

## بررسی عوامل منتخب مؤثر بر آلودگی محیط زیست با تأکید بر آزادسازی تجاری در کشورهای مختلف جهان (مطالعه موردی انتشار CO<sub>2</sub>)

حسین محمدی<sup>۱</sup> - سمانه حیدرزاده<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۶

### چکیده

شهرنشینی، افزایش جمعیت و حرکت از سمت تولید سنتی به صنعتی، روند رشد و توسعه اقتصادی کشورها را سرعت بخشیده و به موازات آن، پیامدهای زیست محیطی قابل ملاحظه‌ای بر جای گذاشته است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر متغیرهای مختلفی از جمله آزادسازی تجاری، مزیت نسبی، سطح تولید و دیگر متغیرهای مهم و اثرگذار بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای مختلف جهان است. در انجام محاسبات از نرم افزار Stata 11 بهره گرفته شد، داده‌ها تابلویی و مربوط به ۷۷ کشور طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰ است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که آلودگی محیط زیست و به طور خاص انتشار CO<sub>2</sub>، در هر چهار گروه از کشورهای تحت بررسی با آلودگی دوره قبل ارتباط مستقیم دارد، با درآمد سرانه رابطه مستقیم و با مجذور آن رابطه عکس دارد، با نسبت سرمایه به نیروی کار رابطه مستقیم و با مجذور آن رابطه عکس دارد و در نهایت با آزادسازی تجاری در گروه کشورهای با درآمد بالا و متوسط به بالا اثر معکوس و در گروه کشورهای با درآمد کم و متوسط به پایین ارتباط مستقیم دارد.

**واژه‌های کلیدی:** محیط زیست، آزادسازی تجارت، انتشار CO<sub>2</sub>، درآمد، داده‌های تابلویی

### مقدمه

تجارت بین کشورها باعث افزایش رفاه مصرفی می‌شود، تولید آلاینده‌ها منجر به اعمال هزینه‌هایی از جانب تجارت بر جامعه می‌گردد.

اکثر مطالعاتی که به دنبال یافتن اثرات زیست‌محیطی تجارت بین الملل هستند، بر مبنای تئوری‌های سنتی تجارت، مزیت نسبی و تفاوت در فراوانی عوامل تولید متمرکز می‌باشند که از آن جمله می‌توان به مطالعه آنتویلر و همکاران (۱۱)، کویلند (۱۵)، تیلور (۲۴) و فرانتکل و رز (۱۸) اشاره کرد. تئوری سنتی تجارت دلالت بر تفاوت در موجودی نسبی عوامل تولید بین کشورها دارد و بر این اساس کشورها در تولید کالایی که در آن دارای مزیت نسبی هستند تخصص پیدا می‌کنند. تحت تأثیر الگوهای سنتی تجارت، بازدهی تولید نسبت به مقیاس ثابت بوده و رقابت کامل بر بازار حکم فرماست. در این چارچوب، کشورها کالاهای تولیدشده را با یکدیگر مبادله کرده و رفاه خود را افزایش می‌دهند. در مقابل، تمایل فزاینده کشورهای جهان به تجارت محصولات همگن متمایز و تجارت درون صنعت، از اتفاقات مهم در تبادلات جهانی کالا می‌باشد. شواهد تجربی نشان داده‌اند که سهم فزاینده‌ای از تجارت بین الملل، در قالب تجارت درون صنعت (در مقایسه با تجارت بین صنعت) اتفاق افتاده است (۲۲).

در دهه‌های اخیر گسترش تجارت بین کشورها، رفاه تعداد زیادی از کشورهای جهان را افزایش داده است. با گسترش تجارت بین الملل، درآمد بسیاری از کشورها رشد کرده و رفاه مصرفی آن‌ها

در دهه‌های اخیر، صنعتی شدن مسیری برای رشد درآمد سرانه در کشورهای مختلف فراهم کرده است. کشورهایی که به تجارت بین الملل اشتیاق بیش‌تری نشان داده‌اند، پتانسیل‌هایشان را فراتر از مرزهای داخلی به منظور دسترسی به بازارهای جهانی و بزرگ‌تر، افزایش داده‌اند. از آنجایی که تجارت در بازارهای بزرگ جهانی از دلایل مهم رشد اقتصادی در بسیاری از کشورها محسوب می‌شود، این کشورها با سرعت بخشیدن به تولیدات کالاها و تجارت گسترده آن‌ها، باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی نیز شده‌اند.

اکثر اقتصاددانان بر این واقعیت توافق دارند که تجارت آزاد بین کشورها، سطح رفاه اقتصادی را بهبود می‌بخشد (۱۷)، اما آیا زمانی که تولید کالاها برای تجارت، باعث ایجاد مواد آلاینده برای محیط زیست می‌شود نیز این مطلب الزاما صحیح است؟ آیا شواهدی بر این مطلب که تجارت برای محیط زیست مفید یا مضر است، وجود دارد؟

اثرات زیست محیطی آزادسازی تجاری در دهه‌های گذشته از سوالات اساسی بوده و تحقیقات مختلفی در کشورهای مختلف توسعه یافته و در حال توسعه روی آن انجام شده است (۹). در حالی که

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(\*- نویسنده مسئول: Email: hoseinmohammadi@um.ac.ir)

کنترلی و با استفاده از مدل GMM<sup>۱</sup> به این نتیجه رسیدند که آزادسازی اقتصادی دارای تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی است. آن‌ها داده‌های پانل هشت دوره ۵ ساله، برای سال‌های ۱۹۶۵-۱۹۶۱ الی ۲۰۰۰-۱۹۹۶ را در مورد ۱۰۰ کشور بررسی کردند.

در مطالعه مهرگان و همکاران (۸) نیز مدل برای کشورهای گروه جی هشت (۸ کشور صنعتی جهان که ۶۵ درصد اقتصاد جهان را در دست دارند) در مقابل دیگر کشورهای در حال توسعه با استفاده از روش پانل و رهیافت اثرات پویا طی دوره زمانی ۲۰۰۴-۱۹۹۰ تخمین زده شده است. نتایج تخمین مدل دلالت بر این دارد که افزایش آزادسازی تجاری و درآمد سرانه در کشورهای گروه جی هشت به کاهش انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای آلاینده می‌انجامد. در مقابل انتشار این گازها در کشورهای کم‌تر توسعه یافته بیشتر می‌شود.

عاقلی و همکاران (۶) بر اساس نتایج تخمین مدل کوتاه‌مدت بیان کردند که تخریب محیط زیست نه تنها متأثر از تغییرات جاری درجه باز بودن اقتصاد است، بلکه از عدم تعادل میان تخریب محیط زیست و درجه باز بودن اقتصاد دوره گذشته به نسبت کم‌تری تأثیر می‌پذیرد و رابطه بین دی اکسید کربن و تخریب محیط زیست مثبت است ولی معنی‌دار نمی‌باشد.

حسینی نسب و پایکاری (۳) به بررسی رابطه بین دو نوع آلودگی هوا، آب و رشد اقتصادی در دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۰ که بر پایه مبانی نظری منحنی زیست محیطی کوزنتس استوار بود پرداختند. نتایج به دست آمده از نمونه‌های مورد بررسی منحنی کوزنتس را برای هر دو نوع آلودگی در کشورهای توسعه یافته مورد تأیید قرار داد اما برای گروه کشورهای در حال توسعه تنها آلودگی آب با منحنی کوزنتس منطبق بوده و آلودگی هوا از منحنی کوزنتس پیروی نمی‌کند. اصغری و محمدی (۱) نیز به بررسی اثر آزادسازی تجاری در بخش صنعت روی کیفیت محیط زیست ایران پرداختند که نتایج به دست آمده با استفاده از داده‌های پانل در بخش‌های مختلف صنعت ایران در دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۳۸ حاکی از آن است که آزادسازی تجاری در بخش‌های مختلف صنعت روی کیفیت محیط زیست منفی است. هم‌چنین، فرضیه پناهندگی آلودگی مورد تأیید می‌باشد.

در این مطالعه از نمونه بزرگی از داده‌ها در سطح جهانی استفاده شده که این داده‌ها از بانک جهانی به دست آمده است. نکته قابل توجه و متمایز در این مطالعه آن است که کشورها براساس میزان درآمدشان دسته‌بندی شده اند و مطالعه به صورت مقایسه‌ای بین چهار دسته از کشورهای پر درآمد، کم درآمد، با درآمد پایین‌تر از متوسط و کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط انجام شده است که مبنای آن بر

افزایش می‌یابد، اما این رشد درآمد و افزایش رفاه در نتیجه تجارت زمانی مطلوب است که در جهت حمایت از محیط‌زیست پیش رود (۱۹). از آن جایی که تجارت آزاد می‌تواند تولید و درآمد را افزایش دهد بنابراین انتشار آلاینده‌ها را از طریق اثر مقیاس و اثر تکنیک تحت تأثیر قرار می‌دهد. بررسی اثرات آزادسازی تجاری بر روی کیفیت محیط زیست، مستلزم تجزیه این اثرات به سه اثر مقیاس، اثر ترکیب و اثر تکنیک است (۹). اثر مقیاس به دلیل دسترسی به بازار بزرگ‌تر در اثر آزادسازی تجاری رخ می‌دهد. با ثابت بودن سایر شرایط، با افزایش مقیاس بازار در دسترس تولید کننده در نتیجه آزادسازی اقتصادی، تخریب محیط زیست احتمالاً بیش‌تر خواهد شد، زیرا تولید بیش‌تر مستلزم استفاده از نهاده‌های بیش‌تر تولید است که می‌تواند اثر منفی روی محیط زیست به جا بگذارد. اثر تکنیک به تغییر شیوه‌های تولید ناشی از آزادسازی تجارت اشاره دارد، با افزایش درآمد سرانه در اثر تجارت و رشد اقتصادی، تقاضا برای محیط زیست و به کارگیری مقررات زیست‌محیطی در حوزه تولید و مصرف به طور معمول افزایش می‌یابد که این اثر ممکن است به نفع محیط زیست تمام شود. اثر ترکیبی هم به این معناست که پس از آزادسازی تجاری ساختار صنعتی اقتصادها تغییر یافته و هر کشوری در تولید محصول خاصی که در آن دارای مزیت نسبی است تخصص پیدا می‌کند. بنابراین تأثیر نهایی اثر ترکیب در محیط زیست به عوامل تعیین کننده مزیت نسبی یک کشور بستگی دارد (۱۳).

در این مقاله به این سوالات پاسخ داده می‌شود که اولاً اثر آزادسازی تجاری بر انتشار CO<sub>2</sub> در جهان چگونه است؟ و ثانیاً تأثیر آزادسازی تجاری در کشورهای مختلف بر حسب میزان درآمدشان به چه صورت خواهد بود.

## مواد و روش‌ها

آنتویلر و همکاران (۱۱) غلظت SO<sub>2</sub> را در ۴۳ کشور از سال ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۶ تحلیل کردند. آن‌ها به اثر مثبت مقیاس، اثر منفی تکنیک و اثر منفی ترکیب ناشی از تجارت دست یافتند، بنابر این از آن جایی که اثر تکنیک به طور متوسط بر اثر مقیاس غالب است آن‌ها نتیجه گرفتند که تجارت آزاد با کاهش آلودگی همراه است. به طور مشابه کویل و الیوت (۱۳) و کویل (۱۴) انتشار آلاینده‌ها در سطح کشور و مصرف سرانه انرژی را تحلیل کردند و اثر تکنیک-مقیاس و اثر ترکیب را برآورد کردند. به طور کلی یافته‌های آن‌ها نتایج آنتویلر برای راتایید کرد. این نتایج نشان داد که آزاد سازی بیش‌تر انتشار سرانه SO<sub>2</sub> را کاهش می‌دهد اما باعث افزایش انتشار BOD و NO<sub>x</sub> و افزایش مصرف انرژی می‌شود.

لی و همکاران (۷)، با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی و به کار بردن دو مدل متفاوت برای رشد اقتصادی و افزودن متغیرهای

اساس تقسیم‌بندی کشورها بر اساس درآمد در سال ۲۰۱۲ توسط بانک جهانی می‌باشد (۲۶).  
در این مطالعه از داده‌های تابلویی ۷۷ کشور (۲۷ کشور پردرآمد، ۱۱ کشور کم درآمد، ۲۲ کشور با درآمد بالاتر از متوسط و ۱۷ کشور با درآمد کمتر از متوسط) طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰ مورد استفاده قرار گرفته است.

آمار و اطلاعات استفاده شده در این مطالعه عمدتاً از بانک جهانی به دست آمده است. داده‌های CO<sub>2</sub> از مرکز تحلیل اطلاعات کربن دی‌اکسید<sup>۱</sup>، درآمد سرانه بر حسب ارزش ثابت دلار در ۲۰۰۰ از بانک جهانی و داده‌های سرمایه و نیروی کار نیز از همین بانک تهیه شد. درجه باز بودن تجارت با استفاده از نسبت مجموع واردات و صادرات به تولید ناخالص داخلی به دست آمد که اطلاعات مربوط به آن نیز از بانک جهانی گرفته شده است.

### مدل اقتصادسنجی داده‌های ترکیبی پویا<sup>۲</sup>

همان‌گونه که اشاره گردید در تحلیل داده‌های مطالعه حاضر از روش داده‌های تابلویی استفاده شده است. به دلیل تناسب بیش‌تر از پانل‌های پویا بهره گرفته شده است. وجود وقفه درون یک معادله رگرسیونی از سه طریق جز خطا، مقادیر وقفه‌دار متغیر وابسته و مقادیر وقفه‌دار متغیرهای توضیحی در مدل حاضر می‌شود. رگرسیون با اجزای خطای پویا هنگامی مطرح می‌شود که متغیر وابسته وقفه‌داری در میان رگرس کننده‌ها حضور داشته باشد. یعنی:

$$Y_{it} = \theta Y_{it-1} + \beta X_{it} + \mu_i + v_{it} \quad i=1,2,\dots,N \quad t=1,2,\dots,T \quad (1)$$

اندرسون و هسیاتو (۱۰) این الگو را به طور گسترده‌ای بررسی کرده‌اند. از آنجایی که  $Y_{it}$  تابعی از  $\mu_i$  است،  $Y_{it-1}$  نیز تابعی از  $\mu_i$  است. از این رو  $Y_{it-1}$  با اجزای خطا همبسته است. این موضوع نشان می‌دهد که تخمین زن OLS دارای تورش و ناسازگار است، حتی اگر  $v_{it}$  ها به طور سریالی همبسته نباشند، برای تخمین زن اثرات ثابت<sup>۳</sup>، تبدیل درون گروهی موجب حذف  $\mu_i$  ها می‌شود، اما  $\hat{Y}_{it-1}$  هنوز با  $\hat{v}_{it}$  همبسته است؛ حتی اگر  $v_{it}$  ها به طور سریالی همبسته نباشند.

اندرسون و هسیاو (۱۰) وقفه‌های بیش‌تری را برای سطح و یا تفاضل متغیرهای وابسته به صورت ابزاری برای متغیرهای وابسته با وقفه در مدل‌های داده‌های ترکیبی پویا به منظور حذف اثر مقاطع پیشنهاد دادند. در حقیقت آن‌ها پیشنهاد کردند برای رهایی از اثرات  $\mu_i$  ها، ابتدا از الگو، تفاضلاًول گرفته و سپس از

$$u_{it} = \mu_i + \lambda_i + v_{it} \quad i=1,\dots,11 \quad t=2010 \quad (2)$$

نشان دهنده اثرات خاص هر کشور و  $\lambda_i$  نشان دهنده اثرات خاص سال است. و بنابراین 2SLS و 2SIS درون گروهی اجرا می‌شود. فرض می‌شود اثر دوره زمانی پارامتر ثابتی است که باید به عنوان ضریبی مجازی از زمان برای هر سال در الگو داده‌های ترکیبی پویا تخمین زده شود. اثرات خاص هر کشور را می‌توان ثابت فرض کرد که در این صورت لازم است متغیرهای مجازی مربوط به کشورها در معادله (۱) لحاظ شود. تخمین زن حاصل شده یک تخمین زن بین گروهی است. مادامی که خود  $v_{it}$  ها با یکدیگر خود همبستگی سریالی نداشته باشند، این ابزارها با  $\Delta v_{it} = v_{i,t} - v_{i,t-1}$  خود همبسته نخواهند بود. این روش تخمین متغیر ابزاری به تخمین‌های سازگار اما نه لزوماً کارا برای پارامترهای الگو منجر می‌شود به دلیل آن که این روش از تمامی شرایط گشتاورهای در دسترس استفاده نکرده است و ساختار تفاضل‌گیری شده را روی اخلاص‌های باقیمانده  $\Delta v_{it}$  به حساب نیاورده است. آرلانو و بوند (۱۲) روش کلی سازگار تخمین لحظه‌ای را برای پارامترهای این نوع از مدل‌ها ارائه داده‌اند.

این روش تخمین در مجموعه داده‌هایی با مقاطع زیاد و سری زمانی محدود قابل کاربرد است و نباید در جملات خطا خود همبستگی وجود داشته باشد. ویژگی خاص روش GMM برای داده‌های پانل پویا این است که تعداد شرایط گشتاوری با  $T$  افزایش می‌یابد. دو عیب‌یابی با استفاده از روش GMM آرلانو و بوند برای آزمون همبستگی سریالی مرتبه اول و دوم در اخلاص‌ها محاسبه می‌شود. بنابراین آزمون سارگان با فرض صفر مبنی بر اعتبار محدودیت بیش از حد شناسا اجرا می‌شود. شواهد مجاب کننده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد، شرایط گشتاوری بسیار زیاد با وجود این که کارایی را افزایش می‌دهد، باعث اریب می‌شود.

بالتاجی (۲) پیشنهاد می‌کند برای استفاده از مزیت کاهش اریب و از دست دادن کارایی، زیر مجموعه‌ای از این شرایط به کار گرفته شود. آرلانو و بوند (۱۲) این ایده را با استفاده از ابزارهای در دسترس بیش‌تری، ارتقا داده‌اند. بر اساس مطالعات هولتز - ایکن، نیووی و راسن (۲۱) و گسترش روش GMM توسط هانسن (۲۰)، بسیاری از وقفه‌های متغیر وابسته، متغیرهای از پیش تعیین شده و متغیرهای درون‌زا به عنوان متغیرهای ابزاری مجاز شناسایی شدند. این تخمین

- 1- CDIAC
- 2- Dynamic panel data
- 3- Fixed effects

$RS$ : GDP سرانه نسبی است که از تقسیم تولید سرانه داخلی بر تولید سرانه متوسط جهانی بدست می‌آید.

$K/L$ : نسبت سرمایه به نیروی کار یک کشور و  $RK/L$ : نسبت سرمایه به نیروی کار به همین نسبت در سطح متوسط جهانی بدست می‌آید. درحالی که یک کشور با نیروی کار فراوان دارای مزیت نسبی در تولید کالاهای کاربر است، کشورهای با وفور نسبی سرمایه نیز در تولید کالاهای سرمایه بر مزیت نسبی داشته و از این‌رو در یک کشور با نسبت سرمایه به نیروی کار بیش‌تر، به دلیل وجود مزیت نسبی در تولید کالاهای سرمایه بر، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی زیست محیطی بیش‌تر است، زیرا عمدتاً تولید کالاهای سرمایه بر با انتشار آلاینده‌های بیش‌تر همراه است. این اثرات به شکل  $(K/L)$  و  $(RK/L)$  و یا  $RS$  در این مدل منعکس شده است که نشان دهنده اثر تکنیک می‌باشد. از این‌رو متغیرهای مورد اشاره یک اثر را نشان نمی‌دهند بلکه اولی نشان دهنده نسبت سرمایه به نیروی کار (کاربر یا سرمایه بر بودن تولید)، دومی نشان دهنده سرمایه به نیروی کار نسبی (مزیت نسبی در تولید) و سومی نشان دهنده تولید ناخالص داخلی نسبی (نشان دهنده اندازه اقتصاد در مقایسه با متوسط جهانی) است که هر کدام اثرات متمایزی روی انتشار آلودگی خواهند داشت. به علاوه افزایش در تجارت، افزایش تولید کالاهای سرمایه بر را در کشورهایی که در این کالاها دارای مزیت نسبی هستند تشویق می‌کند که این اثرات در  $(RK/L)_{it} T_{it}$  و  $(RK/L)_{it}^2 T_{it}$  منعکس می‌گردد که این متغیرها به همراه سایر متغیرهای ترکیبی نشان دهنده اثرات ترکیبی می‌باشند.

$$\varepsilon_{1it} = \gamma_{1i} + U_{1it}$$

$\varepsilon_{1it}$ : میزان خطا است و شامل اثر منحصر به فرد هر کشور  $\gamma_{1i}$  و جز اخلال تصادفی  $U_{1it}$  است.

## برآورد مدل

### آزمون ایستایی

چنانچه متغیرهای سری زمانی در یک مدل رگرسیون، نایستا باشند، برآورد ضرایب به یک رگرسیون کاذب می‌انجامد. در مرحله اول به منظور جلوگیری از انجام رگرسیون کاذب و تست سکون متغیرها، آزمون ریشه واحد بر روی متغیرهای مدل صورت می‌گیرد. در این پژوهش از آزمون لوین، لین و چو<sup>۱</sup> استفاده می‌گردد.

زن GMM مستلزم هیچ‌گونه دانشی در مورد شرایط اولیه یا اخلال‌های  $V_{it}$  و  $\mu_i$  نیست و برای عملیاتی کردن این تخمین‌زن به جای  $\Delta V_{it}$  مقدار باقیمانده‌های تفاضل‌گیری شده قرار داده می‌شود که از تخمین‌زن سازگار مقدماتی  $\hat{\theta}$  به دست آمده است. تخمین‌زن به دست آمده را تخمین‌زن GMM آرلانو و باند یک مرحله‌ای می‌نامند.

آرلانو و بوند (۱۲) با استفاده از ماتریس متغیرهای ایزاری، تخمین‌زننده‌های GMM تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای را ارائه کردند. برای جمله خطاهای دارای واریانس همسان، آزمون سارگان به طور مجانبی دارای توزیع چی دو است. با این فرض آرلانو و بوند خودهمبستگی مرتبه اول  $AR(1)$  و دوم  $AR(2)$  را برای تفاضل مرتبه اول جمله خطا آزمون کردند. در ادامه با رهیافت‌های اشاره شده در این بخش مدل تجربی مورد برآورد و تحلیل قرار گرفته است.

### مدل تجربی

در این مدل عوامل مؤثر بر تولید گازهای گلخانه‌ای به اثرات مقیاس، تکنیک و اثرات ترکیبی تجزیه شده است. همچنین وقفه متغیر وابسته برای کنترل اثر روند پویا وارد مدل شده است. این مدل با تأکید بر معادله کیفیت محیط زیست و درآمد ارائه شده توسط ماناجی (۲۲) طراحی و برای بررسی آثار تجارت و رشد روی محیط زیست بکار برده شده است.

$$\ln E_{it} = c_1 + \alpha_1 \ln E_{it-1} + \alpha_2 S_{it} + \alpha_3 S_{it}^2 + \alpha_4 (K/L)_{it} + \alpha_5 (K/L)_{it}^2 + \alpha_6 (K/L)_{it} S_{it} + \alpha_7 T_{it} + \alpha_8 (RK/L)_{it} T_{it} + \alpha_9 (RK/L)_{it}^2 T_{it} + \alpha_{10} RS_{it} T_{it} + \alpha_{11} RS_{it}^2 T_{it} + \alpha_{12} (RK/L)_{it} RS_{it} T_{it} + \varepsilon_{1it}$$

در این معادله:

$E_{it}$ : انتشار سرانه آلاینده ( $CO_2$ ) کشور  $i$  ام در سال  $t$  ام می‌باشد. (به طور مثال کیلوگرم کربن دی اکسید سرانه).

$S_{it}^2$ : تولید ناخالص داخلی است که به همراه توان دوم آن یعنی  $S_{it}^2$  منعکس کننده اثر مقیاس می‌باشد. به عبارت دیگر این دو متغیر با یکدیگر نشان دهنده وجود اثرات منحنی زیست محیطی کوزنتس می‌باشند، زیرا انتظار بر آن است که در مراحل اولیه افزایش تولید ناخالص داخلی انتشار آلودگی افزایش یابد ولی افزایش‌های بیش‌تر باعث کاهش انتشار آلودگی خواهد شد.

$T_{it}$ : نسبت مجموع صادرات کل و واردات کل بر GDP که همان‌طور که در مطالعات انجام شده مشاهده می‌شود به عنوان جایگزین میزان آزادسازی تجارت در نظر گرفته می‌شود.

$$T = \frac{IM + EX}{GDP}$$

$EX$ : صادرات کل

$IM$ : واردات کل

جدول ۱ - نتایج آزمون دیکی فولر روی تفاضل مرتبه اول متغیرها

متغیر	پر درآمد		بالا تر از متوسط		پایین تر از متوسط		کم درآمد	
	آزمون در سطح ۵ درصد	تفاضل مرتبه اول	آزمون در سطح ۵ درصد	تفاضل مرتبه اول	آزمون در سطح ۵ درصد	تفاضل مرتبه اول	آزمون در سطح ۵ درصد	تفاضل مرتبه اول
Co <sub>2</sub>	۲/۱۰۴۵۰	(۰/۰۰۰۰)	۲/۰۷۵۴۱	(-۰/۹۸۱۰)	۲/۲۴۷۷۷	(۰/۹۸۱۷۷)	۰/۳۶۵۲۷	(-۰/۶۴۲۵)
S	۰/۱۸۶۳۲	(-۰/۰۰۰۰)	۹/۴۱۹۰۹	(-۰/۰۰۰۰)	۸/۴۷۶۹۰	(۱/۰۰۰۰)	۲۷/۶۰۱۴	(۱/۰۰۰۰)
RS	-۰/۷۵۹۸۵	(-۰/۰۰۰۰)	۱/۱۹۹۴۶	(-۰/۸۸۴۸)	-۰/۰۴۱۷۲	(-۰/۰۰۰۰)	۰/۱۳۳۹۵	(-۰/۵۵۳۳)
k/l	۵/۰۴۶۴۵	(۱/۰۰۰۰)	۱۲/۷۱۶۰	(۱/۰۰۰۰)	۴/۲۳۹۸۹	(۱/۰۰۰۰)	۰/۰۵۸۳۹	(۱/۰۰۰۰)
T	۰/۴۳۵۹۴	(-۰/۰۰۰۰)	-۱/۱۰۹۵۶	(-۰/۰۰۰۰)	-۰/۱۸۰۳۹	(-۰/۰۰۰۰)	-۱/۰۶۰۹۹	(-۰/۱۴۴۳)
Rk/l	۹/۰۷۷۳۱	(-۰/۰۰۰۰)	۳/۲۰۸۷۷	(-۰/۹۹۹۳)	۲/۰۰۴۲۲	(۰/۹۷۷۵)	-۰/۶۹۶۸۹	(-۰/۲۴۲۹)

منبع: یافته‌های تحقیق؛ اعداد داخل پرانتز مقادیر احتمالات در سطح ۵ درصد برای آزمون فیشر می‌باشد.

رویکرد مذکور انجام شد که نتایج مطابق جدول زیر بوده و فرضیه صفر مبنی بر عدم هم‌انباشتگی رد شد که نشانگر وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها است.

### انتخاب میان اثرات ثابت و اثرات تجمیعی (آزمون چاو)

ابتدا در مدل مسأله ناهمگنی کشورها توسط آماره  $F$  لیمر بررسی می‌شود. در صورت تأیید ناهمگنی، مدل از طریق داده‌های تابلویی برآورد می‌شود، در غیر این صورت، به روش OLS تخمین زده می‌شود، زیرا فقط داده‌ها روی هم انباشته شده‌اند و تفاوت میان آن‌ها نادیده گرفته می‌شود. فرضیات این آزمون بر اساس  $\mu_i$  ها، که معرف اثرات بخشی و یا ناهمگنی‌ها هستند، به صورت زیر است:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_N = 0$$

حداقل یکی از  $\mu_i$  ها مخالف صفر است:  $H_1$

آماره ذکر شده به شکل زیر قابل تعریف است:

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

فرضیه صفر آزمون، بیانگر نایستایی متغیرهاست. بررسی مقادیر آماره‌های محاسبه شده و احتمال پذیرش آن‌ها نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر نایستایی متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود. البته برخی متغیرها در مورد کشورهای با سطوح درآمدی خاص در سطح ایستا نبود که همگی با یک بار تفاضل‌گیری ایستا شدند.

در ادامه، هم‌انباشتگی متغیرهای تحقیق بررسی شد. چنان‌چه نظریه اقتصادی مبنی بر وجود هم‌انباشتگی (رابطه تعادلی بلندمدت) میان متغیرها صادق باشد، جمله خطای حاصل از تخمین اولیه ایستا است. یکی از روش‌های متداول برای آزمون هم‌انباشتگی، رویکرد انگل گرنجر است. در این رویکرد، ابتدا رابطه بلندمدت با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین زده می‌شود و سپس در مرحله دوم، مانایی پسماندهای حاصل از تخمین‌های مرحله اول، به روش دیکیفولر (DF) یا دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) آزمون می‌شود. اگر جملات خطا ایستا باشند، آنگاه متغیرهای مورد نظر هم‌انباشته خواهند بود. بنابراین ابتدا مدل مورد نظر با روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شده و پس از آن آزمون هم‌انباشتگی بر اساس

جدول ۲ - نتایج آزمون هم‌انباشتگی

مقادیر آماره	پر درآمد		بالا تر از متوسط		پایین تر از متوسط		مقادیر آماره
	احتمال در سطح ۵ درصد	مقدار آماره	احتمال در سطح ۵ درصد	مقدار آماره	احتمال در سطح ۵ درصد	مقدار آماره	
-۹/۵۷۹۰۶	۰/۰۰۰۰	-۱۳/۶۲۳۵	۰/۰۰۰۰	-۱۴/۸۹۲۲	۰/۰۰۰۰	-۱۷/۵۵۴۴	۰/۰۰۰۰

مرحله‌ای آرلانو و بوند (۱۲) تحت نرم افزار استتتا تخمین زده شده است. کلیه متغیرهای توضیحی به غیر از  $\ln E_{it-1}$ ، برون‌زا می‌باشند. متغیرهای برون‌زا متفاوت از متغیرهای ابزار در نظر گرفته شده‌اند.

نتایج آزمون سارگان، وجود ناهمسانی در جملات خطا و همچنین اعتبار محدودیت بیش از حد شناسا را رد می‌کند. نتایج آزمون آرلانو و بوند نشان‌دهنده وجود خود همبستگی مرتبه اول و رد خودهمبستگی مرتبه دوم در جملات خطای تفاضلی مرتبه اول است و بدین ترتیب باید مدل و یا ابزارهای مورد استفاده مورد بررسی مجدد قرار گیرد. نتایج این دو آزمون در جدول ۳ گنجانده شده‌اند. برای مشاهدات مدل مورد نظر، تخمین زن دو مرحله‌ای با واریانس ناهمسانی مقاوم ناشی از خودهمبستگی ویندمیجر به علت ریزش ۳۰ متغیر ابزاری تفاضلی، ۳۱ متغیر مجازی عملگر سری زمانی و ۲ متغیر برون‌زا غیر قابل برآورد است. طبق نتایج آزمون والد<sup>۳</sup> هیچ کدام از ضرایب متغیرهای برون‌زای ۱۱ گانه از نظر آماری برابر صفر نمی‌باشند.

## نتایج و بحث

در این مطالعه، کشورها بر اساس دسته‌بندی بانک جهانی به چهار گروه تقسیم شده و ابتدا آزمون ایستایی در مورد متغیرها انجام شد که همگی متغیرها در سطح ۵ درصد نایبستا بودند و با یک بار تفاضل‌گیری ایستا شدند به همین دلیل آزمون هم‌انباشتگی در مورد آن‌ها انجام شد و نتایج نشان داد که همگی هم‌انباشته هستند و دارای اثرات بلند مدت می‌باشند. پس از انجام آزمون‌های لازم مدل‌ها با کمک روش اثر ثابت تخمین زده شد.

نتایج حاصل از برآورد این مدل‌ها در مورد گروه‌های مختلف کشورها در جداول ۴ و ۵ گزارش شده است. در جدول ۴ تأثیر آزادسازی تجارت در گروه کشورهای پردرآمد و کشورهای با درآمد متوسط به بالا مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج در مورد کشورهای پردرآمد با روش‌های اثرات ثابت و روش گشتاورهای تعمیم یافته با هم مقایسه شده است. نتایج تخمین روش GMM تنها در کشورهای پر درآمد (در جدول ۴) و کشورهای با درآمد کم‌تر از متوسط (در جدول ۵) دارای جواب بوده و تخمین‌های بهتری را به دست داده است.

که در آن،  $N$  تعداد کشورها،  $K$  تعداد متغیرهای توضیحی،  $T$  تعداد مشاهدات در طول زمان،  $RRSS$  نشانگر مجموع مجذورات پسماندهای مقید<sup>۱</sup> (برآورد مدل از طریق روش اثرات ثابت) و  $URSS$  مجموع مجذورات پسماندهای غیر مقید<sup>۲</sup> (برآورد مدل از طریق روش حداقل مربعات معمولی) است. نتایج آزمون در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. با توجه به مقدار آماره محاسبه شده و سطح احتمال آن، فرض صفر را نمی‌توان پذیرفت و بنابراین مدل به روش داده‌های تابلویی برآورد خواهد شد.

## انتخاب میان اثرات تصادفی و اثرات تجمیعی (آزمون LM)

برای این منظور از آزمون ضریب لاگرانژ استفاده می‌شود. ابتدا مدل با اثرات تصادفی را برآورد کرده و سپس آزمون ضریب لاگرانژ را انجام می‌شود. نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

## انتخاب میان اثرات ثابت یا تصادفی (آزمون هاسمن)

برای تخمین مدل با داده‌های تابلویی به طور کلید و روش عمومی وجود دارد که عبارت‌اند از روش اثرات ثابت و اثرات تصادفی. جهت تعیین بکارگیری روش مناسب، آزمون هاسمن بکار گرفته می‌شود. در تخمین اثرات ثابت، فرض می‌شود عرض از مبدأ برای هر یک از کشورها وجود دارد که متفاوت از سایر کشورها می‌باشد و این عرض از مبدأ می‌تواند با متغیرهای توضیحی مدل همبستگی داشته یا نداشته باشد که این روش به روش حداقل مربعات مجازی (LSDV) معروف است. ضمن این‌که در این مدل اثر زمان دیده نمی‌شود و تنها اثرات بخشی در نظر گرفته می‌شود. در حالی‌که در مدل اثرات تصادفی، اثرات انفرادی در طول زمان ثابت هستند، ولی در میان کشورها تغییر می‌کنند. ضمن این‌که احتمال آماره هاسمن برای انتخاب این دو اثر به عنوان مدل برتر، کافی است و آماره هاسمن به تنهایی می‌تواند دلالت کافی جهت انتخاب مدل برتر داشته باشد. فرضیه صفر در آزمون هاسمن به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$H_0: \beta_{FE} = \beta_{RE}$$

$$H_1: \beta_{FE} \neq \beta_{RE}$$

در صورت رد شدن فرضیه  $H_0$ ، روش اثرات ثابت، سازگار و روش اثرات تصادفی ناسازگار است و باید از روش اثرات ثابت استفاده کرد. در مرحله بعد مدل مورد نظر به دلیل دارا بودن یک وقفه از متغیر وابسته به عنوان یک متغیر توضیحی، با استفاده از روش GMM تک

1-Restrict residual sum squares.

2-Unrestricted residual sum squares.

جدول ۳- نتایج آزمون‌ها

آزمون‌ها	آماره	کم درآمد			متوسط و پایین تر			متوسط و بالاتر			پردرآمد		
		مقدار	درجه آزادی	سطح احتمال	مقدار	درجه آزادی	سطح احتمال	مقدار	درجه آزادی	سطح احتمال	مقدار	درجه آزادی	سطح احتمال
آزمون چاو	F	۳۸/۵۴	۱۲	۰/۰۰۰	۸۳/۸۹	۱۲	۰/۰۰۰	۱۶/۴۱	۲۱	۰/۰۰۰	۲۶/۴۶	۲۶	۰/۰۰۰
آزمون بریش- پاگان	کای دو	۳۸/۵۳	۱	۰/۰۰۰	۱۳/۶۹	۱	۰/۰۰۲	۱۵۱/۹۸	۱	۰/۰۰۰	۵۸/۶۰	۱	۰/۰۰۰
آزمون تصریح هاسمن	کای دو	۳۲/۵۵	۱۰	۰/۰۰۰	۴۲/۷۷	۱۱	۰/۰۰۰	-۹۳/۴۴	۹	۰/۰۰۰	۷۵/۹۶	۱۰	۰/۰۰۰
آزمون سارگان	کای دو	۲۶۸/۴	۲۴۱	۰/۱۰۸	۴۲۲/۷	۳۴۱	۰/۰۰۱	۳۷۱/۵۳	۳۱۱	۰/۰۰۷	۵۱۸/۷	۴۲۶	۰/۰۰۱
آزمون آرانو-یونند AR(1)	Z	-۱۱/۲۷	-	۰/۰۰	-۱۴/۰۶	-	۰/۰۰	۰/۴۷	-	۰/۶۳	۱۸/۷۷	-	۰/۰
آزمون آرانو-یونند AR(2)	Z	۰/۱۳	-	۰/۸۹	-۲/۹۵	-	۰/۰۰	-۲/۲۵	-	۰/۰۲	-۱/۵۲	-	۰/۱۲

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴- برآورد اثرات زیست محیطی آزاد سازی تجارت در کشورهای پردرآمد و کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط

متغیرها	کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط				کشورهای پردرآمد			
	Fixed effect		روش GMM		Fixed effect		روش GMM	
	احتمال	ضریب	احتمال	ضریب	احتمال	ضریب	احتمال	ضریب
$\ln E_{it-1}$	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱۵۷۳	۰/۰۰۰	۰/۶۹۸۷۵۹	۰/۰۰۰	۰/۶۹۸۷۵۹۲	۰/۰۰۰	۰/۶۹۸۷۵۹۲
$\ln E_{it-2}$	۰/۱۰۴	-۰/۰۰۰۱۰۳۵	۰/۰۹۵	۰/۰۷۹۸۳۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۷۹۸۳۲۶	۰/۰۰۰	۰/۰۷۹۸۳۲۶
$S_{it}$	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲۵۹۰۴	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰۰۲۱۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۱۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۱۸
$S_{it}^2$	۰/۶۹۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۹۶۴	۰/۰۱۶	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۵۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۵۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۵۱
$(K/L)_{it}$	۰/۵۳۰	۰/۰۰۰۱۴۹۴	۰/۰۹۸	۰/۰۰۰۰۵۵۶	۰/۰۶۷	۰/۰۰۰۰۵۵۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۵۵۶
$(K/L)_{it}^2$	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۸	۰/۲۷۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۱۵	۰/۲۳۵	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۱۵	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۱۵
$(K/L)_{it}S_{it}$	۰/۹۳۳	-۰/۰۰۰۰۰۰۲۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲۸	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲۸
$T_{it}$	۰/۰۳۹	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۹	۰/۴۷۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۱۶۶	۰/۳۴۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۱۶۶	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۱۶۶
	۰/۰۰۰	۰/۱۴۶۲۴۴۹	۰/۲۲۸	۰/۰۰۰۰۴۲۳۴	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰۰۴۲۳۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۴۲۳۴
	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶۱۸۵۲	۰/۵۵۹	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۰۸	۰/۲۸۱	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۰۸	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۰۸
$RS_{it}T_{it}$	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۱۴۷۲۵۳	۰/۱۸۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۲۹۷۶	۰/۰۵۱	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۲۹۷۶	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۲۹۷۶
$RS_{it}^2T_{it}$	۰/۰۰۰	۰/۴۹۴۸۲۲۹	۰/۱۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵۵۱	۰/۰۹۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵۵۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵۵۱
$(RK/L)_{it}RS_{it}T_{it}$	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۴۸۸	۰/۴۳۶	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۶۴	۰/۳۲۵	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۶۴	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۶۴
		۰/۳۹						
		AIC = ۲/۱۲				AIC = ۲/۶۲		
		SBC = ۱/۸۸				SBC = ۲/۱		
		D.W = ۲/۰۷				D.W = ۲/۰۷		

در جدول ۵ نیز اثر متغیرهای مورد بحث در کشورهای با درآمد پایین‌تر از متوسط و کشورهای با درآمد کم مورد مقایسه قرار گرفته است. در این مرحله اثر تک تک متغیرها بر روی انتشار آلاینده برآورد شد و اثر تجارت آزاد که مهم‌ترین متغیر توضیحی و به عبارتی مطالعه آن مد نظر بود بررسی شد و نهایتاً این نتیجه به دست آمد که آزادسازی تجارت بر انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای پردرآمد و با درآمد بالاتر از متوسط اثر منفی خواهد داشت؛ به عبارتی هر چه درجه

آزادسازی تجارت بیشتر باشد در کشورهای پردرآمد و با درآمد متوسط به بالا، انتشار CO<sub>2</sub> کم‌تر خواهد بود. در مقابل آزاد سازی تجارت بر انتشار این آلاینده در کشورهای کم درآمد و با درآمد پایین‌تر از متوسط اثر مثبت دارد به این معنا که با افزایش حجم تجارت در این گروه از کشورها، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در آن‌ها بیشتر خواهد شد.

مروری بر سایر نتایج بدست آمده بیانگر آن است که:

جدول ۵- برآورد اثرات زیست محیطی آزاد سازی تجارت در کشورهای با درآمد پایین تر از متوسط و کشورهای کم درآمد

متغیرها	کشورهای با درآمد پایین تر از متوسط				کشورهای کم درآمد	
	Fixed effect		روش GMM		Fixed effect	
	ضریب	احتمال	ضریب	احتمال	ضریب	احتمال
$\ln E_{it-1}$	۰/۵۶۰۵۱۷۸	۰/۰۰۰	۰/۵۶۰۵۱۷۸	۰/۰۰۰	۰/۶۲۳۸۷۹۶	۰/۰۰۰
$\ln E_{it-2}$	۰/۰۴۶۴۰۲۳	۰/۳۷۳	۰/۰۴۶۴۰۲۳	۰/۴۸۷	۰/۱۳۷۴۱۱	۰/۰۰۹
$S_{it}$	۰/۰۰۰۹۵۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۹۵۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۴۰۶۴	۰/۵۸۹
$S_{it}^2$	-۰/۰۰۰۰۰۱۹۳	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۰۰۰۱۹۳	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۰۰۰۷۲۵	۰/۴۸۱
$(K/L)_{it}$	۰/۰۰۰۰۲۸۵	۰/۸۱۳	۰/۰۰۰۰۲۸۵	۰/۷۹۵	۰/۰۰۲۵۵۰۸	۰/۰۰۰
$(K/L)_{it}^2$	-۰/۰۰۰۰۱۰۴۲	۰/۱۶۵	-۰/۰۰۰۰۱۰۴۲	۰/۲۰۰	-۰/۰۰۰۰۲۴۶	۰/۷۷۴
$(K/L)_{it}S_{it}$	۰/۰۰۰۰۸۶۱	۰/۳۷۳	۰/۰۰۰۰۸۶۱	۰/۴۴۴	-۰/۰۰۰۱۶۳۵	۰/۰۴۴
$T_{it}$	۰/۰۰۴۵۵۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴۵۵۳۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶۳۱۵۵۸	۰/۰۰۰
$(RK/L)_{it}T_{it}$	-۰/۰۲۷۲۴۲۲	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۷۲۴۲۲	۰/۰۰۰	-۰/۰۶۲۷۶۵۹	۰/۱۷۷
$(RK/L)_{it}^2T_{it}$	۰/۰۴۶۷۲۴۳	۰/۰۰۲	۰/۰۴۶۷۲۴۳	۰/۰۰۰	-۰/۳۲۷۳۳۳۳	۰/۴۳۴
$RS_{it}T_{it}$	۰/۰۰۰۲۵۶۷	۰/۲۸۰	۰/۰۰۰۲۵۶۷	۰/۴۴۶	-۰/۰۹۸۸۱۲۴	۰/۰۶۳
$RS_{it}^2T_{it}$	۰/۰۰۵۰۷۳۷	۰/۸۴۷	۰/۰۰۵۰۷۳۷	۰/۸۶۲	۱/۳۶۶۳۴۳	۰/۰۵۱
$(RK/L)_{it}RS_{it}T_{it}$	۰/۰۱۹۰۶۵۴	۰/۲۹۷	۰/۰۱۹۰۶۵۴	۰/۳۳۸	۰/۳۷۱۱۵۵۳	۰/۵۱۱
	AIC = ۰/۵۴				AIC = ۱/۲۰۷	
	SBC = ۰/۲۹				SBC = ۰/۹۳	
	D.W = ۲/۱۱				D.W = ۲/۱۲	

بیشتر از سرمایه به جای نیروی کار همراه با آلودگی بیش تر محیط زیست است، اما پس از رسیدن به درجاتی از صنعتی شدن، به تدریج صنایع به سمت استفاده از فناوری‌های سازگار با محیط زیست حرکت کرده و از این رو تداوم صنعتی شدن باعث کاهش آلودگی محیط زیست خواهد شد. تولید خودروهای هیبریدی یا استفاده از سوخت‌هایی مثل انرژی خورشید و یا برق در اتومبیل‌های نسل جدید، پس از یک دوره طولانی تولید خودروهای آلاینده محیط زیست شاهدهی بر این مدعا می‌باشد. البته لازم به ذکر است که این اثرات در گروه‌های مختلف کشورها مطابق نتایج جداول ۴ و ۵ با یکدیگر متفاوت است.

ج) رابطه انتشار  $CO_2$  با ترکیب اثر آزادسازی تجارت و سرمایه به نیروی نسبی (مزیت نسبی در تولید کالاهای سرمایه بر) یا  $(RK/L)_{it}T_{it}$  در کشورهای با درآمد متوسط و بالاتر، مثبت و این رابطه در کشورهای با درآمد پایین تر از متوسط و کم درآمد منفی است. به عبارت دیگر تجارت کالاهای سرمایه بری که در آن‌ها مزیت نسبی وجود دارد، در کشورهای با درآمد متوسط به بالا، باعث آلوده شدن بیش تر محیط زیست خواهد شد که این نتایج مطابق با نتیجه حاصل از پژوهش ماناجی و هیبیکی بوده است (۲۲). همین طور انتشار  $CO_2$  تقریباً در همه کشورها البته به جز کشورهای کم درآمد، با حاصل ضرب آزادسازی تجارت در مجذور مزیت نسبی کالاهای سرمایه بر  $((RK/L)_{it}^2T_{it})$  رابطه مثبت دارد.

الف) افزایش درآمد سرانه و به همراه آن رشد اقتصادی باعث افزایش آلودگی زیست محیطی ناشی از انتشار کربن دی‌اکسید در هر چهار دسته از کشورها شده است. با حاکم بودن همین شرایط افزایش‌های مضاعف درآمد سرانه (به صورت مجذور درآمد سرانه) باعث کاهش آلودگی زیست محیطی باز هم در هر چهار دسته از کشورها می‌شود. این نتیجه با نتایج بیشتر مطالعات تجربی و الگوی نظری سازگار است، زیرا انتظار می‌رود با افزایش درآمد سرانه در شرایط بهبود شاخص‌های توسعه یافتگی، آلودگی‌های ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن در اثر افزایش تقاضا برای محیط زیست سالم و اعمال محدودیت‌ها کاهش یابد و از این رو شکل منحنی آلودگی-درآمد برای کشورهای مورد مطالعه به صورت منحنی U برگردان کوزنتس متصور است. البته تأثیر افزایش‌های مضاعف درآمد سرانه در کاهش آلودگی در کشورهای مختلف متفاوت بوده است و معمولاً ضعیف تر از تأثیر درآمد سرانه بر افزایش آلودگی است.

ب) میزان انتشار آلودگی در کشورهای تحت بررسی، نسبت به مزیت نسبی در تولید کالا حساس می‌باشد. هرچند در نسبت‌های اولیه سرمایه به نیروی کار با افزایش سهم سرمایه یا کاهش تعداد نیروی کار در تولید کالا، افزایش آلودگی‌ها را انتظار داریم؛ اما در نسبت‌های بالاتر عکس این رابطه صدق می‌کند که تنها مطالعه‌ای که این رابطه را بررسی کرده است مطالعه ماناجی و هیبیکی می‌باشد که تاییدی بر این رابطه است (۲۲). از این رو در مراحل اولیه صنعتی شدن، استفاده



مستقل تحقیق را روی متغیر وابسته یعنی آلودگی محیط زیست بررسی کرد و دوماً استفاده از روش پانل پویا از خصوصیات متمایز این مطالعه است که کمتر در سایر مطالعات استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش در برخی موارد مشابه نتایج سایر مطالعات در این حوزه بود است (۹، ۱۱ و ۲۲). به طور خلاصه نتایج تحقیق حاکی از آن است که آلودگی محیط زیست و به طور خاص آلودگی با CO<sub>2</sub>، در هر چهار گروه از کشورها با آلودگی دوره قبل ارتباط مستقیم دارد، با درآمد سرانه رابطه مستقیم و با مجذور آن رابطه عکس دارد، با نسبت سرمایه به نیروی کار یا مزیت نسبی در تولید کالاهای سرمایه بر نسبت مستقیم و با مجذور آن رابطه عکس دارد یعنی با حرکت تخصص در تولید کالاهای سرمایه‌ای می‌توان به سمت فنآوری‌های سازگار با محیط زیست حرکت کرده و از آلودگی محیط زیست کاست. با آزادسازی تجاری در گروه کشورهای با درآمد بالا و متوسط به بالا اثر معکوس و در گروه کشورهای با درآمد کم و متوسط به پایین ارتباط مستقیم دارد. به همین ترتیب اثراتش را در مورد سایر متغیرهای تحقیق نیز میتوان مورد بحث و بررسی قرار داد. از این رو از آنجا که ایران طبق تقسیم‌بندی بانک جهانی در گروه کشورهای با درآمد سرانه متوسط به بالا قرار دارد پیشنهاد می‌گردد تولید کالاهای صنعتی دارای مزیت نسبی به جای روش‌های سنتی، به سمت روش‌های با فنآوری برتر و سازگار با محیط زیست سوق پیدا کند و با آزادسازی بیش‌تر تجارت، از تولید کالاهای با آلودگی زیاد برای محیط زیست اجتناب گردد.

د) رابطه انتشار CO<sub>2</sub> با حاصل ضرب آزادسازی تجارت در درآمد نسبی برای همه کشورها منفی است که البته این رابطه تنها در کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط معنادار است قابل ذکر است که ایران نیز در این دسته قرار دارد. به این معنا که برآیند اثر تجارت و درآمد نسبی می‌تواند روی آلودگی محیط زیست اثر گذار باشد. هر چه این اثر بیش‌تر باشد، آلودگی محیط زیست کمتر خواهد بود. در ضمن رابطه انتشار CO<sub>2</sub> با حاصل ضرب آزادسازی تجارت در مجذور درآمد نسبی برای همه کشورها مثبت است که البته این رابطه تنها در کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط معنادار است. (ز) در کشورهای پر درآمد و با درآمد بالاتر از متوسط رابطه آزاد سازی تجارت و انتشار آلاینده‌ها منفی است ولی در کشور های کم درآمد و کشورهایی که در آمدشان از سطح متوسط پایین‌تر است این رابطه مثبت می‌باشد یعنی با افزایش آزاد سازی تجاری انتشار آلاینده‌ها در کشورهای در حال توسعه (با درآمد کم و یا متوسط به پایین) افزایش می‌یابد. از این رو سیاست‌های تجاری در کشورهای در حال توسعه باید به گونه‌ای تنظیم گردد که هماهنگ با سیاست‌های صیانت از محیط زیست باشد.

### جمع‌بندی و پیشنهادها

در این مطالعه به بررسی عوامل منتخب مؤثر بر آلودگی محیط زیست با تأکید بر آزادسازی تجاری پرداخته شد. تفاوت مطالعه با سایر مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور اولاً در طبقه‌بندی کشورها در چهار گروه درآمدی است تا بتوان به تفکیک اثر متغیرهای

جدول ۶- تأثیر هریک از متغیرهای تحقیق بر انتشار آلاینده در چهار دسته کشورهای مورد مطالعه

نام متغیر	پدر درآمد	بالاتر از متوسط	پایین تر از متوسط	کم درآمد
$\ln E_{it-1}$	مثبت*	مثبت*	مثبت*	مثبت*
$S_{it}$	مثبت*	مثبت*	مثبت*	مثبت*
$S_{it}^2$	منفی*	منفی*	منفی*	منفی*
$(K/L)_{it}$	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت*
$(K/L)_{it}^2$	منفی	منفی*	منفی*	مثبت
$(K/L)_{it}S_{it}$	مثبت*	منفی	منفی	منفی*
$T_{it}$	منفی	منفی*	منفی*	مثبت*
	مثبت	مثبت*	مثبت*	منفی
$RS_{it} T_{it}$	منفی	منفی*	منفی*	منفی
$RS_{it}^2 T_{it}$	مثبت	مثبت*	مثبت*	مثبت
$(RK/L)_{it} RS_{it} T_{it}$	منفی	مثبت*	مثبت*	مثبت

منبع: یافته‌های تحقیق

\*- بیانگر معنادار بودن ضریب متغیر مورد نظر می‌باشد.

## منابع

- ۱- اصغری م. و محمدی م. ۱۳۹۱. اثر آزادسازی تجاری در بخش صنعت روی کیفیت محیط زیست ایران. فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی ۴۱-۶۴:۸.
- ۲- بالتاجی ب. ۱۳۹۱. اقتصادسنجی. رضا طالبلو. انتشارات تهران: نشر نی.
- ۳- حسینی نسب س.ا. و پایکاری س. ۱۳۹۱. تأثیر رشد اقتصادی و آزادسازی تجاری بر آلودگی محیط زیست، مجله اقتصادی-دو ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۱۰ و ۹، دی ماه ۱۳۹۱، ص ۸۲.
- ۴- طیبی س.ک، شریفی ع. و یونس پور س. ۱۳۹۰. اثر تجارت درون صنعت بر کیفیت محیط زیست، فصلنامه راه اندیشه، صص ۶۰-۳۷.
- ۵- عاقلی ل.، ولائی یامچی م. و جنگ آور ح. ۱۳۸۹. مطالعه اثر باز بودن اقتصاد بر تخریب زیست محیطی در ایران، فصلنامه راهبرد، سال نوزدهم، شماره ۵۷، صص ۲۱۶-۱۹۷.
- ۶- لی سی ا. و کارتر هیل آر. ۱۳۹۰. استفاده از STATA برای مبانی اقتصادسنجی. حمید هوشمندی. تهران: رسا
- ۷- مهرگان ن.، مبارک ا. و الهویردی نوسی م. ۱۳۸۸. بررسی اثر آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، هفتمین همایش ملی انرژی.
- ۸- محمدی ح.، کرباسی ع. و تعالی مقدم آ. ۱۳۹۲. اقتصاد سنجی کاربردی رهیافتی مدرن با استفاده از ایویوز و میکروفیت، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۹- محمدی ح. و تیرگری سراجی م. ۱۳۹۲. بررسی ارتباط میان رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری و آلودگی محیط زیست بررسی کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی (اقتصاد انرژی ایران)، سال دوم، شماره ۶، صص ۲۰۷-۱۸۳.
- 10- Anderson T.W., and Hsiao C. 1981. Estimation of dynamic models with error components. *Journal of the American Statistical Association*, 76: 598-606.
- 11- Antweiler W., Copeland B., and Taylor S. 2001. Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91 (4), 877-908.
- 12- Arellano M., and Bond S. 1991. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review Economics and Statistics*, 58. 277-297.
- 13- Cole M.A., and Elliot R.J.R. 2003. Determining the trade-environment composition effect: the role of capital, labor and environmental regulations. *Journal Environmental Economics and Management*, 46 (3). 363-383.
- 14- Cole M.A. 2006. Does trade liberalization increase national energy use? *Economics Letters*, 92 (1), 108-112.
- 15- Copeland B., and Taylor M.S. 2005. *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton Series in International Economics, Princeton University Press, Princeton, Oxford.
- 16- Ederington J., Levinsohn A., and Minier J. 2004. Trade liberalization and pollution havens. *Advances in Economic Analysis & Policy*, 4 (2), article 6.
- 17- Frankel J., and Romer D. 1999. Does trade cause growth? *American Economic Review*, 89 (3), 379-399.
- 18- Frankel J., and Rose A. 2005. In is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality. *Review Economics and Statistics*, 87 (1), 85-91.
- 19- Grossman G.M., and Krueger A.B. 1991. Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper*, vol. 3914. NBER
- 20- Hansen, L.P. 1982. Large sample properties of generalized method of moment's estimators. *Econometrica*, 50: 1029-1054.
- 21- Holtz-Eakin, D., Neweym W., and Rosen H.S. 1988. Estimation vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56: 1371-1395.
- 22- Managi S., Hibiki A., and Tsurumi T. 2009. Does trade openness improve environment quality? *J. Environ.Econ. Manage.* 58, 346-363.
- 23- Stern D.I. 2005. Global sulfur emissions from 1850 to 2000, *Chemosphere* 58, 163-175.
- 24- Taylor M. 2004. Unbundling the pollution haven hypothesis, *Adv. Econ. Anal. Pol.* 4 (2), article 8.
- 25- WWW.WTO.ORG
- 26- WWW.UN.ORG

جدول ۱- لیست کشورهای مورد مطالعه

کم درآمد	با درآمد کمتر از متوسط	با درآمد بیشتر از متوسط	پر درآمد
بنگلادش	بولیوی	آرژانتین	استرالیا
بنین	کامرون	برزیل	اتریش
جمهوری آفریقای مرکزی	مصر	شیلی	باربادوس
اتیوپی	السالوادور	چین	بلژیک
هائیتی	غنا	کلمبیا	کانادا
کنیا	گواتمالا	کاستاریکا	قبرس
مالی	گویان	جمهوری دومینیکن	دانمارک
موزامبیک	هندوراس	اکوادور	فنلاند
رواندا	هندوستان	ایران	فرانسه
توگو	اندونزی	اردن	یونان
اوگاندا	موریتانی	مالزی	هنگ کنگ
	نیکاراگوئه	موریس	مجارستان
	فیلیپین	مکزیک	ایسلند
	سنگال	پاناما	ایرلند
	سریلانکا	پرو	ایتالیا
	سوریه	رومانی	ژاپن
	کنگو	آفریقای جنوبی	هلند
		تایلند	نیوزیلند
		تونس	پرتغال
		ترکیه	کره
		اروگوئه	سنگاپور
		ونزوئلا	اسپانیا
			سوئد
			سوئیس
			انگلستان
			آمریکا

منبع: بانک جهانی