تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری‌های تکنولوژیکی و کیفیت صادرات بر انتشارگاز دی اکسیدکربن

امیرعلی فرهنگ[۱]، عبدالرحیم هاشمی دیزج*[۲]، علی محمدپور[۳]، مهدی اشجع[۴]

۱- استادیار ، گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲*- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴- گروه اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول:a.hashemi@uma.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

چکیده

گرم‌تر شدن کره زمین یکی از پیامدهای انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، می‌باشد که بطور بالقوه تأثیر چند بعدی بر اکوسیستم زمین و بشریت دارد. به طوری که همه کشورهای جهان در پی کاهش و کنترل میزان آن، با استفاده از عوامل تاثیرگذار عمده در انتشار آن می‌باشند. برای این منظور، هدف این تحقیق بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری‌های تکنولوژیکی و کیفیت صادرات بر انتشار دی‌اکسیدکربن می‌باشد. جهت برآورد این تاثیرات، نمونه‌ای شامل ۲۰ کشور خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۰ با رویکرد اقتصادسنجی مدل خود رگرسیونی باوقفه‌های گسترده پانلی (Panel ARDL) مورد سنجش قرار گرفته است. سعی در بررسی عوامل موثر بر کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد. نتایج برآوردی، بیانگر تأثیرگذاری منفی در کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیرهای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری تکنولوژیکی و کیفیت صادرات بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است. از بین متغیرهای اصلی مورد بررسی، کیفیت صادرات، بیشترین ضریب تأثیرگذاری در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن را دارد و متغیر رشد اقتصادی نیز به عنوان متغیر کنترلی بیشترین تأثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کوتاه‌مدت و بلندمدت داشته است. آزمون های علیت گرنجری، بیانگر علیت یک طرفه از متغیرهای مصرف انرژی‌های تجدید پذیر، کیفیت صادرات، هزینه تحقیق توسعه و رشد اقتصادی به انتشار دی‌اکسیدکربن را تأیید می‌کنند. با توجه به نتایج پژوهش، اجرای ابزارها و مکانیسم‌های قیمت‌گذاری دی‌اکسیدکربن برای تولید پاک و فعالیت‌های تجاری بین‌المللی، برنامه‌های آگاهی اجتماعی در سراسر کشور برای آموزش در مورد پیامدهای منفی آلودگی، ترویج سیاست‌های دولت برای تشویق استفاده از فناوری مدرن(فناوری‌های کم مصرف انرژی و آلودگی) توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی

" انرژی‌های تجدیدپذیر"، "کیفیت صادرات"، "نوآوری تکنولوژیکی"، "دی‌اکسیدکربن"،" مدل خود رگرسیون باوقفه‌های گسترده پانلی"

۱- مقدمه

مفاهیم تغییر اقلیم و گرمایش جهانی به طور گسترده به عنوان نگرانی اصلی برای بقای موجودات زنده روی کره زمین مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که فعالیت‌های زیست محیطی و اقتصادی از زمان پیدایش تاریخ زمین همزیستی داشته‌اند، اقدامات توسعه‌ای به تدریج با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن محیط زیست را تخریب کرده است. به دلیل فقدان ابتکارات سیاسی مناسب زمین هم اکنون با معضل پیامدهای نامطلوب آسیب پذیری و تخریب محیطی مواجه است، که در سراسر جهان برای زندگی انسان ها، حیوانات و گیاهان مصیبت به بار می‌آورد. بنابراین، کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن برای ساخت زمین سبز و پایدار با در نظر گرفتن عوامل مختلف کمک کننده موثر به هدفی مطلوب برای محققین معاصر تبدیل شده است Rahman et al., 2022). در ادبیات اقتصاد محیط زیست، متغیرهای متعددی مانند ساختار صنعتی، شهرنشینی، توسعه فناوری، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، گردشگری، جمعیت، توسعه مالی و تجارت بین‌الملل مورد بررسی قرار گرفته‌اند و نشان داده شده است که بر انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر دارند(Wang et al., 2016). پیشرفت‌های تدریجی و اساسی در فناوری‌ها جزء دستور کار کلیدی بین المللی برای مواجهه با مشکلات زیست محیطی و تغییرات آب و هوایی است. مفهوم تغییر تکنولوژیک به طور گسترده در ادبیات مورد بحث قرار گرفته است و مطالعات (Acemoglu et al., 2012؛ Popp et al., 2011) را می‌توان مثال زد. نوآوری تکنولوژیک به عنوان وسیله ای برای دستیابی به اهداف بلندمدت پایدار رشد اقتصادی محسوب میشود، با این حال مشکلات زیست محیطی موجود و آتی به اندازه کافی با سطح فناوری فعلی قابل رسیدگی نیستند(Toebelmann, D., & Wendler, 2020). فعالیت نوآورانه زیست‌محیطی(EI) تنها زمانی به بهبود عملکرد کمک می‌کنند که فناوری‌ها منتشر و به کار گرفته شوند(Sarr& Noailly, 2017). فعالیت نواورانه زیست محیطی می‌تواند عملکرد محیطی را از طریق کانال‌های مختلف از جمله سرریزها به مناطق و بخش‌های دیگر تحت تأثیر قرار دهد (Barbieri et al., 2016). همچنین مشوق‌ها و مقررات، بر هر مرحله از فرآیند نوآوری، از جمله توسعه و انتشار تأثیر می‌گذارد(Popp, 2005). مقررات و فشار خارجی، پذیرش فناوری‌های زیست محیطی را تقویت می‌کند(Snyder et al., 2003). علاوه بر اهمیت حجم صادرات، کیفیت آن نیز اهمیت دارد، زیرا منجر به رشد اقتصادی می‌شود. رشد اقتصادی مستلزم تغییرات ساختار اقتصادی مانند، تخصیص مجدد منابع به شرکت‌ها و بخش‌های پربازده، افزایش کیفیت محصولات تولید شده، پیدایش مزیت‌های نسبی و غیره است، که منجر به

درآمدهای صادراتی و بهره‌وری بالاتر می‌شود. علاوه بر این، رشد اقتصادی در کشورها باید تضمین‌کننده رشد و توسعه پایدار باشد(Doğan et al., 2021). کیفیت صادرات باعث کاهش انتشار CO_2 می‌شود. ارتقای کیفیت صادرات بسته به وضعیت توسعه یافتگی کشور، منجر به تسریع رشد اقتصادی می‌شود(Gozgor& Can, 2017). اخیرا تحقیقات (Hu et al., 2020؛ Can et al., 2020) گزارش داده‌اند که تنوع واردات باعث کاهش انتشار CO_2 در کشورهای توسعه یافته می‌شود در حالی که تنوع صادرات منجر به افزایش انتشارCO_2 در کشورهای در حال توسعه می گردد. همچنین اثر تنوع وارداتی بر انتشار CO_2بر حسب درجه توسعه کشورها، متفاوت است(Fang et al., 2019). در دسترس بودن انرژی برای توسعه اقتصادی بسیار مهم است و فقر انرژی پتانسیل رشد آن را محدود می‌کند. رشد جمعیت و استفاده همزمان سوخت های فسیلی به عنوان منبع اصلی انرژی در منطقه منجر به انتشار بیشتر CO_2 در جو و پیامدهای منفی محیط زیستی شده است(Adams & Nsiah, 2019). شواهد گزارش شده‌ای وجود دارد که مصرف انرژی تجدیدپذیر و انتشار CO_2 ارتباط نزدیکی با هم دارند (Hu et al., 2020؛ Sadorsky, 2009). به طور مشابه، ادبیات در مورد اثر کاهشی که تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 دارد، سازگار است(Cheng et al., 2019؛ Apergis et al., 2018) و فشار فزاینده‌ای که منابع تجدیدناپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن وارد می‌کنند(Zhou et al,. 2020؛Jebli et al., 2016). فراوانی منابع انرژی تجدیدپذیر به ویژه انرزی بادی و خورشیدی، بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی و تحلیلگران را بر آن داشته است که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با انتشار دی‌اکسیدکربن کمتر را مورد حمایت قرار بدهند(Wesseh & Lin, 2017). در مقاله ای میکاییل اوف و همکاران(Mikayilov et al,. 2018) به بررسی موضوعی با عنوان تأثیر رشد اقتصادی بر انتشارCO_2 در کشور آذربایجان پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آنها با استفاده از رویکردهای اقتصاد سنجی FMOLS و DOLS نشان داد که رشد اقتصادی تاثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار CO_2 داشته است. فنگ و همکاران(Fang et al,. 2019) به بررسی اثرات کیفیت محصول صادراتی بر انتشار CO_2 در ۸۲ کشور منتخب در حال توسعه و بر مبنای رویکرد اقتصاد سنجی پانل دیتا و روش اثرات ثابت طی دوره زمانی ۱۹۷۰-۲۰۱۴ پرداخته‌اند. نتایج برآورد، بیانگر تأثیر مثبت کیفیت صادرات بر انتشار CO_2 است. همچنین متغیرهای درآمد سرانه و باز بودن تجارت نیز تأثیر مثبت و معنی دار بر انتشار CO_2 داشته است. در پژوهشی خطک و همکاران(Khattak et al., 2022) ارتباط بین نوآوری در فناوری‌های سبز و میزان انتشار CO_2را در کشورهای G7 در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۸ با استفاده از روش پانل دیتا بررسی کرده‌اند. نتایج نشان دهنده تأثیر منفی و معنی داری فناوری بر انتشار CO_2 است. مورشد و دائو (Murshed & Dao, 2020) در مقاله ای با استفاده از رویکردهای اقتصاد سنجی حداقل مربعات کاملا اصلاح شدهFMOLS و حداقل مربعات پویا DOLS به بررسی کیفیت صادرات و انتشار CO_2 در بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۷۲ پرداختند. نتایج هر دو روش حاکی از آن است که کیفیت صادرات منجر به کاهش انتشار CO_2 در کشورهای منتخب آسیای جنوبی(بنگلادش، هند، پاکستان، سریلانکا و نپال) می‌شود. وانگ و همکاران(Wang et al., 2021)، به بررسی کیفیت محصول صادراتی و انرژی های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 در کشورهای منتخب توسعه یافته پرداخته اند. نتایج برآورد با استفاده از روش‌های FMOLD-DOLS طی دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۴ نشان می‌دهد که هر دو متغیر ذکر شده، تأثیر منفی و معنی دار بر انتشار CO_2 دارد. آدامز و نسیا(Adams & Nsiah., 2019) پژوهشی در زمینه تأثیر انواع انرژی‌ها بر انتشار CO_2 در ۲۸ کشور منتخب جنوب صحرای آفریقا با استفاده از تکنیک هم جمعی پانل و داده های سالانه طی دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۴ انجام داده‌اند. نتایج تحقیق نشان داده است که انواع انرژی ها(تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر) هم در کوتاه و بلندمدت تأثیر مثبت بر انتشار CO_2 داشته‌اند. حسنیسه و همکاران(Hasnisah et al., 2019) با استفاده از روش اقتصاد سنجی داده های تابلویی به منظور تأثیر مصرف انواع انرژی‌ها بر انتشار CO_2 در ۱۳ کشور منتخب در حال توسعه آسیایی در بازه زمانی ۱۹۶۰-۲۰۱۶ پرداختند. نتایج نشان داد که انرژی‌های تجدیدناپذیر موجب افزایش انتشار CO_2 می‌شود در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر بی‌تأثیر است. دینگ و همکاران (Ding et al., 2021) در مقاله‌ای تأثیرگذاری متغیرهای نوآوری زیست محیطی، مصرف انرژی تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی بر انتشار CO_2 در کشورهای منتخب توسعه یافته با استفاده از رویکرد اقتصاد سنجیCSARDL پرداختند. نتایج برآورد کوتاه و بلندمدت نشان داد که بهره‌وری انرژی، مصرف انرژی تجدیدپذیر و نوآوری در محیط زیست باعث کاهش انتشار CO_2 شده است. صادقی و همکاران(۱۳۹۶) تأثیر انرژی های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست با استفاده از داده های سری زمانی در بازه زمانی ۲۰۱۲-۱۹۸۰ و بر مبنای الگوی خود رگرسیون ساختاری (SVAR) در ایران پرداخته‌اند. نتایج تخمین آنها نشان داد که بروز شوک مثبت در مصرف انرژی تجدید پذیر منجر به افزایش رشد اقتصادی و انتشار CO_2 می شود، از طرفی تحلیل تجزیه واریانس نشان می‌دهد که سهم انرژی تجدیدپذیر در توضیح واریانس خطای پیش بینی CO_2 در سطح پایینی قرار دارد. بدین‌ترتیب در اقتصاد ایران استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر موجب کاهش در انتشار CO_2 نشده است، می‌توان دلیل این امر را در سهم پایین این نوع از انرژی در سبد کل انرژی کشور جستجو کرد. عارفیان و همکاران(۱۳۹۹) پژوهشی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های تجدید ناپذیر و رشد اقتصادی با بهره گیری از روش PVAR در کشورهای OECD و بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ انجام داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد، رابطه مثبت و معناداری میان افزایش انتشار CO_2 و مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر وجود دارد. حال آنکه رشد اقتصادی، مصرف انرژی های تجدیدپذیر، آزادی تجارت و توسعه مالی موجب کاهش انتشارCO_2 و بهبود شرایط زیست محیطی می‌شود. دانشوری و همکاران (۱۳۹۷)، تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر اقتصاد سبز در کشورهای منتخب به روش تخمین اثرات ثابت در بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ را مورد پژوهش قرار داده اند. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر منفی و معنی داری بر انتشار CO_2 به عنوان شاخص نشان دهنده اقتصاد سبز در گروه کشورهای منتخب دارد، همچنین میزان تأثیرگذاری انرژی‌های تجدیدپذیر بر اقتصاد سبز در گروه کشورهای منتخب درآمد متوسط بیشتر از گروه کشورهای

منتخب درآمد بالا می‌باشد. مسعودی و همکاران(۱۳۹۹) در مطالعه‌ای تأثیر انرژی های تجدیدپذیر و نوآوری های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار CO_2 در ۳۰ کشور منتخب آژانس بین المللی انرژی‌های تجدید پذیر(IRENA) طی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۶ با بهره گیری از رویکرد GMM را انجام داده‌اند. نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد که نوآوری فنی، انرژی‌های تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشارCO_2 داشته است اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشارCO_2 منفی و معنی‌دار بوده است. با توجه به اینکه انتشار CO_2 و آلودگی محیط زیست یکی از چالش بر برانگیزترین موضوعات مورد بحث در دنیای امروز است، بسیاری از محققان در مورد این مسئله بحث کرده‌اند. روش‌ها، رویکردها و نمونه‌های مورد بررسی مختلف، نتایج متناقضی ارائه کرده است و بررسی‌ها در این زمینه همچنان ادامه دارد. همچنین در کشورهای منا استفاده از سوخت‌های فسیلی بیشتر بوده و منجر به انتشار CO_2 می‌شود، از این رو لازم است، انرژی های پاک جایگزین (تجدید پذیر) بیشتر مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این موضوع هدف این مطالعه بررسی تأثیرات نوآوری فناوری، انرژی‌های تجدیدپذیر وکیفیت صادرات بر انتشار CO_2 با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی Panel ARDL طی دوره زمانی ۲۰۰۲- ۲۰۲۰ است. همچنین این تحقیق از منظر موضوع، حوزه جغرافیایی، روش، مدل آماری و بازه زمانی، جدید بوده و دارای نوآوری می‌باشد.

فرضیات تحقیق به شرح ذیل است:

فرضیات اصلی:

بین کیفیت صادرات و انتشار CO_2 رابطه منفی و معنی دار وجود دارد.

بین نوآوری تکنولوژیکی و انتشار CO_2 رابطه منفی و معنی دار وجود دارد.

بین مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و انتشار CO_2 رابطه منفی و معنی دار وجود دارد.

فرضیه فرعی:

بین رشد اقتصادی و انتشارCO_2 رابطه مثبت و معنی دار وجود دارد.

سازماندهی مقاله بدین ترتیب می باشد: در بخش دوم مطالعه الگو و روش تحقیق و در بخش سوم نتایج حاصل از برآوردهای الگو ارائه شده است. در نهایت بخش پایانی نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص یافته است.

روش انجام تحقیق

پژوهش حاضر به بررسی اثرات مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری تکنولوژیکی و کیفیت صادرات بر انتشار$CO2$ با استفاده از مدل اقتصاد سنجی برگرفته از تحقیقات رحمان و همکاران (Rahman et al., 2022) می‌پردازد که بصورت زیر تصریح شده است:

$$(CO_2)_{it} = (\mathrm{RED})_{it} + (\mathrm{EQI})_{it} + (\mathrm{REC})_{it} + (\mathrm{GDP})_{it} + (\mathrm{U})_{it} \quad (۱)$$

REC: مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر؛RED : نوآوری فناوری؛RQI : کیفیت صادرات شامل متغیرهای اصلی پژوهش بوده و متغیر CO_2 ، متغیر وابسته و متغیرGDP: رشد اقتصادی، متغیر کنترلی است. نماد i : مقاطع(کشورها)؛ t : زمان؛ U_{it} جز خطا را نشان می‌دهد.

به پیروی از مطالعات قبلی از جمله؛ تحقیقات شین و همکاران(Shin et al., 2014)، آریزه و همکاران (Arize et al., 2017) و جرینو و همکاران(Jareño et al., 2020) که هزینه تحقیق و توسعه(به عنوان نماینده نوآوری تکنولوژیکی) و کیفیت صادرات را از عوامل تأثیرگذار بر انتشار CO_2 مورد تایید قرار داده‌اند، در این پژوهش نیز، متغیرهای مذکور مورد استفاده قرار گرفته است. حوزه جغرافیایی پژوهش حاضر شامل ۲۰ کشور خاورمیانه و شمال آفریقا (منا) طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰ و با بهره‌گیری از الگوی خود رگرسیون با وقفه‌های گسترده پانلی می‌باشد. به منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری و اقتصادسنجی از نرم‌افزارهای Eviews و Stata (نمودارهای پراکنش) استفاده شده است. متغیرهای پژوهش در جدول(۱) ارائه شده است.

جدول۱- معرفی متغیرهای پژوهش

متغیرها	نماد	توضیحات	منبع
دی اکسید کربن	CO_2	انتشار CO_2 (بر حسب متریک تن سرانه)	WDI
تحقیق و توسعه	RED	هزینه تحقیق و توسعه(به عنوان متغیر نوآوری تکنولوژیکی)	WDI
کیفیت صادرات	EQI	کیفیت صادرات	IMF
مصرف انرژی تجدید پذیر	REC	مصرف انرژی تجدیدپذیر (درصدی از کل مصرف انرژی نهایی)	WDI
رشد اقتصادی	GDP	تولید ناخالص داخلی سرانه، برابری قدرت خرید(به ثابت دلار ۲۰۱۷)	WDI

- Panel ARDL

مطالعات مختلف نشان داده که مدل‌های ARDL نسبت به برخی مدل‌های دیگر مزایای متعددی دارند. نخست آنکه وقتی که حجم نمونه اندک باشد، نتایج تخمین‌ها قابل اعتماد خواهد بود. دیگر اینکه از این روش می‌توان بدون در نظر گرفتن انباشتگی از درجه صفر یا یک، متغیرها استفاده کرد(Bhutto & Chang, 2019) این در حالی است که از مدل‌های مرسوم مانند VECM یا VAR، تنها در شرایطی می‌توان استفاده کرد که متغیرها دارای درجه انباشتگی یکسان باشند (Chang et al., 2020). سومین مزیت استفاده از روش ARDL در این است که می‌توان بر اساس آن معادله ECM را استخراج کرد. چهارم اینکه در مدل‌های ARDL موضوع درونزایی، کمترین مشکل را ایجاد می‌کند. زیرا در این مدل‌ها همبستگی در جزء خطا وجود ندارد (Pesaran et al,. 2001). البته باید اشاره کرد که در کنار همه مزایا، مشکل روش‌های ARDL در این است که اگر متغیرها انباشته از درجه دو باشند، نمی‌توان از آنها استفاده کرد. بر این اساس و با توجه به مزایای مذکور، در پژوهش حاضر از خانواده مدل‌های ARDL به منظور تخمین ضرایب استفاده شده است. پسران، شین و اسمیت(Smith ,. 1999) و جوینی (Jouini, Pesaran, Shane and

(2015 برای تخمین پانل‌های ناهمگن پویا با در نظرگرفتن روابط تعادلی بلندمدت، رویکرد میانگین گروهی تلفیقی (PMG) را پیشنهاد کردند. برخلاف سایر تکنیک‌ها مانند روش PGMM که هرگونه ارتباط بلندمدت بالقوه بین متغیرها را حذف می‌کنند اما روش PMG این مزیت را دارد که تخمین ضرایب بلندمدت را حتی بدون اینکه فرض کنیم پارامترهای کوتاه‌مدت همگن هستند، امکان پذیر سازد. علی‌رغم اینکه برآوردگرهای بلندمدت MG سازگار هستند لیکن چنانچه همگنی ضریب برقرار باشد، ناکارآمد هستند. تحت این شرایط، روش PMG مفید است و زمانی که همگنی پارامتر حفظ می‌شود، در بلندمدت سازگار و کارآمدی را ارائه می‌دهد. برای انتخاب دو برآوردگر PMG و MG از آزمون هاسمن استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون منجر به استفاده از PMG و فرضیه مقابل استفاده از MG است((Kim et al., 2010)

۳- نتایج

- **آزمون‌های ریشه واحد**

به منظور دستیابی به یک تخمین غیرکاذب بین متغیرهای الگو، بایستی متغیرهای حاضر در رگرسیون ایستا بوده یا ترکیب آنها ایستا باشد، در صورتی که داده‌های مورد استفاده در یک پژوهش غیر ایستا باشند، نتایج حاصل از تخمین‌ها کاذب خواهد بود. لوین، لین و چو نشان دادند که در داده‌های ترکیبی، استفاده از آزمون ریشه واحد برای ترکیب داده‌ها، دارای قدرت بیشتری نسبت به استفاده از آزمون ریشه واحد برای هر مقطع به صورت جداگانه می باشد(Levin et al., 2002). در این پژوهش علاوه بر آزمون‌های ریشه واحد لوین، لین و چو((Levin, Lin, and Chu(LLC) ؛ از آزمون‌های جدید هریس و تزاوالیس(Harris & Tzavalis) و بریتونگ(Breitung) جهت تکمیل تحقیق استفاده شده است. فرضیه صفر این آزمون‌ها مبین وجود ریشه واحد است، اما براساس فرضیه مقابل ریشه واحد وجود ندارد. نتایج هر سه آزمون در جدول (۲) نشان می‌دهد که متغیرهای $CO2$ و REC و EQI با یکبار تفاضل‌گیری I(1) مانا می‌شوند و بقیه متغیرهای پژوهش مانا I(0) می‌باشند.

جدول۲-نتایج آزمون ریشه واحد(با عرض از مبدا و روند)

آزمون / متغیرها	لوین، لین و چو	هریس و تزاوالیس	بریتونگ	نتیجه مانایی
CO_2	-۱۸/۳۰۹۹ (۰/۸۸۰۱)	۱۱/۴۰۰۳ (۰/۵۵۶۶)	-۲/۷۵۴۳ (۰/۷۲۰۵)	I(1)
RED	-۱۲/۳۹۸۱ (۰/۰۰۰۰)	-۲/۹۲۲۴۴ (۰/۰۰۱۷)	۱/۴۲۵۰۶ (۰/۰۰۴۶)	I(0)
EQI	-۱/۱۲۹۹ (۰/۶۶۰۳)	۹/۲۲۵۶ (۰/۹۹۳۰)	-۱۳/۱۸۹۴ (۰/۶۹۰۱)	I(1)
REC	۳۳/۱۸۷۶ (۰/۸۱۰۰)	-۱۸/۷۶۵۸ (۰/۷۸۰۰)	-۱/۴۴۶۷ (۰/۷۳۹۰)	I(1)
GDP	-۱/۳۲۴۴ (۰/۰۰۴۰)	-۲۰/۳۴۰۰ (۰/۰۰۵۵)	۳۵/۴۵۰۰ (۰/۰۰۰۱)	I(0)

اعداد بالا، ضرایب آماره آزمون مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آنها می‌باشد. ماخذ: یافته‌های پژوهش

از آنجا که متغیرهای الگو طبق آزمون‌های ریشه واحد جواب یکسانی در مورد مانایی متغیرها گزارش نمی‌دهند، برای پرهیز از وجود رگرسیون کاذب در تخمین‌ها، باید هم‌انباشتگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور جهت بررسی و وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای الگو از آزمون هم انباشتگی کائو استفاده می‌شود(Kao, 1999; kao & Chiang, 2001). فرضیه صفر این آزمون، عدم وجود هم انباشتگی است. نتایج در جداول (۳) ارئه شده است. با توجه به نتایج آزمون کائو(Kao Test)، وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای الگو رد نخواهد شد و فرضیه صفر مبنی بر وجود هم‌انباشتگی تأیید می‌شود. بنابراین وجود رابطه‌ی تعادلی بلندمدت و عدم وجود رگرسیون کاذب نیز بین متغیرهای الگو تأیید خواهد شد.

جدول۳- نتایج حاصل از آزمون هم انباشتگی کائو

نام آزمون	آماره آزمون	سطح احتمال
کائو- ADF	-۴/۲۵	۰/۰۰۶۰

ماخذ: یافته‌های پژوهش

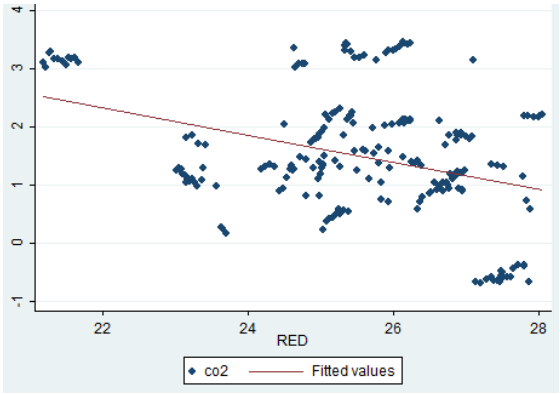
- **تحلیل توصیفی داده‌ها**

برای بررسی رابطه متغیرهای توضیحی با متغیر انتشار CO_2 از نمودارهای پراکندگی(۱ تا ۴) استفاده شده است. نتایج نمودارها در جدول (۴) آمده است.

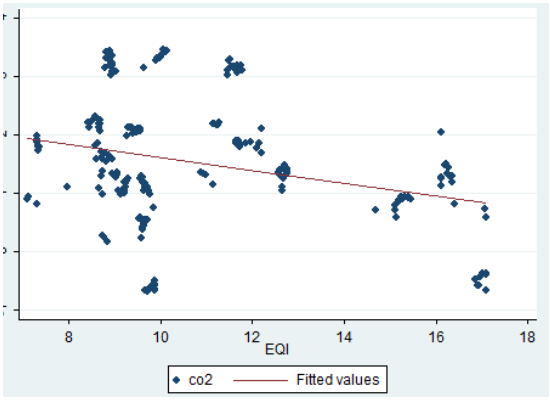
جدول٤- نتایج نمودارهای پراکندگی متغیرهای توضیحی با انتشار CO_2

متغیرهای مستقل	نوع رابطه	نمودار
RED	تاثیر منفی	۱
EQI	تاثیر منفی	۲
REC	تاثیر منفی	۳
GDP	تاثیر مثبت	۴

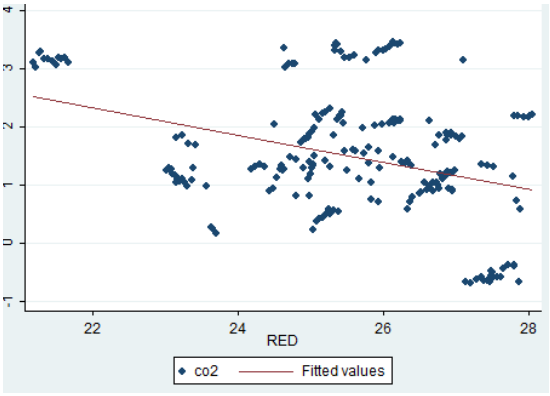
ماخذ: یافته‌های پژوهش



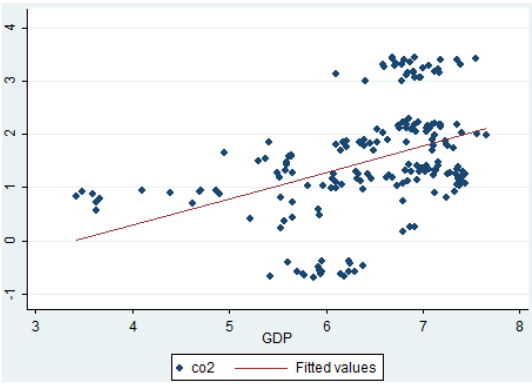
شکل۱- CO_2 و RED



شکل۲- CO_2 و EQI



شکل۳- CO_2 و REC



شکل٤- CO_2 و GDP

- **آزمون هاسمن**

به منظور تشخیص برآوردگر مناسب PMG و MG از آزمون هاسمن استفاده شده است. نتایج آزمون هاسمن در جدول(۶) گزارش شده است که بر اساس آن می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه صفر مبنی بر ادغام ضرایب بلندمدت در سطح معنی داری ۵٪ رد نشده و می‌توان از برآورد کارای PMG استفاده کرد. با توجه به نتایج جدول(۵)، تأکید این مقاله و تحلیل‌های آن بر اساس ضرایب تخمین PMG صورت می‌گیرد.

جدول۵- نتایج آزمون هاسمن

آماره chi_2	ارزش احتمال
۶/۴۸	۰/۷۳

ماخذ: یافته‌های پژوهش

- **تخمین PMG**

نتایج تخمین PMG گزارش شده در جدول۶ نشان می‌دهد که در کوتاه مدت، REC,EQI,RED به ترتیب موجب کاهش ۰/۰۲۱۹، ۰/۱۲۰۸ و ۰/۰۶۳۵۲ در انتشار CO_2 شده است در حالی که GDP موجب افزایش ۰/۲۶۰۴ در انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. همچنین بر اساس نتایج تخمین بلندمدت REC,EQI,RED به ترتیب موجب کاهش ۰/۰۴۵۱، ۰/۳۲۱۱ و ۰/۰۱۲۱۱ در انتشار CO_2 شده است. در حالی‌که متغیر کنترلی GDP موجب افزایش ۳۷۲۲/ در انتشار CO_2 شده است. نتایج متغیرها در هر دو بازه زمانی کوتاه و بلندمدت یکسان می‌باشد و فقط در اندازه تأثیرگذاری ضرایب متفاوت می‌باشد. بطوری که همگی متغیرهای RED REC,EQI, هم در کوتاه و بلندمدت تاثیر منفی و معنی‌دار بر انتشار CO_2 داشته است و متغیر کنترلی GDP هم در بازه زمانی کوتاه و بلندمدت تاثیر مثبت و معنی‌دار بر اننتشار دی‌اکسید کربن داشته است. در بین کل متغیرهای تحقیق، بیشترین ضریب تأثیرگذاری مربوط به متغیر GDP، ۰/۳۷۲۲ در بلندمدت و کمترین آنها RED ، ۰/۰۱۲۱۱ در بلندمدت است. در تحلیل نتایج تحقیق و چرایی آنها می‌توان گفت که انرژی یک نهاده واسطه‌ای است و عوامل اساسی تولید نیروی کار، سرمایه و زمین هستند. اما مصرف بی‌رویه انرژی، به ویژه سوخت‌های فسیلی برای تحقق هدف رشد اقتصادی سبب افزایش انتشار CO2 آلودگی محیط زیست شده است. پیامدهای زیست محیطی گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی کره زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای نگرانی‌ها را در مورد مصرف انرژی تجدیدناپذیر افزایش داده است. از مهم‌ترین ویژگی‌های انرژی تجدیدپذیر کاهش انتشار CO_2 و کمک به حفاظت محیط زیست است. مصرف انرژی‌های تجدید پذیر می‌تواند نگرانی‌های روزافزون را در انتشار گازهای گلخانه‌ای، قیمت بالا، انرژی فرار و وابستگی به منابع انرژی خارجی را کاهش دهد (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۸، Inglesi-Lotz, 2016). همچنین تحقیقات متعددی در طی سال های اخیر در در زمینه نوآوری فناوری و تاثیر آن بر محیط زیست در جریان بوده است. ادبیات نشان می دهد که نوآوری فناوری می‌تواند باعث کاهش انتشار CO_2 شده و به بهبود کیفیت محیط زیست کمک کند. بر اساس این استدلال نوآوری فنی به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق کاهش هزینه اطلاعات و مبادلات، افزایش بهره‌وری عوامل تولید، افزایش پس‌انداز و بهبود جریان تخصیص منابع، سبب افزایش سرمایه‌گذاری می‌شود و اثرات مثبتی بر کیفیت محیط زیست دارد(Dogan & Seker, 2016). در مورد ارتباط بین رشد اقتصادی و انتشار CO_2 اکثر محققان به این نتیجه رسیده‌اند که وقتی رشد اقتصادی در سطح پایینی قرار دارد و به نقطه عطفی نرسیده است، باعث انتشار CO_2 و آلودگی محیط زیست می‌شود، اما وقتی رشد اقتصادی افزایش می‌یابد و از سطح آستانه عبور می‌کند، سطح آلودگی کاهش می‌یابد. اگر پدیده مذکور وجود داشته باشد، رابطه U شکل معکوس بین سطح رشد اقتصادی و آثار زیست محیطی برقرار است که در ادبیات اقتصاد محیط زیست به منحنی کوزنتس (EKS) معروف است (Munir et al., 2020; Pablo-Romero et al., 2017; Turner and Hanley, 2011) در مورد ارتباط بین کیفیت صادرات و کاهش انتشار CO_2 می‌توان استدلال کرد؛ با توجه به واکنش کشورها به فشارهای رقابتی ناشی از گسترش تجارت آزاد و در نتیجه دسترسی به تجارت آزاد و مزیت نسبی، استفاده از منابع کاراتر شده و کیفیت

صادرات افزایش می‌یابد، بدین‌ترتیب ائتلاف منابع و انرژی و آلایندگی مربوط به آنها در کشور خودی کاهش می یابد و به بهبود کیفیت زیست محیطی کمک می‌کند(Murshed & Dao,2020; - رضوی، ۱۳۹۲).

جدول۶-نتایج تخمین PMG

***. نشانگر معنی دار بودن ضرایب در سطح خطای کمتر از ۲٪**

ماخذ: یافته‌های پژوهش

- **آزمون علیت گرنجری**

آزمون علیت گرنجر، توسط گرنجر (Granger, 1969) معرفی شده و به شناسایی قابلیت مقادیر گذشته یا تأخیرهای یک متغیر خاص برای پیش‌بینی متغیر دیگر کمک می‌کند. علیت یکی از مسائل اساسی در بررسی رابطه بین متغیرهای اقتصادی است و تعیین جهت علیت، موضوع درخور توجهی در اقتصاد است(Alam &Sumon, 2020). اگر مقدار عددی آماره chi_2 در ناحیه بحرانی قرار گیرد و یا سطح احتمال زیر ۵٪ باشد فرضیه H_0 مبنی بر بی اثر بودن مقادیر با وقفه علیت رد می‌شود و لذا متغیر علیت واقعا بر معلول اثر با وقفه داشته و علیت گرنجری آن محسوب می‌شود نتایج جدول(۷) علیت یک طرفه از RED به CO_2، علیت یک طرفه از EQI به CO_2، علیت یک طرفه از REC به CO_2 و علیت یک طرفه از GDP به CO2 را نشان می‌دهد.

جدول۷- نتایج حاصل از آزمون علیت گرنجر

فرضیه	آماره $chi-sq$	سطح احتمال
$RED \rightarrow CO_2$	۷/۲۳۲	۰/۰۰۱
$CO_2 \rightarrow RED$	۱/۵۳۳	۰/۷۲۰
$EQI \rightarrow CO_2$	۲/۷۳۴	۰/۰۰۰
$CO_2 \rightarrow EQI$	۰/۴۱۷	۰/۶۲۰
$REC \rightarrow CO_2$	۲/۱۲۹	۰/۰۴۰
$CO_2 \rightarrow REC$	۰/۰۸۷	۰/۹۲۳
$GDP \rightarrow CO_2$	۳/۹۶۳	۰/۰۰۴
$CO_2 \rightarrow GDP$	۱۲/۶۴۲	۰/۷۱۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

٤-نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نقش عوامل موثر بر کاهش انتشار CO_2 در ۲۰ کشور منا در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۰ را بررسی می‌کند. داده‌ها از سایت‌های بانک جهانی و صندوق بین المللی پول استخراج گردیده است. نتایج با استفاده از تکنیک اقتصادسنجی Panel ARDL نشان می‌دهد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، کیفیت صادرات و هزینه تحقیق و توسعه تاثیر منفی و معنی‌دار بر انتشار CO_2 داشته است(تایید فرضیات اصلی تحقیق) و همچنین متغیر رشد اقتصادی تاثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار CO_2 داشته است(تایید فرضیه فرعی تحقیق).

آزمون‌های علیت گرنجری، بیانگر علیت یک طرفه از متغیرهای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، کیفیت صادرات، هزینه تحقیق توسعه و رشد اقتصادی به انتشار CO_2 را تأیید می‌کنند. یافته‌های این تحقیق با نتایج مطالعاتی همچون مسعودی و همکاران(۱۳۹۸)، وانگ و همکاران(Wang et al., 2021)، سعیدی و عمری(Saidi,

متغیرهای مستقل	کوتاه مدت		بلند مدت	
	ضریب	آماره Z	ضریب	آماره Z
RED	−۰/۰۲۱۹*	−۱/۲۴	−۰/۰۴۵۱*	−۳۳/۲۴
EQI	−۰/۱۲۰۸*	−۸/۴۴	−۰/۳۲۱۱*	−۰/۴۴
REC	−۰/۰۶۳۵۲*	−۰/۸۵	−۰/۰۱۲۱۱*	−۷/۱۲۳
GDP	۰/۲۶۰۴*	۰/۸۶	۰/۳۷۲۲*	۵/۶۶

K., & Omri, 2020)، حسنیسه و همکاران(Hasnisah et al., 2019) ، دینگ و همکاران (Ding et al., 2021) و سالاری و همکاران(Salari et al., 2021) مطابقت و هم سویی دارد.

براساس نتایج به دست آمده پیشنهادهایی به صورت ذیل ارائه می‌گردد:

- ✓ اجرای رشد اقتصادی فراگیر و فعالیت‌های توسعه‌ای بدون آسیب رساندن به محیط‌زیست با پذیرش و سرمایه‌گذاری در فناوری سبز، شهرنشینی سبز و صنعتی شدن سبز.
- ✓ با توجه به نتایج تحقیق مبنی بر کاهش قابل توجه در زمان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 لازم است تدابیر لازم با سرمایه‌گذاری بیشتری برای افزایش منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و حمایت از انرژی خورشیدی و بادی با ارائه سیاست‌های تشویقی صورت بگیرد و برای بلندمدت هم باید یک سیاست انرژی مناسب تدوین و مورد اجرا قرار بگیرد.
- ✓ نوآوری فناورانه با افزایش هزینه‌های بیشتر برای تحقیق و توسعه علمی به معرفی فناوری‌ها و تجهیزات کارآمدتر از نظر زیست‌محیطی و انرژی کمک می‌کند. ابتکارات سیاستی مناسب برای سرمایه‌گذاری بیشتر بر روی نوآوری های تکنولوژیکی بر اساس اولویت مورد نیاز است.
- ✓ با توجه به اینکه کیفیت صادرات تاثیر کاهشی بر انتشارCO_2 می‌گذارد، سیاست گذاران و سرمایه‌گذاران هنگام طراحی باید کیفیت محصول را به عنوان یک عامل کلیدی مدنظر قرار دهند. در این رابطه افزایش سطح سرمایه‌گذاری فیزیکی (ساخت راه آهن و بزرگراه) و میزان سرمایه گذاری سرمایه انسانی (آموزش) و همچنین سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) می‌تواند کیفیت صادرات را ارتقا دهد.

منابع

– دانشوری، س؛ سلاطین، پ و خلیل زاده، محمد.، ۱۳۹۸. تأثیر انرژی های تجدیدپذیر بر اقتصاد سبز، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۱-شماره ۱۲، ص ۱۷۹-۱۶۵

رضوی، س.،۱۳۹۲. بررسی تاثیر افزایش صادرات غیر نفتی بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۵۲-۱۳۵۸، پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

– صادقی، س؛ سجودی، س و احمدزاده دلجوان، ف.،۱۳۹۶. تاثیر انرژی های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی وکیفیت محیط زیست در ایران، فصلنامه پژوهش های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی، سال ۳، شماره ۶ ص ۱۷۱-۲۰۲.

– عارفیان، م؛ فرجی دیزجی، س و قاسمی، س.۱۳۹۹. بررسی نقش انرژی تجدید پذیر، انرژی تجدید ناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای OECD ، نشریه اقتصاد و تجارت نوین، سال ۱۲، شماره۳، ص ۱۰۹-۱۳۷.

– مسعودی، ن؛ دهمرده قلعه نو، ن و اسفندیاری، م.،۱۳۹۹. بررسی تأثیر انرژی های تجدیدپذیر و نوآوری های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن، فصلنامه علمی پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، سال۱۰، شماره ۴۰، ص ۳۵-۵۴

- نسیم، م؛ قلعه نو، ن و اسفندیاری، م.،۱۳۹۸. بررسی تأثیر انرژی های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن، فصلنامه علمی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال دهم، شماره ۴۰، ص ۳۵-۴۴

- Alam, K. J., & Sumon, K. K. 2020. Causal relationship between trade openness and economic growth: A panel data analysis of Asian countries. International Journal of Economics and Financial Issues, 10(1), 118.
- Adams, S., & Nsiah, C. 2019. Reducing carbon dioxide emissions; Does renewable energy matter?. Science of the Total Environment, 693, 133288.
- Apergis, N., Jebli, M. B., & Youssef, S. B. 2018. Does renewable energy consumption and health expenditures decrease carbon dioxide emissions? Evidence for sub-Saharan Africa countries. Renewable energy, 127, 1011-1016.
- Arize, A. C., Malindretos, J., & Igwe, E. U. 2017. Do exchange rate changes improve the trade balance: An asymmetric nonlinear cointegration approach. International Review of Economics & Finance, 49, 313-326.
- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hemous, D. 2012. The environment and directed technical change. American economic review, 102(1), 131-66.
- Bhutto, N. A., & Chang, B. H. 2019. The effect of the global financial crisis on the asymmetric relationship between exchange rate and stock prices. High Frequency, 2(3-4), 175-183.
- Barbieri, N., Ghisetti, C., Gilli, M., Marin, G., & Nicolli, F.2016. A survey of the literature on environmental innovation based on main path analysis. Journal of Economic Surveys, 30(3), 596-623.
- Cui, L., Duan, H., Mo, J., & Song, M. 2021. Ecological compensation in air pollution governance: China's efforts, challenges, and potential solutions. International Review of Financial Analysis, 74, 101701.
- Can, M., Dogan, B., & Saboori, B. 2020. Does trade matter for environmental degradation in developing countries? New evidence in the context of export product diversification. Environmental Science and Pollution Research, 27(13), 14702-14710.
- Chang, B. H., Sharif, A., Aman, A., Suki, N. M., Salman, A., & Khan, S. A. R. 2020. The asymmetric effects of oil price on sectoral Islamic stocks: New evidence from quantile-on-quantile regression approach. Resources Policy, 65, 101571.
- Cheng, C., Ren, X., Wang, Z., & Yan, C. 2019. Heterogeneous impacts of renewable energy and environmental patents on CO2 emission-Evidence from the BRIICS. Science of the total environment, 668, 1328-1338.
- Cheng, C., Ren, X., & Wang, Z. 2019. CO2 emissions, renewables, environmental patents, and economic growth-evidence from BRIICS.
- Doğan, B., Driha, O. M., Balsalobre Lorente, D., & Shahzad, U. 2021. The mitigating effects of economic complexity and renewable energy on carbon emissions in developed countries. Sustainable Development, 29(1), 1-12.
- Ding, Q., Khattak, S. I., & Ahmad, M. 2021. Towards sustainable production and consumption: assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions (CO2) in G-7 nations. Sustainable Production and Consumption, 27, 254-268.
- Dogan, E. & Seker, F. 2016. Determinants of CO2 Emissions in the European Union: the Role of Renewable and Non- Renewable Energy. Renewable Energy, 94, 429-439
- Evans, P. 1997.How fast do economics converge?. Review of Economics and Statistics, 79(2), 219-225.
- Fang, J., Gozgor, G., Lu, Z., & Wu, W. 2019. Effects of the export product quality on carbon dioxide emissions: evidence from developing economies. Environmental Science and Pollution Research, 26(12), 12181-12193.
- Gozgor, G., & Can, M. 2017. Does export product quality matter for CO2 emissions? Evidence from China. Environmental Science and Pollution Research, 24(3), 2866-2875.

- Granger, C.W. 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. Econometrica: journal of the Econometric Society, pp.424-438.
- Hu, G., Can, M., Paramati, S. R., Doğan, B., & Fang, J. 2020. The effect of import product diversification on carbon emissions: New evidence for sustainable economic policies. Economic Analysis and Policy, 65, 198-210.
- Hasnisah, A., Azlina, A. A., & Che, C. M. I. 2019. The impact of renewable energy consumption on carbon dioxide emissions: Empirical evidence from developing countries in Asia. International Journal of Energy Economics and Policy, 9(3), 135.
- Inglesi-Lotz, R., 2016. The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. Energy economics, 53, pp.58-63.
- Jareño, F., de la O González, M., Tolentino, M., & Sierra, K. 2020. Bitcoin and gold price returns: A quantile regression and NARDL analysis. Resources Policy, 67, 101666.
- Jebli, M. B., Farhani, S., & Guesmi, K. 202. Renewable energy, CO2 emissions and value added: Empirical evidence from countries with different income levels. Structural Change and Economic Dynamics, 53, 402-410.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B., & Ozturk, I. 2016. Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. Ecological Indicators, 60, 824-831.
- Jouini, J. 2015. Linkage between international trade and economic growth in GCC countries: Empirical evidence from PMG estimation approach. The journal of international trade & economic development, 24(3), 341-372.
- Khattak, S. I., Ahmad, M., ul Haq, Z., Shaofu, G., & Hang, J. 2022. On the goals of sustainable production and the conditions of environmental sustainability: Does cyclical innovation in green and sustainable technologies determine carbon dioxide emissions in G-7 economies. Sustainable Production and Consumption, 29, 406-420.
- Kim, D. H., Lin, S. C., & Suen, Y. B. 2010. Dynamic effects of trade openness on financial development. Economic Modelling, 27(1), 254-261.
- -Kao, C. and Chiang, M.H., 2001. On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data. In Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels. Emerald Group Publishing Limited.
- Kao, C., 1999. Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. Journal of econometrics, 90(1), pp.1-44.
- Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. S. J. 2002. Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. Journal of econometrics, 108(1), 1-24.
- Murshed, M., & Dao, N. T. T. 2020. Revisiting the CO2 emission-induced EKC hypothesis in South Asia: the role of Export Quality Improvement. GeoJournal, 1-29
- Munir, Q., Lean, H.H., Smyth, R., 2020. CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries: A cross-sectional dependence approach. Energy Econ. 85, 104571.
- -Mikayilov, J.I., Galeotti, M. and Hasanov, F.J., 2018. The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan. Journal of cleaner production, 197, pp.1558-1572.
- Pablo-Romero, M.P., Cruz, L., Barata, E., 2017. Testing the transport energy-environmental Kuznets curve hypothesis in the EU27 countries. Energy Econ. 62, 257–269
- Popp, D., Hascic, I., & Medhi, N. 2011. Technology and the diffusion of renewable energy. Energy Economics, 33(4), 648-662.
- Popp, D. 2005. Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models. Ecological economics, 54(2-3), 209-226.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of applied econometrics, 16(3), 289-326.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.P. 1999. Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. Journal of the American statistical Association, 94(446), pp.621-634.
- Rahman, M. M., Alam, K., & Velayutham, E. 2022. Reduction of CO2 emissions: The role of renewable energy, technological innovation and export quality. Energy Reports, 8, 2793-2805.
- Salari, M., Javid, R.J. and Noghanibehambari, H., 2021. The nexus between CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in the US. Economic Analysis and Policy, 69, pp.182-194.

- Sarr, M., & Noailly, J. 2017. Innovation, diffusion, growth and the environment: Taking stock and charting new directions. Environmental and Resource Economics, 66(3), 393-407.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. 2014. Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. In Festschrift in honor of Peter Schmidt (pp. 281-314). Springer, New York, NY.
- Sadorsky, P. 2009. Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. Energy Economics, 31(3), 456-462.
- Snyder, L.D., Miller, N.H., Stavins, R.N. 2003. The effects of environmental regulation on
- technology diffusion: the case of chlorine manufacturing. American Economic Review
- 93, 431–435.
- Saidi, K., & Omri, A. 2020. The impact of renewable energy on carbon emissions and economic growth in 15 major renewable energy-consuming countries. Environmental research, 186, 109567.
- Toebelmann, D., & Wendler, T. 2020. The impact of environmental innovation on carbon dioxide
- emissions. Journal of Cleaner Production, 244, 118787.
- Turner, K., Hanley, N., 2011. Energy efficiency, rebound effects and the environmental Kuznets Curve. Energy Econ. 33, 709–720.
- Wang, Z., Jebli, M. B., Madaleno, M., Doğan, B., & Shahzad, U. (2021. Does export product quality and renewable energy induce carbon dioxide emissions: evidence from leading complex and renewable energy economies. Renewable Energy, 171, 360-370.
- Wesseh Jr, P. K., & Lin, B. 2017. Is renewable energy a model for powering Eastern African countries transition to industrialization and urbanization?. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 909-917.
- Wang, S., Zhou, C., Li, G., & Feng, K. 2016. CO2, economic growth, and energy consumption in China's provinces: investigating the spatiotemporal and econometric characteristics of China's CO2 emissions. Ecological indicators, 69, 184-195.
- Zhou, X., Song, M., & Cui, L. 2020. Driving force for China’s economic development under Industry 4.0 and circular economy: Technological innovation or structural change?. Journal of Cleaner Production, 271, 122680.

The Effect of Renewable Energy, Technological Innovations and Export Quality on the Emission of CO_2

Amir Ali Farhang[1] Abdolrahim Hashemi Dizaj*[2] Ali Mohammadpour[3] Mahdi Ashja[4]

1-Department of Economics, Payame Noor University(PNU),Tehran, Iran
*2-Department of Economics, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran
3- Economic Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
4- Department of Economics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
*Email Address: a.hashemi@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

The concepts of climate change and global warming have been widely considered as a major concern for the survival of living organisms on the planet. Since environmental and economic activities have coexisted since the beginning of Earth's history, development activities have gradually destroyed the environment by increasing CO_2 emissions. Due to the lack of appropriate political initiatives, the earth is now facing the problem of adverse consequences of environmental vulnerability and destruction, which is causing suffering to the lives of humans, animals and plants worldwide. Therefore, reducing CO_2 emissions to build a green and sustainable earth by considering various contributing factors such as renewable energy, technological innovation, export quality, and economic growth has become a desirable goal for contemporary researchers, as well as limited studies on the impact They are done.

Methodology

In this research, in order to investigate the effects of renewable energy consumption variables, research and development cost (representative of technological innovation variable), export quality, which is one of the main and explanatory variables, and economic growth is one of the explanatory and controlling variables on CO_2 emission. The econometric model derived from the research of Rahman et al(2022) uses and is specified as follows:

$$(CO_2)_{it} = (\mathrm{RED})_{it} + (\mathrm{EQI})_{it} + (\mathrm{REC})_{it} + (\mathrm{GDP})_{it} + (\mathrm{U})_{it}$$

REC: renewable energy consumption; RED: technological innovation; EQI: export quality (except the main variables); CO_2: dependent variable; GDP: economic growth (except control variable); i: sections (countries); t: time; U (it) except error

The geographical scope of the current research is 20 countries of the Middle East and North Africa (MENA) during the period of 2000-2020 and the evaluation of the independent variables of the research on CO_2 emissions using the econometric model Panel ARDL There have been. Various studies have shown that ARDL models have several advantages over some other models. First, when the sample size is small, the estimation results will be reliable. Another thing is that this method can be used without considering the accumulation of zero or one degree of variables (Bhutto & Chang, 2019), while conventional models such as VECM or VAR can only be used in certain conditions. used that the variables have the same clustering degree (Chang et al., 2020). The third advantage of using the ARDL method is that it is possible to derive the ECM equation based on it. Fourth, in ARDL models, the issue of endogeneity creates the least problem. Because in these models there is no correlation in the error component (Pesaran et al, 2001). Of course, it should be noted that in addition to all the advantages, the problem of ARDL methods is that if the variables are cumulative of the

second degree, they cannot be used. Based on this and considering the mentioned advantages, in the current research, the family of ARDL models has been used to estimate the coefficients.

Conclusion

It is well known that greenhouse gases (GHGs) are required to keep the Earth's temperature at levels so as to sustain life. However, increasing amounts of GHG emissions due to man-made activities, such as burning fossil fuels, absorb heat and cause global warming, giving rise to changes in the climate system. Arguably, this is one of the greatest problems humanity is facing today. Current study examines the role of factors affecting the reduction of CO_2 emissions in 20 MENA countries in the period of 2002-2020. The data has been extracted from the websites of the World Bank and the International Monetary Fund. The results using the ARDL-PMG econometric technique show that the consumption of renewable energy, the quality of exports, and the cost of research and development have had a negative and significant impact on the emission of CO_2. The control variable of economic growth has had a positive and significant effect on CO_2 emissions. The PMG estimation results show that in the short term, REC, EQI, RED have caused a decrease of 0.0219, 0.1208 and 0.06352 respectively in CO2 emission, while GDP has caused an increase of 0.2604 in carbon dioxide emission. . Also, based on the long-term estimation results, REC, EQI, RED have caused a decrease of 0.0451, 0.3211 and 0.01211 respectively in CO2 emission. While the control variable of GDP has caused an increase of 0.3722 in CO2 emission. The results of the variables are the same in both short and long-term periods and only differ in the size of the influence of the coefficients. So that all REC, EQI, RED variables have had a negative and significant impact on CO2 emissions in the short and long term, and the control variable GDP has had a positive and significant impact on carbon dioxide emissions in the short and long term. Among all the variables of the research, the highest influence coefficient related to the GDP variable is 0.3722 in the long term and the lowest is RED, 0.01211 in the long term. Also, Granger causality test one-way causality from renewable energy consumption to CO_2 emission, one-way causality from export quality to CO_2 emission, one-way causality from research and development cost to CO_2 emission and also causality They confirm one-way from economic growth to CO_2 emission. Research with the results of studies such as Masoudi et al. (2018), Wang et al.,(2021), Saidi, K., & Omri, (2020), Hasnisah et al.,(2019) ., Ding et al.,(2021) and Salari et al., (2021) Correspond.

Based on the obtained results, the following suggestions are presented:

- ✓ Implementation of inclusive economic growth and development activities without harming the environment by adopting and investing in green technology, green urbanization and green industrialization.
- ✓ According to the results of the research on the significant reduction in CO2 emissions during the use of renewable energy, it is necessary to take measures with more investment to increase the sources of renewable energy and support solar and wind energy by providing incentive policies and for the long term, it should be done. A suitable energy policy should be developed and implemented.
- ✓ Technological innovation helps introduce more environmentally and energy efficient technologies and equipment by increasing spending on scientific research and development. Appropriate policy initiatives are needed to invest more in technological innovations on a priority basis.
- ✓ Considering that export quality has a reducing effect on CO2 emissions, policy makers and investors should consider product quality as a key factor when designing. In this regard, increasing the level of physical investment (construction of railways and highways) and the amount of human capital investment (education) as well as foreign direct investment (FDI) can improve the quality of exports.

Keywords

Renewable Energy; Export Quality; Technological Innovation CO_2; *Panel ARDL*