

بررسی فرضیات منحنی کوزنتس محیط زیستی (مطالعه موردی آلودگی آب)

هدیه علیشیری^۱، سید حسین سجادی فر^۲، اعظم محمدباقری^۳

۱- دانشجوی دکترای اقتصاد نفت و گاز، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران
(نویسنده مسئول) halishiri91@gmail.com
۲- عضو هیئت علمی گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهریار
۳- پژوهشگر ارشد مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، تهران

(دریافت ۹۵/۷/۵ پذیرش ۹۵/۸/۱)

چکیده

در میان آلودگی‌های محیط زیستی، آلودگی آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا مقدار این منبع حیاتی در جهان تقریباً ثابت است و آلودگی آن به شدت بر سلامت انسان اثر می‌گذارد. از این رو ارتباط تولید و آلودگی آب به عنوان شاخصی از تخریب محیط زیست قابل اثبات است به گونه‌ای که می‌توان فرایند آن را در قالب فرضیات محیط زیستی کوزنتس تحلیل نمود. بر این اساس می‌توان گفت مراحل اولیه رشد اقتصادی با آلودگی آب همراه است و در سطوح بالاتر درآمد سرانه این روال معکوس می‌شود. روش بررسی این مطالعه شیوه داده تابلویی است. در مقاله حاضر فرضیات محیط زیستی کوزنتس در دو حالت و برای دو گروه کشور مورد بررسی قرار گرفت: گروه اول: تولید ناخالص داخلی سرانه و گروه دوم: سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخص رشد اقتصادی، برای گروه منتخبی از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه. مطابق نتایج حاصل از مدل فرضیه کوزنتس در هر دو حالت، شاخص بودن تولید ناخالص سرانه و سهم ارزش افزوده صنعت، به عنوان معیار رشد اقتصادی برای کشورهای در حال توسعه، مورد تایید قرار می‌گیرد و برای کشورهای توسعه یافته رد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رشد اقتصادی، منحنی کوزنتس محیط زیستی، آلودگی آب، کشورهای در حال توسعه، کشورهای توسعه یافته

۱- مقدمه

از جمله این اقدامات بود که برای جلوگیری از تخریب محیط زیست به ویژه از اوایل دهه ۶۰ در بسیاری از کشورها شروع شد. به بیان دیگر محیط زیست به یکی از ارکان مهم در سیاست گذاری‌های کلان تبدیل شده است.

اولین تحول در نگرش‌های مربوط به محیط زیست در اوایل دهه هفتاد میلادی رخ داد و کیفیت محیط زیست در برابر رشد اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفت و رشد اقتصادی تهدیدی برای محیط زیست محسوب شد. در اوایل دهه بعد تحولی در نگرش‌های پیشین رخ داد و بحث به این سمت تغییر کرد که چگونه می‌توان بدون ایجاد خطر برای محیط زیست به رشد اقتصادی دست یافت. در این میان می‌توان به گزارش کمیسیون براتلند در سال ۱۹۸۷ با عنوان "آینده مشترک ما" اشاره نمود که در آن برای نخستین بار مفهوم توسعه پایدار وارد ادبیات توسعه شد. توسعه پایدار در این گزارش معادل توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر را برآورده کند، بدون آنکه قابلیت نسل‌های آینده را برای تأمین نیازهای خود به مخاطره بیندازد تعریف شده است. به این ترتیب در این مفهوم بر محدودیت منابع زیست محیطی، مسائل عدالت بین نسلی و

در چند دهه اخیر فعالیت‌های بشر، کره زمین را متحمل صدمات جبران ناپذیری مانند ایجاد شکاف در لایه ازن، گرم شدن کره زمین، آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی، تخریب جنگل‌ها و مراتع و آلودگی هوای شهرها کرده است. نگاهی به سیر تحولات محیط زیست در دوره اخیر نشان می‌دهد که با پیشرفت فناوری و افزایش جمعیت، به تدریج ابعاد ملاحظات محیط زیستی پیچیده‌تر و به تبع آن کنترل آن‌ها نیز مشکل‌تر شده است. اگرچه طبیعت خود قابلیت مقابله با تغییرات را دارد، ولی ظرفیت اکوسیستم برای پذیرش تغییرات محیط زیست محدود است، لذا هر فعالیتی در سطح کلان باید دارای توجه محیط زیستی باشد. امروزه چنین به نظر می‌رسد که سرعت بازسازی طبیعی با ابعاد تخریب‌ها هماهنگ نیست و در نتیجه فرایند تخریب محیط به شکل غیر قابل برگشتی در حال پیشروی است.

مجموعه مشکلات فوق در چند سال اخیر بسیاری از کشورها را بر آن داشت تا اقداماتی را برای کاهش مشکلات محیط زیستی در دستور کار خود قرار دهند. تصویب قوانین و مقررات برای حفاظت از محیط زیست و تدوین استانداردها و معیارهای انتشار آلودگی‌ها

اقتصادی حل نمایند. به عبارت دیگر صرف نظر از مسائل محیط زیستی چنانچه کشورها، توسعه اقتصادی را در دستور کار خود قرار دهند خواه ناخواه در مراحل بالای توسعه اقتصادی کیفیت محیط زیست در آن‌ها لحاظ خواهد شد.

یکی از معیارهای آلودگی محیط زیست آلودگی آب است که می‌توان فرضیات فوق را در این زمینه مورد بررسی قرار داد. آژانس آلودگی محیط زیست BOD را به عنوان میزان اکسیژنی بیان می‌کند که باکتری‌های آب در هنگام تجزیه زباله‌ها مصرف می‌کنند [۴]. آلودگی بیش از حد منابع آبی، اکسیژنی که آبزیان به آن نیاز دارند را کم می‌کند.

همچنین افزایش جمعیت، صنعتی شدن و رشد اقتصادی بدون توجه به ظرفیت تحمل محیط زیست سبب کاهش سطوح اکسیژن حل شده در آب می‌شود و همین امر نیز بر سلامت آبزیان و اکوسیستم تأثیر گذار است.

از جمله نوآوری‌های این پژوهش آن است که برخلاف مطالعات گذشته که در آن‌ها تنها یک گروه از کشورها و یا یک شاخص به عنوان شاخص رشد اقتصادی در نظر گرفته می‌شد، با در نظر گرفتن دو شاخص برای رشد اقتصادی (تولید ناخالص داخلی سرانه و سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی) و شاخص آلودگی آب، فرضیات منحنی کوزنتس^۳ محیط زیستی در دو گروه منتخب از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مورد بررسی قرار گرفت تا امکان مقایسه بهتر بین کشورها و شاخص‌های مختلف فراهم آید.

۲- پیشینه تحقیق

کریشنا و همکاران^۴ در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای با عنوان "منحنی کوزنتس محیط زیستی با در نظر گرفتن پارامترهای آلودگی آب در سطح جهانی" با استفاده از پیشرفت‌های اخیر در روش‌های اقتصاد سنجی رابطه بین درآمد و آلودگی آب را در سطح جهانی در دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش مذکور علاوه بر درآمد از متغیرهای کنترل دیگری از جمله آزادی‌های مدنی، حقوق سیاسی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه U شکل وارونه‌ای بین درآمد و آلودگی سرب و رابطه درجه سوم بین درآمد و نیکل، جیوه و آرسنیک وجود دارد. علاوه بر این بهبود آزادی‌های مدنی و حقوق سیاسی با کیفیت آب ارتباط دارد و با برآورد رابطه ناپارامتری بین این متغیرها یک رابطه غیرخطی بین متغیرهای سیاسی و آلودگی اثبات می‌شود که برای آلودگی‌ها به شکل منحنی وارونه است [۵].

ضرورت برقراری توازن بین نسل حاضر و استفاده از منابع زیست محیطی برای نسل حاضر و نسل‌های آینده تأکید شده است [۱].

آلودگی آب از نمونه‌های بارز تخریب منابع زیستی است و بسیاری از کشورهای جهان خسارات جبران ناپذیری در زمینه تھی شدن ذخایر آبزیان در آب‌های دریایی و داخلی در نتیجه بهره‌برداری بی‌رویه و تخلیه آب‌های آلوده ناشی از فعالیت‌های صنعتی و شهری دارند. پیامدهای این آلودگی‌ها به صورت انواع بیماری‌ها و مرگ زودرس خود را نمایان می‌سازد که از عمده‌ترین معضلات و پیامدهای تخریب و آلودگی محیط زیست در محیط‌های شهری قلمداد می‌شوند. روشن است که توسعه موفق اقتصادی به استفاده عقلایی از منابع طبیعی و زیست محیطی و حداقل نمودن پیامدهای پروژه‌های توسعه‌ای بستگی دارد. بسیاری از پژوهشگران اقتصادی درصدد بودند تا بتوانند رابطه بین رشد اقتصاد و حداقل کردن پیامدهای محیط زیستی را در قالب رابطه‌ای ریاضی مطرح کنند.

عده‌ای از پژوهشگران مانند بکر من^۱ معتقد بودند که بین سطح درآمد و معیار حفاظت محیط زیستی همبستگی بسیار بالایی وجود دارد و با افزایش درآمد، تقاضای کیفیت محیط زیست افزایش خواهد یافت که این به معنی پذیرش معیارها و ضوابط حفاظتی محیط زیستی است و همچنین در بلندمدت مطمئن‌ترین راه برای بهبود کیفیت محیط زیست، ثروتمند شدن است [۲]. از سوی دیگر پژوهشگرانی از جمله بارلت^۲ به این موضوع پرداختند که اصولاً کاهش رشد اقتصادی، کاهش کیفیت زیست محیطی را به دنبال دارد. آن کشورهایی که ادعا می‌کنند در راستای ضوابط حفاظتی محیط زیستی خود با کاهش رشد اقتصادی مواجه شده‌اند، در حقیقت این سیاست اتخاذ شده توسط آنهاست که منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود. تعارض میان این دو رویکرد و تفاوت‌های بنیادین در استدلال‌ها در کنار شواهد مختلف تجربی و محاسباتی هر یک از این دو گروه منجر به ظهور رویکرد سومی در این عرصه شد.

رویکرد سوم این گونه مطرح شد که رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیستی نوعی رابطه U شکل وارونه است که به منحنی محیط زیستی کوزنتس معروف است [۳].

این عقیده نیز وجود دارد که اصولاً منحنی محیط زیستی کوزنتس خود یک توصیه سیاستی به همراه دارد و می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری باشد، به این معنا که اصولاً طبق این منحنی کشورها می‌توانند مشکلات محیط زیستی خود را با تأکید بر رشد

³ Kuznets Environmental Curve
⁴ Krishna et al.

¹ Beckerman
² Barlett

کوزنتس، رابطه آلودگی آب و رشد اقتصادی را در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته بررسی کرده‌اند. در این مطالعه از روش داده‌های تلفیقی استفاده شده و علاوه بر متغیر درآمد، متغیر جمعیت به‌عنوان متغیر برون‌زا در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که تمام کشورهای توسعه یافته از نقطه برگشت منحنی عبور کرده‌اند. به بیان دیگر رابطه درآمد سرانه و آلودگی آب آنها منفی است و با افزایش رشد اقتصادی و درآمد سرانه این کشورها، کیفیت آب بهبود یافته است. سطح درآمد سرانه کشورهای در حال توسعه در نقطه بازگشت فنی کوزنتس ۹۰۱ دلار بوده است. بررسی آماری نشان می‌دهد که بسیاری از کشورها در این گروه به نقطه برگشت فنی کوزنتس خود نرسیده‌اند. بنابراین رابطه درآمد ملی سرانه و آلودگی آب مثبت است و با رشد اقتصادی و افزایش درآمد ملی سرانه، سطح آلودگی آب افزایش می‌یابد [۹].

محمدی و آقایی در سال ۱۳۹۴ در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی منحنی محیط زیستی کوزنتس برای آلودگی آب و هوا در کشورهای منتخب در حال توسعه" با روش مدل ترکیبی و لحاظ کردن یک متغیر توضیحی دیگر به بررسی منحنی محیط زیستی کوزنتس برای دو نوع آلودگی آب و هوا در دوره زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ برای گروه کشورهای در حال توسعه پرداخته‌اند.

نتایج نشان می‌دهد که فرضیه محیط زیستی کوزنتس برای هر دو نوع آلودگی صادق است؛ برای آلودگی هوا، کشورهایی که درآمد سرانه آنها بالاتر از ۲۲۳۵ دلار باشد، که قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ است، از نقطه بازگشت منحنی عبور کرده و برای آلودگی آب، کشورهایی با درآمد سرانه بالاتر از ۳۶۲۳ دلار که قیمت ثابت در همان سال است، در قسمت نزولی منحنی محیط زیستی کوزنتس قرار گرفته‌اند [۱۰].

بیابی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در مطالعه‌ای با عنوان "تأثیر عوامل اقتصادی منتخب مؤثر بر آلودگی آب‌های زیرزمینی در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه" با استفاده از روش داده‌های تابلویی، ارتباط بین شاخص باز بودن اقتصاد و آلودگی آب‌های زیرزمینی را در دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور، با استفاده از داده‌های شاخص BOD، به‌عنوان شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی، نسبت مجموع صادرات و واردات تقسیم بر تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان شاخص باز بودن اقتصاد و تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان شاخص حجم اقتصاد در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس و پناه آلودگی را مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که ارتباط

تامپسون^۱ در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای با عنوان "منحنی کوزنتس محیط زیستی برای آلودگی آب: مطالعه موردی کشورهای مرزی" با بررسی داده‌های ۳۰ کشور که هفت کشور از بین آنها دارای مرز آب مشترک هستند، برای مدت ۲۱ سال به بررسی شواهدی از وجود منحنی کوزنتس محیط زیستی برای آلودگی آب در کشورهایی که مرز مشترک رودخانه‌ای دارند پرداخته است. نقطه عطف منحنی در کشورهای با مرز آبی مشترک بسیار کمتر از سایر کشورها است. در مقایسه آزمون t در بین کشورها تفاوت‌های زیادی وجود دارد. البته نکته قابل ذکر آن است که کشورهایی که مرز آبی مشترک دارند قادر به اجرای مقررات محیط زیستی مؤثرتر هستند [۶].

کاتز^۲ در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای با عنوان "مصرف آب و رشد اقتصادی: بازبینی منحنی کوزنتس محیط زیستی" رابطه بین رشد درآمد و استفاده از آب شیرین را با ارزیابی داده‌های مقطعی برداشت آب و حجم مصرفی با به‌کارگیری روش‌های قدیمی حداقل مربعات و تحلیلی رگرسیون ناپارامتری مورد آزمون قرار داد. به دلیل انتخاب مجموع داده‌های مختلف از جمله سطح درآمد سرانه و مصرف آب، مقایسه آب برداشتی به مصرف آب و غیره، نتایج به شدت وابسته به انتخاب مجموعه داده بوده است. در کل نتایج بیانگر وجود منحنی کوزنتس زیست محیطی است و البته محدودیت‌هایی نیز در زمینه سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای استفاده از آب وجود دارد [۷].

ونگ و همکاران^۳ در سال ۲۰۱۳ در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی منحنی کوزنتس زیست محیطی: مطالعه کیفیت آب در حوزه مک کونگ جنوبی" با استفاده از داده‌های سالانه برای چهار شاخص کیفیت آب که شامل فسفرکل (TOTP)، اکسیژن محلول شده (CO)، آمونیوم (NH₄) و نیتريت (NO₂) از منطقه حوزه مکونگ جنوبی است، به این موضوع پرداختند که آیا منحنی زیست محیطی کوزنتس برای رودخانه مرزی در کشوری در حال توسعه وجود دارد؟ آیا منحنی به مشخصات مدل وابسته است یا نوع آلاینده‌ها؟ نتایج نشان داد که برای هیچ یک از چهار شاخص آلاینده‌ها منحنی کوزنتس قابل اثبات نیست و مدل علاوه بر نوع آلاینده به مشخصات مدل و جمله خطا وابسته است [۸].

اریاب و عباسی فر در سال ۱۳۹۱ در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی رابطه آلودگی آب و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته" براساس مبانی نظری فنی محیطی زیستی

¹ Thompson

² Katz

³ Wong et al.

رابطه بین درآمد سرانه و نابرابری درآمد در منحنی کوزنتس اولیه، موجب شد منحنی کوزنتس محیط زیستی وارد مطالعات حوزه محیط زیست شود. از اولین مطالعات در این حوزه می‌توان به مطالعه کروسمن و کروگر^۱ در سال ۱۹۹۱، شفیک و باندیوپادیای^۲ در سال ۱۹۹۲ و پانایوتا در سال ۱۹۹۳ اشاره کرد [۱۴، ۱۵].

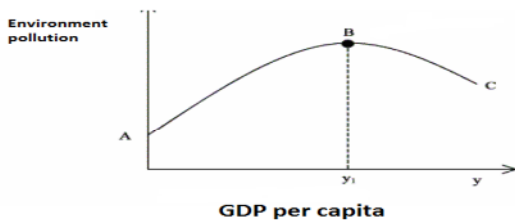


Fig. 1: Relationship between per capita GDP and environment quality [17]

شکل ۱- رابطه تولید ناخالص داخلی سرانه و کیفیت محیط زیستی [۱۷]

همان‌طور که در شکل ۱ مشخص شده است در مراحل اولیه رشد اقتصادی (AB) به دلیل غفلت و ناآگاهی نسبت به مشکلات محیط زیستی و در دسترس نبودن فناوری‌های دوستدار محیط زیست با افزایش درآمد سرانه، تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به سطح معینی از درآمد (B) شروع به کاهش می‌کند، زیرا در مراحل بالاتری از رشد به دلیل تغییرات ساختاری ایجاد شده، افزایش آگاهی‌های محیط زیستی، اجرای قوانین محیط زیستی و گسترش فناوری‌های دوستدار محیط زیست، میزان تخریب محیط زیستی ناشی از رشد اقتصادی روند نزولی به خود می‌گیرد. این فرایند نتیجه حرکت طبیعی از یک اقتصاد مبتنی بر کشاورزی به یک اقتصاد صنعتی آلوده کننده و نهایتاً رسیدن به یک اقتصاد پاک مبتنی بر خدمات است [۱۷]. به عبارت دیگر در این مرحله افراد جامعه به تبع ارزشی که برای محیط زیست قائل هستند، حاضر به پرداخت هزینه‌هایی برای محافظت و احیای آن هستند.

مایلینگ و گلدیمیر^۳ در سال ۱۹۹۹ و آپسچور^۴ در سال ۱۹۹۷، سه عامل تغییرات ساختاری در اقتصاد، بهبود کارایی در مصرف انرژی و اصلاح الگوی مصرف را توجیه تغییر وضعیت به این شکل می‌دانند. از نظر استرن^۵ در سال ۲۰۰۳، برآیند دو عامل

بین تولید سرانه و آلودگی منابع آب در کشورهای توسعه یافته به شکل U و در کشورهای در حال توسعه به شکل U وارونه است و بنابراین فرضیه محیط زیستی کوزنتس در گروه کشورهای در حال توسعه تأیید 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 پناه آلودگی نیز در کشورهای در حال توسعه مورد تأیید قرار گرفته است [۱۱].

۳- مبانی نظری

رابطه رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در یک بستر زمانی بلند مدت می‌تواند به صورت مستقیم، معکوس و یا ترکیبی از هر دو باشد. این موضوع مورد مطالعه بسیاری از اندیشمندان بوده است و نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که دو جریان فکری در این حوزه وجود داشته که در نهایت به رویکرد سومی تبدیل شده‌اند. رویکرد اول که مبتنی بر انتخاب میان رشد اقتصادی و حفظ استانداردهای محیط زیستی است، بر رابطه مستقیم بین توسعه اقتصادی و افزایش استفاده از منابع طبیعی و در نتیجه افزایش تخریب‌های محیط زیستی تأکید دارد، به بیان دیگر می‌توان گفت این دیدگاه شرایطی را بیان می‌کند که سیاست‌گذاران باید دست به نوعی انتخاب بزنند، یعنی با هدف دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، مخاطرات محیط زیستی بیشتری را بپذیرند و یا در صورت علاقه‌مندی به حفظ محیط زیست، سطوح پایین‌تری از رشد اقتصادی را داشته باشند. تأکید رویکرد دوم بر وجود مسیر بهبود کیفیت محیط زیستی به موازات رشد اقتصادی است. زیرا فرض شده که سطوح بالای درآمد سبب بهبود کارایی مواد اولیه و استفاده کمتر از آنها در روند تولید کالاها می‌شود؛ به بیان دیگر افزایش درآمد باعث افزایش کیفیت زیست محیطی می‌شود. رویکرد سومی که مطرح شد وجود رابطه U شکل بین درآمد سرانه و سطح تخریب محیط زیست است [۱۲].

در مطالعه‌ای در سال ۱۹۹۵ عنوان رشد اقتصادی و نابرابری درآمدی منحنی سیمون کوزنتس برای اولین بار مطرح شد [۱۳]. به عقیده او در مسیر توسعه اقتصادی رابطه بین درآمد سرانه و نابرابری درآمد، به شکل u معکوس است. به طوری که براساس این فرضیه در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، همزمان با افزایش درآمد سرانه، نابرابری توزیع درآمد افزایش و پس از رسیدن به سطح معین یا نقطه برگشت، نابرابری توزیع درآمد به تدریج کاهش می‌یابد. شواهدی مبنی بر وجود رابطه بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط زیست و درآمد سرانه به صورت U وارونه، شبیه

¹ Grossman & Krueger.

² Shafik & Bandyopadhyay.

³ Mielnik and Goldemberg.

⁴ Opschoor.

⁵ Stern

آمارهای موجود از کشورهای توسعه یافته منتخب در دوره زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که کشورهای انگلیس و فرانسه بیشترین میزان اکسیژن محلول در آب (BOD) را دارند و روند نزولی در سال‌های آخر دوره مورد بررسی می‌تواند بیانگر اتمام روند صنعتی شدن و افزایش سهم ارزش افزوده بخش خدمات در کشورهای مذکور باشد.

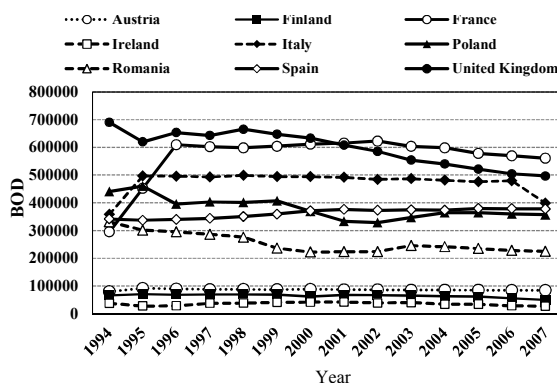


Fig. 3: BOD levels in select developed countries
 شکل ۳- میزان اکسیژن محلول در آب (BOD) در کشورهای توسعه یافته منتخب

برای بررسی فرضیه کوزنتس محیط زیستی در مورد آلودگی آب و تحلیل تجربی عوامل اثرگذار بر آلودگی آب مدل اقتصادسنجی به صورت زیر تصریح شده است که از الگوی تعدیل شده کروگر و گروسمن در سال ۱۹۹۵ استخراج شده است [۱۴]. همانطور که ذکر شد دو وضعیت (الف) تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخص رشد اقتصادی و (ب) سهم ارزش افزوده صنعت از کل تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخص رشد اقتصادی در نظر گرفته شده است، به همین دلیل دو رابطه زیر معرفی می‌شود

(۱)

$$BOD_{it} = \beta_1 + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 GDP_{it}^2 + \beta_4 POP_{it} + \varepsilon_{it}$$

(۲)

$$BOD_{it} = \beta_1 + \beta_2 IND_{it} + \beta_3 IND_{it}^2 + \beta_4 POP_{it} + \varepsilon_{it}$$

که در آنها

BOD نشان دهنده اکسیژن محلول در آب به عنوان شاخص اصلی آلودگی آب‌های شهری و صنعتی، GDP تولید ناخالص سرانه (قیمت ثابت ۲۰۰۵) و IND سهم ارزش افزوده صنعت از کل تولید ناخالص به عنوان شاخصی برای نشان دادن رشد اقتصادی و POP

عمده زیر وضعیت شاخص‌های خسارت محیط زیستی را در مدت رشد اقتصادی (منحنی کوزنتس محیط زیستی) را مشخص می‌کند [۱۸، ۱۹ و ۲۰]

اثرات مرتبط با زمان: بدان معنا که در تمام کشورها صرف نظر از مرحله توسعه، گذشت زمان راه‌هایی را برای کاهش آلودگی ایجاد می‌کنند.

اثر مقیاس: در صورتی که رشد اقتصادی موجب تغییر در ساختار و فناوری اقتصاد نشود، به موازات رشد اقتصادی آلودگی‌های زیست محیطی نیز افزایش می‌یابد [۲۱].

۴- داده‌ها و روش‌شناسی برآورد الگو

داده‌های مورد استفاده برای تخمین مدل از نوع داده‌های تابلویی طی سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۷ شامل تولید ناخالص داخلی، سهم ارزش افزوده بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی، جمعیت و میزان اکسیژن محلول در آب از ۹ کشور توسعه یافته و ۷ کشور در حال توسعه از جمله ایران است. برای ایجاد وحدت رویه و پرهیز از هرگونه مشکلی همه داده‌ها از آمارهای منتشره توسط بانک جهانی (WDI)^۱ استخراج شده است [۲۲]. عدم وجود آمار مربوط به BOD سبب کوتاه شدن و به روز نبودن دوره مورد بررسی شده است.

قبل از بررسی وجود رابطه کوزنتس، آمار مربوط به میزان اکسیژن محلول در آب به صورت جداگانه در کشورهای مذکور در شکل ۲ و ۳ بدون توجه به عوامل اثرگذار مورد بازبینی قرار گرفت تا در روند کنونی این متغیر مشخص شود.

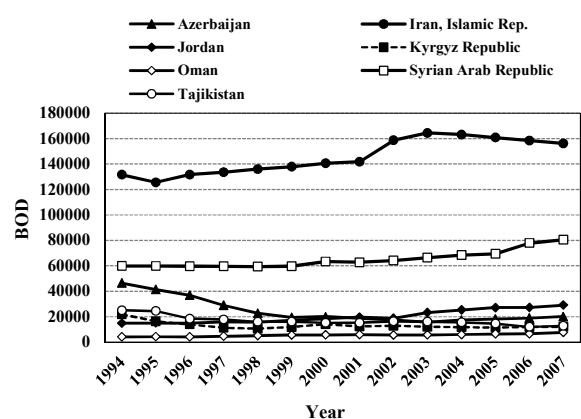


Fig. 2: BOD levels in select developing countries
 شکل ۲- میزان اکسیژن محلول در آب (BOD) در کشورهای در حال توسعه منتخب

¹ World Development Indicators

ثابت^۲ و اثرات تصادفی^۴ انجام شود و مدل تخمین زده شده به روش داده‌های پانل و اثرات ثابت برآورد شود که نتایج در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱ نشان دهنده نتایج تخمین مدل با استفاده از الگوی داده‌های تابلویی به روش اثرات ثابت با در نظر گرفتن شاخص تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیار رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته است. اطلاعات موجود کشورهای توسعه یافته در مورد ضریب منفی و ضریب مثبت مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه، بیانگر آن است که رابطه U شکل بین آلودگی آب و تولید ناخالص داخلی وجود دارد و فرض منحنی کوزنتس محیط زیستی برای این کشورها رد می‌شود. بر اساس اطلاعات کشورهای در حال توسعه، ضریب تولید ناخالص داخلی ۴/۶۸ مثبت بوده است. ضریب مجذور تولید ناخالص داخلی ۰/۰۰۴۰۴ به‌دست آمده است که از لحاظ آماری در سطح معنی داری ۹۵ درصد بوده و بیانگر رابطه U شکل وارونه بین افزایش آلودگی آب و تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان معیاری برای رشد اقتصادی است و بیانگر قبول وجود فرضیه کوزنتس محیط زیستی است. عدد ۰/۹۵ درصد برای ضریب R^2 در هر دو مدل بیانگر آن است که متغیرهای توضیحی ۹۵ درصد تغییرات متغیر وابسته را توضیح می‌دهد.

Table 1: Estimates by Kuznets environmental model based on GDP (in both developed and developing countries)

جدول ۱- برآورد مدل کوزنتس محیط زیستی با معیار قرار دادن تولید ناخالص داخلی (در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه)

	Developed countries		Developing countries	
	Parameter	Prob	Parameter	Prob
BOD	پارامتر	احتمال	پارامتر	احتمال
C	60499.46	0.01	6319.24	0.002
GDP	-4.58	0.001	4.68	0.016
GDP2	8.33	0.006	-0.004	0.006
POP	0.009	0.01	0.002	0.001
R2	0.95		0.95	

علاوه بر این بر اساس جدول ۱ ضریب جمعیت در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مثبت و برابر ۰/۰۰۹ و ۰/۰۰۲ به‌دست آمده که از لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنا دار است و به این معنی است که افزایش میزان جمعیت سبب آلودگی بیشتر آب خواهد شد. جدول ۲ نشان دهنده نتایج تخمین مدل با استفاده از الگوی

جمعیت کل کشور است. E_{it} نشان دهنده خطای برآورد داده‌های تابلویی و سایر عوامل مؤثر بر میزان آلودگی آب است و شرایط و ویژگی‌های جملات خطای تحت فرضیات گوس مارکوف^۱ را دارد. در روابط فوق با توجه به شکل مدل می‌توان پیش‌بینی‌های زیر را انجام داد:

- اگر ضریب β_1 و β_2 و β_3 برابر صفر باشد، در این صورت هیچ ارتباطی بین شاخص‌های رشد اقتصادی تولید ناخالص داخلی سرانه و سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی و شاخص آلودگی آب وجود ندارد.
- اگر ضریب $\beta_3=0$ و $\beta_2 \neq 0$ باشد، در این صورت رابطه خطی بین شاخص‌های رشد اقتصادی و شاخص آلودگی آب وجود دارد.
- اگر ضریب $\beta_2 < 0$ و $\beta_3 > 0$ باشد، در این صورت رابطه بیانگر یک تابع درجه دوم دارای مینیمم و U شکل خواهد بود و فرض وجود منحنی کوزنتس رد می‌شود.
- اگر ضریب $\beta_2 > 0$ و $\beta_3 < 0$ باشد، در این صورت رابطه به‌صورت یک رابطه کوهانی شکل (U معکوس) بیان می‌شود، که ماکزیمم تابع نقطه بازگشت منحنی را نشان می‌دهد و فرض وجود منحنی کوزنتس پذیرفته می‌شود.

در این پژوهش برای نمایش هرچه بهتر منحنی کوزنتس محیط زیستی از متغیرهای دیگری مانند جمعیت به‌عنوان متغیر کنترل استفاده شده است. البته نکته قابل ذکر آن است که اگر β_1 وابسته به هر یک از متغیرهای توضیحی دیگر باشد، برآورد و تحلیل از طریق این رابطه دارای تورش مربوط به متغیرهای برآورد نشده خواهد بود. حتی اگر اثر متغیرهای مشاهده نشده به هیچ یک از متغیرهای توضیحی وابسته نباشد وجود این متغیر منجر به برآوردهای ناکارا و ناسازگار خطای تخمین خواهد شد. اما با استفاده از روش‌هایی در تخمین‌های داده‌های تابلویی مانند مدل اثر ثابت یا مدل اثر تصادفی این مشکل رفع خواهد شد. اگر چنانچه کل داده‌ها با یکدیگر ترکیب شده و با روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شود، مدل داده‌های یکپارچه به‌دست می‌آید. به‌همین علت برای برآورد از روش داده تابلویی استفاده شده است [۲۳].

۵- نتایج تخمین مدل

به‌منظور تخمین مدل رگرسیون با الگوی داده‌های تابلویی، ابتدا لازم است دو آزمون F لیمر و هاسمن^۲ به ترتیب برای انتخاب حالت برابری عرض از مبدا کشورها و برای تعیین روش اثرات

³ Fixed Effect

⁴ Random Effect

¹ Gauss- Markow

² Limer and Hausman Test

زیستی برای این کشورها رد می‌شود. این امر به منزله آن است که نمی‌توان اذعان کرد که در کشورهای توسعه یافته لزوماً با افزایش سطح تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیار رشد اقتصادی این کشورها، به سمت رویکردهای محیط زیستی گرایش پیدا نکرده‌اند و از میزان آلودگی آب در این کشورها کاسته نشده است.

در حالی که در کشورهای در حال توسعه رابطه U شکل وارونه بین افزایش آلودگی آب و تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان معیاری برای رشد اقتصادی است و بیانگر قبول وجود فرضیه کوزنتس محیط زیستی است و متغیرهای توضیحی ۹۵ درصد تغییرات متغیر وابسته را توضیح می‌دهند.

به بیان دیگر این کشورها در دوره زمان ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۷ که اغلب آن‌ها در مراحل قبل از صنعتی شدن بودند، با افزایش در تولید ناخالص داخلی میزان آلودگی آب به تناسب با رشد اقتصادی افزایش یافته است. زیرا ساختار بخش‌های صنعتی به‌علت مصرف انرژی زیاد در فرایند تولید، مستهلک بودن فناوری، تخلیه پساب و استفاده از سموم و آفت‌کش‌ها در بخش کشاورزی، محیط زیست را آلوده می‌کنند. البته انتظار می‌رود بعد از رسیدن به یک نقطه اوج روند کاهشی را در پیش بگیرند و محیط زیست را به مخاطره نیندارند.

با در نظر گرفتن ضریب سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیاری برای رشد اقتصادی، فرضیه کوزنتس برای کشورهای توسعه یافته رد می‌شود ولی در کشورهای در حال توسعه به دلیل منفی بودن ضریب، مجذور این متغیر منفی است و وجود رابطه کوهانی شکل بین افزایش آلودگی آب و سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی اثبات می‌شود. علاوه بر این بر اساس همه نتایج، ضریب جمعیت مثبت است که بیانگر این واقعیت است که افزایش میزان جمعیت، سبب آلودگی بیشتر آب خواهد شد.

با توجه به نتایج پژوهش انجام شده برای کاهش آلودگی آب در کشورهای منتخب، پیشنهاد می‌شود که همه کشورها از لحاظ آلودگی آب مورد بررسی دقیق قرار گیرند و برای دستیابی به رشد و توسعه پایدار، برای صنایعی که بیشترین میزان آلاینده‌ها را دارند استانداردهایی تدوین شود. با توجه به این که درصد زیادی از تولید ناخالص ملی کشورهای در حال توسعه را منابع طبیعی آنها تشکیل می‌دهد، اجرای سیاست‌های محیط زیستی با تأکید بر آب، مورد توجه و برنامه‌ریزی قرار گیرد.

داده‌های تابلویی به روش اثرات ثابت با در نظر گرفتن شاخص سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیار رشد اقتصادی برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. براساس اطلاعات موجود در جدول، ضریب سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی در کشورهای توسعه یافته منفی به‌دست آمده که بیانگر رد فرضیه کوزنتس محیط زیستی است؛ ولی در کشورهای در حال توسعه این ضریب مثبت است. ضریب مجذور این متغیر منفی است و بیانگر وجود رابطه کوهانی شکل بین افزایش آلودگی آب و سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیاری برای رشد اقتصادی است. علاوه بر این بر اساس این جدول نیز، ضریب جمعیت مثبت بوده و از لحاظ آماری معنی‌دار است و به این معنی است که افزایش میزان جمعیت سبب آلودگی بیشتر آب خواهد شد.

Table 2: Estimates by Kuznets environmental model based on Added value index (in both developed and developing countries)

جدول ۲- برآورد مدل کوزنتس محیط زیستی با معیار قرار دادن سهم ارزش افزوده صنعت (در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه)

	Developed countries		Developing countries	
	parameter	Probe	parameter	probe
BOD				
C	119798	0.44	-214.9	0.98
IND	-11365.8	0.22	0.002	0.24
IND2	243.7	0.08	-12.43	0.1
POP	0.009	0.001	0.002	0.001
R2	0.94		0.95	

در کل می‌توان به این نتیجه رسید که منحنی کوزنتس محیط زیستی برای کشورهای در حال توسعه با در نظر گرفتن شاخص تولید ناخالص داخلی و سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیار رشد اقتصادی پذیرفته شده است و برای کشورهای توسعه یافته فرض وجود این منحنی رد می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تخمین مدل‌ها در این پژوهش بیانگر آن است که با در نظر گرفتن شاخص تولید ناخالص داخلی به‌عنوان معیار رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته، رابطه U شکل بین آلودگی آب و تولید ناخالص داخلی وجود دارد و فرض منحنی کوزنتس محیط

References

۷- مراجع

1. Brundtland, G. (1987). "Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development." UN documents. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (Oct.10, 2016).
2. Beckerman, W. (1992). "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment.?" *World Development*, 20(4), 481-496.
3. Bartlet, B. (1994). "The High Cost of Turning Green." academia.edu, <https://www.academia.edu/1421033/The_high_cost_of_turning_green> (Jun.12,2016).
4. HAWQS Beta Webcast Schedule and Registration.(2016). <https://www.epa.gov/waterdata/hawqs-hydrologic-and-water-quality-system> (August 16, 2016)
5. Krishna, P. (2014). "Environmental Kuznets curve for water quality parameters at global level." PhD. Thesis, the Department of Agricultural Economics and Agribusiness at Louisiana State University Baton Rouge, Louisiana.
6. Thompson., A. (2014). "Environmental Kuznets curve for water pollution: The case of border countries." *Modern Economy*, 5, 66-76.
7. Katz, D. (2014). "Water use and economic growth: Reconsidering the environmental Kuznets curve (EKC) relationship." *Journal of Cleaner Production*, 88, 205-213.
8. Wong, Y. L., and Lewis. L. (2013). "The disappearing environmental Kuznets curve: A study of water quality in the Lower Mekong Basin (LMB)." *Environmental Management*, 131, 415-425.
9. Arbab, H., and Abassifard, Z. (2012). "Analysis of relation of water pollution and economic growth in under-development and developed country." *Quarterly Iranian Energy Economics*, 1(3), 1-16. (In Persian)
10. Mohammadi, M., and Aghaie, S. (2015). "Analysis of environmental Kuznets curve for air and water pollution in selected under developing countries." *Economic Research Journal*, 14(56). 43-74
11. Biabi, H., Mohammadi, H., and Abolhasani, L. (2015). "The effect of economic factors on underground water pollution in two groups of developed and under developing countries." *Journal of Economic and Agriculture Developing*, 1(29). 86-93 (In Persian)
12. Pajouyan, J., and Moradhasel, N. (2007). "Analysis effect of economic growth on air pollution." *Economic Research Journal*. 7(4). 141-160. (In Persian)
13. Kuznets, S. (1955). "Economic growth and income inequality." *American Economic Review*, 45, 1-28.
14. Grossman, G., and Krueger, A. (1991). "Environmental impacts of a north american free trade agreement." *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
15. Shafik, N., and Bandyopadhyay, S. (1992). "Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence." World bank, <<http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/pdf/multi-page.pdf>>
16. Panayotou, T. (1997). "Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool." *Environment and Development Economics*, 2, 465-484.
17. Bulte, E. H., Soest, D. P. (2001). "Environmental degradation in development countries: Households and the (reverse) environmental Kuznets curve." *Journal of Development Economics*, 65(1), 225-235.
18. Mielnik, O., and Goldemberg, J. (1999). "The evolution of the "carbonization index" in developing countries." *Energy Policy*, 27, 307-308.
19. Bruyn, D., O. (1997). "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations." *Ecological Economics*, 20, 255-268.
20. Stern, D. (2003). "The environmental kuznets curve." *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47, 325-347.
21. Fotros, M., Ghafari, H., and Shahbazi, A. (2010). "Analysis relation between air pollution and economic growth in oil exporter countries." *Growth and Economic Development Research Journal*, 1(1), 59-77 (In Persian)
22. The World Bank Group. (2015). "World development indicators 2015." world bank data <<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>>
23. Nasrolalahi, Z., and Ghafari, M. (2009). "Economic development and environment pollution in annex I of Kyoto protocol and south western Asia countries." *Journal of Economic Research*, 9(2), 105-128. (In Persian)