



## تأثیرات زیست محیطی تجارت<sup>۱</sup>

احسان فضل الهی<sup>۲</sup> - جمشید پژویان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۰

### چکیده

تحقیقاتی که در زمینه تجارت و محیط زیست صورت گرفته پاسخ قاطعی در مورد نتیجه تأثیر تجارت آزاد بر محیط زیست نداده است؛ به طوریکه برخی از مطالعات حاکی از تأثیر مثبت آزادسازی تجاری بر محیط زیست و برخی دیگر تأثیر منفی را نتیجه داده‌اند. هدف این مقاله بررسی رابطه میان تجارت و محیط زیست در کشورهای جهان می‌باشد. بدین منظور براساس مبانی نظری موجود صحت دو فرضیه «لنگرگاه آلودگی» و «دارایی عوامل» با استفاده از داده‌های تابلویی برای ۷۷ کشور بین سالهای ۲۰۱۳-۱۹۹۵ مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه بررسی فرضیه لنگرگاه آلودگی حکایت از این دارد که کشورهای با سیاست زیست‌های محیطی نسبتاً ضعیف، که عمدتاً دارای درآمد سرانه پایین هستند، در تولید صنایع آلاینده مزیت دارند. بر مبنای فرضیه دارایی عوامل، می‌توان اظهار داشت که سیاست‌های زیست محیطی اثر بسیار جزئی (یا بی اثر) روی الگوی تجاری دارد، در حالیکه مواردی نظیر تفاوت در عامل‌های تولید یا تکنولوژی تجارت، تعیین کننده اصلی مزیت نسبی است. نتایج نشان می‌دهد که فرضیه لنگرگاه آلودگی و دارایی عوامل را نمی‌توان پذیرفت و انتشار آلودگی به عوامل دیگری بستگی دارد.

**واژگان کلیدی:** تجارت، محیط زیست، آلودگی، فرضیه لنگرگاه آلودگی، فرضیه دارایی عوامل

۱ این مقاله برگرفته از رساله دکتری علوم اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات است.

۲ دکتری اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، گروه اقتصاد تهران، ایران

۳ استاد اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، گروه اقتصاد تهران، ایران (مسئول مکاتبات)

## ۱. مقدمه

امروزه آلودگی ناشی از گسترش صنایع و ماشینی شدن عمده فعالیت‌های تولیدی جوامع صنعتی مسئله بسیار مهم آلودگی محیط زیست را طرح نموده است. این مسئله چنان پراهمیت و جدی است که در جوامع پیشرفته صنعتی مقررات بسیار سختی را برای آلوده کننده‌ها پیش بینی نموده اند. نتیجه این سخت گیری در دهه گذشته اثرات خود را نشان داده است. تکنولوژی تولید به سمت تولید همراه با پیامد خارجی منفی کمتر یا آلودگی کمتر در حال تغییر است و به همراه آن بخشی از صنایع قدیمی یا آلوده کننده کم اهمیت (از نظر فرایند تولید) به سمت جهان سوم در حرکت هستند. گازها، مواد زائد و پسماندها مشکلات غیر معمول یا بی اهمیت نیستند و برعکس آنها، یک جزء لاینفک هر نوع فعالیت اقتصادی بوده که با افزایش سطح فعالیت‌ها مقدار آنها نیز افزایش می‌یابد. کره زمین سیستم بسته‌ای از مواد است و جریان گردش این مواد طبق قوانین ترمودینامیک انجام می‌شود. بطوری که مقدار مواد زائد، پسماندها و ضایعات صنعتی در مجموع باید با کل مقدار مواد خام، مواد سوختی، مواد غذایی ورودی به اقتصاد برابر باشد. آلودگی در اقتصاد رو به رشد، یک پدیده فراگیر است.

البته اینکه تا چه حد انتشار این مواد زائد و پسماندها باعث آسیب و زیان گردد بستگی به ظرفیت جذب مواد واسطه زیست محیطی دارد. بخشی از جریان آلودگی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی، به سرعت جذب شده و توسط مواد واسطه محیط زیست به مواد غیرزیانبار تبدیل می‌شود. باقیمانده جریان آلودگی که یا توسط محیط زیست و یا توسط مواد واسطه (آب، خاک، هوا، و سایر زیرسیستم‌های آبی و حیاتی) جذب نشده‌اند، می‌تواند به طور مستقیم و آبی موجب خسارت شود. همچنین ممکن است با انباشت مقدار زیاد مواد آلوده کننده، خسارت‌های دیگری نیز در آینده به وجود آید.

با توجه به دو فرضیه فوق می‌توان دریافت که اولاً مزیت نسبی نقش تعیین کننده در افزایش یا کاهش آلودگی کشورها پس از آزادسازی تجاری دارد و ثانیاً این اثر می‌تواند بنابر دو فرضیه فوق متضاد باشد به طوری که پس از آزادسازی تجاری براساس یکی از آنها آلودگی افزایش و براساس دیگری آلودگی کاهش یابد. در این تحقیق به دنبال پاسخ به این سوال هستیم که کدامیک از این دو فرضیه صحیح است؟

## ۲. ادبیات نظری و پیشینه تحقیق

اگر چه مطالعات گسترده‌ای در خصوص تجارت و محیط زیست صورت گرفته، اما ادبیات موجود اجماع واحدی را در خصوص اثرات تجارت روی محیط زیست نشان نمی‌دهد. گراسمن و کراگر<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) آثار آزادسازی تجاری بر وضعیت محیط زیست را به سه اثر مقیاس، اثر ترکیبی و اثر تکنیکی تفکیک نمودند. به طوری که اثر مقیاس بیانگر تغییر اندازه (مقیاس) فعالیت‌های تولیدی، اثر ترکیبی بیانگر تغییر در ساختار یا ترکیب (سبد) کالاهای تولیدی و اثر تکنیکی بیانگر تغییر در فناوری تولید به ویژه تغییر به سمت فناوری پاک می‌باشد. بنابراین اثر مقیاس به دلیل افزایش سطح تولید، افزایش تخریب محیط زیست را به همراه دارد. اثر تکنیکی نیز به علت حرکت به سمت فناوری پاک و به طور کلی تغییر در فناوری تولید تمایل به کاهش تخریب محیط زیست را دارد. تأثیر اثر ترکیبی محیط زیست بستگی به نوع مزیت نسبی دارد. با توجه به این موضوع ممکن است اثر ترکیبی در برخی موارد آثار مثبت روی محیط زیست گذاشته و در مواردی آثار منفی بر جای گذارد. به طور کلی به دنبال آزادسازی تجاری اگر اثر تکنیکی بر اثر مقیاس و اثر ترکیبی (در کشوری با مزیت نسبی در صنایع آلاینده) غالب شود و یا اگر اثر تکنیکی همراه با اثر ترکیبی (در کشورهای با مزیت نسبی در صنایع پاک) بر اثر مقیاس غالب شود، در آن صورت آزادسازی تجاری منجر به نتایج محیط زیستی مثبت می‌گردد.

در کشور چین در مطالعه‌ای که توسط هی جی در سال ۲۰۰۶ صورت گرفته نشان داده شده که به دلیل جایگزینی عوامل تولید نیروی کار و سرمایه به جای انرژی، طی فرآیند آزادسازی تجاری در چین و الحاق آن به سازمان تجارت جهانی، اثرات مثبتی بر محیط زیست از طریق کاهش میزان انتشار دی اکسید سولفور ( $SO_2$ ) مشاهده شده است.

آبلر و بوسولو، اثرات آزادسازی تجاری را در کاستاریکا مورد بررسی قرار دادند. نخست آنها از هشت شاخص محیط زیستی شامل جنگل زدایی، آفت کش‌ها، صید بی‌رویه ماهی، مواد زائد خطرناک، زائدات ارگانیک، زائدات غیر ارگانیک، گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا استفاده نمودند. آنها بالحاظ تغییرات فناوری در مدل، نشان دادند که اثر آزادسازی تجاری بر شاخص‌های محیط زیستی به طور کل منفی است. در مطالعه‌ای دیگر توسط بن-یانگ، اثرات محیط زیستی درخواست عضویت تایوان در سازمان تجارت جهانی مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه نشان داده می‌شود که به دنبال آزادسازی تجاری در تایوان، انتشار  $CO_2$  در این کشور زیاد شده و ساختار تولید به سمت بخش‌های تولیدی

با لحاظ نمودن عوامل تولید، قیمت و سیاست مبارزه با آلودگی، توابع تولید به صورت زیر است:

$$x = x(p, \tau, K_x, L_x)$$

$$y = y(p, \tau, K_y, L_y)$$

حال با توجه به فرض مطرح شده اثر آزادسازی تجاری بر محیط زیست بررسی می‌شود. از مدل هزینه تجاری آیسبرگ<sup>۲</sup> استفاده نموده زیرا برای تجارت موانع زیادی از جمله تعرفه‌ها وجود دارد که موجب اختلاف تجاری بین کشورها می‌شود. با استفاده از این مدل اختلافات نادیده گرفته می‌شود تا از این طریق بتوان به بررسی دو نظریه مهم در رابطه با تجارت و محیط زیست پرداخته شود.

در مدل هزینه‌های تجاری آیسبرگ فرض می‌شود هنگامی که واردکننده می‌خواهد یک واحد از کالای  $x$  را از کشور خارجی دریافت کند با هزینه حمل  $(1 + \delta)$  مواجه است که  $\delta$  هزینه حمل و نقل می‌باشد. حساسیت تجاری با افزایش  $\delta$  بالا می‌رود. آیسبرگ، هزینه‌های تجاری را پلی بین قیمت‌های داخلی و خارجی یک کالا می‌داند. اگر قیمت جهانی کالای  $x$ ،  $P$  باشد در این صورت قیمت داخلی کالای  $x$  برای کشور واردکننده  $x$  برابر است با:

$$p_m^d = p(1 + \delta)$$

و برای کشور صادرکننده  $x$  برابر است با:

$$p_e^d = \frac{p}{1 + \delta}$$

اینکه قیمت داخلی ( $p^d$ ) بالاتر یا پایین تر از قیمت جهانی باشد بستگی به مزیت نسبی کشورها دارد. اثر آزادسازی تجاری بر محیط زیست بستگی به سیاست‌های محیط زیستی دارد. یک کشور واردکننده کالای آلوده را در نظر می‌گیریم، در ابتدا فرض می‌کنیم که قیمت داخلی بالاتر از قیمت جهانی است اما زمانی که موانع تجاری کاهش یابد، قیمت نسبی داخلی کالای  $x$  کاهش پیدا می‌کند که در نتیجه این آزادسازی تجاری و افزایش رشد سه اثر ساختاری، مقیاسی و تکنیکی به وجود می‌آید. قسمت بالای نمودار (۱) منحنی امکانات تولید و در قسمت پایین آلودگی اندازه گیری شده است که این آلودگی تابعی از میزان تولید کالای آلوده  $x$  است.

قبل از آزادسازی تجاری، تولیدکننده با قیمت  $q_0$  و در نقطه  $A$  قرار دارد. آزادسازی تجاری قیمت داخلی تولیدکننده کالای  $x$  را کاهش می‌دهد و تولیدکننده با قیمت  $q_1$  و در نقطه  $C$  قرار خواهد داشت (فرض شده بود که کشور مورد نظر واردکننده کالای  $x$  است). مطابق نمودار آلودگی از  $Z_0$  به  $Z_2$  کاهش می‌یابد. اگر مقدار تولید در سطح قیمت جهانی  $P$  اندازه گیری شود، روی خط  $AB$  که دارای شیب  $P$  است حرکت خواهد کرد. اثر ترکیبی از  $A$  به

با شدت کربن بالا تغییر می‌کند. کپلند و تیلور<sup>۲</sup> معتقدند که تأثیر قوانین و مقررات محیط زیستی در تعیین الگوی تجارت مبهم بوده و عوامل تولید تأثیر بسزایی در تعیین الگوی تجارت ایفا می‌کنند. پاره‌ای از مطالعات در مورد تجارت و محیط زیست بیان می‌دارد که مزیت‌های نسبی متأثر از قوانین و مقررات محیط زیستی می‌باشد.

سیبرت<sup>۳</sup> با توجه به نظریه هکشر - اوهلین ارتباط بین قوانین زیست‌محیطی و مزیت نسبی را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج مطالعه سیبرت نشان می‌دهد در کشورهایی که محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار است و هزینه‌های وضع شده بر روی کالاهای آلاینده جهت حفظ محیط زیست بالاتر بوده، این امر خود منجر به افزایش قیمت این کالاها و در نتیجه سبب کاهش مزیت نسبی کشور در تولید کالاهای مذکور نسبت به سایر کشورها می‌گردد.

برای بررسی ادبیات نظری این مسأله (تعامل تجارت و محیط زیست)، نیاز به یک چارچوب مدلی است. بنابراین ابتدا از مقاله کپلند و تیلور تحت عنوان تجارت، رشد و محیط زیست<sup>۴</sup> استفاده می‌کنیم و سپس مقالات دیگر را مورد توجه قرار می‌دهیم.

فروض مدل از این قرار است:

(۱) دو کالای  $x$  و  $y$  داریم که هر یک دارای تابع تولید با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس است. کالای  $x$  در طی فرایند تولید خود ایجاد آلودگی می‌کند. همچنین کالای  $y$  کالایی پاک است و هیچ آلودگی ندارد. تابع تولید  $y$  به صورت:

$$y = HF(K_y, L_y)$$

در صورتی که تولید  $x$  با آلودگی  $Z$  همراه باشد (هر واحد تولید کالای  $x$  یک واحد آلودگی به همراه دارد)، تابع تولید  $x$  به صورت:

$$x = z^\alpha [F(K_x, L_x)]^{1-\alpha}$$

$K$  (سرمایه) و  $L$  (نیروی کار) عوامل  $0 < \alpha < 1$

تولید هستند.

(۲) قوانین آلودگی توسط دولت وضع شده و بنگاه با یک قیمت  $T$  برای هر واحد صدور آلودگی<sup>۵</sup> مواجه است که  $T$  مالیات بر آلودگی می‌باشد. دولت سطح آلودگی  $Z$  را مشخص می‌کند و قیمت  $T$  در بازار تعیین می‌شود.

(۳) قیمت کالای  $x$  را با  $P$  نشان دهیم.

(۴) با یک اقتصاد باز کوچک مواجه هستیم.

(۵) کالای  $x$  یک کالای سرمایه بر بوده، یعنی افزایش عرضه سرمایه باعث افزایش کالای  $x$  و کاهش کالای  $y$  می‌شود. کالای  $y$  نیز یک کالای کاربر است.

همانگونه که اشاره شد، اثر ترکیبی در مشخص نمودن اثر آزادسازی تجاری روی محیط زیست مهم بوده و علامت اثر ترکیبی در نهایت توسط مزیت نسبی یک کشور مشخص می‌شود. در صورتی که یک کشور در تولید صنایع تمیز دارای مزیت نسبی باشد، با تجارت صنایع تمیزتر گسترش و بالطبع آلودگی هوا کاهش می‌یابد. همچنین اگر یک کشور در تولید صنایع آلوده مزیت نسبی داشته باشد با آزادسازی تجاری صنایع آلوده کننده گسترش و آلودگی افزایش می‌یابد.

توجه به مطالب اخیر مشخص می‌کند که اثر ترکیبی نقش مهم و اساسی در تعیین اثرات آزادسازی تجاری بر محیط زیست دارد و خود این اثر وابسته به مزیت نسبی یک کشور است. از اینرو برای بررسی اثر آزادسازی تجاری بر محیط زیست ابتدا باید مزیت نسبی آن کشور مشخص گردد. در ارتباط با دخالت مزیت نسبی در تأثیر تجارت بر محیط زیست دو نظریه مطرح می‌شود. به عبارت دیگر برای تعیین مزیت نسبی دو نظریه مهم وجود دارد:

#### (۱) فرضیه لنگرگاه آلودگی<sup>۷</sup>

این نظریه بیان می‌دارد کشورهایی که با سیاست محیط زیستی نسبتاً ضعیف مواجه هستند در تولید صنایع آلوده مزیت داشته، همچنین در این کشورها سطح درآمد سرانه پایین است. در این نظریه سیاست‌های محیط زیستی برای مشخص نمودن مزیت نسبی بسیار با اهمیت می‌باشد.

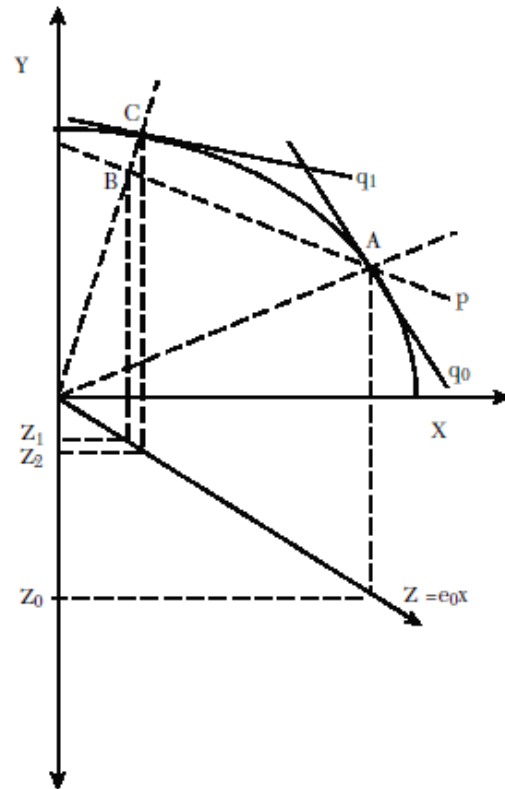
#### (۲) فرضیه دارایی عوامل<sup>۸</sup>

این نظریه بیان می‌کند که سیاست‌های محیط زیستی اثر بسیار جزئی روی الگوی تجاری دارد (یا اصلاً اثری ندارد). در عوض عواملی نظیر تفاوت در عوامل تولید تعیین کننده اصلی مزیت نسبی است. به طور مثال تحت این نظریه کشورهای با سرمایه فراوان صرف نظر از تفاوت‌های موجود در سیاست‌های محیط زیستی کشورها تمایل به صدور کالاهای سرمایه‌ای دارند.

### ۳. مدل تجربی و داده‌ها

آثار آزادسازی تجاری بر محیط زیست به سه اثر مقیاس، ترکیبی و تکنیکی تقسیم می‌شود که اولین بار بوسیله گراسمن و کراگر صورت گرفت ولی بوسیله آنت ویلر، کوپلند و تیلور به صورت فرمول ارائه شد که به مدل ACT مشهور است<sup>۹</sup>. در این مقاله از مدل ACT استفاده شده است. با این تفاوت که برخی از متغیرها به دلیل کم اهمیت بودن آنها از مدل حذف و برخی اضافه شده است. همچنین

$B$  باعث کاهش آلودگی از  $Z_0$  به  $Z_1$  می‌شود و اثر مقیاس از  $B$  به  $C$  باعث افزایش آلودگی از  $Z_1$  به  $Z_2$  می‌شود (در این مثال فرض شده که اثر تکنیکی وجود ندارد).



نمودار (۱)

علت مثبت بودن اثر مقیاس این است که با آزادسازی تجاری، کارایی تولید افزایش می‌یابد و این امر منجر به افزایش محصول در مقیاس وسیع تر می‌شود. از اینرو با تولید بیشتر کالای  $X$  و همچنین استفاده بیشتر از منابع طبیعی آلودگی بیشتر می‌شود. اثر ترکیبی منفی است زیرا با آزادسازی تجاری ساختار صنعتی به سمت مزیت‌های نسبی حرکت می‌کند. در مدل معرفی شده فرض شده بود که دو کالای  $X$  و  $Y$  وجود دارد که فقط کالای  $X$  آلوده کننده است.

اثر ترکیبی همیشه غالب بر اثر مقیاس است پس اگر یک اقتصاد در تولید کالای تمیز دارای مزیت نسبی باشد، تجارت بر محیط زیست تأثیر مطلوب می‌گذارد. این در حالی است که اگر یک کشور صادرکننده کالای آلوده باشد که در تولید آن مزیت نسبی دارد، در اثر آزادسازی تجاری، قیمت داخلی ( $p^d$ ) افزایش یافته و تولیدکنندگان بر روی منحنی امکانات تولید حرکت نموده و به سمت کالای آلوده می‌روند. از اینرو هر دو اثر مقیاس و ترکیبی یکدیگر را تقویت و باعث تشدید آلودگی می‌شوند.

درآمد نسبی را نشان می‌دهد. مربع شاخص مورد نظر در معادله برآوردی ارائه شده است.

با توجه به معادله فوق و کمی تغییرات در آن می‌توان معادله زیر را در نظر گرفت که نتایج بهتری را نسبت به معادله ACT ارائه می‌دهد:

$$Z_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 NI_{it} + \beta_3 NI_{it}^2 + \beta_4 KL_{it} + \beta_5 KL_{it}^2 + \beta_6 Lib_{it} + \beta_7 NI_{it} \cdot Lib_{it} + \beta_8 NI_{it}^2 \cdot Lib_{it} + \beta_9 KL_{it} \cdot Lib_{it} + \beta_{10} KL_{it}^2 \cdot Lib_{it}$$

پارامترها و متغیرهای موجود در مدل به صورت زیر تعریف می‌شوند:<sup>۱۰</sup>

i کشور و t زمان می‌باشد.

$Z_{it}$ : انتشار آلودگی می‌باشد که در این مطالعه از اطلاعات  $CO_2$  انتشار یافته در کشورها به عنوان آلودگی استفاده شده است.

GDP: تولید ناخالص داخلی (دلار): معیار مقیاس کلی فعالیت اقتصادی است که برای کل کشور در زمان t سنجیده می‌شود (بیانگر اثر مقیاس).

NI: درآمد سرانه به روش برابری قدرت خرید بوده که بیانگر اثر تکنیکی می‌باشد. با لحاظ نمودن هر دو سطح و مربع درآمد سرانه در رگرسیون مورد نظر اجازه داده که اثر تکنیکی یک تأثیر نهایی نزولی داشته باشد.

KL: فراوانی سرمایه حاصل شده از ذخیره سرمایه فیزیکی به ازای هر کارگر می‌باشد. اثر ترکیبی در فراوانی سرمایه با نسبت سرمایه به نیروی کار مشخص می‌شود. در برآورد مورد نظر هر دو نسبت سرمایه به نیروی کار کشور و مربعشان لحاظ می‌گردد. به این ترتیب به اثر ترکیبی اجازه داده می‌شود یک تأثیر نهایی نیز داشته باشد.

Lib: معیار آزادسازی تجاری بوده که با توجه به نسبت مجموع صادرات و واردات به GDP حاصل می‌شود.

NI · Lib: اثرات متقابل آزادی تجاری و درآمد سرانه را نشان می‌دهد.

KL · Lib: اثرات متقابل آزادی تجاری و نسبت سرمایه به نیروی کار را نشان می‌دهد.

مربعات دو شاخص اخیر نیز وارد شده است تا اعتبار فرضیه لنگرگاه آلودگی و فرضیه دارایی عوامل مورد بررسی قرار گیرد. به بیان دیگر از طریق لحاظ نمودن  $NI \cdot Lib$  و  $NI^2 \cdot Lib$  این موضوع بررسی می‌شود که آزادسازی تجاری برای کشورهای با درآمد بالا چه اثری بر روی آلودگی خواهد داشت. مطابق فرضیه لنگرگاه آلودگی، کشورهای با درآمد بالا چون از قوانین و مقررات زیست‌محیطی قوی تری برخوردار بوده، مقدار آلودگی در آن کشورها در اثر آزادسازی تجاری کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که از طریق لحاظ

تعداد بیشتری از کشورها جهت تخمین ضرایب معادله استفاده شده است. به این ترتیب نتایج بهتری حاصل می‌شود. مدل ACT به صورت زیر ارائه شده است:

نظریه مورد نظر با استفاده از اطلاعات دی اکسید سولفور مورد بررسی قرار می‌گیرد. اطلاعات مورد نظر ۲۶۲۱ مشاهده از ۲۹۳ مکان واقع در ۱۰۹ شهری که متعلق به ۴۴ کشور است را پوشش می‌دهد. دوره مورد بررسی ۱۹۹۶-۱۹۷۰ می‌باشد.

$$z_{ijkt} = \beta_0 \hat{G} + \beta_1 GDP_{jkt} \hat{G} + \beta_2 KL_{kt} \hat{G} + \beta_3 (KL_{kt})^2 \hat{G} + \beta_4 I_{kt} \hat{G} + \beta_5 (I_{kt})^2 \hat{G} + \beta_6 R_{ijk} \hat{G} + \beta_7 B_{ijk} \hat{G} + \beta_8 M_{jkt}^T \hat{G} + \beta_9 M_{jkt}^P \hat{G} + \beta_{10} O_{kt} RKL_{kt} \hat{G} + \beta_{11} O_{kt} (RKL_{kt})^2 \hat{G} + \beta_{12} O_{kt} (RKL_{kt})^2 \hat{G} + \beta_{13} O_{kt} RI_{kt} \hat{G} + \beta_{14} O_{kt} (RI_{kt})^2 \hat{G} + \beta_{15} ijkt$$

i مکان، j کشور، k شهر و t زمان می‌باشند. GDP: معیار تقریبی از فعالیت اقتصادی یک شهر نسبت به اندازه‌اش می‌باشد که از حاصل ضرب تولید ناخالص داخلی سرانه کشور در تراکم جمعیت شهر حاصل می‌شود. با این معیار مقیاس فعالیت در هر مکان اندازه‌گیری می‌شود. این معیار با در نظر گرفتن یک معیار شدتی از فعالیت اقتصاد در هر واحد مشخص می‌شود. KL: فراوانی سرمایه حاصل شده از ذخیره سرمایه فیزیکی به ازای هر کارگر می‌باشد. اثر ترکیبی در فراوانی سرمایه با نسبت سرمایه به نیروی کار مشخص می‌شود. به طور صریح فرض می‌شود که این نسبت برای همه شهرهای یک کشور یکسان است. در برآورد هر دو نسبت سرمایه به نیروی کار کشور و مربعشان وارد می‌شود. شکل غیر خطی در نظر گرفته شده برای آن است که نظریه بازدهی نهایی نزولی انباشت سرمایه را ارائه می‌نماید. I: متغیر متوسط سه ساله تولید ناخالص داخلی سرانه با وقفه است.

R متغیر مجازی نشان‌دهنده مکان در موقعیت روستایی، B متغیر مجازی نشان‌دهنده مکان در موقعیت شهری،  $M_{jkt}^T$  متوسط دما،  $M_{jkt}^P$  نوسان بارندگی،  $O_{kt}$  نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی (معیار آزادسازی تجاری)، در  $O_{kt} RKL_{kt}$  که  $RKL_{kt}$  فراوانی نسبی سرمایه (نسبت سرمایه به نیروی کار هر کشور) تقسیم بر متوسط جهانی آن برای یک سال مشخص می‌باشد.

شاخص  $O_{kt} RKL_{kt}$  اثرات متقابل آزادسازی تجاری و نسبت سرمایه به نیروی کار نسبی می‌باشد. مربع این شاخص نیز در معادله برآوردی لحاظ شده است.  $O_{kt} RI_{kt}$  که  $RI_{kt}$  درآمد نسبی بوده که به صورت متغیر I تقسیم بر متوسط جهانی آن برای یک سال مشخص بیان می‌شود. از اینرو شاخص  $O_{kt} RI_{kt}$  اثرات متقابل آزادسازی تجاری و

داده‌های تابلویی در شرایط اثرات ثابت صورت گرفته است. برای این منظور از آزمون هاسمن استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد در جدول زیر ارائه شده است:

نتایج برآورد به شرح زیر است:

با توجه به اینکه از لگاریتم داده‌ها استفاده شده است ضرایب حاصل مقدار درصد تغییرات را نشان می‌دهد که برای ما فقط علامت آن قابل توجه است.

GDP-۱ که بیانگر اثر مقیاس می‌باشد از ضریب مثبت معنی دار برخوردار می‌باشد. توجیه افزایش آلودگی در اثر افزایش GDP که همان اثر مقیاس نامیده می‌شود آن است که تجارت آزاد باعث توسعه و افزایش فعالیت‌های اقتصادی گشته که در نتیجه مواد و انرژی بیشتری از طریق نظام اقتصادی جذب می‌شود. به عبارت دیگر علت مثبت بودن اثر مقیاس آن است که با آزادسازی تجاری، کارایی تولید افزایش یافته و این امر منجر به افزایش محصول در مقیاس وسیع تر می‌شود. از اینرو با تولیدات بیشتر کالاها و همچنین استفاده بیشتر از منابع طبیعی آلودگی بیشتر می‌شود.

NI-۲ که درآمد سرانه بوده و بیانگر اثر تکنیکی می‌باشد، به همراه مربع آن در مدل مورد نظر لحاظ شده است. ضرایب مربوطه به ترتیب مثبت و منفی (معنی دار آماری)

دو متغیر مورد نظر مطابق با فرضیه لنگرگاه آلودگی تنها تفاوت کشورها از حیث درآمد سرانه در نظر گرفته می‌شود. به طریق مشابه  $KL \cdot Lib$  و  $KL^2 \cdot Li$  تأثیر آزادسازی تجاری را بر کشورهای دارای  $K/L$  یا سرمایه سرانه ( $k$ ) متفاوت مورد بررسی قرار می‌دهد تا صحت اعتبار فرضیه دارایی عوامل مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به ضرایب حاصل از تخمین معادله فوق به راحتی می‌توان دو فرضیه لنگرگاه آلودگی و دارایی عوامل را آزمون کرد. در رابطه فوق نسبت به رابطه ACT اولاً از تعداد بیشتری داده جهت تخمین ضرایب استفاده شده است به طوری که داده‌های ۷۷ کشور مورد استفاده قرار گرفته است. ثانیاً متغیر دما، بارندگی و مکان شهری و روستایی از رابطه حذف شده اند. به نظر می‌رسد حذف این متغیرهای مجازی تأثیر چندانی در نتایج ایجاد نمی‌کند در مقابل به جای این متغیرها از متغیر آزادسازی جهت توضیح تغییرات آلودگی در کشورهای مختلف استفاده می‌کنیم. ضریب این متغیر می‌تواند برآیند اثرات مقیاس، تکنیکی و ترکیبی را نشان دهد و یک اثر کلی از آزادسازی تجاری در ۷۷ کشور دنیا بر آلودگی مشاهده شود.

#### ۴. نتایج برآورد

جهت تخمین مدل پس از انجام آزمون‌های لازم برای فروض کلاسیک از لگاریتم داده‌ها استفاده می‌شود تا داده‌های نرمال داشته باشیم. تخمین مدل با استفاده از

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.53090	4.349312	3.570886	0.0004
LGDP	0.062511	0.033120	1.887390	0.0594
LNI	0.369321	0.180042	2.051302	0.0405
LNI*LNI	-0.016615	0.008957	-1.855001	0.0639
LKL	-4.114392	1.854460	-2.218647	0.0267
LKL*LKL	0.479909	0.201064	2.386847	0.0172
LLIB	-0.504621	0.256176	-1.969822	0.0491
LKL*LLIB	0.264333	0.111684	2.366796	0.0181
LKL*LKL*LLIB	-0.030809	0.012096	-2.547008	0.0110
(AR (1	0.859787	0.017827	48.22923	0.0000
Effects Specification				
(Cross-section fixed (dummy variables				
R-squared	0.997947		Mean dependent var	11.19443
Adjusted R-squared	0.997774		S.D. dependent var	1.911321
S.E. of regression	0.090176		Akaike info criterion	-1.898896
Sum squared resid	7.830776		Schwarz criterion	-1.510336
Log likelihood	1074.173		Hannan-Quinn criter.	-1.751532
F-statistic	5778.455		Durbin-Watson stat	2.180343
(Prob (F-statistic	0.000000			
Inverted AR Roots		86.		

می‌شود که مصرف‌کننده اهمیت کالای زیست محیطی را در سبد مصرف خویش افزایش دهد.

ج- صادرات آلودگی: یک علت دیگر شیب نزولی EKC تمایل کشورهای ثروتمند به صدور تکنولوژی‌های آلوده‌کننده به کشورهای دارای استانداردهای پایین‌تر زیست محیطی است. این انتقال می‌تواند از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم یا از طریق تجارت صورت گیرد و این در حالی است که کشورهای فقیر توانایی چنین کاری را ندارند.

د- قوانین و مقررات: قوانین و مقرراتی که از طرف دولتها وضع می‌شود نیز معمولاً بدین صورت است که تا حد معینی، آلودگی را مجاز می‌داند. به هنگام افزایش درآمد به این حد مجاز آلودگی سریع‌تر می‌رسد بنابراین قوانین و مقررات و استانداردهای وضع شده باعث می‌گردد که آلودگی نتواند از یک حد مجاز تجاوز نماید.

۳- KL که فراوانی سرمایه حاصل شده از ذخیره سرمایه فیزیکی به ازای هر کارگر ( $K/L$ ) می‌باشد، بیانگر اثر ترکیبی یا ساختاری می‌باشد و به همراه مربعش در مدل مورد نظر لحاظ شده است. این ضرایب به ترتیب منفی و مثبت (معنی دار آماری) می‌باشد.

ارتباط میان  $K/L$  و انتشار  $CO_2$  به صورت منحنی U شکل می‌باشد. این ارتباط حاوی این مطلب است که رابطه انتشار  $CO_2$  و  $K/L$  در دو قسمت خلاصه می‌شود. در قسمت اول، کشورها به دلیل ناکافی بودن  $k$  (سرمایه سرانه) هنوز به قدرت لازم در زمینه‌ی تولید کالاهای صنعتی، آن چنان دست نیافته و به بیان دیگر از مزیت نسبی لازم در تولید کالاهای صنعتی برخوردار نیستند. از اینرو آنها بیشتر وارد کننده کالاهای صنعتی بوده و با آزادسازی تجاری، آلودگی ناشی از انتشار  $CO_2$  در آنها کاهش می‌یابد.

از سوی دیگر با دستیابی به  $k$  (سرمایه سرانه) قابل قبول، آنها در زمینه تولید کالاهای صنعتی مزیت نسبی یافته و افزایش  $k$  طبیعتاً آلودگی آنها را در پی آزادسازی تجاری افزایش می‌دهد.

به صورت دیگری این مطلب را می‌توان مطرح نمود. تجدید ساختار بین بخش صنعت و کشاورزی در این زمینه تعیین کننده می‌باشد. با رسیدن به  $k^*$  قابل قبول ساختار کشور به سمت تولیدات صنعتی رفته و آلودگی ناشی از انتشار  $CO_2$  افزایش می‌یابد.

۴- با توجه به نتایج برآورد برای ضریب  $Lib$  نشان می‌دهد تاثیر آزادسازی تجاری بر آلودگی منفی می‌باشد و با افزایش آزادسازی تجاری، آلودگی کاهش می‌یابد.

کاهش آلودگی ناشی از انتشار  $CO_2$  در اثر آزادسازی تجاری در همه کشورها، بیانگر آن است که برآیند سه اثر

بوده که این امر دلالت بر تأیید منحنی کوزنتس می‌باشد. به بیان دیگر ارتباط میان درآمد سرانه و آلودگی به صورت U معکوس شکل می‌باشد. این ارتباط در دو قسمت تعریف می‌شود. در قسمت اول، قبل از رسیدن به درآمد سرانه مشخص با افزایش درآمد سرانه، آلودگی افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد.

ارتباط بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست اعم از مثبت یا منفی در طول مسیر رشد یک کشور با ثبات نمی‌باشد به طوری که این ارتباط در طول زمان با رسیدن درآمد به یک حد معین معکوس می‌گردد که این همان بحث مربوط به منحنی زیستی کوزنتس یا EKC می‌باشد. در توجیه این مطلب می‌توان گفت: به هنگام افزایش درآمد به دلیل اینکه افراد مصرف خویش از کالاها و خدمات را افزایش می‌دهند، برای پاسخگویی به این افزایش تقاضا می‌بایست از منابع بیشتری استفاده کنند و میزان استخراج را افزایش می‌دهند. همچنین اگر محیط زیست را یک نهاده تولید قلمداد کنیم برای تولید بیشتر احتیاج به کالاهای زیست محیطی بیشتری خواهیم داشت و لذا روشن است که به هنگام افزایش درآمد آلودگی محیط زیست افزایش می‌یابد. در توجیه اینکه چرا EKC دارای نقطه بازگشت است و از نقطه‌ای به بعد، افزایش درآمد موجب کاهش آلودگی محیط زیست می‌گردد می‌توان به دلایل زیر اشاره نمود:

الف- بهبود تکنولوژی: این بهبود به دو صورت می‌تواند در کاهش آلودگی موثر باشد. اول اینکه با بهبود تکنولوژی و استفاده از فناوری‌های جدید، توابع تولید احتیاج کمتری به کالای زیست محیطی خواهند داشت و یا اینکه به عنوان کالای مکمل تولید، میزان کمتری آلودگی تولید خواهد شد. به عبارت دیگر تولید کالاها با آلودگی کمتر محیط زیست همراه می‌شود. دوم اینکه بهبود تکنولوژی می‌تواند در صنایع کاهش آلودگی نیز رخ دهد و باعث گردد که این صنایع به نحو کارا تر و با هزینه‌های کمتر دفع آلودگی صورت گیرد. از سوی دیگر می‌دانیم که دستیابی به تکنولوژی‌های جدید معمولاً در گرو تحقیق و توسعه (R&D) می‌باشد که تنها کشورهایی از عهده آن برمی‌آیند که دارای سطوح بالای درآمدی باشند.

ب- تابع مطلوبیت: به هنگام افزایش درآمد، افزایش مصرف صورت می‌گیرد. حال اگر با یک تابع مصرف با مطلوبیت نهایی کاهنده مواجه باشد با افزایش مصرف میل نهایی به مصرف سریعاً کاهش یافته و هزینه نهایی آلودگی برای مصرف کننده به سرعت افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث

## منابع و مآخذ

- Antweiler, Werner; Brian R. Copeland and M. Scott Taylor. 2001. "Is Free Trade Good for the Environment?" *Amer. Econ. Rev.* 91:4, pp. 877-908.
- Antweiler, W., "International trade and the environment: An empirical study," mimeo, UBC, 1995.
- Beckerman, W., *Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?* *World Development* 20, 481-496, (1992).
- Copeland, B.R. and M.S. Taylor, "North-South Trade and the Environment," *Quarterly Journal of Economics*, 109 (1994): 755-87.
- Copeland, Brian R. and M.S. Taylor. 2004. "Trade, Growth and the Environment", *Journal of Economic Literature* Vol. XLII (March 2004) pp. 7-71
- Grossman, Gene M. and Alan B. Krueger. 1993. "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," in *The U.S.-Mexico Free Trade Agreement*. Peter M. Garber, ed. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 13-56.
- Grossman, Gene M, and Alan B. Krueger. "Economic Growth and the Environment," *Quarterly Journal of Economics*, (1995): 353-377.

## یادداشت‌ها

- <sup>1</sup> Grossman, Gene M. and Alan B. Krueger. 1993. "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," in *The U.S.-Mexico Free Trade Agreement*. Peter M. Garber, ed. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 13-56.
- <sup>2</sup> Copeland, Brian R. and M.S. Taylor. 1994. "North-South Trade and the Environment," *Quart. J. Econ.* 109:3, pp. 755-87.
- <sup>3</sup> Siebert, Horst; J. Eichberger, R. Gronych and Rudiger Pethig. 1980. *Trade and the Environment: A Theoretical Enquiry*. Amsterdam: Elsevier North-Holland.
- <sup>4</sup> Copeland, Brian. And M.S. Taylor. 2004. "Trade, Growth and the Environment," *Journal of Economic Literature* Vol. XLII (March 2004) pp. 7-71
- <sup>5</sup> emission
- <sup>6</sup> این روش قبلاً در ادبیات تجارت استفاده شده است برای مثال می توان به افرادی همچون پل سامولسون (۱۹۵۴) و رودیگر دورنیوش، استانی فیشر و پل سامولسون (۱۹۷۷) اشاره کرد.
- <sup>7</sup> Pollution haven hypothesis
- <sup>8</sup> Factor endowment hypothesis
- <sup>9</sup> Antweiler, Werner; Brian R. Copeland and M. Scott Taylor. 2001. "Is Free Trade Good for the Environment?" *Amer. Econ. Rev.* 91:4, pp. 877-908.

<sup>10</sup> تمامی اطلاعات از سایت بانک جهانی گرفته شده است

مقیاس، تکنیکی و ترکیبی مطرح شده با آزادسازی تجاری آلودگی این کشورها را کاهش می‌دهد. اثر مقیاس که همواره مثبت می‌باشد. اثر تکنیکی منفی است. افزایش درآمد سرانه تقاضا برای کیفیت محیط زیست را افزایش داده از اینرو تغییر در فناوری تولید به ویژه تغییر به سمت فناوری پاک صورت می‌گیرد. این اثر به دلیل حرکت به سمت فناوری پاک و به طور کلی تغییر در فناوری تولید تمایل به کاهش تخریب محیط زیست دارد. اثر ترکیبی نیز ممکن است برای برخی از آن‌ها منفی و برای برخی دیگر مثبت باشد. مطابق شکل به دست آمده در مورد ارتباط  $K/L$  و آلودگی ناشی از  $CO_2$  کشورهای دارای سرمایه سرانه کم، آلودگیشان کاهش و کشورهای دارای سرمایه سرانه بالا آلودگیشان افزایش می‌یابد. از اینرو اثر ترکیبی ممکن است برای برخی از کشورها منفی و برای برخی دیگر مثبت باشد. به هر حال برآیند سه اثر فوق منفی بوده که این امر مطابق انتظار است. ۵- *KL.Lib* که حاصل ضرب سرمایه سرانه و آزادسازی تجاری بوده (اثرات متقابل آزادسازی تجاری و سرمایه سرانه) خود به همراه مربعش در مدل لحاظ شده است. از این طریق فرضیه دارایی عوامل برای کشورها مورد بررسی قرار گیرد. این فرضیه تنها تفاوت دو کشوری که به تجارت پرداخته را در عامل فراوانی سرمایه در نظر گرفته و بیان می‌دارد کشور دارای سرمایه بالاتر از آلودگی بیشتری برخوردار است. ضریب *KL.Lib* و مربع آن به ترتیب مثبت و منفی می‌باشد که هر دو معنی‌دار هستند. در اینجا نشان داده می‌شود که ابتدا با افزایش سرمایه سرانه و آزادسازی تجاری آلودگی در کشورها افزایش می‌یابد ولی با افزایش بیشتر سرمایه و آزادسازی تجاری آلودگی پس از مدتی کاهش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که فرضیه دارایی عوامل تایید نمی‌شود.

## ۵. نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که فرضیه لنگرگاه آلودگی و فرضیه دارایی عوامل پذیرفته نمی‌شود. در برآورد مدل نشان داده می‌شود که اثر مقیاس مثبت، اثر تکنیکی منفی و اثر ترکیبی منفی است به این ترتیب برآیند این سه اثر بر آلودگی منفی می‌باشد که بوسیله ضریب معنی‌دار آزادسازی تجاری نشان داده شده است بطوریکه با آزادسازی تجاری آلودگی کاهش می‌یابد. بنابراین فرضیه لنگرگاه آلودگی را نمی‌توان پذیرفت. در اینجا نشان داده می‌شود که آلودگی در کشورهای مختلف به شدت تحت تاثیر اثر تکنیکی است که هر لحظه با افزایش آزادسازی تجاری شاهد کاهش آلودگی هستیم.