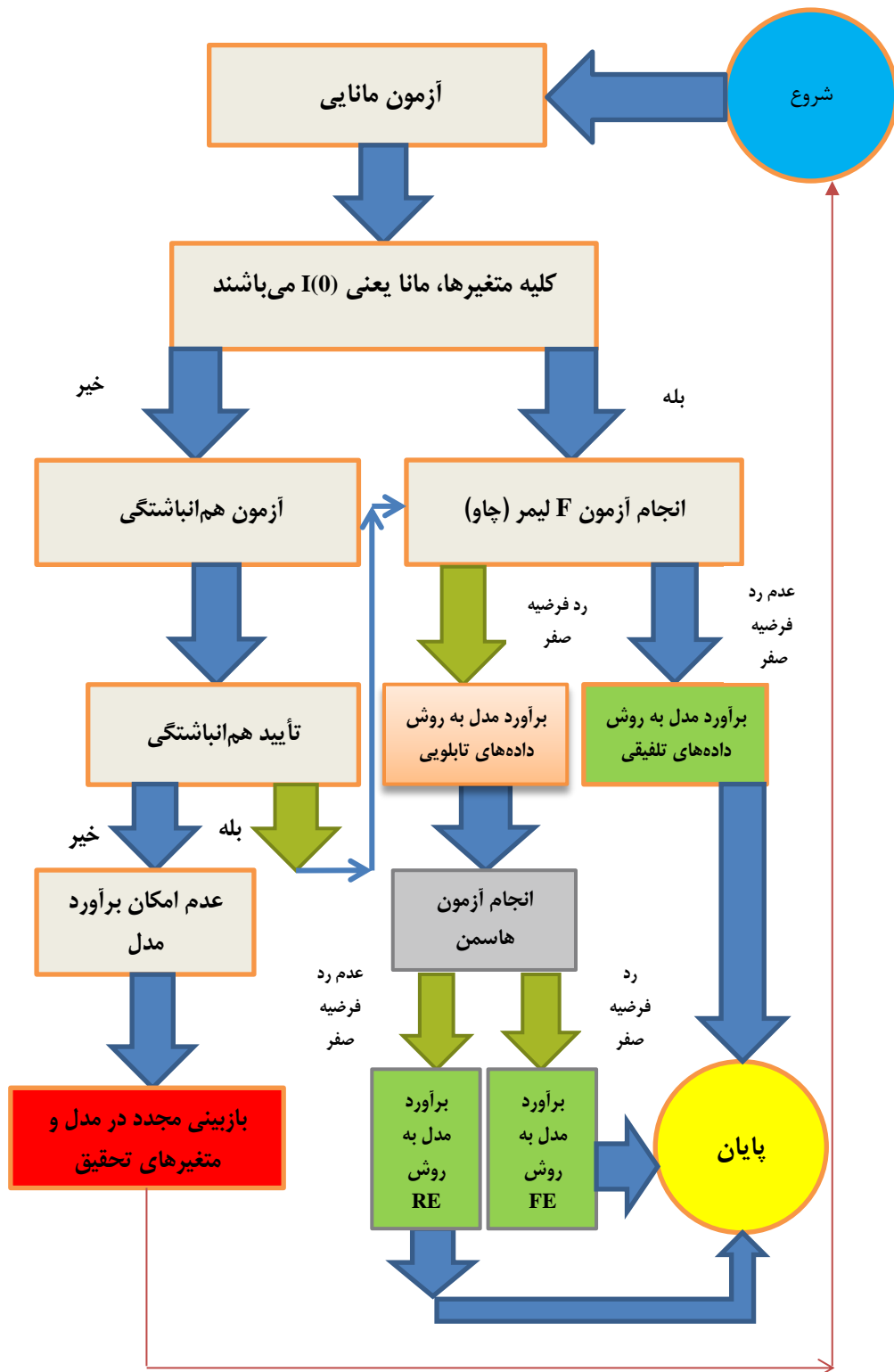
برای آن که به‌توانیم بین مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی از نظر قدرت توضیح‌دهندگی متغیر وابسته بهترین مدل را انتخاب کنیم، از آزمونی به نام آزمون هاسمن<sup>۳</sup> استفاده می‌کنیم. از آن‌جا که برای انجام مقایسه بین این دو مدل باید وجود همبستگی بین اثرات تصادفی  $(\alpha_i)$  و رگرسورها<sup>۴</sup> را مورد آزمون قرار دهیم، بنابراین در آزمون هاسمن فرضیه صفر این است که هیچ همبستگی میان اثرات تصادفی و رگرسورها وجود ندارد. آماره این آزمون به صورت زیر است:

$$H = (b_1 - b_0)' (Var(b_0) - Var(b_1))^{-1} (b_1 - b_0) \quad (5)$$

که در آن  $b_1$  ضریب برآوردگر درونی مربوط به اثرات ثابت و  $b_0$  ضریب برآوردگر بیرونی متناظر با اثرات تصادفی است. چنان‌چه آماره آزمون محاسبه‌شده بزرگ‌تر از مقدار بحرانی باشد، فرضیه  $H_0$  رد شده و همبستگی وجود دارد و در نتیجه باید از مدل اثرات ثابت استفاده کرد. نتایج آزمون هاسمن دارای توزیع مجانبی کای‌دو بوده و تعداد درجات آزادی آن برابر با تعداد متغیرهای توضیحی مدل است.

در شکل ۱ مراحل روش تحقیق به‌صورت خلاصه نشان داده شده است. بر این اساس، پیش از برآورد مدل، نخست آزمون‌های

1. Fixed Effects
2. Random Effects
3. Hausman test
4. Regressors



شکل ۱. خلاصه مراحل روش تحقیق

مأخذ: یافته‌های تحقیق بر اساس مراحل روش تحقیق

## ۳- نتایج

روش‌های معمول اقتصادسنجی در کارهای تجربی مبتنی بر فروض پایایی متغیرهای مورد مطالعه است؛ به این دلیل که امکان ساختگی بودن برآورد با متغیرهای ناپایا وجود دارد و استناد به نتایج چنین برآوردهایی به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر خواهد شد (Baltagi, 2005). از این رو قبل از استفاده از این متغیرها لازم است نسبت به پایایی و ناپایایی آن‌ها اطمینان حاصل کرد. در این مطالعه به منظور بررسی پایایی متغیرها از آزمون‌های CIPS مقطعی پسران (Pesaran, 2007)، ایم، پسران و شین (Im, Pesaran & Shin, 2003) و لوین، لین و چو (Levin, Lin & Cho, 2002) (LLC) استفاده شده است. فرضیه صفر در این آزمون‌ها نشان‌دهنده ناپایایی متغیر مورد بررسی می‌باشد. خلاصه نتایج این سه آزمون، با فرض وجود متغیرهای عرض از مبدأ و روند زمانی، در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج این جدول و سطوح احتمال محاسبه‌شده، نتیجه می‌گیریم که کلیه متغیرهای مورد بررسی مدل، در سطح ناپایا بوده و پس از یک‌بار تفاضل‌گیری در سطح ۵ درصد پایا شده‌اند.

جدول ۲. خلاصه نتایج آزمون‌های پایایی

درجه پایایی I(d)	آزمون CIPS	آزمون LLC	آزمون IPS	متغیر
	احتمال	احتمال	احتمال	
I(1)	۰/۲۰۸	۰/۳۴۴	۰/۳۱۱	ln(CO <sub>2</sub> )
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Δln(CO <sub>2</sub> )
I(1)	۰/۰۸۸	۰/۲۶۱	۰/۱۰۵	ln(INT)
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Δln(INT)
I(1)	۰/۲۶۵	۰/۲۸۹	۰/۴۲۲	ln(GDPC)
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Δln(GDPC)
I(1)	۰/۱۱۸	۰/۰۹۹	۰/۱۵۴	ln(FD)
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Δln(FD)
I(1)	۰/۰۸۱	۰/۰۷۸	۰/۰۵۹	ln(TRD)
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Δln(TRD)
I(1)	۰/۵۵۲	۰/۷۸۱	۰/۸۲۵	ln(ENC)
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Δln(ENC)

مأخذ: محاسبات تحقیق

برآورد مدل در حالت وجود متغیرهای ناپایا، باعث ایجاد رگرسیون کاذب در مدل می‌شود. برای رفع این مشکل می‌توان از آزمون هم‌جمعی استفاده کرد. مفهوم هم‌جمعی تداعی‌کننده وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت است که سیستم اقتصادی در طول زمان به سمت آن حرکت می‌کند. در صورت ناپایایی متغیرهای مدل اگر بین آن‌ها هم‌جمعی برقرار باشد، نتایج حاصل از تخمین مدل قابل اعتماد خواهد بود. در این مقاله به منظور بررسی آزمون هم‌جمعی در مدل‌های مورد استفاده از روش‌های ارائه‌شده توسط وسترونلد (Westerlund, 2007)، پدرونی (Pedroni, 2004) و کائو (Kao, 1999) استفاده شده است. فرضیه صفر در این آزمون‌ها نشان‌دهنده عدم هم‌جمعی بین متغیرهای مورد بررسی می‌باشد. نتایج این آزمون‌های هم‌جمعی در جدول ۳ ارائه شده است. قسمت الف این جدول، نتایج آزمون هم‌جمعی وسترونلد را نشان می‌دهد. در این آزمون از روشی تحت عنوان بوت‌استرپ<sup>۱</sup> برای حذف اثرات وابستگی مقطعی در متغیرها استفاده شده است. با توجه به ارزش احتمال محاسبه‌شده این آزمون، می‌توان گفت که فرضیه صفر مبنی بر عدم هم‌جمعی بین متغیرهای مدل، بر اساس آماره میانگین گروه GT و دو آماره پانل P $\alpha$  و P $\tau$  رد می‌شود. با توجه به نتایج قسمت‌های ب و ج جدول (۲) نیز، هم‌جمعی یا وجود رابطه تعادلی بلندمدت قوی بین متغیرهای مدل، بر اساس دو آماره پانل PP و ADF و دو آماره گروه PP و ADF آزمون پدرونی و بر اساس آماره ADF آزمون کائو، در سطح ۵ درصد پذیرفته می‌شود.

پس از اثبات وجود هم‌انباشتگی قوی بین متغیرهای مدل، بدون هراس از برآورد رگرسیون کاذب، می‌توان مدل را برآورد کرد. اما پیش از برآورد مدل بایستی مشخص شود که تفاوت فردی یا به اصطلاح ناهمگنی در مقاطع وجود دارد یا این‌که مقطع‌ها با هم همگن هستند؟ و برای این برآورد می‌بایست داده‌های آماری را روی هم انباشته و جمع کرد و به روش OLS معمولی (پولینگ دیتا) برآورد را انجام داد یا روش داده‌های ترکیبی مناسب است؟ با استفاده از آزمون F لیمر می‌توان وجود ناهمگنی را در بین مقاطع مشخص کرد. فرضیه صفر آماره‌ی F، مبتنی بر همگن بودن مقاطع است. چنان‌چه فرضیه صفر رد شود، فرضیه مقابل آن،

<sup>1</sup>Bootstrap

جدول ۵. نتایج آزمون هاسمن جهت انتخاب بین مدل اثرات ثابت و تصادفی

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Prob.
Cross-section random	۷۸/۴۱۵	۰/۰۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج برآورد مدل به روش اثرات ثابت برای کشورهای مورد مطالعه در جدول ۶ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، کلیه ضرایب برآوردی با توجه به آماره  $t$  (که این آماره از تقسیم ضرایب برآوردی بر انحراف معیار به دست می آید) و سطح احتمال ارائه شده، در سطح اطمینان ۹۵ درصد (سطح خطای ۵ درصد) معنادار و علامت جبری آن‌ها از لحاظ مبانی نظری و مطالعات تجربی مطابق انتظار است.

مقدار ضریب تعدیل اصلاح شده مدل حدود ۹۶ درصد به دست آمده است. بر این اساس می توان گفت که حدود ۹۶ درصد از تغییرات انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای مورد مطالعه توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می شود. بنابراین، مدل، از قدرت توضیح دهنده بالایی برخوردار است. بر اساس نتایج جدول ۶ مقدار آماره دوربین واتسون مدل حدود ۱/۸۸ به دست آمده است. بنابراین، مدل، فاقد خودهمبستگی بین باقیمانده های معادله رگرسیونی است. آماره  $F$  نیز که به منظور بررسی و آزمون معنادار بودن مدل به کار می رود و فرضیه صفر آن نشان دهنده صفر بودن همزمان ضریب تمام متغیرهای برآوردی است، نشان می دهد که فرضیه صفر این آزمون رد و در نتیجه معناداری مدل پذیرفته می شود.

جدول ۶. نتایج برآورد مدل به روش اثرات ثابت

مأخذ: محاسبات تحقیق

متغیر	ضریب	Prob.
ln(INT)	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰
ln(GDPC)	۰/۱۵۲	۰/۰۰۰
ln(FD)	۰/۰۵۵	۰/۰۲۸
ln(TRD)	۰/۰۸۸	۰/۰۴۱
ln(ENC)	۰/۶۴۵	۰/۰۰۰
C	-۳/۵۷۷	۰/۰۰۱
Adjusted R-squared = 0.955		
Durbin-Watson stat = 1.884		
F-statistic(Prob) = 312.048(0.000)		

مبتنی بر وجود ناهمگنی در بین مقاطع (داده های ترکیبی) پذیرفته می شود.

نتایج آزمون  $F$  لیمر در جدول ۴ انعکاس یافته است. نتایج این جدول با استفاده از هر دو آماره  $F$  و  $t$  کای دو، بیانگر رد شدن فرضیه صفر و وجود ناهمگنی مقاطع در هر دو گروه از کشورها در سطح احتمال ۱ درصد است؛ بنابراین روش داده های ترکیبی (پانل) برای برآورد مدل مناسب است.

جدول ۳. نتایج آزمون های هم جمعی پانلی

نام آماره	احتمال
<b>الف. آزمون وسترونند</b>	
G $\tau$	۰/۰۰۰
P $\tau$	۰/۰۰۰
P $\alpha$	۰/۰۱۲
<b>ب. آزمون پدرونی</b>	
Panel ADF-Statistic	۰/۰۰۱
Panel PP-Statistic	۰/۰۰۰
Group ADF-Statistic	۰/۰۰۵
Group PP-Statistic	۰/۰۰۰
<b>ج. آزمون کائو</b>	
ADF	۰/۰۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۴. نتایج آزمون قابلیت برآورد به صورت داده های

ترکیبی (آزمون F-Limer)

Effect Test	statistic	Prob.
Cross-Section F	۶/۵۵۲	۰/۰۰۰
Cross-Section $\chi^2$	۱۰۵/۲۴۹	۰/۰۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

بعد از مشخص شدن شیوه برآورد، گام بعدی استفاده از آزمون هاسمن جهت انتخاب بین مدل های اثرات ثابت و تصادفی است. نتایج این آزمون در جدول ۵ گزارش شده است. بر اساس نتایج این جدول، آماره آزمون هاسمن که دارای توزیع کای دو است، در هیچ کدام از سطوح احتمال ۱، ۵ و ۱۰ درصد معنادار نیست؛ از این رو، فرض صفر این آزمون مبنی بر برآورد مدل به روش اثرات تصادفی، قابل رد است؛ به این ترتیب مدل بر اساس روش اثرات ثابت برآورد خواهد شد.



آگاهی‌های زیست‌محیطی، تصویب و اجرای قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی و ... باشد (مورد کشورهای توسعه‌یافته). از آنجا که کشورهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل کشورهای درحال توسعه می‌باشند، بنابراین نتیجه به‌دست‌آمده منطبق با منحنی EKC می‌باشد.

ضریب متغیر شاخص توسعه مالی (توسعه بازار پول)، مثبت و معنادار است. به‌گونه‌ای که یک درصد افزایش در این شاخص در بلندمدت (با فرض ثبات سایر متغیرها)، میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای مورد مطالعه ۰/۰۵۵ درصد افزایش خواهد داد. توسعه بازار مالی و بازار پول، باعث تسهیل سرمایه‌گذاری بیشتر در گسترش کسب‌وکار و تولید شده که منجر به مصرف انرژی بیشتر و تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Khan et al., 2014). همچنین، پشتوانه محکمی برای شرکت‌ها در دسترسی به تأمین مالی خارجی و افزایش مقیاس سرمایه‌گذاری فراهم می‌کند که باعث افزایش رشد اقتصادی و انتشار کربن می‌شود (Zhang, 2011). علاوه بر این، توسعه بازار پول، با فراهم آوردن اعتبارات، سبب کاهش محدودیت خانوارها شده و تقاضای آن‌ها را برای انرژی، به‌دلیل استفاده از وسایل انرژی‌بر، افزایش و این سبب آلودگی هوا می‌شود (Sadorsky, 2010). نتیجه به‌دست‌آمده مبنی بر تأثیر مثبت توسعه بازار پول بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> هم‌سو با نتایج مطالعات سادرسکی (Sadorsky, 2010) و ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶) می‌باشد؛ که نشان‌دهنده ناکارآمدی توسعه بازار پول در کشورهای درحال توسعه است.

ضریب متغیر درجه بازبودن تجاری، مثبت و معنادار است. به‌گونه‌ای که یک درصد افزایش در درجه بازبودن تجاری در بلندمدت (با فرض ثبات سایر متغیرها)، میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای مورد مطالعه ۰/۰۸۸ درصد افزایش خواهد داد. در مورد رابطه بین آزادسازی تجاری و کیفیت محیط‌زیست دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد. به عقیده طرفداران محیط‌زیست، در اثر آزادسازی تجاری، حجم فعالیت‌های اقتصادی (از جمله فعالیت‌های آلاینده) گسترش یافته و استفاده از منابع و انرژی به‌شکل نامناسبی افزایش پیدا می‌کند. همچنین، گسترش تجارت آزاد و افزایش فشارهای رقابتی بین بنگاه‌های داخلی و رقبای

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۶، ضریب متغیر اینترنت، بر اساس برآوردگر پانلی FE، ۰/۰۰۸ به‌دست آمده است. این به آن معناست که یک درصد افزایش در تعداد کاربران اینترنت (در هر ۱۰۰ نفر) در بلندمدت (با فرض ثبات سایر متغیرها)، میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای مورد مطالعه ۰/۰۰۸ درصد افزایش خواهد داد. به تعبیر دیگر، هر ۱۰ درصد افزایش در تعداد کاربران اینترنت (در هر ۱۰۰ نفر)، در بلندمدت انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای درحال توسعه کمتر از ۰/۰۱ درصد افزایش می‌دهد. بر این اساس و با قیاس مقدار عددی ضریب برآوردی اینترنت با سایر ضرایب برآوردی که مقدار بسیار اندکی است، می‌توان گفت که گسترش استفاده از اینترنت برای آلودگی هوا و انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای درحال توسعه تهدید جدی محسوب نمی‌شود. نتیجه به‌دست‌آمده مبنی بر تأثیر مثبت و ناچیز اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> هم‌سو با نتایج مطالعه صلاح‌الدین و همکاران (Salahuddin et al., 2016) می‌باشد. در این زمینه اوزکان و آپرجیس (Ozcan & Apergis, 2017) به تأثیر منفی اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای دارای اقتصاد نوظهور و فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) به تأثیر مثبت اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ایران دست یافته‌اند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۶، ضریب متغیر درآمد سرانه (رشد اقتصادی) مثبت و معنادار به‌دست آمده است. به‌گونه‌ای که یک درصد افزایش در درآمد سرانه در بلندمدت (با فرض ثبات سایر متغیرها)، میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای مورد مطالعه ۰/۱۵۲ درصد افزایش خواهد داد. در توجیه نتیجه به‌دست‌آمده می‌توان گفت که بر اساس منحنی زیست‌محیطی کوزنتس<sup>۱</sup> (EKC)، در مراحل اولیه توسعه اقتصادی به‌دلیل عوامل مختلف مانند اولویت بالای تولید و اشتغال نسبت به محیط‌زیست پاک، پایین بودن تکنولوژی تولید، پایین بودن سطح آگاهی‌های زیست‌محیطی و ...، رشد اقتصادی با افزایش آلودگی هوا همراه خواهد بود (مورد کشورهای درحال توسعه). اما بعد از رسیدن به یک سطح مشخصی از درآمد سرانه، این رابطه معکوس شده و افزایش رشد اقتصادی منجر به بهبود کیفیت محیط‌زیست خواهد شد که دلیل آن می‌تواند بالا رفتن سطح تکنولوژی تولید، افزایش

## 1. Environmental Kuznets Curve

معناست که یک درصد افزایش در تعداد کاربران اینترنت (با فرض ثبات سایر متغیرها)، میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای مورد مطالعه ۰/۰۰۸ درصد افزایش خواهد داد؛ که در قیاس با سایر متغیرها مقدار اندکی است. بر این اساس می‌توان گفت که افزایش میزان استفاده از اینترنت، تهدیدی چندان جدی برای کیفیت محیط زیست و آلودگی هوا در کشورهای درحال توسعه نخواهد بود. ذکر این نکته ضروری است که تعداد کاربران اینترنت تنها یک شاخص برای اندازه‌گیری مؤلفه میزان استفاده از ICT است. همان‌طور که پیش از این گفته شد، ICT علاوه بر مؤلفه استفاده از دو مؤلفه دیگر به نام‌های دسترسی و مهارت نیز تشکیل شده است. بنابراین در جهت دستیابی به یک نتیجه‌گیری کلی در زمینه تأثیر ICT بر آلودگی هوا بایستی تمام مؤلفه‌ها را در نظر گرفت. بر این اساس پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی به بررسی تأثیر ICT بر آلودگی هوا با در نظر گرفتن تمام مؤلفه‌های آن پرداخته شود. به این منظور می‌توان از شاخص توسعه‌یافتگی ICT (IDI) که از سال ۲۰۰۹ توسط اتحادیه جهانی مخابرات (ITU) منتشر می‌شود و دربرگیرنده سه مؤلفه دسترسی، استفاده و مهارت بوده و یک شاخص جامع و کامل به حساب می‌آید، استفاده کرد. بر اساس سایر نتایج تحقیق نیز، رشد اقتصادی، سرانه مصرف انرژی، شدت تجارت و توسعه بازار پول، اثری مثبت و معنادار بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای مورد مطالعه داشته است.

خارجی، به ملایم‌تر شدن سیاست‌های زیست‌محیطی مناسب منتهی می‌شود و حتی تصویب و اجرای قوانین زیست‌محیطی ملی را در مواجهه با فزاینده‌سازی تجاری با تأخیر همراه می‌کند. در مقابل، طرفداران تجارت آزاد، آزادسازی تجاری را موجب بهبود وضعیت محیط‌زیست معرفی می‌کنند. بر اساس استدلال آن‌ها، با توجه به واکنش کشورها به فشارهای رقابتی ناشی از گسترش تجارت آزاد و دسترسی به مزیت نسبی، استفاده از منابع کارا شده و بدین ترتیب اتلاف منابع و انرژی و آلاینده‌گی مربوط به آن کاهش می‌یابد (برقی‌اسکویی، ۱۳۸۷). نتیجه به‌دست‌آمده در این تحقیق برای کشورهای درحال توسعه منطبق با نظر مخالفان تجارت آزاد است.

ضریب متغیر سرانه مصرف انرژی، مطابق انتظار مثبت و معنادار به‌دست آمده است. به‌گونه‌ای که یک درصد افزایش در سرانه مصرف انرژی در بلندمدت (با فرض ثبات سایر متغیرها)، میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را در کشورهای مورد مطالعه ۰/۶۴۵ درصد افزایش خواهد داد. مقداری عددی ضریب برآوردی این متغیر نسبت به سایر متغیرها بزرگ‌تر و قابل توجه‌تر می‌باشد؛ چراکه مصرف انرژی، منبع اصلی انتشار گاز CO<sub>2</sub> محسوب می‌شود و با افزایش در مصرف انرژی، آلودگی نیز به‌طور قابل توجهی، افزایش می‌یابد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش بررسی و برآورد تأثیر استفاده از اینترنت بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ۳۰ کشور درحال توسعه، با استفاده از تحلیل‌های هم‌جمعی در داده‌های پانلی، طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۵ می‌باشد. به این منظور پس از انجام آزمون‌های ریشه واحد پانلی برای متغیرهای مدل، به بررسی هم‌جمعی پانلی بین این متغیرها پرداخته شده است. نتایج آزمون‌های هم‌جمعی در داده‌های پانلی برای کشورهای مورد مطالعه، وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل را تأیید می‌کنند. این رابطه بلندمدت توسط برآوردگرهای اثرات ثابت در داده‌های پانلی برآورد شده که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ضریب متغیر تعداد کاربران اینترنت (در هر ۱۰۰ نفر) ۰/۰۰۸ به‌دست آمده است. این نتیجه به آن

## منابع

- ابراهیمی، م.، کفیلی، وحید، بابایی آغ اسمعیلی، مجید.، ۱۳۹۶. بازار پول و انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن): مقایسه بین کشورهای با درآمد سرانه بالای عضو OECD و کشورهای با درآمد سرانه متوسط به پایین، فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی، شماره ۱۹، ص ۲۱۳-۲۳۶.
- اشرف‌زاده، ح.ر.، مهرگان، ن.، ۱۳۸۷. اقتصادسنجی پانل دیتا، دانشگاه تهران، مؤسسه تحقیقات تعاون.
- برقی‌اسکویی، م.م.، ۱۳۸۷. آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن)، فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه، شماره ۳، ص ۴۹-۶۶.
- فلاحی، ف.، سجودی، س.، ممی‌پور، سیاب.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط‌زیست ایران، فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی، شماره ۲، ص ۱۴۹-۱۷۱.
- گل‌خندان، ا.، ۱۳۹۶. مقایسه تطبیقی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و مؤلفه‌های آن بر مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته. بررسی مسائل اقتصاد ایران، شماره ۴، ص ۱۳۵-۱۵۴.
- Al-Mulali, U., Ting, L. S., Ozturk, I. 2015. The global move toward Internet shopping and its influence on pollution: an empirical analysis, *Environ Sci Pollut Res*, Vol. 22(13), P. 9717-9727.
- Baltagi, B. 2005. *Econometric Analysis of Panel Data*, 3rd ed, McGraw-Hill.
- Hargroves, K. J., Smith, M. H. 2005. The natural advantage of nations: Business opportunities, innovation and governance in the 21st century, *The Natural Advantage of Nations*.
- Houghton, J. W. 2009. ICT and the Environment in Developing Countries: An Overview of Opportunities and Developments, *Communications & Strategies*, No. 76, P. 39.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., Shin, Y. 2003. Testing for unit roots in heterogeneous panels, *Journal of Econometrics*, Vol. 115, P. 53-74.
- Kao, C. 1999. Spurious regression and residual-based Tests for co-integration in panel data, *Journal of Econometrics*, Vol. 90, P. 1- 44.
- Khan, M.A., Khan, M. Z., Zaman, K., Irfan, D., Khatab, H. 2014. Questing the three key Growth Determinants: Energy Consumption, Foreign Direct Investment and Financial Development in South Asia, *Renew. Energy*, No. 68, P. 203-215.
- Levin, A., Lin, C. F., Chu, C. J. 2002. Unit root tests in panel data: asymptotic finite-sample properties, *Journal of econometrics*, Vol. 108, P. 1-24.
- Pedroni, P. 2004. Panel co-integration, asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis, *Econometric Theory*, Vol. 3, P. 597-625.
- Pesaran, M. H. 2007. A simple panel unit root test in presence of cross section dependence, *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 22, P. 265-312.
- Ozcan, I., Apergis, N. 2017. The impact of internet use on air pollution: Evidence from emerging countries. *Environmental Science and Pollution Research*, P. 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0825-1>.
- Sadorsky, P. 2010. The Impact of financial development on energy consumption in emerging economies, *Energy Policy*, Vol. 38(5), P. 2528-2535.
- Sadorsky, P. (2012). Information communication technology and electricity consumption in emerging economies, *Energy Policy*, Vol. 48, P. 130-136.
- Salahuddin, M., Alam. K., Ozturk, I. 2016. The effects of Internet usage and economic growth on CO2 emissions in OECD countries: a panel investigation, *Renew Sust Energ Rev*, Vol. 62, P. 1226-1235.
- Westerlund, J. 2007. Testing for error correction in panel data, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol 66, P. 709-748 .
- Zhang, Y. J. 2011. The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China. *Energy Policy*, Vol. 39(4), P. 2197-2203.
- <http://www.itu.int/ict/statistics>