

## تأثیر عوامل اقتصادی منتخب موثر بر آلودگی آب‌های زیرزمینی در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه

حامد بی‌آبی<sup>۱</sup> - حسین محمدی<sup>۲\*</sup> - لیلی ابوالحسنی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۵

### چکیده

نقش عوامل اقتصادی روی آلودگی و تخریب محیط زیست یکی از موضوعات مهم در پژوهش‌های اقتصادی و زیست محیطی است که محققان زیادی در این خصوص به مطالعه و تحقیق پرداخته‌اند. یکی از موضوعاتی که در عرصه محیط زیست توجه کم‌تری به آن شده، تاثیر عوامل اقتصادی از جمله بازبودن اقتصاد روی آلودگی منابع آب است. در پژوهش حاضر، با استفاده از روش داده‌های تابلویی، ارتباط بین شاخص باز بودن اقتصاد و آلودگی آب‌های زیرزمینی در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بررسی شده است. برای این منظور، با استفاده از داده‌های شاخص تقاضای بیولوژیکی اکسیژن (BOD)، به عنوان شاخص آلودگی منابع آب زیرزمینی، نسبت مجموع صادرات و واردات تقسیم بر تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخص باز بودن اقتصاد و تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخص حجم اقتصاد در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس و پناهگاه آلودگی مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج نشان داد که ارتباط بین تولید سرانه و آلودگی منابع آب در کشورهای توسعه یافته به شکل U و در کشورهای در حال توسعه به شکل U معکوس است و بنابراین فرضیه زیست محیطی کوزنتس در گروه کشورهای در حال توسعه تایید شده است. همچنین با افزایش شاخص باز بودن اقتصاد، آلودگی منابع آب در گروه کشورهای توسعه یافته تأثیری نخواهد پذیرفت در حالی که در گروه کشورهای در حال توسعه، آلودگی منابع آب افزایش خواهد یافت. از این رو فرضیه پناهگاه آلودگی نیز در کشورهای در حال توسعه مورد تایید قرار گرفته است.

**واژه‌های کلیدی:** تولید سرانه، باز بودن اقتصاد، آلودگی آب، فرضیه پناهگاه آلودگی، منحنی زیست محیطی کوزنتس

### مقدمه

آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صوتی نتیجه ارتباط نادرست انسان و محیط پیرامونش بوده است. آثار این بی‌نظمی غیرطبیعی در عصر انقلاب صنعتی یعنی قرن هجدهم میلادی در انگلستان بیش از پیش نمود یافت (۶). اما شاید مهم‌ترین عامل انقلاب صنعتی داد و ستد با خارجیان بوده که افق دید افراد را نسبت به جهان گسترش داده است. طبیعت گرایان<sup>۵</sup> در ابتدای قرن ۱۸ و در ادامه کلاسیک‌ها و نئوکلاسیک‌ها، هر کدام به طریقی نظریات مربوط به ارتباط بین تجارت و رشد را بیان کردند. اما در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، تئوری‌های رشد و همچنین شاخص‌های توسعه یافتگی از یک طرف به دلیل نادیده گرفتن چگونگی توزیع درآمد و از طرف دیگر به دلیل عدم توجه به آثار زیست محیطی ناشی از رشد، به شدت مورد انتقاد قرار گرفت. پس از آن یک دیدگاه کاملاً خوشبینانه به این صورت مطرح شد که رشد اقتصادی همواره موجب بهبود کیفیت محیط

امروزه اهمیت مسأله محیط زیست بر همگان آشکار شده است. محیط زیست طبیعی شامل آب، هوا، خاک، اکوسیستم، جنگل‌ها، آبشارها و گونه‌های مختلف جانوری است که از گذشته‌های دور همزیستی مسالمت‌آمیزی را داشته‌اند. قاعده انباشت طلایی<sup>۴</sup> بیان می‌کند، مسیر رشد متوازن مسیری است که طی آن هر نسل برای نسل‌های آینده، آن بخش از درآمد را پس انداز می‌کند که نسل‌های گذشته برای او پس انداز کرده‌اند. اما انسان این قاعده را در رابطه با محیط زیست به فراموشی سپرده است و این فراموشی بزرگ به قیمت از بین رفتن آن نظم بی‌نظیر طبیعت تمام شده است. آلودگی هوا،

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
\* - نویسنده مسئول (Email: Hoseinmohammadi@um.ac.ir)

زیست و تاثیر آن بر کیفیت زندگی در مالزی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که منحنی زیست محیطی کوزنتس در این کشور برای متغیرهای مورد بررسی صادق است. چن چیانگلی و همکاران (۸)، در تحقیقی که در زمینه آلودگی آب انجام دادند، به بررسی منحنی زیست محیطی کوزنتس پرداختند. نتایج تجربی نشان داد که رابطه U معکوس در آمریکا و اروپا مشاهده شده ولی در آسیا و آفریقا، این رابطه تایید نشد. بهبودی (۴)، در بررسی که در زمینه محیط زیست و رشد اقتصادی پایدار انجام داد نتیجه گرفت که با وجود تاثیر مثبت محیط زیست بر رشد تولید ناخالص داخلی<sup>۴</sup>، آلودگی زیست محیطی در فرایند رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. اسکویی (۱۳)، در بررسی که در زمینه آثار آزادسازی تجاری بر انتشار دی‌اکسید کربن در قالب منحنی زیست محیطی کوزنتس انجام داد به این نتیجه رسید که افزایش درآمد سرانه در کشورهای با درآمد سرانه بالا، منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده و در کشورهای با درآمد سرانه پایین منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>)، می‌شود. نصراللهی (۱۲)، در بررسی که در رابطه با آلودگی هوا و رشد اقتصادی در سطح ۲۸ استان کشور انجام داد یک رابطه N شکل برای مونوکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن و رابطه‌ای U شکل برای دی‌اکسید گوگرد مشاهده کرد. مدنی (۹)، به بررسی تاثیرات باز بودن تجارت از طریق سه اثر مقیاس، ترکیب و تکنیک روی آلودگی محیط زیست پرداخته و برآیند آثار سه گانه مذکور مبین این نکته است که آزادسازی تجاری نمی‌تواند عامل توضیح دهنده آلودگی زیست محیطی در ایران باشد. محمدی و حیدرزاده (۱۱) به 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 پرداختند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که آلودگی محیط زیست و به طور خاص انتشار CO<sub>2</sub> 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. عاقلی و همکاران (۱)، به بررسی اثر باز بودن اقتصاد بر تخریب زیست محیطی در ایران پرداخته و نتایج بدست آمده حاکی از رابطه ای مثبت بین درجه بازبودن اقتصاد و تخریب زیست محیطی در کوتاه مدت و بلند مدت و رابطه مثبت بین انتشار دی‌اکسیدکربن و تخریب زیست محیطی بود. نتایج مدل اثرگذاری بازبودن اقتصاد بر تخریب محیط زیست سرانه طی دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۵۳ نشان داد که افزایش درجه بازبودن و آزادسازی تجاری، تخریب محیط زیست سرانه را در همان دوره ۰/۶۵ درصد افزایش داد.

در سال‌های اخیر مساله محیط زیست به موضوعی بسیار مهم و حیاتی تبدیل شده است و محققان محیط زیستی و اقتصادی در این

زیست شده، بنابراین رشد بالاتر به معنای داشتن محیط زیستی سالم‌تر است. دیدگاه دوم، دیدگاهی کاملاً بدبینانه است که بیان می‌کند رشد اقتصادی بالاتر به معنای از دست دادن محیط زیست سالم تر است (۶). دیدگاه سوم بر مبنای منحنی کوزنتس و شکل هندسی خاص آن به صورت U معکوس برای اولین بار توسط سیمون کوزنتس<sup>۱</sup>، در زمینه توزیع درآمد مطرح شد. پس از آن اولین مطالعه در زمینه ارتباط بین تجارت بین الملل و محیط زیست توسط گرسمن و کروگر (۶) انجام شد. این دو محقق در یک مطالعه وجود رابطه U معکوس بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی را مطرح نمودند. بر اساس فرضیه زیست محیطی کوزنتس، در سالهای اولیه رشد اقتصادی، مقدار تخریب یا آلودگی زیست محیطی افزایش می‌یابد اما به مرور زمان و پس از رسیدن به سطح معینی از رشد، کیفیت محیط زیست بهبود می‌یابد. دیدگاه دیگری در این زمینه تحت عنوان فرضیه پناهگاه آلودگی<sup>۲</sup>، به این صورت مطرح شد که در بلند مدت آلودگی محیط زیستی از کشورهای با درآمد سرانه بالا به دلیل افزایش نظارت بر محیط زیست به کشورهای در حال توسعه با درآمد سرانه پایین و دارای قوانین ضعیف زیست محیطی انتقال می‌یابد (۶).

موضوع آب و آلودگی آن از موضوعات بسیار مهم در قرن حاضر محسوب می‌شود. آب به عنوان یک منبع تجدیدپذیر همواره یک رکن اصلی توسعه به شمار می‌رود. افزایش جمعیت و افزایش نیاز به آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت، شرب و بهداشت موجب شده است که فشار زیادی به منابع آب زیرزمینی وارد شود (۸). افزایش تقاضا برای آب سالم به دلیل افزایش جمعیت و آلودگی بخش قابل توجهی از منابع آبی موجب تشدید کمبود آب در بخش‌های وسیعی از جهان از جمله ایران شده است. طبق تعریف، وجود برخی از املاح در آب برای سلامتی انسان ضروری و لازم است و این در حالی است که مقادیر بیش از حد آن‌ها سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت. بنابراین ازدیاد مواد محلول در آب به معنای آلودگی آب بوده و سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت. شاخصی که در این مطالعه برای اندازه‌گیری آلودگی آب مورد استفاده قرار گرفته است شاخص تقاضای بیولوژیکی اکسیژن<sup>۳</sup> یا (BOD) است. این شاخص مهم‌ترین ابزار برای بررسی وجود ارگانیزم‌ها در آب است و هرچه میزان آن بیشتر باشد به معنای آلودگی بیش‌تر آب خواهد بود.

در سالهای اخیر بررسی اثرات آزادسازی تجارت بر کیفیت محیط‌زیست به موضوعی جالب و مورد توجه برای متخصصان اقتصادی و محیط زیست تبدیل شده است و مطالعات متعددی در این زمینه در داخل و خارج از کشور انجام شده است. بین هیتامو همکاران (۷)، به بررسی ارتباط سرمایه گذاری مستقیم خارجی، رشد و محیط

1-Kuznets

2-Pollution haven hypothesis

3-Biological oxygen demand

4-Gross domestic product

از آنجا که ماناچی و همکاران به بررسی آلودگی هوا پرداخته اند و متغیرهای موهومی مورد استفاده توسط آنان نمایانگر آلودگی هوا بوده است، بنابراین در مطالعه حاضر به دلیل بررسی آلودگی آب این متغیرهای موهومی از مدل حذف شده‌اند. در نهایت مدل نهایی که در مطالعه حاضر مورد تخمین قرار گرفت به شرح زیر است:

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

$$\varepsilon_{1it} = \eta_{1i} + v_{1it}$$

که در آن متغیر  $E_{it}$  نمایانگر متغیر وابسته بوده و شاخص تقاضای بیولوژیکی اکسیژن را به عنوان شاخص آلودگی آب نشان می‌دهد. متغیر  $S_{it}$  نمایانگر تولید ناخالص داخلی سرانه است و  $S_{it}^2$  مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه را نشان می‌دهد. دلیل حضور این دو متغیر در مدل این است که توسط آنها به بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس پرداخته شده است. این دو متغیر می‌توانند شکل خاص U معکوس را نشان دهند. به عبارت دیگر این دو متغیر برای بررسی اثر مقیاس<sup>۲</sup> در مدل به کار رفته‌اند. اثر مقیاس به افزایش اندازه اقتصاد اشاره دارد که به دلیل افزایش دسترسی به بازار رخ می‌دهد. متغیرهای  $(K/L)_{it}$  و  $(K/L)_{it}^2$  به ترتیب نمایانگر نسبت سرمایه به نیروی کار و مجذور نسبت سرمایه به نیروی کار بوده و برای اندازه گیری اثر تکنیک<sup>۳</sup> در مدل به کار رفته‌اند. اثر تکنیک به تغییر شیوه‌های تولید ناشی از باز بودن بیشتر اقتصاد اشاره دارد. متغیر  $T_{it}$  بیانگر شاخص باز بودن اقتصاد و یا آزادسازی تجاری بوده که از نسبت مجموع صادرات و واردات تقسیم بر تولید ناخالص داخلی سرانه به دست آمده است. این متغیر برای بررسی تاثیر درجه باز بودن اقتصاد بر آلودگی آب در مدل گنجانده شده است. با کمک این متغیر می‌توان نشان داد که افزایش درجه باز بودن اقتصاد در دو گروه از کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته چه تاثیری بر آلودگی منابع آب خواهد داشت. بنابراین می‌توان از این متغیر و متغیرهای دیگر برای بررسی فرضیه پناهگاه آلودگی استفاده کرد به این صورت که افزایش تجارت می‌تواند موجب انتقال کالاها و سیستم تولید ناپاک (مخرب محیط زیست)، از کشورهای توسعه یافته به سمت کشورهای درحال توسعه گردد.

متغیر  $(RK/L)_{it}$  نشان دهنده نسبت سرمایه به نیروی کار نسبی است که از نسبت سرمایه به نیروی کار هر کشور در هر سال تقسیم بر میزان سرمایه به نیروی کار متوسط جهانی به دست آمده است. هم‌چنین متغیر  $RS_{it}$  بیانگر تولید ناخالص داخلی سرانه نسبی است و از نسبت تولید ناخالص داخلی سرانه هر کشور در هر سال تقسیم بر

زمینه مطالعات مفیدی را انجام داده‌اند، اما اکثر این مطالعات در زمینه آلودگی هوا بوده است. از آنجا که کمبود آب و آلودگی آن در حال حاضر به یک بحران در برخی مناطق جهان و ایران تبدیل شده است و از طرفی تحقیقات کمی در خصوص اثرات متغیرهای اقتصادی از جمله درجه باز بودن اقتصاد روی آلودگی این منبع ارزشمند انجام شده است، انجام مطالعات مشابه روی آب ضرورت پیدا می‌کند. باید گفت در ایران مطالعه خاصی توسط محققان اقتصادی و محیط زیستی در زمینه بررسی اثرات عوامل اقتصادی از قبیل بازبودن اقتصاد روی آلودگی آب مشاهده نشده است و علی‌رغم اهمیت فوق‌العاده موضوع، جای مطالعات بیشتر در این حوزه خالی است. از این رو در این تحقیق به بررسی منحنی زیست محیطی کوزنتس و فرضیه پناهگاه آلودگی در زمینه آلودگی آب در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

مدل پایه این مطالعه برگرفته از مقاله ماناچی و همکاران (۱۰)، می‌باشد. این محققان عوامل مهم تاثیرگذار بر آلودگی محیط زیست را در دو گروه از کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه<sup>۱</sup> و گروه کشورهای غیر عضو سازمان مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور مدل زیر توسط آن‌ها تخمین زده شده است:

$$\ln E_{it} = c_1 + \alpha_1 \ln E_{it-1} + \alpha_2 S_{it} + \alpha_3 S_{it}^2 + \alpha_4 (K/L)_{it} + \alpha_5 (K/L)_{it}^2 + \alpha_6 (K/L)_{it} S_{it} + \alpha_7 T_{it} + \alpha_8 (RK/L)_{it} T_{it} + \alpha_9 (RK/L)_{it}^2 T_{it} + \alpha_{10} RS_{it} T_{it} + \alpha_{11} RS_{it}^2 T_{it} + \alpha_{12} (RK/L)_{it} RS_{it} T_{it} + \alpha_{13} H_{it} + \alpha_{14} O_{it} + \alpha_{15} KYOTO_{it} + \alpha_{16} W\&H_{it} + \varepsilon_{1it}$$

$$\varepsilon_{1it} = \eta_{1i} + v_{1it}$$

که در آن،  $E_{it}$  شاخص آلودگی هوا است. متغیر  $S_{it}$  نشان دهنده تولید ناخالص داخلی سرانه است. متغیر  $(K/L)_{it}$  نشان دهنده نسبت سرمایه به نیروی کار است و  $T_{it}$  شاخص بازبودن اقتصاد (یا آزادسازی تجاری) است که از نسبت صادرات به علاوه واردات تقسیم بر تولید ناخالص داخلی هر کشور در هر سال به دست آمده است. متغیرهای  $(RK/L)_{it}$  و  $RS_{it}$  به ترتیب نشان دهنده نسبت سرمایه به نیروی کار نسبی و تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه است و از تقسیم هر کدام از متغیرهای نسبت سرمایه به نیروی کار و تولید ناخالص داخلی سرانه بر میزان متوسط جهانی هر کدام به دست آمده است. متغیرهای  $H_{it}$  و  $O_{it}$  و  $KYOTO_{it}$  و  $W\&H_{it}$  چهار متغیر موهومی پروتکل‌های بین‌المللی محیط زیستی هستند که دو مقدار ۰ و ۱ را اختیار کرده‌اند.

می‌شود. برای بررسی ناهمسانی واریانس در مدل از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود. در این مطالعه آزمون LM بروش و پاگان برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته است. اگر مدل دارای ناهمسانی واریانس باشد باید مدل را به روش حداقل مربعات تعمیم یافته<sup>۴</sup> تخمین زد(۳).

در این تحقیق تعداد ۵۴ کشور توسعه یافته و در حال توسعه از جمله ایران که بر اساس شاخص توسعه انسانی<sup>۵</sup> بانک جهانی به دو گروه در حال توسعه و توسعه یافته تقسیم شده‌اند مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد ۲۸ کشور توسعه یافته و ۲۶ کشور در حال توسعه در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. علت انتخاب این تعداد از کشورها محدودیت اطلاعات مخصوصاً در مورد شاخص آلودگی آب بوده است. دوره مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۹۵ الی ۲۰۰۶ می‌باشد. داده‌های مورد استفاده از سایت بانک جهانی<sup>۶</sup> استخراج شده است. در این مطالعه از نرم افزارهای Stata 11 و Excel استفاده شده است. نرم افزار Stata نسبت به دیگر نرم افزارهای مورد استفاده در این زمینه علاوه بر سهولت استفاده، از دقت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

## نتایج و بحث

نتایج آزمون چاو(F) در ادامه ذکر شده است. با توجه به نتایج، فرضیه صفر مبنی بر پذیرش مدل ترکیبی رد شده و از این رو مدل از نوع داده‌های تابلویی می‌باشد.

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_{UR}) / (n - 1)}{RSS_{UR} / nT - k - n}$$

$$F = F(N-1, NT-N-K) = F(64, 583) = 1132.69$$

در ادامه باید مشخص شود که مدل داده‌های تابلویی از نوع اثرات ثابت و یا اثرات تصادفی است. برای این کار از آزمون هاسمن استفاده شده است. 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<sup>۷</sup>  $H_0$ ، روش اثرات ثابت، سازگار و روش اثرات تصادفی ناسازگار است و باید از روش اثرات ثابت استفاده کرد. طبق نتایج این آزمون مدل اثرات تصادفی تایید شد. نتایج حاصل از برآورد مدل با استفاده از روش اثرات تصادفی برای گروه کشورهای توسعه یافته در جدول ۲ گزارش شده است.

برای بررسی ناهمسانی واریانس از آزمون LM بروش و پاگان استفاده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، فرضیه صفر مبنی

تولید ناخالص داخلی سرانه متوسط جهانی به دست آمده است. متغیرهای  $(RK/L)_{it}^2 T_{it}$ ،  $(RK/L)_{it} T_{it}$ ،  $(K/L)_{it} S_{it}$ ،  $RS_{it}^2 T_{it}$ ،  $RS_{it} T_{it}$  و  $(RK/L)_{it} RS_{it} T_{it}$ ، برای اندازه‌گیری اثر ترکیب<sup>۱</sup> در مدل به کار رفته‌اند. اثر ترکیب هم به این معنا است که پس از یک مرحله آزادسازی تجاری، پیکره و ساختار صنعتی اقتصادها تغییر یافته و هر کشور در تولید محصولات که در آن‌ها مزیت نسبی دارد تخصص پیدا می‌کند. طبق تعریف متغیرهای مورد استفاده به عنوان اثر ترکیب برای اندازه‌گیری مزیت نسبی در مدل گنجانده شده‌اند. همچنین پارامترهای  $i$  و  $t$  به ترتیب بیانگر مقاطع (کشور) و زمان (سال) هستند.

در ادامه برای تخمین مدل مورد نظر با توجه به ساختار داده‌ها، روش داده‌های تابلویی<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار گرفت. تلفیق آمارهای سری زمانی با آمارهای مقطعی نه تنها می‌تواند اطلاعات سودمندی را برای تخمین مدل‌های اقتصادسنجی فراهم آورد، بلکه بر مبنای نتایج به دست آمده می‌توان استنباط‌های سیاست‌گذاری در خور توجهی به عمل آورد(۳). در مدل داده‌های تابلویی فرض می‌شود مشاهدات، مربوط به  $N$  مقطع در طول دوره  $T$  است. با توجه به این که داده‌ها به صورت تابلویی است، برای مقطع  $i$  در زمان  $t$  رابطه زیر وجود دارد (۷):

$$Y_{it} = \beta_{1it} X_{1it} + \dots + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} = X'_{it} \beta_{it} + u_{it}$$

$\beta_{kit}$  پارامترهایی است که باید برآورد شوند و  $X'_{it}$  بردار سطری  $(1 \times k)$  متغیرهای توضیحی و  $\beta_{it}$  بردار ستونی ضرایب رگرسیون است. می‌توان رابطه بالا را به صورت عمومی زیر نوشت (۷):

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_{2it} X_{2it} + \dots + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it}$$

$$= \beta_{1it} + \bar{X}'_{it} \bar{\beta}_{it} + u_{it}$$

در این مدل جمله ثابت اضافه شده است. بردار  $\bar{X}'_{it}$  در این‌جا شامل  $K-1$  مقدار متغیرهای برونزاست و  $\bar{\beta}_{it}$  نیز به همین نحو (شامل  $K-1$  ضریب)، رابطه فوق عمومی‌ترین شکل تصریح رگرسیون داده‌های تابلویی است و بیان می‌کند هر مقطع ضرایب واکنش خاص خود را در هر دوره زمانی دارد. برای برآورد این مدل دو حالت کلی وجود دارد. حالت اول این است که عرض از مبدا برای کلیه مقاطع یکسان است که به این حالت خاص اثر ترکیبی<sup>۳</sup> گفته می‌شود. حالت دوم عرض از مبدا برای تمام مقاطع متفاوت است که به این حالت داده‌های تابلویی گفته می‌شود. برای شناسایی این دو حالت از آزمون  $F$  لیمر استفاده می‌شود. پس از آنکه مدل از نوع اثرات ترکیبی و یا داده‌های تابلویی مشخص گردد اگر مدل مورد نظر تابلویی باشد بایستی مشخص گردد که این مدل از نوع اثرات ثابت است و یا اثرات تصادفی مناسب خواهد بود. برای این منظور از آزمون هاسمن استفاده

4-Generalized least squares  
5-Human development index  
6-World bank

1-Combined effect  
2-Panel data  
3-Pool data

اقتصاد میزان آلودگی آب ابتدا کاهش یافته است اما افزایش‌های بیش‌تر درآمد سرانه باعث فشار بیش‌تر بر منابع آب زیرزمینی و آلودگی بیش‌تر منابع آب شده است. البته تاثیر متغیر مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه در سطح ۱۰ درصد معنادار بوده است. متغیر نسبت سرمایه به نیروی کار و مجذور آن (نشان‌دهنده اثر تکنیک)، به ترتیب ارتباط مثبت و منفی با میزان انتشار BOD دارند. به عبارت دیگر استفاده از روش‌های سرمایه بر در تولید باعث افزایش انتشار آلودگی در منابع آب خواهد شد، ولی شدت گرفتن استفاده از سرمایه (مجذور سرمایه به تولید) می‌تواند در نهایت به کاهش آلودگی منجر گردد، زیرا می‌تواند منتهی به تشویق استفاده از روش‌های غیر آلاینده محیط زیست از جمله آب گردد.

بر وجود همسانی واریانس رد شد، بنابراین مدل با مشکل ناهمسانی واریانس مواجه است و برای رفع این مشکل، مدل مورد نظر باید به روش GLS برآورد گردد. در جدول ۱ نتایج حاصل از تخمین مدل به روش حداقل مربعات تعمیم یافته برای گروه کشورهای توسعه یافته گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از این روش، متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه تاثیر منفی و معنادار بر متغیر وابسته یعنی آلودگی منابع آب دارد و همچنین متغیر مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه تأثیر مثبت و معنادار بر میزان انتشار BOD دارد. از این رو طبق نتایج یک رابطه U شکل بین حجم اقتصاد و آلودگی منابع آب زیرزمینی در گروه کشورهای توسعه یافته وجود دارد، به این معنا که با افزایش اندازه

جدول ۱- نتایج حاصل از تخمین مدل به روش GLS برای گروه کشورهای توسعه یافته  
Table 1-Results from Estimating model for Developed Countries with GLS Method

احتمال	آماره Z	خطای استاندارد	ضریب	متغیر
0/003	-2/97	11/11	-33/4**	تولید ناخالص داخلی سرانه GDP per capita
0/07	1/85	0/0007	0/0013*	مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه Squared GDP per capita
0/01	2/59	16/32	41/88**	نسبت سرمایه به نیروی کار Capital to Labor Ratio
0/03	-2/02	0/0017	-0/0034**	مجذور نسبت سرمایه به نیروی کار Squared Capital to Labor Ratio
0/01	-2/27	0/0018	0/0041**	نسبت سرمایه به کار ضرب در تولید ناخالص داخلی سرانه Capital to Labor Ratio Multiply to GDP per capita
0/24	1/15	6/68-e07	-7/7e-07	شاخص باز بودن اقتصاد Economic Openness Index
0/6	-0/276	9/38e-07	-2/59e-07	نسبت سرمایه به کار نسبی ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Capital to Labor Ratio Multiply to Economic Openness Index
0/7	-0/233	5/75e-07	-1/34e-07	مجذور نسبت سرمایه به کار نسبی ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Squared Capital to Labor Multiply to Economic Openness Index
0/00	4/16	8/44e-07	3/52e-06**	تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد GDP per capita Multiply to Openness Index
0/00	4/42	5/86e-07	-2/5e-06**	مجذور تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Squared GDP per capita Multiply to Openness Index
0/01	3/37	1/13e-06	3/7e-06**	نسبت سرمایه به نیروی کار نسبی ضرب در تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Capital to Labor Ratio Multiply to GDP per capita Multiply to Economic Openness Index
0/02	2/28	57875/47	132014/3**	عرض از مبدا Constant
		تعداد مقاطع 28		تعداد مشاهدات 336

Wald Chi2(11) = 1216.7

Prob> Chi2 = 0.0000 , Log Likelihood = - 4627.33

منبع: یافته‌های تحقیق \*\* سطح 5% \* سطح 10% level

نیروی کار از لحاظ آماری معنادار نیست. بنابراین با توجه به متغیر معنادار مجذور نسبت سرمایه به نیروی کار، در گروه کشورهای درحال توسعه این نتیجه حاصل می‌گردد که حرکت فزاینده به سمت فن‌آوری‌های سرمایه بر در تولید احتمالاً با کاهش میزان آلودگی در منابع آب همراه خواهد بود.

شاخص باز بودن اقتصاد تاثیر مثبت و معناداری بر انتشار آلودگی در گروه کشورهای در حال توسعه دارد که این متغیر در گروه کشورهای توسعه یافته اثر معناداری روی آلودگی نداشت. به نظر می‌رسد افزایش باز بودن اقتصاد و گسترش تجارت خارجی در کشورهای در حال توسعه باعث فشار بیشتر بر منابع طبیعی از جمله منابع آب شده و باعث افزایش آلودگی در آن‌ها خواهد شد. آنجا که ارتباط بین شاخص باز بودن اقتصاد و آلودگی منابع آب زیرزمینی در گروه کشورهای در حال توسعه مثبت است، این نتیجه حاصل می‌گردد که باز بودن بیشتر اقتصاد در کشورهای درحال توسعه می‌تواند منجر به آلودگی بیشتر منابع آب گردد. این نتیجه ممکن است به این دلیل باشد که بخش عمده‌ای از صادرات برخی کشورهای در حال توسعه، محصولات بخش کشاورزی است که صادرات بیشتر آن‌ها مستلزم تولید بیشتر تر و فشار بر منابع آب و آلودگی بیشتر آب در اثر استفاده از انواع کودهای شیمیایی و نظایر آن است. از این‌رو می‌توان گفت که فرضیه پناهگاه آلودگی در این گروه از کشورها مورد تایید قرار گرفته است. به عبارت دیگر باز بودن اقتصاد در کشورهای در حال توسعه می‌تواند عاملی برای تغییر مزیت نسبی کشورهای درحال توسعه در جهت تولید محصولاتی باشد که آلودگی بیشتری را به محیط زیست و مخصوصاً منابع آبی تحمیل می‌نمایند. در واقع باز بودن اقتصاد باعث می‌شود آلودگی از کشورهای توسعه یافته به سمت کشورهای درحال توسعه حرکت کند. از این رو حرکت به سمت تولید و تجارت محصولاتی که آسیب کم‌تری به منابع آب وارد سازند، در گروه کشورهای در حال توسعه حیاتی است.

همچنین باتوجه به اثرات ترکیب (متغیرهایی که از ضرب دو یا چند متغیر به دست آمده‌اند)، ملاحظه می‌گردد که تاثیر شاخص‌های نسبت سرمایه به نیروی کار در باز بودن اقتصاد و نیز مجذور سرمایه به نیروی کار در باز بودن اقتصاد برای کشورهای در حال توسعه معنادار شده است. کشورهای درحال توسعه که بیشتر دارای فراوانی نسبی نیروی کار هستند، چنانچه به سمت فن‌آوری‌های سرمایه بر و نیز حرکت به سمت باز بودن بیشتر اقتصاد به صورت توأم حرکت کنند، آلودگی منابع آب در آن‌ها بیشتر تر شده ولی این روند با تشدید استفاده از فن‌آوری‌های سرمایه بر معکوس خواهد شد. تفسیر سایر نتایج مربوط به اثرات ترکیبی نیز مشابه است.

نتایج حاصل از بررسی متغیر باز بودن اقتصاد حاکی از آن است که در گروه کشورهای توسعه یافته، باز بودن اقتصاد تاثیری بر افزایش آلودگی منابع آب نداشته است و از این‌رو بازتر شدن اقتصاد این کشورها، موجب تغییر در آلودگی منابع آب آنها نخواهد شد.

همه متغیرهایی که از ضرب چند متغیر به دست آمده‌اند برای نشان دادن اثر ترکیب در مدل به کار رفته‌اند، اما اثر ترکیبی ناشی از باز بودن اقتصاد و متغیرهایی از جمله نسبت تولید ناخالص داخلی سرانه و مجذور آن معنادار بوده است. این موضوع حاکی از آن است که به دلیل ساختار اقتصادی کشورهای توسعه یافته، باز بودن اقتصاد به تنهایی عامل اثر گذار بر آلودگی منابع آب نبوده است، بلکه اثر باز بودن اقتصاد در کنار سایر متغیرها از جمله تولید ناخالص داخلی باعث تغییر در آلودگی منابع آب شده است. اثر ترکیب در مورد متغیر نسبت سرمایه به کار ضرب در تولید ناخالص داخلی سرانه نیز منفی و معنادار بوده است بدین معنا که هر چه سهم سرمایه به نیروی کار در فرایند تولید سرانه یک کشور بیشتر باشد، یا به عبارت دیگر تولید سرانه یک کشور سرمایه بر تر باشد، میزان آلودگی منابع آب کم‌تر خواهد بود. تفسیر سایر اثرات ترکیبی نیز مشابه است.

در ادامه نتایج مربوط به گروه کشورهای درحال توسعه بررسی شده است. نتایج آزمون چاو حاکی از آن است که مدل از نوع داده‌های تابلویی است و در ادامه نتایج آزمون هاسمن حاکی از وجود اثرات تصادفی در مدل بوده است.

$$F = F(N-1, NT-N-K) = F(64, 583) = 748.19$$

با برآورد مدل با رهیافت اثر تصادفی و با آزمون واریانس ناهمسانی مطابق آزمون LM بروش و پاگان مشخص شد که مدل در کشورهای در حال توسعه نیز مثل کشورهای توسعه یافته، دارای ناهمسانی واریانس است، بنابراین برای رفع این مشکل مدل به روش GLS برآورد شد. جدول ۲ نتایج تخمین مدل به روش GLS را برای گروه کشورهای درحال توسعه نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۲ متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه و مجذور آن به ترتیب تاثیر مثبت و منفی بر میزان انتشار BOD دارند. به عبارت دیگر در گروه کشورهای درحال توسعه در مراحل اولیه رشد اقتصادی آلودگی منابع آب زیرزمینی ابتدا افزایش می‌یابد، سپس با تداوم رشد اقتصادی و رسیدن به یک سطح مشخصی از درآمد سرانه، آلودگی به تدریج کاهش می‌یابد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، این نتیجه دقیقاً مخالف نتیجه ارائه شده در مورد کشورهای توسعه یافته است. بنابراین فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در گروه کشورهای در حال توسعه تایید می‌شود، در حالی که این فرضیه در گروه کشورهای توسعه یافته رد شد. همچنین متغیرهای نسبت سرمایه به نیروی کار و مجذور آن ارتباط منفی با میزان انتشار BOD دارند. اما متغیر نسبت سرمایه به

جدول ۲- نتایج تخمین مدل به روش GLS برای گروه کشورهای در حال توسعه  
Table 2- Results from Estimating model in Developing Countries with GLS Method

احتمال	آماره Z	خطای استاندارد	ضریب	متغیر
0/007	2/71	5/2	14/11**	تولید ناخالص داخلی سرانه GDP per capita
0/015	-2/1	0/001	-0/002	مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه Squared GDP per capita
0/86	-0/16	5/18	-0/85	نسبت سرمایه به نیروی کار Capital to Labor Ratio
0/059	-2/43	0/0002	-0/00048*	مجذور نسبت سرمایه به نیروی کار Squared Capital to Labor Ratio
0/04	2/5	0/0003	0/0008*	نسبت سرمایه به کار ضرب در تولید ناخالص داخلی سرانه Capital to Labor Ratio Multiply to GDP per capita
0/00	35/3	2/8e-07	0/00001**	شاخص باز بودن اقتصاد Economic Openness Index
0/00	-6/4	4/9e-06	-0/00003**	نسبت سرمایه به کار نسبی ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Capital to Labor Ratio Multiply to Economic Openness Index
0/06	2/13	0/000001	2/3e-06*	مجذور نسبت سرمایه به کار نسبی ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Squared Capital to Labor Multiply to Economic Openness Index
0/9	-0/09	6/1e-06	-5/7e-07	تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد GDP per capita Multiply to Openness Index
0/21	-1/11	0/000018	-0/00002	مجذور تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Squared GDP per capita Multiply to Openness Index
0/17	1/36	0/000034	0/00004	نسبت سرمایه به نیروی کار نسبی ضرب در تولید ناخالص داخلی نسبی سرانه ضرب در شاخص باز بودن اقتصاد Capital to Labor Ratio Multiply to GDP per capita Multiply to Economic Openness Index
0/001	3/25	6681/03	1686/9**	عرض از مبدا Constant
		تعداد مقاطع 26		تعداد مشاهدات 312
Wald Chi2(11) = 2524.19		Prob> Chi2 = 0.0000		Log Likelihood = - 3839.58

منبع: یافته‌های تحقیق \*\* سطح 5% level \* سطح 10% level

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در گروه کشورهای در حال توسعه تایید شد. به عبارت دیگر، در گروه کشورهای در حال توسعه در مراحل اولیه افزایش تولید سرانه، آلودگی منابع آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و افزایش‌های بعدی (مجذور) تولید سرانه منجر به کاهش آلودگی منابع آب خواهد شد. با توجه به شاخص توسعه انسانی، ایران جزء کشورهای در حال توسعه دسته‌بندی شده است، بنابراین فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در ایران در مورد منابع آب مورد تایید قرار می‌گیرد. از این رو اتخاذ سیاست‌هایی به منظور جلوگیری از آلودگی بیش‌تر منابع آب در فرایند رشد اقتصادی ضروری است. همچنین طبق نتایج به دست آمده فرضیه پناهگاه آلودگی نیز برای کشورهای در حال

توسعه تایید شده است. از این رو افزایش درجه باز بودن اقتصاد می‌تواند منجر به انباشت صنایع آلاینده منابع آب در کشورهای در حال توسعه گردد. از این رو اتخاذ سیاست‌هایی به منظور جلوگیری از تبعات منفی زیست محیطی باز بودن اقتصاد ضرورت دارد. بنابر نتایج به دست آمده پیشنهادات زیر در راستای موضوع مطالعه ارائه می‌گردد. ۱- با توجه به آن که فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در گروه کشورهای در حال توسعه از جمله ایران مورد تایید قرار گرفته است، باید جهت جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی در فرایند رشد اقتصادی، سیاست‌هایی هماهنگ توسط نهادهای مسئول اتخاذ گردد. تغییر الگوی کشت و حرکت به سمت تولید محصولات ارگانیک جهت کاهش استفاده از مواد آلاینده در فرایند تولید محصولاتی چون محصولات بخش کشاورزی از جمله این راهکارها است.

این زمینه دخالت کرده و هم‌زمان با آزادسازی تجاری با استفاده از قوانین مربوطه میزان مالیات بر آلودگی را برای عاملان ایجاد آلودگی افزایش دهد.

۴- پیشنهاد می‌گردد دامنه مطالعات در خصوص موضوعات مرتبط با اثرات متغیرهای اقتصادی روی آلودگی منابع آب در داخل ایران نیز گسترش پیدا کند تا راهنمایی مناسبی برای سیاست‌گذاری در این حوزه داشته باشد.

۲- با توجه به تایید فرضیه پناهگاه آلودگی در گروه کشورهای در حال توسعه، پیشنهاد می‌شود برای آن که ایران به پناهگاهی برای جذب آلودگی منابع آب زیرزمینی تبدیل نشود سیاست‌هایی نظیر افزایش تعرفه بر صنایع آلاینده محیط زیست و منابع آب اعمال گردد.

۳- با توجه به ارتباط مثبت بین بازبودن اقتصاد و آلودگی منابع آب زیرزمینی در گروه کشورهای در حال توسعه از جمله ایران از یک طرف و الزامات پیوستن به سازمان تجارت جهانی (WTO) از طرف دیگر، لازم است دولت برای کاهش آلودگی منابع آب زیرزمینی در

## منابع

- 1- Agheli. L. Velae. M. and Jangaver. H. 2010. Study the effect of openness on environmental destruction in Iran. *Rahbord Journal*. 19(57). (In Persian with English abstract)
- 2- Asteriou. D. and Hall. S.G. 2007. *Applied Econometrics*. 2<sup>nd</sup> ed. Palgrave Macmillan. Greece.
- 3- Baltagi. H. 2002. *Econometrics Analysis of Panel Data*. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley's Sons. New York.
- 4- Behbodi D. 2011. Environment and sustainable economic growth (Case of Iran). *Economic Modelling Journal*. 4(2). (In Persian with English abstract)
- 5- Green W. H. 1993. *Econometric Analysis*. 2<sup>nd</sup> ed. Granite Hill. New York University.
- 6- Grossman. G. M., Krueger. A.B. 1995. Economic growth and the environment *quarterly Journal of Economics*, 34.
- 7- Hitam M. B. and Borhan H. B. 2012. FDI, Growth and the Environment: Impact on Quality of Life in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 50.
- 8- Lee C.C., and Chang C.P. 2009. the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for water pollution: Do regions matter? *Energy Policy*. 27.
- 9- Madani S. 2011. Effects of trade liberalization on the environment in Iran: carbon dioxide emissions and deforestation. *Environment Research Journal*. 3(5). (In Persian with English abstract)
- 10- Managi. S. and Hibiki, A. 2009. Does trade openness improve environmental quality? *Journal of Environmental Economics and Management*. 5.
- 11- Mohammadi. H. and Heydarzadeh. S. 2014. Selected factors affecting environmental pollution with emphasis on trade liberalization in different countries (Case study released CO<sub>2</sub>). *Agriculture economic and Development Journal*. 28(3). (In Persian with English abstract)
- 12- Nasrollahi Z. 2010. Examining the relationship between air pollution and economic growth in the country's 28 provinces. *Science and Development Journal*. 17(33). (In Persian with English abstract)
- 13- Oskoe M. 2008. Effects of trade liberalization on emissions of greenhouse gases (carbon dioxide) in the environmental Kuznets curve. *Economic Research Journal*. 43(3). (In Persian with English abstract)