Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره چهار، تیر ماه ۹۹

شناسایی و رتبه‌بندی بخش‌های اقتصادی مخرب محیط‌زیست بر اساس میزان نشر گازهای گلخانه‌ای با رویکرد آنتروپی شانون- ویکور

(مورد مطالعه: ایران در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸)

ناهید درستکار احمدی*[۱]

n_dorostkar@semnan.ac.ir

علی دهقانی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۷

چکیده

زمینه و هدف: امروزه مسائل محیط‌زیست و مقابله با انتشار بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کشورها تبدیل شده است. این پژوهش باهدف بررسی میزان انتشار آلایندگی در صنایع مختلف و رتبه‌بندی این صنایع بر مبنای مخرب‌ترین گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن، کربن منوکسید، گاز متان، اکسید نیتروس، اکسیدهای نیتروژن، ذرات معلق، دی‌اکسید گوگرد و تری اکسید گوگرد تدوین‌شده است.

روش بررسی : در این پژوهش پس از شناسایی مهم‌ترین گازهای آلاینده بر اساس مرور ادبیات و استفاده از میانگین داده‌های ۵ سال اخیر از مرکز آمار ایران، با استفاده از روش آنتروپی شانون وزن هر یک از گازهای آلاینده تعیین شده و با استفاده از روش ویکور و نرم‌افزار MATLAB، آلاینده‌ترین بخش اقتصادی شناسایی گردید.

یافته‌ها: بر اساس روش آنتروپی شانون مشخص گردید که گاز دی اکسید کربن با وزن ۰/۳ دارای بالاترین ضریب اهمیت در بین گازهای گلخانه‌ای آلاینده است. بر اساس یافته‌های حاصل از روش ویکور، بخش حمل و نقل بر مبنای شاخص سودمندی، ویکور و شاخص تأسف بیشترین میزان آلایندگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در بین بخش‌های یادشده به خود اختصاص داده است.

بحث و نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، بخش حمل و نقل نقش عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا کرده و به‌عنوان آلاینده‌ترین عامل محیط زیستی شناسایی شده است. بنابراین توجه به مؤلفه‌های ساختاری و فرهنگی مرتبط با حوزه حمل و نقل از اهمیت ویژه‌ای نسبت به گذشته برخوردار شده است. استفاده از تکنولوژی‌های مربوط به حمل و نقل سبز، سرمایه‌گذاری در حمل و نقل عمومی، فراهم نمودن زیرساخت‌های مرتبط با وسایل نقلیه غیر موتوری را می‌توان به‌عنوان راه‌کارهایی برای کاهش آلایندگی در این بخش مطرح کرد.

واژگان کلیدی: گازهای گلخانه‌ای، انتشار آلاینده‌های محیط‌زیست، بخش‌های اقتصادی، تکنیک ویکور

۱- دکتری مدیریت تولید و عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان

۲ - عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

www.SID.ir

Identifying and Ranking Environmental Destructive Economic Sectors Based on the Amount of Greenhouse Gas Emission by Shannon Entropy -VIKOR Approach

(Case study: Iran: 1388-1392)

Nahid Dorostkar Ahmadi[1*]

n_dorostkar@semnan.ac.ir

Ali Dehghani[2]

Accepted: 2018.05.28 Received: 2017.10.02

Abstract

Background and Objective: Today environmental issues and avoid irregular greenhouse gas emission has become one of the most important concerns of each country. This study has been done with the aim of determining the amount of greenhouse gas emission in different industries and ranking these industries based on the most destructive greenhouse gas including carbon dioxide, carbon monoxide, Methane, Nitrous oxide, Nitrogen oxides, Sulfur dioxide and Sulfur trioxide.

Method: In this study after identifying the most pollutant greenhouse gases based on the literature review and using the average of five recent year's data from the Iranian Statistics Center, the weight of each greenhouse gas were determined based on Shannon entropy and by using VIKOR technique and MATLAB software, the most pollutant sector was determined.

Findings: Based on Shannon entropy, Co with the weight of 0.3 has the highest coefficient of importance among pollutant greenhouse gases. Based on VIKOR technique, transportation sector based on utility measure, Vikor measure and regret measure was determined as the most pollutant sector.

Discussion and Conclusion: Based on the result of study, transportation sector has played a major role in greenhouse gas emissions and identified as the most pollutant sector. So, attention to structural and cultural components associated to transportation field has become more important than the past. Using green transportation technologies, investing in public transportation and providing infrastructure for non- motorized vehicles can be introduced as suggestion for reducing pollution in this sector.

Keywords: Greenhouse gas, Environmental Pollutants Emission, Economic Sectors, VIKOR Technique

1- PhD, Production and Operation management, Semnan University,Semnan, Iran **(Corresponding Author)*

2- Associate Professor, Industrial Univrsity, Shahrood University, Shahrood, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با آغاز عصر صنعتی و رشد روزافزون صنایع، تولید و مصرف، تغییرات بسیاری در زندگی انسان‌ها و بخش‌های مختلف اقتصادی، حمل و نقل، کشاورزی، مصارف خانگی و ... رخ داده و بحران‌ها و چالش‌های بسیاری را پیش روی کشورها قرار داده است [۱]. نیاز به انرژی و تأمین آن از سوخت‌های فسیلی و مسأله آلودگی از مهم‌ترین و حادترین مسائل جهان امروز به شمار می‌رود، چراکه این عوامل از اعماق چند هزار متری زمین گرفته تا جو خارج از زمین، چرخه و سیستم حیات را مورد تهدید قرار داده‌اند [۲]. آلودگی و تخریب محیط زیست و به دنبال آن، افزایش غلظت و تغییر گازهای اتمسفر به میزان بیش‌ازحد طبیعی منجر به ایجاد اثر گلخانه‌ای و بروز تغییرات آب و هوایی مانند گرم شدن کره زمین و تخریب لایه ازن شده است [۱، ۳] که این مسأله جهان را در آستانه یک فاجعه بزرگ انسانی و محیط زیستی قرار داده است [۴]. درواقع، استفاده بیش‌ازحد از سوخت‌های فسیلی، مصرف حامل‌های انرژی، تولید ضایعات جامد و مایع، افزایش جمعیت و پدیده تغییر اقلیم، تولید گازهای آلاینده و گلخانه‌ای را به همراه داشته است که معضلاتی از جمله بروز مشکلات محیط زیستی ، ایجاد اختلال در سلامت انسان‌ها و افزایش حوادث و بلایای طبیعی مانند طوفان‌ها و گردبادها، آتش‌سوزی‌های شدید در جنگل‌ها، جزر و مد و حرکت افقی آب دریا، سیل، قحطی و خشک‌سالی، هجوم حشرات، تغییر فصل بارش و همچنین نابودی تنوع زیستی گیاهی و جانوری را به دنبال داشته است [۳، ۵].

گازهای گلخانه‌ای توسط واداشت تابشی‌شان که توازن انرژی اتمسفری زمین را تغییر می‌دهند، تعریف می‌شوند که به‌طور عمومی با واحد وات بر مترمربع[1] بیان می‌شود [۶، ۷]. وجود گازهای گلخانه‌ای و اثر گلخانه‌ای برای زمین و ساکنان آن لازم است، زیرا درصورت نبود آن دمای زمین به ۱۷- درجه سانتی گراد می‌رسد. ولی در حال حاضر با صنعتی شدن دنیا، غلظت گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته و سبب بالا رفتن دمای کره زمین شده است[۶]. ازاین‌رو آژانس محافظت از محیط‌زیست با ارائه گزارشی به معرفی خطرناک‌ترین گازهای گلخانه‌ای در جهان پرداخته و به تأثیرات شدید آن بر محیط‌زیست، سلامت انسان‌ها و امنیت ملی تأکید کرده است [۸]. طبق گزارش این آژانس گازهای دی اکسید کربن[2]، کربن منوکسید[3]، گاز متان[4]، اکسید نیتروس[5]، اکسیدهای نیتروژن[6]، ذرات معلق[7]، دی اکسید گوگرد[8] و تری اکسید گوگرد[9]، ۸ نمونه از خطرناک‌ترین گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان هستند [۲].

تحقیقات نشان داده است که بزرگ‌ترین چشمه نشر گازهای گلخانه‌ای، تولید و مصرف انرژی است که نیروی محرکه لازم را برای حمل و نقل هوایی، دریایی، ریلی و جاده‌ای، تولید گرما و سرما در بخش خانگی، عمومی و تجاری، تولید محصولات کشاورزی و دامی و تولید برق را فراهم می‌آورد[۹،۱۰]. ازاین‌رو مصرف حامل‌های انرژی، با تولید گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در فرآیند تبدیل و در تخریب لایه ازن، محیط‌زیست را به‌شدت مورد تهدید قرار داده است [۱].

این در حالی است که ایران یکی از پانزده کشور جهان از لحاظ مصرف بالای مواد نفتی بوده و در میان کشورهای اوپک بیشترین میزان مصرف انرژی را دارا است و با تولید ٪۱/۶۵ کل گازهای گلخانه‌ای جهان جزو یکی از ۱۰ کشور تولیدکننده گازهای آلاینده و گلخانه‌ای معرفی شده است. با توجه به اینکه کلیه کشورهایی که دارای رتبه بالاتر از ایران می‌باشند، دارای صنایع بزرگ و یا جمعیت بسیار زیاد هستند (انستیتو جهانی منابع طبیعی)، این آمار نشان از وجود بحران‌های محیط‌زیست و مشکلات عدیده در حوزه آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای در کشور دارد. درعین‌حال بر طبق آمار جهانی، زیر بخش‌های اقتصادی مؤثر در انتشار گازهای گلخانه‌ای، بخش‌های

1- w/m2

2- CO2
3- CO
4- CH4
5- N2O
6- NOx
7- SPM
8- SO2
9- SO3

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی، صنعت، نیروگاه‌ها، حمل و نقل و بخش خانگی و مصارف عمومی و تجاری معرفی شدند [۱۱،۱۹].

نگاهی به چالش‌های پیش روی کشور، این واقعیت را مشخص می‌نماید که انتشار بی‌رویه آلاینده‌های گلخانه‌ای از یک‌سو بحران‌های محیط‌زیست گسترده‌ای که در بالا به آن اشاره شده است، به همراه داشته و از سوی دیگر در درازمدت تأثیر منفی بر شاخص‌های اقتصادی کشور خواهد داشت. در این راستا به نظر می‌رسد با توجه به گستردگی این بحران در صنایع مختلف، شناسایی بخش‌هایی که دارای بیشترین میزان آلایندگی در قیاس با سایر حوزه‌ها هستند از ضرورت بالاتری برخوردار باشند تا از این طریق بتوان به شکل اثربخش راهبردهای مناسبی برای کاهش میزان آلایندگی آن صنایع تدوین و اجرا نمود. ازاین‌رو در این پژوهش تلاش شده است ضمن بررسی میزان انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای در صنایع مختلف، به رتبه‌بندی آن بر مبنای مخرب‌ترین گازهای گلخانه‌ای پرداخته شود. لذا در گام نخست مهم‌ترین آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و بخش‌های مؤثر در مسائل محیط زیستی شناسایی شده و سپس بخش‌های مورد نظر بر اساس مقدار تولید این گازها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه(روش ویکور) اولویت‌بندی شده و در بخش آخر نیز به بیان نتایج و یافته‌های تحقیق و ارائه پیشنهادات پرداخته خواهد شد.

پیشینه تحقیق

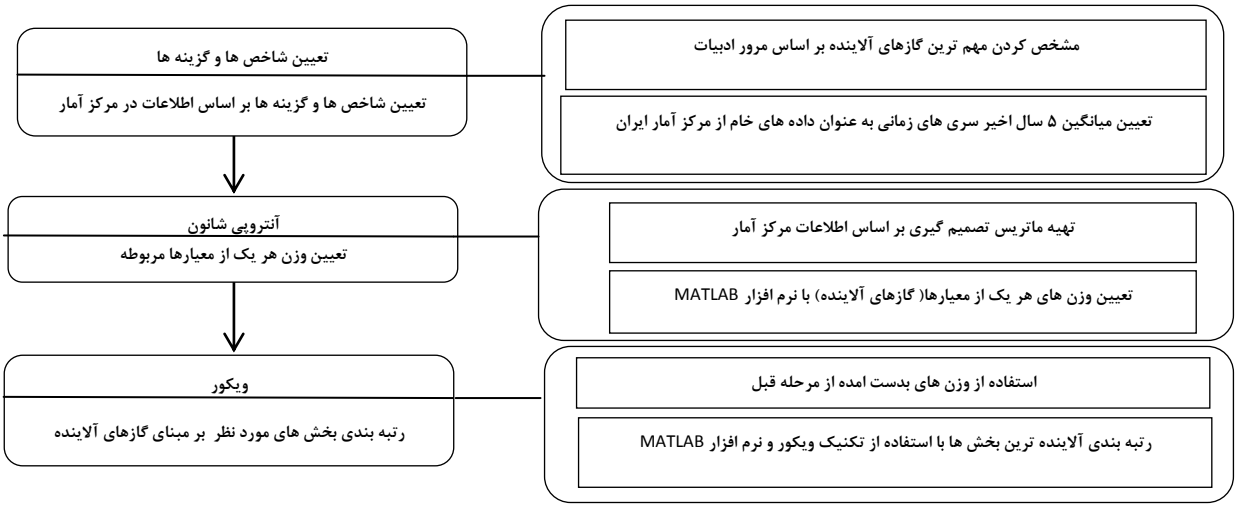
عمده مطالعات انجام شده در این حوزه به بررسی اثرات بخش‌های مختلف بر آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و به‌طورکلی تخریب محیط‌زیست پرداخته‌اند که ازجمله می‌توان به پژوهشی که به بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر تصاعد گازهای گلخانه‌ای پرداخته است، اشاره نمود. نتایج این تحقیق نشان داده است که تغییر کربن آلی خاک در سال‌های گذشته افزایش چشم‌گیری داشته است[۱۲]. پژوهش‌های دیگری که در حوزه آلاینده‌های زیست‌محیطی انجام یافته، حاکی از آن است که بخش کشاورزی بیشترین سهم را در انتشار گازهایی از جمله دی اکسید کربن و متان دارد که به‌منظور کاهش این گازها بایستی از تکنولوژی‌هایی که باعث کاهش اثرات گلخانه‌ای در بخش کشاورزی می‌شود، استفاده نمود [۱۰، ۱۳]. در پژوهش دیگری که به بررسی اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای پرداختند، نتایج نشان داد که هدفمندی یارانه‌ها و افزایش قیمت سوخت تحویلی به نیروگاه‌ها باعث کاهش آلاینده‌های محیط زیستی می‌شود [۱۴]. فطرس و براتی نیز در تحقیق خود به بررسی دی اکسید کربن منتشر شده توسط بخش حمل و نقل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های اقتصادی، تغییرات ساختاری و رشد جمعیت بیشترین اثر را بر رشد انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل دارد [۷] . محقق دیگری نیز در تحقیق خود به بررسی جلوگیری انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل در هنگ کنگ چین پرداخت. نتایج این تحقیق حاصل از تحلیل سناریو نشان داد که میزان انتشار گازهای دی اکسید کربن ناشی از بارهای هوایی را می‌توان از طریق کاهش نسبت بین محموله‌های هوایی و محموله‌های دریایی کاهش داد [۱۵]. لی و همکاران نیز به بررسی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل از طریق کشاورزی شهری در سئول کره پرداختند [۱۶]. علیزاده و همکاران نیز در تحقیق خود به بررسی سیاست گذاری انرژی در ایران و تعهدات بین‌المللی در زمینه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداختند. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن بود که علی‌رغم اتخاذ سیاست‌های متعدد در برنامه پنج ساله توسعه، در میزان انطباق سیاست‌های انرژی کشور با اهداف پروتکل کیوتو تغییری حاصل نشده است [۱]. آلیکجا نیز به مدل‌سازی انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش انرژی لهستان پرداخته است. او در تحقیق خود با استفاده از رگرسیون چند متغیره برگشت به عقب، میزان اهمیت هر یک از گازهای گلخانه‌ای را مشخص کرده است [۵].

روش بررسی

مراحل انجام پژوهش و ساختار مدل ارزیابی بخش‌های موردنظر به‌صورت شماتیک در شکل۱ نشان داده‌شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مراحل انجام پژوهش

Figure1- Research methodology steps

روش ویکور

روش ویکور(Vikor) یکی از مدل‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه برتر است. این مدل از سال ۱۹۸۴ بر مبنای روش توافق جمعی و داشتن معیارهای متضاد تهیه شده و عموماً برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد. در این مدل، معیارها وزن دهی نمی‌شوند، بلکه از طریق روش‌های دیگر ارزیابی می‌شوند و سپس گزینه‌ها بر اساس معیارها و با ترکیب در ارزش معیارها، ارزیابی‌شده و رتبه‌بندی می‌شوند. مزیت مدل ویکور در این است که الزاماً در این مدل جهت ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارها، نیازی به استفاده از نظرات کارشناسان نیست بلکه می‌توان از داده‌های خام استفاده کرد. بنابراین در این پژوهش نیز به دلیل استفاده از داده‌های ارائه‌شده در مرکز آمار ایران از روش ویکور به‌منظور رتبه‌بندی بخش‌های اقتصادی بر اساس مقدار گازهای آلاینده بهره گرفته شده است.

آنتروپی شانون

آنتروپی مفهومی است که در علوم اجتماعی، فیزیک و نظریه اطلاعات جهت سنجش بی‌نظمی و عدم اطمینان به کار گرفته می‌شود. در ماتریس تصمیم‌گیری، آنتروپی می‌تواند پراکندگی مقادیر شاخص‌ها را نیز نشان دهد و هر چه پراکندگی مقادیر یک شاخص در گزینه‌ها بیشتر باشد، اهمیت آن شاخص در تصمیم‌گیری بیشتر است. ازاین‌رو، به‌منظور تعیین وزن هر یک از گازهای آلاینده به‌عنوان معیارهای پژوهش موردبررسی از روش آنتروپی شانون استفاده شده است. این روش جایگزین استفاده از نظرات خبرگان است و مزیت آن این است که نظرات و قضاوت‌های شخصی افراد در آن دخیل نبوده و بر مبنای ماتریس تصمیم، وزن هر یک از معیارها تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است که ماتریس تصمیم نیز بر مبنای داده‌های استخراج شده از مرکز آمار ایران در قسمت سری‌های زمانی و تعیین درصد هر یک از آلاینده و بر مبنای میانگین ۵ سال اخیر (۱۳۹۲-۱۳۸۸)، تهیه شده است[۱۷].

تحلیل داده‌ها

آنتروپی شانون

همان‌طور که گفته شد با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون و استفاده از نرم‌افزار MATLAB، وزن‌های هر یک از گازهای آلاینده بر مبنای ماتریس تصمیم تعیین شد. مراحل تعیین وزن به‌وسیله آنتروپی شانون به‌طور خلاصه در ذیل شرح داده شده است:

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا کلیه داده‌های ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه ۱، نرمالایز می‌شود. سپس مقدار E (آنتروپی) با استفاده رابطه ۲ مشخص می‌شود. با استفاده از رابطه ۳ مقدار وزن هر یک از معیارها تعیین می‌شود که در این فرمول برای محاسبه مقدار K از فرمول شماره ۴ استفاده شده است. درنهایت به دلیل این‌که ممکن است مجموع وزن‌های محاسبه شده از عدد ۱ بیشتر گردد، به این منظور به‌صورت مجدد وزن‌های محاسبه‌شده نرمالایز می‌شوند.

$$N_{ij} = \frac{D_{ij}}{\sum_i D_{ij}} \quad \forall i, j \qquad (1)$$

$$E_j = \sum_i N_{ij} \times \log(N_{ij}) \qquad (2)$$

$$W_j = 1 + (k \times E_j) \qquad (3)$$

$$k = \frac{1}{\log(ni)} \qquad (4)$$

$$W_j = \frac{W_j}{\sum_j W_j} \qquad (5)$$

با توجه به مراحل بیان شده و کد نویسی این روابط در نرم‌افزار MATLAB، وزن هر یک از گازهای آلاینده به‌عنوان معیارهای درخت تصمیم، محاسبه گردیدند که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- نتایج خروجی حاصل از آنتروپی شانون

Table1- Results of Shannon entropy

شماره معیار	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
نام معیارها	**Nox**	**SO2**	**SO3**	**CO_2**	**SPM**	**CO**	**CH4**	**N2O**
وزن	/۰۸۰۵ ۰	۰/۰۵۷۳	۰/۰۵۰۸	۰/۳۰۷۶	۰/۱۷۹۳	۰/۰۳۴۱	۰/۱۸۱۱	۰/۱۰۹۰

ویکور

در این مرحله پس از استخراج وزن‌ها با استفاده از آنتروپی شانون ، بخش‌های اقتصادی مطرح شده بر مبنای بیشترین درصد آلایندگی رتبه‌بندی خواهند شد:

مراحل ارزیابی هر یک از بخش‌ها و تعیین رتبه میزان آلایندگی آن‌ها با استفاده از تکنیک ویکور به‌صورت خلاصه در ذیل تشریح شده است:

۱) تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم در مرحله اول از داده‌های خام مربوط به سری‌های زمانی و بر مبنای میانگین ۵ سال اخیر یعنی بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۸ تعیین شده است(جدول۲).

۲) تعیین وزن معیارها: وزن معیارها در مرحله دوم، بر اساس آنتروپی شانون محاسبه شده است که نتایج در جدول ۱ قابل مشاهده است.

۳) تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی

$$f_i^* = \max f_{ij}; \quad f_i^- = \min f_{ij} \qquad (6)$$

۴

) محاسبه مقدار سودمندی(S) و مقدار تأسفR برای هر گزینه

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}; \quad R_j = \max\left[w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right] \qquad (7)$$

www.SID.ir

Archive of SID

S_j بیانگر فاصله نسبی گزینه j ام از راه‌حل ایده آل مثبت(بهترین ترکیب) و R_j بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه j ام از راه‌حل ایده آل مثبت.

۵) محاسبه شاخص ویکور

$$Q_j = v \cdot \frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} + (1-v) \cdot \frac{R_j - R^-}{R^* - R^-} \qquad (8)$$

که

$$S^* = \max S_j; \quad S^- = \min S_j; \quad R^* = \max R_j; \quad R^- = \min R_j \qquad (9)$$

۶)و در نهایت مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس ارزش‌های S ، R و Q به صورت نزولی.

با توجه به مراحل بیان شده و کد نویسی این روابط در نرم‌افزار MATLAB نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی هر یک از بخش‌ها در جدول ۳ و ۴ قابل مشاهده است.

جدول۲- ماتریس تصمیم‌گیری

Table2- Decision matrix

	Nox	SO2	SO3	CO_2	SPM	CO	CH4	N2O
وزن	۰/۰۸۰۵	۰/۰۵۷۳	۰/۰۵۰۸	۰/۳۰۷۶	۰/۱۷۹۳	۰/۰۳۴۱	۰/۱۸۱۱	**۰/۱۰۹۰**
	c1	**c2**	**c3**	**c4**	**c5**	**c6**	**c7**	**c8**
حمل و نقل(A1)	۴۸/۴۲	۲۸/۳۸	۳۲/۹۴	۹۶/۹۶	۷۹/۸۵	۲۳/۶۵	۷۸/۹۲	۴۹/۱۱
صنعت(A2)	۹/۱۲	۱۸/۷۷	۲۸/۴۱	۰/۳۱	۴/۱۸	۱۶/۴۹	۴/۱۲	۲/۶۲
نیروگاه(A3)	۳۲/۲۸	۴۲/۵۳	۲۸/۶۲	۱/۸۲	۶/۴۱	۲۹/۳۵	۷/۱۲	۴/۹۲
خانگی(A4)	۶/۴۵	۵/۷۷	۷/۱۲	۰/۶۸	۲/۷۲	۲۴/۸۸	۷/۶۵	۴/۴۳
کشاورزی(A5)	۳/۶۵	۴/۵۷	۲/۸۵	۰/۲۳	۶/۸۲	۲/۴۳	۱/۴۰۸	۳۸/۵۳

*مأخذ: مرکز آمار ایران(کلیه اعداد استخراج شده به صورت درصد می‌باشند)

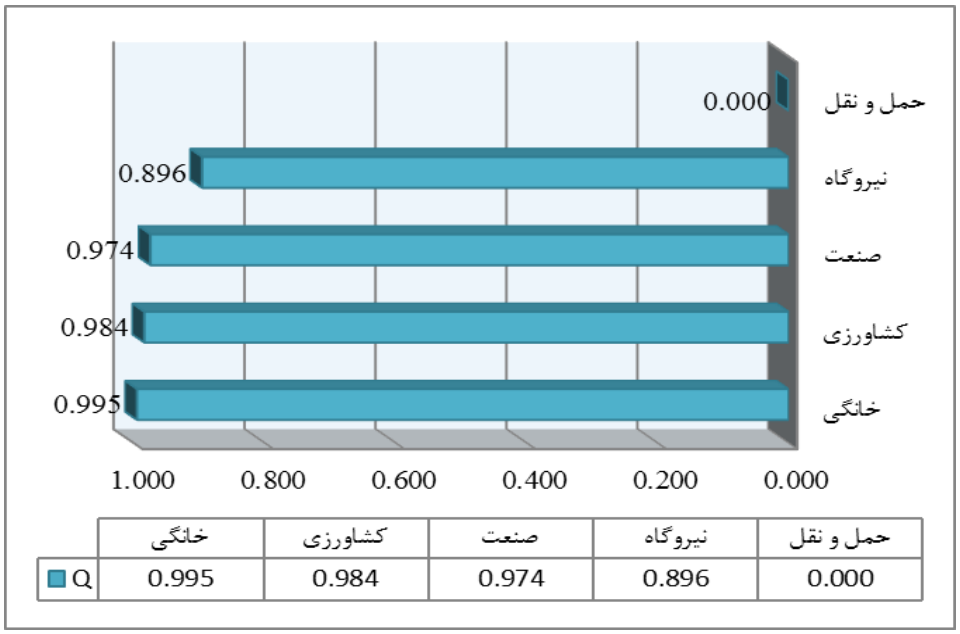
جدول۳- رتبه‌بندی گزینه‌ها بر مبنای شاخص Q، S ،R

Table3- Prioritizing alternatives based on R, S, Q index

گزینه‌ها	وزن	وزن	وزن
حمل و نقل(A1)	Q=۰	S=۰/۰۳۶۰۸۹	R=۰/۰۲۸۸۵۵
نیروگاه(A3)	Q=۰/۸۹۵۵۷	S=۰/۷۸۰۹۹	R=۰/۳۰۲۵۵
صنعت(A2)	Q=۰/۹۷۴۳۵	S=۰/۹۱۰۱۶	R=۰/۳۰۶۱۸
کشاورزی(A5)	Q=۰/۹۸۳۵۵	S=۰/۹۲۶۲۵	R=۰/۳۰۷۳۶
خانگی(A4)	Q=۰/۹۹۴۷۳	S =۰/۹۵۶۵۴	R=۰/۳۰۷۶۱

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- رتبه هر یک از بخش های اقتصادی بر اساس شاخص Q

Figure2- Rank of economic sectors based on Q index

بر اساس نتایج به‌دست آمده از شکل ۲، میزان اهمیت هر یک از بخش‌های اقتصادی بر اساس شاخص Q تعیین گردیده است. بخشی که دارای کمترین میزان شاخص Q است، دارای بیشترین میزان تأثیر در انتشار آلاینده‌ها است. این رتبه‌بندی بر اساس شاخص‌های S و R نیز صادق است.

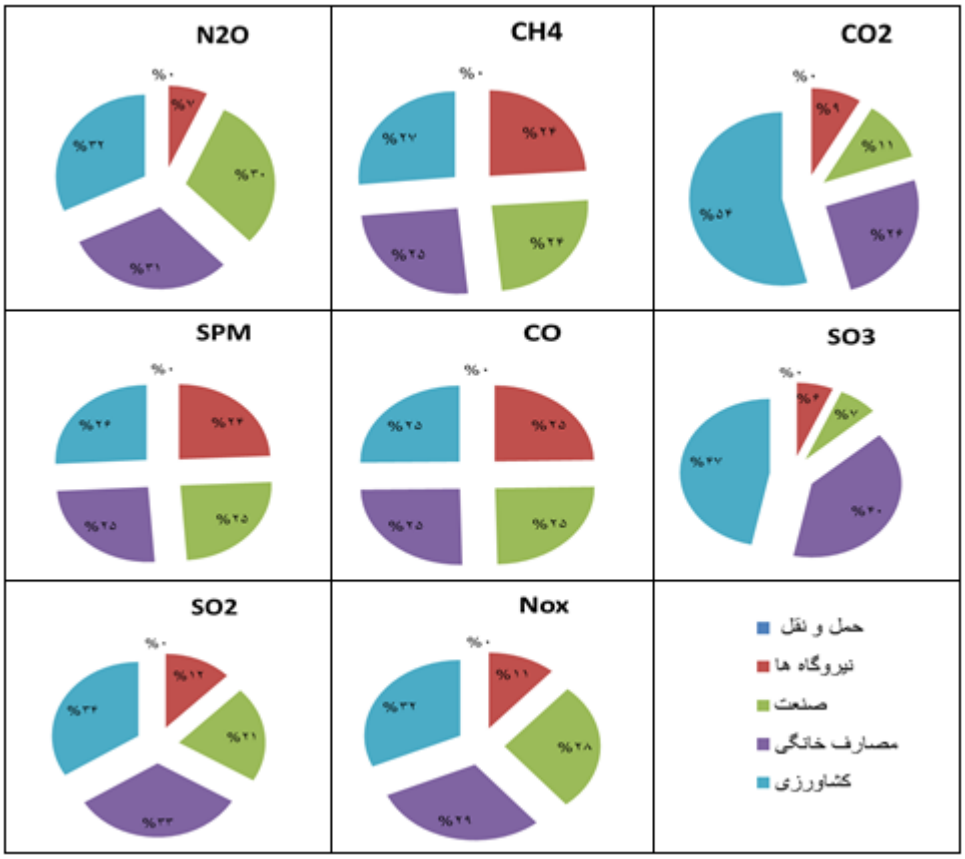
جدول۴- نتایج رتبه‌بندی بخش‌های اقتصادی بر مبنای هر یک از گازهای آلاینده

Table4- Results of prioritizing of economics sectors based on each pollution gas

Nox	SO2	SO3	CO_2	SPM	CO	CH4	N2O
حمل و نقل Q,S,R=۰	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰	حمل و نقل Q,S,R=۰	حمل و نقل Q,S,R=۰	حمل و نقل Q,S,R=۰	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰	حمل و نقل Q,S,R=۰	حمل و نقل Q,S,R=۰
نیروگاه‌ها Q,S,R=۰/۳۶	حمل و نقل Q,S,R=۰/۳۷	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰/۱۴	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰/۹۸	کشاورزی Q,S,R=۰/۹۴	مصارف خانگی Q,S,R=۰/۱۶	مصارف خانگی Q,S,R=۰/۹۱	کشاورزی Q,S,R=۰/۲۲
صنعت Q,S,R=۰/۸۷	صنعت Q,S,R=۰/۶۲	صنعت Q,S,R=۰/۱۵	مصارف خانگی Q,S,R=۰/۹۹	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰/۹۵	حمل و نقل Q,S,R=۰/۲۱	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰/۹۲	نیروگاه‌ها Q,S,R=۰/۹۵
مصارف خانگی Q,S,R=۰/۹۳	مصارف خانگی Q,S,R=۰/۹۶	مصارف خانگی Q,S,R=۰/۸۵	صنعت Q,S,R=۰/۹۹۹	صنعت Q,S,R=۰/۹۸	صنعت Q,S,R=۰/۴۷	صنعت Q,S,R=۰/۹۶	مصارف خانگی Q,S,R=۰/۹۶
کشاورزی Q,S,R=۱	کشاورزی Q,S,R=۱	کشاورزی Q,S,R=۱	کشاورزی Q,S,R=۱	خانگی Q,S,R=۱	کشاورزی Q,S,R=۱	کشاورزی Q,S,R=۱	صنعت Q,S,R=۱

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- میزان اهمیت هر یک از بخش‌های اقتصادی در تولید آلاینده‌های محیط‌زیست بر اساس شاخص Q,S,R

Figure3- importance of economics sectors in generating environmental pollution based on Q, S, R indices

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴، در شکل ۳، بخشی که دارای کمترین مقدار شاخص‌های Q, S, R باشد، دارای بیشترین میزان اهمیت است. به‌عنوان نمونه در گاز دی اکسید کربن، بخش حمل و نقل با مقدار شاخص ویکور، سودمندی و تأسف صفر دارای بیشترین اثر در نشر این آلاینده است و بخش کشاورزی دارای کمترین میزان تأثیر در انتشار این نوع از آلاینده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با آغاز عصر صنعتی و رشد روزافزون تولید و مصرف، تغییرات بسیاری در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز به انرژی و تأمین آن از سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سبب نشر شدید گازهایی مانند دی اکسید کربن در جو شده است. انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای، تولید هوازی‌ها، تغییر در ضریب سپیدایی زمین و آلودگی حرارتی، عوامل مختلفی هستند که بر سرعت تغییرات آب و هوا تأثیر می‌گذارند و دراین‌بین تأثیر و اهمیت گازهای گلخانه‌ای بیشتر و شناخته شده تر است. ازاین‌رو در این پژوهش تلاش شد تا گازهای گلخانه‌ای و آلاینده شناسایی شوند و میزان تأثیر بخش‌های مختلف اقتصادی در نشر این گازها و آلایندگی هوا با استفاده از روش‌های MCDM مورد بررسی قرار گیرد. ۸ گاز از مهم‌ترین گازهای آلاینده جو و محیط‌زیست شناسایی شده و سپس مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور که در انتشار این آلاینده‌ها نقش بسیار پررنگی دارند مشخص گردیدند که شامل بخش حمل و نقل، صنعت، نیروگاه‌ها، بخش خانگی و مصارف عمومی و تجاری و بخش کشاورزی بودند. اطلاعات مربوط به مقدار و

www.SID.ir

Archive of SID

درصد انتشار هر یک از این گازها توسط بخش‌های معرفی‌شده از اطلاعات مربوط به سری‌های زمانی منتشر شده در مرکز آمار ایران استخراج گردید. به دلیل افزایش بیش از تصور انتشار گازهای گلخانه‌ای در ۵ سال اخیر در کشور، میانگین موزون با ضریب وزنی یکسان از داده‌های منتشر شده در بین سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ گرفته شد و به‌عنوان داده‌های اولیه وارد بخش تحلیل گردید. به‌منظور تعیین میزان اهمیت و وزن هر یک از ۸ گاز آلاینده معرفی‌شده از آنتروپی شانون استفاده گردید که بیشترین میزان اهمیت و یا به عبارتی بیشترین تأثیر در آلایندگی هوا بر اساس ماتریس تصمیم مستخرج از داده‌های سری زمانی به گاز کربن دی اکسید (CO_2) با ضریب وزنی ۰/۳ اختصاص یافت. پس از آن گازهای متان با ضریب اهمیت ۰/۱۸ و ذرات معلق با ضریب اهمیت ۰/۱۷ بیشترین وزن را در آلایندگی کسب کردند. نتایج به دست آمده از آنتروپی شانون هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده از گزارش IPCC است که دی اکسید کربن و گاز متان را به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های جهان معرفی نموده است[۱۸].

همچنین بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی بخش‌های مختلف اقتصادی در میزان آلایندگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مشخص گردید که بر اساس رتبه‌بندی بر سه مبنای شاخص ویکور(Q)، شاخص سودمندی(S) و شاخص تأسف(R) بیشترین میزان آلایندگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به بخش حمل و نقل با ضرایب R=۰/۲۸، S=۰/۰۳۶، Q=۰ اختصاص یافت. ترتیب میزان آلایندگی سایر بخش‌ها عبارت‌اند از: نیروگاه‌ها، صنعت، بخش کشاورزی و درنهایت کمترین میزان آلایندگی و نشر گازهای گلخانه‌ای به بخش خانگی، مصارف عمومی و تجاری اختصاص یافت. انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی توسط خودروها، کامیون‌ها، کشتی‌ها، قطارها و هواپیما است که درنتیجه این بخش را به آلاینده‌ترین بخش اقتصادی تبدیل نموده است. یافته‌های این بخش با ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۷که بخش حمل و نقل را مهم‌ترین بخش در انتشار گازهای آلاینده معرفی نموده است، مطابقت دارد [۱۹].

همچنین بر اساس گزارش EPA در ایالات متحده آمریکا حمل و نقل رتبه دوم اهمیت را به خود اختصاص داده است [۲۰].

بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۴، می‌توان تأثیر هر یک از بخش‌ها را در میزان آلایندگی تعیین نمود. در مورد انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن، بخش حمل و نقل بیشترین مقدار آلایندگی را در انتشار این گاز گلخانه‌ای داشته و پس از آن ، بخش نیروگاه‌ها، مصارف خانگی، صنعت و کشاورزی به ترتیب در انتشار گاز دی اکسید کربن سهم داشته‌اند. در پژوهش انجام شده توسط مرادی و امنیان نیز بخش حمل و نقل و نیروگاه‌ها بیشترین میزان تأثیر را در افزایش دی اکسید کربن موجود در هوا به خود اختصاص داده است [۹]. در رتبه‌بندی ترازنامه انرژی و EPA نیز بخش حمل و نقل و نیروگاه‌ها با فاصله بسیار زیادی از سایر بخش‌ها مهم‌ترین بخش‌ها در افزایش میزان گاز دی اکسید کربن موجود در هوا می‌باشند [۱۹،۲۰]. در عین حال حوزه حمل و نقل و صنعت مؤثرترین بخش‌ها در انتشار گاز متان شناسایی شدند. سوابق پژوهشی موجود حاکی از سهم تقریباً ۷۰٪ فعالیت‌های انسانی در انتشار گاز متان است [۱۵، ۹] که نتایج پژوهش حاضر نیز مؤید این مطلب بوده است و بیشترین سهم مربوط به انتشار گاز متان به بخش حمل و نقل و مصارف خانگی تعلق گرفته است. همچنین بخش حمل و نقل بیشترین تأثیر را در انتشار گازهایی ازجمله دی اکسید نیتروژن، تری اکسید سولفور و ذرات معلق داشته است که نشان از بحرانی بودن شرایط در بخش حمل و نقل کشور است. پژوهش انجام شده توسط جون و همکاران نیز مؤید این مطلب است که حمل و نقل در بخش دریایی بیشترین تأثیر را در انتشار آلاینده دی اکسید کربن، در بخش جاده‌ای و هوایی بیشترین تأثیر را در انتشار آلاینده متان و دی اکسید نیتروس داشته است [۲۱]. نیروگاه‌ها نیز در انتشار گاز دی اکسید سولفور و مونوکسید کربن هم راستا با ترازنامه انرژی نقش عمده و بسزایی داشته‌اند [۱۹]. ازاین‌رو با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بخش حمل و نقل و نیروگاه‌ها را به‌عنوان دو بخش اصلی در انتشار گازهای گلخانه‌ای معرفی نمود که برای جلوگیری از تخریب

www.SID.ir

Archive of SID

محیط‌زیست و دستیابی به اقتصاد سبز، نیاز به چاره‌اندیشی در این دو بخش ضرورت دوچندانی دارد.

یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش، این واقعیت را مشخص نمود که بخش حمل و نقل نقش عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا کرده و برحسب نتایج به‌عنوان آلاینده‌ترین عامل محیط زیستی شناسایی شده است. بنابراین توجه به مؤلفه‌های ساختاری و فرهنگی مرتبط با حوزه حمل و نقل از اهمیت ویژه‌ای نسبت به گذشته برخوردار شده است و به‌ویژه غفلت از رعایت اصول شهرسازی و ترافیک شهری، نسل کنونی و آینده را با خطرات بسیار جدی مواجه می‌سازد. در این راستا، توجه به عواملی ازجمله؛ استفاده از تکنولوژی‌های مربوط به حمل و نقل سبز، توسعه و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدید شدنی(خورشیدی، زیستی،....)، تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حمل و نقل عمومی و توسعه آن باکیفیت بالا، ارتقای کارایی سامانه‌های حمل و نقل، ابزارهای مالی از قبیل یارانه برای حمل‌ونقل عمومی، کاربرد فناوری نوین برای بهبود کارایی خودروها، کاهش تخصیص ظرفیت خیابان‌ها به خودروهای شخصی، فراهم نمودن زیرساخت‌های مرتبط با وسایل نقلیه غیر موتوری ازجمله دوچرخه و پیاده‌روی، می‌تواند به‌عنوان راه‌کارهایی برای کاهش آلایندگی در این بخش مطرح گردد. در عین حال در مواجهه با آلایندگی نیروگاه‌ها، می‌توان استفاده از سیستم تجارت- نشر را به عنوان یک راهکار مناسب مطرح نمود. چراکه تحقیقات گذشته نشان داده است که استفاده از این سیستم اثر قابل‌توجهی در کاهش انتشار دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن دارد.

همچنین جهت جلوگیری از افزایش آلاینده‌های محیط زیستی و کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌توان به استفاده از سیاست غیر قیمتی ازجمله؛ فناوری‌های پاک و سیاست‌های محیط زیستی، استفاده از ابزارهای استاندارد مالیات بر آلودگی، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر با ویژگی‌هایی ازجمله؛ سازگاری با طبیعت، عدم آلودگی محیط‌زیست، تجدید پذیری، پراکندگی و گستردگی منابع آن‌ها اشاره نمود. از دیگر راه‌کارها می‌توان به سیستم سهمیه‌بندی حق انتشار آلودگی با حذف یا حداقل نمودن هزینه و کنترل دولت در تسهیل مبادلات اشاره نمود. درحالی‌که بالا بردن حساسیت مردم نسبت به نتایج مخرب آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و اثرات آن‌ها بر سلامتی افراد، راه‌کار دیگری است که می‌تواند برای جلوگیری از نشر بیش‌ازاندازه گازهای گلخانه‌ای مفید واقع شود.

در پایان، به محققان آتی پیشنهاد می‌شود با توجه به خلأ تحقیقاتی قابل‌توجهی که در حوزه انرژی پاک، مزایای اقتصاد و محیط‌زیست سبز و نقش آنان در کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای وجود دارد، مطالعات گسترده‌تری در این خصوص صورت گرفته و در راستای رسیدن به یک درک مشترک، با نتایج این پژوهش به‌صورت تطبیقی مورد مقایسه قرار گیرد. درعین‌حال با توجه یافته‌های پژوهش که در آن حمل و نقل به‌عنوان آلاینده‌ترین بخش در میان سایر موارد شناسایی گردید، به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به این بخش به شکل خاصی توجه نموده و بر اساس داده‌های موجود در مرکز آمار میزان اهمیت زیر بخش‌های حمل و نقل (حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، هوایی، دریایی) در آلایندگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را تعیین نمایند.

منابع

1. Alizade, R.; Maknoon, R.; MajidPour, M. and Salimi, G. (2015). Energy Policy in Iran and International Commitments in the field of Green House Emission. *Journal of environmental science and technology*, 17(1): 183-198. *(In Persian)*
2. Manzoor, D. and Rahimi, A. (2015). Prioritizing power generation plants in Iran by using MCDM model. *Journal of Iranian energy economies*, 4(14): 191-215. (*In persian*)
3. Rajabi, M.; Soltani, A.; Zinali, A. and Soltani, A. (2012). Evaluating greenhouse gas emission and global warming potential due to wheat

www.SID.ir

Archive of SID

production in Gorgan. *Electronic journal of crop production*, 5(3): 23-44. *(In persian)*

4. Hoeven, M. 2013. CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights. *International Energy Agency. Paris*.
5. Alicja, K. 2015. Stepwise Multiple Regression Method of Greenhouse Gas Emission Modeling in the Energy Sector in Poland. *Journal of Environmental Sciences*, 30: 47–54.
6. Deolalkar, S.P.2016. *Greenhouse Gases*. Designing Green Cement Plants. 9–17.
7. Fetras, M. and Barati, G. (2013). The decomposition of carbon dioxide released by the transport sector into sub-sectors and types of fuel fuels. *Quarterly journal of applied economics study in Iran*, 2(6): 83-64. (*In Persian*)
8. HoseiniNasab, A. and Paikari, S. (2012). Investigating the effect of economies growth and commercial liberation on environmental pollution. *Economic journal*, 9:61-82. *(In Persian)*
9. Moradi, A and Aminian, M. (2012). Iran Greenhouse emission amount in 2010. *Science Cultivation Journal*, 3(1): 55-59. *(In Persian)*
10. Rees, R.M.; Flack, K; Maxwell, A. 2014. Air: Greenhouse Gases from Agriculture. *Reference Module in Food Science Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. 293–304.
11. Etabi, F. and Heibati, M. (2005). Investigation Iran Position in implementing Kyoto Protocol and using clean development mechanism (CDM). *Deputy of Economic Research, Energy Economics Research Group, Strategic Research Center*. 1-26. *(In Persian)*
12. Mehdipor, L. and Landi, A. (2010). The effect of different land uses of greenhouse gas emission. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources.* 14(52): 139-147. *(In Persian)*
13. Milne, A. E. ;Margaret, J. ; Murray Lark, S; Perryman, T; Whitmore, A. 2015. Communicating the Uncertainty in Estimated Greenhouse Gas Emissions from Agriculture. *Journal of Environmental Management*. 160: 139–153.
14. Manzor, D. and Rezaie, H. (2013). Investigating the effect of Fuel Prices Consumption Regeneration on Pollution and Greenhouse Gas Emissions: System Dynamic Approach. *Journal of Iranian energy economies*, 3(9): 199-215. *(In Persian)*
15. To, W.M. 2015. Greenhouse Gases Emissions from the Logistics Sector: the Case of Hong Kong, China. *Journal of Cleaner Production*. 13:658–664.
16. Lee, G; Lee, H; Lee, J. 2015. Greenhouse Gas Emission Reduction Effect in the Transportation Sector by Urban Agriculture in Seoul, Korea. *Landscape and Urban Planning*. 140: 1–7.
17. Iran's Statistics Center, Time series data, http://www.amar.org.ir. (*In Persian*)
18. IPCC (2014). *Global Greenhouse Gas Emissions Data*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Farmad, M.; Tanpor,Paveh, M. and Amini, F. (2010). *Energy balance sheet in 2008*. Preparation and compilation of the Office of Planning for Electricity and Energy: Safa, Tehran. (*In Persian*)

20. EPA (2015). United States Environmental Protection Agency. *Sources of Greenhouse Gas Emissions*.

21. Jun, P.; Gillenwater, M. & Barbour, W. (2000). CO_2 ,CH_4 , and N_2O emissions from transportation water borne navigation. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reporting Instructions*, 1: 71-92.

www.SID.ir