

## بررسی پویایی انتشار دی‌اکسید کربن سرانه در کشورهای عضو اوپک (رهیافت هم‌گرایی بتا و سیگما)

داود حمیدی رزی<sup>۱\*</sup>

[Davod.hamidi@yahoo.com](mailto:Davod.hamidi@yahoo.com)

مجید فشاری<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** بررسی هم‌گرایی سیگما و بتا در خصوص انتشار گازهای گلخانه‌ای و به ویژه گاز دی‌اکسید کربن یکی از موضوعات مهم و اساسی در ادبیات اقتصاد محیط زیست می‌باشد. هم‌چنین طراحی سیاست‌های منسجم و پایداری که در عین کارا بودن بتواند اهداف پیمان‌های بین‌المللی مانند کیوتو و کپنهاگ را محقق کند بستگی به سطح انتشار سرانه گاز دی‌اکسید کربن و نیز توزیع آن در بین کشورهای تحت بررسی دارد. برای این منظور، هدف اصلی این مطالعه بررسی فرضیه هم‌گرایی انتشار گاز دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) سرانه در ۱۲ کشور عضو سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) طی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۷۰ می‌باشد.

**روش بررسی:** در این پژوهش به منظور بررسی فرضیه هم‌گرایی  $CO_2$  سرانه از دو رویکرد هم‌گرایی بتا و سیگما استفاده شده است. مدل هم‌گرایی بتای مطلق به صورت مقطعی تصریح شده و توسط تخمین‌زننده حداقل مربعات معمولی (OLS) مورد برآزش قرار گرفت. به منظور آزمون هم‌گرایی سیگما نیز انحراف معیار مقطعی انتشار  $CO_2$  سرانه در طول دوره پژوهش (۲۰۱۳-۱۹۷۰) محاسبه شده و روند آن ترسیم گردید.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر وقوع هر دو پدیده هم‌گرایی سیگما و بتای مطلق بوده و کشورهای عضو اوپک با سرعت هم‌گرایی ۰/۹۷ درصد به سطح مشترک انتشار  $CO_2$  سرانه ۴/۱۸ تن حرکت می‌کنند. هم‌چنین مدت زمان لازم برای رسیدن به سطح مشترک انتشار آلودگی جوی ۵/۳۱ سال ارزیابی شد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** در این پژوهش وقوع پدیده ارتقاء انتشار  $CO_2$  سرانه در بین کشورهای اوپک تأیید گردید. هم‌چنین پراکندگی انتشار  $CO_2$  سرانه بین کشورهای اوپک روند نزولی داشته و کاهش یافته است. اتخاذ محدودیت‌های زیست محیطی مشابه و منصفانه برای کشورهای اوپک در پیمان‌های بین‌المللی، مهمترین توصیه سیاستی کاربردی این مطالعه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** هم‌گرایی سیگما، هم‌گرایی بتا، گاز دی‌اکسید کربن سرانه، اوپک.

\*۱- (مسوول مکاتبات): دانشجوی دکتری توسعه اقتصادی، گروه برنامه‌ریزی و توسعه اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و بازرگانی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

## **Investigation of Per capita CO<sub>2</sub> Dynamics in OPEC Countries ( $\beta$ and $\sigma$ Convergence Approach)**

**Davoud Hamidi Razi** <sup>1\*</sup>

[davod.hamidi@yahoo.com](mailto:davod.hamidi@yahoo.com)

**Majid Feshari** <sup>2</sup>

### **Abstract**

**Background and Objective:** The investigation of CO<sub>2</sub> dynamics, using  $\beta$  and  $\sigma$  convergence approaches, is one of the crucial issues in environment economics. Also, design of the coherent policies aiming at fulfilling international protocol targets such as Kyoto protocol and Copenhagen summit depends on both the levels and the distribution of per capita CO<sub>2</sub> emissions among countries. For this purpose, the main goal of this paper is to investigate the dynamics of per capita CO<sub>2</sub> in OPEC countries during 1970-2013.

**Method:** In this study, to test the convergence hypothesis of per capita CO<sub>2</sub> emissions, two measures of convergence,  $\sigma$ -convergence and  $\beta$ -convergence, are adopted. The empirical absolute  $\beta$ -convergence model has been stipulated within cross-sectional data and fitted by ordinary least squares (OLS) estimator. In order to test  $\sigma$ -convergence, the standard deviation of per capita CO<sub>2</sub> emissions was calculated during the study period (1970-2013), and its trend was drawn.

**Findings:** The major findings indicate that both convergences ( $\beta$  and  $\sigma$ ) have occurred in these countries and the speed of  $\beta$  convergence is high (0.97 %). Also, the emission level that all countries' per capital emissions converge to and the time periods required for catching-up process were estimated to be 4.18(ton) and 5.31(year), respectively.

**Conclusion:** In this study, the occurrence of catching-up process for per capita CO<sub>2</sub> emissions among OPEC members was confirmed. Moreover, the dispersion of per capita CO<sub>2</sub> emissions among OPEC countries has a downward trend and has declined. According to the results, adoption of fair and similar environmental policies for reduction of CO<sub>2</sub> emissions among OPEC countries is the applicably implied policy in this paper.

**Keywords:**  $\beta$  and  $\sigma$  Convergence, OPEC, Per Capita CO<sub>2</sub> Emissions.

---

1- PhD Student of Economics, Tabriz University, East Azerbaijan Province (Tabriz), Tabriz, Iran.\* (*Corresponding Author*)

2- Assistant Professor of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran.

## مقدمه

نشست بین‌دولتی در مورد تغییر آب و هوا (IPCC)<sup>۱</sup> پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۱۰۰ دمای متوسط جهانی بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سلسیوس و سطح آب دریاها بین ۹ الی ۸۸ سانتی‌متر افزایش می‌یابد. منبع اصلی گرمایش جهانی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و عامل اصلی انتشار نیز مصرف انرژی و سوخت‌های فسیلی است. روند توسعه صنعتی و رشد اقتصادی و به تبع آن افزایش گازهای گلخانه‌ای نظیر متان، دی‌اکسید کربن، بخار آب و اکسید نیتروژن در جو زیست کره، دمای کره را افزایش داده و باعث ایجاد تغییرات ناخوشایند در اقلیم و محیط زیست می‌شود. از این رو در سال ۱۹۹۷ طی پیمان معروف به کیوتو، ۳۶ کشور صنعتی (ثروتمند) متعهد شدند که طی ده سال آینده میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را ۵ درصد کاهش دهند و به کشورهای در حال توسعه کمک‌های مالی برای افزایش ضریب نفوذ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و بادی، اعطا نمایند. اعتبار پیمان کیوتو تا سال ۲۰۱۲ میلادی می‌باشد و بعد از آن منقضی می‌شود (۱). این در حالی است که کشورهایی مثل چین و هند با سطح آلودگی بیشتر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متعهد نشدند. از این رو دولت آمریکا در سال ۲۰۰۱ از انجام تعهدات خود در قبال پیمان کیوتو به سه دلیل سرباز زد: نااطمینانی و پرخطر بودن پدیده تغییر آب و هوا، کاهش رشد اقتصادی آمریکا و ضعیف شدن مزیت رقابتی اقتصاد آمریکا در صورت انجام تعهدات کیوتو و چین و هند نیز بایستی در مذاکرات حضور یافته و برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متعهد شوند. روسیه رسماً در اکتبر ۲۰۰۴ به پیمان کیوتو ملحق شد و در سال ۲۰۰۵ پیمان کیوتو به مرحله اجرا درآمد. اما با این حال اعتبار پیمان کیوتو تا سال ۲۰۱۲ بود و بنابراین لازم بود جایگزین مناسبی برای آن فراهم شود که علاوه بر ادامه تعهدات کیوتو، از لحاظ حقوقی الزام‌آور بوه و کارایی نیز داشته باشد. بنابراین در سال ۲۰۰۹ کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته در اجلاس کپنهاگ<sup>۲</sup> گردهم آمدند و به منظور تقسیم وظایف و

تعهدات به مذاکره پرداختند. در این نشست کشورهای در حال توسعه بر اجرای هم‌زمان کنوانسیون ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا (UNFCCC)<sup>۳</sup> و پیمان کیوتو اصرار ورزیدند، در حالی که کشورهای توسعه یافته نیز کشورهای در حال توسعه را ملزم کردند که در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دست به اقدامات شفاف، قابل اندازه‌گیری و متعهدانه بزنند. از طرفی طبق این پیمان مقرر شد افزایش دمای زمین تا سال ۲۰۲۰ در حدود ۲ درجه سانتی‌گراد محدود شود (۲). در سال ۲۰۱۰ در کنفرانس تغییر اقلیم کوکان<sup>۴</sup> مذاکره کنندگان تصمیم به ایجاد صندوق اقلیم سبز<sup>۵</sup> گرفتند که هدف آن حمایت مالی کشورهای در حال توسعه برای مقابله به انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زیست کره بود. کنفرانس‌های دوربان<sup>۶</sup> و دوهه<sup>۷</sup> نیز به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ در چارچوب کنوانسیون ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا تشکیل یافت. در اجلاس دوربان کشورهای اتحادیه اروپا تصمیم گرفتند که بر پیمان کیوتو و تعهدات آن وفادار بمانند در حالی که آمریکا باز نپذیرفت. در اجلاس دوهه نیز هیچ پیشرفتی در این زمینه و انجام تعهدات حاصل نشد (۳).

بحث همگرایی، فرضیه‌ای است که بر طبق آن اقتصادها با درآمد سرانه کمتر، سریع‌تر از اقتصادهای ثروتمند رشد می‌کنند. در نتیجه همه اقتصادها به یک درآمد سرانه هم‌گرا می‌شوند. هم‌گرایی در ادبیات اقتصاد رشد از مفاهیم مدل رشد نئوکلاسیکی نشأت می‌گیرد. تئوری رشد نئوکلاسیکی یک گرایش بلندمدت به سمت هم‌گرایی را در تولید و درآمد سرانه و نیز بهره‌وری کل عوامل تولید در بین اقتصادهای جهانی پیش‌بینی می‌کند، چرا که تکنولوژی یک کالای عمومی جهانی است و همه کشورها باید یک میزان از رشد تکنولوژی را تجربه کنند. قانون بازدهی نهایی نزولی باعث می‌شود که سرمایه‌گذاری در کشورهای ثروتمند کند بشود، در حالی که کشورهای فقیر به دلیل بازدهی بیشتر سرمایه در این مناطق به اندوختن و متراکم

3- United Nations Framework Convention on Climate Change, Retrieved from; <http://unfccc.int>

4- Cancun Climate Change Conference

5- Green Climate Fund

6- Durban Climate Change Conference

7- Doha Climate Change Conference

1- The Intergovernmental Panel on Climate Change, Retrieved from; <http://www.ipcc.ch/index.htm>

2- Copenhagen conference

زمین و مواجهه بودن با مشکل کم‌آبی و مهم‌تر از آن نوسانات شدید بارندگی و نیز جمعیت بالا و کارایی پایین در مصرف انرژی، بر اهمیت موضوع بلایای حاصل از تغییر اقلیم می‌افزاید. دسته دوم، آسیب‌های اقتصادی ناشی از تغییر اقلیم است که بیشتر مربوط به کشورهای وابسته به منابع انرژی تجدیدناپذیر و ناشی از اتخاذ تصمیم‌ها و برنامه‌های بین‌المللی نظیر کنوانسیون تغییر آب و هوا و پروتکل کیوتو و کنهنگ در راستای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی است. با اجرایی شدن این پروتکل، تقاضای سوخت‌های فسیلی از ناحیه کشورهای پیشرفته و متعهد به کاهش انتشار کاهش می‌یابد و بنابراین اقتصاد کشورهای متکی به سوخت‌های فسیلی (اوپک) از کانال‌های مختلف هم‌چون بودجه دولت، تراز پرداخت‌ها و به طور کلی کاهش درآمدهای ارزی آسیب می‌پذیرد. از سوی دیگر، هزینه تولیدات مربوط به صنایع آلاینده در کشورهای متعهد و پیشرفته افزایش یافته و در مقابل، تولید این کالاها در دارا بودن انرژی‌های تجدیدناپذیر و عدم تعهد کاهش انتشار، افزایش می‌یابد. طبیعی است که فرآیند فوق در بلندمدت، اقتصادهای نفتی را جزء کشورهای با آلاینده‌گی بالا تبدیل کرده و در نهایت آن‌ها نیز چون کشورهای پیشرفته آلاینده امروز، متعهد به کاهش انتشار خواهند شد. در سال ۲۰۰۵ تعداد ۲۵ منطقه با آلاینده‌گی بیشتر، در حدود ۸۰ درصد کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را در جهان عهده‌دار بوده‌اند که ایران جزء این گروه قرار داشته است. در این سال دی‌اکسیدکربن سرانه منتشره در ایران حدود ۵/۹۴ تن بوده که از متوسط سطح انتشار جهانی بیشتر است" (۵) و (۶). برقراری محدودیت‌های زیست محیطی منصفانه در مذاکرات و نشست‌های بین‌المللی و بین دولتی مستلزم بررسی و شناسایی دقیق پویایی تغییرات انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در طول زمان می‌باشد. بنابراین بررسی هم‌گرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه علاوه بر ترویج همکاری‌های بین‌المللی در زمینه گرمایش جهانی و انتشار آلاینده‌ها، موجب اتخاذ سیاست‌های بهینه زیست‌محیطی در جهت کاهش انتشار آلودگی می‌شود. هدف این مقاله بررسی فرضیه هم‌گرایی انتشار کربن‌دی‌اکسید سرانه در بین کشورهای صادرکننده نفت در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۷۰ می‌باشد. با توجه به این‌که در اغلب

کردن ثروت خود ادامه می‌دهند. هم‌چنین تحرک بین‌المللی سرمایه و نیروی کار (نهاد تولید) همراه با تجارت کالا باعث هم‌گرایی نیروهای بازار به سمت میزان دستمزد و سود جهانی و در نتیجه به سمت سطح زندگی استاندارد جهانی می‌شود (۴). بنابراین اگر سری زمانی انتشار کربن‌دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>) سرانه میل به هم‌گرایی داشته باشد، در این صورت هر شخص در جهان سهم یکسانی در انتشار آلاینده‌ها خواهد داشت. از سوی دیگر از آن‌جا که سطح انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی بیشتر است، بنابراین وقوع هم‌گرایی جهانی CO<sub>2</sub> سرانه بیان‌گر این نکته مهم می‌باشد که افزایش انتشار CO<sub>2</sub> بیشتر از جانب کشورهای در حال توسعه می‌باشد. بنابراین لازم است که این کشورها نیز در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها اقدام کنند. از سوی دیگر مطالعات بسیاری در تأیید این مطلب وجود دارد که انتشار CO<sub>2</sub> سرانه با رشد اقتصادی، صنعتی شدن، درجه شهرنشینی، ساختار جمعیت و سطح تکنولوژی مرتبط است و مفهوم منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC)<sup>۱</sup> که بیان‌گر رابطه U معکوس بین سطح انتشار CO<sub>2</sub> سرانه و سطح تولید سرانه می‌باشد، به این واقعیت مهم اشاره دارد. اگر این مفهوم برای کشورهای در حال توسعه به کار برده شود، مستلزم آنست که این کشورها باید از سرعت رشد اقتصادی و صنعتی شدن بکاهند و این امکان برای این کشورها میسر نخواهد بود. بنابراین لازم است کشورهای توسعه یافته که از لحاظ سطح تکنولوژی و قابلیت مالی در سطح بالاتری قرار دارند، کشورهای در حال توسعه را به منظور کاهش انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای حمایت کنند.

از سوی دیگر مشکلات و آسیب‌های ناشی از تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در بین کشورهای عضو سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: "دسته اول، مشکلات و آسیب‌های زیست‌محیطی نظیر خشک‌سالی، خشک شدن دریاچه‌ها، بیابان‌زایی، بالا آمدن سطح آب دریاها، بروز طوفان‌های گرمسیری و شیوع بیماری‌های متعدد است که ایران نیز هم‌چون سایر کشورهای عضو اوپک در معرض آن قرار دارد. قرار گرفتن ایران در کمربند خشک کره

شود و اختلاف بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه با در نظر گرفتن بهره‌وری افزایش می‌یابد و یا ثابت می‌ماند. این پدیده به خاطر این است که با گذشت زمان و کسب دانش فنی، بازده به مقیاس اقتصادی به خاطر افزایش بهره‌وری افزایش می‌یابد و در این حالت، در صورت افزایش یک واحد نهاده، تولید بیش از یک واحد افزایش می‌یابد. در مدل‌های رشد درون‌زا حتی اگر قانون بازدهی نهایی نزولی صادق باشد، اثر آن ناچیز بوده و مسیر رشد متوازن کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه از یکدیگر واگرا می‌شود. اما با این حال وقوع هم‌گرایی امکان پذیر می‌باشد. در مدل‌های رشد درون‌زا، هم‌گرایی در قالب اثرات جذب تکنولوژی و یا «اثرات یادگیری»<sup>۷</sup> مورد بحث قرار می‌گیرد. بدین معنا که تقلید تکنولوژی در مقایسه با اختراع تکنولوژی سریع‌تر و کم هزینه‌تر می‌باشد. بر اساس مدل‌های رشد درون‌زا، کشورهایی که بستر کافی برای جذب تکنولوژی دارند، سریع‌تر از کشورهای با تکنولوژی بالا رشد می‌کنند. آدام اسمیت از اقتصاددانان کلاسیک در نظریه رشد درون‌زای خود می‌گوید که دانش فنی جدید یک کالای عمومی است یا کالای عمومی خواهد شد، یعنی ماهیت آن طوری است که استفاده یکی مانع استفاده دیگری نمی‌شود و قابل امتناع از دیگران نیست. آبراموویتز<sup>۸</sup> (۱۹۸۶) نیز بیان می‌کند که در فرآیند هم‌گرایی، کشور باید از قابلیت‌های اجتماعی<sup>۹</sup> برخوردار باشد تا بتواند تکنولوژی و سرمایه خارجی را جذب کرده و در بازارهای جهانی مشارکت کند. بنابراین باید قبل از وقوع فرایند ارتقاء<sup>۱۰</sup> (هم‌گرایی)، کشور از زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی برخوردار باشد و به این خاطر نیز می‌توان وجود واگرایی را توضیح داد، چرا که بعضی از اقتصادها فاقد این شرایط و زیرساخت‌ها می‌باشند (۸).

عموماً برای آزمون فرضیه هم‌گرایی متغیر انتشار کربن دی‌اکسید سرانه از سه معیار هم‌گرایی سیگما<sup>۱۱</sup>، هم‌گرایی بتا<sup>۱۲</sup> و هم‌گرایی تصادفی<sup>۱۳</sup> استفاده می‌شود. هم‌گرایی سیگما از طریق ارزیابی

مطالعات تجربی، دلیل واگرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه، متفاوت بودن مواهب و ذخایر طبیعی انرژی و نفت در میان کشورها در سطح جهانی بیان شده لذا بررسی هم‌گرایی در میان کشورهای اوپک که دارای ساختار مشترک اقتصادی (اقتصاد نفتی) هستند می‌تواند نتایج قابل قبول‌تری ارائه دهد. با عنایت به موارد ذکر شده، فرضیه این پژوهش عبارت از این است که «انتشار کربن دی‌اکسید سرانه‌ی ۱۲ کشور عضو اوپک طی بازه زمانی تحقیق هم‌گرا بوده و به سطح مشترک میل می‌کنند».

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش دوم مبانی نظری مربوط به هم‌گرایی در مدل‌های رشد ارائه شده و در بخش سوم برخی از مهم‌ترین مطالعات تجربی انجام گرفته شده مرتبط با موضوع پژوهش حاضر بیان می‌شود. بخش چهارم به روش‌شناسی و مدل تحقیق اختصاص یافته و نحوه‌ی آزمون فرضیه هم‌گرایی انتشار کربن دی‌اکسید سرانه در پژوهش حاضر توضیح داده می‌شود. در بخش پنجم مدل تحقیق برآورد شده و نتایج آن تحلیل می‌شود. در بخش پایانی نیز نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه شده می‌گردد.

### مبانی نظری موضوع

هم‌گرایی در ادبیات اقتصاد رشد در قالب مدل‌های رشد برون‌زا و درون‌زا قابل بحث است. در مدل رشد نئوکلاسیکی برون‌زای سولو-سوان<sup>۱</sup> (۱۹۵۶)، اقتصاد دو بخشی و تابع تولید، یک تابع تولید کاب-داگلاس با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تولید در نظر گرفته می‌شود. در این مدل‌ها قانون بازدهی نهایی نزولی<sup>۲</sup> و شرایط اینادا<sup>۳</sup> (۱۹۶۴) باعث حرکت اقتصادها به سمت هم و وقوع پدیده هم‌گرایی در تولید سرانه می‌شود که در این سیر سرعت کشورهای فقیر بیشتر از کشورهای ثروتمند می‌باشد (۷). مدل‌های رشد درون‌زا ابتدا توسط اروو<sup>۴</sup> (۱۹۶۲) معرفی و سپس توسط کارهای لوکاس<sup>۵</sup> (۱۹۸۸) و رومر<sup>۶</sup> (۱۹۹۰) توسعه داده شد. برطبق این مدل پارامترهای ساختاری کشورها دیگر مشابه هم‌دیگر نبوده و میزان پس‌انداک دیگر برون‌زا فرض نمی‌-

7- Learning Effects

8- Abramovitz

9- Social Capabilities

10- Catching-up

11-  $\sigma$ -convergence

12-  $\beta$ -convergence

13- Stochastic Convergence

1- Solow and Swan

2- Law of Diminishing Marginal Returns

3- Inada

4- Arrow

5- Lucas

6- Romer

غیرخطی) بهره می‌گیرد. هم‌گرایی بتا وقوع فرآیند ارتقاء را مشخص می‌کند. در فرآیند ارتقاء کشورها با سطح اولیه انتشار کربن‌دی‌اکسید سرانه پایین در ابتدای دوره، میزان رشد انتشار CO<sub>2</sub> سرانه بالاتری را خواهند داشت و برعکس. بنابراین کشورها با سطح آلودگی جوی بالا و پایین در ابتدای دوره به یک سطح مشابه آلودگی جوی در انتهای دوره هم‌گرا خواهند شد (۳) و (۹).

### مطالعات تجربی

در این بخش ابتدا به مهم‌ترین مطالعات انجام شده خارجی و داخلی مرتبط با عنوان پژوهش پرداخته شده و در ادامه وجه تمایز و نوآوری مقاله حاضر نسبت به مطالعات انجام شده بیان می‌شود. جدول (۱) خلاصه‌ای از مهم‌ترین مطالعات خارجی مرتبط با موضوع و روش‌شناسی مقاله حاضر را ارائه می‌دهد.

پویایی انحراف معیار مقطعی (پراکندگی) انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای منتخب طی بازه زمانی موردنظر درباره هم‌گرایی قضاوت می‌کند، در صورتی که انحراف معیار مقطعی روند کاهشی داشته و به سمت صفر میل کند، هم‌گرایی سیگما اتفاق می‌افتد. هم‌گرایی تصادفی نیز یکی دیگر از روش‌های بسیار رایج آزمون هم‌گرایی CO<sub>2</sub> سرانه می‌باشد. این روش از طریق ارزیابی مانایی یا نامانایی شکاف‌های کربن‌دی‌اکسید سرانه از میانگین مقطعی (با شکاف‌های دوجانبه CO<sub>2</sub> سرانه) وقوع هم‌گرایی را پیش‌بینی می‌کند، در صورتی که این شکاف‌ها مانا باشند، شوک‌ها و انحرافات گذرا و کوتاه‌مدت بوده و هم‌گرایی اتفاق می‌افتد. اما در صورتی نامانایی (داشتن ریشه واحد) وقوع هم‌گرایی رد می‌شود. از دید روش‌های اقتصادسنجی، هم‌گرایی تصادفی از آزمون‌های ریشه واحد تابلویی و سری‌زمانی (خطی و

### جدول ۱- خلاصه مهم‌ترین مطالعات خارجی مرتبط با موضوع و روش‌شناسی مقاله

Table 1- Summary of the most important studies related to paper

خلاصه نتایج	روش تخمین	جامعه آماری - (بازه زمانی)	نویسنده / نویسندگان
- صادق بودن فرضیه هم‌گرایی مطلق برای متغیر انتشار CO <sub>2</sub> سرانه. - هم‌گرایی مطلق فزاینده به سبب صعودی بودن میانگین مقطعی انتشار CO <sub>2</sub> سرانه.	تخمین زن نقصان بیزین <sup>۱</sup> و هم‌گرایی بتا	۲۲ کشور عضو اتحادیه اروپا - (۲۰۰۶-۱۹۷۱).	Jobert, et al., 2010
- توزیع جهانی انتشار کربن‌دی‌اکسید، بعد سال ۱۹۶۰ مسطح‌تر شده و بعد از شوک‌های نفتی پایدار مانده است. - دو برابر شدن انتشار CO <sub>2</sub> سرانه در میان‌مدت. - واگرایی انتشار CO <sub>2</sub> سرانه بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی.	آزمون‌های ناپارامتریک فضایی و تحلیل‌های توزیع فضایی	۱۶۶ کشور - (۲۰۰۲-۱۹۶۰).	Criado & Grether, 2011
وابستگی فضایی مثبت انتشار CO <sub>2</sub> سرانه. همگرایی مطلق فزاینده انتشار CO <sub>2</sub> سرانه.	تصریح فضایی-زمانی <sup>۲</sup>	شهرهای کشور چین - (۲۰۰۸-۱۹۸۵).	Huang & Meng, 2013.
- رد فرضیه هم‌گرایی مطلق انتشار CO <sub>2</sub> سرانه. - بر حسب گروه‌های مختلف درآمدی، ارتباط بین درآمد سرانه واقعی و سطح انتشار CO <sub>2</sub> سرانه متفاوت است.	همگرایی مطلق و شرطی بتا	۱۱۰ کشور در سطح جهانی - (۲۰۰۸-۱۹۷۱).	Li & Lin, 2013.

منبع: تلخیص توسط نویسندگان. (۱۰)، (۱۱)، (۱)، (۱۲)، (۳).

در جمع‌بندی مطالعات تجربی انجام شده می‌توان بیان کرد که در اغلب مطالعات دلیل واگرایی جهانی بین کشوری، انتشار کربن دی‌اکسید سرانه، وجود عوامل خاص کشوری و متفاوت بودن مواهب و منابع طبیعی انرژی بیان شده است. کشورهای اوپک دارای منابع انرژی و نفتی بوده و از سوی دیگر نسبت به اجرای محدودیت‌های زیست محیطی توسط کشورهای صنعتی و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی توسط این کشورها بیشتر متضرر می‌شوند. لذا بررسی هم‌گرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه می‌تواند نتایج قابل توجهی را به منظور اتخاذ سیاست‌های زیست محیطی منصفانه برای کشورهای اوپک به دست دهد.

#### روش‌شناسی و مدل تحقیق

مدل اقتصادسنجی به کار رفته در این مطالعه به منظور بررسی هم‌گرایی انتشار گاز دی‌اکسید کربن سرانه کشورهای عضو اوپک الهام گرفته از چارچوب نظری و روش‌شناسی مطالعات تجربی لی و لین (۲۰۱۳) و جوهرت و دیگران (۲۰۱۰) می‌باشد. مدل مقطعی هم‌گرایی بتای انتشار کربن دی‌اکسید سرانه در این تحقیق به صورت مقابل تصریح می‌شود:

$$\frac{1}{T} \left[ \ln \left( \frac{E_{i,t+T}}{E_{i,t}} \right) \right] = \alpha - \frac{1}{T} (1 - e^{-\beta T}) \ln E_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

که در آن  $E_{i,t}$  نشان‌گر سطح انتشار کربن دی‌اکسید سرانه در ابتدای دوره تحقیق (سال ۱۹۷۰) و  $E_{i,t+T}$  بیان‌گر سطح انتشار کربن دی‌اکسید سرانه در انتهای دوره تحقیق (سال ۲۰۱۳) می‌باشد که به صورت لگاریتمی طبیعی بیان می‌شوند.

عبارت  $\frac{1}{T} \left[ \ln \left( \frac{E_{i,t+T}}{E_{i,t}} \right) \right]$  بیان‌گر متوسط نرخ رشد انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در طول دوره تحقیق و  $T$  نیز بیان‌گر طول دوره تحقیق می‌باشد که در این پژوهش ۴۳ سال می‌باشد. هم‌چنین در رابطه ۱،  $\beta$  سرعت هم‌گرایی را نشان می‌دهد و در صورتی که مقدار برآوردی برای بتا مثبت و از لحاظ آماری معنی‌دار باشد، فرضیه هم‌گرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در بین کشورهای مورد مطالعه (در اینجا اوپک) صادق بوده و فرایند ارتقاء متغیر انتشار CO<sub>2</sub> سرانه تأیید می‌شود.  $\varepsilon_{i,t}$  نیز نشان‌دهنده جمله اخلال تصادفی به منظور مدل‌سازی اثرات عوامل کنترل نشده می‌باشد.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته شده توسط نویسندگان مقاله، در مطالعات تجربی داخلی بیشتر هم‌گرایی متغیر درآمد سرانه واقعی مورد توجه قرار گرفته و تاکنون مطالعه‌ای پیرامون هم‌گرایی سطح انتشار CO<sub>2</sub> سرانه انجام نشده است. در ادامه به برخی از مطالعات مشابه و مرتبط با پژوهش حاضر پرداخته می‌شود.

فروغی‌پور (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی هم‌گرایی سیگما و بتا (مطلق) بین کشورهای عضو اوپک (آزمون فرضیه سولو و سوان)، ۲۰۰۴-۱۹۷۰» فرضیه هم‌گرایی درآمد سرانه واقعی در درون کشورهای اوپک را مورد تأیید قرار داد و سرعت هم‌گرایی را در بین کشورهای عضو اوپک نیز ۰/۰۴۳ برآورد کرد، به این معنا که هر سال در حدود ۴ درصد از شکاف موجود میان GDP سرانه واقعی این کشورها از بین می‌رود. هم‌چنین بر پایه آزمون فرضیه هم‌گرایی سیگما نشان داد که پراکندگی GDP سرانه واقعی کشورهای عضو اوپک در طی زمان روند نزولی دارد و در واقع هم‌گرایی سیگما اتفاق افتاده است (۱۳).

امیرتیموری و خلیلیان (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی رشد اقتصادی و میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای عضو اوپک: رهیافت منحنی زیست محیطی کوزنتس» با استفاده از داده‌های ترکیبی در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۰۱ به بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در بین کشورهای عضو اوپک پرداختند. آن‌ها دریافتند که میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> در این کشورها با افزایش رشد اقتصادی به طور مستمر افزایش می‌یابد و فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس برای این کشورها صادق نمی‌باشد (۱۴). در مقابل فطرس و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های تلفیقی طی بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۶۰، فرضیه زیست محیطی کوزنتس را برای کشورهای عضو اوپک تأیید کردند. بدین معنی که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، افزایش درآمد با تخریب زیست محیطی (افزایش انتشار CO<sub>2</sub> سرانه) همراه بوده است، اما با تداوم رشد و واردات تکنولوژی‌های کمتر آلاینده، کیفیت زیست محیطی این کشورها بهبود یافته است (۱۵).

### یافته‌های تجربی تحقیق

#### ۱- داده‌ها و پایگاه آماری

در این بخش به توصیف داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به منظور بررسی هم‌گرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در بین کشورهای عضو اوپک پرداخته می‌شود. پانل مورد بررسی در این تحقیق شامل ۱۲ کشور عضو سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)<sup>۱</sup> طی بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۷۰ می‌باشد. آمار و اطلاعات لازم برای متغیر انتشار گاز دی‌اکسید کربن سرانه از پایگاه اینترنتی EDGAR<sup>۲</sup> اتحادیه اروپا استخراج شده است (۱۷).

جدول (۲) برخی از مهم‌ترین آماره‌های توصیفی سطح متغیر انتشار CO<sub>2</sub> سرانه (به واحد تن) را در بازه زمانی تحقیق نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، قطر با میانگین ۵۰/۳۷ تن انتشار CO<sub>2</sub> سرانه دارای بیشترین مقدار انتشار آلودگی جوی در بین کشورهای مذکور می‌باشد. هم‌چنین کشور امارات متحده عربی با میانگین ۳۹/۸۰ تن انتشار CO<sub>2</sub> سرانه بعد از قطر در جایگاه دوم قرار دارد. در این میان، کشور نیجریه با میانگین ۰/۷۰ تن انتشار CO<sub>2</sub> سرانه دارای کمترین میزان انتشار آلودگی جوی می‌باشد. از طرفی با توجه به نتایج جدول (۲) کشور امارات متحده عربی با ۱۹/۹۸ تن انحراف معیار مقطعی بیشترین پراکندگی را به خود اختصاص داده است. پراکندگی بیشتر حاکی از این واقعیت مهم می‌باشد که انتشار کربن‌دی‌اکسید سرانه کشور امارات متحده عربی بیشتر دچار شکست‌های ساختاری و تغییر رژیم شده است. شکست‌های ساختاری و تغییر رژیم بیشتر به دلیل صنعتی‌شدن، رویدادهای مهم اقتصادی و سیاسی و غیره ... اتفاق می‌افتند (۹).

شایان ذکر است با توجه به این که رابطه (۱) از لحاظ پارامتر هم‌گرایی غیرخطی می‌باشد در اکثر مطالعات تجربی تبدیل خطی رابطه (۱) را به صورت مقابل برازش می‌کنند:

$$\frac{1}{43} \left[ \ln \left( \frac{E_{i,2013}}{E_{i,1970}} \right) \right] = \alpha + \lambda \ln E_{i,1970} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

در این صورت  $\lambda$  بیان‌گر نرخ هم‌گرایی مقطعی بوده و مقدار منفی و معنی‌دار آن نشانه‌ی وقوع هم‌گرایی مطلق خواهد بود. از طرفی سرعت هم‌گرایی مطلق ( $\beta$ ) برابر خواهد با:

$$\lambda = -\frac{1}{T} (1 - e^{-\beta T}) \Rightarrow \beta = -\frac{\ln(1+\lambda T)}{T} \quad (3)$$

از مزایای دیگر مدل هم‌گرایی مذکور این است که به ما امکان محاسبه سطح مشترک انتشار CO<sub>2</sub> سرانه (که به آن هم‌گرا می‌شوند) و مدت زمان لازم تا رسیدن به آن سطح مشترک آلودگی را می‌دهد.

$$E_0 = e^{\frac{\alpha}{1-e^{-\beta}}}, \quad T^* = \ln \frac{2}{\beta} \quad (4)$$

که در آن  $E_0$  بیان‌گر سطح مشترک انتشار CO<sub>2</sub> سرانه می‌باشد که همه کشورها به آن هم‌گرا می‌شوند. هم‌چنین  $T^*$  نیز مدت زمان لازم به منظور وقوع کامل فرایند ارتقاء انتشار CO<sub>2</sub> سرانه را نشان می‌دهد (۳). شایان ذکر است، در صورتی که رابطه (۲) با لحاظ متغیرهای توضیحی (کنترل) دیگر از جمله درآمد سرانه، شدت انرژی و غیره ... برازش شود، هم‌گرایی به وجود آمده از نوع بتای شرطی خواهد بود. در هم‌گرایی بتای شرطی به تعداد کشورها سطح پایدار انتشار CO<sub>2</sub> سرانه خواهیم داشت و هر کشور در مسیر رشد متوازن خود به سمت سطح پایدار انتشار CO<sub>2</sub> سرانه خاص خود هم‌گرا خواهد شد. از طرفی در این مطالعه به منظور بررسی وقوع هم‌گرایی سیگما، پراکندگی مقطعی در طول دوره تحقیق ترسیم شده و در صورتی که واریانس (انحراف معیار) مقطعی نمونه روند کاهشی داشته باشد، هم‌گرایی سیگما اتفاق می‌افتد و در غیر این صورت واگرایی سیگما خواهیم داشت:

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\ln(E_{i,t}) - \mu_t]^2 \quad (5)$$

که در آن  $\ln(E_{i,t})$  لگاریتم طبیعی سطح انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشور  $i$  ام و  $\mu_t$  میانگین مقطعی لگاریتم طبیعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک در زمان  $t$  می‌باشد.

۱- کشورهای عضو اوپک شامل ایران، الجزایر، آنگولا، اکوادور، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی و ونزوئلا می‌باشند. به منظور کسب اطلاعات بیشتر از این سازمان به مقاله حشمت‌زاده (۱۳۹۰) رجوع کنید (۱۶).

2- Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), available at: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/index.php>.



جدول ۲- برخی از مهم ترین آماره های توصیفی سطح متغیر انتشار کربن دی اکسید سرانه (بر حسب تن) طی دوره (۱۹۷۰-۲۰۱۳)

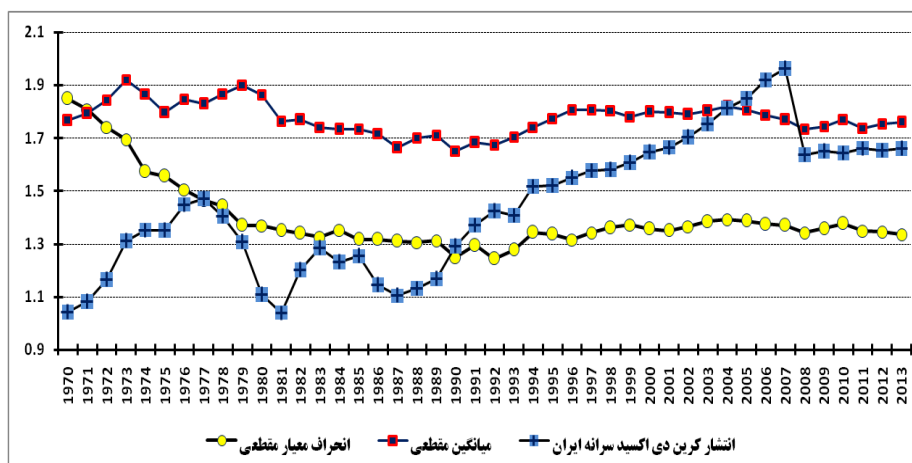
Table 2-Descriptive Statistics of Per Capita Carbon Dioxide Emissions (in metric tons) - (1970-2013)

کشورها	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	آماره جارگ-برا	احتمال
الجزایر	۲/۶۸	۳/۳۸	۱/۳۲	۰/۴۰	-۱/۵۸	۶/۳۸	۳۹/۲۸	۰/۰۰
آنگولا	۱/۱۷	۱/۵۷	۰/۸۹	۰/۱۹	۰/۶۲	۲/۳۹	۳/۵۱	۰/۱۷
اکوادور	۱/۶۰	۲/۲۵	۰/۶۸	۰/۴۰	-۰/۷۸	۳/۳۹	۴/۴۸	۰/۱۱
ایران	۴/۳۸	۷/۱۲	۲/۸۳	۱/۱۱	۰/۵۲	۲/۵۷	۲/۳۵	۰/۳۱
عراق	۳/۸۸	۵/۵۳	۲/۸۹	۰/۶۴	-۰/۹۷	۳/۷۸	۸/۰۲	۰/۰۲
کویت	۲۹/۶۹	۶۰/۸۵	۱۳/۹۲	۹/۶۰	۱/۹۹	۶/۹۸	۵۸/۰۲	۰/۰۰
لیبی	۹/۶۳	۱۹/۵۲	۵/۷۹	۲/۰۱	۲/۶۰	۱۵/۴۶	۳۳۴/۲۵	۰/۰۰
نیجریه	۰/۷۰	۱/۰۵	۰/۳۹	۰/۱۴	-۰/۱۵	۳/۱۸	۰/۲۳	۰/۸۹
قطر	۵۰/۳۷	۹۴/۲۸	۳۴/۰۸	۱۵/۰۳	۱/۳۲	۴/۰۵	۱۴/۷۴	۰/۰۰
عربستان سعودی	۱۲/۸۶	۱۸/۲۵	۷/۸۶	۲/۳۱	۰/۱۸	۲/۴۹	۰/۷۲	۰/۷۰
امارات متحده عربی	۳۹/۸۰	۹۲/۴۱	۲۰/۸۶	۱۹/۹۸	۱/۵۱	۳/۹۹	۱۸/۵۱	۰/۰۰
ونزوئلا	۵/۷۰	۶/۴۱	۵/۱۱	۰/۳۳	-۰/۵۴	۲/۶۱	۲/۳۸	۰/۳۰

منبع: یافته‌ها

کشورهای اوپک قرار دارد. انحراف معیار مقطعی نیز روند نزولی داشته و حاکی از کاهش پراکندگی بین لگاریتم طبیعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک طی دوره (۱۹۷۰-۲۰۱۳) می‌باشد. با توجه به مبانی نظری می‌توان گفت که هم‌گرایی سیگما برای متغیر انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک طی بازه زمانی (۱۹۷۰-۲۰۱۳) اتفاق افتاده است.

نمودار (۲) روند انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشور ایران، میانگین مقطعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه و انحراف معیار مقطعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک را بر حسب لگاریتم طبیعی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین مقطعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه اوپک روند نسبتاً ثابت و پایداری را داشته است. در مقابل روند انتشار CO<sub>2</sub> سرانه ایران برای کل دوره صعودی و به طور متوسط پایین‌تر از میانگین مقطعی انتشار آلودگی



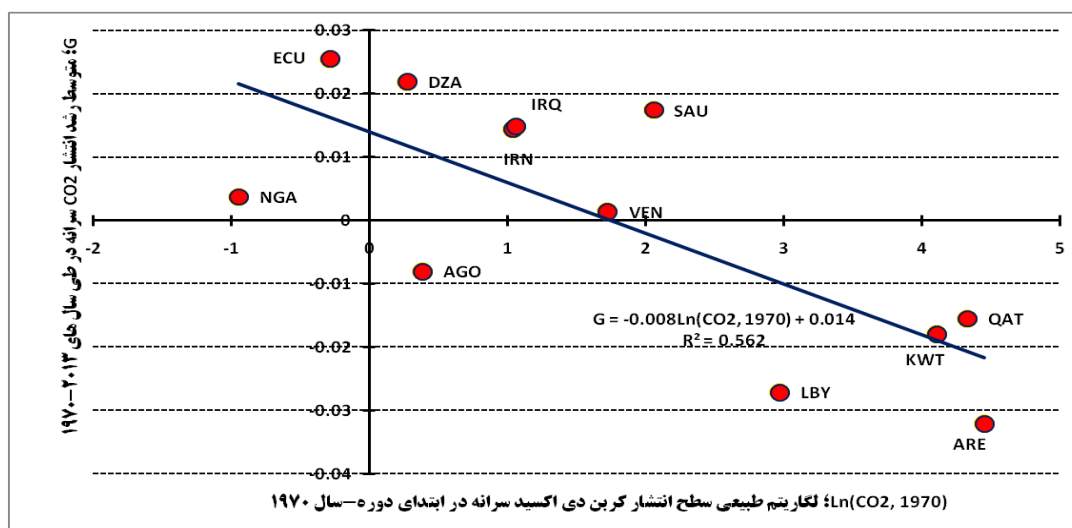
نمودار ۱- روند انتشار CO<sub>2</sub> سرانه ایران، میانگین مقطعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه اوپک و انحراف معیار مقطعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه اوپک (بر حسب لگاریتم طبیعی). منبع: یافته‌ها

Figure 1- Sigma convergence ( $\sigma$ -convergence), Cross-Section Average and Per Capita CO<sub>2</sub> of Iran: 1970-2013

## تخمین مدل

شکل (۱) استنباط نموداری از وقوع هم‌گرایی مطلق انتشار  $CO_2$  سرانه کشورهای اوپک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش سطح اولیه انتشار  $CO_2$  سرانه در سال ۱۹۷۰ متوسط میزان رشد انتشار کاهش یافته و هر چه سطح اولیه انتشار پایین‌تر باشد، متوسط رشد انتشار آلودگی جوی بیشتر بوده و برعکس. با توجه به شکل (۲)، کشورهای عربستان سعودی، ونزوئلا، ایران، عراق، الجزایر، اکوادور و نیجریه به طور متوسط دارای میزان رشد انتشار  $CO_2$  سرانه مثبت در طول دوره تحقیق بوده‌اند که در این بین کشور اکوادور با

متوسط رشد انتشار آلودگی  $0.025$  (۲/۵ درصد) بالاترین میزان انتشار آلودگی جوی را به خود اختصاص داده است. در مقابل کشورهای قطر، کویت، امارات متحده عربی، لیبی و آنگولا به طور متوسط دارای میزان رشد انتشار آلودگی منفی در طول دوره تحقیق بوده‌اند که در بین آنها کشور امارات متحده عربی با متوسط مقدار رشد  $-0.032$  (منفی ۳/۲ درصد) دارای کمترین میزان انتشار آلودگی جوی است. شایان ذکر است که کشورهای عراق و ایران دارای جایگاه تقریباً یکسانی در الگوی هم‌گرایی می‌باشند.



شکل ۱- رگرسیون مقطعی هم‌گرایی کربن‌دی‌اکسید ( $CO_2$ ) سرانه و موقعیت کشورهای اوپک. نکته: اکوادور (ECU)، نیجریه (NGA)، الجزایر (DZA)، ایران (IRN)، عراق (IRQ)، عربستان سعودی (SAU)، ونزوئلا (VEN)، آنگولا (AGO)، قطر (QAT)، کویت (KWT)، لیبی (LBY)، امارات متحده عربی (ARE). منبع: یافته‌ها.

Figure 1-Cross-section regression approach to beta-convergence ( $\beta$ -convergence) of per capita  $CO_2$  among OPEC

مطلق مقطعی به روش حداقل مربعات معمولی (OLS)<sup>۱</sup> توسط بسته نرم‌افزاری ایویوز (Eviews 6.0) برازش می‌شود.

در ادامه به منظور انجام آزمون‌های آماری بر روی ضرایب هم‌گرایی و نیز انجام آزمون‌های تشخیصی مدل هم‌گرایی بتای

## 1-Ordinary Least Squares

۲- با توجه به پایا بودن متغیر جمله اختلال در سطح، نتایج تخمین مدل به روش حداقل مربعات معمولی کاذب نبوده و می‌توان استنباط آماری را در خصوص تفسیر ضرایب و انجام آزمون فرضیه‌ها انجام داد.

## جدول ۳- نتایج تخمین مدل هم‌گرایی بتای مطلق به روش OLS.

Table 3- Estimation results of Absolute  $\beta$ -convergence among OPEC

متغیر	ضریب	احتمال
$\alpha$	۰/۰۱۳۹۶۳	**۰/۰۳۱
$\ln[E_{1970}]$	-۰/۰۰۷۹۹۶	***۰/۰۰۴
$\beta$ (سرعت هم‌گرایی)	۰/۹۷٪	—
$E_0$ (سطح مشترک آلودگی)	۴/۱۸ تن	—
$T^*$	۵/۳۱ سال	—
آزمون‌ها و آماره‌های تشخیصی		
JB test	۰/۹۲۷	۰/۶۲
BPG test	۱/۱۷۳	۰/۳۰
AIC (آکائیک): -۵/۵۹    BIC (شوارتز): -۵/۵۱    HQ (حنان کوئین): -۵/۶۲		
(Adjusted R-squared): ۰/۵۶    (R-squared): ۰/۵۱		

منبع: یافته‌ها.

فروض گوس-مارکف<sup>۴</sup> می‌باشد. فورسیری<sup>۵</sup> (۲۰۰۵) در مطالعه خود با استفاده از روش‌های ریاضی نشان داد که رابطه علیت از هم‌گرایی بتا به سمت هم‌گرایی سیگما بوده و شرط لازم وقوع هم‌گرایی سیگما وجود هم‌گرایی بتا می‌باشد (۱۸). مطابق این مفهوم با توجه به این که در این پژوهش هم‌گرایی بتا تأیید شد، بنابراین شرط لازم وقوع هم‌گرایی سیگما برآورده شده است و به منظور وقوع شرط کافی هم‌گرایی سیگما لازم است انحراف معیار مقطعی لگاریتم انتشار کربن دی‌اکسید سرانه (ریشه دوم رابطه ۵) در طول دوره پژوهش روند کاهشی داشته باشد. انحراف معیار لگاریتم طبیعی مقطعی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک بر طبق نمودار (۱) روند کاهشی داشته و در نتیجه هم‌گرایی سیگما اتفاق افتاده است.

با توجه به نتایج حاصل از وقوع هم‌گرایی به سمت سطح پایدار مشترک انتشار کربن دی‌اکسید سرانه برای کشورهای عضو اوپک توسط معیار هم‌گرایی بتا و هم‌گرایی سیگما به تأیید می‌رسد (تأیید فرضیه تحقیق). در واقع این هم‌گرایی نتیجه انتشار تکنولوژی و اثرات یادگیری و هم‌چنین سیاست‌های اوپک در زمینه کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. کشورهای اوپک در

جدول (۳) نتایج تخمین مدل هم‌گرایی مقطعی بتای مطلق انتشار CO<sub>2</sub> سرانه را برای ۱۲ کشور عضو سازمان اوپک نشان می‌دهد. بر طبق نتایج فرضیه هم‌گرایی مطلق انتشار کربن دی‌اکسید سرانه برای کشورهای عضو سازمان کشورهای صادرکننده نفت مورد قبول قرار می‌گیرد. علامت ضریب بتای مطلق منفی و مطابق با مبانی تئوریک هم‌گرایی بوده و هم‌چنین از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل کشورهای اوپک با سرعت متوسط ۰/۹۷ درصد به سمت مقدار مشترک انتشار CO<sub>2</sub> سرانه ۴/۱۸ تن حرکت می‌کنند. از طرفی مدت زمان لازم به منظور وقوع کامل فرایند ارتقاء ۵/۳۱ سال ارزیابی شد. مقدار ضریب تعیین تعدیل شده<sup>۱</sup> بیان‌گر این نکته است که بیش از ۵۰ درصد تغییرات رشد انتشار CO<sub>2</sub> سرانه توسط مدل هم‌گرایی مطلق توضیح داده می‌شود. فرضیه صفر در آزمون جارگ-برا<sup>۲</sup> نرمال بودن اجزاء اخلال و در آزمون بروش-پاگان-گادفری<sup>۳</sup> همسانی واریانس جملات اخلال می‌باشد. با توجه به مقدار احتمال مربوطه، فرضیه صفر در هیچ یک از آزمون‌ها رد نشد و دلیل بر استحکام نتایج حاصل از مدل هم‌گرایی تخمینی و صحت

1- Adjusted R-squared

2- Jarque-Bera

- Breusch-Pagan-Godfery

4- Gauss-Markov

5- Furceri

کنند و این موضوع را از طریق لحاظ کردن سطح اولیه انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در ابتدای دوره تحقیق (سال اولیه)، به عنوان متغیر توضیحی در مدل لحاظ نمایند.

۲- وقوع هم‌گرایی به سمت سطح مشترک انتشار CO<sub>2</sub> سرانه (۴/۱۸ تن) مستلزم اعمال محدودیت‌های زیست محیطی مشابه برای کشورهای اوپک در معاهده‌های بین‌المللی و درون‌سازمانی می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود این موضوع در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ شود تا محدودیت‌های اتخاذ شده منصفانه باشند.

۳- برای مطالعات بعدی پیشنهاد می‌شود فرضیه هم‌گرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک از طریق رویکرد تصادفی مورد آزمون قرار گرفته و نتایج آن با یافته‌های این پژوهش مقایسه گردد.

#### منابع

- 1- Criado, C. Orda s. Grether, J.-M. 2011. Convergence in per capita CO<sub>2</sub> emissions: A robust distributional approach, *Resource and Energy Economics*, 33, 637–665.
- 2- Macintosh, A. 2010. Keeping warming within the 2°C limit after Copenhagen. *Energy Policy*, 6(38), 2964–2975.
- 3- Li, X., Lin, B. 2013. Global convergence in per capita CO<sub>2</sub> emissions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 357–363.
- 4- Bertram, G. 2004. On the convergence of small Island economies with their metropolitan patrons. *World development* 32(2), 343-364.
- ۵- درگاهی. حسن و بهرامی غلامی. مینا، ۱۳۹۰، عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاستی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل، فصل‌نامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۱، صص ۷۹-۹۹.
- 6- Barnett, J., Dessai, S., Webber, M., 2004. Will OPEC lose from the Kyoto

جداسازی کربن‌دی‌اکسید و ذخیره (CCS)<sup>۱</sup> آن اقدامات قابل توجهی را انجام داده‌اند که تزریق CO<sub>2</sub> به مخازن زیرزمینی برای افزایش بازیافت نفت یکی از اقدامات انجام شده در این زمینه می‌باشد. بر اساس این پژوهش سیاست‌گذاران زیست محیطی و توسعه پایدار باید در تصمیمات خود درباره کشورهای اوپک به فرآیند ارتقاء انتشار CO<sub>2</sub> سرانه توجه ویژه‌ای کنند که بر طبق آن رشد انتشار کربن‌دی‌اکسید سرانه به مقدار آن در سال پایه بستگی دارد و انتشار آلودگی جوی سرانه به مقدار مشابه هم‌گرا می‌شود. وقوع هم‌گرایی انتشار CO<sub>2</sub> سرانه مستلزم اعمال محدودیت‌های زیست محیطی مشابه برای کشورهای اوپک در معاهده‌های بین‌المللی و درون‌سازمانی می‌باشد.

#### بحث و نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم امروزه به یکی از چالش‌های اساسی جامعه بشری در قرن ۲۱ تبدیل شده است. از این رو کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای (GHGs) در جو زیست کره امری ضروری می‌باشد. بر اساس داده‌های سالیانه (۲۰۱۳-۱۹۷۰) انتشار CO<sub>2</sub> سرانه، این مقاله دو پدیده هم‌گرایی سیگما و هم‌گرایی بتای مطلق را مورد آزمون قرار داد. نتایج حاصل حاکی از وقوع هم‌گرایی سیگما و بتای مطلق انتشار آلودگی جوی سرانه برای کشورهای عضو اوپک می‌باشد. کشورهای اوپک با سرعت ۰/۹۷ درصد به سمت سطح مشترک انتشار CO<sub>2</sub> سرانه ۴/۱۸ تن هم‌گرا بود و مدت زمان لازم به منظور وقوع کامل فرایند ارتقاء ۵/۳۱ سال ارزیابی شد. هم‌چنین روند انحراف معیار مقطعی CO<sub>2</sub> سرانه کشورهای اوپک در طول بازه تحقیق نزولی بوده و حاکی از کاهش پراکندگی و وقوع هم‌گرایی سیگما می‌باشد. مهم‌ترین توصیه‌های سیاستی حاصل از نتایج این پژوهش برای سیاست‌گذاران و پژوهش‌گران عبارتند از:

۱- پیشنهاد می‌شود پژوهش‌گران در مطالعات تجربی خود درباره‌ی تعیین‌کننده‌های انتشار CO<sub>2</sub> سرانه در بین کشورهای اوپک به پدیده هم‌گرایی و ارتقاء انتشار CO<sub>2</sub> سرانه توجه ویژه

1- Carbon Capture and Storage

- ۱۳- فروغی پور. الهام، ۱۳۸۵، بررسی همگرایی سیگما و بتا (مطلق) بین کشورهای عضو اوپک (آزمون فرضیه سولو و سوان) ۲۰۰۴-۱۹۷۰، پژوهش‌نامه بازرگانی، سال ۱۰، شماره ۳۹، صص ۱۳۵-۱۵۶.
- ۱۴- امیرتیموری. سمیه، خلیلیان. صادق، ۱۳۸۸، بررسی رشد اقتصادی و میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای عضو اوپک: رهیافت منحنی زیست محیطی کوزنتس، مجله علوم محیطی، سال هفتم، شماره اول، صص ۱۶۱-۱۷۲.
- ۱۵- فطرس. محمدحسن، غفاری. هادی و شهبازی. آزاده، ۱۳۸۹، مطالعه رابطه آلودگی هوا و رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده نفت، فصل‌نامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، دوره ۱، شماره ۱، صص ۵۹-۷۷.
- ۱۶- حشمت زاده، محمدباقر، ۱۳۹۰، پنجاه سال اوپک و سیاست، فصلنامه راهبرد، سال ۲۰، شماره ۶۰، صص ۱۱۳-۱۴۰.
- 17- Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M. Peters, J.H.A.W., Trends in global CO<sub>2</sub> emissions - 2014 report, JRC report 93171 / PBL report 1490; ISBN 978-94-91506-87-1, December 2014.
- 18- Furceri, D. 2005.  $\beta$  and  $\sigma$ -convergence: A mathematical relation of causality, Economics Letters, 89, 212-215.
- Protocol?, Energy Policy, 32, 2077-2088.
- ۷- رومر. دیوید، ترجمه تقوی. مهدی، ۱۳۸۸، اقتصاد کلان پیش رفته، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
- 8- Abramovitz, M. 1986. Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. Journal of Economic History, 46, 385-406.
- ۹- حمیدی رزی. داود، ۱۳۹۲، بررسی همگرایی شدت انرژی در بین کشورهای اوپک در حضور شکست‌های ساختاری (یک رویکرد دوجانبه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، فصل سوم.
- 10- Cunado, J. 2010. Structural breaks and real convergence in OPEK countries, Journal of Applied Economics, 14(1), 101-117.
- 11- Jobert, T. Karanfil, F. Tykhonenko, A. 2010. Convergence of per capita carbon dioxide emissions in the EU: Legend or reality?, Energy Economics, 32, 1364-1373.
- 12- Huang, B. Meng, L. 2013. Convergence of per capita carbon dioxide emissions in urban China: A spatiotemporal perspective, Applied Geography, 40, 21-29.