نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و سوم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲، ص: ۵۲-۲۷

رابطه بین گذار به سالخوردگی جمعیت و آلودگی هوا در ایران؛ کاربردی از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سری زمانی

زانا مظفری[۱]
سعید خانی[۲]
بختیار جواهری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۱۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۵**

چکیده

بدون تردید، ویژگی‌های کمّی و کیفی جمعیت و مؤلفه‌های آن، نقش بسیار مهمی در وضعیت اقتصادی، رشد و پیشرفت هر جامعه‌ای دارد و می‌تواند به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر بسیاری از ابعاد آن جامعه اثر داشته باشد. بر اساس ادبیات نظری و تجربی اقتصادی، ساختار سنی جمعیت، از عوامل اثرگذار بر آلودگی‌های زیست‌محیطی است. در این مقاله، با استفاده از روش GMM سری‌زمانی، طی دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۶۱ به بررسی رابطه بین گذار به سالخوردگی جمعیت و آلودگی هوا پرداخته شده و برآورد مدل، نشان می‌دهد که گذار ساختار سنی جمعیت به مرحله سالخوردگی، با کاهش آلودگی هوا همراه است. آن‌طور که پیش‌بینی شده، کشور ایران از سال ۲۰۳۰ به بعد، یک جمعیت سالخورده است و بر اساس نتیجه مطالعه حاضر، با افزایش جمعیت سالخورده، می‌توان انتظار داشت که آلودگی هوا و تخریب محیط‌زیست کاهش یابد. فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، با در نظر گرفتن ساختار سنی جمعیت در بازه زمانی مورد بررسی تحقیق، تأیید می‌شود. سایر نتایج مطالعه، نشان از آن دارد که شهرنشینی، صنعتی‌شدن، آزادی تجاری و آلودگی دوره قبل، اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی هوا دارند.

واژگان کلیدی: سالخوردگی جمعیت، آلودگی هوا، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته در سری‌های زمانی
طبقه‌بندی JEL: Q56, P48, C22

۱. استادیار گروه علوم اقتصادی دانشگاه کردستان (نویسنده مسؤول). z.mozaffari@uok.ac.ir
۲. استادیار گروه جامعه‌شناسی دانشگاه کردستان. s.khani@uok.ac.ir
۳. دانشیار گروه علوم اقتصادی دانشگاه کردستان. b.javaheri@uok.ac.ir

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، موضوع تغییرات آب و هوایی ناشی از گرم شدن کره زمین، تبدیل به یک نگرانی عمده در سراسر جهان شده است (امیر نزاد و اسد پور کردی، ۱۳۹۳). امروزه به‌جرئت می‌توان تخریب محیط‌زیست را (که بیشتر به‌صورت انواع آلودگی‌ها ظهور می‌کند)، مهم‌ترین تهدیدکننده امنیت انسان‌ها بخصوص در کشورهای درحال‌توسعه در نظر گرفت (جفرسون[1]، ۲۰۰۶). انسان اغلب در حال تغییر طبیعت است. بسیاری از کارشناسان، برخی از مشکلات محیط‌زیست ایران را متوجه مردم می‌دانند و اعتقاد دارند که بی‌مهری آنها به محیط‌زیست و تنوع زیستی، بسیار زیاد و غیرقابل توجیه است (واقفی و حقیقتیان، ۱۳۹۴).

از آنجایی که بخش زیادی از افزایش نیازها و خواسته‌های انسان از منابع فسیلی تأمین می‌شود و مصرف آنها، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلوده شدن هوا را به همراه دارد، در نگاه اولیه به نظر می‌آید که رشد اقتصادی سبب آلودگی محیط زیستی می‌شود (امیر نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). منحنی زیست-محیطی کوزنتس، تعمیم جالبی در مورد نحوه انتقال یک کشور، از فقر به سمت رفاه نسبی و تأثیر آن بر تغییرات کیفیت محیط‌زیست است (محتشمی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعهٔ اولیه گروسمن و کروگر[2] (۱۹۹۳)، رقم ۸ الی ۱۰ هزار دلار به عنوان درآمد سرانه‌ای که طی آن، منحنی تغییر جهت می‌دهد، برآورده گردیده است.

ترکیب سنی جمعیت، از شاخص‌های مهم در پیشرفت جوامع به شمار می‌آید. می‌توان گفت یکی از عوامل مؤثر در رشد و توسعه اقتصادی و برنامه‌های بلندمدت اقتصادی-اجتماعی، ساختار سنی جمعیت (جوانی یا سالخوردگی جمعیت) است. در سنین واجد شرایط کار (به شرط اینکه بازار کار، قابلیت جذب تعداد بیشتری از نیروی کار را در فعالیت‌ها داشته باشد)، افزایش در عرضه نیروی کار، سبب افزایش رشد اقتصادی می‌گردد. از طرفی، با افزایش امید به زندگی و همچنین کاهش نرخ مرگ‌ومیر، تمایل به افزایش سرمایه انسانی و پس‌انداز، از سوی افراد جامعه بیشتر می‌شود که به معنای افزایش کارآیی نیروی کار است و بنابراین، سرمایه‌گذاری‌ها بهبود می‌یابند (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۲).

در مطالعات جمعیت‌شناختی، سالخوردگی به این معنا است که نسبت افراد سالخورده به کل جمعیت، در حال افزایش باشد. به عبارت دقیق‌تر، جمعیت رو به سوی سالخوردگی، جمعیتی است که بین ۷ تا ۱۴ درصد آن جمعیت را گروه‌های سنی ۶۵ ساله و بیشتر تشکیل دهند. این نسبت در

1. Jefferson (2006).
2. Grossman & Krueger (1993).

جامعه سالخورده بین ۱۴ تا ۲۰ درصد و در جامعه اصطلاحاً سالخورده‌ترین[1]، بیش از ۲۰ درصد است (مرکز شرق-غرب[2]، ۲۰۰۲: ۸۳).

بر اساس برآورد سازمان ملل در سال ۲۰۲۲، ایران یکی از کشورهایی است که در جهان سرعت نسبتاً بالایی از نظر گذار به سالخوردگی جمعیت دارد. طبق برآوردهای سطح متوسط این سازمان در سال ۲۰۲۲، حدود ۷/۵ درصد از جمعیت ایران ۶۵ ساله و بالاتر بوده‌اند. این نسبت در سال ۲۰۲۹ میلادی، برابر با ۱۴۰۸ شمسی، به ۱۰/۱ درصد و در سال ۲۰۵۰ میلادی، برابر با ۱۴۲۹ شمسی، به ۲۲ درصد خواهد رسید (بخش جمعیت سازمان ملل متحد[3]، ۲۰۲۲). بر این اساس، آستانه شروع سالخوردگی جمعیت در ایران، سال ۱۴۰۸ خواهد بود و می‌توان گفت که هم‌اکنون ایران، یک کشور رو به سالخوردگی است. همچنین، باید گفت‌که براساس پیش‌بینی سطح متوسط سازمان ملل، جمعیت کشور از حدود ۷۰ میلیون و ۵۰۰ هزار نفر در سال ۱۳۸۵، به حدود ۱۰۴ میلیون نفر در سال ۱۴۳۰ خواهد رسید. به عبارت دیگر، اندازه جمعیت ایران در این دوره ۴۵ ساله، نزدیک به ۴۷/۵ درصد رشد نسبی خواهد داشت. در حالی که رشد جمعیت سالخورده به‌طور نسبی، حدود ۳۲۴ درصد خواهد بود (بخش جمعیت سازمان ملل متحد، ۲۰۲۲).

واضح است که جمعیت سالمند در ۱۴۳۰، همان جمعیت جوانی است که در شرایط فعلی، مشکلات اشتغال، مسکن و ازدواج آنها برای دولت، چالش‌هایی را ایجاد نموده است. در واقع یکی از اهداف تهیه این نقشه، کمک به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در حوزه‌های مختلف است که با در نظر گرفتن روند کلان سالخوردگی در کشور، به دنبال برنامه‌ریزی‌هایی در راستای پیشگیری از چالش‌های پیش‌رو در راستای بالا رفتن میانگین سنی جمعیت در سال‌های آتی باشد (افقهی و زارع، ۱۳۹۴).

به طور کلی، ساختار سنی مهم است؛ چرا که فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی بر حسب سن یا مرحله زندگی متفاوت هستند، و از طرفی، سن سرپرست خانوار با اندازه خانوار مرتبط است (افراد مسن‌تر از ۶۵ سال، معمولاً خانوار کوچک‌تری نسبت به میانسال‌ها دارند). (اونیل و همکاران[4]، ۲۰۱۲). تحقیقاتی مانند مطالعه زاگینی[5](۲۰۱۱) و حسن و سلیم[6](۲۰۱۵) که در بقیه کشورها این موضوع را مورد بررسی قرار داده‌اند، تأثیر معنی‌دار سالخوردگی جمعیت بر انتشار آلودگی را تأیید کرده‌اند. مطالعات انجام‌شده در ایران، اغلب به بررسی فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، تأثیر تغییرات درآمد و جمعیت بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته‌اند و تاکنون، اثر سالخوردگی جمعیت را در کنار این

1. The Oldest Old Society
2. East-West Center
3. United Nations, Population Division
4. O'Neill *et al*. (2012).
5. Zagheni (2011).
6. Hassan & Salim (2015).

متغیرها بر انتشار آلودگی ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن، مورد بررسی قرار نداده‌اند. لذا مقاله حاضر، به بررسی تأثیر سالخوردگی جمعیت روی آلودگی هوا در ایران، پرداخته است.

سازمان‌دهی مقاله بدین صورت است که در بخش دوم مقاله، ادبیات تبیین می‌گردد، بخش سوم، در برگیرنده مدل و روش تحقیق می‌باشد. در بخش چهارم یافته‌های تحقیق ارائه می‌شود. بخش پنجم، به بحث و نتیجه‌گیری کلی اختصاص یافته است.

۲. ادبیات تحقیق

۲-۱. مبانی نظری

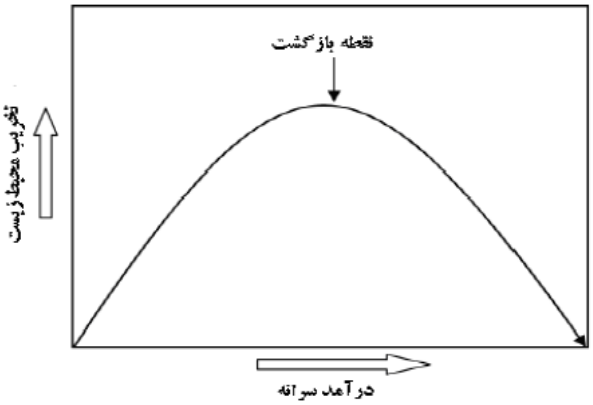
۲-۱-۱. فرضیه زیست محیطی کوزنتس

در دهۀ ۱۹۹۰، با مشاهده شواهدی مبنی بر وجود رابطه بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط‌زیست و درآمد سرانه به‌صورت U معکوس، شبیه رابطۀ موجود بین درآمد سرانه و نابرابری درآمد در منحنی کوزنتس اولیه، منحنی کوزنتس در مطالعات مربوط به محیط‌زیست نیز وارد و رابطۀ مذکور بین رشد اقتصادی و شاخص‌های مربوط به آلایندگی (کیفیت محیط‌زیست) به‌صورت U معکوس، به منحنی زیست‌محیطی کوزنتس معروف شد (صمدی و یار محمدیان، ۱۳۹۱). برای اولین بار در مطالعه (پانایتو[1]، ۱۹۹۳) تحت عنوان منحنی زیست محیطی کوزنتس نامیده شده است (دیندا و کوندو[2]، ۲۰۰۶). درواقع، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، باید به‌عنوان پدیده بلندمدت مورد بررسی قرار گیرد و به‌عبارت‌دیگر، EKC[3] مسیر توسعه‌یافته برای اقتصاد بوده، که در طول زمان، در حال رشد است (اونیل و همکاران، ۲۰۱۲).

در مراحل اولیه رشد اقتصادی، به دلیل پایین بودن آگاهی نسبت به مشکلات زیست محیطی، وجه به محیط زیست اهمیت چندانی ندارد و تکنولوژی های دوستدار محیط زیست نیز در دسترس نمی‌باشد. تخریب محیط زیست با افزایش درآمد، رشد می‌یابد و پس از رسیدن به سطح معینی از درآمد، شروع به کاهش می‌کند که این رابطه با یک منحنی به شکل U برعکس نشان داده می‌شود. در مراحل بالاتری از رشد، ایجاد تغییرات ساختاری، افزایش آگاهی‌های زیست محیطی، اجرای قوانین زیست محیطی و تلاش برای ایجاد تکنولوژی‌های برتر، به کاهش تدریجی تخریب محیط زیست منجر و پس از رسیدن به سطح بازگشت درآمدی، بهبود کیفیت محیط زیست آغاز می‌شود. این فرایند، نشان دهنده فرایند طبیعی توسعه اقتصادی از یک اقتصاد مبتنی بر کشاورزی به یک اقتصاد صنعتی

1. Panayoto
2. Dinda & Coondoo
3. Environment Kuznets Curve

آلوده کننده و نهایتاً به سوی یک اقتصاد پاک مبتنی بر خدمات است (پرمن و همکاران[1]، ۲۰۰۳). نمودار (۲)، شکل کلی و متعارف منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را نشان می‌دهد.



منبع: شهبازی و همکاران، ۱۳۹۴

شکل ۱: منحنی زیست‌محیطی کوزنتس

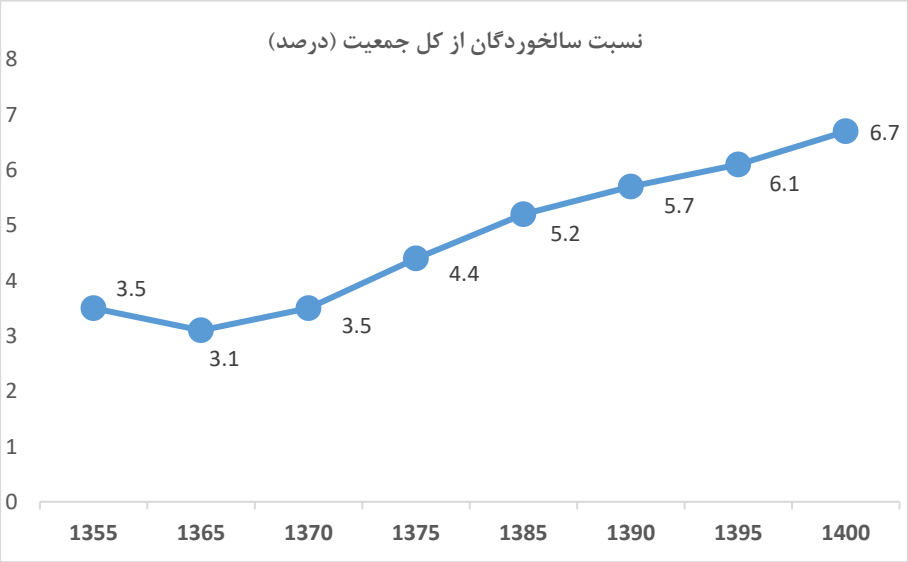
در قدم‌های اولیه حرکت به سمت توسعه، به دلیل اهمیت بیشتر تولید ملی و سطح اشتغال نسبت به محیط‌زیست، استفاده از منابع طبیعی و انرژی برای رسیدن به رشد اقتصادی بالا، افزایش و درنتیجه، آلودگی گسترش می‌یابد و به آثار زیست‌محیطی رشد اقتصادی توجه نمی‌شود، در مرحله بعدی حرکت به سمت توسعه، اقتصاد پس از رسیدن به سطح معینی از درآمد ملی سرانه و سطح مناسبی از رفاه، توجه به وضعیت محیط‌زیست به دلیل کمیابی، از اهمیت بالایی برخوردار می‌شود. در چنین وضعیتی، تولیدکنندگان و بنگاه‌های اقتصادی، به سمت استفاده از تکنولوژی پاک و فناوری دوستدار محیط‌زیست[2] می‌روند، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برای محیط‌زیست افزایش می‌یابد و تمایل دارند برای حفاظت و احیای آن، مالیات پرداخت کنند. همچنین با اقدام نهادها و سازمان‌های مرتبط با محیط‌زیست مانند وضع قوانین و مقررات زیست‌محیطی و توافقات زیست‌محیطی میان کشورها، آلودگی رو به کاهش می‌گذارد. در چنین شرایطی، کشش درآمدی تقاضا برای محیط‌زیست مطلوب، بیشتر از یک می‌باشد و محیط‌زیست پاک، به‌عنوان یک کالای لوکس مطرح است (موسوی، ۱۳۹۴).

۲-۱-۲. وضعیت سالخوردگی جمعیت ایران

نمودار (۲)، روند سالخوردگی جمعیت ایران به‌معنای سهم جمعیت ۶۵ ساله و بالاتر از کل جمعیت در دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۵۵ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بر اساس تعریف مدنظر برای سالخوردگی در این مطالعه، ایران هنوز یک جمعیت سالخورده نیست و حتی هنوز هم مرحله ورود به سالخوردگی را تجربه نکرده است؛ زیرا نسبت افراد ۶۵ ساله و بالاتر از کل جمعیت در هر

1. Perman *et al*. (2003).
2. Environmental Haven Hypothesis.

دوره، کمتر از ۱۰ درصد بوده است و پیش‌بینی می‌شود با فرض تداوم وضعیت فعلی، این پدیده از سال ۱۴۰۹ شمسی آغاز شود، اما چیزی که عیان است آنکه، از سال ۱۳۷۰ به بعد، روند حرکت جمعیت ایران به سمت سالخوردگی، سیر صعودی گرفته، و بر همین اساس، تحلیل‌های ما در این مطالعه نیز بر مبنای گذار جمعیت ایران به سالخوردگی، استوار است.



منبع: مرکز آمار ایران، پردازش بر اساس نتایج سرشماری‌های ۹۵-۱۳۵۵ و پیش‌بینی جمعیت، ۱۳۹۶

شکل ۲: روند سالخوردگی جمعیت ایران طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۵۵

۳-۱-۲. سالخوردگی جمعیت و اثرات زیست‌محیطی

تا به امروز، مطالعات در مورد رابطه بین عوامل جمعیتی و آلودگی هوا، عمدتاً بر حجم، تراکم و رشد جمعیت متمرکز بوده است. در سال‌های اخیر، برخی مطالعات، بررسی تأثیر تغییرات جمعیتی بر کیفیت هوا یا آلودگی محیط زیست را شروع کرده‌اند. سالخوردگی جمعیت با تأثیر بر عرضه نیروی کار، مصرف، سرمایه‌گذاری و بازتوزیع درآمد، بر انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر می‌گذارد (ویی و همکاران[۱]، ۲۰۱۸). همچنین ممکن است با اثرگذاری بر توسعه اقتصادی، مصرف انرژی و اجرای سیاست‌های حفظ انرژی، آلودگی هوا را تحت تأثیر قرار دهد (بردازی و پازینزا[۲]، ۲۰۱۷ ؛ ون و لی[۳]، ۲۰۱۹). مطالعات دیگر، بر اساس داده‌های پانلی مربوط به کره جنوبی، این واقعیت را تأیید کردند که سالخوردگی جمعیت با کاهش انتشار CO_2 همراه است (به‌عنوان مثال، کیم و همکاران[۴]، ۲۰۲۰b).

1. Wei *et al*. (2018).
2. Bardazzi & Pazienza (2017).
3. Wen & Li (2019).
4. Kim *et al*. (2020).

یا در یک مطالعه موردی در چین، با به‌کارگیری فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس به کمک داده‌های پانلی استانی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱، نشان داده شد که افزایش نسبت جمعیت در سن کار واقع در ۱۶ تا ۵۵ سالگی، به کاهش کیفیت هوا منجر می‌گردد (لی و لی[1]، ۲۰۱۴). بر این‌اساس، در مطالعات انجام‌گرفته، می‌توان مختلط‌بودن نتایج را شاهد بود که می‌تواند ناشی از تفاوت‌های منطقه‌ای، زمانی، روش‌شناسی، عوامل مختلف آلاینده‌های هوا و ... باشد.

بسیاری از مباحث فعلی در رابطه با تأثیر تغییرات جمعیت‌شناختی، روی اثرات منفی طرف عرضه بویژه اثرات یک جمعیت سالخورده بر بازار نیروی کار متمرکز شده‌اند. با این حال، یک جامعه که سالخوردگی قابل توجهی داشته باشد، اثر مستقیمی بر ساختار مصرف نیز دارد. ما انتظار داریم که به عنوان مثال، خانوارهای مسن، سهم بزرگتری از خدمات بهداشتی و درمانی و سهم کمتری از حمل‌ونقل و آموزش را مصرف کنند. بنابراین، دو اثر اصلی وابسته به سالخوردگی جمعیت وجود دارد. اولین اثر، کاهش نرخ رشد نیروی کار و نرخ بهره‌وری پایین‌تر به دلیل کمبود کارگران جوان است. دومین اثر، این است که تغییر در ترکیب سنی جمعیت، به تغییر در ساختار مصرف منتهی می‌شود؛ چراکه گروه‌های سنی مختلف، الگوهای مصرفی متفاوتی دارند (گاراو و همکاران[2]، ۲۰۱۳).

سالخوردگی جمعیت ممکن است با کاهش فعالیت‌های اقتصادی سرانه، بر انتشار کربن اثر گذارد. فارغ از اثرات مرتبط با رشد، ترکیب سنی، ممکن است از طریق تأثیر بر شدت کربن، انتشار کربن را تحت تأثیر قرار دهد. این تأثیر مرتبط با تقاضای انرژی سن خاص، در بخش‌های مختلف تولید و مصرف است (منز و ولش[3]، ۲۰۱۲). سالخوردگی جمعیت، همچنین دارای پیامدهای زیست‌محیطی می‌باشد. یک جمعیت کوچک‌تر، انرژی کمتری مصرف می‌کند که به نوبه خود، به کاهش انتشار کربن منجر می‌شود. با این حال، شواهدی وجود دارد که افراد مسن‌تر، انرژی بیشتری نسبت به جوان‌ترها مصرف می‌کنند که مصرف انرژی بالاتر و افزایش انتشار کربن به دنبال افزایش سالخوردگی جمعیت را در پی دارد (همان).

کمبود نسبی کارگران جوان، تحرک نیروی کار را کاهش می‌دهد و بنابراین، اثرات روی دستمزدها را تشدید می‌کند. به‌علاوه، مشخصات سن-بهره‌وری در طی زمان تغییر می‌کند. تغییرات در توانایی‌های فیزیکی و توانایی‌های شناختی، سبب افت متوسط بهره‌وری نیروی کار پس از میانسالی می‌شود (گاراو و همکاران، ۲۰۱۳). با این فرض که یک فرد، رفتار مشابهی را در تولید و مصرف از خود نشان می‌دهد و در میان تمام مدل‌های اقلیمی، تقریباً اندازه جمعیت به عنوان تنها متغیر دموگرافیکی مورد توجه قرار گرفته است. اما امکان دارد که این فرض، نادرست و گمراه‌کننده باشد.

از این‌رو، توجه بیشتر به متغیر ساختار جمعیت در بررسی اثر جمعیت بر انتشار کربن لازم است. به عبارت دیگر، علاوه بر تأثیر اندازه جمعیت بر محیط زیست، ترکیب جمعیت نیز می‌تواند در حفظ یا تخریب محیط‌زیست تأثیرگذار باشد.

1. Li & Li (2014).
2. Garau *et al*. (2013).
3. Menz & welsch (2012).

جیانگ و هاردی[1] (۲۰۱۱)، معتقدند که الگوی مصرف و تولید بین گروه‌های سنی مختلف از جمعیت متفاوت است؛ سن بالاتر و طول عمر بیشتر، قادر است از چند کانال بر انتشار گازهای گلخانه‌ای اثرگذار باشد. کانال اصلی، عبارت از وابستگی سرانه فعالیت‌های اقتصادی به ساختار سنی است، به طوری که می‌توان بیان کرد: هر چه تعداد کمتری از جمعیت در سن فعالیت باشند، درآمد سرانه کاهش یافته و همین امر، می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد (دالتون و همکاران[2]، ۲۰۰۸).

کانال دیگر، تأثیری است که ساختار سنی جمعیت می‌تواند از طریق تغییر در الگوی مصرف و تولید داشته باشد. در بخش تولید، تغییرات ترکیب سنی جمعیت، باعث تغییر در الگوی تقاضا شده و از این طریق، ترکیب تولید را به نفع تولیدات صنعتی و یا برعکس تغییر داده و در نهایت، انتشار آلودگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در بخش مصرف، چند دلیل بر وجود ارتباط بین ترکیب سنی و تولید دی‌اکسید کربن وجود دارد. به طور استقرایی، می‌توان استدلال کرد که کودکان، تأثیر زیادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای ندارند و یک کودک، مقدار نسبتاً کمی را به استفاده از انرژی‌های خانگی (گرمایش، خنک‌کننده، روشنایی و پخت و پز) می‌افزاید. در مقابل، افراد بالای ۶۵ سال که نسبت به افراد با سنین پایین‌تر به احتمال زیاد، بیشتر به تنهایی زندگی می‌کنند، فضای بیشتری را به ازای هر نفر اشغال کرده، از این‌رو، استفاده غیر مؤثرتری را از انرژی خواهند داشت و در نهایت، موجب انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای خواهند شد (اونیل و چن[3]، ۲۰۰۳).

پژوهشگران معتقدند که رفتار افراد مسن‌تر، متفاوت از سایر گروه‌های سنی است و مسن‌ترها تمایل دارند مدت زمان بیشتری در خانه بمانند و لذا به گرمایش و سرمایش بیشتری نیاز دارند. فرض بر این است که افزایش نسبت جمعیت سالخورده، به افزایش تقاضا و مصرف آنان در محصولات و خدمات انرژی‌بر همچون گرمایش در زمستان و برق منجر می‌شود، زیرا مدت‌زمان بیشتری را در خانه می‌گذرانند (کیم و همکاران[4]، ۲۰۲۰a؛ لویی و لوو[5]، ۲۰۱۶). با این‌حال، این نتیجه در بین مطالعات مختلف، مسلم و قطعی نیست. به‌عنوان مثال، محققانی (همچون: برونن و همکاران[6]، ۲۰۱۲) دریافتند که مصرف گاز خانوارهای سالمند، حدود ۳۰ درصد بیشتر از سایر خانوارها است، در حالی‌که سرانه مصرف برق خانوارهای آنان به‌طور مداوم کمتر از سایر خانوارها است.

ادبیات موجود، نشان می‌دهند که سالخوردگی جمعیت بر ساختار مصرف ساکنان هم اثر می‌گذارد، به این معنا که محصولات و خدمات مصرفی سالمندان، متفاوت از افراد میانسال و جوانان است. مثلاً تقاضا برای محصولات و خدمات مرتبط با سالمندان همچون فرآورده‌های پزشکی، کمک گرفتن در فعالیت‌های روزمره و دریافت مراقبت، افزایش می‌یابد یا با افزایش سهم سالخوردگان از

1. Jiang & Hardee (2011).
2. Dalton *et al*. (2008).
3. O'neill & chen (2003).
4. Kim *et al*. (2020).
5. Loi & Loo (2016).
6. Brounen *et al*., (2012).

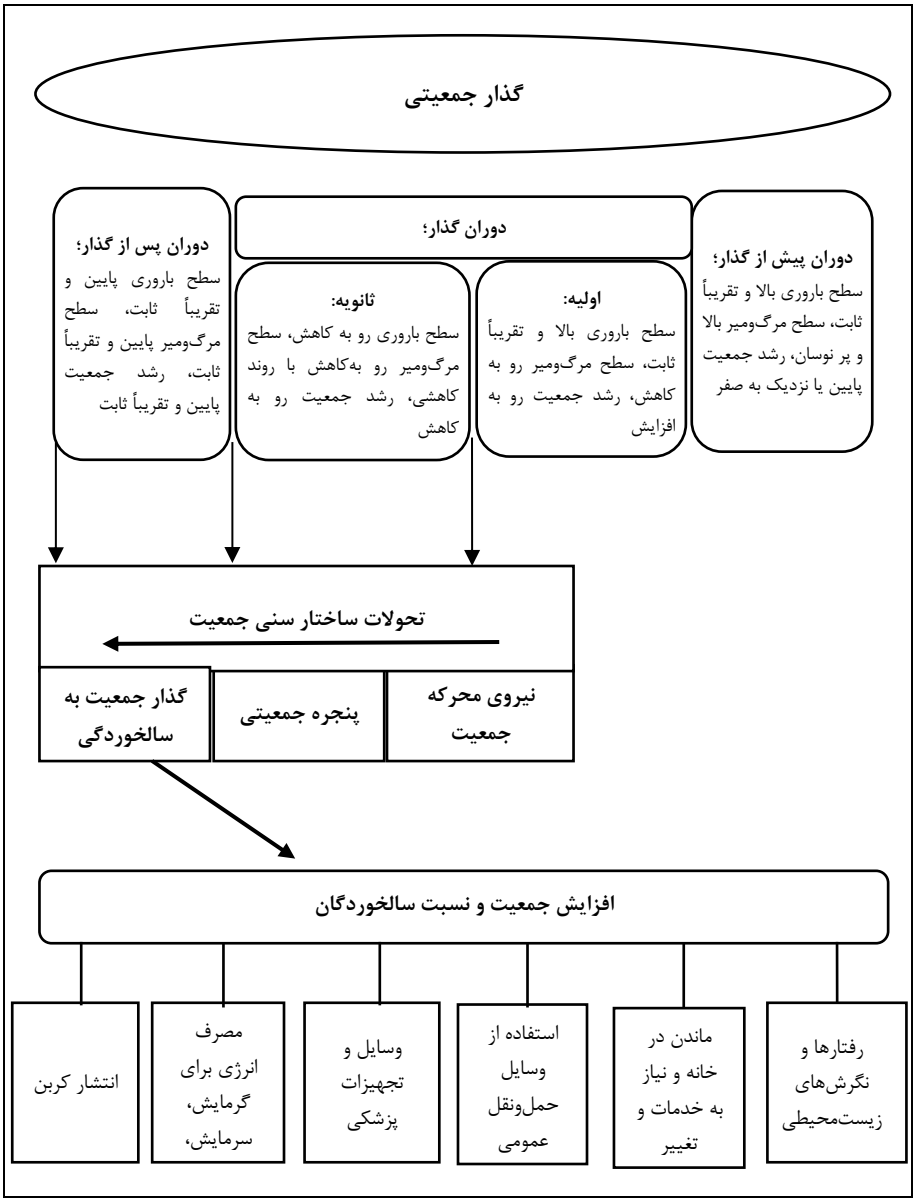
جمعیت، انتشار کربن و سایر مواد آلاینده کاهش می‌یابد؛ زیرا آنان تا حد زیادی از وسایل حمل‌ونقل عمومی استفاده می‌کنند. سالخوردگی جمعیت، عمدتاً از طریق اثرگذاری بر نیروی کار و تولید، بر انتشار کربن نیز اثر غیرمستقیمی دارد. محققانی همچون ژوو و پنگ[1] (۲۰۱۲) و لی و ژوو[2] (۲۰۱۹)، به این نتیجه رسیدند که کاهش در نسبت جمعیت واقع در سن کار یا افزایش نسبت کودکان و سالخوردگان، انتشار CO_2 را عمدتاً از طریق مشارکت نیروی کار و رشد اقتصادی، کاهش می‌دهد.

بر اساس شواهد فوق، اگرچه تجزیه و تحلیل و سازوکار سالخوردگی جمعیت بر کیفیت یا آلودگی هوا، هنوز در سطح نظری است و شواهد تجربی محکمی ندارد و بویژه در ایران که هنوز به‌طور واقعی یک جمعیت سالخورده نیست، اما مطابق با ادبیات تحقیق و شرایط رو درروی ایران، می‌توان مسأله را در چارچوب مدل ارائه‌شده در نمودار (۳) تحلیل کرد.

بر اساس این مدل، ایران اکنون کشوری است که در دوران پس از گذار جمعیتی به سر می‌برد؛ به‌تبعِ شروع پایین آمدنِ سطح مرگ‌ومیر از چند سال قبل و ثبات آن در وضعیت فعلی، سطح باروری هم از چند سال پیش (البته با یک تأخر زمانی نسبت به مرگ‌ومیر) شروع به کاهش کرده و اکنون در وضعیت ثابتی قرار گرفته که رشد پایین و تقریباً ثابت جمعیت را به دنبال داشته است. این تغییرات متوالی، علاوه بر افزایش سال‌های عمر، کاهش باروری و در نتیجه، کاهش رشد جمعیت، منجر به تحولی اساسی در ساختار سنی جمعیت شده است که می‌توان آن را در سه پدیده متوالی و مرتبط با هم تحت عناوین نیروی محرکه جمعیت (گشتاور مثبت جمعیتی)، پنجره فرصت جمعیتی و گذار جمعیت به سالخوردگی ملاحظه کرد؛ نیروی محرکه جمعیت حاصل انفجار جمعیت سال‌های قبل است و یک نیرو و ساختار عظیم جمعیتی (جوانان و میانسالان) را تشکیل داده است که از منفی‌شدن رشد جمعیت در سال‌های گذشته و اکنون جلوگیری کرده است، متعاقب آن، بخش عظیمی از جمعیت، در سنین کار و فعالیت اقتصادی (۶۴- ۱۵ سالگی) قرار گرفته است، اما تداوم کاهش باروری و روند افزایشی سال‌های عمر (امید زندگی) افراد، به گذار یا حرکت تدریجی جمعیت به‌سمت سالخوردگی منتهی شده و در سال‌های نزدیک در آینده، ایران آن را تجربه می‌کند.

گذار جمعیت به سالخوردگی نیز با افزایش تعداد و نسبت سالخوردگان همراه است. این نسل، رفتارها و نگرش‌های زیست‌محیطی خود را بازنمایی می‌کنند، بیشتر در خانه می‌مانند و تقاضای آنها در برخی از منابع انرژی افزایش می‌یابد، وسایل و تجهیزات پزشکی و نیاز به مراقبت بیشتری دارند و البته ممکن است از وسایل حمل‌ونقل عمومی بیشتری استفاده کنند. تمام این موارد می‌تواند زمینه انتشار بیشتر کربن و در نتیجه آلودگی هوا را فراهم آورد، اما به باور ما با توجه به اینکه ایران در سال‌های زمانی مورد مطالعه، هنوز یک جمعیت سالخورده نبوده و تنها در سال‌های اخیر است که سایه سالخوردگی را مشاهده می‌کنیم، فرض بر آن است‌که گذار به سالخوردگی، با کاهش آلودگی هوا همراه است.

1. Zhu & Peng (2012).
2. Li & Zhou (2019).



منبع: تعدیل بر اساس مطالعات سرایی (۱۳۹۱) و جها و همکاران[1]، (۲۰۲۲).

شکل ۳: مدل شماتیک ارتباط بین گذار به سالخوردگی جمعیت و آلودگی هوا

1. Jha *et al*. (2022).

۲-۲. پیشینه تحقیق

از جمله مطالعات نزدیک به موضوع این پژوهش، می‌توان به مواردی به شرح ذیل اشاره کرد:

دالتون و همکاران[1] (۲۰۰۸)، در مطالعه‌ای، به بررسی تأثیر تغییرات ترکیب سنی جمعیت بر انتشار کربن‌دی اکسید در آمریکا پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که سالخوردگی جمعیت، انتشار آلودگی را کاهش می‌دهد.

منز و ولش[2] (۲۰۱۲)، با استفاده از رویکرد پانلی، به بررسی رابطه میزان انتشار دی‌اکسید کربن با روند مداوم گذار جمعیتی در کشورهایOECD طی دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۶۰ پرداختند. نتایج نشان داد که سالخوردگی جمعیت، تأثیر مثبت بر انتشار آلودگی دارد.

حسن و سلیم (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای، به بررسی اثر پیری جمعیت و درآمد سرانه بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای OECD طی دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۹۸۰ پرداختند. نتایج نشان داد که سالخوردگی جمعیت، بر انتشار آلودگی تأثیر منفی دارد.

یوو و همکاران[3] (۲۰۱۷)، در مقاله‌ای با استفاده از مدل STIRPAT توسعه‌یافته، به بررسی تأثیر سالخوردگی جمعیت و صنعتی‌شدن بر انتشار آلودگی هوا در چین پرداختند. نتایج نشان داد که سالخوردگی جمعیت، تأثیر منفی بر آلودگی هوا دارد. همچنین صنعتی‌شدن، شهرنشینی و آزادی تجاری، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی هوا در چین دارند.

ژانگ و همکاران[4] (۲۰۱۸)، در پژوهشی، با استفاده از روش GMM، تأثیر ساختار سنی جمعیت بر کیفیت محیط زیست در ۲۹ استان چین و طی دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۵ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج، نشان داد که سالخوردگی جمعیت، تأثیر منفی و معنی‌داری بر آلودگی هوا دارد. همچنین، شهرنشینی، صنعتی‌شدن و آزادی تجاری، تأثیر مثبتی بر آلودگی هوا دارند.

لی و ژوو[5] (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی مقطعی در سال ۲۰۱۷، تأثیر ساختار سنی جمعیت بر انتشار دی‌اکسید کربن را در استان‌های چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج، نشان داد که ساختار سنی جمعیت در رده‌های سنی جوان، تأثیر مثبت و ساختار سالخورده جمعیت، تأثیر منفی بر انتشار آلودگی هوا دارد.

صادقی و سعادت (۱۳۸۳)، در مطالعه‌ای، روابط علی بین رشد جمعیت، آلودگی زیست‌محیطی و رشد اقتصادی ایران را با استفاده از آزمون علیت هشیائو طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۴۶، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج به دست آمده، حاکی از وجود یک رابطه علی یک طرفه، از رشد جمعیت به تخریب زیست‌محیطی و یک رابطه علی دو طرفه، بین تخریب محیط‌زیست و رشد اقتصادی است.

1. Dalton *et al*. (2008).
2. Menz & Welsch (2012).
3. Yu *et al*. (2017).
4. Zhang *et al*. (2018).
5. Li & Zhou (2019).

دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۴)، در مقاله‌ای، با استفاده از روش پانل دیتا، به بررسی تأثیر ساختار سنی جمعیت روی مصرف انرژی بخش خانگی استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۰ پرداختند. نتایج، حاکی از اثرگذاری معنی‌دار متغیر گروه‌های سنی جمعیت روی مصرف انرژی بخش خانگی است.

صادقی و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای، با استفاده از روش STIRPAT، به بررسی تأثیر متغیرهای جمعیتی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای گروه دی هشت از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج، حاکی از آن است که اندازه جمعیت و تمرکز جمعیت، تأثیر معنی‌داری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ندارند. از طرفی، سن جمعیت بین ۱۵ تا ۶۴ سال، شهرنشینی و درآمد سرانه واقعی، به ترتیب، بیشترین تأثیر را در انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در بین کشورهای عضو گروه دی هشت از خود نشان می‌دهند.

عزتی و همکاران (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای، با استفاده از روش GMM، به بررسی تأثیر ساختار سنی جمعیت بر امنیت اقتصادی ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۰ پرداختند. نتایج، نشان داد که ساختار سنی جمعیت، تأثیر منفی و معنی‌داری بر امنیت اقتصادی ایران دارد. رشد جمعیت، موجودی سرمایه، توسعه مالی، آزادی تجاری و نرخ پس‌انداز، اثر مثبت و معناداری بر امنیت اقتصادی داشته، اما نرخ تورم، اثر معنی‌داری بر شاخص امنیت اقتصادی نداشته است.

مظفری و متفکر آزاد (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای، با استفاده از روش GMM، تأثیر سرمایه اجتماعی و سرمایه انسانی بر انتشار آلودگی هوا در استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج، نشان داد که سرمایه اجتماعی و سرمایه انسانی، تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار آلودگی هوا در استان‌های ایران داشته‌اند. همچنین، رشد اقتصادی، صنعتی‌شدن، شدت انرژی، شهرنشینی و آلودگی دوره قبل، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی هوای استان‌های ایران دارند.

با عنایت به پشتوانه نظری و تجربی مطرح شده، می‌توان اظهار داشت که بررسی‌های بسیاری در زمینه عوامل مؤثر بر آلودگی هوا در ایران و کشورهای دیگر انجام شده، و در این بررسی‌ها، عواملی همچون درآمد سرانه، صنعتی‌شدن، آزادی تجاری و شهرنشینی، بیشتر مورد توجه بوده است و به نتایج مختلفی رسیده‌اند که گاهی مشابه و در برخی موارد، نتایج با یکدیگر سازگار نبوده، بدین‌صورت که برخی، فرضیه کوزنتس را تأیید و برخی دیگر، رد کرده‌اند. با توجه به ادبیات تحقیق، به‌طور خلاصه می‌توان گفت که یکی از عوامل مؤثر در برقراری و یا عدم برقراری فرضیه زیست محیطی کوزنتس، ساختار سنی جمعیت می‌باشد اما بر پایه بررسی‌های انجام شده، تاکنون در ایران به صورت سری زمانی، اثر سالخوردگی جمعیت بر آلودگی هوا در قالب مدل پویا مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا بر اساس پشتوانه نظری مطرح‌شده در قسمت‌های قبلی، جنبه نوآوری مطالعه حاضر این است که: اولاً، تأثیر سالخوردگی جمعیت را در قالب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس بر آلودگی هوای ایران می‌سنجد و ثانیاً، با به‌کارگیری روش GMM سری زمانی به بررسی این موضوع می‌پردازد.

۳. روش تحقیق

مدلی که در این مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد، برگرفته از مطالعات حسن و سلیم (۲۰۱۵)، یوو و همکاران (۲۰۱۷) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۸) که تعدیل‌یافته آن طبق شرایط اقتصاد ایران، به صورت زیر تشریح شده است:

$$LCO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 LCO_{2t-1} + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 LTR_t + \beta_4 ODEP_t + \beta_5 LGDP^2{}_t + \beta_6 LURB_t + \beta_7 LIND_t + \varepsilon_t \quad (۱)$$

در معادله (۱)، L در ابتدای متغیرها به معنی لگاریتم طبیعی می‌باشد و در این مدل، اندیس t نشان‌دهنده دوره زمانی می‌باشد. شرح متغیرها به‌صورت زیر است[۱]:

CO2: میزان انتشار آلودگی هوا (دی اکسید کربن سرانه)

GDP: درآمد سرانه به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳

TR: آزادی تجاری، که در این تحقیق، برابر با مجموع ارزش صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی است که به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$OPEN_t = (\frac{EX + IM}{GDP}) \quad (۲)$$

که در آن، EX: ارزش صادرات، IM: ارزش واردات، GDP: تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳

URB: نسبت شهرنشینی (جمعیت شهری بر جمعیت کل)

IND: سطح صنعتی‌شدن (سهم ارزش‌افزوده بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی)

ODEP: جمعیت ۶۵ ساله و بیشتر تقسیم بر کل جمعیت یا نسبت سالخوردگی

در قسمت مبانی نظری مقاله، نسبت جمعیت سالخورده به کل جمعیت، نشان داده شده است. همچنین با عنایت به این آمار و ارقام مرتبط با جمعیت کشور طی سال‌های مورد بررسی، می‌توان اظهار داشت که طی سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۹، نرخ رشد جمعیت، روندی کاهنده، اما خود متغیر جمعیت، روند افزایشی داشته است و نه تنها کاهشی در جمعیت کشور طی این سال‌های اتفاق نیافتاده، بلکه جمعیت کشور، افزایش یافته است. به عبارت دیگر، جمعیت با شیب کند افزایشی بوده، و نرخ رشد آن کاهش یافته است. از طرف دیگر جمعیت سالخورده (۶۵ سال و بیشتر) با نرخ رشد

---

۱. مدل بدون متغیر مجذور درآمد سرانه و اضافه نمودن متغیر توان سوم درآمد سرانه (GDP3) تخمین زده شد که نتایج، بیانگر این بود که متغیر توان سوم درآمد سرانه، از لحاظ آماری، معنی‌دار نمی‌باشد و لذا از مدل‌های تحقیق، حذف گردید و متغیر مجذور درآمد سرانه در مدل‌های تحقیق آورده شد. لازم به ذکر است که نتایج تخمین مدل با متغیر توان سوم GDP، در صورت لزوم در اختیار متقاضیان قرار می‌گیرد.

فزاینده‌ای افزایش یافته، و نسبت به جمعیت کل نیز افزایش داشته است. لذا تغییر نسبت جمعیت سالخورده به کل جمعیت، متوجه صورت کسر و افزایش جمعیت ۶۵ سال و بیشتر می‌باشد.

برای جمع‌آوری اطلاعات در این مطالعه، از روش اسنادی استفاده شده و پژوهش نیز بر اساس داده‌های سالانه دوره ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۹ اقتصاد ایران انجام شده است. برای تخمین مدل، از نرم‌افزار ایویوز[1] استفاده گردید. لازم به ذکر می‌باشد که داده‌های متغیرهای مربوط به تحقیق از بانک مرکزی، مرکز آمار ایران و ترازنامه انرژی سال‌های مختلف استخراج شده است.

برای برآورد مدل، از روش اقتصادسنجی GMM سری زمانی استفاده به عمل آمده، زیرا مدلی که در این پژوهش به کار گرفته شده، پویا است و شرایط گشتاورهای تعمیم‌یافته را برقرار می‌کند و در واقع، GMM در سری‌های زمانی برای مدل‌های پویایی که خطی باشند و نیز شرایط گشتاورها و خواص مجانبی را تأمین سازند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش برای تخمین مدل‌ها، می‌تواند مزایای بسیاری داشته باشد (مظفری، ۱۴۰۰). مزیت اصلی تخمین GMM پویا، آن است که تمام متغیرهای رگرسیون که همبستگی با جزء اخلال ندارد (از جمله متغیرهای با وقفه و متغیرهای تفاضلی)، می‌توانند به طور بالقوه متغیر ابزاری باشند. از دیگر بحث‌هایی که در روش GMM مطرح می باشد، آن است که این روش تا حد امکان، مشکل درونزایی مدل را کاهش داده و اغلب برطرف می‌نماید. همچنین تخمین زننده GMM، کارآیی بالاتر و هم‌خطی کمتری دارد (گرین[2]، ۲۰۰۸)؛ و برخی از مهم‌ترین مزایای آن، به شرح زیر هستند (بک و همکاران[3]، ۲۰۰۰، مظفری و احمدزاده، ۱۴۰۰):

- استفاده از این روش برای برطرف نمودن واریانس داده‌های سری زمانی، می‌تواند بسیار مناسب باشد.
- این تخمین زن به وسیله واردکردن وقفهٔ اول متغیر وابسته به‌عنوان یک متغیر مستقل، تأثیرات ویژه فردی‌ای که در مدل مشاهده نشده‌اند را محاسبه می‌نماید و از این طریق، کنترل بهتری بر درونزایی کل متغیرهای مستقل مدل، ایجاد خواهد کرد.
- با استفاده از این تخمین زن بدون هرگونه فرضی در مورد توزیع متغیرها، می‌توان پارامترهای مدل را برآورد نمود، و مزیتی برای این روش است که در روش‌های پیشین مشاهده نمی‌شد.
- از آنجایی که در این روش (GMM در سری‌های زمانی)، از متغیرهای ابزاری استفاده خواهد شد، از ایجاد همبستگی بین متغیرها و نیز جزء خطا در مدل جلوگیری خواهد شد.
- این تخمین زن، اجازهٔ وجود خود همبستگی سریالی در جزء خطا را خواهد داد.

1. Eviews
2. Greene (2008).
3. Beck *et al*. (2000).

۴. یافته‌ها

برای اطمینان از ضرایب برآوردی مدل، می‌بایست آزمون‌های ایستایی، قبل از برآورد مدل انجام شده باشد. در بررسی حاضر، آزمون مانایی متغیرهای مدل به‌وسیله آزمون‌های متداول دیکی-فولر تعمیم-یافته (ADF) و فلیپس-پرون (PP) انجام می‌شود. نتایج آزمون ایستایی متغیرها، در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: بررسی ایستایی متغیرهای مدل پژوهش

	آزمون ADF		آزمون PP		نتیجه
متغیر	نوع	مقدار	نوع	مقدار	نتیجه ایستایی
LCO2	مقدار آماره	-۶/۰۷۵	مقدار آماره	-۶/۰۷۵	ایستا
	سطح احتمال	۰/۰۰۰	سطح احتمال	۰/۰۰۰	
LGDP	مقدار آماره	-۵/۹۳۶	مقدار آماره	-۵/۹۳۴	ایستا
	سطح احتمال	۰/۰۰۰	سطح احتمال	۰/۰۰۰	
LTR	مقدار آماره	-۵/۷۲	مقدار آماره	-۵/۷۱۳	ایستا
	سطح احتمال	۰/۰۰۰	سطح احتمال	۰/۰۰۰	
LODEP	مقدار آماره	-۶/۱۱۳	مقدار آماره	-۶/۱۱۳	ایستا
	سطح احتمال	۰/۰۰۰	سطح احتمال	۰/۰۰۰	
LURB	مقدار آماره	-۶/۰۷۸	مقدار آماره	-۶/۰۷۹	ایستا
	سطح احتمال	۰/۰۰۰	سطح احتمال	۰/۰۰۰	
LIND	مقدار آماره	-۲/۹۸۸	مقدار آماره	-۲/۹۶۱	ایستا
	سطح احتمال	۰/۰۰۴	سطح احتمال	۰/۰۰۴	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بررسی ایستایی متغیرهای الگو بر اساس آزمون‌های دیکی-فولر تعمیم‌یافته و فلیپس-پرون نشان می‌دهد که تمامی متغیرها ایستا هستند. پس از بررسی ایستایی متغیرها و اطمینان از این مورد، مدل تحقیق تخمین زده می‌شود. در جدول (۲)، نتایج حاصل از تخمین مدل تحقیق به روش GMM نشان داده شده است. نتایج جدول (۲)، نشان می‌دهد که مدل برآوردی از نظر شاخص‌های آماری، در وضعیت مناسبی قرار دارد. فرضیه صفر آزمون سارگان را نمی‌توان رد کرد و ازاین‌رو، می‌توان گفت که متغیّرهای ابزاری استفاده شده در مدل برآوردی معتبر هستند؛ زیرا فرض صفر آزمون سارگان بر معتبر بودن ابزارها دلالت دارد. با توجه به لگاریتمی بودن مدل، تمامی ضرایب برآوردی، نشان‌دهنده کشش هستند. آلودگی هوا دوره قبل در سطح اطمینان ۹۰ درصد، تأثیر مثبت و معنی‌دار بر آلودگی

هوا در ایران داشته است؛ به‌طوری‌که با افزایش یک درصدی انتشار دی‌اکسید کربن دوره t-1، میزان انتشار دی‌اکسید کربن، ۰/۱۳ درصد افزایش می‌یابد.

سالخوردگی جمعیت، تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار آلودگی هوا داشته است؛ به‌طوری‌که کشش آلودگی هوا نسبت به سالخوردگی جمعیت، برابر ۰/۲۳- می‌باشد. لذا برآورد مدل تحقیق، رابطه منفی بین سالخوردگی جمعیت و انتشار CO_2 را تأیید می‌کند. همان‌طور که در قسمت ادبیات تحقیق ذکر گردید، سالخوردگی جمعیت می‌تواند موجب کاهش انتشار آلودگی شود. بنابراین طبق برآورد رگرسیونی مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که سالخوردگی جمعیت، موجب کاهش انتشار CO_2 می‌شود و این نتیجه، با مبانی نظری و مطالعات پیشین همسو است.

جدول ۲: نتایج برآورد مدل تحقیق

متغیر توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آماره T	ارزش احتمال
LCO2(-1)	۰/۱۳۹۷	۰/۰۵۹۵	۲/۳۴۶۳	۰/۰۲۶۰
LGDP	۰/۱۸۷۳	۰/۰۶۶۰	۲/۸۳۷۵	۰/۰۰۸۲
LGDP2	-۰/۴۷۹۹	۰/۰۶۶۵	-۷/۲۱۴۹	۰/۰۰۰۰
LNIND	۰/۰۷۶۳	۰/۰۳۳۸	۲/۲۵۳۴	۰/۰۳۲۰
LODEP	-۰/۲۳۸۸	۰/۱۱۴۶	-۲/۰۸۲۶	۰/۰۴۶۲
LTR	۰/۱۷۶۹	۰/۰۴۴۴	۳/۹۷۸۳	۰/۰۰۰۴
LURB	۰/۱۶۸۰	۰/۰۳۰۷	۵/۴۶۵۴	۰/۰۰۰۰
C	۰/۸۳۶۶	۰/۱۹۶۳	۴/۲۶۱۷	۰/۰۰۰۲
آزمون سارگان	آماره J-statistic: ۱/۹۹۰۱			۰/۳۶۹۶

مأخذ: یافته های تحقیق

همان‌طور که از تئوری‌های اقتصادی و مطالعات تجربی استنباط شد که رشد اقتصادی، تأثیر مثبت بر آلودگی هوا دارد، در مطالعه حاضر نیز این رابطه، مثبت و معنی‌دار ارزیابی شده است. همچنین مجذور درآمد سرانه، تأثیر منفی و معنی‌داری بر آلودگی هوا داشته است؛ لذا این نتیجه بیانگر صدق فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایران می‌باشد.

اصل تعادل مواد، نشان می‌دهد که مواد اولیه و انرژی، متناسب با فعالیت‌های اقتصادی مصرف می‌شوند و در نتیجه، رشد اقتصادی به طور اجتناب‌ناپذیری سبب ظهور آسیب‌های محیط‌زیستی می‌گردد. نظریه دیگری که در راستای تکامل این نظریه وجود دارد و مورد قبول بانک جهانی و کشورهای بسیاری نیز می باشد، این است که رشد اقتصادی به جای تهدید محیط‌زیست، می‌تواند به بهبود کیفیت آن کمک کند. به‌عبارت دیگر، به‌تدریج که رشد اقتصادی سبب افزایش کالاها و خدمات می‌گردد، انگیزه‌های حمایت از محیط‌زیست نیز اهمیت بیشتری می‌یابد.

طبق نتایج، کشش آلودگی نسبت به آزادی تجاری برابر ۰/۱۷ است. به‌طور مشخص، تجارت شامل صادرات و واردات کالاها است و به لحاظ تئوریک، دلایل متعددی برای اینکه چرا صادرات می‌تواند بر مصرف انرژی تأثیرگذار باشد، وجود دارد. برای اینکه صادرات افزایش یابد، باید ماشین‌آلات و تجهیزاتی برای بارگیری و حمل‌ونقل کالاهای صادراتی، به بنادر، فرودگاه‌ها و یا ایستگاه‌های تخلیه بار فرستاده شوند. ماشین‌آلات و تجهیزات در فرایند تولید و حمل‌ونقل کالاها برای صادرات، نیازمند انرژی اولیه هستند و هرگونه افزایش در صادرات، بیانگر رشد فعالیت‌های اقتصادی است و این رشد، باعث افزایش تقاضای انرژی می‌شود. بنابراین، کالاهای ساخته شده صادراتی، نیازمند انرژی برای حمل‌ونقل هستند؛ یعنی بدون انرژی کافی برای حمل‌ونقل، توسعه صادرات تضعیف می‌شود. واردات نیز می‌تواند مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار دهد. اگر واردات شامل ماشین‌آلات، تجهیزات و تکنولوژی جدید باشد، سبب افزایش تولید و افزایش استفاده از انرژی خواهد شد. علاوه بر این، واردات کالا از طریق شبکه حمل‌ونقل صورت می‌گیرد که باعث مصرف انرژی سوخت توسط سیستم حمل‌ونقل می‌شود.

شهرنشینی نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی هوا داشته است. تمرکز کارخانه‌ها و شرکت‌های تولیدی در مراکز شهری، باعث می‌شود که جمعیت روستایی با هدف یافتن شغل، کسب درآمدهای بالاتر و استفاده از امکانات عمومی گسترده، به‌سمت مناطق شهری حرکت کنند. پدیده شهرنشینی نیز الگوی مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار داده و استفاده بی‌رویه از آن را موجب می‌شود. دلیل اصلی افزایش مصرف انرژی در پی بروز پدیده شهرنشینی، تغییر الگوی مصرف مردم، افزایش تقاضای کالاها و خدمات و در نتیجه، افزایش مقیاس تولید و همچنین افزایش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل به‌دنبال تولید خودروهای شخصی و تحول در سیستم حمل‌ونقل عمومی، اعم از مسافری و باری می‌باشد.

صنعتی‌شدن نیز تأثیر مثبت بر آلودگی هوا داشته است. صنعتی‌شدن، فرایندی است که به‌طرق مختلفی از جمله تغییرات تکنولوژیک رخ می‌دهد و استفاده از تکنولوژی تولید پیشرفته از طریق ایجاد کارآیی در تولید، موجب به‌کارگیری کمتر نهاده‌ها از جمله انرژی برای تولید یک واحد محصول شده و کارآیی انرژی را افزایش می‌دهد. اما به نظر می‌رسد ساختار بخش صنعت کشور، به‌گونه‌ای است که از تکنولوژی قدیمی استفاده می‌کند که عمدتاً مصرف انرژی بالایی دارد، چرا که استفاده از تکنولوژی پیشرفته، به مخارج تحقیق و توسعه بیشتری نیاز دارد و ممکن است سهم اندک این مخارج، به ایجاد تکنولوژی‌های انرژی‌اندوز منجر نشود.

۵. نتیجه‌گیری

امروزه، معضلات زیست‌محیطی بویژه مسائل مربوط به آلودگی هوا، یکی از معضلات اصلی کلان‌شهرهای جهان است که هر روزه، بر ابعاد و عوارض جانبی آن افزوده می‌شود. دور از ذهن نیست

که یکی از منابع اصلی آلودگی هوا را انسان دانست. گازهای حاصل از احتراق سوخت وسایل نقلیه و کارخانجات، از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا به شمار می‌روند. عوامل عمده آلودگی هوا، عبارتند از مجموعه وسایل نقلیه موتوری، فعالیت صنایع و کارخانجات، منابع گرمایش خانگی و تجاری و منابع متفرقه همانند سوزاندن زباله.

در این پژوهش، با استفاده از روش GMM سری‌زمانی، به بررسی تأثیر سالخوردگی جمعیت بر آلودگی هوا در ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۶۱ پرداخته شد. نتایج تحقیق الگوی EKC، یک رابطه U معکوس بین تخریب محیط‌زیست (انتشار آلودگی) و درآمد سرانه (رشد اقتصادی) را نشان می‌دهد و بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تخریب محیط‌زیست، ابتدا هم با افزایش درآمد سرانه یک کشور افزایش می‌یابد، اما پس از رسیدن به سطح معینی از رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست متوقف شده و سپس کاهش می‌یابد. ازاین‌رو، می‌توان گفت که نتایج این تحقیق، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برای ایران را تأیید می‌کند. بر این‌اساس، پیشنهاد می‌شود که دولت، برنامه‌های خود را با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی و بویژه آلودگی هوا طراحی نماید.

نتایج تحقیق، حاکی از این است که سالخوردگی جمعیت، تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار آلودگی هوا دارد؛ بدین معنی‌که با افزایش سالخوردگی جمعیت، انتشار آلودگی هوا کاهش می‌یابد که با نتایج مطالعات کیم و همکاران (۲۰۲۰b)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۸)، یوو و همکاران (۲۰۱۷)، حسن و سلیم (۲۰۱۵)، لی و لی (۲۰۱۴) و دالتون و همکاران (۲۰۰۸) هم‌راستا است. این پژوهشگران هم در مطالعات خود، به این نتایج دست یافته‌اند که سالخوردگی جمعیت، با کاهش انتشار CO_2 همراه است. سایر نتایج این تحقیق، نشان داد که شهرنشینی، صنعتی‌شدن و آزادی تجاری، تأثیر مثبتی بر آلودگی هوا دارند که باز با مطالعه یوو و همکاران (۲۰۱۷)، همسویی دارد.

پیر شدن جمعیت، به ضرر اقتصاد یک کشور است و اگرچه سالخوردگی جمعیت برای هر کشوری ممکن است اتفاق بیافتد، اما نمی‌توان سیاست افزایش افراد مسن در ترکیب جمعیت کشور را تدوین و اجرایی کرد؛ اگرچه از این طریق، از میزان آلودگی هوا کاسته می‌شود، اما ضررهایی که پیرشدن جمعیت دارد، در مقابل این فایده ناچیز است. البته برای سالخوردگی جمعیت و مواجهه منطقی با آن، اخیراً مباحثی چون «سالخوردگی فعال» مطرح می‌گردد که باید با توجه به گذار ساختار سنی جمعیت و حرکت به سمت سالخوردگی در سال‌های آتی، در دستور کار سیاست‌گذاران قرار گیرد و اجزاء و مؤلفه‌های آن، مورد توجه قرار گیرد. باز هم تکرار می‌گردد که با توجه به شواهد ترکیب سنی جمعیت ایران در طول دوره مورد بررسی، می‌توان گفت که در دهه‌های آتی، افراد سالخورده‌تر، درصد بیشتری از جمعیت کل را تشکیل می‌دهند که این امر، موجب کاهش آلودگی ناشی از دی‌اکسید کربن به صورت خودکار بدون دخالت دولت و یا هر نوع اقدامی دیگر می‌شود. در واقع، سالخورده شدن ساختار سنی جمعیت یک کشور، در مقابل ضررهایش، می‌تواند این فایده را نیز داشته باشد.

افزایش نسبت جمعیت سالخوردگان (افراد ۶۵ ساله و بالاتر)، موجب می‌شود که از نیروی انسانی تولید کاسته شده و به‌تبع، کاهش رشد اقتصادی را به‌دنبال داشته باشد. افزایش نسبت جمعیت سالخوردگان، مسلماً به افزایش هزینه‌های بهداشت و درمان منجر خواهد شد و همچنین مراقبت‌های مربوط به این گروه سنی را افزایش می‌دهد، و از آنجا که جمعیت بالای ۶۵ سال، اصولاً از عایدی ناشی از اندوخته‌ها و پس‌اندازهای دوره جوانی خود بهره‌مند هستند، در نتیجه، به جای سرمایه‌گذاری پس‌اندازهای خود، از آنها استفاده کرده و پیر شدن جمعیت، سبب کاهش پس‌انداز عمومی و سرمایه و نیروی انسانی می‌شود. اما با توجه به کاهش فعالیت اقتصادی، موجبات کاهش آلودگی هوا را فراهم می‌آورد.

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که شهرنشینی و صنعتی‌شدن، تأثیر مثبت بر آلودگی هوا داشته است. این نتیجه، بیانگر آن است که با افزایش تعداد بنگاه‌های صنعتی و روند رو به رشد شهرنشینی در ایران طی دوره مورد بررسی تحقیق، میزان آلودگی هوا افزایش یافته است. دلیل این امر، آن است که اکثر صنایع ایران انرژی‌بر بوده و از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند. دلیل دیگر آن، می‌تواند تکنولوژی فرسوده با بازدهی کم در تولید باشد.

با افزایش شهرنشینی طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۶۰، شاهد افزایش وسایل نقلیه و تولید بیشتر زباله بوده‌ایم که موجبات بیشتر شدن آلودگی هوا را فراهم ساخته است. سایر نتایج تحقیق، نشان داد که آلودگی دوره قبل و آزادی تجاری، تأثیر مثبتی بر آلودگی هوا دارند. سیاست توسعه آزادی اقتصادی با ایجاد تقسیم کار و استفاده از مزیت‌ها، ظرفیت بهره‌برداری بیشتر در صنایع، افزایش در نرخ تشکیل سرمایه و تغییر تکنولوژی و ایجاد رقابت در بازارهای بین‌المللی، به بازدهی کل عوامل تولید در سطحی بالاتر منجر می‌شود و در نتیجه، بر کیفیت محیط‌زیست تأثیرگذار است. نتایج این مطالعه، تاحدود زیادی هم‌راستا با نتایج سایر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌باشد.

References

Afqahi, M., & Zare, B. (2015). "Variables Affecting Fertility Reduction and the Study of the Future of Demographic Change in Iran". The Second National Conference and the First International Conference on New Research in the Humanities, Tehran, Vira Capital Institute of Managers (in Farsi).

Akpan, U., & E Abang, D. (2014). Environmental Quality and Economic Growth: A Panel Analysis of the" U" in Kuznets.

Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). "Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Vietnam". Energy Policy, 76: 123-131.

Amir Teymouri, S., & Khalilian, S. (2009). "A Study of Economic Growth and Gas Emissions in OPEC Member Countries: The Kuznets Environmental Curve Approach". Environmental Sciences, **7**(1): 161-172 (in Farsi).

Amirnejad, H., & Asadpour kordi, M. (2014). "The Group Examined the Relationship Between Air Pollution, GDP, Energy Intensity and Openness in Iran (Applications of Environmental Kuznets hypothesis)". Agricultural Economics, 8(3), 117-132 (in Farsi).

Amirnejad, H., & Salari Bardsiri, M. (2014). "Environmental Degradation Measurement Using Principal Component Analysis Technique in Iranian Metropolises". Agricultural Economics, **8**(Special Issue): 137-155 (in Farsi).

Amirnejad, H., Zargartalebi, M., & Roshanfar, M. (2016). "The Relationship Between Carbon Dioxide Emissions and Energy Consumption and Environmental Destruction in Iran". Agricultural Economics, **9**(4): 177-195 (in Farsi).

Ang, J. B. (2007). "CO_2 Emissions, Energy Consumption, and Output in France". Energy Policy, **35**(10), 4772-78.

Baltagi, B. (2008). *Econometric analysis of panel data*, John Wiley & Sons.

Bardazzi, R., & Pazienza, M. G. (2017). "Switch off the Light, Please! Energy Consumption, Aging Population and Consumption Habits". Energy Econ. 65: 161-171.

Barghi Oskooi, M. (2008). "Effects of Commercial Liberalization on Greenhouse Gas (Carbon Dioxide) Emissions in the Kuznets Environmental Curve". *Journal of Economic Research*, **43**(1): 1-21 (in Farsi).

Beck, T., Levine, R., & Loayza, N. (2000). "Finance and the Sources of Growth". Journal of financial economics, **58**(1): 261-300.

Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). "CO_2 Emissions, Energy Consumption, Economic and Population Growth in Malaysia". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41: 594-601.

Behbudi, D., Fallahi, F., & Barghi, E. (2010). "The Economical and Social Factors Effecting on CO_2 Emission in Iran". Journal of Economic Research, **45**(1): 1-17 (in Farsi).

Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). "Residential Energy Use and Conservation: Economics and Demographics". Eur. Econ. Rev. 56: 931-945.

Carson, T.R. (2010). "The Environmental Kuznets Curve: Seeking Empirical Regularity and Theoretical Structure". Review of Environmental Economics and Policy, Vol. 4, No. 1: 3-23.

Dalton, M., O'Neill, B., Prskawetz, A., Jiang, L., & Pitkin, J. (2008). "Population Aging and Future Carbon Emissions in the United States". Energy economics, **30**(2): 642-675.

Del Angizan, S., Soheili, K., & Baharipour, S. (2015). "Evaluation of the Effect of Changing Population Age Structures on Household Sector Energy Consumption in Iran". Quarterly Journal of Quantitative Economics, **12**(2): 105-135 (in Farsi).

Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). "Effects of Population and Affluence on CO_2 Emissions". Proceedings of the National Academy of Sciences, **94**(1): 175-179.

Dijkgraaf, E., & Vollebergh, H. R. (2001). *A note on testing for environmental Kuznets curves with panel data*, Fondazione Eni Enrico Mattei.

Dinda, S., & Coondoo, D. (2006). "Income and Emission: A Panel Data-based Cointegration Analysis". Ecological Economics, **57**(2): 167-181.

Eeast-West Center. (2002). The Future of Population in Asia, USA.

Fotros, M., Ferdousi, M., & Mehrpeyma, H. (2012). "An Examination of Energy Intensity and Urbanization Effect on Environmental Degradation in Iran (A Cointegration Analysis)". Journal of Environmental Studies, **37**(60): 13-22 (in Farsi).

Garau, G., Lecca, P., & Mandras, G. (2013). "The Impact of Population Ageing on Energy Use: Evidence from Italy". Economic Modelling, 35: 970-980.

Greene, W. (2011). "Fixed Effects Vector Decomposition: A Magical Solution to the Problem of Time-invariant Variables in Fixed Effects Models?". Political Analysis, **19**(2), 135-146.

Greene, W. H. (2008). "The Econometric Approach to Efficiency Analysis". The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth, **1**(1): 92-250.

Greiner, A., Semmler, W., & Gong, G. (2016). *The Forces of Economic Growth: A Time Series Perspective*, Princeton University Press.

Halicioglu, F. (2009). "An Econometric Study of CO_2 Emissions, Energy Consumption, Income and foreign Trade in Turkey". Energy Policy, **37**(3): 1156-64.

Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis (Vol. 2)*, Princeton: Princeton university press.

Hassan, K., & Salim, R. (2015). "Population Ageing, Income Growth and CO_2 Emission: Empirical Evidence from High Income OECD Countries". Journal of Economic Studies, **42**(1): 54-67.

Hossain, S. (2012). An Econometric Analysis for CO_2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan. Low Carbon Economy, 3 (3A): 92-105. doi: 10.4236/lce.2012.323013.

Ismail, M. A., & Mawar, M. Y. (2012). *Energy Consumption, Emissions and Economic Growth in an oil Producing Country*, (No. 37535), University Library of Munich, Germany.

Jafari Samimi A., & Mohammadi Khyareh, M. (2014). "Short run and Long run Relationship among CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence from Iran". QJER, **14**(2): 1-20 (in Farsi).

Jefferson, M. (2006). "Sustainable Energy Development: Performance and Prospects". Renewable energy, **31**(5): 571-582.

Jha, D., Liu, P., & Shi, H. (2022). "Does Population Aging Aggravate Air Pollution in China?". Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, **27**(15): 1-14.

Jiang, L., & Hardee, K. (2011). "How do Recent Population Trends Matter to Climate Change?". Population Research and Policy Review, **30**(2): 287-312.

Kim, J., Jang, M., & Shin, D. (2020a). "Examining the Role of Population Age Structure Upon Residential Electricity Demand: A Case from Korea". Sustainability, 11:3914.

Kim, J., Lim, H., & Jo, H-H. (2020b). "Do Aging and Low Fertility Reduce Carbon Emissions in Korea? Evidence from IPAT Augmented EKC Analysis". Int. J. Environ Res. Public Health, 17:2972.

Lantz, V., & Feng, Q. (2006). "Assessing Income, Population, and Technology Impacts on CO_2 Emissions in Canada: Where's the EKC?". Ecological Economics, **57**(2): 229-238.

Li, B., Li, T. (2014). "An Empirical Study of the Environmental Kuznets Curve for China's Air Pollution: By GMM Model and Threshold Effect with Dynamic Panel Data". On Economic Problems, 4:17-22.

Li, S., & Zhou, C. (2019). "What Are the Impacts of Demographic Structure on CO_2 Emissions? A Regional Analysis in China Via Heterogeneous Panel Estimates". Science of the Total Environment, 650: 2021-31.

Loi, T. S., & Loo, S. L. (2016). "The Impact of Singapore's Residential Electricity Conservation Efforts and the Way Forward. Insights from the Bounds Testing Approach". Energy Policy, 98: 735-743.

Lucas, R. E., Wheeler, D., & Hettige, H. (1993). *Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution, 1960-88* (Vol. 1062), World Bank Publications.

Menz, T., & Welsch, H. (2012). "Population Aging and Carbon Emissions in OECD Countries: Accounting for Life-cycle and Cohort Effects". Energy Economics, **34**(3): 842-849.

Mohamadpour, G., Bakhshi dastjerdy, R., jaafari, S., & Asna ashari, H. (2013). "Study the Effect of Age Structure Population on Iran's Economic Growth". Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi), **48**(2): 201-224 (in Farsi).

Mohammadzadeh, A., Shahikitash, M., & Roshan, R. (2015). "Comparison of Consumption Based Capital Asset Pricing (CCAPM) and Housing CCAPM (HCCAPM) Model in Explaining Stock Returns in Iran". Quarterly Journal of Applied Theories of Economics, **2**(3): 49-72 (in Farsi).

Mohtashami, N., & Rafiee, H. (2015). "The Effect of Oil Export Growth on Environmental Quality in Iran". Agricultural Economics, **9**(2): 121-142 (in Farsi).

Mota, R. P., & Dias, J. (2006). "Determinants of CO_2 Emissions in Open Economies: Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis (1970-2000)". MPRA Paper, (13342).

Mozaffari, Z., & Motafakker azad, M. (2019). “The Effect of Social Capital and Human Capital on Air Pollution in Iranian Provinces”. Quarterly Journal of Applied Theories of Economics, **6**(1): 97-128 (in Farsi).

Nahman, A., & Antrobus, G. (2005). “Trade and the Environmental Kuznets Curve: Is Southern Africa a Pollution Haven?”. South African Journal of Economics, **73**(4): 803-814.

O'neill, B. C., & Chen, B. S. (2002). “Demographic Determinants of Household Energy Use in the United States”. Population and development review, 28: 53-88.

O'Neill, B. C., Dalton, M., Fuchs, R., Jiang, L., Pachauri, S., & Zigova, K. (2010). “Global Demographic Trends and Future Carbon Emissions”. Proceedings of the National Academy of Sciences, **107**(41): 17521-26.

O'Neill, B. C., Liddle, B., Jiang, L., Smith, K. R., Pachauri, S., Dalton, M., & Fuchs, R. (2012). “Demographic Change and Carbon Dioxide Emissions”. The Lancet, **380**(9837): 157-164.

Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development (No. 992927783402676). International Labour Organization.

Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., & Common, M. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics*, Pearson Education.

Sadeghi, H., & Saadat, R. (2004). “Population Growth, Economic Growth and Environmental Impacts in Iran (A Causal Analysis)”. Journal of Economic Research, **39**(1) (in Farsi).

Sadeghi, S., Sojoodi, S., & Ahmadzadeh Deljavan, F. (2016). “Investigating the Effect of Demographic Variables on Environment Quality Based on STIRPAT Model”. Journal of Environmental Science and Technology, **18**(winter): 257-275.

Samadi, S., & Yarmohammadian, N. (2013). “Estimating Environmental Kuznets Curve Using Fractional Co-integration Method”. Iranian Energy Economics, **2**(5): 129-152 (in Farsi).

Shahbazi, K., Hamidi Razi, D., & Feshari, M. (2015). “Investigating the Factors Affecting Air Pollution Emissions in Caspian Sea Countries: Panel Spatial Durbin Model”. Journal of Environmental Studies, **41**(1): 107-127 (in Farsi).

Soytas, U., & Sari, R. (2009). “Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member”. Ecological Economics, **68**(6): 1667-75.

Suri, V., & Chapman, D. (1998). “Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve”. Ecological economics, **25**(2): 195-208.

Taghinezhadomran V., & Bahman, M. (2012) “Extended Taylor Rule: Empirical Evidence from Iran 1979-2008”. JEMR. **3**(9): 1-19 (in Farsi).

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022, Online Edition.

Vaghefi, E., & Haghighatian, M. (2015). “The Role of Cultural Capital Effect in Environmental Social Behaviors (Case Study: Shiraz City)”. Majlis and Rahbord, **22**(84): 371-393 (in Farsi).

Vaseghi, E., & Esmaeili, A. (2010). “Investigation of the Determinant of CO_2 Emission in Iran (Using Environmental Kuznets Curve)”. Journal of Environmental Studies, **35**(52): 99-110 (in Farsi).

Wei, T., Zhu, Q., & Glomsrøda, S. (2018). “How Will Demographic Characteristics of the Labor Force Matter for the Global Economy and Carbon Dioxide Emissions?”. Ecol. Econ, 147: 197-207.

Wen, L., & Li, Z. K. (2019). “Driving Forces of National and Regional CO_2 Emissions in China Combined IPAT-E and PLS-SEM Model”. Sci. Total Environ, 690: 237-247.

Yu, Y., Deng, Y. R., & Chen, F. F. (2017). *Impact of Population Aging and Industrial Structure on CO_2 Emissions and Emissions Trend Prediction in China*, Atmospheric Pollution Research.

Zagheni, E. (2011). “The Leverage of Demographic Dynamics on Carbon Dioxide Emissions: Does Age Structure Matter?”. Demography, **48**(1): 371-399.

Zhu, Q., & Peng, X. (2012). “The Impacts of Population Change on Carbon Emissions in China during 1978-2008”. Environmental Impact Assessment Review, 36: 1-8.

Zibaei, M., & Sheikh-Zainuddin, A. (2009). “Biodiversity and Economic Growth: A Cross-Country (With Emphasis on Developing Countries)”. Journal of Environmental Studies, **35**(49): 61-72 (in Farsi).

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.23, No.3, Autumn 2023, P: 27-52

The Relationship between Population Aging and Air Pollution in Iran: Application of GMM

Zana Mozaffari[1]
Saeed Khani[2]
Bakhtiar Javaheri[3]

Received: 2022-10-10 Accepted: 2022-11-6

Introduction

Nowadays, environmental problems, especially air pollution, are one of the major issues in the world's metropolises with increasing its dimensions and side effects. Humans are one of the main sources of air pollution. The age structure of the population is an important indicator in the progress of societies. It can be said that one of the effective factors in economic growth and long-term socio-economic development plans is the age structure of the population (youth or aging population). In working-age (provided that the labor market has the capacity to absorb more workforce in activities), increasing labor supply leads to economic growth.

In general, the age structure of population is important because economic activities and energy consumption vary by age or stage of life. On the other hand, the age of household head is related to household size (people over 65 usually have smaller households than middle-aged people). Studies conducted in Iran have mostly focused on examining Kuznets' environmental hypothesis, the impact of income and population changes on carbon dioxide emissions, and so far have not examined the effect of aging on carbon dioxide emissions. Therefore, this article examines the effect of aging on air pollution in Iran. This article uses the GMM to investigate the dynamic effect of population aging on air pollution during 1981-2020.

Methodology

To collect information for this study, a documentary method was used. The research was conducted based on annual data from 1982 to 2020 in Iran's economy. EViews software was used to estimate the model. It should be noted that data related to research variables were extracted from various sources such as the Central Bank of Iran Statistical Center of Iran, and Energy Balance Sheets.

To estimate the model, a time series econometric method called GMM was used because the model used in this study is dynamic and satisfies generalized moment conditions. In fact, GMM is used for time series models that are linear and also provide generalized moment conditions and instrumental variable properties. This method have many advantages.

Results and Discussion

In this study, the impact of population aging on air pollution was investigated using the GMM in Iran during the period of 1981-2020. The estimation of the model indicates that increasing the age of the population and the transition of the

1. Assistant Professor of Economics, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, (Corresponding Author), E-mail: z.mozaffari@uok.ac.ir
2. Assistant Professor of Sociology, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: s.khani@uok.ac.ir
3. Associate Professor of Economics, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: b.javaheri@uok.ac.ir

age structure of the population to the aging stage has a negative effect on air pollution. As it is predicted, Iran will face the problem of population aging in the next few years. According to the results, with increasing population, it can be expected that air pollution and environmental degradation will decrease. Due to the negative coefficient of the per capita income squared, the Kuznets environmental hypothesis is confirmed by considering the age structure of the population. In addition, urbanization, industrialization, trade openness, pollution of the previous period have positive and significant effects on air pollution.
The results indicate an inverted U-shaped EKC pattern between environmental degradation (pollution emissions) and per capita income (economic growth); therefore, it can be concluded that environmental degradation initially increases with increasing per capita income in a country, but after reaching a certain level of economic growth, environmental degradation stops and then decreases. Therefore, the results confirm the Kuznets environmental hypothesis for Iran. Based on this, it is recommended that the government design its plans with environmental considerations, especially air pollution. The results indicate that population aging has a significant negative effect on air pollution emissions. Population aging is detrimental to a country's economy and although it is inevitable for any country, policies to increase the number of elderly people in the population mix cannot be formulated and implemented even though it reduces air pollution levels. However, the harm caused by population aging outweighs this benefit. Of course, recently topics such as "active aging" have been raised to deal with population aging logically and should be on policymakers' agenda given the transition of age structure and movement towards aging in future years.

Conclusion

Based on the evidence of Iran's population age distribution during the period under study, it can be said that in future decades, older individuals will make up a higher percentage of the total population. This will lead to a reduction in carbon dioxide pollution automatically without government intervention or any other actions. The results of this study also show that urbanization and industrialization have positive impacts on air pollution. This result indicates that with the increase in the number of industrial enterprises and the trend towards urbanization in Iran, air pollution has increased. The reason for this is that most industries in Iran are energy-intensive and use fossil fuels. Another reason is the outdated technology with low efficiency in production. Other research findings show that pollution from previous periods and trade liberalization have positive effects on air pollution. The policy of economic liberalization by creating division of labor and using advantages, increasing capacity utilization in industries, increasing capital formation rates, changing technology, and creating competition in international markets lead to higher productivity levels for all production factors at a higher level.

Keywords: Population aging, Air pollution, GMM
JEL Classification: C22, P48, Q56