DOR: 20.1001.1.24234931.1398.6.2.8.0
Archive of SID

سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸، ص ص ۶۲ - ۷۰

فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۷

بررسی امکان‌پذیری تحقق اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق تولید برق از منابع تجدیدپذیر در ایران

حسن جنگ‌آور[۱]، یونس نوراللهی[۲*]، حسین یوسفی[۲]

۱- دکتری اقتصاد نفت و گاز، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران

۲- دانشیار، گروه انرژی‌های نو و محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

* صندوق پستی تهران، ۱۴۳۹۹۵۷۱۳۱، noorollahi@ut.ac.ir

چکیده

از گازهای گلخانه‌ای به عنوان اصلی‌ترین عامل تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی نام برده می‌شود. با توجه به افزایش تقاضای انرژی در جهان و از سویی اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی به عنوان یکی از عوامل انتشار دهنده گازهای گلخانه‌ای، توجه به انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر جهت مقابله با تغییرات اقلیم در اولویت قرار گرفته است. ایران اهداف کاهش ۴ و ۱۲ درصدی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود بر اساس دو سناریوی غیر مشروط و مشروط جهت مشارکت در برنامه جهانی کاهش گازهای گلخانه‌ای در افق ۲۰۳۰ اعلام نموده است. با توجه به سهم بالای انتشار بخش نیروگاهی و پتانسیل‌های کشور در منابع تجدیدپذیر، در این تحقیق سناریوهای مختلفی به منظور بکارگیری ظرفیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر کشور تا سال ۱۴۰۹ جهت تامین تقاضای برق کشور مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی سناریوها نشان دهنده آن است که با توسعه ظرفیت تولید برق خورشیدی، بادی و زمین‌گرمایی به ترتیب و به میزان ۲۵۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۵۰۰ مگاوات، کاهش انتشاری برابر با تعهدات کشور در توافقنامه پاریس محقق خواهد شد. این مهم بیانگر آن است که با وجود ظرفیت‌های بالقوه در زمینه منابع تجدیدپذیر در کشور، می‌توان با اتخاذ سیاست‌های مناسب تشویقی جهت توسعه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر، علاوه بر کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید به اهدافی از قبیل کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش تولید انرژی و امکان استفاده از آنها در سایر بخش‌های با ارزش افزوده بالاتر و یا صادرات آنها مبادرت نمود.

کلمات کلیدی: گازهای گلخانه‌ای، تغییرات اقلیم، انرژی‌های تجدیدپذیر، تعهدات کاهش انتشار

www.SID.ir

Archive of SID

Investigate the feasibility of realizing the goals of reducing greenhouse gas emissions by generating electricity from renewable sources in Iran

Hassan Jangavar[1], Younes Noorollahi[2*], Hossein Yousefi[2]

1- Oil and Gas Economics Ph.D., Faculty of Economic, Allameh tabatabaei University, Tehran
2- Associate Professor, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran
* P.O.B. 1439957131, Tehran, Iran, noorollahi@ut.ac.ir
Received: 21 November 2018 Accepted: 6 Februrey 2019

Abstract

Greenhouse gases are the main cause of climate change and global warming. Due to increasing demand for energy, various policies and programs adopt to reduce fossil fuel consumption as one of the emitters of greenhouse gases, the focus of clean and renewable energies to address climate change is prioritized. Iran aims to reduce its greenhouse gas emissions by 4 and 12 percent based on two non-conditional and conditional scenarios for contribution in the Global Greenhouse Gas Emissions Program in 2030. Scenarios have been considered for the use of renewable energy capacities of the country by the year 1409 to meet the country's electricity demand due to the high share of the power plant's part and the country's potential in renewable resources. The results of the scenarios survey indicate that with the development of solar power, wind and geothermal power generation capacity of 25,000, 12,000 and 500 MW respectively, a reduction in distribution would be achieved in line with the obligations of the country under the Paris Agreement. This implies that despite the potential capacity for renewable resources in the country, by adopting appropriate incentives for the development of energy from renewable sources, in addition to reducing carbon dioxide emissions, such as reducing fuel consumption Fossil fuels in the energy sector and the possibility of using them in other higher value added sectors or export them.

Keywords: Greenhouse Gases, Climate Change, Renewable Energy, Emission Reduction Commitments

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه، استفاده از سوخت‌های فسیلی به عنوان مهمترین منبع تامین انرژی در جهان مطرح می‌باشند. اتکای زیاد به سوخت‌های فسیلی با توجه به پایان‌پذیری و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های مختلف سبب ایجاد نگرانی‌هایی در خصوص تامین تقاضای روز افزون انرژی شده است. به عبارتی دیگر این مهم موجب ایجاد این سوال شده است که آیا منابع انرژی‌های فسیلی در قرن‌های آینده، جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه خواهند بود؟ شواهد بیانگر آن است که عمر متوسط منابع زیرزمینی انرژی در بسیاری از نقاط جهان بیش از صد سال نخواهد بود و لذا توجه به منابع جایگزین ضروری است[۱]. پایان یافتن سوخت‌های فسیلی در آینده نه چندان دور، استفاده و توسعه کاربرد دو دسته دیگر انرژی یعنی انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای را ضروری می‌کند. هر دو دسته انرژی‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی دارای ابعاد مختلفی می‌باشند.

استفاده از سوخت‌های فسیلی به منظور تامین انرژی موجب ایجاد آلودگی‌های محیط‌زیستی بی‌شماری می‌شوند. از یک طرف در نتیجه سوختن سوخت‌های فسیلی، گازهای سمی وارد محیط نموده و علاوه بر آلودگی محیط‌زیست، سبب به خطر افتادن سلامت انسان‌ها نیز می‌شوند. از طرف دیگر، تراکم این گازها در جو زمین، باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده آب و هوایی می‌گردد که همان اثر گلخانه‌ای است. برآوردها نشان می‌دهد که انتشار معادل کربن‌دی‌اکسید تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۵۸ میلیارد تن در صورت ادامه روند موجود، خواهد رسید[۲].

بخش نیروگاهی به عنوان عامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های محیط‌زیستی در جهان شناخته شده است. میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید در بخش نیروگاهی بسیار بیشتر از آنچه در قرن گذشته بوده است، افزایش یافته است. لذا اقدامات موثر در این بخش ضروری می‌باشد[۲]. از آنجایی که سهم سوخت‌های فسیلی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بسیار قابل توجه می‌باشد، اتخاذ هر گونه برنامه و اقدامی جهت کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سبب اثرگذاری بین‌المللی بر بازارهای سوخت‌های فسیلی می‌شود. واکنش بازار سوخت‌های فسیلی نسبت به اقدامات کاهش انتشار سبب توجه جدی به گزینه‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی به منظور تامین انرژی خواهد شد. لذا کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی ناشی از اتخاذ و اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی باعث بکارگیری سایر حامل‌ها و منابع انرژی در ترکیب بهینه سبد انرژی می‌شود. میزان اثربخشی تاثیر سیاست‌های محیط‌زیستی و اجرای برنامه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند سبب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و ایجاد تنوع در ترکیب سبد انرژی شود که این مهم نیز می‌تواند بصورت مشخص مورد بررسی و کنکاش قرار گیرد.

استفاده از منابع تجدیدپذیر در مقایسه با سوخت‌های فسیلی در الگوی تولید برق دارای برتری‌های مشخصی می‌باشند که مهمترین آنها، عدم پایان‌پذیری، سهولت در دسترسی، عدم ایجاد آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد[۳]. ویژگی‌های برشمرده سبب شده است که امروزه سرمایه‌گذاری دولت‌ها و بخش خصوصی در امر تحقیق، توسعه و عرضه انواع فناوری‌های نوین استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش چشمگیری داشته باشد. توسعه استفاده از منابع تجدیدپذیر باعث کاهش قابل توجه قیمت تمام شده تولید برق تجدیدپذیر و افزایش رقابت‌پذیری آنها با سیستم‌های تولید برق سنتی (استفاده از منابع فسیلی) شده است. همچنین افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب سبد جهانی انرژی سبب تغییرات گسترده در الگوهای تامین برق در کشورهای مختلف؛ بویژه کشورهای واردکننده سوخت‌های فسیلی؛ شده است. بطوری که میزان تقاضای این کشورها برای واردات سوخت‌های فسیلی به منظور تامین انرژی کاهش یافته است. از سویی توسعه استفاده از منابع تجدیدپذیر جهت تامین انرژی و در نتیجه کاهش واردات سوخت‌های فسیلی می‌توانند سبب ارتقای امنیت انرژی در کشورهای واردکننده سوخت‌های فسیلی نیز شود و هراس از نااطمینانی‌های ناشی از دسترسی به سوخت‌های فسیلی در تامین انرژی را کاهش دهد[۴]. بنابراین تغییر در الگوی نحوه تامین انرژی با توسعه استفاده از منابع تجدیدپذیر برای کشورهای وارد کننده سوخت‌های فسیلی، سبب کاهش وابستگی به سایر کشورها و بویژه کشورهای صادرکننده سوخت‌های فسیلی می‌شود.

توسعه استفاده از منابع تجدیدپذیر به منظور تامین انرژی، نه تنها برای کشورهای واردکننده سوخت‌های فسیلی، بلکه برای کشورهای دارای ذخائر عظیم نفت و گاز نیز موجب ایجاد مزیت‌ها و فرصت‌هایی می‌شود. تنوع بخشی در ترکیب سبد انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، پایداری در تامین انرژی و اختصاص بخشی از سوخت‌های فسیلی صرفه‌جویی شده به سایر صنایع و یا فعالیت‌های اقتصادی در نتیجه استفاده از منابع تجدیدپذیر، از مهمترین مزیت‌ها و فرصت‌های ناشی از بکارگیری منابع تجدیدپذیر و جایگزینی آنها با سوخت‌های فسیلی در تولید برق می‌باشد[۴]. این مهم برای ایران نیز با توجه به وجود ذخایر سوخت‌های فسیلی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. زیرا آنچه تا کنون در خصوص تولید انرژی در کشور عملاً رخ داده است، اتکای بسیار زیاد به سوخت‌های فسیلی جهت تامین انرژی می‌باشد. به طوری که در سالیان گذشته، همواره بیش از ۸۵ درصد حجم سبد انرژی مصرفی کشور از نفت و گاز تشکیل شده است[۵].

با جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر، می‌توان علاوه بر تامین پایدار انرژی مورد نیاز به اهداف ناشی از امنیت انرژی و کاربرد سوخت‌های فسیلی در تولید محصولات با ارزش افزوده بالا از قبیل محصولات پتروشیمی نیز دست یافت. به عبارتی دیگر، استفاده از سوخت‌های فسیلی صرفه‌جویی شده ناشی از جایگزینی منابع تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی در تولید انرژی باعث ایجاد ارزش افزوده در سایر صنایع و صیانت از نحوه بهره‌برداری از آنها نیز می‌شود. با توجه به آنچه بیان گردید، این مهم به ذهن متبادر می‌شود که رابطه تامین انرژی از منابع تجدیدپذیر با کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی چگونه بوده و پیامدهای ناشی از جایگزینی ظرفیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی از ابعاد مختلف از قبیل کاهش گازهای گلخانه‌ای و انتشار آلاینده‌ها و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی جهت تامین برق به چه نحوی می‌باشد.

در بخش دوم مقاله به پیشینه تحقیق و مرور مطالعات تجربی پرداخته می‌شود. در بخش سوم، سیاست‌ها و برنامه‌های ملی و بین‌المللی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بررسی شده و در بخش چهارم به مدل مورد استفاده در مقاله تشریح شده است. در بخش پنجم بررسی سناریوهای پاسخگویی به تعهدات زیست‌محیطی ایران بر اساس مدل مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرند و نهایتاً موضوعات مطرح شده در بخش ششم جمع‌بندی خواهند شد.

۲- پیشینه تحقیق و مطالعات تجربی

بصورت کلی، به نظر می‌رسد که اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی به منظور تحقق اهداف برنامه‌های ملی و بین‌المللی سبب استفاده بیشتر از منابع

www.SID.ir

Archive of SID

تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فیسلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. لذا با توجه به سهم بسیار بالای سوخت‌های فسیلی در تامین انرژی کشور، این امکان وجود دارد که با تغییر سهم منابع مختلف سوخت‌های فسیلی در سبد تامین انرژی کشور، بتوان میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های زیست‌محیطی را کاهش داده و از این طریق به تحقق اهداف زیست‌محیطی کشور در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک نمود. همچنین مهمترین اجزای تنوع بخشی به سبد فعلی انرژی کشور، افزایش سهم منابع تجدیدپذیر در سبد تامین انرژی کشور است که در حال حاضر سهم آنها کمتر از یک درصد می‌باشد. لذا اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های تشویقی تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر با ارائه حمایت‌های لازم به منظور اقتصادی نمودن آنها در مقایسه با سیاست‌های یارانه‌ای فعلی تولید برق از منابع فسیلی از ضروریات غیرقابل اجتناب جهت افزایش سهم منابع تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور است. در ادامه به برخی مطالعات انجام شده در خصوص جایگزینی مصرف سوخت های فسیلی با منابع تجدیدپذیر در تولید برق و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته شده است.

منظور و رحیمی (۱۳۹۴) مطالعه‌ای با عنوان "اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق در ایران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه" انجام داده‌اند[۶]. در این مطالعه با در نظر گرفتن معیارهای مختلف اقتصادی، محیط‌زیستی، سیاسی و اجتماعی، امنیت انرژی و فنی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به معیارهای و محاسبه میزان معیارهای کیفی و کمی به ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف تولید برق پرداخته شده است. در بین ۲۳ معیاری که وزن‌های آنها توسط خبرگان تعیین شده است، هزینه‌های تمام‌شده برای هر کیلووات ساعت در رتبه اول، امنیت تامین منابع ورودی نیروگاه در رتبه دوم، سرمایه‌گذاری اولیه در رتبه سوم، تاثیر در حفظ و صرفه‌جویی در منابع پایان‌پذیر در رتبه چهارم و تاثیر در تنوع بخشی به سیستم عرضه در رتبه پنجم قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد به ترتیب نیروگاه‌های بادی، برق آبی، فتوولتائیک، سیکل ترکیبی، هسته‌ای، گازی و بخاری در اولویت قرار دارند.

صادقی و همکارانش (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با عنوان "نقش تولید برق از منابع تجدیدپذیر در کاهش گازهای گلخانه‌ای: یک رویکرد اقتصادسنجی" انجام داده‌اند[۷]. بر خلاف مطالعات بسیاری که عوامل موثر بر انتشار کربن‌دی‌اکسید و آزمون فرضیه کوزنتس را مورد توجه قرار داده‌اند، هدف اصلی این مطالعه ارزیابی تاثیر برق تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید ایران با بهره‌گیری از روش خود رگرسیونی با وقفه‌های گسترده است. مطابق نتایج برآورد مدل تجربی پژوهش، یک درصد افزایش در تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش ۳۱ درصدی انتشار سرانه کربن‌دی‌اکسید همراه خواهد بود. به علاوه، انتشار سرانه کربن‌دی‌اکسید نسبت به مصرف انرژی کاملاً با کشش بوده و فرضیه کوزنتس نیز مورد تایید قرار نگرفت. به این ترتیب، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود کارایی انرژی نقشی قابل توجه در کاهش گازهای گلخانه‌ای دارند.

شریفی و همکاران (۱۳۹۱) مطالعه‌ای با عنوان "ارزیابی جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر باسوخت‌های فسیلی در ایران: رهیافت بهینه" با استفاده از یک مدل کنترل بهینه و روش الگوریتم ژنتیک انجام داده‌اند[۸]. آنها مسیرهای بهینه جایگزینی انرژی خورشید و باد به جای سوخت‌های فسیلی در طی زمان در ایران را کنکاش نموده‌اند و نتایج بررسی آن‌ها بیانگر آن است که در صورت ثابت بودن هزینه‌های تبدیل انرژی خورشیدی و بادی و در نظر گرفتن نرخ تنزیل اجتماعی پنج درصد، انتقال از انرژی‌های فسیلی به سمت انرژی خورشیدی و بادی در سال ۱۴۶۶ (۷۷ سال پس از سال مبنا که ۱۳۸۹ است) و با فرض ۵۰ درصد کاهش در هزینه‌های تبدیل انرژی خورشید و باد در هر ۱۰ سال، این انتقال در سال ۱۴۰۹ (۲۰ سال پس از سال مبنا) می‌بایست صورت پذیرد. این نتیجه‌گیری بصورت عام مبین آن است که نرخ جانشینی میان تامین انرژی از سوخت‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر وجود داشته و بصورت خاص بیانگر توجه به منابع خورشیدی و بادی به عنوان مهمترین منابع تجدیدپذیر جایگزین در سبد انرژی کشور می‌باشد.

خودی و موسوی (۱۳۸۸) پژوهشی با عنوان "ارزیابی چرخه عمر (LCA) فناوری‌های تولید برق با رویکرد کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای" انجام داده‌اند. در این پژوهش از "ارزیابی چرخه عمر" به عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی جهت ارزیابی انواع فناوری‌های تولید برق و تعیین فناوری‌های سازگار با تغییرات اقلیم با برآورد میزان کربن‌دی‌اکسید منتشره در چرخه حیات هر فناوری به ازای هر واحد برق پرداخته شده است[۹]. جهت برنامه‌ریزی و ارائه راهکارهای مناسب مقابله با تغییرات اقلیم در بخش انرژی کشور، میزان کربن‌دی‌اکسید در چرخه حیات هر فناوری شامل استخراج مواد اولیه، حمل و نقل، احداث، فعالیت، تعمیرات و نگهداری و پایان عمر مفید نیروگاه برآورد گردیده است. نتایج بدست آمده بیانگر آن است که نیروگاه‌های برق آبی و زمین‌گرمایی به ترتیب با انتشار ۱۱ و ۱۵ گرم کربن‌دی‌اکسید به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی دارای کمترین میزان انتشار و نیروگاه‌های نفت‌سوز با ۷۴۲ گرم کربن‌دی‌اکسید در هر کیلووات ساعت برق تولیدی بیشترین میزان انتشار را دارا می‌باشند.

ژائو و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه‌ای با عنوان "مدل‌سازی انرژی با هدف توسعه کم کربن پکن در سال ۲۰۳۰" انجام داده‌اند. پکن؛ پایتخت کشور چین؛ از آلودگی هوا و تغییرات اقلیم تاثیرات زیادی دریافت کرده است[۱۰]. استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر یکی از مهمترین منابع انتشار کربن‌دی‌اکسید می‌باشد که سبب بروز تغییرات اقلیم نیز شده است. هدف این مقاله، اراده مدلی به منظور جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با منابع فسیلی در شهر پکن تا سال ۲۰۳۰ می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های سال ۲۰۱۴ و با مدل انرژی پلن، اقدام به ارائه سناریوهای مختلف جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر با منابع تجدیدناپذیر شده است. در بهترین سناریوی جایگزینی منابع تجدیدپذیر و با استفاده از انرژی خورشید، زیست توده و پسماندهای جامد شهری و بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایشی، این امکان وجود دارد که میزان مصرف سوخت‌های اولیه تا ۱۵۵/۹ تراوات ساعت کاهش یابد که معادل با کاهش ۷۲ درصدی مصرف سوخت‌های فسیلی نسبت به سناریوی مرجع در سال ۲۰۳۰ می‌باشد.

نلسون[۱] و اورتون[۲] (۲۰۱۶) مطالعه‌ای با عنوان "یکپارچگی سیاست‌های تولید برق و تغییرات اقلیم" انجام داده‌اند[۱۱]. در این مطالعه به ساختار بازار برق در استرالیا پرداخته شده است و بیان کرده‌اند که مکانیزم بازار در حالتی که از سیاست‌های تغییرات اقلیم متاثر شود، می‌تواند سبب کربن‌زدایی در تولید برق شده و سبب تغییر در منابع تولید برق شود.

۱ Nelson
۲ Orton

www.SID.ir

Archive of SID

کایوجا[1] و همکارانش (۲۰۱۶) مطالعه‌ای با عنوان "بررسی تحلیل‌های انرژی و سیاست‌های محیط‌زیستی اقلیم: مقایسه تولید و مصرف برق در چین، اتحادیه اروپا، منطقه یورو و آمریکا" با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی انجام داده‌اند[۱۲]. آنها در این مطالعه بیان کرده‌اند که با توجه به سیاست‌های زیست‌محیطی، تولید برق بر پایه سوخت‌های نفتی در آینده کاهش خواهد یافت و استفاده از منابع تجدیدپذیر نقش مهمی در تامین تقاضای برق در کشورها و مناطق مورد بررسی خواهد داشت. آنچه که مهم است با افزایش جمعیت تقاضای برق در چین افزایش خواهد یافت و رابطه خطی میان آنها تایید می‌شود، اما این رابطه لزوماً در مورد سایر مناطق مورد بررسی نمی‌تواند مورد پذیرش قرار گیرد.

کلومپیس[2] و همکارانش (۲۰۱۵) مطالعه‌ای با عنوان "کربن‌زدایی تولید برق: آیا کاهش تغییرات اقلیم سبب ایجاد آثار محیط‌زیستی دیگری می‌شود؟" با استفاده از مدل ارزیابی چرخه عمر فناوری‌های تولید برق انجام داده‌اند[۱۳]. در این بررسی اقدام به ترسیم ۱۶ سناریوی متفاوت جهت کربن‌زدایی از تولید برق و تحلیل نتایج آن شده است. نتایج عمده این سناریوها بدین صورت است که تغییرات اقلیم سبب تغییر در چرخه فناوری‌های تولید برق می‌شود. این تغییرات علاوه بر کاهش انتشار کربن می‌توانند آثاری از قبیل افزایش سلامت انسانی و همچنین سایر آثار مثبت زیست‌محیطی از قبیل کاهش تخریب لایه ازون به همراه داشته باشند. سلامت انسانی به عنوان یک اثر مهم جانبی تغییر در ترکیب سوخت‌های مورد استفاده در تامین انرژی مطرح می‌باشد.

ویدال آمارو[3] و همکاران (۲۰۱۵) مطالعه با عنوان "ترکیب بهینه انرژی برای انتقال از سوخت‌های فسیلی به سوی منابع تجدیدپذیر انرژی – مطالعه موردی: سیستم برق مکزیک" انجام داده‌اند [۱۴]. ایجاد ترکیب بهینه سبد انرژی مکزیک با استفاده از مدل "حداقل ظرفیت سبد کل[4]" به منظور تعیین ترکیبی از انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت‌های فسیلی در سیستم برق با توجه میزان تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و تقاضای برق بصورت ساعتی از اهداف اصلی این مطالعه می‌باشد. با توجه به محدودیت‌هایی که کنگره مکزیک برای تولید برق از سوخت‌های فسیلی تعیین کرده است و میزان آنها تا ۶۵، ۶۰ و ۵۰ درصد به ترتیب در سال‌های ۲۰۲۴، ۲۰۳۵ و ۲۰۵۰ باید کاهش یابد، اقدام به جایگزینی منابع تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی در سناریوهای مختلف نموده‌اند. مهمترین منبع تجدیدپذیر در کشور مکزیک، زیست‌توده می‌باشد که بر مبنای آن بسیاری از سناریوهای پیشنهادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و انرژی‌های باد و خورشید در مراتب بعدی قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن ترکیب‌های مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر، بیشترین سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد بهینه انرژی در کشور مکزیک به ۳۵ درصد خواهد بود.

ونجیا کای[5] و همکارانش (۲۰۰۷) مطالعه‌ای با عنوان "بررسی سناریوهای ظرفیت‌های کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید در بخش برق چین" با استفاده از مدل "سیستم برنامه‌ریزی انرژی‌های جایگزین در دوره‌های بلندمدت" انجام داده‌اند[۱۵]. آنها با بررسی شرایط مختلف کشور چین و چگونگی کاهش میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید در صنعت برق، به این نتیجه رسیده‌اند که این صنعت ظرفیت کاهش میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید تا سال ۲۰۳۰ را نخواهد داشت، اما در سال‌های بعد از آن این امکان وجود دارد که با جایگزینی منابع تجدیدپذیر و بصورت مشخص انرژی برق - آبی بتوان انتشار کربن‌دی‌اکسید را کاهش داد.

۳- سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

تا کنون سیاست‌ها و برنامه‌های مختلفی جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام شده است که از مهمترین آنها می‌توان به تدوین و تصویب پروتکل کیوتو، توافقنامه پاریس در سطح بین‌المللی و برنامه مشارکت در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح ملی اشاره کرد که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

۳-۱- پروتکل کیوتو

پروتکل کیوتو[6] که به پیمان کیوتو نیز معروف است، مشتمل بر یک مقدمه، ۲۷ ماده و دو ضمیمه و از ملحقات "کنوانسیون تغییرات اقلیم در چارچوب سازمان ملل متحد" مصوب ۱۹۹۲ می‌باشد. این پروتکل در سال ۱۹۹۷ به تصویب رسید و پس از احزار شرایط اجرایی (تودیع پنجاه و پنجمین سند تصویب)، در فوریه ۲۰۰۵ لازم الاجرا گردیده و در حال حاضر دارای ۱۹۲ عضو است[۱۶].

هدف اصلی پروتکل کیوتو کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی کشورهای ضمیمه یک به میزان ۵/۲ درصد تا پایان سال ۲۰۱۲ نسبت به سال ۱۹۹۰ می‌باشد[۱۶]. بر اساس مفاد پروتکل کیوتو، کشورهای در حال توسعه جز پایش و گزارش‌دهی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولیدی خود تعهدی ندارند[۱۶]. دوره اول تعهدات پروتکل کیوتو برای سال‌های ۲۰۱۲ – ۲۰۰۸ بوده و دوره دوم آن برای سال‌های ۲۰۲۰ – ۲۰۱۲ تمدید شده است. به منظور دستیابی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به اهداف مورد نظر در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، سه سازوکار انعطاف‌پذیر در پروتکل کیوتو وجود دارد. این سازوکارها شامل تجارت انتشار[7]، اجرای مشترک[8] و ساز و کار توسعه پاک[9] می‌باشند [۱۷] .

با توجه به آنکه بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش انرژی می‌باشد، در مواد و بندهای مختلف پروتکل کیوتو به استفاده بهینه از انرژی، افزایش کارآیی انرژی و به صورت غیر مستقیم به کاهش و جایگزینی سوخت‌های فسیلی به عنوان یکی از منابع مهم تامین انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای پرداخته شده است. مفاد مرتبط با بخش انرژی که در پروتکل کیوتو وجود دارند، به شرح زیر می‌باشند[۱۷].

افزایش کارآیی انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی؛

[1] Kaivo-oja
[2] Kouloumpis
[3] Vidal - Amaro
[4] Minimum Total Mix Capacity (MTMC)
[5] Wenjia Cai

[6] Kyoto Protocol
[7] Emission Trading
[8] Joint Implementation
[9] Clean Development Mechanism (CDM)

www.SID.ir

Archive of SID

- ترغیب تحقیق، توسعه و گسترش استفاده از انواع جدید و تجدیدپذیر انرژی و فناوری‌های کنترل انتشار کربن‌دی‌اکسید و فناوری‌های پیشرفته و جدید بی‌خطر برای محیط‌زیست؛
- محدود کردن و یا کاهش انتشار گاز متان از طریق بهبود و بکارگیری مدیریت مواد زائد و نیز تولید، انتقال و توزیع انرژی؛
- تدوین و اجرای برنامه‌های ملی انطباق[1] و کاهش[2] تغییرات اقلیم باید با بخش‌های انرژی، حمل و نقل، صنعت، کشاورزی، جنگلداری و مدیریت مواد زائد و پسماندها ارتباط موثر داشته باشد. علاوه بر این، فناوری‌های انطباق و روش‌های بهبود طرح‌های فضائی باید قابلیت انطباق با تغییر آب و هوا را افزایش دهند؛

۲-۲- توافقنامه پاریس

توافقنامه مقابله با تغییرات اقلیمی موسوم به توافقنامه پاریس[3] مشتمل بر یک مقدمه و ۲۹ ماده و از ملحقات "کنوانسیون تغییرات اقلیم در چارچوب سازمان ملل متحد" می‌باشد. این توافقنامه در تاریخ ۲۲ آذر ۱۳۹۴ به تصویب ۱۹۵ کشور رسید و پس از احراز شرایط اجرایی (همانند پروتکل کیوتو) در تاریخ ۱۳ آبان‌ماه ۱۳۹۵ لازم الاجرا گردید[۱۶]. این توافقنامه از سال ۲۰۲۰ جایگزین پروتکل کیوتو خواهد شد و تا کنون بیش از ۱۸۰ کشور اقدام به تصویب و یا الحاق به آن نموده‌اند[۱۶] . هدف اصلی این توافقنامه جلوگیری از افزایش دمای کره زمین کمتر از دو درجه سانتیگراد تا پایان قرن بیست و یکم نسبت به پیش از انقلاب صنعتی است[۱۶]. بر اساس مفاد توافقنامه پاریس مقرر شده است که با استفاده از ابزارهای تشویقی و تسهیلی از قبیل تامین منابع مالی، توسعه و انتقال فناوری، ظرفیت‌سازی و از طریق مشارکت تمامی کشورها در برنامه جهانی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، هدف این توافقنامه محقق شود. در این توافقنامه بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی تمامی کشورها (شامل مجموع کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه) تاکید شده است[۱۶].

۲-۳- برنامه ملی مشارکت در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

ایران در راستای مشارکت در برنامه جهانی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اقدام به تهیه برنامه ملی کاهش انتشار نموده است. هدف‌گذاری در این برنامه جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در قالب دو سناریوی غیرمشروط و مشروط ارائه شده است. در این برنامه اعلام شده است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای طبق سناریوهای غیرمشروط و مشروط به ترتیب ۴ و ۱۲ درصد تا سال ۲۰۳۰ باید کاهش یابد[۱۸]. تحقق کاهش میزان انتشار بر اساس سناریوی مشروط منوط به رفع تحریم‌ها، تامین منابع مالی بین‌المللی، توسعه و انتقال فناوری و ظرفیت‌سازی می‌باشد. با توجه به برآوردهای انجام شده، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران در سال ۲۰۳۰ به ۱/۸ میلیارد تن معادل کربن‌دی‌اکسید خواهد رسید. لذا به منظور تحقق اهداف غیرمشروط، ضرورت دارد تا میزان ۷۲ میلیون تن معادل کربن‌دی‌اکسید از انتشار گازهای گلخانه‌ای کشور در سال ۲۰۳۰ کاهش یابد. این میزان کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند از طریق اقدامات لازم در بخش‌های مختلف محقق شود. از جمله اقدامات قابل انجام نیز کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و جایگزینی آنها با منابع تجدیدپذیر در تولید برق می‌باشد. این مهم در تعیین الگوی بهینه ترکیب منابع تامین انرژی کشور تاثیرگذار خواهد بود که در بخش‌های مربوطه به آن پرداخته خواهد شد.

۴- مدل EnergyPlan

از طریق مدل‌سازی و با استفاده از مدل و نرم‌افزار EnergyPlan اقدام بررسی سناریوهای مختلف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور از طریق توسعه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر تا افق ۱۴۰۹ شده است.

هدف اصلی مدل EnergyPlan تحلیل اثر استراتژی‌های مختلف در بر گیرنده عوامل اقتصادی، انرژی و زیست‌محیطی می‌باشد. مسئله کلیدی در این مدل، وجود گزینه‌های متفاوتی می‌باشد که امکان مقایسه سناریوها با یکدیگر و ارائه راه حل بهینه بر اساس شرایط از پیش تعیین شده را فراهم می‌نماید. استفاده از این متدولوژی در واقع امکان ارائه مجموعه‌ای از گزینه‌ها برای سیستم انرژی نسبت به یک راه حل اصلی می‌باشد. لذا اگر چه مدل EnergyPlan در گروه ابزارهای شبه‌سازی می‌توان طبقه‌بندی کرد، اما می‌توان برخی بهینه‌سازی‌ها را نیز با اعمال سناریوهای مختلف نیز انجام داد. علاوه بر این؛ هدف EnergyPlan ارائه مدلی برای برای تعیین نقاط پایانی سیستم انرژی نسبت به نقاط آغازین است. یعنی اینکه تمرکز اصلی بر روی سیستم انرژی در آینده و چگونگی فعالیت و عملکرد آن نسبت به سیستم انرژی فعلی می‌باشد. بنابراین EnergyPlan تقریباً تمامی مدل‌سازی فناوری‌های آینده از قبیل تولید گاز از زیست‌توده و سوخت‌های سنتتیک را با دقت بسیار نسبت به مدل‌سازی‌های کلی فناوری‌های فعلی از قبیل نیروگاه‌ها را شامل می‌شود. لذا تمرکز این مدل بیشتر بر وضعیت آینده نسبت به شرایط حال است. بصورت خلاصه EnergyPlan مدلی برای بهینه‌سازی عملکرد یک سیستم انرژی پیچیده بر اساس داده‌ها و ستانده‌های تعیین شده از سوی کاربر می‌باشد[۱۹]. از دیگر کارکردهای این مدل، طراحی استراتژی‌های برنامه‌ریزی انرژی است. به عبارتی دیگر یکی از اهداف اصلی این مدل کمک جهت طراحی استراتژی‌های برنامه‌ریزی ملی و منطقه‌ای بر اساس تحلیل‌های اقتصادی، زیست محیطی و فنی منتج از اجرایی کردن سرمایه‌گذاری‌ها و سیستم‌های انرژی متفاوت می‌باشد. مدل تمام سیستم‌های انرژی ملی و منطقه‌ای شامل تولید گرما و برق و همچنین بخش‌های حمل و نقل و صنعت را نیز شامل می‌شود.

EnergyPlan امکان انتخاب گزینه‌ها را بر اساس استراتژی‌های متفاوت را برای یک سیستم مشخص فراهم می‌نماید و این در حالی است که سایر مدل‌ها در یک چارچوب مشخص قادر به ارائه پاسخ‌های معین می‌باشند.

۵- بررسی سناریوهای پاسخگویی به تعهدات زیست‌محیطی ایران در توافقنامه پاریس

ایران در تعهدات بین‌المللی کاهش گازهای گلخانه‌ای خود متعهد به کاهش ۴ و ۱۲ درصدی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بصورت غیرمشروط و مشروط (به رفع تحریم‌ها، تامین مالی بین‌المللی، توسعه و انتقال فناوری و

[1] Adaption
[2] Mitigation
[3] Paris Agreement

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت‌سازی) در سال ۲۰۳۰ بر اساس سناریوی ادامه روند موجود می‌باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده جهت تعیین میزان تعهدات کاهش انتشار کشور در برنامه مشارکت جهانی کاهش انتشار، میزان انتشار گازهای‌های گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ در ایران به بیش از ۱/۸ میلیارد تن معادل کربن‌دی‌اکسید خواهد رسید. با توجه به اینکه سهم کاهش انتشار از طریق هر یک از سیاست‌ها و ابزارهای پیشنهادی در تعهدات ملی کاهش انتشار مشخص نگردیده است، لذا تنها با توجه به برخی سناریوها و فروض می‌توان به نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخت. از سویی نیز ایران دارای ظرفیت‌های مناسبی در زمینه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور می‌باشد. به نحوی که ظرفیت تولید انرژی‌های خورشیدی، بادی، زیست‌توده، زمین‌گرمایی و برق آبی کوچک در کشور به ترتیب ۶۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰، ۳۵۰۰، ۵۰۰ و ۱۷۰ مگاوات است [۲۰]. تا کنون از این ظرفیت‌ها به میزان محدودی بهره‌برداری شده است.

در این بخش فرض می‌شود که سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران کشور برنامه‌ریزی نمایند که تنها با استفاده از ظرفیت‌های منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، اقدام به تحقق تعهدات محیط‌زیستی کشور در راستای اجرای توافقنامه پاریس به میزان ۴ درصد شود. لذا با در نظر گرفتن میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید در سال ۲۰۳۰ به میزان ۱/۸ میلیارد تن و کاهش ۴ درصدی این میزان، باید اقدام به کاهش انتشار به میزان ۷۲ میلیون تن کربن‌دی‌اکسید شود. اگر چه این میزان کاهش در بخش‌های مختلف باید صورت گیرد، اما همانگونه که بیان شد، تا کنون سهم بخش‌های مختلف تعیین نشده است. لذا در این بخش با ارائه گزینه‌های مختلف، در پی آن می‌باشیم که امکان و ظرفیت‌های کاهش انتشار در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر را بررسی نماییم. شایان ذکر است که بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۳۰ میزان ۳۷۵۰۰ مگاوات ظرفیت جدید در صنعت برق به منظور پاسخگویی به نیازهای بخش‌های مختلف باید ایجاد گردد[۲۱]. در این راستا گزینه‌های زیر جهت تحقق میزان افزایش ظرفیت در صنعت برق و همچنین امکان‌پذیری تعهدات کاهش انتشار طبق جدول ۱ پیشنهاد و بررسی خواهند شد.

جدول ۱ سناریوهای تحقق تعهدات محیط‌زیستی از طریق منابع تجدیدپذیر

سناریو	نوع واحد نیروگاهی	ظرفیت (مگاوات) در سال ۱۴۰۹
اول	تامین ۳۷۵۰۰ مگاوات ظرفیت آتی بر اساس ادامه روند وضع موجود	
دوم	بادی	۱۸۷۵۰
	خورشیدی	۱۸۷۵۰
سوم	بادی	۲۵۰۰۰
	خورشیدی	۱۲۰۰۰
	زمین گرمایی	۷۰۰
چهارم	بادی	۱۲۰۰۰
	خورشیدی	۲۵۰۰۰
	زمین گرمایی	۵۰۰
پنجم	بادی	۱۸۴۵۰
	خورشیدی	۱۸۴۵۰
	زمین گرمایی	۵۰۰
	برق آبی کوچک	۱۰۰
ششم	بادی	۲۰۰۰۰
	خورشیدی	۱۷۰۰۰
	زمین گرمایی	۳۵۰
	برق آبی کوچک	۱۵۰

گزینه‌های پیشنهاد شده از طریق مدل EnergyPlan مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و نتایج بدست آمده به صورت جدول ۲ می‌باشد.

همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، در صورت تامین تقاضای انرژی کشور از طریق ادامه روند موجود و تمرکز بر ایجاد واحدهای نیروگاهی متکی بر سوخت‌های فسیلی تا سال ۱۴۰۹، بیش از ۲۸۱ میلیون تن کربن‌دی‌اکسید منتشر خواهد شد. حال با توجه به ملاحظات و تعهدات محیط‌زیستی کشور مبنی بر کاهش ۴ درصدی میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید تا سال ۲۰۳۰، می‌توان از طریق توسعه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به اهداف قابل توجهی در کاهش انتشار و همچنین افزایش سهم منابع تجدیدپذیر در تولید برق دست یافت. در ادامه و به منظور امکان مقایسه سناریوهای مختلف، سناریوی اول به عنوان سناریوی مرجع در نظر گرفته شده و سایر سناریوها با آن مقایسه می‌شوند. نتایج بررسی گزینه‌های تولید برق از منابع تجدیدپذیر در جدول ۲ نشان دهنده آن است که با ایجاد ظرفیت در بخش‌های تولید برق بادی و برق خورشیدی، می‌توان به بیشترین میزان کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید تا سال ۱۴۰۹ دست یافت. همانا این مهم بیانگر سناریوی دوم می‌باشد. به عبارتی دیگر با اتخاذ سناریوی دوم در توسعه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر نه تنها تعهدات کاهش انتشار بر اساس توافقنامه پاریس (کاهش حدوداً ۷۲ میلیون تن کربن‌دی‌اکسید در سال ۲۰۳۰) محقق می‌شود، حتی شاهد کاهش انتشار میزان بیشتری کربن‌دی‌اکسید بدون انجام هیچگونه اقدامی در سایر صنایع از عمده منتشر کننده گازهای گلخانه‌ای از جمله نفت و گاز، سیمان، فولاد و ... خواهیم بود. حال اگر هدف‌گذاری تنها جهت تحقق اهداف کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید در توافقنامه پاریس باشد، گزینه چهارم این مهم را به نحو مطلوبی محقق می‌نماید. بر اساس این سناریو، با توسعه ظرفیت تولید برق خورشیدی، بادی و زمین‌گرمایی به ترتیب و به میزان ۲۵۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۵۰۰ مگاوات شاهد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ نتایج بررسی گزینه‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر جهت تحقق تعهدات محیط‌زیستی

سناریو	میزان مصرف سوخت فسیلی (تراوات ساعت)	انرژی‌های تجدیدپذیر			انتشار کربن‌دی‌اکسید (میلیون تن)	میزان کاهش انتشار نسبت به سناریوی مرجع (میلیون تن)
		سهم از انرژی اولیه (درصد)	سهم از برق (درصد)	میزان برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر (تراوات ساعت)		
اول	۱۱۸۵/۰۶	۰/۱	۰/۲	۰/۸	۲۸۱/۷۱	-
دوم	۸۲۱/۲۷	۱۷/۲	۳۶/۲	۱۷۶/۶	۱۹۴/۱۲	۸۷/۵۹
سوم	۸۷۰/۰۷	۲۲/۵	۳۲/۲	۱۵۷/۱	۲۰۵/۷۱	۷۶
چهارم	۸۹۲/۷۸	۲۱/۳	۲۹/۸	۱۴۵/۷	۲۱۱/۲	۷۰/۵۱
پنجم	۸۴۰/۸۹	۲۶/۴	۳۵/۴	۱۷۲/۷	۱۹۸/۶۳	۸۳/۰۸
ششم	۸۴۹/۷۹	۲۷/۶	۳۴/۶	۱۶۸/۹	۲۰۰/۷۵	۸۰/۹۶

منبع: محاسبات تحقیق

کاهش انتشاری برابر با تعهدات کشور در توافقنامه پاریس خواهیم بود. این مهم بیانگر آن است که با وجود ظرفیت‌های بالقوه در زمینه منابع تجدیدپذیر در کشور، می‌توان با اتخاذ سیاست‌های مناسب تشویقی جهت توسعه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر، علاوه بر کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید به اهدافی از قبیل کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش تولید انرژی و امکان استفاده از آنها در سایر بخش‌های با ارزش افزوده بالاتر از قبیل صنایع پتروشیمی و یا صادرات آنها مبادرت نمود. شایان ذکر است که سایر گزینه‌ها می‌توانند کاهش انتشار بیشتری در میزان کربن‌دی‌اکسید را منجر شوند که دیگر به آنها پرداخته نشد.

۶- نتیجه‌گیری

منابع فسیلی سهم عمده‌ای در تامین انرژی مورد نیاز جهت تداوم رشد اقتصادی و رفاه بشر را به خود اختصاص داده‌اند. اما رویکرد اتکای به منابع فسیلی جهت تامین انرژی بنا به دلایل مختلف در حال کاهش می‌باشد که مهمترین آنها، عدم اطمینان در دسترسی به منابع انرژی، کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی، تلاش در جهت بهبود و ارتقای امنیت انرژی و بروز مشکلات محیط‌زیستی از قبیل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق آنها می‌باشد. لذا با تغییرات ایجاد شده در برنامه‌ها و سیاست‌های جهانی و بازارهای انرژی، سهم منابع فسیلی در سال‌های آتی دارای روند کاهشی خواهد بود و بخشی از کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی از طریق منابع تجدیدپذیر جایگزین خواهد شد. از سویی، توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر و جایگزینی آنها با سوخت‌های فسیلی در تولید برق می‌تواند از جمله راهکارهای تولید پایداری انرژی، کاهش مصرف منابع فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد.

توسعه استفاده از منابع تجدیدپذیر از این پتانسیل نیز برخوردار است تا بتواند میزان انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی و گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش دهد. لذا در این پژوهش بر توسعه تولید از انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور تحقق تعهدات محیط‌زیستی کشور در راستای توافقنامه پاریس مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تحقق تعهدات کشور باید بر اساس سناریوی غیرمشروط در حدود ۷۲ میلیون تن از انتشار کربن‌دی‌اکسید در سال ۱۴۰۹ کاهش یابد. گزینه‌های مختلفی به منظور تحقق این تعهدات از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با ظرفیت‌های متفاوتی پیشنهاد گردید. گزینه مطلوب به منظور تحقق اهداف کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید در راستای تعهدات توافقنامه پاریس مستلزم ایجاد ظرفیت در بخش‌های خورشید، باد و زمین‌گرمایی به ترتیب به میزان ۲۵۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۵۰۰ مگاوات است. تحقق این گزینه سبب کاهش انتشار بیش از حدود ۷۲ میلیون تن در مقایسه با گزینه تامین تقاضای برق بر اساس سناریوی ادامه وضعیت موجود است. به عبارتی دیگر، پیگیری این گزینه سبب تحقق تعهدات کاهش انتشار کشور در عرصه بین‌المللی بدون ایجاد محدودیت در سایر صنایع خواهد شد.

۷- منابع

[1] *BP Statistical Review of World Energy* , Accessed 10 July 2018;https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf.

[2] *Kyoto Protocol*, Accessed 29 December 1997 https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf.

[3] Renewable energy policy network for the 21st century (REN21), Renewables ۲۰۱۶: *global status report*, REN۲۱ secretariat, France, 2017.

[4] *https://www.thebalance.com/crude-oil-prices-trends-and-impact-on-the-economy-and-you-3305738(Last visited on 2018 - 09 - 11).*

[۵] *ترازنامه انرژی*، وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی، *دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی*، ۱۳۹۴.

[۶] د. منظور و ع. رحیمی، اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق در ایران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی*

www.SID.ir

Archive of SID

ایران، سال چهارم، شماره ۱۴، ۱۳۹۴.

[۷] ح. صادقی، م. نوری‌شیرازی و ک. بیابانی خامنه، کاظم، نقش تولید برق از منابع تجدیدپذیر در کاهش گازهای گلخانه‌ای: یک رویکرد اقتصادسنجی، *نشریه انرژی ایران*، دوره ۱۷، شماره ۳، ۱۳۹۳.

[۸] ع. شریفی، غ. کیانی، ر. خوش اخلاق و م.م. باقری تودشکی، ارزیابی جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر به‌جای سوخت‌های فسیلی در ایران: رهیافت کنترل بهینه، *فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، شماره ۱۱، ۱۳۹۲.

[۹] م. خودی و س.م.ج. موسوی، سیدمحمدجواد، ارزیابی چرخه عمر (LCA) فناوری‌های تولید برق با رویکرد کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، *هفتمین همایش ملی انرژی*، تهران، ۱۳۸۸.

[10] Zhao, G. Guerrero, J. Jiang, K. Chen, S., Energy modelling towards low carbon development of Beijing in 2030, *Energy*, No. 121, pp: 107 – 113, 2017.

[11] Nelson, T.; Orton, F, Climate and electricity policy integration: Is the South Australian electricity market the canary in the coalmine?, *The Electricity Journal*, NO.29, pp. 1-7, 2016.

[12] Kaivo-oja, J.; Vehmas, J.; Luukkanen, J., Trend analysis of energy and climate policy environment: comparative electricity production and consumption benchmark analyses of China, Euro area, European Union, and United States", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, NO.60, pp. 464-474, 2016.

[13] Kouloumpis, V.; Stamford, L.; Azapagic, A., ecarbonizing electricity supply: Is climate change mitigation going to be carried out at the expense of other environmental impacts?, *Sustainable Production and Consumption*, NO.1, pp. 1-21,2015.

[14] Vidal – Amaro, J. Ostergaard, P. Sheinbaum – Pardo, C, Optimal energy mix for transitioning from fossil fuels to renewable energy sources – The case of the Mexican electricity system, *Applied Energy*, NO. 150, pp: 80–96, 2015.

[15] Wenjia, C., Can Wang, Ke Wang, Ying Zhang, Jining Chen, Scenario analysis on CO2 emissions reduction potential in China's electricity sector, *Energy Policy*, NO. 35, pp. 6445–6456, 2017.

[16] United Nations Framework Convention on Climate Change. *http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php, 2017.09.16*

[17] Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, and New York. USA, 2007.

[۱۸] تصویب‌نامه هیات وزیران درخصوص اقدامات مربوط به برنامه مشارکت ملی در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه ای شماره۱۱۲۴۱۱/ت۵۲۵۱۳هـ مورخ ۱۳۹۴/۸/۲۶

[19] EnergyPLAN Documentation Version13: https://energyplan.eu/wp-content/uploads/2017/11/documentation. pdf (Last visited on 2018 - 10 - 23).

[۲۰] سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)

[۲۱] ح. جنگ‌آور، *بررسی ظرفیت‌های جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی در تولید برق ایران و چگونگی پاسخگویی به تعهدات محیط‌زیستی*، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، رساله دکتری، ۱۳۹۷.

www.SID.ir