علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، شماره یک، بهار ۹۵

بررسی اثر نانوتکنولوژی بر محیط‌زیست

مریم لشکری زاده[1*]

Lashkarizadehm@yahoo.com

مریم اسحقی[2]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۵ **تاریخ پذیرش:۹۴/۱۰/۷**

چکیده

زمینه و هدف: فن‌آوری نانو طی سال‌های اخیر، ابعاد مختلف زندگی انسان را متأثر نموده است. این فناوری دارای آثار گسترده ای بر اقتصاد، تولید و محیط زیست است. تاثیرات نانو تکنولوژی بر محیط زیست می تواند دارای ابعاد مختلفی باشد. تکنولوژی نانو می تواند هم اثر مثبت و هم اثر منفی بر محیط زیست داشته باشد. در واقع به کارگیری تکنولوژی نانو موجب کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار و تولید زایدات ومصرف مواد خام ودر نتیجه کاهش خسارت به محیط زیست می شود. با این وجود، ذرات نانو ممکن است سرعت جهش باکتری ها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند. این تحقیق با هدف بررسی اثر نانو تکنولوژی بر محیط زیست مخصوصا آلاینده دی اکسید کربن انجام یافته است.

روش بررسی : در مطالعه حاضر با استفاده از روش داده های تلفیقی و مدل اثرات ثابت، به بررسی اثر نانوتکنولوژی بر محیط زیست به تفکیک در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه (از جمله ایران) برای دوره زمانی ۲۰۱۰- ۱۹۹۷ پرداخته شده است.

یافته ها: نتایج حکایت از آن دارد که هم زمان با افزایش شدت آلودگی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی،صنعتی شدن و رشد جمعیت، فن‌آوری نانو توانسته در کشورهای توسعه یافته به بهبود کیفیت محیط زیست کمک کند. اما در کشورهای در حال توسعه نانو تکنولوژی تاثیری معنی داربر کیفیت محیط زیست نداشته است.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به تاثیر مثبت و معنی دار نانو تکنولوژی بر کاهش آلاینده ها در کشورهای توسعه یافته می توان نتیجه گرفت چنان‌چه در کشورهای در حال توسعه نیز به فناوری نانو اهمیت داده شود می تواند در کاهش آلودگی هوا موثر باشند.

واژه های کلیدی: نانو تکنولوژی، محیط‌زیست، آلودگی، داده‌های تلفیقی

۱- استادیار، گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران *(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناسی ارشد علوم اقتصادی- توسعه اقتصادی و برنامه ریزی

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.1, spring, 2017

Investigating the impact of nanotechnology on environment

Maryam Lashkarizadeh[1]*

lashkarizadehm@yahoo.com

Maryam eshaghi[2]

Abstract

Background and Objective: In recent decades, nanotechnology has affected different aspects of human being life. This technology has various impacts on economics, production and subsequently environment of each country. Nanotechnology could have both positive and negative impacts on environment. The use of this technology reduces the energy consumption, production of by products and greenhouse gas emission. However, nanoparticles might increase the growth of bacteria which is a threat for both environment and public health.

Methods: In the current study using panel data method, the impact of nanotechnology on environment in both developed and developing countries (such as Iran) for a period of 13 years (1997 to 2010) is investigated.

Findings: The results indicated that using nanotechnology in developed countries mitigated the impacts of increased pollution, as a result of economic growth, industrial and population growth on environment; however, in developing countries using this technology did not have significant impacts on environment

Discussion and Counclusion: Due to the significant positive impact and nanotechnology in reducing the pollutants in developed countries can be concluded so what developing countries will also be given to the importance of nanotechnology can be effective in reducing air pollution.

Key words: Nanotechnology; Environment; Pollution; Panel data.

1- Assistant Professor ,Department of Economics, Firoozkuh Branch, Islamic Azad university ,Firoozkuh,Iran *(Corresponding Author).

[2] -Master of economic, economic development and planning.

مقدمه

طی دهه های اخیر چالش های زیست محیطی به گونه ای بوده که به یکی ازمهم ترین دغدغه های سیاست گذاران تبدیل شده است.در روند حرکت جهانی به سوی توسعه پایدار، توجه به آسیب های محیط زیستی امری ضروری محسوب می شود. امروزه کشورها علاوه بر سیاست ها و اقدامات درون مرزهای خود، ساماندهی آلودگی را در حـــوزه بین المللی نیز دنبـــال می کنند و انگیزه های حمایت از محیط زیست روز به روز تقدم بیشتری می یابد و اهمیت آن در برنامه های سیاسی بیشتر ملموس می گردد .در نظر گرفتن اثرات زیان بار و خساراتی که آلاینده های ناشی از رشد روز افزون جمعیت و صنعت در محیط زیست ایجاد می کنند، لزوم تحقیق و مطالعه در این زمینه و یافتن بهترین و عملی ترین راهکارها برای حل این مشکل را ضروری می نماید. امروزه روش های علمی مختلفی در جهت بهبود کیفیت محیط زیست در سراسر دنیا توسط متخصصان پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته اند که هر کدام مبتنی بر اصول خاصی بوده و نتایج متفاوتی را ارایه می نمایند . یکی از این روش ها استفاده از فن آوری نانو است . فناوری نانو از هم گرایی علوم فیزیک، شیمی و زیست شناسی به وجود آمده است. نانو دارای ریشه یونانی می باشد. این فناوری توانایی کار در سطح اتم و زمینه ایجاد ساختارهایی را که نظم مولکولی کاملاً جدیدی دارند ، فراهم می آورد.در واقع نقش نانو پدیده هایی هم چون نانو لوله ها نانو حس گرها، نانو کاتالیست ها و نانو کامپوزیت ها در محیط زیست، با توانایی حذف یا کاهش آلاینده های هوا که در دهه های اخیر در کشورهای صنعتی و پیشرفته به کار گرفته شده، به تازگی مورد توجه کشورهای در حال توسعه نیز قرار گرفته است . البته قبل از استفاده از محصولات این فناوری در محیط زیست، لازم است ارزیابی دقیقی از تأثیرات مثبت و منفی کاربردآن ها بر محیط زیست صورت گیرد. در زیر به برخی جنبه‌های مثبت و منفی استفاده از فناوری نانو در محیط زیست پرداخته شده است.

الف –اثرات سودمند نانو تکنولوژی بر محیط زیست

۱-درزمینه انرژی، نانوتکنولوژی می‌تواند به طور قابل توجهی کارایی، ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تاثیر قرار داده و مصرف انرژی را کاهش دهد ،کاهش مصرف انرژی تاثیر به سزایی در کاهش آلودگی های هوا خواهد داشت.

۲- یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی است .با استفاده از نانوحس گرها هم چون غبار هوشمند، پیشرفت مؤثری در زمینه ی کنترل آلودگی صورت گرفته است.

۳- نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره ی زندگی صنعتی است. متأسفانه هشداردهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می شوند. با استفاده از نانو حس گرها که از نانوتیوب های تک لایه به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده اند و می توانند مولکول های گازهای سمی را جذب نمایند، نگرانی در خصوص نشت گازهای سمی کاهش یافته است. این گونه حس گرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی اکسید نیتروژن و دی اکسید کربن که از جمله گازهای سمی به شمار می روند، با موفقیت آزمایش شده اند. هم چنین فیلتر هوشمند نانو لوله کربنی، جاذب آلاینده های محیط زیست براساس فناوری نانو الکترونیک طراحی و ساخته شده و ۹۷ درصد مواد سمی و آلاینده های هیدروکربنیک موجود در هوا مانند مونواکسید کربن و دی اکسید کربن را پس از جذب به کربن ممتاز یا دوده صنعتی تبدیل می کند.بنابراین علم نانو می تواند به کاهش آلاینده های هوا بعد از انتشار نیز بسیار کمک کند (۱).

۴- خودروها یکی از عوامل اصلی آلاینده های زیست محیطی می باشند .نانو تکنولوژی با ورود خود به صنایعی مانند خودروسازی از طریق کاهش مصرف سوخت خودرو، ساخت کاتالیزورهای اگزوز خودرو برای تصفیه ی گاز های خروجی اگزوز اتومبیل ها می تواند در جهت کاهش آلاینده های هوا موثر باشد. استفاده وسیع از نانوکامپوزیت ها می‌تواند به کاهش مصرف ۱/۵ میلیارد لیتر بنزین در عمر یک سال وسایل نقلیه

منجر شود و آلودگی های مربوط به دی‌اکسیدکربن را سالانه بیشتر از ۵ میلیارد کیلوگرم کاهش دهد

تولید نانوکامپوزیت ها با استفاده از فناوری نانو منجر به تولید مواد اولیه بسیار مقاوم و سبک شده که این مواد قادرند جایگزین قطعات فلزی سنگین شده و کاهش چشمگیری در وزن تجهیزات و قطعاتِ خودرو و متعاقب آن کاهش چشمگیر در مصرف انرژی و نهایتا آلودگی هوا داشته باشند(۲).

۵-این تکنولوژی قادر به بهبود روش های ارزیابی، مدیریت و کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت هایی را برای تولید محصولات جدید و سالم فراهم می نماید. فناوری نانو در حفظ محیط زیست نقش مهمی در اصلاح خاک های آلوده و حذف یا پاک سازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب، خاک و هوا ایفا می کند، هم چنین با توسعه فرآیند تولید سبز، انتشار و تولید زایدات را کاهش داده و نیز موجب کاهش مصرف مواد خام مورد نیاز شده و راهکاری در جهت حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار به حساب می آید(۳).

با توجه به توانمندی های فراوان فناوری نانو در حذف و کنترل آلودگی های محیطی و تصفیه و جلوگیری از انتشار آن ها می توان آن را به عنوان یک تکنولوژی سبز و ابزاری موثر برای دست یابی به توسعه پایدار در نظر گرفت.

ب-تأثیرات مخرب فناوری نانو بر محیط زیست

ذرات نانو و فناوری نانو علاوه بر مفید بودن می توانند دارای خطرات احتمالی نیز باشند، بنابراین باید مسایل مرتبط با ایمنی و خطرات احتمالی همراه با این روش های جدید را در نظر گرفت. ذرات نانو ممکن است سرعت جهش (mutation) باکتری ها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند. علی رغم این که فناوری نانو محصولات موجود را مؤثرتر و کارآمدتر می نماید، اندازه این ذرات که جزء خواص مهم آن ها است، می تواند سلامتی و محیط زیست را تهدید نماید. این ذرات از گرده های گل گیاهان و مواد حساسیت زای معمولی نیز کوچکتر هستند و می توانند تولید حساسیت نمایند. این ذرات می توانند به سیستم دفاعی و ایمنی بدن موجودات زنده و انسان حمله کنند. بعضی از این ذرات قادرند پس از تنفس به کیسه های هوایی ریه ها آسیب برسانند که در این بین ماکروفاژها سعی می کنند تا آن ها را از بین ببرند و مانع از عبور این ذرات و ورود شان به خون شوند ولیکن ماکروفاژها در تشخیص ذرات با قطر کمتر از ۷۰ نانومتر دچار مشکل می شوند و این ذرات می توانند به آسانی در خون نفوذ نمایند. گزارش شده است که نانوذرات مانند کربن سیاه و دی اکسیدتیتانیوم که در فرآیندهای صنعتی کاربرد زیادی دارند و به آلودگی هوا نیز کمک می کنند، موجب ایجاد التهاب و جراحت های پوستی شده و در ریه باقی مانده و انباشته می گردند. ذرات اکسیدروی و دی اکسید تیتانیوم باعث تولید رادیکال های آزاد در سلول پوستی شده و به DNA آسیب می رسانند و این آسیب به DNA موجب جهش (mutation) می شود و تغییراتی در ساختمان پروتیین به وجود می آورد که ممکن است باعث سرطان و تومور گردد.

نانوذرات طبیعی احتراق احتمالاً مهم ترین منبع تولید ذرات نانوی طبیعی در محیط زیست می باشند. انتشار نانو ذرات مهندسی شده در محیط زیست خطرناک تر از ذرات طبیعی است، زیرا آن ها مواد جدیدی هستند و انسان ها و موجودات زنده دیگر ممکن است دارای مکانیزم های دفاعی کافی در مقابل شان نباشند. بررسی ها نشان می دهد به طور کلی ذرات نانوکربنی و دی اکسیدتیتانیوم سمی تر از ذرات بزرگ همان مواد هستند(۱).

جنبه نوآوری پژوهش حاضر در به کاربردن مدلی جهت بررسی اثرات نانوتکنولوژی بر محیط زیست در دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه می باشد.

در این مقاله، پس از مقدمه حاضر در بخش دوم به ادبیات موضوع پرداخته می‌شود که شامل چارچوب نظری و مروری بر بررسی‌های انجام شده در زمینه تبعات محیط‌زیستی فن‌آوری نانو می‌باشد. در بخش سوم، به معرفی مدل انتخابی، داده‌ها و روش تخمین مدل پرداخته شده است. در بخش چهارم، نتایج تخمین مدل و تحلیل‌های کمی ارایه شده است. بخش پنجم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

ادبیات موضوع

محیط زیست یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار[1] محسوب می-شود. در این راستا باید ارتباط متقابل و انطباق میان ارکان الگوی توسعه پایدار، مثلاً رشد اقتصادی و رشد تکنولوژیکی به نحوی باشد که برآیند آن ها بتواند از کاستی‌های الگوی پیشین توسعه بکاهد، به‌گونه‌ای که پایداری الگوهای کنونی توسعه بیشتر شود و تحولات توسعه‌ای به‌طریقی صورت گیرد که نظام طبیعت، پویایی تعادلی خود را از دست ندهد. واژه "توسعه پایدار" از دهه ۱۹۸۰ در ادبیات اقتصادی وارد گردیده است و تا به امروز تعاریف متعددی از این واژه شده است. سه دیدگاه مختلف از "توسعه پایدار" وجود دارد:

دیدگاه اول که آن را دیدگاه بازار گرا[2] می‌نامند، محور اصلی توسعه پایدار را رشد اقتصادی و تکنولوژیکی می‌داند. بر اساس این دیدگاه توانایی اقتصادی که در نتیجه رشد اقتصادی و فنی حاصل می‌شود عامل مهم حفظ محیط زیست است، زیرا در اقتصادهای فقیر و عقب‌مانده از نظر تکنولوژی، محیط زیست به ناچار مورد تخریب قرار می‌گیرد.

دیدگاه دوم که آن را دیدگاه مارکسیسم جدید[3] می‌نامند توسعه پایدار را در شرایط سیاسی- اقتصادی فعلی جهان غیر قابل تحقق می‌داند و برای رسیدن به توسعه پایدار تغییر نظام سیاسی- اقتصادی و روابط سلطه‌آمیز کنونی کشورهای پیشرفته صنعتی با کشورهای در حال توسعه را در اولویت قرار می‌دهد.

سرانجام دیدگاه سوم که آن را دیدگاه محیط گرا[4] می‌نامند، رشد اقتصادی را ماهیتاً در تضاد با حفاظت محیط زیست می-داند و تنها راه حفظ محیط زیست را در محدود کردن رشد تولید و مصرف زدگی می بیند .بنابراین جوامعی که در مراحل اولیه حرکت به سوی توسعه هستند یا به عبارتی در سطوح پایین توسعه قرار دارند ، با تلاش‌هایی که برای رسیدن به سطح رشد بالاتر می‌کنند از قبیل فعالیت‌های کشاورزی و شدت بخشیدن به استخراج از معادن با استفاده از زیر ساخت‌های فرسوده و ناکارآمد از لحاظ تکنولوژیکی و به دنبال آن صنعتی شدن باعث تخلیه منابع و تولید ضایعات و در نتیجه آلودگی محیط زیست می‌گردد که نتیجه حاصل بیان گر و مؤید منحنی زیست محیطی کوزنتس[5] می‌باشد.

از نظر دیدگاه بازار گرا در مورد توسعه پایدار، در این مرحله، رشد و پیشرفت تکنولوژی موجب کاهش آلودگی می‌گرددالبته تکنولوژی‌های به کار رفته تکنولوژی‌های دوستار محیط زیست و انسانی‌اند و رشدی که از طریق آن ها به وقوع می‌پیوندد در اقتصادهای توسعه یافته به رشد سبز[6] معروف گشته است. طی دهه ۱۹۹۰، بررسی‌های زیادی، اثبات فرضیه کوزنتس و بررسی عوامل تأثیرگذار بر محیط‌زیست از جمله تکنولوژی را با استفاده از مدل‌های Adhoc در دستور کار خود قرار دادند. این روند از اوایل دهه ۲۰۰۰، با کمک مبانی خرد ادامه یافته و اثبات فرضیه منحنی کوزنتس با توجه به بنیان‌های خرددنبال شده است. در این چارچوب، کوپلند و تیلر مدلی را به منظور بررسی رابطه تکنولوژی و محیط زیست مطرح کردند، در مدل آن ها دو کالای x و y در نظر گرفته شده‌اند که هر کدام دارای توابع تولیدی هستند که بازده نسبت به مقیاس ثابت دارند. این دو کالا در شدت انتشار آلودگی در فرآیند تولیدی متفاوت هستند، یعنی کالای x باعث تولید آلودگی Z در طی فرآیند تولیدی می‌شود، در صورتی که کالای y کالایی پاک است که هیچ گونه آلودگی را در فرآیند تولیدی ایجاد نمی‌کند. نهاده های اولیه برای تولید کالا، سرمایه (k) و نیروی کار (L) می‌باشد. هم چنین قیمت کالای x یا کالای آلوده p است وقیمت کالای پاک برای سادگی نرمال فرض شده است ،در این حالت تابع تولید کالای y به صورت زیر است:

$$Y=H(K_y,L_y) \qquad (۱)$$

که H تابعی فزاینده و مقعر است. تولید کالای x با آلودگی Z همراه است و هر واحد تولید کالای x یک واحد آلودگی (e) به همراه دارد. تابع تولید کالای x به صورت زیر می‌باشد:

$$X=z^{\alpha})f(K_X,L_X)(^{1-\alpha} \qquad (۲)$$

1- Sustainable Development.
2- Market-Based Approach.
3- Neo-Marxism Approach.
4- Ecology-Centered Approach.

5-Environmental Kuznets Curve (EKC).

هم چنین در این مدل فرض شده که قوانین آلودگی از طرف دولت وضع می‌شود و بنگاه با قیمتی برابر t برای هر واحد نشر آلودگی مواجه است. t می تواند بیان گر مالیات بر آلودگی باشد که قیمت آن در بازار تعیین می‌گردد. کالای x یا کالای آلاینده در این اقتصاد، یک کالای سرمایه بر در نظر گرفته شده که افزایش میزان سرمایه تولید کالای x را افزایش و تولید کالای y را کاهش می‌دهد. زیرا کالای y یک کالای کاربر می‌باشد. نهایتاً این که مدل بر اساس یک اقتصاد باز، اما کوچک پایه‌ریزی شده است.

با لحاظ کردن عوامل تولید، قیمت و سیاست مبارزه با آلودگی توابع تولید دو کالا به صورت زیر بازنویسی می‌شود.

$$X=x(p,t,k,L) \quad (۳)$$

$$Y=Y(p,t,k,L) \quad (۴)$$

به منظور به دست آوردن تابع درآمد ملی فرض شده که بازارها رقابتی هستند و بخش خصوصی ارزش درآمد ملی را برای هر سطح از آلودگی مشخص(z) ماکزیمم می‌کند. اگر در آمد ملی با G نشان داده شود آن گاه:

(۵)

$$G(P,K,L,z)=\max_{(x,y)}\{px+y:\ (x,y)\ \epsilon\ T(K,L,z)\}$$

(T = بیان گر سطح تکنولوژی موجود است)

$$X=\frac{\partial G}{\partial P};\quad r=\frac{\partial G}{\partial k};\ w=\frac{\partial G}{\partial L};\quad t=\frac{\partial G}{\partial z} \quad (۶)$$

از رابطه (۶) مشخص می‌شود که قیمت یک واحد ایجاد آلودگی برابر با هزینه نهایی کاهش آلودگی است.

از طرف دیگر بنگاه‌ها، شدت آلودگی را انتخاب می‌کنند که هزینه‌های تولیدشان را می نیمم کند.

$$e=\frac{z}{x}=\frac{\alpha p}{t}\leq 1 \quad (۷)$$

(e = میزان آلودگی به ازای یک واحد تولید کالای آلاینده X است.) عبارت (۷) بیان می‌کند با افزایش مالیات بر آلودگی شدت نشر آلودگی کاهش می‌یابد و زمانی که قیمت کالای آلاینده (p) افزایش یابد ، شدت e بالا می‌رود.هم چنین عبارت (۷) بیان گر معکوس تابع تقاضا برای آلودگی است. بنابراین تابع تقاضای آلودگی که از معکوس کردن رابطه (۷) و با وارد کردن تابع تولید کالای آلاینده به دست می‌آید، به صورت زیر است:

$$Z=e(p/t)x(p,t,k,L) \quad (۸)$$

تابع (۸) بیان گر شیب منفی منحنی تقاضای آلودگی است. با کاهش مالیات بر آلودگی (t) شدت نشر آلودگی (e) بالا می-رود، چرا که هزینه تولید کالای آلاینده کاهش می یابد و برعکس .

از طرفی رشد اقتصادی باعث افزایش درآمد واقعی می شود و بنابراین می‌تواند مقیاس اقتصاد را افزایش دهد. در این اقتصاد فرضی دو کالایی رشد اقتصادی از مجموع ارزش محصولات که در سطح قیمت های جهانی محاسبه شده اند به صورت زیر به دست می آید :

$$S=P^0_X X+P^0_Y Y \quad (۹)$$

که P^o_X , P^o_y بیان گر سطح قیمت های جهانی در سال پایه می‌باشد. با قرار دادن قیمت‌های سال پایه در معادله (۹) و برابر گرفتن آن ها با واحد می‌توان از معادله (۹) برای نوشتن آلودگی به صورت زیر استفاده کرد.

$$Z=ex=e\varrho_x s \quad (۱۰)$$

$$\varrho_X=P_X^O X/S=X/S\varrho \quad (۱۱)$$

که x/S بیان گر سهم کالای آلوده X در تولید کل و با در نظر گرفتن قیمت‌های سال پایه می‌باشد. بنابراین میزان آلودگی (Z) وابسته به شدت نشر آلودگی (e)، سهم کالای آلاینده در اقتصاد و مقیاس اقتصادی s می‌باشد.

عبارت s اثرات مقیاس را نشان می‌دهد، اگر اقتصاد مقیاس خود را با ثابت نگه داشتن ترکیب کالاهای تولید شده و روش تولید افزایش دهد، آلودگی افزایش می‌یابد.

عبارت x/S اثرات ترکیبی را بیان می‌کند که به وسیله تغییر سهم کالای آلاینده در درآمد ملی به دست آمده است. اگر مقیاس اقتصادی و شدت نشر آلودگی ثابت در نظر گرفته شود، آن گاه اقتصادی که منابع بیشتری را برای تولید کالای آلاینده اختصاص می‌دهد آلودگی بیشتری خواهد داشت.

e ، اثر تکنیکی را نشان می دهد.با ثبات نگه داشتن تمام موارد دیگر کاهش در شدت نشر آلودگی به وسیله تکنولوژی پاک مانند نانو تکنولوژی و یا استفاده از روش های کارای کاهش

آلودگی باعث کاهش در میزان آلودگی کل می‌شود که عبارت e گویای تأثیر تکنولوژی بر کیفیت زیست محیطی z می‌باشد(۴).
از طرفی درک ارتباط متقابل بین این اثرات نقش مهمی در تعیین این دارد که چگونه رشد اقتصادی بر محیط زیست اثر می‌گذارد، دارد. به طوری که اگر اثرات تکنیکی و تکنولوژیکی بر اثرات مقیاس و ترکیب غالب شوند، آن گاه در طی فرایند رشد اقتصادی آلودگی کاهش می‌یابد و برعکس اگر اثرات مقیاس و ترکیب بر اثر تکنیک غالب شوند، آلودگی همراه با رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. در مراحل اولیه توسعه اقتصادی که اقتصاد در حال رشد است و سهم کالاهای آلاینده(صنعتی) در اقتصاد بیشتر است، آلودگی تا رسیدن به نقطه برگشت منحنی کوزنتس افزایش می یابد. پس از نقطه برگشت منحنی کوزنتس یعنی در مراحل بعدی توسعه که سهم کالای صنعتی آلاینده کمتر و سهم بخش خدمات که آلودگی کمتری تولید می کند بیشتر می شود،آلودگی کاهش می یابد.هم چنین در سطوح بالای توسعه یافتگی که استفاده از تکنولوژی پاک و روش بهینه مبارزه با آلودگی بیشتر می شود، آلودگی کاهش می‌یابد که این روند تغییرات منحنی زیست محیطی کوزنتس را نتیجه می دهد.بنابراین براساس مدل کوپلند و تیلر روند تغییرات سه اثر مقیاس، ترکیب و تکنولوژی علت به وجود آمدن منحنی زیست محیطی کوزنتس می باشند.

یابونا نیز با ارایه مدلی نشان داد که اثر تکنولوژی یکی از عوامل تاثیر گذار بر آلودگی است.در مدل وی فرض می‌شود مصرف کننده نمونه‌ای ،با تابع مطلوبیت و آلودگی به صورت زیر مواجه است:

$$U = U_0 C^{\alpha} P^{-\beta} \qquad (۱۲)$$

$$P = P_0 Y^{\gamma} E^{-\gamma}$$

U ، P0 ،α ،β ، γ، δ پارامترهای مثبتی می‌باشند. در مدل ارایه شده P آلودگی، Y درآمد و E نشان دهنده تلاش برای کاهش آلودگی است. هم چنین فرض شده قیمت کالاهای مصرفی (C) نرمال شده و هزینه کاهش آلودگی (e) برونزا است. با این فروض مصرف کننده با یک محدودیت بودجه به صورت زیر مواجه است:

$$Y = C + e\,E \qquad (۱۳)$$

با ماکزیمم کردن رفتار مصرف کننده با توجه به محدودیت بودجه، مصرف بهینه و سطح بهینه تلاش برای کاهش آلودگی به دست می‌آید که با در نظر گرفتن مقادیر بهینه به دست آمده می‌توان رابطه زیر را برای داشتن تعادل در اقتصاد استخراج کرد.

$$p = p_0 y^{\gamma-\delta}\left[\frac{(\alpha+\beta\delta)e}{\beta\delta}\right]^{\delta} \qquad (۱۴)$$

تا زمانی که اقتصاد در حال رشد است، رشد درآمدها نیز مثبت می‌باشد. (dY >0)

بنابراین بر اساس معادله (۱) می‌توان نشان داد با توجه به مثبت بودن dY، dP زمانی منفی می‌شود که مقدار γ کمتر از δگردد. بدین معنی که باید اثر تلاش برای کاهش آلودگی از اثر درآمد برافزایش آلودگی بزرگتر باشد. از طرفی با کاهش مقادیر پارامترهای α،e ، P_0 و یا افزایش پارامترهای β ، δ آلودگی کاهش یافته و کیفیت محیط زیست بهبود می‌یابد. همان طور که مشخص است پارامترهای α و β به ترجیحات مردم بین مصرف کالا و آلودگی ارتباط دارد. با کاهش α وافزایش β به علت این‌که مقدار نهایی جانشینی آلودگی نسبت به مصرف کاهش می‌یابد، کیفیت محیط زیست بهبود پیدا می‌کند. علاوه بر این یک δ بزرگتر یا یک P_0 کوچکتر بیان می‌کند که کنترل و کاهش آلودگی به علت استفاده و نیز ارتقای سطح تکنولوژی-های دوستدار محیط زیست، نسبت به قبل به طور کاراتری صورت می‌گیرد. نهایتاً این که کاهش e نیز می‌تواند اثر مثبتی بر کاهش آلاینده‌ها داشته باشد. زیرا e کوچکتر به معنی ارزانتر بودن هزینه کاهش و کنترل نشر آلودگی می‌باشد(۵).

بنابراین با استفاده از رابطه (۱۴) و مدل مطرح شده می‌توان عوامل تأثیر گذار بر محیط زیست را مربوط به اثرات زیر دانست:

۱-اثر مقیاس

۲- اثر خالص درآمدی یا اثر ترجیحات

۳- اثر تکنیکی

۱-اثر مقیاس: به این معنی است که به هنگام افزایش درآمد که ناشی از فعالیت وسیع‌تر اقتصاد است، آلودگی بیشتری نیز

ایجاد خواهد شد. انتظار می‌رود اثر مقیاس بر آلودگی با توجه به دو اثر دیگر، یک تابع یکنواخت فزاینده از درآمد باشد.

۲-اثر خالص درآمدی یا اثر ترجیحات: بر اساس مطالعات کاربردی صورت گرفته مانند تیک[1]و کریستروم[2] و فلورنز[3]، مشخص شده که تقاضای مصرف کنندگان برای کالاهای زیست محیطی در برابر تغییرات درآمد واکنش نشان می‌دهد. واکنش درآمدی برای کالای زیست محیطی بزرگتر از یک بوده که بیان گر لوکس بودن این کالاها می‌باشد. در سطوح بالای درآمدی تقاضا برای کالای زیست محیطی بیشتر خواهد بود که افزایش تقاضای مردم برای داشتن محیط زیست سالم‌تر دولت را وادار می‌کند تا قوانینی به منظور بهبود محیط زیست وضع کند.

۳-اثر تکنیکی: اصولاً فعالیت‌های کاهش دهنده آلودگی تابعی از سطح تکنولوژی به کار رفته در آن ها می‌باشند. بهبود تکنولوژی به دو صورت زیر در کاهش آلودگی موثر واقع می گردد:

اول این که با بهبود تکنولوژی و استفاده از فناوری‌های جدید مانند نانو و فاوا، توابع تولید احتیاج کمتری به کالای زیست محیطی خواهند داشت و یا این که به عنوان کالای مکمل تولید، میزان کمتری آلودگی تولید خواهد شد، یعنی تولید کالاها با تخریب کمتر محیط زیست همراه می‌شود.

دوم آن که بهبود تکنولوژی می‌تواند در صنایع کاهش آلودگی نیز رخ دهد و باعث گردد که این صنایع به نحو کاراتر عمل کرده و با هزینه‌های کمتری نسبت به دفع آلودگی اقدام کنند.

۳- مروری بر مطالعات انجام شده

مطالعات داخلی

- سرحدی و همکاران (۱۳۷۸) در تحقیق خود به بررسی نقش نانوتکنولوژی در کاهش آلودگی هوا پرداخته اند.نتیجه مطالعه نشان داد فناوری نانو می تواند باعث حذف گازهای خطرناک و آلوده کننده های محیط زیست، فرآیند مایع سازی زغال سنگ با بهره بالا، کاهش گرم شدن کره زمین و باران اسیدی شود که از آلودگی های خطرآفرین هستند. هم چنین تصفیه هوای داخل ساختمان ها از جمله مهم ترین توانایی های نانوتکنولوژی در خصوص کاهش آلودگی هوامی باشـــد. فراهم آوردن زیرساخت های لازم برای ایجاد و گسترش این تکنولوژی و تدوین برنامه های ملی نانوتکنولوژی از اهم اولویت ها است، چرا که نانوتکنولوژی را باید به عنوان مقوله ای بلندمدت در نظر گرفت که حداقل نیمه اول قرن ۲۱ را به طور مداوم تحت تاثیر قرار خواهد داد(۶).
- مردانی و جغتایی(۱۳۸۴) در تحقیق خود با عنوان بررسی میزان اثر بخشی نانوتکنولوژی بر جنبه های مختلف آلودگی هوا ،به این نتیجه رسیدند که علی رغم اینکه فناوری نانو تاکنون در زمینه ی محیط زیست کاربرد صنعتی نداشته است، اما این فناوری می تواند راه های جدیدی برای بهبود و ارتقای فناوری های زیست محیطی ارایه کند .تولید نانوبیومواد، نانولوله ها ، نانوکامپوزیت ها ، نانوفیلترها و نانوذرات نمونه هایی از استفاده از فناوری نانو هستند که برای ساخت سیستم ها و کاربردهایی چشم گیر در مسایل زیست محیطی و بهداشتی به کار برده می شوند . تولید نانوکامپوزیت ها با استفاده از فناوری نانو منجر به تولید مواد اولیه بسیار مقاوم و سبک شده که این مواد قادرند جایگزین قطعات فلزی سنگین شده و کاهش چشم گیری در وزن تجهیزات و قطعاتِ خودرو، و متعاقب آن کاهش چشم گیر ی در مصرف انرژی ونهایتا کاهش آلودگی هوا در پی داشته باشند(۷)
- آیتی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه ی خود نشان دادند با توجه به اهمیت ویژه و مهم فناوری نانو ،برخی از کشورها برای کسب رده به عنوان یکی از ده کشور اول دنیا برنامه ده ساله تنظیم کرده اند . برنامه های اجرایی در نظرگرفته شده در عرصه

1- Tayek.
2- Kristrom.
3- Florenz.

فناوری نانو سبب کاهش ۱۰ درصدی مصرف انرژی در دهه اول هزاره جدید خواهد شد که ارزش آن یک میلیارد دلار برآورد شده است و این میزان کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت. با توجه به توان مندی های فراوان نانو فناوری در حذف و کنترل آلودگی های محیطی و تصفیه و جلوگیری از انتشار آن ها می توان آن را به عنوان یک تکنولوژی سبز و ابزار موثری برای دستیابی به توسعه پایدار در نظر گرفت(۸).

- علیزاده و شاهوردی (۱۳۸۵) در تحقیق خود با عنوان کاربردهای فناوری نانو در محیط و انرژی های نو به این نتیجه رسیدند که نانولوله های کربنی امکان جذب انتخابی گاز را در یک جریان حاوی مخلوطی از گازها دارا می باشند. این قابلیت نانولوله ها برای حذف گازهای خطرناک ناشی از سوخت بنزین اتومبیل ها و هم چنین آلوده کننده های محیط زیست و نیز دیگر اهداف صنعتی می تواند مورد استفاده قرار گیرد(۹).
- پژویان و تبریزیان(۱۳۸۷) واکنش متقابل بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران را با استفاده از مدل شبیه سازی پویا برای سه آلاینده دی اکسید کربن،گوگرد و ذرات معلق بررسی کردند. نتایج ضمن تایید منحنی کوزنتس نشان می دهد با اعمال سیاست جانشینی گاز طبیعی با فرآورده های نفتی،اتخاذ سیاست های مناسب قیمتی وسرمایه گذاری در تکنولوژی های دوستدار محیط زیست، می توان ضمن افزایش درآمد،آلودگی را نیز کاهش داد(۱۰).
- خیاط ومطیعی (۱۳۹۰)در تحقیق خود با عنوان ارزیابی اثر بخشی فناوری نانو در مبارزه پایدار با آلودگی هوا و کاهش آلاینده ها به این نتیجه رسیدند که تولید نانو بیومواد، نانو لوله‌ها، نانو کامپوزیت‌ها، نانو فیلترها و نانو ذرات نمونه‌هایی از کاربرد فناوری نانو هستند که برای ساخت سیستم ها، در حل مسایل زیست محیطی و مقابله با آلاینده های هوا به کار می روند. موارد متعددی از کاربرد مواد نانو ساختاری در حفظ محیط زیست، از قبیل نانوفیلترها (برای تصفیه پساب های صنعتی)، نانو پودرها (برای تصفیه گازهای آلاینده خروجی از خودروها و واحدهای صنعتی) و نانو تیوب ها (برای ذخیره سازی سوخت کاملاً تمیز هیدروژن) را می توان نام برد. هم چنین استفاده وسیع از نانو کامپوزیت ها، نانو کریستال ها و نانو حس گر ها می‌تواند به کاهش مصرف ۱/۵ میلیارد لیتر بنزین در عمر یک سال وسایل نقلیه منجر شود و آلودگی های مربوط به دی‌اکسیدکربن اتمسفر را سالانه بیشتر از ۵ میلیارد کیلوگرم کاهش دهد. پیل های سوختی زیستی که از نانوفناوری در تولید آن ها استفاده شده، توانایی تبدیل مستقیم انرژی بیوشیمیایی را به انرژی الکتریکی داشته و در این پیل ها از میکروارگانیسم و آنزیم استفاده می شود که جایگزین فلز پیل های معمولی می شود. خصوصیات ویژه و مطلوب این پیل ها این است که از ضایعاتی مانند دی اکسید کربن و فاضلاب انسانی استفاده می کنند(۱۱).

مطالعات خارجی

آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا (۲۰۰۲) در مقاله ای با عنوان نانوتکنولوژی و محیط زیست ذکر کرده که چالش های زیست محیطی بسیاری در قرن ۲۱ وجود دارد و فناوری نانو در بهبود تشخیص و روش های سنجش و حذف مهم ترین آلاینده ها از هوا ، آب، خاک و کشف فرآیندهای صنعتی "سبز" جدید که مواد زاید را کاهش می دهند ، می تواند نقش موثری ایفا کند(۱۲).

- روکو و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی تحت عنوان نظارت بر آلودگی هوا و مدل سازی سیستم اطلاعات

جغرافیایی (GIS) با استفاده از فناوری نانو مبتنی بر سنسورهای گاز حالت جامد بیان می دارند که نانوفناوری در بسیاری از زمینه های صنعتی و داخلی به کار برده می شود. به عنوان مثال برنامه های کاربردی برای سیستم های نظارت بر گاز، ردیاب های نشت گاز در کارخانه ها، ردیاب های آتش سوزی و گازهای سمی ، کنترل سیستم تهویه ، الکل سنج تنفسی و مانند آن به کار برده می شود .برای نظارت بر آلودگی هوا در یک منطقه وسیع ترکیبی از اندازه زمین تحت پوشش از طریق سنسورهای ارزان قیمت و GIS بی سیم برای این هدف استفاده خواهد شد . این دستگاه های قابل حمل دارای سنسورهای گاز حالت جامد متصل با یک دستگاه کمکی دیجیتال شخصی (PDA) هستند که از طریق ابزارهای ارتباطی بلوتوث و سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) ،اجازه انتشار سریع اطلاعات در مورد آلودگی هوا را در سایت های مختلف به طور هم زمان می دهد(۱۳).

- سیمون مینگی (۲۰۰۷) به بررسی نقش تکنولوژی سبز بر روی موج شوک‌های آلایندگی صنایع جدید پرداخت و دریافت که تکنولوژی سبز فقط ۲٪ از انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن را در کل جهان دارد. شاخص‌های اولیه حاکی از روند صعودی تجارت سبز در بین صنایع می‌باشد. او و همکارانش دریافتند که تغییرات آب و هوا و اهمیت آن می‌تواند بیشترین تاثیر را بر روی تجارت، تکنولوژی، ارتباطات، اجتماع و در کل بر روی اقتصاد جهانی داشته باشد(۱۴).
- یاسودا (۲۰۰۹) به بررسی نقش تغییر ساختاری یا نوآوری فنی در کاهش انتشار آلاینده‌ها در هلند و آلمان غربی طی دهه ۱۹۹۰ پرداخت. نتایج مطالعات وی نشان داد که اعمال سیاست های زیست محیطی در کاهش آلاینده های هوا نقش موثر تری نسبت به تکنولوژی های سبز در کشورهای توسعه یافته دارد و درآمد عامل تعیین کننده‌ای در تعیین سیاست‌های زیست محیطی است(۱۵).

سارجنت (۲۰۱۳) در تحقیق خود به بررسی مزایای نانو تکنولوژی بر کیفیت محیط زیست پرداخته است.وی نشان داد که فناوری نانو با کاهش مصرف انرژی، کنترل آلاینده ها و تولید مواد جدید دوستدار محیط زیست به کیفیت محیط زیست کمک می کند(۱۶).

روش

معرفی مدل

با توجه به مبانی نظری مطرح شده، در این قسمت تلاش می‌شود اثر نانوتکنولوژی بر محیط‌زیست در چارچوب مدل کوپلند و تیلر بررسی شود. بر اساس مدل کوپلند و تیلر عوامل موثر بر آلودگی شامل اثرات مقیاس ،تکنیک و ساختاری است . بدین‌منظور در مدل استفاده شده تولید ناخالص داخلی و میزان جمعیت به عنوان اثر مقیاس،سهم ارزش افزوده بخش صنعت به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی بیان گر اثر ترکیب یا ساختار و تعداد مقالات در زمینه نانو به عنوان اثر تکنیکی انتخاب شده اند.

$$LCO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 LGDPp_{it} + \alpha_2 LPOP_{it} + \alpha_3 LIV_{it} + \alpha_4 LOPENmn_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۵)$$

در رابطه (۱۵)، نماد L بیان گر لگاریتم متغیرها است و α_0 عرض از مبداء و $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ و α_4 ضرایب مدل می‌باشند. متغیرهای به کار گرفته شده به شرح زیر می‌باشند:

$LCO2IT$: لگاریتم شاخص آلودگی هوا (سرانه)، لگاریتم انتشار سرانه CO2ـ کیلو تن

$LGDP_{it}$: لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی کشورها- دلار/ نفر

$LPOPIT$: لگاریتم تراکم جمعیت در هر کیلومتر مربع

$LNANO$: لگاریتم میزان مقالات در فناوری نانو در تولید ناخالص داخلی ،به عنوان پروکسی این متغیر با توجه به محدودیت داده های مربوط به تکنولوژی نانو انتخاب شده است.

LIV: لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی

ε_{it} : جمله خطا

روش برآورد

روش برآورد مدل در مطالعه حاضر، براساس داده‌های تلفیقی (پانل) است. این روش ترکیبی از «اطلاعات سری زمانی"و «داده‌های مقطعی»است. در هر یک از مدل‌های سری زمانی و داده‌های مقطعی، نارسایی‌هایی وجود دارد که در مدل تلفیقی می‌توان آن‌ها را کاهش داد (۱۷). در روش داده‌های تلفیقی، ابتدا دو آزمون انجام می‌شود. برای تعیین حالت برابری عرض از مبدا کشورها با حالت تفاوت در عرض از مبدا کشورها از آزمون F و برای تعیین روش اثر ثابت و یا اثر تصادفی از آزمون هاسمن استفاده می‌شود که در این تحقیق پس از انجام این دو آزمون روش اثر ثابت انتخاب شده است. در مرحله بعد، آزمون‌های ریشه واحدانجام و مشخص شد که تمام متغیرها انباشته از مرتبه اول هستند و در نهایت آزمون هم‌جمعی داده‌های تلفیقی، وجود رابطه هم‌جمعی بین شاخص آلودگی و تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخص نانو، ارزش افزوده بخش صنعت و شاخص تمرکزجمعیت را نشان داد.

داده‌های آماری

در این مطالعه، دو گروه کشورهای توسعه یافته شامل ایتالیا، فرانسه، دانمارک، ایالات متحد آمریکا، فنلاند، پرتقال، نروژ، اتریش، آلمان، یونان، ژاپن، استرالیا، بریتانیا، کانادا، هلند، بلژیک،کره جنوبی، اسپانیا و سوئد و کشورهای در حال توسعه شامل ایران، آرژانتین، شیلی، تونس، مکزیک، برزیل، رومانی، چین، هند، مالزی، ترکیه، قزاقستان، روسیه، فیلیپین، تایلندو پاکستان است.لازم به ذکر است که کلیه داده‌های مربوط به کشورها از بانک اطلاعات آماری بانک جهانی (۱۸) وداده های مربوط به متغیرنانو از ستاد نانو(۱۹)استخراج شده است.

یافته‌ها

مدل انتخابی به روش داده‌های تلفیقی (و با توجه به امکان دسترسی به اطلاعات) برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۰ تخمین زده شده است. کلیه ضرایب تخمین زده شده مطابق با انتظارات و چارچوب تئوریک می‌باشند. شاخص فناوری نانو برای کشورهای در حال توسعه معنی دار نیست و برای سایر متغیر ها با توجه به آماره آزمون‌ها، کلیه ضرایب مدل از نظر آماری و در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و قابل قبول می‌باشند. نتایج در جدول ۱ منعکس شده است.

جدول ۱- نتایج برآورد مدل (متغیر وابسته LCO2)

Table1- Estimation Models Results (Dependent variable LC02)

متغیرها	کشورهای درحال توسعه		کشورهای توسعه یافته	
	ضرایب	آماره t	ضرایب	آماره t
LGDP	۰/۱۸۰	۳/۴۳	۰/۱۹۷	۵/۵۲
LPOP	۱/۳۹	۹/۸۷	۱/۲۹	۱۳/۴۸
LIV	۰/۳۳۲	۲/۲۵	۰/۲۵۵	۹/۰۸
LNANO	-۰/۰۰۶	-۱/۰۲	-۰/۰۴	-۶/۲۱
تعداد مشاهدات	۱۶		۱۹	

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مثبت بودن ضریب لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی در دو مدل فوق، نشان از افزایش آلودگی به ازای افزایش تولید ناخالص داخلی دارد. به عبارتی دیگر رشد اقتصادی با ایجاد وتشدید آلودگی همراه است. این ضریب برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به‌ترتیب برابر ۰/۱۸۰ و ۰/۱۹۷ برآورد شده است.

ضریب به‌دست آمده برای شاخص تراکم جمعیت مثبت است، به این مفهوم که با افزایش جمعیت در یک منطقه، آلودگی افزایش می‌یابد. این ضریب نشان می‌دهد اگر چنان‌چه ده درصد تراکم جمعیت افزایش یابد، با شرط ثابت بودن سایر شرایط، آلودگی به میزان ۱/۲۹ درصد در گروه کشورهای توسعه یافته و به میزان ۱/۳۹درصد در گروه کشورهای در حال توسعه افزایش خواهد یافت. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود قدرمطلق مقدار به‌دست آمده برای این متغیر در دو گروه کشورهای مورد بررسی به نسبت قابل توجه می‌باشد که می‌تواند حکایت از تأثیر قابل توجه زندگی بشر و تبعات آن بر ایجاد آلودگی داشته باشد.

ضریب لگاریتم ارزش افزوده صنعت برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به ترتیب برابر با ۰/۳۳۲ ،۰/۲۵۵می باشد که می تواند بیان گر آلوده بودن بخش صنعت در اقتصاد ها باشد.رابطه مثبت ارزش افزوده بخش صنعت با انتشار دی اکسید کربن، به عنوان شاخصی برای تغییرات ساختاری و یا درجه صنعتی بودن کشورها از جمله عوامل موثر بر آلودگی هوا می باشد.در کشورهای در حال توسعه به علت ساختار صنعتی انرژی بر و عدم استفاده از فن آوری های پاک، گسترش بخش صنعت در طی فرایند رشد و توسعه اقتصادی از عوامل موثر بر انتشار گازهای آلاینده است.

ضریب به‌دست آمده برای متغیر نانو برای گروه کشورهای در حال توسعه در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. اما همین ضریب برای کشورهای توسعه یافته معنی‌دار است که حکایت از بهبود کیفیت محیط‌زیست به موازات گسترش فناوری نانو دارد. این ضریب نشان می‌دهد چنان‌چه در کشورهای در حال توسعه به بخش نانو اهمیت داده شود، می تواند در کاهش آلودگی هوا موثر باشد، هر چند که تاثیر آن در دوره مورد بررسی زیاد قابل توجه و چشم گیر نمی باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، رابطه میان فناوری نانو و آلودگی محیط‌زیست در دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۰ بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد در گروه کشورهای در حال توسعه، رابطه معنی‌داری میان فناوری نانو و کاهش آلودگی هوا وجود ندارد، در حالی‌که در گروه کشورهای توسعه یافته، این رابطه معنی‌دار بود. بنابراین، می‌توان این‌گونه استدلال نمود که گسترش فعالیت‌های فناوری نانو علاوه بر تاثیر آن بر سایر علوم، در عرصه حفاظت از محیط زیست و کاهش آلودگی های زیست محیطی نیز کاربرد دارد.با توجه به تاثیر مثبت فن آوری نانو بر محیط زیست در کشورهای توسعه یافته توصیه می شود کشورهای در حال توسعه با فراهم آوردن شرایطی برای بهبود و افزایش شاخص تحقیق و توسعه فناوری نانو و نهادینه کردن آن گام موثری در جهت بهبود کیفیت محیط زیست بردارند.هم چنین تغییرات فناوری در دنیای امروز و شتاب آن موقعیتی به وجود آورده که بدون هدایت و بستر سازی دولت رقابت در عرصه های بین المللی مشکل است.از طرفی تنوع شاخه های مختلف فناوری های جدید باعث شده کشورها نتوانند به علت محدودیت منابع انسانی و سرمایه،در تمام زمینه ها فعالیت نمایند.بدین سبب کشورهای مختلف باید اقدام به اتخاذ سیاست های فناوری و تعیین اولویت های مهم آن نمایند. با توجه به اهمیت امروزه محیط زیست برای کشورها یکی از این اولویت ها جهت استفاده از فناوری نانو حفاظت از محیط زیست می باشد که با فــراهم آوردن زیرساخت های لازم برای ایجاد و گسترش این تکنولوژی و تدوین برنامه های ملی نانوتکنولوژی به عنوان یکی از محورهای اولویت دار در برنامه دولت و سازمان حفاظت از محیط زیست، راه اندازی واحدهای تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی، استفاده از توانایی تحقیقاتی مراکز علمی و دانشگاهی و آموزش محققان و دانش پژوهان و فعالان صنعتی در عرصه نانو تکنولوژی، می توان گام موثری جهت بهبود کیفیت محیط زیست مخصوصا برای کشورهای در حال توسعه برداشت.

منابع

۱. رزاقی پور خانی. فاطمه،۱۳۸۹، کاربرد نانو تکنولوژی در حفاظت از محیط زیست، چهارمین همایش کاربرد نانو تکنولوژی در حفاظت از محیط زیست، آبان ۱۰تهران.

۲. عالی پور. مهدی و همکاران،۱۳۹۱،چشم انداز کاربرد نانو تکنولوژی در محیط زیست دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، اردیبهشت، ۲۷، تهران.

۳. ولی سامانی. روح الله، ۱۳۸۸، بررسی روش های نانو تکنولوژی در کاهش اثرات مخرب زیست محیطی فصل نامه کیسون، شماره ۴۳.

4. Copeland B. R and M. S. Taylor (2004), "Trade, Growth, and the Environment "Journal of Economic Literature, 42(1), 7-73.

5. Yabuta M.; Nakamura, k. (2003) Governance, Pollution Control And The Environmental Kuznets Curve October 3, 2003 Discussion Paper Series N. 48

۶. سرحدی. ساناز و همکاران، ۱۳۸۷، نقش نانوتکنولوژی در کاهش آلودگی هوا و قابلیت کاربرد آن در کشور دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست،۱۳۸۷، اردیبهشت، ۳۱، تهران.

۷. مردانی. حسن و جغتایی. فرناز، ۱۳۸۴، بررسی میزان اثر بخشی نانوتکنولوژی بر جنبه‌های مختلف آلودگی هوا، اولین همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت: اردیبهشت، ۱۵، تهران.

۸. آیتی. بیتا و همکاران، ۱۳۸۵، بررسی فن آوریهای نوین نانو در مهندسی محیط زیست،.همایش آینده پژوهی، فناوری و چشم انداز توسعه، تهران.

۹. علیزاده. رضا و شاهوردی. محمود رضا، کاربردهای فناوری نانو در محیط زیست و انرژی نو،معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو.

۱۰. پژویان .جمشیدو تبریزیان. بیتا، ۱۳۸۹،بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی زیست محیطی با استفاده از یک مدل شبیه سازی پویا. پژوهش نامه اقتصادی، سال دهم، شماره سوم ۲۰۳-۱۷۵ .

۱۱. مطیعی. محمد مهدی و خیاط. محمد، ۱۳۹۰، ارزیابی اثر بخشی فناوری نانو در مبارزه پایدار با آلودگی هوا و کاهش آلاینده ها، ا ولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار خوزستان.

12. American Bar Association Section of Environment, Energy, and Resources June(2006). http://www.abanet.org/environ
13. Roco. M.C.(2005).International perspective on government nanotechnology funding in 2005. J Nanopart Res 7:707–712
14. Mingay, Simon. (2007). Green IT: A New Industry Shock Wave. Green IT: A New Industry Shock. Gartner
15. Yasuda, Yutaka. Mori, Shunsuke. (2009). Helping in the Fight against Global Warming with nano, KDDI CSR Report.
16. sargent,gohn(2013).Nanotechnology and Environmental, Health, and Safety: Paperback – January 28 .
17. Baltagi, B. H. 1995. Economic Analysis of Panel Data. Published by Willy & Sons Lt.
18. www.worldbank.org.
19. http://www.irannano.org- http://www.nano.ir