

کاربرد الگوسازی چندسطحی در تحلیل منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (مطالعه موردی: 33 کشور منتخب چهار گروه درآمدی)

علی فیروززارع¹

دانشجوی دوره دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه

فردوسی مشهد

ناصر شاهنوشی²

استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: 1394/3/18

تاریخ دریافت: 1393/7/9

چکیده

فعالیت‌های بسیاری در حوزه اقتصاد محیط‌زیست بر این پرسش تمرکز نموده‌اند که چرا برخی کشورهای در حال توسعه، از تخریب زیست‌محیطی رنج می‌برند، در حالی که برخی دیگر از کشورها قادر به حفاظت یا حتی افزایش کیفیت زیست‌محیطی هستند. با فروپاشی کمونیسیم و تحول اقتصادی چین، اغلب مردم در اقتصادهایی با بازار آزاد، زندگی، کار و خرید و فروش می‌کنند. از این رو کیفیت آینده محیط‌زیست به چگونگی شکل‌گیری رابطه میان آلودگی و رشد این بازار آزاد، بستگی دارد. مشارکت اصلی اقتصاددانان در تحلیل این مبحث، به مفهوم منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) مربوط می‌شود. فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس این گونه فرض می‌کند که بیک رابطه غیریکنواخت و غیر ثابت میان تولید ناخالص داخلی سرانه و کیفیت محیط‌زیست وجود دارد. اگر فرضیه EKC صحیح باشد، روندهای درآمد سرانه تغییرات کلی رفاه در کشورهای ثروتمند را کمتر برآورد می‌کنند، اما این روندها را در کشورهای فقیرتر بیشتر برآورد می‌کنند. برخی اقتصاددانان بانک جهانی استدلال نموده‌اند که EKC در طول زمان به طرف چپ و به سمت پایین جابجا می‌شود. در پژوهش حاضر به بررسی رابطه میان انتشار CO₂ و تولید ناخالص

1- alifiroozzarea@gmail.com

2- shahnoushi@um.ac.ir

داخلی برای 33 کشور منتخب چهار گروه درآمدی (با درآمد بالا، با درآمد بالای متوسط، با درآمد پایین متوسط و با درآمد پایین) با استفاده از داده‌های دوره زمانی 1991 تا 2009 پرداخته شده است. یافته‌های این پژوهش بیانگر لزوم بهره‌گیری از الگوی چندسطحی در بررسی فرضیه مذکور است. بر اساس نتایج به دست آمده از این الگو می‌توان گفت در هیچ یک از کشورهای چهار گروه درآمدی، فرضیه EKC رد نمی‌شود و بر این اساس کشورهای گروه درآمدی بالا، سطح تولید ناخالص داخلی سرانه نقطه عطف منحنی کوزنتس را گذرانده‌اند و در بخش نزولی این منحنی قرار دارند. این در حالی است که کشورهای گروه درآمدی پایین و کمتر از متوسط فاصله بسیار زیادی با سطح تولید ناخالص داخلی سرانه حداکثر آلودگی دارند و مادامی که از نیروهای بازاری و غیربازاری استفاده بهینه نمایند، در دام افزایش آلودگی در اثر افزایش تولید ناخالص داخلی باقی خواهند ماند. با توجه به اینکه در واقعیت و با شرایط فعلی کشورهای با درآمد کمتر از متوسط و پایین (به لحاظ تکنولوژی، زیرساخت‌ها و ساختارهای مختلف اقتصادی، سیاسی و غیره)، تقریباً دستیابی به قسمت نزولی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی برای آن‌ها غیرممکن است، برای دستیابی به این بخش و کاهش سطح درآمدی لازم برای رسیدن به بخش نزولی آلودگی، بایستی تغییرات عمده‌ای در نیروهای بازاری و غیربازاری حاکم بر این کشورها صورت گیرد.

طبقه‌بندی JEL: C23، O44، Q56.

کلیدواژه‌ها: منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، الگوسازی چندسطحی، انتشار CO₂.

1- مقدمه

گرم شدن اقلیم جهانی در سال‌های اخیر تبدیل به تهدیدی جدی برای بقا و سلامت انسان شده است. گرمایش جهانی علاوه بر عوامل طبیعی، ارتباط تنگاتنگی با انتشار CO₂ حاصل از فعالیت‌های انسانی دارد (Soytas & Sari, 2009). واکنش به تغییر اقلیم، یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی جامعه بین‌المللی است. هدف پیمان کیوتو که در سال 1997 امضا شد، محدود نمودن انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای توسعه‌یافته است و همچنین کشورهای در حال توسعه در کنفرانس اقلیم کینهاگن 2009 متعهد به رعایت الزامات کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شدند. بر این اساس در سال‌های اخیر بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تبدیل به یک موضوع مطالعه بین‌المللی شده است (niu et al., 2011).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که فعالیت‌های بسیاری در حوزه اقتصاد محیط‌زیست بر این پرسش تمرکز نموده‌اند که چرا برخی کشورهای در حال رشد، از تخریب زیست‌محیطی رنج می‌برند،

در حالی که برخی دیگر از کشورها قادر به حفاظت یا حتی افزایش کیفیت زیست محیطی هستند. با فروپاشی کمونیسیم و تحول اقتصادی چین، اغلب مردم در اقتصادهایی با بازار آزاد، زندگی، کار و خرید و فروش می کنند. از این رو کیفیت آینده محیط زیست به چگونگی شکل گیری رابطه میان آلودگی و رشد این بازار آزاد، بستگی دارد.

مشارکت اصلی اقتصاددانان در تحلیل این مبحث، به مفهوم منحنی کوزنتس زیست محیطی¹ (EKC) مربوط می شود. به طور خلاصه این فرضیه بر این اصل استوار است که توسعه اقتصادی هم علیه کیفیت محیط زیست و هم به نفع آن است. توسعه اقتصادی به ویژه در کشورهای فقیرتر، اغلب به کاهش کیفیت محیط زیست منجر می شود، اما ادامه و استمرار آن می تواند به حل بسیاری از مسائل مرتبط با آلودگی در کشورهای با اقتصاد متوسط و ثروتمندتر کمک نماید. موافقان فرضیه EKC دلیل این امر را این چنین بیان می کنند که همگام با رشد درآمد، الگوهای مصرف و تولید به طور فزاینده ای از الگوی سبز پیروی خواهد کرد. در عین حال چشم اندازها برای حاکمیت سبز (از دیدگاه زیست محیطی) ارتقا می یابد. مطالعات بسیاری، شاخص های زیست محیطی را که با الگوی EKC همخوانی دارد، در طول 15 سال پس از معرفی این الگو، شناسایی نموده اند.

اما محیط زیست شناسان² اعتراضات درخور اهمیتی را در برابر خوش بینی ضمنی که در الگوی EKC به چشم می خورد، مطرح کرده اند. به عنوان مثال، استدلال برخی از ایشان این است که حتی اگر EKC صحت داشته باشد، در مورد کشورهای فقیرتری که ممکن است طی یک دوره بلندمدت در طرف نادرست این منحنی به دام افتاده اند، امید کمتری را می تواند با خود به همراه داشته باشد.

مقایسه میزان آلودگی یک کشور در طول زمان و یا با سایر کشورها، الگوی جالبی را ارائه خواهد نمود - بر اساس بسیاری از شاخص ها، کیفیت محیط زیست ابتدا با افزایش درآمد، کاهش می یابد، اما با ادامه رشد، به نقطه عطف خود رسیده و پس از آن، با افزایش درآمدها بهبود می یابد. این الگوی شاخص و منحصر به فرد، به منحنی کوزنتس زیست محیطی (EKC) معروف است.

1- environmental Kuznets curve

2- environmentalists

2- پیشینه تحقیق

در طول پانزده سال اخیر، فعالیت‌های بسیاری که در ارتباط با مسائل زیست‌محیطی انجام شده است، تلاش نموده‌اند رابطه پیچیده میان درآمد و کیفیت زیست‌محیطی را به اثبات رسانند. این ادبیات بر چگونگی واکنش مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و دولت‌ها به پیشرفت اقتصادی، تمرکز و تأکید دارد. در واقع این ایده که افزایش درآمد در نهایت، به بهبود کیفیت محیط‌زیست کشورها منجر می‌شود، سبب شده است که مطالعات و پژوهش‌های بسیاری در این زمینه در کشورهای مختلف دنیا انجام شود.

از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه Pourkazemi & Ebrahimi (2008) تحت عنوان بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در خاورمیانه، اشاره نمود. ایشان فرضیه EKC را با حذف کشورهای پیشرفته و تنها با در نظر گرفتن کشورهای در حال توسعه مورد بررسی قرار داده‌اند (حذف تورش واریانس ناهمسانی ناشی از اختلاف میان کشورها). نتایج این پژوهش حاکی از پذیرش فرضیه EKC در کشورهای در حال توسعه منطقه خاورمیانه است. همچنین نتایج به دست آمده توسط dinda & Coondoo (2006) بیانگر این است که رابطه دوطرفه‌ای میان تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار CO₂ سرانه در 88 کشور جهان وجود دارد. نتایج مطالعه Huang et al., (2008) و Sari & Soytas (2007) نیز حاکی از وجود رابطه دوطرفه بین رشد اقتصادی و انتشار CO₂ است. نتایج مطالعه Pao & Tsai (2010) نیز نشان‌دهنده تأثیر گذاری رشد اقتصادی بر انتشار CO₂ در چهار کشور گروه BRIC در فاصله سال‌های 1971-2005 است. همچنین نتایج مطالعه Mirshjayan & rahbar (2011) نیز حاکی از وجود رابطه‌ای به شکل U معکوس میان درآمد سرانه و تولید سرانه گاز دی‌اکسید کربن در بازه زمانی 1999 تا 2007 در حوزه کشورهای آسیایی است.

برخی از پژوهشگران، روش‌شناسی برآورد یک الگوی رگرسیونی واحد را با استفاده از داده‌های تابلویی شامل کشورهای مختلف را به چالش کشیده‌اند و در مجموع ارائه یک EKC متوسط جهانی را مورد تردید قرار داده‌اند؛ به عبارت دیگر ایشان معتقدند واریانس ناهمسانی‌های موجود در بین گروه‌های مختلف درآمدی جهان و همچنین کشورهای مختلف نمی‌تواند در نهایت به ارائه یک منحنی EKC واحد جهانی منجر شود. بر این اساس ایشان معتقدند سطوح مختلف

درآمد و کشور می‌تواند نقشی تعیین کننده در شکل و مکان منحنی کوزنتس زیست محیطی ایفا نماید. به عنوان مثال dinda&Coondoo (2002) بر این باورند که الگوی علی میان درآمد و آلودگی، از یک گروه از کشورها به گروه دیگر متفاوت است. همچنین Debruyn (1997) رابطه میان درآمد - آلودگی را برای چهار کشور عضو OECD به طور جداگانه برآورد نمود و بر اهمیت اختلافات ساختاری درون کشورها تأکید کرد.

با توجه به اینکه بر اساس بررسی‌های انجام شده، قریب به اتفاق پژوهش‌های انجام شده در مورد ساختار سلسله مراتبی مؤثر بر این منحنی در سطح جهانی که متأثر از سطوح مختلف درآمدی و همچنین ساختار حاکمیتی، مدیریتی، اقتصادی و ... کشورهای مختلف است، راهکار مناسبی را در نظر نگرفته‌اند (که تورش‌های بسیاری را به دنبال دارد) و یا تنها به بررسی این فرضیه در سطوح بسیار محدودی پرداخته‌اند، پژوهش حاضر تلاش نموده است با بهره‌گیری از الگوی چندسطحی به بررسی فرضیه EKC در سطح کشورهای منتخب چهار گروه درآمدی دنیا¹ پردازد. بخش سوم این پژوهش به ارائه مبانی نظری فرضیه EKC و روش تحقیق مورد استفاده برای بررسی این فرضیه در پژوهش حاضر پرداخته است. در بخش سوم نتایج تجربی حاصل از به کارگیری الگوی چندسطحی در خصوص این فرضیه ارائه شده است و در بخش نهایی نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از یافته‌های این پژوهش آمده است.

3- مبانی نظری و روش تحقیق

در این بخش پس از ارائه توضیحات مختصری در خصوص فرضیه EKC، به شرح مختصری در خصوص الگوی چندسطحی (سه سطحی) پرداخته شده است و در نهایت نیز داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

1-3- فرضیه EKC

سایمون کوزنتس² که جایزه نوبل اقتصاد را در سال 1971 از آن خود کرد، با مطالعه رابطه

1- بر اساس تقسیم‌بندی بانک جهانی

2- simon Kuznets

میان درآمد سرانه و نابرابری درآمد ملی، به شواهدی از یک الگوی غیرخطی دست یافت. بعدها Krueger & Grossman (1995) به رابطه مشابهی میان درآمد و آلودگی، پی بردند. فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس این گونه فرض می کند که یک رابطه غیریکنواخت و غیرثابت میان تولید ناخالص داخلی سرانه و کیفیت محیط زیست وجود دارد.

اگر فرضیه EKC صحیح باشد، روندهای درآمد سرانه تغییرات کلی رفاه در کشورهای ثروتمند را کمتر برآورد می کنند، اما این روندها را در کشورهای فقیرتر بیشتر برآورد می کنند.¹ برخی اقتصاددانان بانک جهانی استدلال نموده اند که EKC در طول زمان به طرف چپ و به سمت پایین جابجا می شود (Dasgupta, 2002). اگر استدلال آن ها صحیح باشد، آنگاه کشورهای در حال توسعه می توانند به دو طریق از این موضوع سود ببرند. اول اینکه، احتمالاً آن ها زودتر از کشورهای دیگر (که در گذشته به نقطه عطف درآمد رسیده اند) به این نقطه عطف در مسیر توسعه خود می رسند. دوم اینکه، آن ها پیش از رسیدن به نقطه عطف، کمتر دچار آسیب زیست محیطی خواهند شد. لازم به ذکر است که این نکته به معنی آن نیست که در هر مقطع زمان، نقطه حداکثر آلودگی در کشورهای با درآمد پایین در سطح کمتری از GDP سرانه کشورهای با درآمد بالا، حاصل می شود، بلکه به این معنا است که با گذشت زمان، منحنی کلیه گروه های درآمدی به سمت چپ و پایین منتقل خواهد شد.

3-2- الگوی چندسطحی

پژوهش حاضر به منظور بررسی فرضیه EKC از الگوسازی چندسطحی که بسیاری از نقاط ضعف پژوهش های انجام شده تا کنون را مرتفع می سازد، استفاده نموده است. الگوسازی چندسطحی از طریق حفظ ساختار سلسله مراتبی و گروه بندی شده داده ها، به تحلیل دقیق تر داده ها کمک می نماید و در واقع با بهره گیری از ساختار اصلی داده ها در فرایند تحلیل تا حد امکان ناهمسانی های واریانسی را که به دلیل تجمیع ساختار سلسله مراتبی داده ها ایجاد می شود، از بین می برد؛ به عبارت دیگر با توجه به اینکه در پژوهش حاضر به بررسی رابطه میان انتشار CO₂ و تولید

1- چون این شاخص های زیست محیطی غیربازاری در حساب درآمد ملی نشان داده نمی شوند، بهبود این شاخص ها به این معنا است که رشد GDP به بهبود رفاه این کشورها اهمیتی نمی دهد.

ناخالص داخلی کشورهای منتخب جهان در گروه‌های مختلف درآمدی پرداخته شده است، چنانچه کلیه کشورها گروه‌های مختلف درآمدی با یکدیگر تجمیع شوند و برای کلیه گروه‌های درآمدی رابطه واحدی ارائه گردد، واضح است از آنجا که ساختار مدیریتی، زیرساخت‌های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی، دیدگاه نسبت به محیط‌زیست و غیره در گروه‌های مختلف متفاوت است، رابطه ارائه شده قابلیت کاربرد برای هیچ‌یک از گروه‌های درآمدی را نخواهد داشت. علاوه بر این نگاه دقیق‌تر به ساختار داخلی هر گروه درآمدی نیز حاکی از این است که کشورهایی که در یک گروه درآمدی قرار دارند، نیز در مرزهای جغرافیایی کشورهای خود دارای ساختارهای متفاوت اقتصادی، مدیریتی، سیاسی و غیره هستند و به‌منظور برآورد دقیق‌تر این رابطه بایستی این ناهمسانی نیز در رابطه برآوردی وارد شود تا میزانی از خطای رگرسیون که ناشی از اختلاف میان سطوح کشورها است، استخراج گردد؛ بنابراین لازم است از الگویی چند سطحی، که قائل به ساختار چندسطحی داده‌ها است، استفاده شود.

الگوسازی چندسطحی دو ویژگی بارز دارد؛ اول این که داده‌ها را مورد آزمون قرار می‌دهد تا مشخص شود که آیا ساختار آن‌ها بین زیرمجموعه‌های تحت مطالعه از نظر آماری متفاوت است یا یکدیگر است یا خیر؛ دوم اینکه بر اساس قابلیت تجزیه واریانس الگو بین مشخصه‌های واحدهای تحت بررسی می‌توان درصد تغییرات واریانس متغیر مورد بررسی را که قابل انتساب به ویژگی‌های واحدهای هر سطح است، برآورد نمود (Naderi, 2002). بنابراین استفاده از این الگوها در مواردی که گروه‌بندی‌های طبیعی، اقتصادی و اجتماعی مانند مرزهای جغرافیایی و سیاسی، سطوح درآمدی، بخش‌های اقتصادی و غیره وجود دارد، می‌تواند مفید باشد.

در ارتباط با داده‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر، سه نوع واحد تحلیل شامل سطوح درآمد جهانی، مرزهای جغرافیایی کشورها و زمان وجود دارد؛ بنابراین، تحلیل حاضر تحلیلی سه سطحی از الگوهای چندسطحی تلقی می‌شود. تصریح جبری چنین الگویی بسته به اینکه آیا تنها دارای عرض از مبدأ تصادفی است و یا در کنار عرض از مبدأ دارای ضرایب شیب تصادفی می‌باشد، متفاوت است. به‌عنوان مثال الگویی که در آن عرض از مبدأ در سطوح مختلف، تصادفی و شیب در سطوح مختلف، ثابت است، به‌صورت رابطه 1 نشان داده می‌شود:

$$LCE_{tij} = \alpha_{.ij} + T_t + \beta_1 L_{GDP} + \beta_2 (L_{GDP})^2 + \varepsilon_{tij} \quad (1)$$

$$\alpha_{.ij} = \gamma_{...} + u_{.ij} + v_{.j}$$

که در آن، t ، i و j به ترتیب نمایانگر سطوح 1 (سال)، 2 (کشور) و 3 (سطح درآمدی) هستند؛ اما چنانچه الگوی مذکور، دارای عرض از مبدأ تصادفی در سطوح مختلف و همچنین دارای یک شیب تصادفی در سطوح مختلف باشد، به صورت رابطه 2 نشان داده می شود:

$$LCE_{tij} = \alpha_{.ij} + T_t + \beta_{1.ij} LGDP + \beta_{2.ij} (LGDP)^2 + \varepsilon_{tij} \quad (2)$$

$$\alpha_{.ij} = \alpha_{...} + u_{.ij} + v_{.j}$$

$$\beta_{1.ij} = \beta_{...} + u_{1ij} + v_{1j}$$

در ساختار سلسله مراتبی الگوهای چندسطحی، کوواریانس دو مشاهده در یک واحد سطح بالاتر، غیرصفر و واریانس جملات اخلال تمام مشاهدات، ناهمسان و غیرثابت است؛ بنابراین، قبل از هرگونه برآورد لازم است داده‌های مربوطه مورد آزمون قرار گیرند تا مشخص شود که آیا با ساختار سلسله مراتبی مواجه‌اند یا خیر، که برای این منظور از آماره همبستگی درون واحدی¹ استفاده می شود (Naderi, 2002).

همبستگی درون واحدی غیرصفر ناشی از وجود بیش از یک جمله اخلال در الگو و بدین معنی است که روش‌های تخمین کلاسیک مانند OLS برای تحلیل داده‌های مورد بررسی مناسب نیستند؛ به عبارت دیگر در این حالت داده‌ها با ساختار سلسله مراتبی مواجه بوده و بنابراین کاربرد الگوسازی چندسطحی ارجحیت دارد. هر چه شاخص همبستگی درون واحدی بزرگ‌تر باشد، لزوم استفاده از الگوسازی چندسطحی نیز بیشتر می شود (Naderi, 2002).

همبستگی‌های درون واحدی در سطوح 2 و 3 برای یک الگوی سه سطحی به دو روش تعریف می شوند، روش اول برای زمانی که تجزیه واریانس در میان سطوح موجود مدنظر است، کاربرد دارد. در این روش که توسط روابط (2) و (3) نشان داده شده است سهم واریانس در سطوح تعیین می شود (Davis & Scott, 1995).

$$\rho_{کشوری} = \frac{\sigma_{u_{.ij}}^2}{\sigma_{u_{.ij}}^2 + \sigma_{v_{.j}}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2} \quad (3)$$

$$\rho_{درآمدی} = \frac{\sigma_{u_{1ij}}^2}{\sigma_{u_{1ij}}^2 + \sigma_{v_{1j}}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2} \quad (4)$$

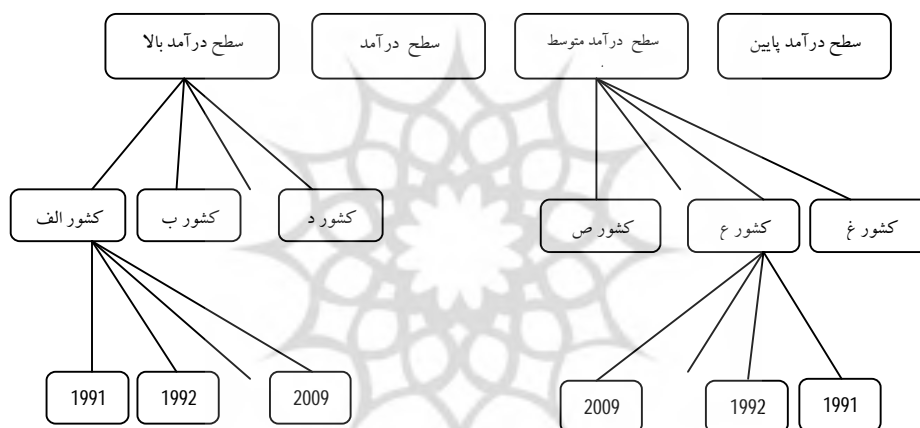
روش دوم که توسط سیدیکو و همکاران (1996) ارائه شده است برآوردی از همبستگی مورد انتظار بین دو مؤلفه منتخب تصادفی در یک گروه مشابه ارائه می‌نماید؛ بنابراین، $\rho_{کشور}$ در معادله (5) نشان‌دهنده همبستگی انتظاری بین دو مؤلفه سطح اول در داخل یک مؤلفه مشابه از سطح دوم می‌باشد. معادله (6) بیانگر همبستگی درون‌واحدی برای سطح سوم و یا درصد واریانس مربوط به اختلاف بین واحدهای این سطح است (Hox et al., 2010).

$$\rho_{کشور} = \frac{\sigma_{\alpha_i}^2 + \sigma_{\beta_i}^2}{\sigma_{\alpha_i}^2 + \sigma_{\beta_i}^2 + \sigma_{\epsilon}^2} \quad (5)$$

$$\rho_{درآمد} = \frac{\sigma_{\beta_i}^2}{\sigma_{\alpha_i}^2 + \sigma_{\beta_i}^2 + \sigma_{\epsilon}^2} \quad (6)$$

$\sigma_{\alpha_i}^2$ ، $\sigma_{\beta_i}^2$ و σ_{ϵ}^2 به ترتیب نشان‌دهنده واریانس در سطوح 1، 2 و 3 می‌باشند.

ساختار الگوی سه سطحی مورد بحث در پژوهش حاضر برای تحلیل فرضیه EKC را می‌توان به صورت نمودار 2 در نظر گرفت. این ساختار در قالب الگوسازی چندسطحی قابل تحلیل می‌باشد.



نمودار (2): ساختار الگوی چندسطحی برای تحلیل فرضیه EKC

الگوهای EKC اولیه به شکل توابع درجه دو ساده‌ای بودند، که در آن‌ها سطح آلودگی به عنوان متغیر وابسته و سطح درآمد به عنوان متغیر مستقل حضور داشتند؛ اما با توجه به اینکه برای انجام فعالیت‌های اقتصادی ناگزیر از استفاده از منابع هستیم و بنا بر قوانین ترمودینامیک، لزوماً ضایعاتی بر جای خواهد گذاشت، برخی از پژوهشگران معتقدند توابعی مانند درجه دو ساده که در آن

امکان صفر یا منفی شدن شاخص های آلودگی وجود دارد، مشکل ساز خواهد شد، این در حالی است که بهره گیری از متغیر لگاریتمی این محدودیت را برطرف می سازد (Pourkazemi & Ebrahimi, 2008).

$$LCE_{itj} = \alpha_{itj} + T_t + \beta_1 LGDP + \beta_2 (LGDP)^2 + \varepsilon_{itj}$$

عرض از مبدأ مختص زمان (T_t)، نشان دهنده تمام متغیرهای نادیده گرفته شده متغیر در طول زمان و شوک های تصادفی است که در بین کلیه کشورها و گروه های درآمدی مشترک است. عرض از مبدأ مقطعی (α_{itj}) بیانگر اثرات مذکور برای هر سطح درآمدی و هر کشور است که به صورت متغیر برای هر سطح درآمدی و هر کشور در طول سال های مختلف در نظر گرفته شده است.

درآمدی که در آن برگشت آلودگی در هر کشور رخ می دهد و یا به عبارت دیگر در آن سطح درآمدی آلودگی به نقطه حداکثر خود می رسد، در این الگو به صورت ذیل تعیین می شود (Pourkazemi & Ebrahimi, 2008).

$$GDP_{itj} = \exp\left(\frac{-\beta_1 i_{itj}}{\gamma \beta_2}\right) \quad (7)$$

3-3- داده ها

پژوهش حاضر از داده های دوره زمانی 1991 تا 2009 برای 33 کشور منتخب¹ چهار گروه درآمدی (با درآمد بالا، با درآمد بالای متوسط، با درآمد پایین متوسط و با درآمد پایین) استفاده نموده است. داده های اصلی تولید ناخالص داخلی واقعی (دلار سال 2000)، جمعیت (برای محاسبه سرانه) و انتشار CO_2 از شاخص های توسعه جهانی بانک جهانی به دست آمده است. به منظور تحلیل داده ها از بسته های نرم افزاری STATA 12 و SPSS 19 استفاده شده است. همان گونه که

1- کشورهای منتخب شامل آلبانی، آرژانتین، استرالیا، اتریش، بنین، برزیل، کامرون، کانادا، شیلی، چین، کوبا، دانمارک، جمهوری عربی مصر، فنلاند، فرانسه، هند، جمهوری اسلامی ایران، ایتالیا، ژاپن، اردن، مالزی، مراکش، امارات، نپال، نروژ، پاکستان، پرو، عربستان سعودی، سوئد، سوئیس، ترکیه، امارات متحده عربی، انگلستان و ایالات متحده. (تلاش شده است در انتخاب انجام شده، پراکنده جغرافیایی کشورها مد نظر قرار گیرد و کشورهایی از کلیه قاره ها مورد تحلیل قرار گیرند، کما اینکه مهم ترین معیار انتخاب همان گونه که در متن نیز آمده است، توجه به تقسیم بندی کشورها در بانک جهانی است).

2- metric tons per capita

پیش تر نیز گفته شد و همچنین به منظور حذف ناپایداری های¹ داده ای، کلیه متغیرها به صورت لگاریتم طبیعی بکار گرفته شده اند.

4- نتایج و بحث

آزمون ایستایی داده های پانل - در این مطالعه به دلیل نامتوازن بودن سری های داده های مورد استفاده و همچنین به منظور دستیابی به نتایج قابل اعتمادتر از آزمون فیشر - که یکی از پر قدرت ترین آزمون ها تلقی می شود - استفاده شده است، که نتایج آن در جدول 1 ارائه شده است.

جدول (1): نتایج آزمون ریشه واحد پانل

Fisher-type test								آزمون ریشه واحد متغیر
Modified inv. chi-squared		Inverse logit		Inverse normal		Inverse chi-squared		
معنی داری	آماره	معنی داری	آماره	معنی داری	آماره	معنی داری	آماره	
0/00001	8/2448	0/00001	-6/8251	0/00001	-6/7137	0/00001	160/7255	تولید ناخالص داخلی
0/00001	7/0731	0/00001	-5/8108	0/00001	-5/7229	0/00001	147/2633	انتشار CO ₂

مأخذ: یافته های پژوهش

اطلاعات جدول 1 حاکی از این است که فرضیه صفر ریشه واحد در مورد هر دو متغیر لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی و لگاریتم طبیعی انتشار CO₂ رد می شود و بنابراین می توان گفت هر دو متغیر ایستا بوده و می توان از آن ها در سطح در الگوهای رگرسیونی استفاده نمود. بر اساس اطلاعات جدول 2 مشاهده می شود که حداقل معیار خطای آکائیک در الگوی $\ln Y_{it}$ ارائه شده است. علاوه بر این ضرایب برآوردی کلیه متغیرهای برآوردی این الگو نیز حداقل در سطح 95 درصد، معنی دار شده اند؛ بنابراین می توان گفت در بین الگوهای مورد بررسی الگوی سه سطحی که دارای شیب متغیر در سطح درآمدهای جهانی و همچنین سطح کشوری است، بهترین الگوی مورد بررسی می باشد.

جدول (2): نتایج برآورد الگوهای سه سطحی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس

الگو	فقط عرض از مبدأ (β_0)		عرض از مبدأ و متغیرهای توضیحی (β_1)		عرض از مبدأ، متغیرهای توضیحی و توان دوم تولید (β_2)		شیب تصادفی در سطح درآمدی (β_3)		شیب تصادفی در دو سطح درآمدی و کشوری (β_4)		الگوی خطی ساده (β_5)	
	معنی داری	ضریب	معنی داری	ضریب	معنی داری	ضریب	معنی داری	ضریب	معنی داری	ضریب	معنی داری	ضریب
بخش ثابت												
عرض از مبدأ	0/4217	/579 (0)	0/000	/0236 -26	0/000	/2902 -25	0/000	/0326 -25	0/000	/6940 -25	0/000	/8441 0
تولید ناخالص داخلی			0/000	/02411 0	0/000	0/0897	0/000	0/0676	0/003	0/0738	0/008	/5427 0
توان دوم تولید ناخالص داخلی						0/0054	0/000	0/0028	0/031	0/0033	0/052	/0102 -0
سال			0/000	/01314 0	0/000	0/0127	0/000	0/0126	0/000	0/0129	0/000	/0210 -0
بخش تصادفی												
سطح درآمدی												
واریانس ثابت	2/2455		2/1163		2/1643		2/6959		2/6260			
واریانس تولید ناخالص داخلی							0/0009		0/0005			
کوواریانس ثابت و تولید ناخالص داخلی							-0/0484		-0/0378			
سطح کشوری												
واریانس ثابت	0/2857		0/2935		0/2853		0/2785		0/1739			
واریانس تولید ناخالص داخلی									0/0011			
کوواریانس ثابت و تولید ناخالص داخلی									0/0036			
واریانس باقیماندهها	0/0308		0/0230		0/0223		0/0221		0/0209			
معیار آکانیک	-207/239		-326/210		-341/471		-344/140		-353/875			1539/423
همبستگی درون واحدی درآمدی	0/876		0/870		0/876		0/900		0/931			
همبستگی درون واحدی کشوری	0/112		0/121		0/115		0/093		0/062			

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر این اساس همان گونه که مشاهده می شود در این الگو ضریب تولید ناخالص داخلی مثبت و ضریب توان دوم آن منفی است. همچنین یافته ها حاکی از این است که در طول زمان، آلودگی در سطح جهانی رو به افزایش است. علاوه بر این بر اساس آزمون همبستگی درون واحدی، لزوم بهره گیری از الگوسازی چندسطحی به طور کامل تبیین شده است و بنابراین نتایج رگرسیون حداقل مربعات معمولی نمی تواند نتایج صحیحی را ارائه نماید.

بر اساس یافته های این الگو، فرضیه EKC برای 33 کشور منتخب چهار گروه درآمدی جهان، رد نمی شود. این امر به این مفهوم است که افزایش درآمد در این کشورها سازوکارهایی را فعال می کند که در نهایت سطح آلودگی GHG در این کشورها را کاهش خواهد داد؛ اما با توجه به اینکه سطوح درآمدی مختلف و کشورهای مختلف، دارای ویژگی های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و ... مختلفی هستند که هر کدام از این ویژگی ها می تواند بر سطح درآمد نقطه حداکثر آلودگی تأثیر بگذارد، لازم است، ابتدا معادله هر یک از گروه کشورها به تفکیک سطح درآمدی با توجه به اثرات بخش تصادفی محاسبه گردد و سپس با توجه به هر معادله سطح درآمدی حداکثر آلودگی مورد محاسبه قرار گیرد.

جدول (3): روابط برآوردی در سطوح مختلف درآمد جهانی

رابطه رگرسیونی حاصل از محاسبه تغییرات عرض از مبدأ و شیب در الگوی سه سطحی	سطح درآمدی
$LCE_j = -22.576 + 0.129 + 0.4221 LGDP - 0.022 (LGDP)^2 + \varepsilon_{tj}$	درآمد بالا
$LCE_j = -24.998 + 0.129 + 0.6378 LGDP - 0.022 (LGDP)^2 + \varepsilon_{tj}$	درآمد بالای متوسط
$LCE_j = -26.262 + 0.129 + 0.8198 LGDP - 0.022 (LGDP)^2 + \varepsilon_{tj}$	درآمد پایین متوسط
$LCE_j = -27.941 + 0.129 + 0.10614 LGDP - 0.022 (LGDP)^2 + \varepsilon_{tj}$	درآمد پایین

مأخذ: یافته های پژوهش

بر اساس روابط برآوردی جدول 3 و رابطه 7 می توان سطح تولید ناخالص داخلی که پس از آن،

میزان آلودگی شروع به کاهش می‌نماید، را برای کلیه سطوح درآمدی محاسبه نمود که نتایج آن در جدول 4 ارائه شده است.

جدول(4): نتایج حاصل از محاسبه سطح درآمد حداکثر آلودگی و نقطه عطف منحنی کوزنتس زیست‌محیطی

سطح درآمدی	تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی	تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی آلودگی
درآمد بالا	12266/49	8754/06
درآمد بالای متوسط	1314/88	11621/43
درآمد پایین متوسط	345/63	248006/97
درآمد پایین	157/64	3339100/85

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول 4 می‌توان گفت اگرچه بر اساس نتایج جدول 2 و به لحاظ روابط آماری فرضیه کوزنتس زیست‌محیطی رد نمی‌شود، اما سطوح تولید ناخالص داخلی که پس از آن سطح، آلودگی با افزایش درآمد شروع به کاهش می‌نماید، در مورد کشورهای با درآمد متوسط به پایین و با درآمد پایین با ادامه روند فعلی، تقریباً غیرممکن می‌نماید (با توجه به سطح تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی این کشورها و مقایسه آن با سطح تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی کشورهای دارای درآمد بالا و همچنین نگاهی به تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی در سطح حداکثر آلودگی برای این کشورها، به نظر می‌رسد تحقق این مهم در شرایط فعلی و با در نظر گرفتن ساختارها، زیرساخت‌ها، دیدگاه‌ها و غیره فعلی این کشورها، غیرممکن باشد). همچنین بر اساس این یافته‌ها، کشورهای با درآمد بالای متوسط نیز با سختی (سیار) می‌توانند به این سطح دست یابند. این در حالی است که اطلاعات جدول مذکور حاکی از این است که کشورهای با درآمد بالا توانسته‌اند از سطح حداکثر آلودگی عبور نمایند و در حال حاضر در قسمت نزولی این منحنی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین می‌توان فرضیه EKC را در مورد کشورهای با سطوح درآمدی پایین، خوش‌بینانه تلقی نمود.

اما در نظر گرفتن این نکته در این تحلیل ضروری است، که این سطح درآمدی با در نظر

گرفتن ساختارها، زیرساخت‌ها، دیدگاه‌ها و غیره فعلی کلیه کشورها محاسبه شده است. واضح است که بهره‌گیری بیشتر از تکنولوژی پیشرفته کشورهای توسعه‌یافته و بومی نمودن آن و همچنین توجه به نظریه نوآوری القایی و نیروهای بازار و همچنین نیروهای غیربازاری مانند جایگاه و نقش دولت می‌تواند تأثیرات شگرفی را بر شکل و جابجایی منحنی کوزنتس و این سطح درآمد داشته باشد.

5- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج این پژوهش که به بررسی فرضیه EKC با بهره‌گیری از الگوی سه سطحی در سطوح مختلف درآمدی، کشوری و در طول سال‌های 1991 تا 2009 پرداخته است، حاکی از این است که بر اساس الگوی برآورد شده، فرضیه EKC در هیچ‌یک از چهار گروه درآمدی رد نمی‌شود. بر اساس یافته‌های این الگو کشورهای گروه درآمد بالا، از سطح تولید ناخالص داخلی سرانه حداکثر انتشار CO_2 عبور کرده‌اند و در حال حاضر در قسمت نزولی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی قرار دارند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که کشورهای با درآمد بالای متوسط چنانچه بتوانند تولید ناخالص داخلی سرانه خود را افزایش دهند، دستیابی به قسمت نزولی منحنی کوزنتس برای آن‌ها دور از دسترس نخواهد بود. این در حالی است که بر اساس نتایج به دست آمده اگرچه بر اساس الگوی برآورد شده فرضیه EKC رد نمی‌شود، اما در واقعیت و با شرایط فعلی کشورهای با درآمد کمتر از متوسط و پایین (به لحاظ تکنولوژی، زیرساخت‌ها و ساختارهای مختلف اقتصادی، سیاسی و غیره)، تقریباً دستیابی به قسمت نزولی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی برای آن‌ها غیرممکن است و برای دستیابی به این بخش و کاهش سطح درآمدی لازم برای رسیدن به بخش نزولی آلودگی، بایستی تغییرات عمده‌ای در نیروهای بازاری و غیربازاری حاکم بر این کشورها صورت گیرد.

از جمله نیروهای بازار حاکم بر این فضا می‌توان به قیمت‌ها و فناوری اشاره نمود. قیمت‌ها اساسی‌ترین عامل تأثیرگذار بر شکل و موقعیت EKC هستند. قیمت‌های بالاتر، مخصوصاً برای انرژی، توسعه اقتصادی را به تأخیر می‌اندازند؛ اما در عین حال یک مزیت قیمت‌های بالاتر انرژی، ایجاد انگیزه در کاهش مصرف است. به علاوه، نوسانات شدید قیمت که بیشتر در کشورهای با

درآمد پایین و کمتر توسعه یافته اتفاق می افتد، می تواند نتایج غیرمستقیمی در مصرف سبز و تکنیک های تولید (فناوری پاک) به همراه داشته باشد. به عنوان نمونه، اگر رانندگان از افزایش قیمت انرژی آگاهی داشته باشند، نظیر آنچه توسط اوپک (OPEC) در دهه 1970 تحمیل شد، ابتدا در برابر افزایش قیمت ایستادگی خواهند کرد و سپس خرید خودروهای پرمصرف بنزینی را کاهش خواهند داد. این کاهش خرید نه تنها باعث کاهش تولید دی اکسید کربن خواهد شد، بلکه تولیدکنندگان خودرو را به سرمایه گذاری در تکنولوژی های کارا تر سوخت، مثل ماشین های هیبریدی ترغیب می کند.

این مثال، فرضیه نوآوری القایی را نشان می دهد که بر اساس آن، قیمت های بالاتر از حد انتظار انرژی، انگیزه هایی برای تولیدکنندگان در تولید و عرضه محصولاتتی که در مصرف انرژی صرفه جویی کنند، ایجاد می کند. بررسی ها نشان می دهد که امروزه در دنیای مدرن، بنگاه های اقتصادی بودجه های تحقیق و توسعه خود را در واکنش به اصول متغیر بازار مجدداً تنظیم می کنند. همچنین شواهد حاکی از این است که افزایش قیمت های انرژی، باعث نوآوری در تولید وسایلی با مصرف بهینه انرژی در بخش های خصوصی مثل تجهیزات تهویه هوا شده است. بر اساس یک مطالعه، قیمت های افزایشی انرژی مسبب تقریباً یک چهارم تا نیمی از پیشرفت های حاصل شده در میانگین بازده انرژی دستگاه های تهویه هوای دو دهه گذشته بوده اند.

فناوری های سبزتر (پاک تر) دو نقش و تأثیر را در کمک به توضیح EKC دارند. اول آنکه، تا آنجایی که تقاضای این فناوری ها با درآمد مرتبط است، دسترسی رو به افزایش سایر گزینه ها مثل ماشین های هیبریدی، می تواند به توضیح شکل متمایز منحنی کمک نماید. دوم، تغییرات دسترسی به چنین فناوری هایی، می تواند در جابجایی EKC مؤثر باشد. چنین پیشرفت های تکنولوژیکی تأثیر زیست محیطی رشد اقتصادی را کم می کند (این یکی از دلایلی است که سطح حداکثر آلودگی و شروع بخش نزولی منحنی کوزنتس در کشورها توسعه یافته و با درآمد بالا در سطح کمتری از تولید ناخالص داخلی اتفاق می افتد).

نیروهای دیگری که می توانند بر فضای منحنی کوزنتس زیست محیطی مؤثر باشند، نیروهای غیربازاری مانند نقش دولت می باشند. اقدام دولت نیز به مانند فناوری های سبز (پاک) هم به توضیح شکل و هم توضیح موقعیت منحنی کوزنتس کمک می کند. برخی اقتصاددانان معتقدند، با بالا رفتن درآمد، یک رأی دهنده عادی بیشتر به حمایت از مقررات اشتیاق پیدا می کند. بر این

اساس وقتی اقتصاد کشوری در حال رشد و کاهش عدم تساوی درآمد است، احتمال اعمال قوانین محیطی در آن بیشتر است. رأی دهندگان تحت این شرایط، بیشتر با اولویت‌های سیاسی هم سو می‌شوند و دولت منابع لازم را برای پیگیری اهداف زیست‌محیطی دارد. این مباحث به توضیح شکل EKC کمک می‌کند.

به علاوه اقدام سیاستی می‌تواند نقطه عطف EKC را جابجا کند یا در حرکت آن به سمت پایین مؤثر باشد. یک راه حل محتمل اما بررسی نشده این تأثیر، خواسته‌های بنگاه‌ها است. اگر بنگاه‌ها انتظار داشته باشند سیاستمداران "سبز" طی یک مدت طولانی در مسندشان باقی بمانند، آن‌ها انگیزه‌های بیشتر و قوی‌تری برای سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های کاهنده آلودگی و صرفه‌جویی انرژی خواهند داشت. در مقابل بعید است یک دولت طرفدار تجارت انگیزه‌ای برای حرکت منحنی EKC به پایین و داخل داشته باشد.

حتی مسأله مهم‌تر این است که عوامل یا رویدادهایی که در انگیزش کنش‌گرایی طرفداران محیط‌زیست مؤثر است، می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر موقعیت نقطه عطف EKC داشته باشد. به‌عنوان مثال، اطلاعات بهتر درباره اثرات مخاطرات زیست‌محیطی، می‌تواند با نیازی که در سطوح پایین‌تر درآمد سرانه به قوانین ایجاد می‌کند، منحنی را به طرف داخل، جابجا کند.

بنابراین کشورهای با درآمد پایین و کمتر از متوسط به‌منظور دستیابی به بخش نزولی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی و رهایی از دام آلودگی ناشی از افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، بایستی توجه ویژه‌ای به نیروهای بازاری و غیربازاری مذکور معطوف نمایند. واضح است که چنین تغییراتی می‌تواند علاوه بر تغییر شکل و شیب منحنی کوزنتس، آن را به سمت چپ و پایین (مطابق دیدگاه بانک جهانی) منتقل نماید.

references

- Coondoo, D., Dinda, S. (2002). Causality between income and Emission: A country Group-specific Econometric Analysis. *J. Ecological Economics*, 40, 351-367.
- Dasgupta, S, and others. (2002). Confronting the Environmental Kuznets Curve. *J. Economic Perspectives* 16, 1: 147-68.
- Davis, P., and Scott, A. (1995). The effect of interviewer variance on domain comparisons. *J. Survey Methodology*, 21, 2, 99-106.
- De Bruyn, S.M. (1997). Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structural change and International agreements in reducing sulphur emissions.

- J.Environment and Development Economics, 2, 485- 503.
- Dinda,S.,Coondoo,D. (2006). Income and emission: a panel data- based cointegration analysis. J.Ecological Economics57,167-181.
- Grossman, G., and Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. Quarterly Journal of Economics 110, 2, 353-77.
- Hox, J. J., Maas, C. G. M., and Brinkhuis, M. J. S. (2010). The effect of estimation method and sample size in multilevel structural equation modeling. Statistica Neerlandica.
- Huang, B.N.,Hwang,M.J.,Yang,C.W., (2008).Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: adynamic panel data approach. J.Ecological Economics 67, 41-54.
- Kahn, M. E. (2006). Green Cities. brookings institution press. Washington, D.C.
- Mirshjayan Hosseini& Rahbar, H. F. (2011). Evaluation of environmental Kuznets curve environment in Asian countries (Case Study: carbon dioxide and particulate matter). J. Ecology. 58, 1- 14. (In persian)
- Naderi, A. (2002). Multilevel models and valuation heterogeneity and budget performance of the country's universities. Seminar presenting the results of assessment plan skilled manpower, Management and Planning Organization of Iran. (In persian)
- Niu, Sh., Ding, Y., Niy, Y., Li, Y and Luo, G.(2011). Economic Growth, Energy Conservation and emissions reduction: A comparative analysis based on panel data for 8 Asian-Pacific countries. J. Energy Policy, 39, 2121-2131.
- Pao, H.T., Tsai, C.M. (2010).CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. Energy Policy38, 7850-7860.
- Pourkazemi, d. H. Abraham. (2009). Evaluation of environmental Kuznets curve in the Middle East. J.Economic Research. 34, 57, 71. (In persian)
- Soytas, U., Sari,R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an UN candidate member. J.Ecological Economics 68,1667-1675.
- Soytas, U.,Sari, R., Ewing, B.T., (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the UnitedStates. J. Ecological Economics62,482-489.