مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره شش، شهریورماه ۱۴۰۰(۱۸۶-۱۷۵)

بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی برای انتشار گاز N_2O در ایران با مدل ARDL

مهدی صادقی شاهدانی[۱]

علی اکبر محمدی سمچولی[۲*]

a.mohammadi@isu.ac.ir

محمدجواد رستگاری کوپائی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۷**

چکیده

زمینه و هدف: تغییرات اقلیمی، همچون افزایش گاز گلخانه‌ای خطرناک N_2O، همواره با پیامدهای اقتصادی و توسعه‌ای مختلف همراه است. منحنی کوزنتس زیست‌محیطی بیان می‌دارد که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا توسعه‌یافتگی یک کشور، با سطح تولید آن کشور رابطه‌ای مستقیم و پس از توسعه‌یافتگی، رابطه‌ای معکوس دارد. هدف از این مطالعه، بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی برای انتشار گاز گلخانه‌ای N_2O در کشور ایران است.

روش بررسی: روش پاسخگویی به مساله مزبور، کمّی و از طریق تحلیل اقتصادسنجی داده‌های سری‌زمانی در بازه زمانی ۱۹۶۰ الی ۲۰۱۷ بوده و از مدل خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) جهت بررسی و تحلیل متغیرها استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج مدل پویا به ما نشان می‌دهد که مساحت زمین‌های تحت کشت تاثیری منفی و تولید ناخلص داخلی (GDP) و صادرات، تاثیری مثبت بر انتشار N_2O دارند. همچنین GDP^2 علامتی مخالف جذر خودش دارد و رابطه درجه دوم معکوس برقرار است. در نتیجه فرض وجود منحنی کوزنتس در ایران رد نمی‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری: نقطه حداکثری نمودار برای کشور ایران بر حسب تولید ناخالص داخلی سرانه، رقمی حدود ۷۵۰۰ دلار خواهد بود. بنابراین اگر از این میزان جلوتر برویم، میزان انتشار N_2O کاهش پیدا خواهد کرد. در حال حاضر میزان تولید ناخالص داخلی سرانه کشور حدود ۶۹۰۰ دلار است و در مسیر صعودی منحنی کوزنتس قرار داریم. در نتیجه کاهش انتشار N_2O بر رشد ایران تأثیری منفی خواهد داشت. بدین ترتیب، انجام برخی از سیاست‌ها برای کاهش میزان انتشار این گاز گلخانه‌ای بدون عواقب عمده در بخش‌های مختلف اقتصادی امکان پذیر نیست.

واژه‌های کلیدی: منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، گاز اکسید نیتروژن، تولید ناخالص داخلی، مدل ARDL.

۱- استاد، گروه اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه امام صادق(ع).

۲- دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه امام صادق(ع). * (مسوول مکاتبات)

۳- کارشناس ارشد، گروه اقتصاد بخش عمومی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه امام صادق(ع).

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 6, September, 2021

Investigation of Environmental Kuznets Curve for N_2O Gas Emissions in Iran by ARDL Model

Mehdi Sadeghi Shahdani[1]
Aliakbar Mohammadi Samchouli[2*]
Ali.mohammadi@isu.ac.ir
Mohammad Javad Rastegari Koupaei[3]

Admission Date: June 7, 2021 Date Received: November 22, 2020

Abstract

Background and Objective: Climate change, such as the increase in hazardous N_2O greenhouse gas, is always associated with various economic and developmental consequences. The environmental Kuznets curve indicates that the increase in greenhouse gases emissions until a country's development is directly related to that country's level of production and inversely related after development. The purpose of this study is to investigate the environmental Kuznets curve for N_2O greenhouse gas emissions in Iran.

Material and Methodology: The method of answering this problem is quantitative and through econometric analysis of time series data in the period 1960 to 2017 and the Auto Regressive Distributed Lag Model (ARDL) has been used to study and analyze variables.

Findings: The results of the dynamic model show us that the area under cultivation has a negative effect and gross domestic product (GDP) and exports have a positive effect on N_2O emissions. GDP^2 also has a sign opposite to its root, and the inverse quadratic relation is established. As a result, the assumption of the Kuznets curve in Iran isn't rejected.

Discussion and Conclusion: The maximum point of the chart for Iran in terms of GDP per capita will be around $7,500. Therefore, if we go beyond this amount, N_2O emissions will decrease. At present, the country's GDP per capita is about $6,900 and we are on the upward trajectory of the Kuznets Curve. As a result, reducing N_2O emissions will have a negative impact on Iran's growth. Thus, it isn't possible to implement some policies to reduce these greenhouse gas emissions without major consequences in various sectors of the economy.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, Nitrous Oxide Gas, GDP, ARDL Model.

1- Professor, Department of Energy Economics, Faculty of Economics, Imam Sadiq (A.S) University.
2- Ph.D. Student, Department of Energy Economics, Faculty of Economics, Imam Sadiq (A.S) University. **(Corresponding Author)*
3- M.Sc., Department of Public Sector Economics, Faculty of Economics, Imam Sadiq (A.S) University.

مقدمه

در سالیان اخیر، مشاهده می‌شود که تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان به سرعت در حال افزایش است. این مسئله پیامدهای مهم اقتصادی، اجتماعی و توسعه‌ای غیر قابل جبرانی را با خود به همراه دارد. در مناطق مختلف جهان، با توجه به شرایطی که بر آن مناطق حاکم است، آثار تغییرات آب و هوا متفاوت خواهد بود و با توجه به شدت و ضعف بروز این علائم و اثرات آن، خسارت‌های قابل توجهی از این پدیده ناشی می‌شود و مقدار این خسارت‌ها همراه با افزایش دمای کره زمین، افزایش خواهد یافت(۱). از این رو، جامعه جهانی نیاز مبرم دارد تا شیوه زندگی پایدارتری را جهت کاهش این پیامدها اتخاذ نماید. از مهم‌ترین عوامل گرمایش جهانی، انتشار گازهای گلخانه‌ای است. یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای ، اکسید نیتروژن (N_2O) است. لازم به ذکر است که میزان آلایندگی گاز N_2O، تقریبا ۲۹۶ برابر دی اکسید کربن (CO_2) است و تقریبا ۱۰ درصد گرمایش زمین در اثر گاز اکسید نیتروژن است که باعث تخریب لایه اوزن هم می‌شود(۲).

با نگاهی به آمار و ارقام کسب و کار در ایران متوجه می‌شویم که یکی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین شغل‌ها درایران، کشاورزی و مشتقات آن است و زمین (به ویژه زمین‌های کشاورزی)، یکی از عوامل اصلی انتشار گاز اکسید نیتروژن است(۳). همچنین افزایش استفاده از نیتروژن در کودهای شیمیایی نیز، باعث افزایش تولید و انتشار این گاز می‌شود(۴) با بررسی آمار کشت و زراعت و میزان صادرات و واردات کالای کشاورزی در ایران، اهمیت پرداختن به این موضوع را بیشتر در می‌یابیم. برای مثال در ده ماهه نخست سال ۱۳۹۷، مقدار صادرات محصولات کشاورزی و صنایع غذایی ۵۷۰۴ هزار تن و به ارزش ۵۴۶۵ میلیون دلار است، که از نظر وزن ۶ درصد و از نظر ارزش ۱۵ درصد کل صادرات کالاهای غیر نفتی کشور را به خود اختصاص داده است(۵) و طبق شواهد مشاهده شده، همزمان با رشد اقتصادی و توسعه یافتگی کشورها میزان تولید این گاز بیشتر می‌شود(۶). لذا نیازمند کشف رفتار مشترک بین رشد اقتصادی و تولید گازهای گلخانه‌ای (مخصوصا اکسید نیتروژن)، جهت رسیدن به تعادل بین رشد اقتصادی و رونق محیط زیست هستیم.

در بخش ابتدایی مقاله سعی می‌شود با ادبیات موجود در این موضوع بیشتر آشنا شویم و مطالعات پژوهشگران قبلی را بیشتر مورد بررسی قرار دهیم. در ادامه به بررسی تئوری‌های علمی و چارچوب‌های نظری می‌پردازیم. در بحث نظری، طبق بررسی‌های انجام شده، تولید ناخالص داخلی، مساحت زمین‌های کشاورزی تحت کشت و صادرات، بیشترین نقش را در تولید گاز گلخانه‌ای N_2O دارند. مساله این پژوهش نیز بدست آوردن رابطه‌ای تجربی بین عوامل یادشده و میزان انتشار گاز N_2O در کشور ایران طی سال‌های ۱۹۶۰ الی ۲۰۱۷ است.

در این پژوهش از روش خودرگرسیونی با وقفه‌های گسترده (**A**uto**R**egressive **D**istributed **L**ag)، جهت بررسی و تحلیل متغیرهای سری‌زمانی استفاده شده است. نوع تجزیه و تحلیل در این پژوهش، در قالب آزمایش فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی (**E**nvironmental **K**uznets **C**urve) است. در رابطه با مبانی نظری رابطه تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار N_2O در تحقیقات انجام شده، بیشتر به دیدگاه کوزنتس اشاره می شود. بعد از انجام آزمون‌ها و بدست آوردن مدل پویا، به تحلیل این مدل پرداخته و سعی می‌شود تا نقطه اوج و حداکثری منحنی تعیین شده و ارتباط این تحقیق با سیاست‌گذاری‌های کلان مورد بررسی و بحث قرار گیرد.

پیشینه پژوهش

در رابطه با آزمایش فرضیه EKC، ادبیاتی غنی وجود دارد. ماناگی و همکاران(۲۰۰۹) تأثیر کلی آزادی تجارتی بر کیفیت محیط را با استفاده از متغیرهای ابزاری تخمین زدند و دریافتند که برای کشورهای عضو OECD، رابطه‌ی معکوس U شکل بین میزان آزادی تجاری و انتشار گاز CO_2 و دی‌اکسید گوگرد (SO_2) وجود دارد(۷). در ادامه، هامیت هاگار(۲۰۱۲) تست وجود EKC را برای کانادا را انجام داد و از روش ARDL و تست گرنجر برای تعیین جهت علیت استفاده کرد(۸). لاپینسکین و همکاران(۲۰۱۴) نیز، آزمون وجود منحنی

کوزنتس را روی ۲۹ کشور اروپایی انجام دادند و روش تخمین معادله غیرخطی درجه سوم را به کار گرفتند. همه آنها به این نتیجه رسیدند که اگرچه یک رابطه U شکل معکوس وجود دارد، اما به دلیل احتمال وجود متغیرهای حذف شده، نتایج قطعی نیستند(۹). به همین شکل، وانگ و همکاران(۲۰۱۶) نیز، با روش تجزیه و تحلیل داده های پنل نیمه پارامتریک، رابطه‌ی U شکل معکوس را بین رشد اقتصادی و شهرنشینی با انتشار گاز گلخانه‌ای SO_2، در کشور چین پیدا کردند(۱۰). نصر و همکاران(۲۰۱۵) وجود رابطه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی را برای کشور آفریقای جنوبی بررسی و از روش هم‌جمعی استفاده کردند و به یک رابطه بلندمدت غیر خطی بین عوامل رسیدند و فروض EKC را رد کردند(۱۱). لین و همکاران(۲۰۱۶) برای آزمایش منحنی کوزنتس در آفریقا، از مدل تجربی STIRPAT، پانل هم‌جمعی و حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده استفاده کردند و بدون توجه به اینکه توسعه اقتصاد ناشی از کشاورزی یا صنعتی شدن است، فرضیه EKC را رد کردند(۱۲). در انتهای بحث بررسی پیشینه پژوهش مطالعات خارجی می‌توان به تحقیق زامبرانو و فرناندز(۲۰۱۷) نیز اشاره کرد. این دو به طور خاص در پژوهش خود به بررسی وجود منحنی EKC برای انتشار گاز اکسید نیتروژن در کشور آلمان پرداختند. آنها با مدل ARDL و تست علیت گرنجر، جهت علیت عوامل را مشخص و فرض EKC برای کشور آلمان و گاز N_2O را تایید کردند.(۶).

و اما در بحث پژوهشگران ایرانی نیز، مطالعات زیادی انجام شده است. محمدباقری(۱۳۸۹) به بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین GDP، مصرف انرژی و میزان انتشار گاز CO_2 در ایران پرداخت. وی از روش ARDL استفاده کرد و نشان داد که انتشار گاز CO_2، نسبت به GDP بی‌کشش است، اما مقدار آن در بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت است(۱۳). لطفعلی‌پور و همکاران(۱۳۹۰) به بررسی وجود رابطه بلندمدت میان انتشار گاز CO_2 و رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های فسیلی و آزادی تجاری در ایران پرداختند و از آزمون علیت بر اساس الگوی تصحیح خطا(ECM) استفاده کردند. در انتها این نتیجه حاصل شد که رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های فسیلی و آزادی تجاری، علت، و انتشار گاز CO_2 معلول است(۱۴). مهدوی عادلی و قنبری(۱۳۹۲) در مطالعه‌ای، به رابطه‌ی بین مصرف انرژی، GDP و انتشار گاز CO_2 پرداختند و با استفاده از ECM به این نتیجه رسیدند که یک رابطه‌ی هم‌جمعی بین انتشار گاز CO_2، GDP و مصرف انرژی وجود دارد. این نتیجه حاصل شد که در کوتاه‌مدت یک رابطه علیت دوطرفه بین انتشار گاز CO_2 و مصرف انرژی و در بلندمدت دو رابطه علیت یک‌طرفه، یکی از انتشار گاز CO_2 به GDP، و دیگری از مصرف انرژی به GDP وجود دارد(۱۵). و در نهایت جمور و همکاران(۱۳۹۸) به بررسی عوامل تاثیرگذار در میزان انتشار گاز CO_2 خاورمیانه پرداختند و با روش داده‌های پانلی نشان دادند که رابطه‌ای بین مصرف انرژی، تراکم جمعیت و تولید سرانه با میزان انتشار این گاز وجود دارد و فرض EKC برای منطقه مورد مطالعه را تایید کردند(۱۶).

مبانی نظری

در این بخش سعی می‌شود تا عوامل تعیین‌کننده میزان انتشار گاز گلخانه‌ای N_2O شناخته شوند و نوع ارتباط آن‌ها، با منحنی کوزنتس مقایسه شود. کوزنتس(۱۹۹۵) در پژوهشی به بررسی رشد درآمد و نابرابری درآمد پرداخت. وی به یک رابطه U شکل رسید که نشان میداد به‌ازای افزایش درآمد سرانه، نابرابری درآمدی نیز افزایش پیدا میکند. البته این روند یک نقطه اوج و حداکثری دارد. بعد از گذار از این نقطه حداکثری، با افزایش درآمد سرانه میزان نابرابری درآمدی کاهش می‌یابد(۱۷) پس از طرح این مسئله، اقتصاددانان مختلفی به بررسی و تست این مدل در مسائل حیطه‌ی محیط زیست پرداختند تا اینکه مفهوم منحنی کوزنتس برای اولین بار در راستای مطالعات مرتبط با انعقاد موافقتنامه تجارت آزاد آمریکای شمالی بر محیط زیست، توسط گروسمن و کروگر(۱۹۹۵) شکل گرفت. این مطالعه با توجه به شباهت با کار آقای کوزنتس، منحنی کوزنتس نامیده شد(۱۸). منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، رابطه غیرخطی و درجه دوم بین کیفیت محیط زیست (در اینجا میزان انتشار گاز N_2O) و رشد اقتصادی را بیان می‌دارد و این فرضیه را بیان می‌کند که با افزایش تولیدات در یک منطقه،

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز افزایش می‌یابد. این عمل تا یک حد و آستانه‌ای از افزایش تولید اتفاق می‌افتد و پس از آن، با افزایش تولید محصولات بیشتر، انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد و شرایط محیطی بهبود می‌یابد(۱۸). یعنی یک رابطه معکوس U شکل بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست وجود دارد(۱۷،۱۹) این رابطه همچنین با توجه به ارتباط مثبت آن با رشد، با معاملات و صادرات و واردات نیز، ارتباط برقرار می‌کند(۲۰).

لازم به ذکر است که در تحقیقات مختلف، این تئوری برای کشورهای توسعه یافته از قبیل کشورهای عضو OECD و دیگر کشورهای آسیایی و آمریکایی صادق بوده و این مطلب در تحقیق حاضر نیز برای اقتصاد ایران مورد بررسی قرار گرفته است. نکته دیگری که در مورد دلیل تقعر منحنی کوزنتس می‌توان مطرح کرد این است که در ابتدا با توجه به پایین‌بودن کارایی انرژی، همزمان با رشد اقتصادی میزان آلودگی محیط زیست نیز افزایش می یابد. اما به مرور زمان همزمان با رشد اقتصادی، سرمایه‌گذاری در صنایعی که کارآیی انرژی بالاتری دارند(انرژی کمتری مصرف می‌کنند) صورت می‌گیرد و میزان آلودگی محیط زیست، کاهش می یابد.

در ادامه می‌توان به عامل بعدی اشاره کرد. زمین منبع محدودی است، که باعث اتخاذ سیستم های تولیدی بسیار فشرده و رقابتی شده که منجر به افزایش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه ای، به ویژه اکسید نیتروژن، از طریق دام و دامداری شده است(۲۱) حدود ۶۳ درصد از انتشار گازگلخانه ای N_2O ناشی از استفاده مستقیم از خاک است(۳) زمین‌های کشاورزی، یکی از منابع اصلی گسیل گاز اکسید نیتروژن هستند و همچنین افزایش استفاده از نیتروژن در کودهای شیمیایی نیز، باعث افزایش تولید و انتشار این گاز می‌شود(۴).

عامل دیگری که در نظر گرفته شده، صادرات است. صادرات ممکن است بر انتشار گاز N_2O تأثیری نداشته باشد(۲۲)، با این حال، ممکن است که EKC و صادرات، به دلیل فرضیه انتقال آلودگی در ارتباط باشند که ادعا می‌کند کشورهای توسعه‌یافته دارای مقررات سخت‌گیرانه محیط زیست و فناوری‌های پاک پیشرفته هستند، و اکثر آلاینده‌ها، در کشورهای در حال توسعه تولید می‌شوند(۲۳). در نتیجه، به جای کاهش میزان آلودگی، در سراسر مناطق جهان، انتقال آلودگی را شاهد خواهیم بود که این امر می‌تواند رابطه معکوس U شکل بین صادرات و رشد اقتصادی را توصیف کند. در انتها با توجه به بحث‌های مطرح شده، میتوان به یک مدل ریاضی رسید که در آن GDP تولید ناخالص داخلی است و به صورت سرانه در نظر گرفته شده، GDP^2 توان دوم همان GDP است که برای معادله درجه دوم منحنی کوزنتس تعریف می‌شود، AALU مساحت زمین‌های کشوری تحت کشت و EXPORTS میزان صادرات کشور است:

$$N_2O = f\ (GDP,\ GDP^2,\ AALU,\ EXPORTS)$$

روش پژوهش

برای آزمایش مدل حاصل از فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در بازه زمانی، از روش پسران و همکاران(۲۰۰۱) پیروی کرده و از روش اقتصادسنجی و مدل ARDL استفاده می‌کنیم(۲۴). این روش نسبت به سایر روش‌های سنتی ارجحیت دارد، زیرا لزومی ندارد که هر متغیر مانا از مرتبه اول باشد و در نمونه‌های کوچک کارآیی بیشتری دارد. روش ARDL مستلزم آن است که کلیه متغیرها حداکثر مانا از نوع I(1) باشند(۲۵) لذا برای آزمون مانایی از تست دیکی-فولر استفاده میکنیم. البته این آزمون هیچگونه اطلاعاتی درباره شکست‌های ساختاری در سری‌ها نمی‌دهد و نتایج غیر قابل اعتماد و گمراه کننده‌ای درباره هم‌گرایی متغیرها خواهد داشت(۶) باوم(۲۰۰۴) برای بررسی ویژگی عدم مانایی متغیرها، توصیه به استفاده از آزمون‌های ریشه‌واحد شکست ساختاری می‌کند(۲۶) بنابراین، ما از آزمایش ریشه‌واحد شکستگی ساختاری زیوت-اندروس استفاده می‌کنیم. این آزمون به ما اجازه می‌دهد تا اطلاعاتی در مورد یک نقطه‌شکست ساختاری ناشناخته، در سری زمانی بدست آوریم(۲۷) پس از بررسی مانایی داده‌ها، نیاز است تا رابطه ۱ را تخمین بزنیم تا وجود رابطه‌ی بین متغیرها را آزمایش کنیم. رابطه ۱ به شرح زیر است:

$$\Delta N_2O_t = \alpha_0 + \beta_1 N_2O_{t-1} + \beta_2 lnGDP_{t-1} + \beta_3 lnGDP^2_{t-1} + \beta_4 lnAALU_{t-1} + \beta_5 lnEXPORT_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{1i}\, \Delta N_2O_{t-i} + \sum_{j=0}^{q} \alpha_{2j}\, \Delta lnGDP_{t-j} + \sum_{k=0}^{m} \alpha_{3k}\, \Delta lnGDP^2_{t-k} + \sum_{l=0}^{n} \alpha_{4l}\, \Delta lnAALU_{t-l} + \sum_{w=0}^{s} \alpha_{5w}\, \Delta lnEXPORT_{t-w} + u_t$$

در این معادله، برای متغیرهای برون‌زا از لگاریتم طبیعی استفاده می‌کنیم و Δ نشان می‌دهد که متغیر در تفاضل مرتبه اول است. N_2O گازی گلخانه‌ای است که از سوزاندن پسماندهای طبیعی، فعالیت‌های صنعتی و مدیریت دام حاصل شده، و در هر هزار تن CO_2، اندازه‌گیری می‌شود. GDP، تولید ناخالص داخلی سرانه است که بر اساس قیمت دلار در سال پایه ۲۰۱۰ محاسبه شده است. AALU نشان‌دهنده‌ی مساحت زمین‌های کشاورزی تحت کشت و EXPORTS، صادرات کالاها و خدمات است. t به دوره زمانی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۷ اشاره دارد و u_t جزء خطاست. در انتها لازم به ذکر است که تمام داده‌ها از مرکز آماری بانک جهانی(۲۸) برای دوره زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۷ به صورت سالانه تهیه شده است.

قبل از تخمین نیاز است تا وجود رابطه هم‌گرایی متقابل (Cointegration) بین متغیرها با استفاده از آزمون مرزها انجام شود، که برای پیدا کردن بالابودن سطح اطمینانِ ضرایبِ متغیرهای تاخیری، بصورت همزمان، به یک آزمون F متکی است که متشکل از دو قسمت حد بالا و حد پایین است. اگر مقدار F بیش‌تر از حد بالا باشد، ثابت می‌شود که یک رابطه همگرایی متقابل وجود دارد، و اگر مقدارF کم‌تر از حد پایین باشد، فرضیه صفر را نمی‌توان رد کرد. اگر آماره F بین دو حد باشد، نتایج مشخص نخواهد بود. این آزمون شامل دو فرض است. فرض H_0 این است که تمامی ضرایب صفر باشند و فرض H_1 این است که حداقل یکی از ضرایب مخالف صفر باشد. برای آزمون F از نقاط بحرانی توسعه یافته توسط نارایان(۲۰۰۵)، برای نمونه‌های کوچک استفاده می‌کنیم(۲۹). نارایان(۲۰۰۵) خاطرنشان کرده است که نقاط مهمی که توسط پسران و همکاران(۲۰۰۱) ارائه شده است، تورش دارد و ممکن است نتایج گمراه کننده‌ای به همراه داشته باشد(۲۴،۲۹) بعد از تشخیص برقراری یک رابطه هم‌گرایی، رابطه ۲ (مدل بلندمدت ARDL) برای محاسبه پویایی بلندمدت تخمین زده می‌شود(۲۵): رابطه ۲ به شرح زیر است:

$$lnN_2O_t = \pi_0 + \pi_1 lnGDP_t + \pi_2 lnGDP_t^2 + \pi_3 lnAALU_t + \pi_4 lnEXPORTS_t + v_t$$

در این فرمول، ساختار بهینه تاخیر با استفاده از معیار اطلاعاتی آکائیک انتخاب شده است. ضرایب π_i اثر بلندمدت بر انتشار گاز N_2O را اندازه‌گیری می‌کنند. پس از برآورد رابطه ۲، باقیمانده‌ها به عنوان مدل تصحیح خطا(ECM) مورد استفاده قرار خواهند گرفت. این مدل نشان دهنده‌ی این است که چگونه متغیرها پس از یک شوک بسرعت به تعادل بلندمدت باز می‌گردند. ECM باید دارای یک ضریب آماری با علامت منفی و مساوی یا کمتر از یک باشد. مدل تصحیح خطای رابطه ۱ به شرح زیر فرموله شده است. رابطه۳:

$$\Delta lnN_2O_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{p} \delta_{1i} \Delta lnN_2O_{t-i} + \sum_{j=0}^{q} \delta_{2j} \Delta lnGDP_{t-j} + \sum_{k=0}^{m} \delta_{3k}\, \Delta lnGDP^2_{t-k} + \sum_{l=0}^{n} \delta_{4l} \Delta lnAALU_{t-l} + \sum_{w=0}^{s} \delta_{5w} \Delta lnEXPORTS_{t-w} + \theta ECM_{t-1} + \varepsilon_t$$

در انتها، پسران و همکاران(۲۰۰۱) آزمایشی برای پایداری پارامترهای مدل تخمین زده شده، با استفاده از آزمون‌های جمع تجمعی(CUSUM) و جمع تجمعات مربعات(CUSUMSQ)، که توسط براون و همکاران(۱۹۷۵) ارائه شده است را پیشنهاد می‌دهند تا بتوان به ثبات مدل پی برد و از آن برای تفسیر نهایی استفاده کرد(۲۴،۳۰). لازم به ذکر است که تمامی آزمون‌های بیان شده با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری Eviews 11 و Microfit 5.5 انجام شده‌اند.

یافته‌ها

در این بخش به بررسی نتایج از آزمون‌های ذکر شده برای مدل در بخش مدل‌سازی می‌پردازیم. در ابتدا با آزمون ریشه‌واحد دیکی-فولر و زیوت-اندرس شروع میکنیم. خروجی این ازمون در جدول ۱ قابل مشاهده است. نتایج نشان می‌دهد که هیچ یک از متغیرها مانا نیستند و ریشه‌واحد با یک شکست ساختاری وجود دارد. منتهی همه متغیرها پس از اولین دوره تاخیر، مانا خواهند بود.

جدول ۱- آزمون‌های ریشه واحد دیکی-فولر و شکست ساختاری زیوت-آندرس

Table 1. Dickey-Fuller and Zivot-Andrews structural break unit root tests

*****	**Dickey-Fuller**				**Zivot-Andrews**		
*****	At Level		At 1st Difference		At 1st Difference		
*****	T-Statistic	Prob.	T-Statistic	Prob.	T-Statistic	Prob.	Time Break
N_2O_t	-۰/۴۰۳۱۰۴	۰/۹۰۱۲	-۶/۸۹۴۱۵۱	*۰/۰۰۰۰	-۴/۰۳۲۱۹۹	*۰/۰۰۰۰	۲۰۰۸
$lnGDP_t$	-۲/۲۹۹۷۷۰	۰/۱۷۵۶	-۴/۵۸۸۸۵۶	*۰/۰۰۰۴	-۴/۴۴۷۵۱۹	*۰/۰۰۱۲	۱۹۷۸
$lnGDP_t^2$	-۲/۲۸۸۱۱۱	۰/۱۷۹۳	-۴/۵۷۹۳۰۷	*۰/۰۰۰۵	-۴/۵۵۳۰۶۷	*۰/۰۰۰۹	۱۹۷۸
$lnAALU_t$	-۰/۶۳۹۷۳۰	۰/۸۵۲۹	-۷/۶۷۴۸۵۹	*۰/۰۰۰۰	-۱۴/۱۷۳۱۷	*۰/۰۰۰۰	۲۰۰۵
$lnEXPORTS_t$	-۱/۹۲۵۶۸۶	۰/۳۱۸۵	-۷/۷۳۹۴۱۹	*۰/۰۰۰۰	-۴/۰۸۰۳۵۲	**۰/۰۱۰۱	۱۹۷۸
* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۵ درصد							

منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه، جدول ۲ نتایج آزمون بررسی وجود هم‌گرایی متقابل در معادله ۱ را نشان می‌دهد. ساختار بهینه تاخیر، (۱،۶،۶،۶،۶) است. آماره آزمون F با در نظر گرفتن فرضیه صفر(H_0) محاسبه شده است و نتایج نشان می‌دهد که با انتشار N_2O به عنوان متغیر وابسته، آماره F محاسبه شده از نقطه سطح اطمینان ۵ درصد فراتر می‌رود. بر این اساس، ما فرضیه صفر(عدم هم‌گرایی متقابل بین متغیرها) را رد می‌کنیم و نتیجه می‌گیریم که یک رابطه بلندمدت بین انتشار N_2O و عوامل تعیین کننده آن وجود دارد.

جدول ۲- آزمون همگرایی متقابل

Table 2. Cointegration Test

ساختار بهینه تاخیر	آماره F	فرض H_0	سطح اطمینان	حد بالا	حد پایین
(۱،۶،۶،۶،۶)	۴/۸۲۳۰۴۴	عدم همگرایی	۵ درصد	۳/۸۷۲	۲/۸۲۳

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳، مدل بلندمدت و کوتاه‌مدت را به ما نشان می‌دهد که ضرایب برآورد شده در مدل بلندمدت، با سطوح اطمینانی ۱و ۵ درصد معنی‌دار هستند و همبستگی سریالی ندارند. به طور خاص، ضریب GDP و GDP^2 فقط در بلندمدت معنی‌دار و در هر دو مدل به ترتیب مثبت و منفی هستند. بنابراین فرضیه EKC برای ایران تأیید می‌شود. با محاسبه نقطه حداکثری(حدود ۷۵۰۰ دلار) می‌توان نتیجه گرفت که فراتر از این آستانه، با افزایش درآمد سرانه میزان انتشار گاز گلخانه‌ای N_2O کاهش می‌یابد. در کوتاه‌مدت فقط ضریب EXPORTS معنی‌دار است. ضریب تصحیح خطا(ECT_{t-1}) در سطح معنی‌داری ۱ درصد، منفی است. این ضریب، نشان‌دهنده سرعت بهینه برای بازگرداندن تعادل در مدل پویا است، یعنی اثر یک شوک طی یک سال تقریبا تا حدود ۳۹ درصد اصلاح می‌شود.

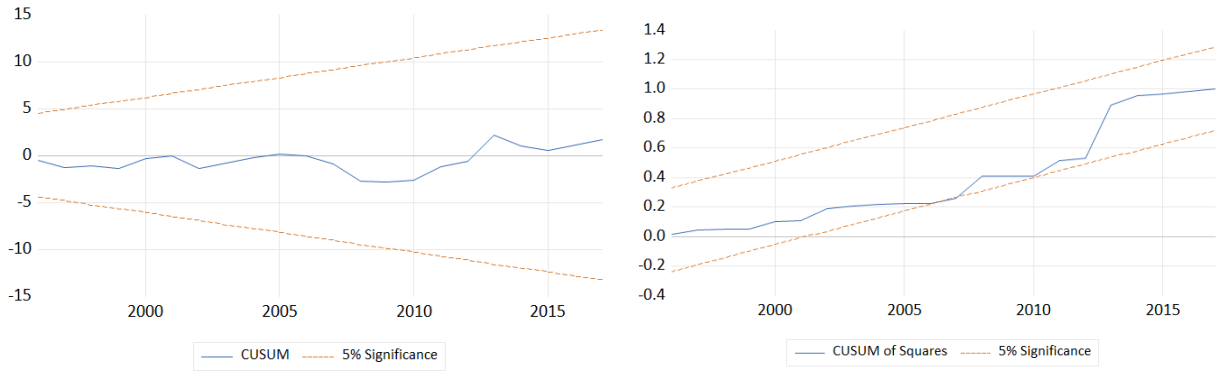
جدول ۳- مدل‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت

Table 3. Long-run and Short-run models

Long-run model - dependent: N_2O_t				Short-run model - dependent: ΔN_2O_t			
*****	Coefficient	T-ratio	Prob.	*****	Coefficient	T-statistic	Prob.
$lnGDP_t$	۵۰۹۳۰۵/۴	۲/۵۰۵۶	۰/۰۲۰**	$\Delta lnGDP_t$	۳۰۸۸۳	۰/۴۵۲	۰/۶۵۵
$lnGDP_t^2$	-۳۰۸۴۳/۵	-۲/۶۵۷۲	۰/۰۱۴**	$\Delta lnGDP_t^2$	-۱۹۶۹	-۰/۵۰۴	۰/۶۱۸
$lnAALU_t$	-۱۰۵۳۸/۶	-۲/۶۳۳۴	۰/۰۱۵**	$\Delta lnAALU_t$	-۲۳۳۶/۲	-۰/۸۰۵	۰/۴۲۸
$lnEXPORTS_t$	۸۸۳۵/۰	۷/۸۰۱۹	۰/۰۰۰*	$\Delta lnEXPORTS_t$	۱۴۱۹	۱/۷۸۵	۰/۰۸۶***
Constant	-۲۱۵۳۷۱۳	-۲/۴۳۷۰	۰/۰۲۳**	Constant	-۸۴۱۶۲۶/۱	-۲/۱۴۵	۰/۰۴۳**
Correlation	۰/۱۷۹۹		۰/۶۷۵	ECT_{t-1}	-۰/۳۹۰۷۸	-۳/۱۸۲	۰/۰۰۴*
R^2	۰/۹۹۴۷	Adj. R^2	۰/۹۸۷۷	R^2	۰/۶۸۵۷	Adj. R^2	۰/۲۷۱۵
F-statistic	۱۴۲/۹۷۰		۰/۰۰۰*	F-statistic	۱/۹۲۰		۰/۰۵۲***
*و**و*** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ و ۱۰ درصد							

منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۱، نمودارهای حاصل از آزمون‌های CUSUM و CUSUMSQ را نشان میدهد و بیان می‌کند که ضرایب ECM پایدار هستند، چراکه در محدوده ضریب اطمینان ۵ درصد قرار دارند. پایداری پارامترها از این جهت اهمیت دارد که نشان میدهد مدل، برای پیشبینی و تحلیلهای سیاستی معتبر و قابل اطمینان است.



شکل ۱- نمودارهای CUSUM و CUSUMSQ

Figure 1. CUSUM and CUSUMSQ charts

منبع: یافته‌های پژوهش

بحث و نتیجه‌گیری

رشد اقتصادی و محیط زیست دو پدیده متمایز هستند، اما رابطه آنها در کوتاه‌مدت و بلندمدت انکار ناپذیر است(۳۱). تعداد کمی از مطالعات، علی رغم اهمیت گاز گلخانه‌ای N_2O در سطح جهانی، انتشار آن را به عنوان شاخص آلودگی مورد بررسی قرار داده‌اند(۲) انتشار گاز اکسید نیتروژن(N_2O)، عمدتا از تولیدات کشاورزی صورت می‌گیرد، که به طور قابل توجهی به فعالیت‌های اقتصادی ایران کمک می‌کند. بنابراین، بررسی رفتار مشترک بین رشد اقتصادی و تولید گازهای گلخانه‌ای برای ایجاد سیاست‌های انرژی و کشاورزی لازم است، تا تعادل بین رشد اقتصادی و رونق محیط زیست، تضمین شود.

هدف از این مقاله، بررسی روابط بین تولید گاز گلخانه‌ای N_2O، رشد اقتصادی، زمین‌های کشاورزی تحت کشت و صادرات در ایران برای دوره زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۷ است. مسیر اصلی این مقاله، آزمایش فرضیه EKC است. ما از آزمون ریشه‌واحد شکست ساختاری و روش ARDL برای تعیین رابطه بلندمدت بین متغیرها، استفاده کردیم. نتایج نشان می‌دهد که در بلندمدت، یک رابطه هم‌گرایی متقابل بین متغیرها وجود دارد. ضرایب مثبت و منفی GDP و GDP^2 به ترتیب دلالت بر وجود EKC در ایران دارد. نقطه اوج و حداکثری این منحنی حدود ۷۵۰۰ دلار است و سرانه فعلی ایران از این عدد کمتر و مقدار ۶۹۰۰ دلار است(۲۸)، به این معنی که ایران در مسیر صعودی منحنی تخریب محیط زیست قرار دارد و کشور هنوز به توسعه پایدار نرسیده است. ممکن است متغیرهای دیگری(به عنوان مثال: سرمایه ثابت ناخالص، صنایع تولیدی و مصرف انرژی) در مدل وارد نشده باشند، اما این مقادیر قابل توجه نیستند و نبود آن‌ها بر نتایج تخمین تأثیری ندارد.

ما تولید گاز گلخانه ای N_2O را به عنوان یک متغیر وابسته در نظر گرفتیم، چراکه طبق داده‌های پایگاه آماری بانک جهانی سومین گاز گلخانه‌ای منتشر شده در سطح جهان و کشور، و دارای پتانسیل ۲۹۶ برابری افزایش گرمایش جهانی نسبت به گاز CO_2 است(۲۸). نتایج نشان می‌دهد که کاربری اراضی کشاورزی تأثیری مستقیم و خلاف فرض پژوهش و نتایج دیگر مقالات، منفی بر میزان انتشار گاز N_2O دارد. یعنی اگر ایران بخواهد به انتشار N_2O را کاهش دهد، باید فرایندهای مربوط به استفاده از زمینهای کشاورزی را بهینه سازی کند. این تصمیم، رشد کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زیرا بخش اصلی و کشاورزی ایران حدود ۸ درصد از تولید ملی را در اختیار دارد(۳۲). در سمت دیگر، EXPORTS تأثیری منفی بر انتشار N_2O دارد. یعنی به نظر می‌رسد که فرآیندهای تولیدی برای صادرات، کارآمد و غیر آلوده کننده باشند و یا حداقل مخرب نباشند. علاوه بر این، رابطه منفی بین این دو متغیر با گزارش OECD هم‌خوانی دارد(۳۳)، که می‌توان نتیجه گرفت

کشورهایی که قوانین زیست‌محیطی دقیق‌تری دارند، کاهشی در میزان صادرات‌شان اتفاق نیفتاده است.

به طور کلی، این مطالعه نشان میدهد که همانند کشورهای کمتر توسعه یافته، کاهش انتشار N_2O تأثیری منفی بر رشد کشور ایران می‌گذارد. بنابراین، انجام برخی از سیاست‌ها، به منظور کاهش انتشار N_2O، بدون پیامدهای عمده در بخش‌های اقتصاد، امکان‌پذیر نیست. مشاهدات تجربی از آزمایش فرضیه EKC حاکی از این است که در ایران، هنگامی که درآمد افزایش می‌یابد، انتشار N_2O روندی صعودی پیدا می‌کند که تا نقطه اوج روند صعودی ادامه دار است، و تنها بعد از گذر از اوج می‌توان به کاهش انتشار این گاز امیدوار بود. در انتها لازم به ذکر است که ساختارهای اقتصادی و سیاست‌گذاری‌ها، می‌تواند باعث تغییر روش استفاده شده برای مدل‌سازی شوند.

References

1. Alishiri, H., Mohammadkhani, S., Mohammadbagheri, A., 2017. Study of factors affecting carbon dioxide emission in the country (With refined Laspeyres decomposition analytic method). *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 19(2), pp. 51-62. (In Persian)
2. United States Environmental Protection Agency, 2014. Overview of greenhouse gases. Available at https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/n2o.html (accessed 16 November 2020).
3. Strogies, M., Gniffke, P., 2012. Reporting under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2012 National inventory report on the German greenhouse gas inventory 1990–2010. *Federal Environment Agency*, Dessau.
4. U.S Energy Information Administration, 2011. Emissions of greenhouse gases in the U.S. Available at https://www.eia.gov/environment/emissions/ghg_report/ghg_nitrous.php/ (accessed 16 November 2020).
5. Statistical Center of Iran, 2020. Available at https://www.amar.org.ir/ (accessed 16 November 2020).
6. Zambrano, M., Fernandez, M.A., 2017, An Environmental Kuznets Curve for N_2O emissions in Germany: an ARDL approach. ***Natural Resources Forum*, Vol. 41(2), pp. 119** –127.
7. Managi, S., Hibiki, A., Tsurumi, T., 2009. Does trade openness improve environmental quality? *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 58(3), pp. 346–363.
8. Hamit-Haggar, M., 2012. Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: A panel cointegration analysis from Canadian industrial sector perspective. *Energy Economics*, Vol. 34(1), pp. 358–364.
9. Lapinskiene, G., Tvaronavi _ ciene, M., Vaitkus, P., 2014. Greenhouse gases_emissions and economic growth – evidence substantiating the presence of environmental Kuznets curve in the EU. *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 20(1), pp. 65–78.
10. Wang, Y., Han, R., Kubota, J., 2016. Is there an Environmental Kuznets Curve for SO2 emissions? A semi-parametric panel data analysis for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 54, pp. 1182–1188.
11. Nasr, A.B., Gupta, R., Sato, J.R., 2015. Is there an Environmental Kuznets Curve for South Africa? A co-

sumability approach using a century of data. *Energy Economics*, Vol. 52(Part A), pp. 136–141.

12. Lin, B., Omoju, O.E., Nwakeze, N.M., Okonkwo, J.U., Megbowon, E.T., 2016. Is the environmental Kuznets curve hypothesis a sound basis for environmental policy in Africa? *Journal of Cleaner Production*, Vol. 133, pp. 712–724.
13. Mohammad Bagheri, A., 2010. Investigating the short-term and long-term relationships between GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions in Iran. *Journal of Energy Economics Studies*, Vol. 27, pp. 101-129. (In Persian)
14. Lotfalipoor, M.R., Fallahi, M.A., Ashna, M., 2011. Investigating the relationship between carbon dioxide emissions and economic growth, energy and trade in Iran. *Journal of Economics Research*, Vol. 94, pp. 151-174. (In Persian)
15. Mahdavi Adeli, M.H., Ghanbari, A.R., 2013. Analysis of the cumulative and causal relationship between carbon dioxide emissions, GDP and energy consumption in Iran. *Journal of Iranian Energy Economics Research*, Vol. 9, pp. 217-237. (In Persian)
16. Jamour, M., Judaki, M., Shavvalpour, S., 2019. Identifying factors affecting environmental quality in Middle Eastern countries. *Journal of Geography and Environmental Hazard*, Vol. 29, pp. 119-131. (In Persian)
17. Kuznets, S., 1955. Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, Vol. 45(1), pp. 1–28.
18. Grossman, G.M., Krueger, A.B. 1991. Environmental impacts of a North American free trade agreement. *Journal of* National *Bureau of Economic Research, Working* Paper No. 3914.
19. Shafik, N., 1994. Economic development and environmental quality (An econometric analysis). *Journal of Oxford Economic Papers*, Vol. 46, pp. 757-773
20. Dollar, D., Kraay, A., 2004. Trade, growth, and poverty. *Journal of* The *Economic Journal*, Vol. 114(493), pp. 22-49.
21. Henseler, M., Dechow, R., 2014. Simulation of regional nitrous oxide emissions from German agricultural mineral soils: A linkage between an agro-economic model and an empirical emission model. *Journal of* The *Agricultural Systems*, Vol. 124, pp. 70-82.
22. Kearsley, A., Riddel, M., 2010. A further inquiry into the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Ecological Economics*, Vol. 69(4), pp. 905-919.
23. Cole, M., 2004. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages. *Journal of Ecological Economics*, Vol. 48(1), pp. 71-81
24. Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J., 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 16(3), pp. 289-326.
25. Bouznit, M., Pablo-Romero, M., 2016. CO2 emissions and economic growth

in Algeria. *Journal of Energy Policy*, Vol. 96, pp. 93-104.

26. Baum, C.F., 2004. A review of Stata 8.1 and its time series capabilities. *International Journal of Forecasting*, Vol. 20(1), pp. 151-161.
27. Zivot, E., Andrews, D.W., 1992. Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 10(1), pp. 251–270.
28. World Bank, 2020. World development indicators. Available at http://data.worldbank.org/data-catalog/ (accessed 15 October 2020).
29. Narayan, P.K., Narayan, S., 2010. Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Journal of Energy Policy*, Vol. 38(17), pp. 661–666.
30. Brown, R.L., Durbin, J., Evans, J.M., 1975. Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 37(2), pp. 149–192.
31. Alam, M.M., Murad, M.W., Noman, A.H.M., Ozturk, I., 2016. Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Journal of Ecological Indicators*, Vol. 70, pp. 466–479.
32. IRNA News Agency, 2020. The Minister of Jihad for Agriculture announced: 8% share of the agricultural sector in the country's GDP. Available at https://www.irna.ir/news/83828066 (accessed 15 November 2020).
33. Lorentsen, L. G., 2008. OECD key environmental indicators. Available at https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf (accessed 16 November 2020).