مجلهٔ تحقیقات اقتصادی / شمارهٔ ۹۰ / بهار ۸۹ / صفحات ۱۷ - ۱

عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه‌ی دی اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶)

داود بهبودی
استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز dbehbudi@gmail.com

فیروز فلاحی
استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز ffallahi@alumni.uottawa.ca

اسماعیل برقی گلعذانی
کارشناس ارشد علوم اقتصادی ebarghi62@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۶

چکیده

هدف اصلی این مطالعه، بررسی رابطه‌ی مصرف انرژی (شدت استفاده از انرژی)، رشد اقتصادی و انتشار سرانه‌ی دی اکسید کربن، به عنوان معیاری برای آلودگی محیط‌زیست در ایران است. برای این منظور از داده‌های سری زمانی در دوره‌ی زمانی ۱۳۸۳- ۱۳۴۶ استفاده شده است. برای برآورد مدل از روش هم انباشتگی جوهانسون- جوسیلیوس و مدل تصحیح خطای برداری (VECM) استفاده شده است.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده‌ی وجود رابطه‌ای مثبت بین متغیرهای مستقل همانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و متغیر انتشار سرانه‌ی دی اکسید کربن در ایران است.

طبقه‌بندی JEL: C22, O13, Q4, Q53

کلید واژه: آزمون جوهانسون- جوسیلیوس، آلودگی محیط‌زیست، رشد اقتصادی، انتشار دی اکسیدکربن، مصرف انرژی، ایران،

۱- مقدمه

ارتباط بین رشد و توسعه‌ی اقتصادی و محیط‌زیست از مسائل مهم و پیچیده است، به‌طوری که چگونگی تعامل بخش انرژی، محیط‌زیست و رشد اقتصادی، از محورهای اصلی توسعه‌ی پایدار هر کشوری محسوب می‌شود. در دهه‌های اخیر، خطرات و آسیب‌های زیست‌محیطی بیش‌تر نمایان شده است. این آسیب‌ها، ناشی از تأثیر عواملی هم‌چون رشد جمعیت، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و فعالیت‌های صنعتی است. هر چند بخش انرژی، زیربنای اساسی تمامی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی است، ولی استفاده‌ی بی‌رویه از انرژی، آسیب‌های زیست‌محیطی فراوانی ایجاد کرده است.

با توجه به این که ایران نیز کشوری در حال رشد و دارای منابع گسترده‌ی انرژی و یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی محسوب می‌شود، لذا هدف این مطالعه، بررسی اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و عوامل اجتماعی در ایران، با توجه به اتخاذ رویکرد رشد اقتصادی بالا با حفظ محیط‌زیست می‌باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه‌ی تجربی

۲-۱- مبانی نظری

ادبیات اقتصادی، حاکی از وجود ارتباط قوی بین سطح فعالیت‌های اقتصادی (رشد اقتصادی) و مصرف انرژی است، زیرا انرژی به عنوان نیرو محرکه‌ی بیش‌تر فعالیت‌های تولیدی و خدماتی، جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه‌ی اقتصادی دارد. برخی اقتصاددانان اکولوژیک مانند نایر و آیرس[1] بیان می‌کنند که انرژی تنها و مهم‌ترین عامل رشد است، از نظر آن‌ها نیروی کار و سرمایه عوامل واسطه‌ای هستند که به‌کارگیری آن‌ها نیز مستلزم استفاده از انرژی است[2](استرن، ۲۰۰۴)، در حالی که اقتصاددانان نئوکلاسیک معتقدند که انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه می‌گذارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و به‌طور مستقیم اثری بر رشد اقتصادی ندارد[3] (استرن، ۱۹۹۳) .

با این حال از نظر همه‌ی صاحبنظران، مصرف بی‌رویه‌ی انرژی به ویژه سوخت‌های فسیلی، برای تحقق اهداف رشد اقتصادی و نیز عدم کارایی کافی در مصرف آن سبب افزایش آلودگی محیط‌زیست می‌شود؛ به‌طوری که از عوامل مهم آلودگی هوا، انتشار گاز

1- Nair & Ayres.
2- Stern, 2004, p. 4.
3- Stern, 1993, p. 141.

دی‌اکسیدکربن می‌باشد که یکی از مهم‌ترین انواع گازهای گلخانه‌ای[۱] است، نتیجه مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های تولیدی، تجاری، خدماتی و خانگی می‌باشد[۲].(آلم و دیگران، ۲۰۰۷)

بر اساس نظر مایر و کنت[۳]، درباره‌ی رابطه‌ی مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست، پس از انقلاب صنعتی با استفاده‌ی بیش‌تر از انرژی، از یک‌سو متوسط بهره‌وری نیروی کار و از طرف دیگر میزان تخریب محیط‌زیست افزایش یافت. در نتیجه، سیاست‌های اتخاذی در بخش انرژی و محیط‌زیست ارتباط نزدیکی باهم دارند و بخش انرژی بیش‌ترین نقش را در تغییر شرایط محیط‌زیست ایفا می‌کند[۴] (شیم، ۲۰۰۶).

لازم به ذکر است که رشد اقتصادی یکی از عوامل مهم در خصوص منبع و منشأ اثرات زیست‌محیطی می‌باشد زیرا افزایش رشد اقتصادی، سبب استفاده‌ی بیش‌تر از منابع طبیعی می‌شود و از سوی دیگر تولید کالاهای با کیفیت پایین نیز آلودگی محیط‌زیست را افزایش می‌دهد. در این زمینه، مطالعات زیادی انجام گرفته است، که از آن جمله می‌توان از منحنی‌های زیست‌محیطی کوزنتس[۵] نام برد. مفهوم منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، برگرفته از ایده‌ی کوزنتس (۱۹۵۵) در زمینه‌ی وجود رابطه‌ای به شکل U وارون بین درآمد سرانه و نابرابری توزیع درآمد است، که اولین بار در دهه‌ی ۱۹۹۰ و هم‌زمان با مطالعه اثرات بالقوه‌ی انعقاد موافقت‌نامه‌ی تجارت آزاد آمریکای شمالی[۶] بر محیط‌زیست توسط گروسمن و کروگر[۷] (۱۹۹۱) و هم‌چنین مطالعه‌ی شفیک و باندیوپادهیای[۸] (۱۹۹۲)، که در گزارش توسعه‌ی جهانی سال ۱۹۹۲ منتشر شد، ظهور یافت. در گزارش مذکور اشاره شده بود:

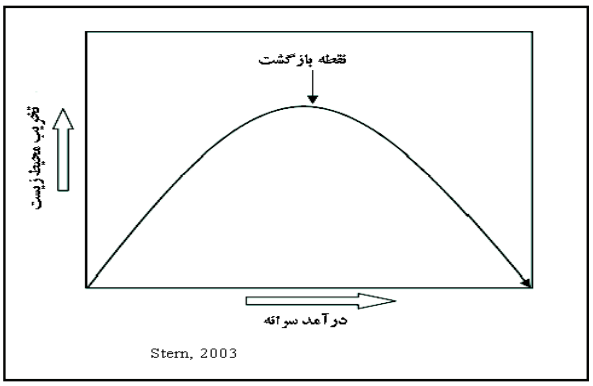
«درصورتی که تکنولوژی، سلایق و سرمایه‌گذاری در محیط‌زیست ثابت در نظر گرفته شود، افزایش گستره‌ی فعالیت‌های اقتصادی بدون تردید منجر به تخریب محیط‌زیست خواهد شد. هم‌چنین با افزایش درآمد سرانه، تقاضا برای افزایش سطح کیفی محیط‌زیست و سرمایه‌گذاری در آن افزایش می‌یابد. بنابراین، به طور حتم

1- Green House Gases (GHG).
2- Alam and et al, 2007, p 828.
3- Myer & Kent.
4- Shim, 2006, p3.
5- Environment Kuznets Curve (EKC).
6- North American Free Trade Agreement (NAFTA).
7- Grossman & Krueger.
8- Shafik & Bandyopadhyay.

نمـی‌تـوان گفـت کـه رشـد اقتصـادی بـه نـابودی محـیط‌زیسـت منجـر مـی‌شـود» (IRBD[1], 1992, PP 38-39).

بکرمن[2] نیز با ارائه‌ی این استدلال که شواهد روشنی وجود دارد که رشـد اقتصـادی در مراحل اولیه‌ی خود منجر به تخریب محیط‌زیست می شود، ولی در نهایت بهتـرین و شاید تنها راه برای حفـظ و ارتقـای سـطح کیفـی محـیط‌زیسـت در کشـورهای جهـان، ثروتمند شدن آن‌ها، یعنی همان رشد اقتصادی است، سبب شـهرت و گسـترش هرچـه بیش‌تر فرضیه‌ی زیست محیطی کوزنتس شد[3]. نمودار (۱)، شکل کلی و متعارف منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را نشان می‌دهد.

طرفداران فرضیهٔ زیست محیطی کـوزنتس معتقدنـد کـه در سـطوح بـالای توسـعه، ساختار اقتصادی به سمت صنایع و فناوری‌های نوین و خدمات حرکت می‌کنـد. ترکیـب نهاده‌ها و انرژی‌های آلاینـده اصـلاح مـی‌شـود. هـم‌چنـین بـه تـدریج آگـاهی در مـورد محیط‌زیست بالا می‌رود و قوانین زیست‌محیطی مفیدتری وضع و اجرا شده و نیز مخارج مصرف شده در جهت حفظ و ارتقای محیط‌زیست افزایش مـی‌یابـد. بنـابراین، اثـر رشـد اقتصادی بر محیط‌زیست به سه قسمت: اثر مقیاس، اثر ساختاری و اثر تکنولوژیکی قابـل تقسیم می‌شود[4](استرن، ۲۰۰۳).



نمودار ۱- منحنی زیست‌محیطی کوزنتس

1- International Review of Bipolar Disoreders.
2- Bekerman.
3- Bekerman, 1992, p 482.
4- Stern, 2003, p 177.

۲-۲- مطالعات تجربی

دیتز و روزا[1] (۱۹۹۷)، در مطالعه‌ی خود، تأثیر جمعیت و مصرف انرژی بر محیط‌زیست را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که کشش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف انرژی نزدیک به یک است.

تول و همکاران[2] و همکاران (۲۰۰۶)، در مطالعه‌ی خود به بررسی رابطه‌ی بلندمدت بین مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۲- ۱۸۵۰، پرداخته‌اند. نتایج اصلی این مطالعه نشان می‌دهد که طی دوره‌ی مورد مطالعه، شدت انتشار گاز دی اکسیدکربن با افزایش سوخت‌های فسیلی افزایش یافته و رشد جمعیت، رشد اقتصادی و رشد مصرف برق نیز عامل‌های تأثیرگذار بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن هستند.

عالم و همکاران[3] (۲۰۰۷) در مطالعه‌ی خود، به بررسی تأثیر عوامل تعیین کننده‌ی آلودگی محیط‌زیست در پاکستان طی سال‌های ۲۰۰۵- ۱۹۷۱ پرداخته‌اند. یافته‌های اصلی این تحقیق بیانگر این است که افزایش در تولید ناخالص داخلی و شدت استفاده از انرژی سبب افزایش آلودگی محیط‌زیست (انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) شده است.

آنگ[4] (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ی خود، به بررسی رابطه‌ی علّی پویا بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید در کشور فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۰- ۱۹۶۰ پرداخته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که رشد اقتصادی علت بلندمدت مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست بوده و یک رابطه‌ی علّی یک طرفه از سوی مصرف انرژی به رشد تولید در کوتاه‌مدت برقرار است. هم‌چنین یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیز افزایش می‌یابد.

کارلوس[5] (۲۰۰۷)، با استفاده از داده‌های پانلی طی سال‌های ۲۰۰۲- ۱۹۹۰ برای ۴۲ استان کشور اسپانیا و برای ۴ آلاینده، رابطه‌ی درآمد سرانه و آلودگی محیط زیست را به صورت U معکوس به دست آورد.

روزا[6] و همکاران (۲۰۰۰) فرضیهٔ کوزنتس را برای چند آلاینده‌ی مهم هوا، برای کشور اسپانیا بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که میزان انتشار دی‌اکسیدسولفور با

1- Dietz & Rosa.
2- Tol .
3- Alam .
4- Ang.
5- Carlos.
6- Rosa.

فرضیه‌ی زیست محیطی کوزنتس سازگاری دارد. اما در خصوص سایر آلاینده‌ها این تطابق و هم‌خوانی وجود ندارد.

صادقی و سعادت (۱۳۸۳)، در مطالعه‌ی خود، با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه طی سال‌های ۱۳۸۰- ۱۳۴۶، به بررسی رابطه‌ی علّی بین رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی در ایران پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده از بررسی رابطه‌ی علّی نشان می‌دهد که در دوره‌ی مورد مطالعه، یک رابطه‌ی علی یک‌طرفه از رشد جمعیت به تخریب محیط‌زیست وجود داشته و هم‌چنین رابطه‌ی علّی دوطرفه بین تخریب محیط‌زیست و رشد اقتصادی در ایران برقرار است.

برقی اسکویی (۱۳۸۷)، در مطالعه‌ی خود به بررسی آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسیدکربن) در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس طی سال‌های ۱۹۹۲-۲۰۰۲ برای کشورهای با درآمد سرانه‌ی بالا، متوسط بالا، متوسط پایین و پایین پرداخته‌است. نتایج مطالعه حاکی از آن است که افزایش آزادسازی تجاری و درآمد سرانه درکشورهایی با درآمد سرانه‌ی بالا و متوسط بالا، به کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و در کشورهای با درآمد سرانه‌ی متوسط پایین به افزایش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن منجر می‌شود.

پورکاظمی و ابراهیمی (۱۳۸۷)، در مطالعه‌ی خود با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه طی سال‌های ۲۰۰۳- ۱۹۸۰، به بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در کشورهای خاورمیانه پرداخته‌اند. در این مطالعه از دو مدل لگاریتمی و ساده برای بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی استفاده شده است. و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به عنوان متغیر جانشین آلودگی محیط‌زیست به کار رفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مدل ساده، تأیید فرضیه‌ی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای نمونه‌ی تحت بررسی را در پی دارد و ضرایب متغیرها معنی‌دارند.

۳- مدل اقتصادسنجی و روش‌شناسی تحقیق

مدل این مطالعه بر گرفته از الگوی STIRIPAT [1] و مبتنی بر مطالعه‌ی عالم و همکاران (۲۰۰۷) با اضافه کردن متغیر درجه‌ی باز بودن اقتصاد است، که به صورت ذیل تصریح شده است:

$$CO_2 = f(EI, GDPP, URBN, OPEN) \qquad (1)$$

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln EI_t + \beta_2 \ln GDPP_t + \beta_3 \ln URBN_t + \beta_4 \ln OPEN + e_t$$

1- Stochastic Impacts by Regression Population , Affluence and Technology.

که در آن:

CO_2: انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن (بر حسب متریک تن)[۱]

GDPP : تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)

EI : شدت انرژی (برحسب بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال)

OPEN : درجه‌ی باز بودن اقتصاد (مجموع صادرات و واردات به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ تقسیم بر تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶)

URBN : جمعیت شهرنشینی (برحسب میلیون نفر)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ و β_4، کشش‌های متغیر وابسته نسبت به متغیرهای توضیحی هستند و e_t، جمله‌ی اختلال تصادفی است.

در این مطالعه ابتدا با استفاده از روش هم‌انباشتگی جوهانسون- جوسیلیوس (۱۹۸۹)، وجود یا عدم وجود بردار بلندمدت بین متغیرهای مدل بررسی و سپس برای بررسی تعدیل رابطه‌ی کوتاه‌مدت به بلندمدت، مدل تصحیح خطا[۲] برآورد می‌شود.

لازم به ذکر است، این مطالعه مبتنی بر داده‌های سری زمانی، سال‌های ۱۳۸۳- ۱۳۴۶ برای کشور ایران انجام می‌گیرد. داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی سرانه، جمعیت شهرنشین و درجه‌ی باز بودن اقتصاد (صادرات، واردات و تولید ناخالص داخلی)، از آمار و اطلاعات بانک مرکزی و داده‌های مربوط به شدت انرژی، از ترازنامه‌ی انرژی ایران و داده‌های مربوط به انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، از لوح فشرده‌ی شاخص‌های توسعه‌ی جهان[۳] استخراج شده است.[۴]

۱- مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های هوا شامل: منواکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها، اکسیدهای گوگرد، دی‌اکسیدکربن، ذرات معلق در هوا و ازن هستند. گاز دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین گازهایی است که منجر به تغییر آب و هوا و گرمایش کره زمین هستند. به همین دلیل به عنوان آلودگی فرامرزی معروف است و هم‌چنین حدود ۶۰ درصد از آثار گازهای گلخانه‌ای ناشی از انتشار دی‌اکسیدکربن می‌باشد و این گاز در میان انواع دیگر گازها سهم بالایی در ایجاد آلودگی هوا دارد و از سویی جریان صنعتی شدن، منجر به بهره‌برداری فشرده از سوخت‌های فسیلی برای تولید و حمل و نقل، و در نهایت موجب آزاد شدن حجم قابل توجّهی از گاز دی‌اکسیدکربن به اتمسفر شده است. از سویی در بسیاری از مطالعات انجام گرفته در این حوزه نیز میزان انتشار این گاز به عنوان معیاری (شاخصی) برای بیان آلودگی هوا به کار رفته است. در این مطالعه نیز میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به عنوان شاخص آلودگی (متغیّر وابسته) در نظر گرفته شده است.

2- Error Correction Model (ECM).

3- World Development Indicator (WDI).

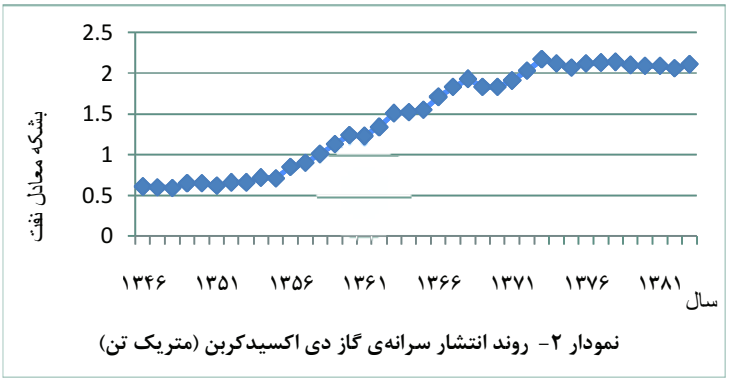
۴- دوره‌ی مورد بررسی در این مطالعه به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن، به سال‌های ۱۳۴۶- ۱۳۸۳ محدود شده است. لازم به ذکر است که در ترازنامه‌ی انرژی ایران نیز داده‌های این متغیر فقط برای بخش انرژی- نه برای کل اقتصاد - وجود دارد.

۴- تخمین مدل و نتایج آن

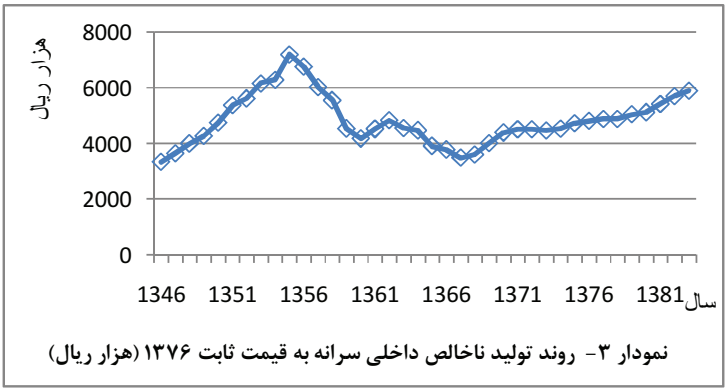
در این قسمت قبل از تخمین مدل، مروری توصیفی و کلی بر رفتار متغیرهای مورد استفاده؛ تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت انرژی و انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن ارائه می‌شود. روند حرکت آن‌ها در دوره‌ی ۱۳۸۳- ۱۳۴۶ در نمودارهای ۲ تا ۴ نشان داده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در دوره‌ی مورد بررسی به‌ویژه سال‌های بعد از انقلاب، نرخ رشد مصرف انرژی فراتر از نرخ رشد اقتصادی است. متوسط کارایی نیروگاه‌های کشور در سال‌های اخیر حدود ۳۷ درصد و تلفات برق در شبکه انتقال و توزیع فراتر از ۲۰ درصد می‌باشد. هم‌چنین حدود ۱/۳ درصد از انتشار گاز آلاینده‌ی دی اکسید کربن جهان مربوط به ایران است[1](کرباسی، ۲۰۰۷)، در حالی که سهم آن از تولید و نیز سرزمین در دنیا ۱ درصد و سهم آن در تجارت جهانی کم‌تر از نیم درصد است. واقعیت‌های مورد اشاره نشانگر اینست که با وجود رشد نوسانی و بطئی تولید ناخالص داخلی سرانه، که هنوز به سطح اواسط دهه‌ی ۵۰ نرسیده، شدت استفاده از انرژی و هم‌چنین انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسید کربن افزایش قابل توجهی داشته است (نمودارهای ۲، ۳ و۴). به‌طوری که مقدار انتشار گاز دی اکسید کربن از همه‌ی بخش‌های مصرف کننده‌ی انرژی در سال ۸۳، از ۳۵۶ متریک تن فراتر رفته و سهم بخش‌ها به ترتیب خانگی، تجاری و عمومی ۳۰/۱ درصد، حمل و نقل ۲۷/۳ درصد، نیروگاه‌ها ۲۵/۳ درصد، صنایع ۱۴/۵ درصد و کشاورزی ۲/۸ درصد بوده است. (ترازنامه‌ی انرژی ۱۳۸۳)

لازم به ذکر است که مطالعات انجام یافته نشان می‌دهد که در صنایعی از قبیل فلزات، آلومینیوم، سیمان، نساجی و ...، امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش شدت استفاده از انرژی وجود دارد، علاوه بر آن در سایر فعالیت‌ها نیز می‌توان به کاهش شدت استفاده از انرژی امیدوار شد؛ به‌طوری که با اتخاذ سیاست‌های مناسب می‌توان در بخش خانگی و تجاری حدود ۵۵ درصد، در بخش حمل و نقل حدود ۴۵ درصد و در فعالیت‌های صنعتی حدود ۳۵ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد و بالمال شدت استفاده از انرژی را کاهش داد [2] (کرباسی، ۲۰۰۷).

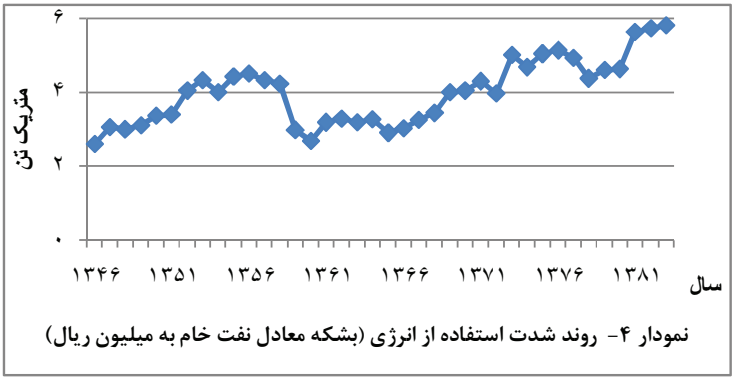
1- Karbassi, 2007.
2- Karbassi, 2007.



نمودار ۲- روند انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسیدکربن (متریک تن)



نمودار ۳- روند تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (هزار ریال)



نمودار ۴- روند شدت استفاده از انرژی (بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال)

لازم به یادآوری است که هزینه‌های اجتماعی یا هزینه‌های تخریب[۱] ناشی از انتشار گاز دی اکسید کربن در سال ۱۳۸۳ بر اساس EPA امریکا، حدود ۵۷۰۰۰ میلیارد ریال بوده که نزدیک به ۴۷ درصد هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد. (ترازنامه‌ی انرژی، ۱۳۸۳)

۴-۱- بررسی ایستایی متغیرها و تعیین مرتبه‌ی بهینه‌ی مدل VAR

برای بررسی رابطه‌ی بلندمدت بین متغیرهای مدل لازم است ایستایی متغیرها بررسی شود. نتایج حاصل از آزمون ایستایی متغیرها با استفاده از آماره‌ی آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF) و فیلیپس- پرون (PP) به شرح جدول (۱) است. نتایج حاصل از آزمون ایستایی متغیرها با استفاده از آماره‌های آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته و فیلیپس- پرون حاکی از آن است که لگاریتم متغیرهای انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن، تولید ناخالص داخلی سرانه‌ی واقعی، شدت انرژی و درجه‌ی باز بودن اقتصاد با یک مرتبه‌ی تفاضل‌گیری ایستا شده و لگاریتم متغیر جمعیت شهرنشین[۲]، ایستا در سطح است.

جدول ۱- آزمون ایستایی متغیرهای مدل

متغیر	آماره‌ی آزمون ADF		آماره‌ی آزمون PP	
	درسطح و با عرض از مبدأ و روند زمانی	با یک مرتبه‌ی تفاضل‌گیری و با عرض از مبدأ	درسطح و باعرض از مبدأ و روند زمانی	با یک مرتبه‌ی تفاضل‌گیری و با عرض از مبدأ
تولید ناخالص داخلی سرانه‌ی واقعی (LGDPP)	-۲/۳۴	-۳/۳۵**	-۲/۱۵	-۳/۳۲**
دی اکسید کربن (LCO2)	-۲/۰۳	-۶/۱۴*	-۱/۵۷	-۶/۱۴*
شدت انرژی (LEI)	-۰/۰۴	-۵/۱۹*	-۰/۱۸	-۵/۲۱*
جمعیت شهرنشین (LURBN)	-۴/۳۲*	----	-۳/۹۴*	----
درجه‌ی باز بودن اقتصاد LOPEN	-۳/۱۳	-۴/۸۴*	-۲/۰۹	-۴/۸۹*

* معنادار در سطح احتمال ۱٪ *
** معنادار در سطح احتمال ۵٪

۱- هزینه‌ای که به علت اثرات زیست محیطی مستقیم (مانند انتشار آلاینده‌ها) در اکو سیستم، زیر ساخت‌ها و سلامت افراد جامعه ایجاد می‌شود و اغلب هزینه خارجی است که در قیمت‌های بازاری منعکس نمی شود.

۲- لازم به ذکر است که ابتدا وجود روند زمانی غیر تصادفی در متغیر جمعیت شهرنشین آزمون گردید که نتایج وجود آن را تأیید می‌کند بنابراین این متغیر روندزدایی شده و پسماندهای این متغیر مورد استفاده قرار گرفته است.

در ادامه، ابتدا درجه یا مرتبه‌ی بهینه‌ی الگوی خودرگرسیون برداری (VAR) تعیین و سپس وجود یا عدم وجود بردار بلندمدت بین متغیرها با روش هم‌انباشتگی جوهانسون- جوسیلیوس بررسی می‌شود. با توجه به این‌که حجم نمونه‌ی مورد بررسی در این مطالعه، ۳۸ سال می‌باشد، لذا برای تعیین مرتبه‌ی بهینه‌ی مدل VAR از معیار شوارتز- بیزین استفاده شده است و با توجه به این معیار، مرتبه‌ی بهینه VAR، یک تعیین شده است. جدول (۲)، مرتبه‌ی تعیین شده‌ی الگوی VAR را با توجه به معیار شوارتز- بیزین نشان می‌دهد.

جدول ۲- تعیین تعداد وقفه‌های بهینه‌ی مدل VAR

مقدار شوارتز- بیزین (SBC)	تعداد وقفه
-۹/۷۲۷	۳
-۱۰/۲۰۷	۲
-۱۰/۴۱۳*	۱
-۰/۵۲۱	۰

۴-۲- بررسی بردار هم‌گرایی

نتایج حاصل از آزمون ایستایی متغیرها، حاکی از آن است که تمام متغیرها در سطح یا با یک مرتبه‌ی تفاضل‌گیری ایستا شده‌اند، لذا برای تعیین بردارهای هم‌گرایی یا روابط بلندمدت از روش هم انباشتگی جوهانسون- جوسیلیوس استفاده می‌شود. نتایج حاصل از روش ماتریس اثر و روش حداکثر مقادیر ویژه، وجود یک بردار بلندمدت در سطح احتمال ۵ درصد بین متغیرهای مدل را تأیید می‌کند. نتایج در جدول‌های (۳) و (۴) آورده شده است. در مرحله‌ی بعد، رابطه‌ی بلندمدت بین متغیرهای مدل، تخمین زده شده و بردار نرمال شده نسبت به متغیر درون‌زای اول انتخاب می‌شود. بردار بهینه‌ی انتخاب شده در این مطالعه در جدول (۵) گزارش شده است: فرم ریاضی بردار هم‌انباشتگی را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۲) نوشت:

$$LCO_2 = ۱/۶۰ LGDPP_t + ۰/۳۶ LEI_t + ۰/۴۳ LURBN_t + ۰/۴۰ LOPEN_t \quad (۲)$$

سپس با اعمال قید و محدودیت بر روی LCO_2 ، مدل تصحیح خطا (ECM) برآورد شد. نتایج حاصل از برآورد مدل تصحیح خطا با اعمال قید بر متغیر انتشار سرانه‌ی گاز

دی‌اکسیدکربن، به صورت رابطه‌ی (۳) است:

$$\Delta LCO_{۲} = ۰/۰۲۶ - ۰/۲۴۲ecm(-۱) \quad (۳)$$
$$t = \qquad (۱/۰۹۲) \quad (-۲/۱۶۳)$$

جدول ۳- آزمون ماتریس اثر (λ_{trace})

فرضیه‌ی صفر	فرضیه‌ی مقابل	آماره‌ی آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۹۵٪	مقدار احتمال در سطح ۹۵٪
R=۰	$r \geq ۴$	۹۲/۵۱	۶۹/۸۱	۰/۰۰۰۳
R=۱	$r \geq ۲$	۵۶/۳۴	۴۷/۸۵	۰/۰۰۶۵
R=۲	$r \geq ۳$	۳۰/۶۶	۲۹/۷۹	۰/۰۳۹۶
R=۳	$r \geq ۴$	۱۴/۴۶	۱۵/۴۹	۰/۰۷۱۱

جدول ۴- آزمون حداکثر مقادیر ویژه (λ_{max})

فرضیه‌ی صفر	فرضیه‌ی مقابل	آماره‌ی آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۹۵٪	مقدار احتمال در سطح ۹۵٪
R=0	R=۱	۳۶/۱۶	۸۷/۳۳	۰/۰۲۶۲
$r \leq ۱$	R=۲	۲۵/۶۸	۵۸/۲۷	۰/۰۸۵۸
$r \leq ۲$	R=۳	۱۶/۲۰	۳۱/۲۱	۰/۲۱۱۳
$r \leq ۴$	R=٤	۹/۶۶	۲۶/۱۴	۰/۲۳۴۷

جدول۵- تخمین بردار هم‌انباشتگی

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	مقدار آماره‌ی آزمون
LCO_2^*	۱	----	----
LGDPP	-۱/۶۰	۰/۱۸۹	-۸/۴۶
LEI	-۰/۳۶	۰/۰۹۲	-۳/۹۱
LURBN	-۰/۴۳	۰/۰۵۹	-۷/۲۸
LOPEN	-۰/۴۰	۰/۱۹۰	-۲/۱۰

* بردار هم‌انباشتگی نسبت به متغیر LCO_2 نرمالیزه شده است.

با توجه به نتایج مدل تصحیح خطا می‌توان بیان کرد که سرعت تعدیل خطای کوتاه‌مدت به سمت مقدار تعادلی و بلندمدت، برابر با ۰/۲۴ بوده و در سطح ۵ درصد معنادار است که حاکی از سرعت پایین تعدیل به سمت مقدار تعادلی بلندمدت می‌باشد و در هر دوره، ۲۴ درصد از عدم تعادل مربوط به دوره‌ی قبل برای متغیر انتشار سرانه‌ی

گاز دی‌اکسید کربن تعدیل می‌شود. به عبارت دیگر، تعدیل به سمت مقدار تعادلی و بلندمدت در مدت زمان نسبتاً طولانی انجام می‌گیرد.

۵- تفسیر نتایج و یافته‌ها

با توجه به نتایج جدول (۵)، می‌توان بیان کرد که تولید ناخالص داخلی سرانه، درجه‌ی باز بودن اقتصاد، شدت انرژی و جمعیت شهرنشین دارای اثر مثبت بر انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسیدکربن بوده و تمام آن‌ها از نظر آماری معنادارند. به بیان دیگر، کشش انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به تولید ناخالص داخلی سرانه مثبت و برابر ۱/۶ است، یعنی با افزایش یک درصد در تولید ناخالص داخلی سرانه، میزان انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن ۱/۶ درصد افزایش می‌یابد. تأثیر مثبت و معنادار افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه بر انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن و افزایش آلودگی محیط‌زیست علاوه بر سازگار بودن با مبانی نظری، با مطالعات تجربی خارجی نظیر مطالعه‌ی کارلوس (۲۰۰۷) و عالم و همکاران (۲۰۰۷) سازگار می‌باشد. تأثیر مثبت و معنادار تولید ناخالص داخلی سرانه بر آلودگی محیط‌زیست را می‌توان این گونه تفسیر کرد که افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، مستلزم استفاده‌ی بیش‌تر از نهاده‌ها و انرژی است و این سبب افزایش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و آلودگی محیط‌زیست می‌شود. دلیل دیگر و تشدید کننده آن، پایین بودن تکنولوژی تولید و عدم کارائی فنی در بخش‌های تولیدی، به‌ویژه صنعت است. هم‌چنین بخش حمل و نقل نیز به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف کنندگان انرژی، هم در مصرف انرژی کارایی فنی ندارد و هم از نظر قیمت پایین و نیز یارانه‌های قابل توجه به حامل‌های انرژی از کارایی اقتصادی نیز برخوردار نیست. استدلال مشابهی نیز در زمینه‌ی مصارف بخش خانگی و تجاری صادق است. علاوه بر موارد پیش گفته تولید، انتقال و توزیع انرژی به‌ویژه برق نیز کارایی پایینی در تولید و اتلاف در شبکه‌های انتقال و توزیع دارد که عملاً به افزایش بیش از حد انتشار آلاینده‌ی دی اکسید کربن در ازای یک واحد تولید محصول اقتصادی می‌انجامد.

هم‌چنین کشش انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به شدت استفاده از انرژی برابر ۰/۳۶ می‌باشد، که نشان می‌دهد با افزایش یک درصد در شدت استفاده از انرژی برای تولید یک واحد محصول، انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۳۶ درصد افزایش می‌یابد. تأثیر مثبت و معنادار افزایش شدت استفاده از انرژی بر انتشار سرانه‌ی

گاز دی‌اکسیدکربن و افزایش آلودگی محیط‌زیست، علاوه بر سازگار بودن با مبانی نظری، با مطالعات تجربی خارجی نظیر مطالعه آنگ (۲۰۰۷) و عالم و همکاران (۲۰۰۷)، سازگار است. با توجه به این که مصرف عمده‌ی انرژی در ایران سوخت‌های فسیلی و از مهم‌ترین منبع آلودگی هوا، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است که از سوخت‌های فسیلی صادر می‌شود. هم‌چنین پایین بودن بهره‌وری انرژی در ایران می‌تواند از دلایل اصلی مثبت شدن کشش انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به شدت انرژی باشد.

همان‌طور که در نمودار ۲ نیز ملاحظه می‌شود، شدت استفاده از انرژی از حدود ۰/۶ در ابتدای دوره‌ی مورد بررسی، به حدود ۲/۱ در پایان دوره - ۳/۵ برابر- رسیده است. به استناد آمارهای رسمی، در اواخر دوره‌ی مورد بررسی، سالانه بالغ بر ۴۰۰ متریک تن گاز دی اکسید کربن در کشور منتشر شده که به‌طور یقین در سال‌های اخیر افزایش یافته و به مرز ۵۰۰ متریک تن رسیده است؛ اگر شدت استفاده از انرژی همانند سال ۱۳۴۶ بود، این میزان به کم‌تر از یک سوم تقلیل می‌یافت. در حقیقت می‌توان گفت منشأ اصلی افزایش انتشار سرانه‌ی دی اکسید کربن در افزایش نامتناسب شدت استفاده از انرژی نهفته است و مسائلی از قبیل فقدان کارایی فنی، اتلاف انرژی، عدم استفاده بهینه و .... را در بطن خود دارد.

کشش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به درجه‌ی باز بودن اقتصاد یا آزادسازی تجاری، ۰/۴ است، یعنی با افزایش یک درصد در درجه‌ی باز بودن اقتصاد یا آزادسازی تجاری، انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۴ درصد افزایش می‌یابد. تأثیر مثبت و معنادار کشش انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به آزادسازی تجاری علاوه بر سازگاری با مبانی نظری تحقیق، (که اشاره می‌کند که آزادسازی تجاری می‌تواند اثر مثبت و منفی بر محیط‌زیست داشته باشد) با مطالعه برقی اسکوئی (۱۳۸۷) برای کشورهای با درآمد متوسط پایین و پایین، سازگار و برای کشورهای با درآمد متوسط بالا و بالا، ناسازگار است.

در نهایت، کشش انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به جمعیت شهرنشین برابر ۰/۴۳ می‌باشد، یعنی با افزایش یک درصد در جمعیت شهرنشین، میزان انتشار سرانه‌ی گاز دی اکسیدکربن ۰/۴۳ درصد افزایش می‌یابد. این یافته نیز مطابق انتظارات تئوریک بوده و معمولاً چون گسترش شهرنشینی مقارن با افزایش تنوع به‌کارگیری

محصولات مصرف کننده انرژی و خودروهای شخصی و سایر سیستم‌های حمل و نقل عمومی است، لذا رابطه‌ی مثبت این دو متغیر قابل توجیه می‌باشد.

۶- جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی

هدف اصلی این مطالعه، بررسی تأثیر مصرف انرژی و رشد اقتصادی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران طی دوره‌ی ۱۳۸۳- ۱۳۴۶ می‌باشد. نتایج حاصل از تخمین، رابطه‌ی بلندمدت بین لگاریتم متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت انرژی، درجه‌ی باز بودن اقتصاد، جمعیت شهرنشین و انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن، بیانگر اثرگذاری مثبت هر چهار متغیر مستقل بر متغیر وابسته (انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن) است، که به دلایل آن در قسمت تحلیل یافته‌ها اشاره شد. بنابراین توصیه‌های سیاستی این مقاله را باید در افزایش کارایی تولید و مصرف انرژی و نیز کاهش شدت انرژی جستجو کرد، که در ذیل به برخی محورهای آن اشاره می‌شود:

- ✓ اصلاح و ارتقای تکنولوژی نیروگاه‌های تولید برق به منظور افزایش کارایی فنی و اقتصادی آن‌ها و نیز کاهش میزان انتشار گازهای آلاینده توسط آن‌ها
- ✓ اصلاح شبکه‌های انتقال و توزیع برق به منظور کاهش میزان تلفات انرژی در فرایند انتقال و توزیع
- ✓ اتخاذ سیاست‌های مناسب اقتصادی، اجتماعی از قبیل اصلاح قیمت و یارانه‌ی حامل‌های انرژی.
- ✓ ارتقای تکنولوژی تولیدات صنعتی و تدوین الگوهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی به صورت هدفمند و زمان‌بندی شده، از طریق ارائه‌ی بسته‌های حمایتی مناسب.
- ✓ استفاده از الگوهای مناسب ساخت و ساز ساختمان با رویکرد جلوگیری از اتلاف انرژی و مصرف بهینه‌ی آن
- ✓ ایجاد الزامات فنی ومحیط زیستی در تولید محصولات صنعتی بویژه خودروهای شخصی و عمومی، به منظور کاهش مصرف انرژی و کاهش میزان آلایندگی آن‌ها
- ✓ اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و هدفمندسازی یارانه‌ی آن‌ها در قالب بسته‌های سیاستی زمان‌بندی شده، به منظور اصلاح الگوی مصرف انرژی با رویکرد عدم تحدید تولیدات اقتصادی
- ✓ اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی از انرژی‌های آلاینده به انرژی‌های پاک و کم‌تر آلاینده

- ✓ اتخاذ سیاست‌های مناسب به منظور توسعه‌ی تولید انرژی‌های نو و تجدید پذیر با اعطای انگیزه‌های اقتصادی
- ✓ استفاده از پتانسیل بخش خصوصی در تولید و انتقال و توزیع حامل‌های انرژی و نیز سیستم‌های تعمیر و نگهداری، با رویکرد افزایش کارایی

فهرست منابع

۱- *بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران*، گزارش اقتصادی و ترازنامه‌ی بانک مرکزی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۳.

۲- برقی اسکویی، محمدمهدی (۱۳۸۷)، آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسیدکربن) در منحنی زیست محیطی کوزنتس، *مجله‌ی تحقیقات اقتصادی*، شماره‌ی ۸۲، صص ۲۱-۱.

۳- پورکاظمی، محمدحسین و ابراهیمی، ایلناز. (۱۳۸۷)، بررسی منحنی کوزنتس زیست محیطی در خاورمیانه (۱۹۸۰-۲۰۰۳)، *فصل‌نامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران*، سال دهم، شماره‌ی ۳۴، صص ۷۱-۷۵.

۴- ترازنامه‌ی انرژی ایران، سال‌های مختلف، *وزارت نیرو- معاونت امور انرژی*.

۵- سعیدی، محسن و همکاران، (۱۳۸۴)، *مدیریت زیست محیطی نیروگاه‌ها*، وزارت نیرو، سازمان بهره‌وری انرژی

۶- صادقی، حسین و سعادت، رحمان. (۱۳۸۳)، رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران (یک تحلیل علی)، *مجله‌ی تحقیقات اقتصادی*، شماره‌ی ۶۴، صص ۱۸۰-۱۶۴.

۷- لوح فشرده (*WDI*, 2007)، تهیه داده‌های انتشار سرانه‌ی گاز دی‌اکسیدکربن.

8- Ang, James B,(2007),CO2 emission, energy consumption, and output in France, *Energy Policy*, vol 35, pp.4772-4778.

9- Alam,shaista, fatima, ambreeen & butt, Muhammad (2007),sustainable development in pakistan in the context of energy consumption demand and environmental degradation, *Journal of Asian Economics*, vol 18, pp.825-837.

10- Bekerman, W, 1992, Economic growth and the environment: whose growth? whose environment? *World Development*, 20, 481-496.

11- Carlos, O. C (2007), Temporal and spatial homogeneity in air pollutants panel EKC estimations: Two nonparametric tests applied to Spanish provinces, *MRPA Paper*, No. 5043, pp. 51 – 72.

12- Dietz, T, & Rosa, E.A. (1997), Effects of population and affluence on CO2 emission**.** *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 94, 175-179.
13- Grossman, Gene M, and Alan B. Krueger. 1991. *Environmental impact of a North American free trade agreement. Working Paper* 3914. National bureau of economic research, Cambridge, MA.
14- IBRD, 1992, World development report 1992: *Development and the Environment*, New York: Oxford University Press.
15- Karbassi, A.R. et al. (2007), Sustainability of energy production and use in Iran, *Energy Policy*, vol 35(1),PP 5171–5180
16- Panayotou, T, 1993, Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *Working Paper* WP238, Technology and employment programme, international labour office, Geneva.
17- Rosa,Eugene A, York, Richard,(2000), Internal and external sources of environment impact : a comparative analysis of the EU with other nation grouping, *National Europe Center Paper* No.22.
18- Shafie-Pour, Majid and Mojtaba Ardestani Mojtaba, (2007), Environmental damage costs in Iran by the energy sector, Energy Policy vol 35(1), pp 4413–4423
19- Shafik, Nemat, and Sushenjit Bandyopadhyay, 1992, Economic growth and environmental quality: Time series and cross section evidence. *Working paper.* World Bank, Washington, DC.
20- Shafik, Nemat. 1994, Economic development and environmental quality: An econometric analysis. *Oxford Economic Papers* 46: 757–77.
21- Shim, Jae Hyun, (2006), The reform of energy subsidies for the enhancement of marine sustanability, case study of south korea, *University of Delaware***.**
22- Stern, D. I., 1998. Progress on the environmental kuznets curve? *Environment and Development Economics***,** 3: 173-196.
23- Stern, D. I, 1993. Energy and economic growth in the USA. A multivariate approach. *Energy Economics*, No 15, pp. 137- 150.
24- Stern, D. I, 2004. Energy and economic growth, *Rensselaer Working Paper*, No 0410.
25- Tol, S. J. Richard, W. Pacala, Stephen, Socolow, Robert, (2006), Understanding long-term energy use and carbon dioxide emissions in the USA, Humborg University.