رابطه بین انتشار گاز کربنیک، رشد اقتصادی و شدت آلودگی کشورها در سطوح مختلف توسعه با استفاده از مدل 3GR*

محمدرضا لطفعلی‌پور[1]
استاد گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد
عماد کاظم زاده[2]
دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۶ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۹/۱۷

چکیده

نظر به اهمیت مسائل زیست‌محیطی، کشورها نه‌تنها تلاش می‌کنند به اهداف اقتصادی برسند بلکه می‌کوشند آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از رشد اقتصادی را نیز به حداقل برسانند. لزوم تحقق این امر بدون اطلاع از رابطه فعالیت‌های اقتصادی با آلودگی محیط‌زیستی میسر نیست. لذا در پژوهش حاضر رابطه بین انتشار گاز کربنیک، تولید ناخالص داخلی و شدت آلودگی برای ۹ کشور در سه سطح متفاوت توسعه با استفاده از مدل 3GR در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بررسی شد. نتایج نشان داد که بین نرخ انتشار گاز کربنیک و رشد اقتصادی رابطه خطی مستقیم ولی بین نرخ رشد شدت آلودگی و رشد اقتصادی رابطه معکوس در مدل وجود دارد. همچنین طبق نتایج، کشورهای کمتر توسعه‌یافته از نظر ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی در جایگاه بالاتری نسبت به سایر کشورها قرار دارند و کشورهای توسعه یافته در پایین‌ترین جایگاه می‌باشند. نتایج عوامل مؤثر بر انتشار گاز کربنیک نشان داد که رشد اقتصادی (ED) عامل مؤثر در

---

*–نوع مقاله:پژوهشی

1 . lotfalipour@um.ac.ir
2 . emad.kazemzadeh67@gmail.com (نویسنده مسئول)
DOI: erd.v26i18.72550/10.22067

گسترش آلودگی در کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته است؛ درحالی‌که شدت آلودگی عامل اصلی گسترش آلودگی در کشورهای توسعه‌یافته است. اثرات رشد اقتصادی و شدت آلودگی به عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار گاز کربنیک (PE)، در کشورهای توسعه یافته تقریباً به یک اندازه است اما مقادیر آنها در کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه یافته تفاوت قابل‌توجهی دارند.

کلیدواژه‌ها: مدل 3GR، انتشار گاز کربنیک، رشد اقتصادی، شدت آلودگی.

طبقه‌بندی JEL: Q5, Q51

مقدمه

امروزه رشد اقتصادی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع است. کشورهای توسعه‌نیافته و درحال‌توسعه خواهان رسیدن به رشد اقتصادی مطلوب برای گذار از شرایط موجود هستند. این موضوع اغلب به ایجاد زیان‌های محیط‌زیستی می‌انجامد. از سوی دیگر از لحاظ توسعه پایدار این نگرانی وجود دارد که گسترش رشد اقتصادی جهان مشکلاتی برای محیط‌زیست پیش می‌آورد. (Lotfalipour et al.,2012) این موضوع موجب شده توجه اقتصاددانان به این مسئله معطوف شود. تأمین انرژی یک از اساسی‌ترین پیش‌نیازهای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می‌رود، اما بخش انرژی با وجود نقش اساسی در فرآیند توسعه، مشکلات زیست‌محیطی را نیز به دنبال دارد. یکی از چالش‌های اصلی و ضروری در بعد جهانی، تأمین انرژی برای توسعه پایدار، آلودگی هوا و تغییر آب و هوا است که در اثر انتشار گازهای آلاینده ناشی از سوخت‌های فسیلی (زغال‌سنگ، نفت و گاز) به منظور استفاده در تولید کالاها و خدمات مختلف، تولید می‌شود و درنهایت منجر به پدیده گرم شدن زمین می‌گردد (Adams, 2006) ازاین‌رو می‌توان گفت برخی از تهدیدات زیست‌محیطی ازجمله انتشار گازهای گلخانه‌ای با حرکت در مسیر توسعه افزایش می‌یابد. بررسی‌های به عمل آمده در خصوص روند تولید گازهای گلخانه‌ای بیانگر آن است که در مسیر توسعه اقتصادی، تولید گازهایی نظیر متان و اکسید نیتروژن طی ۶۰ سال گذشته به مراتب نقش کمتری در ایجاد اثرات گلخانه‌ای ایفاء کرده‌اند. همچنین مدت زمان پایداری و باقی ماندن گاز کربنیک در جو زمین به مراتب بیشتر از سایر گازهای گلخانه‌ای است. این موضوع باعث می‌شود تغییرات آب و هوایی و آلودگی ناشی از افزایش انتشار گاز کربنیک از اهمیت بیشتری نسبت

به سایر گازهای گلخانه‌ای برخوردار باشد(IEA, 2009)[1].

ازاین‌رو به اهمیت ویژه انتشار گاز کربنیک در آلودگی هوا و افزایش پدیده گرمایش جهانی و هم‌چنین به دلیل همبستگی بالای میزان انتشار این گاز با سایر گازهای آلاینده و داشتن بیش‌ترین فراوانی میان گازهای گلخانه‌ای، این گاز می‌تواند به عنوان شاخص آلودگی هوا مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این مقاله به بررسی رابطه بین گسترش آلودگی، شدت آلودگی و توسعه اقتصادی با استفاده از مدل 3GR می‌پردازیم. در ادامه ابتدا به مبانی نظری و معرفی مدل پرداخته و سپس یافته-ها و نتیجه‌گیری آورده شده است. لازم به ذکر است که مدل مذکور تابه‌حال در مطالعات داخلی استفاده نشده است. وجه تمایز این تحقیق با پژوهش‌های قبلی در این است که با استفاده از مدل 3GR به بررسی رابطه بین گسترش آلودگی، توسعه اقتصادی و شدت گسترش آلودگی برای سه سطح از کشورهای درحال‌توسعه، توسعه‌یافته و کمتر توسعه‌یافته پرداخته است و سهم هر کدام از عوامل شدت گسترش آلودگی و رشد اقتصادی را در انتشار گاز کربنیک محاسبه می‌شود.

مبانی نظری

منحنی زیست‌محیطی کوزنتس به دنبال تشریح یک فرآیند پویای تغییر است، به این معنی که در سطوح پایین توسعه‌یافتگی، هم کیفیت و هم شدت تخریب زیست‌محیطی به اثرات فعالیت اقتصادی بر منابع طبیعی و هم‌چنین به مقادیر ضایعات تجزیه‌پذیر محدود می‌شود؛ اما هنگامی‌که جهش صنعتی اتفاق می‌افتد، با شدت گرفتن استخراج منابع طبیعی و کشاورزی، تهی‌سازی منابع طبیعی و تولید ضایعات سرعت می‌گیرد. در سطوح بالاتر توسعه، تغییرات ساختاری به سمت صنایع و خدمات وابسته به اطلاعات، تکنولوژی‌های برتر و تقاضای افزایشی برای کیفیت محیط‌زیست، به کاهش یکنواخت تخریب محیط‌زیست می‌انجامد(Dinda, 2004). از دهه ۱۹۹۰ رابطه متقابل رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در بسیاری از مطالعات بررسی شده است. اولین مطالعات در این خصوص در مورد آلاینده‌های محیط‌زیستی با رشد اقتصادی است که در اصل اعتبارسنجی کوزنتس[2] (EKC) است (Grossman & Krueger.,1991؛ Selden &

1 . International Energy Agency
2 . Kuznets

(Ekins.,1997 ؛Song,1994). در منحنی کوزنتس رابطه‌ای معکوس بین سطح تخریب محیط‌زیست و رشد اقتصادی وجود دارد؛ به این معنا که در مراحل اولیه رشد درآمد سرانه افزایش می‌یابد، سپس بعد از رسیدن به حد آستانه، با افزایش درآمد سرانه این سطح تخریب کاهش می‌یابد (Jafari Samimi And Mohamadi Khayare.,2012). در مطالعات زیادی از تابع تولید کاب- داگلاس برای تجزیه و تحلیل بین گسترش آلودگی و رشد اقتصادی استفاده می‌شود (Saidi & Hammami, 2015 ; Zhixin & Xin, 2011 ; Amri, 2016). فعالیت‌های اقتصادی باعث ایجاد درآمد و ثروت می‌شود ولی عدم رعایت ملاحظات زیست‌محیطی و استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و انتشار گازهای آلاینده در مسیر رشد اقتصادی، بر محیط‌زیست اثر منفی بر جای می‌گذارد. بر این اساس می‌توان گفت که جهت علیت بین سطح درآمد و کیفیت محیط‌زیست لزوماً یک سویه و از درآمد به کیفیت محیط‌زیست نیست و می‌تواند این اثر دو سویه باشد(Pigou, 1920).

پیشینه پژوهش

تا کنون مطالعات بسیاری در زمینه ارتباط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی، شدت انرژی و گسترش آلودگی با استفاده از مدل‌های مختلف انجام شده که نتایج برخی از این پژوهش‌ها به‌اختصار در ذیل آورده شده است:

مطالعات تجربی متعددی رابطه بین انتشار گاز کربنیک و رشد اقتصادی را مورد بررسی قرار داده‌اند. با این حال، در برخی از مطالعات مانند (Baek & Kim, 2013)، (Selden & Song, 1994)، (Lean & Smyth, 2010) فرضیه منحنی کوزنتس EKC با یک رابطه U شکل معکوس تأیید شده است که نشان می‌دهد افزایش اضافی رشد اقتصادی سبب کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود. در مقابل، بسیاری از مطالعات مانند (Clausen & York, 2008)، (Caviglia-Harris et al., 2009) بیان می‌کنند که افزایش رشد اقتصادی منجر به تخریب زیست‌محیطی می‌شود که عدم وجود فرضیه منحنی کوزنتس را نشان می‌دهند. با این وجود، (Holtz-Eakin et al., 1995) رابطه بین انتشار گاز کربنیک و رشد اقتصادی را به صورت یک منحنی افزایش یکنواخت پیدا کردند، درحالی‌که (De Bruyn et al., 1998) و (Omri, 2013) یک رابطه غیر یکنواخت را به دست

آوردند. علاوه بر این، (Shafik, 1994) و (Grossman & Krueger, 1995) این رابطه را به صورت یک منحنی N شکل بیان کردند درحالی‌که (Ozturk & Acaravci, 2010) هیچ رابطه علی بین انتشار گاز کربنیک و تولید ناخالص داخلی سرانه را پیدا نکردند. (Hatzigeorgiou et al., 2011) رابطه علی یک طرفه از تولید ناخالص ملی به انتشار گاز کربنیک را به دست آوردند. (Ghosh, 2010) بیان می‌کند که در کوتاه‌مدت رابطه علیت دو طرفه بین رشد اقتصادی و انتشار گاز کربنیک وجود دارد ولی در بلندمدت هیچ رابطه‌ای علیتی یافت نشد.

برخی از مطالعات داخلی و خارجی به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست پرداختند ازجمله (Poor kazemi & ebrahimi, 2008)، (Behbodi et al., 2010)، (Coondoo & Dinda, 2008)، (Apergis, 2016). در برخی از مطالعات منحنی زیست‌محیطی کوزنتس تأیید شده است و در برخی دیگر تنها رابطه‌ای صعودی بین رشد اقتصادی و آلودگی وجود داشته است. نتایج مطالعه (Balali et al., 2013) که برای سال‌های ۱۳۳۹- ۱۳۸۸ با استفاده از روش واریانس ناهمسان شرطی خودرگرسیو (ARCH) و مدل‌سازی رابطه کوزنتس از طریق مدل خودتوضیح با وقفه‌های گسترده انجام شده است، نشان داد که رابطه‌ای زنگوله‌ای شکل بین ارزش افزوده در بخش نفت و انتشار گاز کربنیک وجود دارد. مطالعه (Ghosh, 2010) که در سال‌های ۱۹۷۱- ۲۰۰۶ با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) انجام شد نشان داد، که در کوتاه مدت رابطه علیت دو طرفه بین رشد اقتصادی و انتشار کربن برقرار بود، اما در بلندمدت بین دو متغیر هیچ رابطه علیتی یافت نشد.

برخی مطالعات دیگر به بررسی رابطه بین سه متغیر رشد اقتصادی، گسترش آلودگی و مصرف انرژی به‌طور همزمان پرداختند که از بین آنها می‌توان به (Sadeghi & mosavian, 2014)، (Nikuegbal et al., 2012)، (Alle omran et al., 2013)، (Mohamadbagheri, 2010)، (Mahdavi adeli & ghanbari, 2014)، (Kumar, 2011)، (Acaravci & Ozturk, 2010)، (Hatzigeorgiou e al., 2011)، (Shahbaz et al., 2016)، (Cowan et al., 2014) اشاره کرد. نتایج مطالعه (Jafari samimi & mohamadi khayare, 2014) که با استفاده از رویکرد کرانه‌ای هم‌انباشتگی انجام شده است، وجود یک رابطه علیت یک طرفه از سمت تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی سرانه و انتشار کربن سرانه را تأیید می‌کند درحالی‌که رابطه علیت بین نرخ اشتغال و رشد اقتصادی از سمت نرخ اشتغال به رشد اقتصادی است. نتایج تحقیق (Asongu et al., 2016)

که با استفاده از پنل ARDL برای ۲۴ کشور آفریقایی انجام شده است نشان داد که رابطه بلندمدت بین مصرف انرژی، گسترش گاز کربنیک و تولید ناخالص داخلی وجود دارد و یک علیت بلندمدت از تولید ناخالص داخلی و گسترش گاز کربنیک به مصرف انرژی وجود دارد. نتایج مطالعه (Chaabouni & Saidi, 2017) که به بررسی رابطه علیت بین انتشار گاز کربنیک، هزینه-های بهداشتی و رشد تولید ناخالص داخلی برای ۵۱ کشور در طی سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۳ با استفاده از مدل‌های همبستگی پویا پرداختند، حاکی از آن است که بین میزان انتشار گاز کربنیک و تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه علیت دو طرفه وجود دارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که علیت ناشی از انتشار گاز کربنیک در هزینه‌های بهداشتی، به جز کشورهای کم درآمد، وجود دارد.

٤. روش پژوهش

در این بخش کشورها براساس درآمد سرانه به سه سطح توسعه‌یافته، درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته تقسیم شده‌اند، داده‌های این مقاله شامل تولید ناخالص داخلی براساس سال پایه ۲۰۱۱ و انتشار آلودگی که از داده‌های انتشار گاز کربنیک استفاده شده است. داده‌ها از اطلاعات بانک جهانی[1] برای سال‌های ۲۰۰۰- ۲۰۱۶ و برای کشورهای اندونزی، ایران، ترکیه، آلمان، دانمارک، پرتغال، آنگولا، اتیوپی و اوگاندا استخراج شده است. کشورهای (دانمارک، پرتغال، آلمان) در دسته کشورهای توسعه‌یافته، کشورهای (ایران، اندونزی، ترکیه) کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای (آنگولا، اتیوپی، اوگاندا) در دسته کشورهای کمتر توسعه‌یافته قرار گرفتند. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Eviews نمودارها ترسیم شده است. در ادامه این تحقیق به معرفی مدل 3GR و اجزای آن پرداخته می‌شود که روابط سه جانبه میان انتشار گاز کربنیک، تولید ناخالص داخلی، شدت آلودگی را نشان داده و همبستگی دوگانه آنها از منظر نرخ رشد توضیح می‌دهد. (Jing et al., 2016) به معرفی مدل 3GR و روابط مرتبط با آن پرداختند.

نرخ انتشار گاز کربنیک، GRPE می‌تواند به شرح زیر تعریف شود:

$$GRPE_i = (PE_i - PE_{i-1}) / PE_{i-1} \quad (۱)$$

1 . (The World Bank, 2018)

که در آن $GRPE_i$ نرخ انتشار گاز کربنیک در سال i ام. PE_i و PE_{i-1} انتشار گاز کربنیک در سال i و (i-1) است.

درحالی‌که توسعه اقتصادی به رشد اقتصادی و تکامل جامعه بشری اشاره دارد. توسعه اقتصادی شامل رشد کمی در اقتصاد، تعدیل ساختار اقتصادی و بهبود کیفیت اقتصادی است. رشد کمی اقتصاد، رشد تولید اقتصادی است که از طریق افزایش تولید و یا افزایش بهره وری ایجاد می‌شود؛ بنابراین، GRED اغلب به شرح زیر تعریف می‌شود.

$$GRED_i = (ED_i - ED_{i-1}) / ED_{i-1} \quad (۲)$$

که در آن $GRED_i$ نرخ رشد اقتصادی در سال i ام است. ED_i و ED_{i-1} تولید ناخالص داخلی در سال i و (i-1) می‌باشد. شدت آلودگی می‌تواند سطح فناوری را منعکس کند. شدت انتشار آلودگی توسط بسیاری از عوامل مانند استانداردهای عمومی ملی، شرایط آب و هوایی، ساختارهای اقتصادی و سطوح تکنولوژیکی تعیین می‌شود (Wang et al., 2014). شدت آلودگی بیانگر نسبت انتشار گاز کربنیک به تولید ناخالص داخلی می‌باشد و از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$PI_i = \frac{PE_i}{ED_i} \quad (۳)$$

که PI_i شدت آلودگی در سال i ام می‌باشد.

$$GRPI_i = (PI_i - PI_{i-1}) / PI_{i-1} \quad (۴)$$

که $GRPI_i$ نرخ رشد شدت آلودگی در سال iام است. با جایگذاری رابطه ۳ در رابطه ۱ خواهیم داشت:

$$GRPE_i = (PI_i * ED_i - PI_{i-1} * ED_{i-1}) / PE_{i-1} \quad (۵)$$

براساس تعریف PI و ED می‌توان نوشت:

$$PI_i = PI_{i-1} + \Delta PI_i \quad (۶)$$

$$ED_i = ED_{i-1} + \Delta ED_i \quad (۷)$$

که ΔPI_i تغییرات شدت آلودگی و ΔED_i تغییرات توسعه اقتصادی در سال i ام می‌باشد. بدین ترتیب با جایگذاری روابط ۶ و ۷ در رابطه ۵ خواهیم داشت:

$$GRPE_i = (PI_{i-1} * \Delta ED_i + \Delta PI_i * ED_{i-1} + \Delta PI_i * ED_i) / PI_{i-1} * ED_{i-1} \quad (۸)$$

رابطه ۸ را می‌توان به صورت زیر ساده کرد:

$$GRPE_i = \frac{\Delta ED_i}{ED_{i-1}} + \frac{\Delta PI_i}{PI_{i-1}} + \frac{\Delta PI_i}{PI_{i-1}} * \frac{\Delta ED_i}{ED_{i-1}} \quad (۹)$$

و رابطه ۹ را می‌توان به صورت نرخ رشد متغیرها نوشت:

$$GRPE_i = GRED_i + GRPI_i + GRED_i * GRPI_i \quad (۱۰)$$

$$(GRPE_i + 1) = (GRED_i + 1) * (GRPI_i + 1) \quad (۱۱)$$

معادله (۱۱) ارتباط بین نرخ انتشار گاز کربنیک، رشد اقتصادی و شدت آلودگی را بیان می‌کند. این نشان می‌دهد که برای برخی از نهادهای اقتصادی نرخ انتشار گاز کربنیک برابر با نرخ رشد متناظر با شدت آلودگی ضرب در نرخ رشد توسعه اقتصادی آنها است. این رابطه به عنوان مدل "3GR" یا تئوری "3GR" تعریف شده است. ارزش معادل نرخ انتشار گاز کربنیک، رشد اقتصادی و شدت آلودگی در دوره تحقیق در معادله ۱۲ تعریف شده است.

$$EV_{GR} = \sqrt[n-1]{\prod_{1}^{n}(GR_j + 1)} - 1 \quad (۱۲)$$

که در آن EV_{GR} ارزش معادل نرخ رشدها می‌باشد. اندیس ۱ نشان دهنده سال اول در دوره تحقیق می‌باشد. براساس رابطه ۱۱ و برخی فرضیات، رابطه ۱۳، رابطه ۱۴ و رابطه ۱۵ را می‌توان به دست آورد. براساس رابطه ۱۲ ارزش معادل $GRED$ در پژوهش را می‌توان محاسبه کرد؛ و این منطقی است که فرض کنیم $(GRED_i + 1)$ در رابطه ۱۱ مساوی با $GRED$ بعلاوه ۱ است. بدین ترتیب، رابطه خطی بین $GRPE$ و $GRPI$ وجود دارد که شیب آن با $GRED$ تعیین می‌شود که در رابطه ۱۳ نشان داده شده است:

$$GRPE_i = k_1 GRPI_i + (k_1 - 1) \quad (۱۳)$$

به‌سادگی ارزش معادل $GRPI$ و $GRPE$ در دوره تحقیق را می‌توان نشان داد؛ و معادلات ۱۴ و ۱۵ را به دست آورد.

$$GRPE_i = k_2 GRED_i + (k_2 - 1) \quad (۱۴)$$

$$GRED_i = k_3 / (GRPI_i + 1) - 1 \quad (۱۵)$$

که k_1، k_2 و k_3 ثابت هستند و به ترتیب مساوی با ارزش معادل $GRED$، $GRPI$ و $GRPE$ بعلاوه ۱ است.

براساس رابطه (۱) انتشار گاز کربنیک را می‌توان با روابط ۱۶ و ۱۷ نشان داد:

$$PE_i = PE_{i-1}(GRPE_i + 1) \quad (۱۶)$$

$$PE_i = PE_1 * \prod_2^n (GRPE_j + 1) \quad (۱۷)$$

اگر در *رابطه ۱۷* به جای $(GRPE_j + 1)$ رابطه ۱۱ را جایگزین کنیم خواهیم داشت:

$$PE_i = PE_1 * \prod_2^n \left(GRED_j + 1\right) * \prod_2^n \left(GRPI_j + 1\right) \quad (۱۸)$$

که با ضرب دو طرف تساوی در $(GRPE_1 + 1)$ می‌توان به رابطه ۱۹ رسید:

$$\prod_1^i (GRPE_j + 1) = \prod_1^n (GRED_j + 1) * \prod_1^n (GRPEI_j + 1) \quad (۱۹)$$

سمبل $\prod$ به معنی ضرب یک در یک است. به منظور تجزیه و تحلیل اثرات هر عامل بر انتشار گاز کربنیک ، مقدار معادل انتشار این گاز با معادله ۱۷ تعریف شده است:

(۲۰)

$$EV_{PE} = \frac{\left(PE_1 - PE_0\right) + \frac{(PE_2 - PE_0)}{2} + \ldots + \frac{(PE_i - PE_0)}{i} + \ldots + \frac{(PE_n - PE_0)}{n}}{n}$$

که در آن EV_{PE} ارزش معادل انتشار گاز کربنیک سالانه؛ PE_i انتشار گاز کربنیک سالانه در سال i ام.

هر دو متغیر تولید ناخالص داخلی و شدت آلودگی نقش مهمی در گسترش آلودگی بازی می‌کنند. به منظور انعکاس اثرات آنها بر انتشار گاز کربنیک معادله ۲۱ و ۲۲ معرفی شده‌اند:

(۲۱)

$$EV_{PE-ED} = \frac{(ED_1 - ED_0) * PI_0 + \frac{(ED_2 - ED_0) * \frac{(PI_0 + PI_1)}{2}}{2} + \ldots + \frac{(ED_n - ED_0) + \frac{(PI_0 + PI_1 + \cdots + PI_{n-1})}{n}}{n}}{n}$$

(۲۲)

$$EV_{PE-PI} = \frac{(PI_1 - PI_0) * ED_0 + \frac{(PI_2 - PI_0) * \frac{(ED_0 + ED_1)}{2}}{2} + \ldots + \frac{(PI_n - PI_0) + \frac{(ED_0 + ED_1 + \cdots + ED_{n-1})}{n}}{n}}{n}$$

که EV_{PE-ED} و EV_{PE-PI} به ترتیب ارزش معادل انتشار گاز کربنیک ناشی از تولید ناخالص داخلی و شدت آلودگی *می‌باشد*. ED_i تولید ناخالص داخلی سالانه در سال i ام می-

باشد. PI_i شدت آلودگی سالانه در سال i ام می‌باشد. علاوه بر این رابطه تعاملی بین اثر ED و اثر PI بر انتشار این گاز تأثیر می‌گذارد. این اثر تعاملی بر انتشار گاز کربنیک به عنوان یک عامل ناشناخته در تابع زیر آمده است:

$$EV_{PE} = EV_{PE-ED} + EV_{PE-PI} + f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI}) \quad (۲۳)$$

که $f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})$ تابع ناشناخته‌ای است که به اثر تعاملی بر انتشار گاز کربنیک اشاره می‌کند. EV_{PE-ED}، $\mathrm{EV_{PE-PI}}$ و $f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})$ ممکن است مثبت یا منفی باشند. $\mathbf{EV_{PE}}$ حاصل‌ضربی از اثراتشان است که همدیگر را خنثی می‌کنند. به منظور مقایسه مستقیم اثر ED و اثر PI بر انتشار گاز کربنیک ، سهم مطلقشان در انتشار آلودگی با معادلات ۲۴، ۲۵ و ۲۶ محاسبه شده است.

(۲۴)

$$P\left(EV_{PE-ED}\right) = \frac{\left|EV_{PE-ED}\right|}{\left|EV_{PE-ED}\right| + \left|EV_{PE-PI}\right| + \left|f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})\right|} * 100\%$$

(۲۵)

$$P\left(EV_{EC-EI}\right) = \frac{\left|EV_{PE-PI}\right|}{\left|EV_{PE-ED}\right| + \left|EV_{PE-PI}\right| + \left|f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})\right|} * 100\%$$

(۲۶)

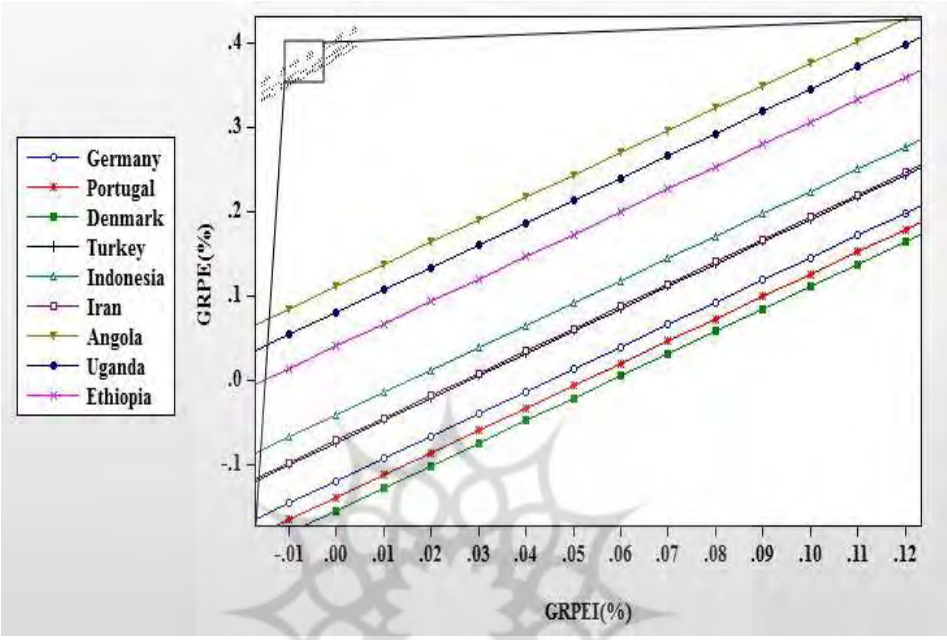
$$P\left(f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})\right) = \frac{\left|f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})\right|}{\left|EV_{PE-ED}\right| + \left|EV_{PE-PI}\right| + \left|f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})\right|} * 100\%$$

که EV_{PE-ED}، $\mathrm{EV_{PE-PI}}$ و $f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})$ به ترتیب سهم مطلق اثر ED، اثر PI و اثر تعاملی در انتشار گاز کربنیک (در واحد درصد) می‌باشند. $\left|EV_{PE-ED}\right|$، $\left|EV_{PE-PI}\right|$ و $\left|f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})\right|$ ارزش مطلق EV_{PE-ED}، $\mathrm{EV_{PE-PI}}$ و $f\,(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI})$ می‌باشند.

۵. تجزیه و تحلیل نتایج مدل

در این بخش به تجزیه و تحلیل هر کدام از روابط ۱۲، ۱۳، ۱۴ با استفاده از مدل ریاضی و رسم نمودار می‌پردازیم. رابطه (۱۳) نشان می‌دهد با توجه به اینکه k_1 معادل (GRED+1) می‌باشد. هر

چه اندازه ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی (GRED) برای کشورها بزرگ‌تر باشد. آن‌ها در موقعیت بالاتری در نمودار قرار می‌گیرند. براساس رابطه ۱۲ ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی برای کشورهای مختلف محاسبه شده است. ارزش $(GRED_i + 1)$ ثابت است. نمودار ۱ رابطه بین نرخ انتشار گاز کربنیک (GRPE) و نرخ رشد شدت آلودگی (GRPI) را نشان می‌دهد.



نمودار (۱): نمودار نرخ رشد اقتصادی (GRED) برای سطوح مختلف توسعه

همان‌طور که در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود روند مثبت و مستقیمی برای ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی میان کشورهای توسعه یافته، درحال‌توسعه و کمتر توسعه یافته دیده می‌شود. نمودار GRED برای کشورهای توسعه‌یافته (آلمان، پرتغال و دانمارک) در قسمت پایین قرار گرفته که نشان می‌دهد از نظر ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی پایین‌ترین می‌باشند. نمودار مربوط به کشورهای ایران و ترکیه بسیار به هم نزدیک بوده و تقریباً روی هم قرار گرفته است اما نمودار اندونزی تا حدی با این دو کشور متفاوت است. درحالی‌که نمودار کشورهای کمتر توسعه یافته در بالاترین موقعیت قرار دارند و نشان می‌دهد که این کشورها از نظر ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی

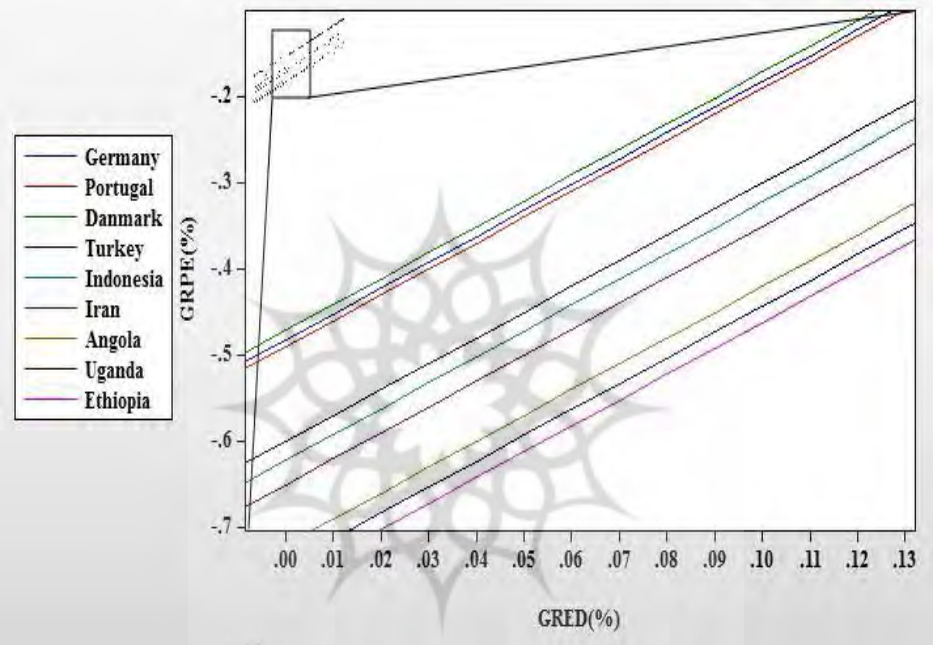
بالاتر می‌باشند. از لحاظ نظری، نمودار کشورهای درحال‌توسعه باید میان کشورهای کمتر توسعه یافته و توسعه‌یافته قرار گیرد که این‌گونه نیز می‌باشد. نمودار ۱ رابطه مثبت و مستقیمی بین نرخ انتشار گاز کربنیک و نرخ رشد شدت آلودگی برای همه کشورها را نشان می‌دهد. بالاترین ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی مربوط به کشور آنگولا و کمترین مربوط به کشور دانمارک می‌باشد. نمودار نشان می‌دهد که ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی برای کشورهای درحال‌توسعه در مقایسه با کشورهای کمتر توسعه یافته و توسعه‌یافته بسیار به هم نزدیک‌تر می‌باشد. به‌طوری که نمودار برای کشور ترکیه با ایران دچار همپوشانی شده است. با توجه به نمودار، بیش‌ترین نرخ رشد تولید اقتصادی مربوط به کشور آنگولا و کمترین مربوط به کشور دانمارک می‌باشد.

در کشورهای توسعه‌یافته به منظور محافظت از محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی، مدل اقتصادی چرخه‌ای و اقتصاد سبز را انتخاب کرده‌اند (Pitkänen et al., 2016). این مدل‌های اقتصادی نرخ رشد تولید ناخالص داخلی را کاهش می‌دهد (Khan et al., 2016)؛ بنابراین، مقادیر معادل نرخ رشد اقتصادی آنها در مقایسه با کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای کمتر توسعه یافته کوچک‌تر است. سیاست‌گذاران این کشورها تمایل دارند تا اقتصاد را برای رفع نیازهای مردم توسعه دهند. هنگامی‌که مدل اقتصادی مناسب ایجاد و اجرا شود، اقتصادشان سریعاً رشد می‌کند؛ بنابراین، مقادیر معادل نرخ رشد اقتصادی آن‌ها بزرگ‌تر از کشورهای توسعه یافته و کشورهای درحال‌توسعه است.

براساس رابطه (۱۴) می‌توان بیان کرد با توجه به اینکه k_2 معادل با (GRPI+۱) می‌باشد. هر چه ارزش معادل نرخ انتشار گاز کربنیک بالاتر باشد، کشورها در موقعیت بالاتری در نمودار۲ قرار می‌گیرند. براساس فرضیات مطرح شده ارزش $(GRPI_i + 1)$ ثابت می‌باشد؛ و نمودار ۲ نیز رابطه مثبت و مستقیمی بین نرخ انتشار گاز کربنیک و نرخ رشد اقتصادی را برای همه کشورها به دست می‌دهد. نمودار۲ روند منظمی از ارزش معادل انتشار گاز کربنیک (GRPI) را در بین کشورهای توسعه‌یافته، درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته نشان می‌دهد. نمودار نرخ رشد شدت آلودگی کشورهای کمتر توسعه یافته در پایین‌ترین موقعیت در نمودار ۲ قرار می‌گیرند و این نشان می‌دهد که ارزش معادل نرخ رشد شدت گسترش آلودگی GRPEI آن‌ها کمترین است. درحالی‌که ارزش معادل کشورهای توسعه‌یافته در بالاترین موقعیت قرار گرفته است. ارزش معادل کشورهای درحال‌توسعه نیز در بین کشورهای کمتر توسعه یافته و توسعه یافته قرار گرفته است.

همان‌طور که در نمودار ۲ نشان داده شده است بالاترین ارزش معادل نرخ رشد شدت آلودگی مربوط به کشور دانمارک و پایین‌ترین مربوط به کشور اتیوپی می‌باشد. نمودار کشورهای توسعه-یافته بسیار به هم نزدیک می‌باشند. همان‌طور که در نمودارهای ترسیم شده مشخص می‌باشد نمودار کشورها با سطح توسعه متفاوت کاملاً از هم متمایز می‌باشند و در بین آنها نمودار کشورهای توسعه‌یافته بیشتر به هم نزدیک می‌باشند.

از لحاظ نظری، مقادیر معادل GRPI کشورهای درحال توسعه بین کشورهای توسعه یافته و کمتر توسعه یافته قرار خواهد گرفت، زیرا پتانسیل آنها برای کاهش شدت آلودگی بین این کشورها می‌باشد.



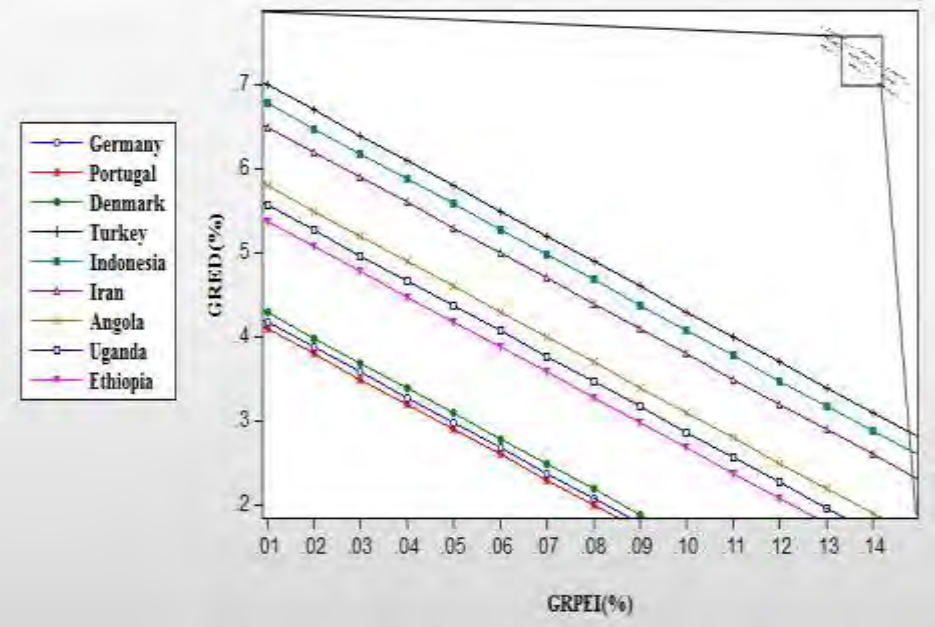
نمودار (۲): نمودار نرخ رشد شدت انتشار آلودگی (GRPI) برای سه نوع از کشورهای مختلف

براساس رابطه (۱۵) و تحت فرضیات ارزش معادل $(GRPE_i + 1)$ ثابت است. رابطه معکوسی بین نرخ رشد شدت آلودگی و نرخ رشد اقتصادی وجود دارد. به‌طورکلی، ارزش نرخ انتشار گاز کربنیک در اکثر کشورها بزرگ‌تر از صفر می‌باشد؛ بنابراین k_3 (که مساوی است با

(GRPE +۱)) بزرگ‌تر از ۱ است. براساس رابطه ۱۵ می‌توان گفت که ارزش معادل بزرگ‌تر نرخ رشد شدت آلودگی باعث می‌شود که نمودار نرخ انتشار گاز کربنیک کشورها در موقعیت بالاتری قرار گیرد؛ که در نمودار ۳ رابطه بین نرخ رشد شدت آلودگی و نرخ رشد اقتصادی نشان داده شده است. در نمودار ۳ روند منظمی از ارزش معادل GRPE در میان کشورهای توسعه‌یافته، درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته نشان داده شده است؛ که ترتیب قرارگیری نمودارها برای کشورها از بالا به پایین درحال‌توسعه، کمتر توسعه یافته و توسعه یافته می‌باشد. نرخ رشد اقتصادی اثر مثبت را نشان می‌دهد درحالی‌که نرخ رشد شدت آلودگی منفی است. برای کشورهای توسعه‌یافته مقادیر معادل نرخ رشد اقتصادی GRED آن‌ها کمترین و مقادیر معادل نرخ رشد شدت آلودگی آن‌ها بزرگ‌ترین است، بنابراین ارزش معادل نرخ انتشار گاز کربنیک آنها در مقایسه با کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه یافته کمترین مقدار می‌باشد.

از سوی دیگر، توسعه اقتصادی کشورهای توسعه یافته، به دلیل محدودیت منابع و ظرفیت بیش از حد، آهسته است؛ تکنولوژی کشورهای توسعه یافته اغلب در سطوح بالا است (Amir.,2016) که نشان می‌دهد که شدت آلودگی در این کشورها در سطح پایین می‌باشد. گسترش آلودگی به‌طور مستقیم با مقیاس اقتصادی و انرژی تعیین می‌شود؛ بنابراین، مقادیر معادل نرخ انتشار گاز کربنیک کشورهای توسعه یافته در مقایسه با کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه یافته کمترین مقدار است. کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای کمتر توسعه‌یافته تقریباً متعلق به یک طبقه از نظر اینکه آیا آنها دارای پتانسیل توسعه هستند، می‌باشند؛ بنابراین، ارزش معادل کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای کمتر توسعه یافته هر دو بالاتر از کشورهای توسعه یافته است. علاوه بر این، توسعه کشاورزی در کشورهای درحال توسعه مشکل مواد غذایی و لباس را حل کرده است، شهروندان در کشورهای درحال‌توسعه سطح بالای زندگی را دنبال می‌کنند که به توسعه اجتماعی و اقتصادی بستگی دارند؛ بنابراین، کشورهای درحال‌توسعه نیاز به افزایش مصرف انرژی بیشتری دارند (Geller et al.,2004).

پرتال جامع علوم انسانی



نمودار (۳): نمودار نرخ رشد انتشار آلودگی (GRPE) برای سه نوع از کشورهای مختلف

سهم مطلق اثر سه جز تولید ناخالص داخلی، شدت آلودگی و اثر تعاملی آنها در مصرف انرژی

بر اساس روابط ۲۴ تا ۲۶، سهم مطلق اثر تولید ناخالص داخلی، شدت آلودگی و اثر تعاملی آنها بر انتشار گاز کربنیک در جدول (۱) نمایش داده شده است.

جدول (۱): سهم مطلق (به درصد) اجزای انتشار آلودگی (PE)

کشورها	توسعه یافته			درحال‌توسعه			کمتر توسعه یافته		
	پرتغال	دانمارک	آلمان	اندونزی	ترکیه	ایران	اتیوپی	اوگاندا	آنگولا
$P\left(EV_{PE-ED}\right)$	۴۸،۰۱	۴۶،۵۹	۴۵،۷۵	۵۷،۴۲	۵۶،۹۸	۵۷،۳۸	۶۱،۹۳	۷۸،۶۱	۶۲،۵۸
$P\left(EV_{PE-PI}\right)$	۵۱،۹۱	۵۲،۹۹	۵۴،۱۵	۳۷،۹۵	۴۱،۴۷	۳۵،۶۶	۲۳،۵۵	۱۶،۰۶	۲۹،۶۶
$P\left(f\left(EV_{PE-ED}, EV_{PE-PI}\right)\right)$	۰،۰۷	۰،۴۲	۰،۰۸	۴،۶۳	۲،۵۵	۶،۹۶	۱۴،۵۱	۵،۳۲	۷،۷۵

منبع: نتایج تحقیق

با توجه به اینکه اثر تولید ناخالص داخلی (ED) برای همه کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته بیش از ۵۰ درصد است لذا عامل اصلی در تغییرات انتشار گاز کربنیک (PE) می‌باشد. ولی در کشورهای توسعه‌یافته عامل اصلی در تغییرات انتشار گاز کربنیک، شدت آلودگی(PI) می‌باشد زیرا این عامل بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. سهم تولید ناخالص داخلی (ED) در کشورهای آلمان، دانمارک و پرتغال به ترتیب ۴۵,۷۵، ۴۶,۵۹ و ۴۸,۰۱ درصد می‌باشد درحالی‌که سهم آنها از اثرات شدت آلودگی (PI) به ترتیب ۵۴,۱۵، ۵۲,۹۹ و ۵۱,۹۱ می‌باشد. اثر تعاملی ناشی از اثرات ED و PI در این کشورها کمتر از ۱ درصد است. تفاوت در اثرات ED و EI برای کشورهای توسعه‌یافته پایین می‌باشد. انتشار گاز کربنیک PE به کندی افزایش یا کاهش می‌یابد زیرا اثر تولید ناخالص داخلی (ED) و اثر شدت آلودگی (PI) بر انتشار گاز کربنیک (PE) کاملاً مخالف هم هستند. سهم تولید ناخالص داخلی (ED) کشورهای ایران، ترکیه و اندونزی به ترتیب ۵۷,۳۸، ۵۶,۹۸ و ۵۷,۴۲ است درحالی‌که سهم آنها از اثرات شدت آلودگی (PI) به ترتیب ۳۵,۶۶، ۴۱,۴۷، ۳۷,۹۵ می‌باشد. اثرات تعاملی تولید ناخالص داخلی و شدت آلودگی برای این کشورها بین ۱ تا ۷ درصد می‌باشد؛ که در این بین سهم تعاملی کشور ترکیه در بین کشورهای کمتر توسعه یافته کمترین می‌باشد و به کشورهای توسعه یافته نزدیک‌تر است ولی اثر تعاملی برای ایران نزدیک به ۷ درصد می‌باشد که به کشورهای کمتر توسعه یافته شبیه‌تر می‌باشد. سهم تولید ناخالص داخلی (ED) کشورهای آنگولا، اوگاندا و اتیوپی به ترتیب ۶۲,۵۸، ۷۸,۶۱، ۶۱,۹۳ می‌باشد. سهم آنها از اثرات شدت آلودگی (PI) به ترتیب ۲۹,۶۶، ۱۶,۰۶، ۲۳,۳۵ می‌باشد. اثر تعاملی این کشورها بالای ۵ درصد می‌باشد.

اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که سهم اثر تولید ناخالص داخلی (ED) در کشورهای توسعه‌یافته کمترین میزان بر تغییرات انتشار گاز کربنیک (PE) را نسبت به سایر کشورها دارند درحالی‌که کشورهای کمتر توسعه یافته بیش‌ترین سهم را دارا می‌باشند و سهم اثر PI در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به بقیه کشورها بیش‌ترین می‌باشد درحالی‌که کشورهای کمتر توسعه‌یافته کمترین سهم اثر PI بر تغییرات انتشار گاز کربنیک را دارا می‌باشند. اثرات تعاملی نشان دهنده عامل ناشناخته مؤثر بر انتشار گاز کربنیک می‌باشد که کوچک‌ترین جز در مقایسه با اثر ED و PI است. این اثر برای کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه سهم ناچیز و قابل اغماضی می‌باشد درحالی‌که این اثر برای کشورهای کمتر توسعه‌یافته به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار می‌باشد. این اثر

برای کشورهای توسعه یافته کمترین میزان و برای کشورهای کمتر توسعه‌یافته بیش‌ترین می‌باشد. سهم دو اثر ED و PI در طی زمان تغییر می‌کند. اثر تولید اقتصادی (ED)، اثر شدت آلودگی (PI) و اثر تعاملی آنها انتشار گاز کربنیک در کشورها را توضیح می‌دهد.

انرژی جز اصلی توسعه اقتصادی است که مصرف بیشتر آن باعث گسترش آلودگی بیشتر می‌شود. به همراه توسعه اقتصادی، نوآوری فنی و بهینه‌سازی ساختار صنعتی دنبال شد. درنتیجه اثر تولید ناخالص داخلی ED عامل اصلی در میان سه عامل در کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه یافته است. در کشورهای توسعه‌یافته با توجه به اینکه از تکنولوژی و فناوری بالاتری استفاده می‌شود دو اثر تولید ناخالص داخلی و شدت آلودگی که معکوس هم می‌باشند، می‌تواند به‌طورکلی گسترش آلودگی را در یک تعادل پویا نگه دارد.

نتیجه‌گیری

هرچه رشد اقتصادی بیشتر باشد بهبود زندگی مردم که یکی از اهداف رشد اقتصادی است محقق می‌شود، بهبود زندگی مردم همراه با افزایش استفاده از وسایل رفاهی جدید است که به نوبه خود منجر به افزایش مصرف انرژی و گسترش آلودگی می‌شود. این روابط درهم تنیده بین پیشرفت‌های تکنولوژی که منجر به افزایش کارایی انرژی و به‌تبع آن کاهش گسترش آلودگی می‌گردد و نیز افزایش رشد اقتصادی که منجر به افزایش بهبود معیشت و افزایش مصرف انرژی و افزایش آلودگی می‌گردد، نیازمند مدلی است که بتواند به طریقی اثرات سه گانه مورد نظر را مورد تجزیه و تحلیل قرار بدهد. همان‌طور که در مطالعات گذشته نشان داده می‌شود اکثر مطالعات روابط مختلفی را بین رشد اقتصادی و انتشار گاز کربنیک ازجمله روابط علیت یک سویه یا دو سویه نشان می‌دهند. مدل‌ها و ابزارهای سنجی نمی‌توانند این‌چنین بررسی را انجام دهند. در این پژوهش با استفاده از مدل 3GR روابط سه جانبه بین رشد اقتصادی، انتشار گاز کربنیک، شدت آلودگی و همچنین رابطه دو به دو بین آنها را نشان می‌دهد. استخراج مدل 3GR یک قانون را آشکار می‌کند که ضرب چندگانه نرخ انتشار گاز کربنیک با حاصل‌ضرب نرخ رشد اقتصادی در نرخ رشد شدت آلودگی یکسان می‌باشد. مدل 3GR ارتباط بین نرخ انتشار گاز کربنیک، تولید ناخالص داخلی و شدت آلودگی را بیان می‌کند و تفاوت در رشد این متغیرها در کشورهای

مختلف با سطح توسعه متفاوت را نشان می‌دهد. اهمیت مدل 3GR در این است که نشان می‌دهد چگونه نرخ رشد شدت آلودگی و نرخ رشد اقتصادی بر روی نرخ رشد انتشار آلودگی تأثیر می‌گذارد. نتایج نشان می‌دهد که: براساس مدل 3GR ارتباط خطی مستقیم بین نرخ انتشار گاز کربنیک و نرخ رشد اقتصادی یا نرخ انتشار گاز کربنیک و نرخ رشد شدت آلودگی وجود دارد درحالی‌که ارتباط بین نرخ رشد شدت آلودگی و نرخ رشد اقتصادی در کشورهای منتخب زمانی که ارزش معادل آنها ثابت است، معکوس می‌باشد. ارزش معادل نرخ رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته کمتر از کشورهای درحال‌توسعه و آن نیز کمتر از کشورهای کمتر توسعه یافته می‌باشد. درحالی‌که در مورد نرخ رشد شدت آلودگی این رابطه عکس می‌باشد. کشورهای کمتر توسعه یافته بیش‌ترین پتانسیل را در توسعه اقتصادی آینده‌شان با نوآوری تکنولوژی یا ساختار صنعتی بهینه را دارند درحالی‌که پتانسیل کشورهای توسعه یافته در کمترین حد و کشورهای درحال‌توسعه در حد متوسطی می‌باشد. درجه توسعه‌یافتگی در کشورهای درحال‌توسعه بیش‌ترین رشد پیش رونده را نشان می‌دهد. تغییرات در انتشار گاز کربنیک با اثرات رشد اقتصادی، شدت آلودگی و اثرات مداخله‌ای آنها نشان داده شده است. سهم عوامل رشد اقتصادی و شدت آلودگی در کشورهای توسعه‌یافته تقریباً برابر است ولی سهم نرخ رشد اقتصادی در انتشار این گاز در کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته بیشتر از شدت آلودگی است و این در حالی است که در کشورهای کمتر توسعه‌یافته تقریباً اصلی‌ترین عامل می‌باشد. همچنین اثر تعاملی بین رشد اقتصادی و شدت آلودگی که در مدل به عنوان عامل ناشناخته (که این عوامل می‌تواند سیاسی، فرهنگی یا اجتماعی باشد) معرفی شده است در بین کشورهای کمتر توسعه یافته و درحال‌توسعه بیشتر است. سهم اثرات رشد اقتصادی و شدت آلودگی بر انتشار این گاز در کشورهای توسعه یافته تقریباً برابر است. این در حالی است که در کشورهای درحال‌توسعه و کمتر توسعه یافته این اندازه‌ها متفاوت‌تر است و سهم رشد اقتصادی بیش‌تر است؛ زیرا در مراحل بالای توسعه کشورهای توسعه یافته وارد دوره رشد بطئی و کُند می‌شود؛ درحالی‌که در کشورهای کمتر توسعه یافته و درحال‌توسعه تا حدی دوره طلایی و نرخ رشد بیشتر را تجربه می‌کنند.

نظر به وجود رابطه مستقیم بین رشد اقتصادی و میزان انتشار گاز کربنیک ، برای نیل به هدف کاهش آلودگی و همچنین رسیدن به هدف رشد اقتصادی، توصیه می‌شود در فرایند توسعه اقتصادی انرژی‌های پاک جایگزین انرژی‌های فسیلی شود. همچنین الگوی توسعه صنعتی و

به‌طورکلی توسعه اقتصادی به سمت استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی کننده در مصرف انرژی سوق پیدا کند. برای این منظور صرفه‌جویی انرژی و کاهش سهم محصول بخش‌های انرژی‌بر استراتژی‌های مهم برای کاهش انتشار گاز کربنیک هستند. برای ارتقای تکنولوژی‌های تولید و توزیع انرژی در کشورها استفاده از انرژی‌های پاک، ارتقا و استانداردسازی فنی و زیست‌محیطی تولیدات صنایع، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین با آلایندگی کمتر به همراه درونی‌سازی هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های محیط‌زیستی شرایطی فراهم شود تا افزایش رفاه ناشی از رشد اقتصادی با کمترین هزینه زیست‌محیطی همراه باشد.

References

[1] Acaravci, A., & Ozturk, I. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy, 35*(12), 5412-5420.

[2] Adams, W. (2006). The Future of Sustainability: Re-Thinking Environment and Development in the Twenty-First Century, Report of the Iucn Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006. *IUCN. Online at: http://www.iucn.org/members/future_sustainability/docs/iucn_future_of_sustanability. pdf.*

[3] Alle omran, r., panahi, h., & Zahra, k. (2013). The Study of Relationship between Economic Growth, CO2 Emissions, Energy Consumption and Employment Ratio in Iran. *journal of Geography and planning, 17*(45), 1-26. (in Persian).

[4] Amri, F. (2016). The relationship amongst energy consumption, foreign direct investment and output in developed and developing countries. *Renewable Sustainable Energy Reviews, 64*, 694-702.

[5] Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO2 emissions. *Energy Economics, 54*, 263-271.

[6] Asongu, S., El Montasser, G., & Toumi, H. (2016). Testing the relationships between energy consumption, CO 2 emissions, and economic growth in 24 African countries: a panel ARDL approach. *Environmental Science Pollution Research, 23*(7), 6563-6573.

[7] Balali, h., zani, o., & yosefi, a. (2013). The Relationship between Economic Growth and Environmental Pollution in Oil Sector with Emphasis on Oil Price Volatility: Case Study of Iran. *the journal of planning and budgeting, 18*(3), 49-64. (in Persian).

[8] Behbodi, d., fallahi, f., & barghi goldani, e. (2010). The Economical and Social Factors Effecting on CO2 Emission in Iran. *journal of economic research, 45*(1), 1-17. (in Persian).

[9] Chaabouni, S., & Saidi, K. (2017). The dynamic links between carbon dioxide

(CO2) emissions, health spending and GDP growth: A case study for 51 countries. *Environmental research, 158*, 137-144.
[10] Coondoo, D., & Dinda, S. (2008). Carbon dioxide emission and income: A temporal analysis of cross-country distributional patterns. *Ecological Economics, 65*(2), 375-385.
[11] Cowan, W. N., Chang, T., Inglesi-Lotz, R., & Gupta, R. (2014). The nexus of electricity consumption, economic growth and CO2 emissions in the BRICS countries. *Energy Policy, 66*, 359-368.
[12] Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics, 49*(4), 431-455.
[13] Ekins, P. (1997). The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence. *Environment planning a, 29*(5), 805-830.
[14] Geller, H., Schaeffer, R., Szklo, A., & Tolmasquim, M. (2004). Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. *Energy Policy, 32*(12), 1437-1450.
[15] Ghosh, S. (2010). Examining carbon emissions economic growth nexus for India: a multivariate cointegration approach. *Energy Policy, 38*(6), 3008-3014.
[16] Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. Retrieved from
[17] Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H., & Haralambopoulos, D. (2011). CO2 emissions, GDP and energy intensity: a multivariate cointegration and causality analysis for Greece, 1977–2007. *Applied energy, 88*(4), 1377-1385.
[18] IEA, E. B. (2009). International Energy Agency. *Paris, France*.
[19] Jafari samimi, a., & mohamadi khayare, M. (2014). Short run and Long run Relationship among CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence from Iran. *the economic research, 14*(2), 1-20. (in Persian).
[20] Jing, Z., Zhang, L.-y., Zhang, J.-M., Shi-Huai, D., Zhang, Y.-z., Li, Y.-w., . . . Policy. (2016). Theoretical relationship between energy consumption and economic output. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning,, 11*(7), 643-650.
[21] Khan, S. A. R., Zaman, K., & Zhang, Y. (2016). The relationship between energy-resource depletion, climate change, health resources and the environmental Kuznets curve: Evidence from the panel of selected developed countries. *Renewable Sustainable Energy Reviews, 62*, 468-477.
[22] Kumar, T. (2011). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth: a revisit of the evidence from India. *Applied Econometrics International Development, 11*(2), 165-189.
[23] Lotfalipour, m. r., falahi, m. a., & bastam, m. (2012). The Environmental Issues and Forecasting of Carbon Dioxide Emissions in Iran Economy. *quarterly journal of applied economics studies, 3*, 81-109. (in Persian).
[24] Mahdavi adeli, m. h., & ghanbari, a. (2014). CO2 Emissions, GDP and Energy Consumption: a Multivariate Cointegration and Causality Analysis for Iran. *Journal of Iranian Energy Economics, 3*(9), 217-237. (in Persian).

[25] Mohamadbagheri, A. (2010). An Assessment of the Short and Long-Run Relationship between Economic Growth،Energy Consumption and CO2 Emission in Iran. *Quarterly Energy Economics Review, 27*, 101-129. (in Persian).
[26] Nikuegbal, A. A., Akhtari , A., Amini Esfidvajani, M., & Attar Kashani, M. (2012). Co2 Emission Growth, Energy Consumption Growth and GDP Growth Reviewing the Casual Relationship using Dynamic Panel Estimation (DPE). *Quarterly Energy Economics Review, 33*, 169-197. (in Persian).
[27] Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. London: MacMillan.
[28] Pitkänen, K., Antikainen, R., Droste, N., Loiseau, E., Saikku, L., Aissani, L., . . . Thomsen, M. (2016). What can be learned from practical cases of green economy?–studies from five European countries. *%J Journal of Cleaner Production, 139*, 666-676.
[29] Poor kazemi, m. h., & ebrahimi, i. (2008). Examining Environmental Kuznets Curve in Middle EAST. *economic research, 34*, 57-71. (in Persian).
[30] Sadeghi, s. k., & mosavian, s. M. (2014). Carbon Emissions, Energy Consumption and GDP per Capita Nexus in Iran: Causality Analysis Using Maximum Entropy Bootstrap. *journal of Iranian energy economic, 3*, 91-116. (in Persian).
[31] Saidi, K., & Hammami, S. (2015). The impact of energy consumption and CO2 emissions on economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models. *Sustainable Cities Society, 14*, 178-186.
[32] Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics management, 27*(2), 147-162.
[33] Shahbaz, M., Mahalik, M. K., Shah, S. H., & Sato, J. R. (2016). Time-varying analysis of CO2 emissions, energy consumption, and economic growth nexus: Statistical experience in next 11 countries. *Energy Policy, 98*, 33-48.
[34] The World Bank, O. D. (2018). < (*http://data.worldbank.org/country*) >.
[35] Wang, C., Liao, H., Pan, S.-Y., Zhao, L.-T., & Wei, Y.-M. (2014). The fluctuations of China's energy intensity: Biased technical change. *Applied energy, 135*, 407-414.
[36] Zhixin, Z., & Xin, R. (2011). Causal relationships between energy consumption and economic growth. *Energy Procedia, 5*, 2065-2071.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی