# اثر هدفمندسازی یارانه حامل های انرژی بر میزان انتشار آلودگی در ایران

سیمین خرمی مقدم[1*]، جعفر عزیزی[2]

[1*]- کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، کارشناس مطالعات کاربردی سازمان پارک ها و فضای سبز شهرداری رشت

۲- استادیار بخش کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

Gilan7782@yahoo.com

## چکیده

توجه به میزان انتشار گاز¬های آلاینده و گلخانه¬ای و بررسی روند تغییرات آنها طی دوره¬های زمانی مختلف، ابزاری مناسب را در جهت برنامه¬ریزی و سیاست¬گزاری لازم برای کاهش آثار و تبعات منفی مصرف انرژی فراهم می¬آورد. در این مطالعه به بررسی رابطه اثرات زیست محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران برای دوره ۳۸ ساله پرداخته شده است مدل بکار رفته برگرفته از الگوی STIRIPAT می باشد. نتایج نشان می دهد کشش و حساسیت انتشار سرانه¬ی گاز دی اکسید کربن نسبت به مصرف انرژی (شدت استفاده از انرژی) مثبت و معنی¬دار است و همچنین با اجرای طرح هدفمند سازی یارانه حامل های انرژی میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه¬ای کاهش یافته است و محاسبه هزینه های اجتماعی ناشی از آلودگی نشان می دهد که اجرای این طرح سبب کاهش هزینه ای قابل ملاحظه ای شده است.

**واژه‌های کلیدی: تخمین مدل آلودگی، حامل های انرژی، انتشار دی اکسید کربن، هدفمند سازی یارانه**

**مقدمه**

گروه حامل‌های انرژی به عنوان یکی از اصلی‌ترین گروه‌های کالاهای مشمول یارانه، موضوع بحث این مطالعه است. اهمیت خاص کالاهای حامل انرژی نخست از آن جهت است که انرژی به عنوان کالای مصرفی در بخش-های مختلف مانند حمل و نقل و مسکن (خانگی) مورد استفاده قرار می‌گیرد و دوم آن که، این حامل‌ها به عنوان نهاده تولید، در بخش‌های مختلف تولید کالاها و خدمات کاربرد دارند.

می‌توان توقع داشت که در کوتاه مدت حذف یا کاهش یارانه حامل‌های انرژی در بخش‌های تولیدی باعث افزایش شدید قیمت تمام شده تولیدات شده و رفاه خانوارها را به سختی تحت تأثیر قرار دهد. اما بررسی اثرات ناشی از این طرح بر روی میزان مصرف حامل‌ها یکی از سوالات اساسی پیش روی ما بعد از اجرای این طرح بوده‌است و اینکه اثر این طرح بر ابعاد آلودگی چگونه بوده‌است.

اتکای کشور به مصرف انرژی حاصل از نفت و گاز که تجدیدناپذیر هستند در آینده‌ای نه چندان دور ما را با خطر بن بست رو به رو خواهدکرد. از سوی دیگر چاه‌های نفت ما نیمه دوم عمر خود را طی می‌کند و برای حفظ قدرت تولید نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین صد تا صد و پنجاه میلیارد دلار دارد. از سوی دیگر نرخ رشد مصرف، ما را با وضعیتی رو به رو خواهدکرد که تمام تولید نفت خود را در داخل به فرآورده تبدیل کرده و مصرف کنیم و امکان صادرات نفت خام یا فرآورده‌های آن برای ما ممکن نخواهدبود بلکه پس از آن نقطه واردکننده محض حامل‌های انرژی خواهیم‌بود. ضرورت مدیریت مصرف انرژی، ما را به سوی اصلاح قیمت‌های نسبی حامل‌های انرژی سوق می‌دهد تا از این راه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان را به مصرف کمتر تشویق کنیم.

در این میان هدفمند سازی یارانه حامل‌های انرژی یکی از راهکارهای مهم برای حل مشکل پیشرو بوده-است، که هدف کاهش مصرف انرژی یکی از نتایج مورد انتظار این طرح می‌باشد. با توجه به طرح اجرا شده در کشور، میزان تاثیر گذاری ناشی از این مهم بر میزان مصرف حامل‌های انرژی نیازمند بررسی می‌باشد. از طرفی چگونگی تولید و استفاده از حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده، از عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی محیط زیست در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی است (اعظم سلگی، ۱۳۸۸). بر همین اساس توجه به میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای و بررسی روند تغییرات آنها طی دوره‌های زمانی مختلف، ابزاری مناسب را در جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گزاری لازم برای کاهش آثار و تبعات منفی مصرف انرژی فراهم می-آورد. پس بررسی تغییر میزان گازهای آلاینده قبل و بعد از اجرای این طرح از موارد مورد بررسی می‌باشد.

اهداف تحقیق

- بررسی تغییر در میزان انتشار آلودگی در هوا پس از هدفمند سازی یارانه‌های حامل‌های انرژی

فرضیات تحقیق

- هدفمند سازی یارانه حامل‌های انرژی باعث کاهش مصرف و صرفه‌جویی آنها می‌شود.
- طرح هدفمند سازی سبب کاهش آلودگی هوا می‌شود.

## پیشینه تحقیق

از زمانی که آلودگی‌های زیست محیطی، به عنوان مسأله اقتصادی و اجتماعی مطرح گردید، مطالعه در مورد عوامل موثر بر آلودگی محیط زیست نیز آغاز شده‌است. در این زمینه، اکثر صاحب نظران بر این عقیده‌اند که عواملی همچون مصرف انرژی، رشد اقتصادی و رشد جمعیت در ایجاد و گسترش آلودگی نقش اساسی دارند.

به منظور تبیین مناسب‌تر ابعاد موضوع، مباحث مربوط به مبانی نظری در ذیل سه عنوان فرعی: اقتصاد و محیط زیست، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی و نیز اثرات زیست محیطی و جمعیت ارائه می گردد.

### مصرف انرژی، رشد اقتصادی و محیط زیست

ادبیات اقتصادی حاکی از وجود ارتباط قوی بین سطح فعالیت‌های اقتصادی (رشد اقتصادی) و مصرف انرژی است، زیرا انرژی به عنوان نیرو محرکه‌ی اکثر فعالیت‌های تولیدی و خدماتی بوده و جایگاه خاصی در رشد و توسعه اقتصادی دارد. اقتصاددانان اکولوژیک بیان می کنند که در مدل بیو فیزیکی رشد، انرژی تنها و مهم‌ترین عامل رشد است. به طوری که از نظر آن‌ها نیروی کار و سرمایه عوامل واسطه‌ای هستند که برای استفاده به انرژی نیاز دارند (استرن[1]، ۲۰۰۴).

دیدگاه اغلب اقتصاددانان نئو کلاسیک، مخالف اقتصاددانان اکولوژیک می‌باشد. آن‌ها معتقدند که انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه می گذارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و مستقیماً اثری بر رشد اقتصادی ندارد. اغلب اقتصاددانان نئوکلاسیک بر یک اصل معتقدند و آن این است که انرژی نقش کوچکی در تولید اقتصادی داشته و یک نهاده واسطه‌ای است و عوامل اساسی تولید تنها نیروی کار، سرمایه و زمین هستند (استرن[2]،۱۹۹۳).

اما مصرف بی–رویه انرژی، به ویژه سوخت‌های فسیلی برای تحقق اهداف رشد اقتصادی و علاوه بر آن و ضعف کارآیی در مصرف آن باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌شود؛ به طوری که از عوامل مهم

[1]. Stern (2004)
[2]. Stern (1993)

آلودگی هوا، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن که یکی از مهم‌ترین انواع گازهای گلخانه‌ای است، نتیجه‌ی مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های تولیدی، تجاری، خدماتی و خانگی می‌باشد (عالم و دیگران[3]، ۲۰۰۷).

مایر و کنت (۱۹۹۵)[4]، ارتباط بین مصرف انرژی و تخریب محیط زیست را به این صورت بیان می‌کنند که هر چند پس از انقلاب صنعتی به ویژه در دهه‌های اخیر با استفاده‌ی بیشتر از انرژی، متوسط بهره‌وری عوامل تولید افزایش یافت و لیکن استفاده از انرژی از طریق تأثیرات آلوده‌کننده‌ی خود، باعث تخریب محیط زیست گردید. زیرا بخش عمده گاز-های گلخانه‌ای منتشر شده در جهان به صورت گاز دی‌اکسیدکربن است که ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. از این‌رو بخش انرژی بیشترین سهم را در مسائل تغییر شرایط محیط زیست دارد و لذا سیاست انرژی و سیاست محیط زیست ارتباط تنگاتنگی با هم دارند (شیم[5]، ۲۰۰۶).

رشد اقتصادی، هم باعث استفاده بیشتر از منابع طبیعی و زیست محیطی می‌شود و هم سبب افزایش خروجی‌های نامطلوب و آلاینده‌ها می‌گردد که در تخریب محیط‌زیست مؤثر هستند. در این زمینه، مطالعات زیادی صورت گرفته‌است

کول و همکاران[6] (۱۹۹۷)، برای بررسی ارتباط نشر دی اکسید کربن و رشد اقتصادی، از متغیرهای تکنولوژی، جمعیت و تجارت استفاده کردند و در بررسی هفت ناحیه از جهان برای دوره‌ی ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۲، به فرضیه‌ی زیست محیطی کوزنتس دست یافتند. فرضیه‌ی منحنی زیست محیطی کوزنتس، در کار پانایوتو[7] (۲۰۰۰) با داده‌های درآمد، نشر دی اکسید کربن، حجم تجارت، ذخیره‌ی سرمایه و جمعیت در طول ۱۸۷۰ تا ۱۹۹۴ برای ۱۷ کشور توسعه‌یافته تأیید شد.

صالح و دیگران (۱۳۸۶)، رابطه‌ی بین انتشار دی اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی در ایران را طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۳۹ مورد بررسی قرار داده‌اند و با استفاده از نتایج به دست آمده، به تحلیل منحنی زیست محیطی کوزنتس در شرایط ایران پرداخته‌اند. در این مقاله از آزمون استاندارد علیت گرنجر و آزمون علیت هسیائو استفاده و منحنی زیست محیطی کوزنتس با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برآورد شده-است. نتیجه‌ی این مقاله حاکی از وجود رابطه‌ی یک طرفه از انتشار دی اکسید کربن به تولید ناخالص داخلی است. در این مقاله فرم مورد انتظار منحنی EKC در شرایط ایران، مورد تأیید قرار نگرفته‌است.

شرزه‌ای و حقانی (۱۳۸۸)، رابطه‌ی علیت گرنجری میان مصرف انرژی، درآمد ملی و انتشار کربن همراه با عوامل نیروی کار و سرمایه را در دوره‌ی ۱۳۸۴-۱۳۵۳ مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده در این مقاله

---

[3]. Alam *et al* (2007)
[4]. Myer and Kent (1995)
[5]. Shim (2006)
[6]. Cole *et al* (1997)
[7]. Panayotou (2000)

حاکی از وجود یک رابطه‌ی علی یک طرفه از درآمد ملی به مصرف انرژی است. ولی رابطه‌ی علی میان درآمد و انتشار کربن مورد تأیید قرار نگرفته‌است.

سویتاس و سری[8] (۲۰۰۷) رابطه علی بین سه متغیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار کربن را برای ترکیه مورد بررسی و تحلیل قرار داد. وی از متغیرهای نیروی انسانی، سرمایه، رشد اقتصادی و انتشار کربن برای بررسی چگونگی ارتباط بین رشد اقتصادی و انتشار کربن استفاده کرد. نتایج سویتاس، حاکی از وجود رابطه‌ای یک طرفه از انتشار کربن به مصرف انرژی در ترکیه است. ولی او وجود چنین رابطه‌ای بین انتشار کربن و درآمد ملی را نتیجه نگرفت و بر این اساس استنباط کرد که کاهش انتشار کربن موجب کاهش رشد اقتصادی در ترکیه نمی‌شود.

هالیچی اوغلو[9] (۲۰۰۸)، در یک مطالعه اقتصاد سنجی، رابطه‌ی بین انتشار کربن، مصرف انرژی، درآمد و تجارت خارجی در ترکیه را طی دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۶۰ بررسی کرد. وی با استفاده از آزمون هم جمعی و مدل اقتصاد سنجی ARDL، به بررسی رابطه‌ی متقابل میان این متغیرها پرداخت. نتایج به دست آمده در این مقاله، دو نوع رابطه‌ی بلندمدت میان متغیرها را تأیید کرد. در نوع اول، انتشار کربن توسط مصرف انرژی، درآمد و تجارت خارجی توضیح داده می‌شود و در نوع دوم، درآمد، توسط انتشار کربن، مصرف انرژی و تجارت خارجی تعیین می‌شود.

دیندا و کوندو[10] (۲۰۰۶)، رابطه علیت گرنجر را در مورد رشد درآمد و انتشار کربن برای گروهی از کشورها با استفاده از روش پنل[11] مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که یک رابطه علیت به طور نامحسوس وغیر شفاف میان این دو متغیر وجود دارد. در مورد رابطه علیت گرنجر این نکته را باید یادآوری کرد که وجود رابطه علیت یک طرفه از انتشار آلودگی به درآمد، بیانگر این است که انتشار آلودگی بیش‌تر، درآمد بیش‌تر را به همراه دارد و اگر یک رابطه یک طرفه از درآمد به انتشار آلودگی وجود داشته‌باشد، بیانگر آن است که درآمد بالاتر، آلودگی بیش‌تر به همراه خواهدداشت و در صورت وجود رابطه دو طرفه، یک اثر برگشتی[12] به‌وجود می‌آید.

کارفمن و ریچمند[13] (۲۰۰۶)، با استفاده از متغیر مصرف انرژی روش جدیدی را ابداع کرده‌اند، نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه علیت میان درآمد و مصرف انرژی و انتشار آلودگی وجود دارد. کوندو و دیندا[14] (۲۰۰۲)، با توجه به تحقیقات خود در این زمینه بیان کرده‌اند که کشورهای توسعه یافته برای جلوگیری از تخریب

---

[8]. Soyatas and Sari (2007)
[9]. Halicioglu (2008)
[10]. Dinda and Coondoo (2006)
[11]. Panel Data
[12]. Feed back
[13]. Richmond and Kaufmann (2006)
[14]. Coondoo and Dinda (2002)

محیط زیست باید از رشد اقتصادی صرف‌نظر کنند، زیرا رشد اقتصادی اثرات دلخواه ما را در مورد کاهش دادن آلودگی ندارد

تول و دیگران[15] (۲۰۰۶) در مطالعه‌ی خود به بررسی رابطه-ی بلندمدت بین مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۲-۱۸۵۰ پرداخته‌اند. نتایج اصلی این مطالعه نشان داد که طی دوره‌ی مورد مطالعه، شدت انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با افزایش سوخت‌های فسیلی افزایش می-یابد و رشد جمعیت، رشد اقتصادی و رشد مصرف برق نیز عامل‌های تأثیر گذار بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است.

عالم و دیگران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ی خود به بررسی تأثیر عوامل تعیین کننده‌ی آلودگی محیط‌زیست در پاکستان طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۱ پرداخته‌اند. یافته‌های اصلی این تحقیق نشان داد افزایش در تولید ناخالص داخلی و شدت انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با افزایش سوخت‌های فسیلی افزایش می‌یابد و رشد جمعیت، رشد اقتصادی و رشد مصرف برق نیز عامل‌های تأثیرگذار بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است.

آنگ[16] (۲۰۰۷) در مطالعه‌ی خود به بررسی رابطه‌ی علی پویا بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید در کشور فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ پرداخته است. نتایج مطالعه نشان داد که رشد اقتصادی علیت بلندمدت مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست بوده و یک رابطه‌ی علی یک‌طرفه از سوی مصرف انرژی به رشد تولید در کوتاه مدت برقرار است. همچنین، یافته‌های این مطالعه نشان داد که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیز افزایش می‌یابد.

در مطالعات داخلی نیز صادقی و سعادت (۱۳۸۳) در مطالعه‌ی خود با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۴۶ به بررسی رابطه‌ی علی بین رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده از بررسی رابطه‌ی علی نشان داد که در دوره‌ی مورد مطالعه، یک رابطه-ی علی یک طرفه از رشد جمعیت به سوی تخریب محیط زیست وجود داشته‌است. همچنین، رابطه‌ی علی دو طرفه بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی در ایران نیز برقرار است.

مارتینز و زارزوسو[17] (۲۰۰۸)، در مقاله‌ای با عنوان "تأثیر شهرنشینی بر انتشار دی اکسید کربن: شواهدی از کشورهای در حال توسعه"، به تحلیل تأثیر شهرنشینی بر نشر دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه برای دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۷۵، پرداخت. نتایج وی نشان داد که اگرچه تأثیر رشد جمعیت بر انتشار دی اکسید کربن: دارای کشش‌پذیری برای کشورها با سطوح مختلف درآمدی. تقریبا مساوی و بیش از واحد است، اما تأثیر شهر نشینی برای کشورها با گروه‌های درآمدی گوناگون، متفاوت است: برای کشورهای با درآمد کم و متوسط،

15. Tol *et al* (2006)
16. Ang (2007)
17. Martinez and Zarzoso (2008)

درصد افزایش آلودگی بیش از درصد افزایش شهرنشینی است در حالی که این نسبت برای کشورهای با درآمد بالا ۰/۷۲ است.

## روش شناسی

هدف این بررسی رابطه اثرات زیست محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران است. در این خصوص، ادبیات موضوع اشاره می‌کند که سطح اثرات زیست محیطی به سطح درآمد سرانه (رشد اقتصادی)، مصرف انرژی و رشد جمعیت بستگی دارد. مدل این مطالعه برگرفته از الگوی STIRIPAT[۱۸] و مبتنی بر مطالعات تجربی، به ویژه مطالعه‌ی عالم و دیگران (۲۰۰۷) است که به صورت زیر تصریح شده‌است.

$$co_2 = f(EI, GDPP, URBN, RPOP)$$
$$\ln co_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln EI_t + \beta_2 \ln GDPP_t + \beta_3 \ln URBN_t + \beta_4 \ln RPOP + e_t \qquad (۴)$$

در رابطه فوق، $CO_2$ نشانگر انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسید کربن[۱۹] (بر حسب متر- تن)، GDPP تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)، EI شدت استفاده از انرژی (بر حسب معادل بشکه نفت خام)، RPOP نرخ رشد کل جمعیت، URBN جمعیت شهرنشینی (بر حسب هزار نفر)، $\beta_1$ تا $\beta_4$ کشش-های متغیر وابسته نسبت به متغیرهای توضیحی و $e_t$ جمله‌ی اختلال تصادفی است.

به طور کلی در تحلیل چند متغیره سری‌های زمانی، ممکن است بیش از یک بردار هم انباشتگی[۲۰] بلند مدت وجود داشته‌باشد. در آن صورت روش‌هایی مثل انگل- گرنجر نمی‌تواند بدون هیچ پیش فرضی از جانب تحلیلگر، این بردارها را تعیین کند. یوهانسون و جوسیلیوس با فرموله کردن روشی برای هم انباشتگی برداری که در آن تعیین بردار هم انباشتگی از طریق حداکثر راستنمایی صورت می‌گیرد، توانستند نقایص روش انگل-گرینجر را حل کنند. اساس کار آن‌ها را یک مدل VAR به صورت رابطه (۵) تشکیل می‌دهد:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + ..... + A_P Y_{t-p} + e_t \qquad (۵)$$

بر اساس این رابطه یک مدل تصحیح خطای برداری به صورت رابطه (۶) نوشته می‌شود.

$$Y_t = \pi_1 \Delta Y_{t-1} + \pi_2 \Delta Y_{t-2} + ..... + \pi_{P-1} \Delta Y_{t-p-1} + \pi Y_{t-p} + e_t \qquad (۶)$$

---

[18]. Stochastic Impacts by Regression Population, Affluence and Technology

[۱۹]. گاز دی اکسید کربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که منجر به تغییر آب و هوا و گرمایش کره زمین شده‌است. همچنین، حدود ۶۰ درصد از آثار گازهای گلخانه‌ای ناشی از انتشار دی اکسید کربن است و سهم بالایی را در ایجاد آلودگی آب و هوا دارد. از طرفی، در بسیاری از مطالعات صورت گرفته در این حوزه نیز میزان این گاز به عنوان شاخص آلودگی در نظر گرفته شده‌است.

[20]. Co-integration

که در آن:

$$\pi = -(I - A_1 - A_2 - .... - A_P) \qquad (۷)$$

به طور کلی اساس تحلیل در این روش روی ماتریس $\pi$ استوار است. اگر رتبه ماتریس را بدانیم و تعداد متغیرها را P فرض کنیم آن گاه ۳ حالت پیش آید.

اگر r=p باشد، در آن صورت $\pi$ دارای رتبه کامل است و تمام متغیرها مانا خواهدبود. در این صورت می‌توان از روش VAR برای سطح متغیرها استفاده کرد.

اگر $r\langle p\langle 0$ باشد، در این صورت r بردار هم انباشتگی وجود دارد که پایا هستند و r-p روند تصادفی یا ناپایا خواهدبود.

اگر r=0 باشد، تمام متغیرها دارای ریشه واحد بوده و می‌توان از روش VAR (روش تفاضل مرتبه اول متغیرها) ضرایب را تخمین زد.

بحث یوهانسون- جوسیلیوس بر حالت دوم بنا نهاده شده‌است که در آن رتبه ماتریس کوچک تر از تعداد متغیرهاست. در این روش از دو آماره حداکثر مقدار ویژه۲۱ و آزمون اثر۲۲ برای تعیین تعداد بردارهای هم انباشتگی استفاده می‌شود.

## هزینه‌های اجتماعی آلودگی

هزینه اجتماعی، هزینه‌ای است که اثرات تخریب کننده یا سوء یک آلاینده یا فعالیت را بر محصولات کشاورزی، اکوسیستم‌ها، مواد و سلامت انسان برآورد می‌کند و اغلب هزینه‌ای است که در قیمت تمام شده در نظر گرفته نمی‌شود.

در تعریف دیگر به مجموع پولی که بتواند صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه‌ای را جبران نماید، هزینه تخریب یا هزینه‌های اجتماعی گفته می‌شود. جهت محاسبه هزینه‌های تخریب نیاز به کمی کردن اثر آلاینده‌ها و فعالیت‌ها در محیط‌های اثر پذیر (انسانی و طبیعی) می‌باشد.

در جدول زیر هزینه‌های اجتماعی تخریب محیط زیست در اثر مصرف حامل‌های انرژی فسیلی در کشور آمده‌است. این هزینه بر اساس مطالعات بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست محاسبه شده‌است.

[21]. Maximal Eigenvalue
[22]. Trace

**جدول۱. هزینه‌های اجتماعی بخش انرژی به تفکیک گاز آلاینده/ گلخانه‌ای بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۱**

**(هزار ریال بر تن)**

| نوع گاز | $NO_X$ | $SO_2$ | CO | SPM | $CO_2$ | $CH_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار هزینه | ۴۸۰۰ | ۱۴۶۰۰ | ۱۵۰۰ | ۳۴۴۰۰ | ۸۰ | ۱۶۸۰ |

## داده‌ها

برای تخمین مدل آلودگی از داده‌های سری زمانی، طی سال‌های ۸۷-۱۳۵۰ برای کشور ایران استفاده شد. داده-های مربوط به تولید ناخالص داخلی سرانه، جمعیت کل و جمعیت شهر نشینی از بانک اطلاعات سری‌های زمانی بانک مرکزی و داده‌های مربوط به شدت استفاده از انرژی از ترازنامه‌ی انرژی ایران سال‌های مختلف و داده‌های مربوط به انتشار سرانه گاز دی اکسید کربن از بانک جهانی استخراج شده‌است. لازم به ذکر است که تمامی متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه، به صورت لگاریتمی است. برای انجام قسمت‌های دیگر تحقیق از داده‌های شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی، ترازنامه انرژی سالهای مختلف استفاده شده‌است.

## تجزیه و تحلیل داده ها

تخمین مدل آلودگی و نتایج آن

بررسی ایستایی متغیرها و تعیین مرتبه‌ی بهینه‌ی مدل VAR

برای بررسی رابطه‌ی بلند مدت بین متغیرها مذکور لازم است ایستایی متغیرها بررسی گردد. نتایج حاصل از آزمون ایستایی و ناایستایی متغیرها با استفاده از آماره آزمون دیکی فولر تعمیم یافته حاکی از آن است که لگاریتم متغیرهای انتشار سرانه ی گاز دی اکسید کربن، تولید ناخالص داخلی سرانه، نرخ رشد جمعیت کل و متغیر جمعیت شهرنشینی با یک مرتبه تفاضل گیری ایستا گردیده و لگاریتم متغیر شدت استفاده از انرژی نیز ایستا در سطح است.نتایج در جدول زیر نشان داده شده‌است.

جدول ۲. نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته برای متغیرهای مدل

| متغیرها | آماره ADF | کمیت بحرانی | مرتبه جمعی بودن |
|---|---|---|---|
| $Lco_2$ | -۵/۵۷ | -۲/۹۵ | I(1) |
| LURBN | -۴/۲۳ | -۲/۹۵ | I(1) |
| LRPOP | -۳/۲۹ | -۲/۹۵ | I(1) |
| LGDPP | -۳/۲۳ | -۲/۹۵ | I(1) |
| LEI | -۴/۶۹ | -۳/۵۵ | I(0) |

جدول۳. تعیین تعداد وقفه‌های بهینه

| SBC | AIC | LL | Order |
|---|---|---|---|
| ۵۳/۱۸ | ۶۰/۵۱ | ۷۰/۵۱ | ۶ |
| ۵۴/۵۴ | ۶۱/۱۴ | ۷۰/۱۴ | ۵ |
| ۵۶/۲۷ | ۶۲/۱۳ | ۷۰/۱۳ | ۴ |
| ۵۸/۰۰ | ۶۳/۱۳ | ۷۰/۱۳ | ۳ |
| ۵۹/۶۶ | ۶۴/۰۶ | ۷۰/۰۶ | ۲ |
| ۶۰/۶۹ | ۶۴/۳۵ | ۶۹/۳۵ | ۱ |
| ۶۱/۴۷ | ۶۴/۴۱ | ۶۸/۴۱ | ۰ |

در ادامه، ابتدا درجه یا مرتبه‌ی بهینه‌ی خود رگرسیون برداری تعیین و سپس وجود یا عدم وجود بردارهای هم انباشتگی بین متغیرها با روش یوهانسون- جوسیلیوس بررسی می‌شود.

با توجه به این که حجم نمونه‌ی مورد بررسی در این مطالعه، ۳۸ سال است، برای تعیین مرتبه‌ی بهینه مدل VAR از معیار شواتز- بیزین استفاده شده‌است و با توجه به این معیار مرتبه‌ی بهینه‌ی VAR یک تعیین گردیده‌است (جدول ۳).

## بررسی بردارهای هم انباشتگی

برای تعیین بردارهای هم انباشتگی یا روابط بلند مدت از روش هم انباشتگی یوهانسون- جوسیلیوس استفاده می‌شود. نتایج حاصل از روش اثر ماتریس وجود یک بردار هم انباشتگی را تأیید می‌نمایند. نتایج حاصل از وجود بردار هم انباشتگی با استفاده از روش حداکثر مقادیر ویژه و اثر ماتریس در جدول‌های (۴) و (۵) نشان داده شده‌است.

**جدول (٤). آزمون حداکثر مقدار ویژه ( $\lambda_{\max}$ )**

| فرضیه صفر | فرضیه مقابل | آماره آزمون | مقدار بحرانی در سطح ٪۹۵ | مقدار احتمال در سطح ٪۹۰ |
|---|---|---|---|---|
| $r=0$ | r=1 | ۲۲۴/۶۲ | ۲۹/۹۵ | ۲۷/۵۷ |
| $r\leq 1$ | r=2 | ۱۸/۲۷ | ۲۳/۹۲ | ۲۱/۵۸ |
| $r\leq 2$ | r=3 | ۱۱/۰۱ | ۱۷/۶۸ | ۱۵/۵۷ |
| $r\leq 3$ | r=4 | ۷/۵۱ | ۱۱/۰۳ | ۹/۲۸ |
| $r\leq 4$ | r=5 | ۰/۵۳ | ۴/۱۶ | ۳/۰۴ |

**جدول (۵). آزمون ماتریس اثر ( $\lambda_{trace}$ )**

| فرضیه صفر | فرضیه مقابل | آماره آزمون | مقدار بحرانی در سطح ٪۹۵ | مقدار احتمال در سطح ٪۹۰ |
|---|---|---|---|---|
| $r=0$ | $r\geq 1$ | ۲۶۱/۹۳ | ۵۹/۳۳ | ۵۵/۴۲ |
| $r\leq 1$ | $r\geq 2$ | ۳۷/۳۱ | ۳۹/۸۱ | ۳۶/۶۹ |
| $r\leq 2$ | $r\geq 3$ | ۱۹/۰۵ | ۲۴/۰۵ | ۲۱/۴۶ |
| $r\leq 3$ | $r\geq 4$ | ۸/۰۳ | ۱۲/۳۶ | ۱۰/۲۵ |
| $r\leq 4$ | $r=5$ | ۰/۵۳ | ۴/۱۶ | ۳/۰۴ |

بردار همگرایی حاصل از ماتریس اثر نسبت به متغیر $LCO_2$ نرمال شده‌است و به صورت زیر است:

$$LCO_{2t} = -۰/۴۴۳\, LRPOP_t + ۰/۶۶۹\ LGDPP_t + ۰/۲۰۳\ LEI_t - ۰/۳۱۲\, LURBN_t \qquad (۲)$$

بر اساس بردار هم انباشتگی به دست آمده می‌توان بیان کرد که کشش یا حساسیت انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسید کربن نسبت به تولید ناخالص داخلی سرانه‌ی مثبت، معنی‌دار و برابر ۰/۶۹۹ است. این امر نشان می‌دهد که با افزایش یک درصد در تولید ناخالص داخلی سرانه، سرانه‌ی انتشار گاز دی اکسید کربن و آلودگی محیط زیست به میزان ۰/۶۹۹ درصد افزایش می‌یابد. این یافته با مبانی نظری مربوط نیز که بیان می‌کند افزایش رشد اقتصادی باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌گردد، همسو است.

کشش و حساسیت انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسید کربن نسبت به مصرف انرژی (شدت استفاده از انرژی) مثبت، معنی‌دار و برابر با ۰/۲۰۳ است که نشان می‌دهد با افزایش یک درصد در شدت استفاده از انرژی، سرانه‌ی انتشار گاز دی اکسید کربن به میزان ۰/۲۰۳ درصد افزایش می‌یابد. عدم استفاده کارآ از انرژی و انحراف قیمتی آن، پایین بودن تکنولوژی وسایل انرژی بر و نیز استفاده زیاد از برخی از حامل‌های انرژی با آلایندگی

بیشتر را می‌توان از دلایل اصلی مثبت بودن این ضریب برشمرد. این یافته با مبانی نظری مبنی بر اینکه افزایش مصرف انرژی باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌گردد، نیز سازگاز است.

بنابراین، می‌توان گفت که انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسید کربن در دوره‌ی مورد مطالعه نسبت به تولید ناخالص داخلی سرانه و شدت استفاده از انرژی نزدیک به واحد است.

## میزان انتشار آلودگی

هرچه منبعی آلودگی کمتری داشته‌باشد حامل انرژی مطلوب‌تری خواهدبود. برای برآورد میزان انتشار آلودگی ناشی از مصرف هر یک از حامل‌های انرژی، با استفاده از ترازنامه‌های سال‌های قبل، میزان انتشار هر لیتر سوخت به کیلوگرم محاسبه شد که نتایج زیر بدست آمد.

**جدول (٤-١٤). میزان انتشار مصرف هر لیتر فرآورده‌های نفتی**

**(کیلوگرم)**

| | $CH_4$ | $CO_2$ | SPM | CO | $SO_2$ | $NO_X$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بنزین | ۰/۰۱ | ۲/۳۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۵ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱ |
| نفت گاز | ۰/۰۲ | ۲/۸۳ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ |
| نفت سفید | ۰/۰۰۰۵ | ۲/۶ | ۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۰۵ |
| نفت کوره | ۰/۰۱ | ۳/۳۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۰۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ |
| **گاز مایع** | **۰/۰۰۰٤** | **۱/۷٤** | **۰** | **۰/۰۰۳** | **۰/۰۰۰۱** | **۰/۰۰۰٤** |

با توجه به جدول بالا، به عنوان مثال، به ازای سوخت یک لیتر بنزین حدود ۲/۳۸ کیلوگرم $CO_2$ تولید می‌شود.

میزان انتشار $CO_2$ بیشترین میزان انتشار را از میان گازهای آلاینده و گلخانه‌ای داراست. در نمودار زیر روند متوسط انتشار آن در قبل و بعد از اجرای قانون هدفمند سازی یارانه‌ها نشان داده شده‌است. متوسط انتشار $CO_2$ قبل از اجرای قانون از ۶۷۳۱۱۰ تن در روز به ۶۳۰۸۲۵ پس از آن کاهش یافته‌است، که در واقع به میزان ۶/۲۸ درصد کاهش داشته‌است.

پس از اجرای قانون هدفمند سازی یارانه‌ها بطور متوسط حدود ۲۱۲۲۵ تن در روز گاز CO منتشر شده-است که در مقایسه با مدت مشابه قبل از اجرای قانون، ۶/۸۳ درصد کاهش نشان می‌دهد.

متوسط انتشار $CH_4$ قبل از اجرای قانون از ۹۶/۱۱ تن در روز به ۸۹/۶۷ تن در روز پس از آن کاهش یافته‌است و میزان کاهش انتشار آن به ۶/۷۱ درصد می‌رسد. روند انتشار این گاز کاهشی بوده و دارای متوسط نوسان کمتری می‌باشد. میزان انتشار این گاز به مراتب کمتر از گازهای دیگر می‌باشد.

متوسط انتشار ترکیبات نیترات و نیتریت قبل از اجرای قانون از ۳۱۰۱ تن در روز به ۲۹۴۶ تن پس از اجرا کاهش یافته‌است، در واقع میزان انتشار این گاز به اندازه ۵ درصد کاهش داشته‌است. از آنجاییکه بیشترین میزان انتشار این گازها ناشی از مصرف نفت گاز بوده، نوسانات مصرفی این فرآورده نفتی بر نوسانات موجود در انتشار نیز تأثیرگذار بوده‌است، به طوریکه در ماه‌های ابتدایی هر سال میزان انتشار کاهش چشمگیری داشته‌است.

انتشار این گاز SPM ناشی از مصرف دو فرآورده نفت گاز و نفت کوره می‌باشد. پس از اجرای قانون انتشار آن از ۹۴۱/۰۶ تن در روز به ۹۸۲/۳ تن پس از اجرا تغییر یافته‌است. در واقع میزان کاهش انتشار کمتر از بقیه و در حدود ۴/۲ درصد می‌باشد.

چهارده ماه پس از اجرای قانون هدفمند سازی یارانه‌ها بطور متوسط حدود ۳۹۵۸/۳ تن در روز گاز $SO_2$ منتشر شده‌است که در مقایسه با مدت مشابه قبل از اجرای قانون، ۵/۳۲ درصد کاهش نشان می‌دهد.

## محاسبه هزینه اجتماعی ناشی از آلودگی

با توجه به جدول (۱) میزان هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف هریک از فرآورده‌های نفتی در ماه‌های قبل و بعد از اجرای قانون هدفمند سازی یارانه‌ها محاسبه شده‌است.

**جدول (٤-١٥). متوسط هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلودگی قبل از اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها**

**(هزار ریال در روز)**

| | $CH_4$ | $CO_2$ | SPM | CO | $SO_2$ | $NO_X$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بنزین | ۱۱۹۴۸۲ | ۱۲۰۴۲۱۶۰ | ۲۸۲۹۴۰۰ | ۳۳۲۱۹۰۰۰ | ۱۳۸۵۶۸۶ | ۴۰۹۹۲۰۰ |
| نفت گاز | ۲۲۸۳۱/۲ | ۲۲۴۸۲۲۴۰ | ۲۹۱۷۲۲۳۲ | ۶۶۳۵۱۰ | ۲۳۷۴۱۰۶۰ | ۸۸۴۵۹۲۰ |
| نفت سفید | ۳۲۴۲/۴ | ۳۶۹۴۱۶۰ | ۰ | ۲۰۷۴۵ | ۶۲۱۳۷۶ | ۴۲۵۷۶ |
| نفت کوره | ۱۰۷۰۱/۶ | ۱۳۸۴۳۴۰۰ | ۱۷۸۹۱۴۴ | ۲۰۸۶۰۵ | ۳۵۲۷۳۶۰۰ | ۱۸۷۰۴۶۴ |
| گاز مایع | ۵۲۰۸ | ۱۷۸۶۷۵۰ | ۰ | ۵۹۱۶۰ | ۱۴۸۹۲ | ۲۵۵۳۶ |
| **جمع** | **١٦١٤٦٥** | **٥٣٨٤٨٧١٠** | **٣٣٧٩٠٧٧٦** | **٣٤١٧١٠٢٠** | **٦١٠٣٦٦١٤** | **١٤٨٨٣٦٩٦** |

با توجه به جداول ارائه شده به میزان تفاوت موجود بین هزینه‌های اجتماعی قبل و بعد از اجرای قانون صرف-جویی ریالی حاصل شده‌است.

**جدول (٤-١٦). متوسط هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلودگی بعد از اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها**

**(هزار ریال در روز)**

| | $CH_4$ | $CO_2$ | SPM | CO | $SO_2$ | $NO_X$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بنزین | ۱۱۱۲۶۶ | ۱۱۲۱۳۴۴۰ | ۲۶۳۴۶۹۶ | ۳۰۹۳۳۰۰۰ | ۱۲۹۰۳۴۸ | ۳۸۱۶۰۰۰ |
| نفت گاز | ۲۱۹۵۷/۶ | ۲۱۶۲۲۳۲۰ | ۲۸۰۵۶۲۹۶ | ۶۳۸۱۳۰ | ۲۲۸۳۲۹۴۰ | ۸۵۰۷۵۲۰ |
| نفت سفید | ۲۶۲۰/۸ | ۲۹۹۹۲۰۰ | ۰ | ۱۶۸۴۵ | ۵۰۴۴۳۰ | ۳۴۵۶۰ |
| نفت کوره | ۱۰۰۶۳/۲ | ۱۳۰۰۸۶۶۴ | ۱۶۸۱۴۷۲ | ۱۹۶۰۲۰ | ۳۳۱۵۶۶۰۰ | ۱۷۵۷۷۱۲ |
| گاز مایع | ۴۷۳۷/۶ | ۱۶۲۲۳۳۲ | ۰ | ۵۳۷۱۵ | ۱۳۵۷۸ | ۲۳۱۸۴ |
| **جمع** | **۱۵۰٦٤٦** | **۵۰٤٦۵۹۵٦** | **۳۲۳۷۲٤٦٤** | **۳۱۸۳۷۷۱۰** | **۵۷۷۹۷۸۹٦** | **۱٤۱۳۸۹۷٦** |

## منابع


۱. اعظم سلگی، ع.، نبی زاده، ر. و گودینی، ک. (۱۳۸۸). بررسی رابطه مصرف حامل‌های انرژی در پردیس مرکزی دانشگاه تهران و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از آن، مجله سلامت و محیط، دوره دوم، شماره دوم، ص ۱۵۰ تا ۱۵۹.

۲. ترازنامه‌ی انرژی سال‌های ۱۳۸۸-۸۵، وزارت نیرو، امور انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

۳. شرزه‌ای، غ. و حقانی، م. (۱۳۸۸). بررسی رابطه‌ی علی میان انتشار کربن و درآمد داخلی با تأکید بر نقش مصرف انرژی. تحقیقات اقتصادی. شماره‌ی ۶۸.

۴. صادقی، ح. و سعادت، ر. (۱۳۸۳). رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران (یک تحلیل علی). تحقیقات اقتصادی، ۶۴: ۱۸۰-۱۶۴.

۵. صالح، ا. و همکاران (۱۳۸۶). بررسی رابطه‌ی علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران: مطالعه‌ی موردی گاز دی اکسیدکربن. اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره‌ی ۶۶.

6. Alam, S., Ambreeen, F. & Muhammad, B. (2007). Sustainable Development in Pakistan in the Context of Energy Consumption Demand and Environmental Degradation. Journal of Asian Economics, 18: 825-837.

7. Ang, J.B. (2007). CO2 Emission, Energy Consumption, and Output in France. Energy Policy, 35: 4772-4778.

8. Cole, M. A., Rayner, A. J. & Bates, J. M. (1997). The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis. Environment and Development Economics, 2 (4), 401-416.

9. Coondoo, D. & Dinda, S. (2002). "Causality between Income and Emission: A country Group-Specific Econometric Analysis", Ecological Economics 40: 351–367.

10. Dinda, S. & Coondoo, D. (2006). Income and Emission: a Panel Data-Based Cointegration Analysis. Ecological Economics 57: 167-181.

11. Halicioglu, F. (2008). An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. MPRA Paper, 11457.

12. Martínez-Zarzoso I. (2008). The Impact of Urbanization on CO2 Emissions: Evidence from Developing Countries, In Fondazione Eni Enrico Mattei Note di Lavoro Series 50.

13. Myers, N. & Kent, J. (1995).Environmental exodus: an emergentcrisis in the global arena. Washington, DC: The Climate Institute.

14. Panayotou, T. (2000). Economic growth and the environment. Center for international development at Harvard University working paper, 56.

15. Richmond, A.K. & Kaufmann, R.K. (2006). Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?", Ecological Economics, 56 : 176-189.
16. Shim, J.H. (2006). The Reform of Energy Subsidies for the Enhancement of Marine Sustainability, Case Study of South Korea, University of Delaware.
17. Soytas, U. & Sari, R. (2007). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Doi: 10. 1016/j. ecolecon. 06. 014*
18. Stern, D.I. (1993). Energy and Economic Growth in the USA. A Multivariate Approach. Energy Economics, 15: 137- 150.
19. Stern, D.I. (2004). Energy and Economic Growth, Rensselaer Working Paper, 410.
20. Tol, S.J.W., Pacala, R. & Socolow, S.R. (2006). Understanding Longterm Energy Use and Carbon Dioxide Emissions in the USA. Humborg University.