فصلنامهٔ مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری‌عمومی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۲۳، تابستان ۹۶

سیاست‌گذاری جمهوری اسلامی ایران در بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی تجدیدپذیر

علی عباسی گودرزی،[۱] عباس ملکی[۲]

چکیده

اجرای تجربه‌های موفق بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه با همکاری دو و یا چندجانبهٔ کشورهای توسعه‌یافته، در قالب طرح‌های کسب و کار مشترک، امیدها را برای نفوذ تکنولوژی‌های تجدیدپذیر در سیستم عرضهٔ انرژی یک کشور زنده کرده است. در این مقاله، سعی شده است با تشابه‌سازی قردادهای نفتی داخلی، مدل کسب و کار منطقی جهت سرعت بخشیدن به نفوذ تکنولوژی‌های تجدیدپذیر در کشور ایران ارائه شود که هر یک از طرفین وظایف و نقش‌های مشخص و مدوّنی در آن خواهند داشت. در ادامه، با بررسی سناریوهای مطرح از سوی شرکت‌های بین‌المللی متصدی انرژی‌های تجدیدپذیر، پارامترهای مؤثر بر مدل فوق استخراج و در طراحی وظایف طرفین مدل از آن‌ها بهره گرفته شده است. با بررسی‌های انجام‌شده، مشخص شده است که شرط اولیه و نیروی پیش‌ران قوی در اجرای مدل کسب و کار مشترک فوق، اصلاح قیمت‌های حامل‌های انرژی متداول در کشور بوده تا امکان رقابت‌پذیر بودن انرژی‌های تجدیدپذیر با آن‌ها فراهم شود. این عامل می‌تواند مقدمات تضمین سود شرکت‌های بین‌المللی درگیر را فراهم نموده و اجرای طرح مذکور را قوّت بخشد.

کلیدواژه‌ها: منابع فسیلی، منابع تجدیدپذیر، سناریوسازی، مدل کسب‌وکار مشترک، یارانهٔ انرژی و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی

۱. دانشجوی دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی در دانشگاه صنعتی شریف (نویسندهٔ مسئول)؛ رایانامه: abbasigodarzi@alum.sharif.ir

۲. دانشیار سیاست گذاری انرژی، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکدهٔ مهندسی انرژی؛ رایانامه: maleki@sharif.edu

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

انرژی تجدیدپذیر، وعدهٔ ساده و وسوسه‌انگیزی به همراه دارد: منبع بی‌پایان انرژی برای به حرکت درآوردن زندگی ماشینی مدرن، بدون تهی کردن منابع زمین. با توجه به آلودگی و تغییرات آب‌وهوایی، هزینه‌های تحمیلی اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، این وعده به خاطر هزینه‌های بالای منابع انرژی تجدیدپذیر خورشیدی و بادی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مثل زغال سنگ، نفت و گاز، دور و دست نیافتنی به نظر می‌رسد. علی‌رغم شکست‌های بسیار در بخش تجدیدپذیرها و پذیرش غیرمداوم و گهگاهی آن، به خاطر پیشرفت‌های فناورانه شاهد پتانسیل رشد شتاب یابنده‌ای در دهه‌های آتی خواهیم بود که شکاف هزینه‌ای بین سوخت‌های فسیلی و نیاز رشدیابنده برای یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر را کم می کند (Ghobadian et al, 2009: 9-95).

توسعهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر در یک فرایند چند دهه‌ای به جریان اصلی در میان دولت‌ها، کسب‌وکارها، مشتریان و شرکت‌های تأمین آب و برق بدل شده است. رشد این نوع از انرژی‌ها در سراسر جهان از دههٔ ۱۹۹۰ م آغاز و در دهه ابتدایی قرن بیست‌ویکم به شدت به توسعهٔ آن افزوده شد. تا اینکه در سال ۲۰۱۱ م، ۲۶۰ میلیارد دلار در صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری صورت گرفت. دلیل این رشد را می‌توان در عواملی همچون توسعهٔ حمایت‌ها و سیاست‌های دولتی، افزایش قیمت حامل‌های انرژی متداول، کاهش شدید هزینهٔ فناوری‌های تجدیدپذیر و وجود صرفهٔ به مقیاس در تولید این تجهیزات دانست. سیاست‌ها در سطح ملی، ایالتی، استانی و محلی نقش مهمی در توسعه بازارها، سرمایه‌گذاری‌ها و رشد صنایع مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر در دو دههٔ گذشته داشته است (Sajid et al, 2016: 945-952).

در حال حاضر، در سطح ملی، دست‌کم در سی کشور، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از ۲۰ درصد است. حدود ۱۲۰ کشور نیز دارای هدف‌گذاری کمی مختلفی برای سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در بلندمدت هستند. برخی از کشورها دارای هدف‌گذاری بلندمدتی تا سال ۲۰۳۰ یا ۲۰۵۰ م هستند که از میان آن‌ها می‌توان به دانمارک (۱۰۰ درصد) و آلمان (۶۰ درصد) اشاره کرد. خارج از اروپا، دست‌کم بیست کشور دارای هدف‌گذاری‌هایی بین ۱۰ تا ۵۰ درصد تا سال‌های ۲۰۲۰ـ۲۰۳۰ هستند. برخی از این کشورها عبارت‌اند از: الجزایر، چین، اندونزی، جامائیکا، اردن، ماداگاسکار و ترکیه. بنابراین، جنبهٔ سیاسی و نحوهٔ نگرش ملل مختلف به چگونگی تأمین انرژی آیندهٔ آن‌ها تأثیر مهمی در گذر از انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر دارد (Michaelowa, 2005: 192-199). به نظر می‌رسد در آینده (غریب به پنجاه سال) انرژی‌های فسیلی همچنان بر بازار انرژی مسلط بوده و دلیل اصلی این موضوع به عدم پرداخت هزینه به ایجاد آثار منفی اجتماعی مربوط است (Unruh, 2000: 817–830). بنابراین، بسیاری از محققین کلید اصلی پیشرفت انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی یک کشور را در جدی گرفتن مسائل زیست‌محیطی و تغییر اقلیم جستجو می کنند (Barret et Dangerman et al, 2013: 549-558; Schemidit et al: 2009: 435-444 al, 2009, 53-75). موارد مذکور مؤید این موضوع است که آیندهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر یک مسئلهٔ دینامیک و وابسته به زمان است که با توجه به شرایط سیاسی دولت‌ها در گذر زمان تغییر خواهد کرد (Aklin & Urpelainen, 2013: 643-658).

www.SID.ir

انجام سیاست‌گذاری‌های مناسب در زمینهٔ بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، بدون توجه کردن به موانع و مشکلات توسعهٔ این نوع از انرژی‌ها عملاً غیرممکن است. مطالعات بسیاری نیز در زمینهٔ بررسی این مشکلات و ارائه راه‌حل‌های مناسب جهت غلبه بر آن‌ها انجام گرفته است. از جمله، بایر و همکاران در ۲۰۱۶ م، تولید پراکنده از منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق دور از شبکهٔ سراسری انتقال توان را به عنوان یک معضل بیان کرده و استراتژی مبتنی بر ذخیره‌سازی انرژی را راه حل این مشکل بیان کرده است (Beier et al, 2017: 648-661). یکی از معضلات اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید نکردن انرژی به صورت پیوسته در ۲۴ ساعت شبانه‌روز است که می‌توان با استفاده از چند منبع انرژی به صورت ترکیبی و اعمال روش‌های مناسب کنترل در لحظه[3] تا حد زیادی بر این معضل فائق آمد. یکی از مزیت‌های این روش تأمین انرژی در مناطق مختلف با توجه به ویژگی‌ها و شرایط جغرافیایی منطقه است که می‌تواند در مناطق دور از شبکه سراسری انتقال الکتریسیته بسیار مؤثر باشد (Erdinc & Uzunoglu, 2012: 1422-1425). در مناطق مذکور، به صورت معمول از موتورهای دیزل جهت تأمین انرژی استفاده می‌شود که علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی با معضلاتی همچون هزینهٔ بالای سوخت و تعمیر و نگهداری روبرو است. بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر هر چند با هزینهٔ اولیه بالاتری همراه است اما، در مقابل، هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری بر سیستم تأمین انرژی منطقه‌ای تحمیل خواهد کرد (Askarzadeh & dos Santos Coelho, 2015: 383-396).

بنابراین، در این تحقیق سعی خواهد شد در ابتدا وضعیت منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور از لحاظ کمی و کیفی مورد تحلیل قرار گیرد تا خواننده کاملاً از بازار عرضهٔ انرژی‌های تجدیدپذی کشور مطلع شود و نقاط ضعف و قوّت اساسی آن را با مقایسهٔ آمارهای موجود شناسایی و درک کند. برای انجام این بخش سعی خواهد شد از آمارهای جهانی و منابع اطلاعاتی داخلی استفاده شود. البته لازم به ذکر است که سطح سیستم در حد بررسی منابع انرژی بوده است و بررسی سطوح دیگر در قالب تحقیق‌های آینده انجام خواهد شد. در مرحلهٔ بعد، سناریوهای مطرح‌شدهٔ بین‌المللی در پیش‌بینی وضعیت آیندهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر مورد بررسی قرار گرفته و در انتها سعی شده است پتانسیل اجرای آن‌ها برای کشور جمهوری اسلامی ایران جهت پیش‌بینی میزان حضور انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد آیندهٔ انرژی مصرفی کشور مورد ارزیابی قرار بگیرد.

۲. بیان مسئله و اهمیت موضوع

مبادلات انجام‌شده در حوزهٔ فروش تکنولوژی انرژی‌های پاک در ۲۰۱۳ م، از مرز یک تریلیون دلار گذشت و پیش‌بینی می‌شود این ارزش در شش سال آینده به سه برابر میزان کنونی برسد. پرسشی که امروزه ذهن هر انسان آشنا به این حوزه را به خود مشغول می‌سازد این است که چرا در کشور به صنعت انرژی های تجدیدپذیر به عنوان یک فرصت برای کمک به رشد و توسعهٔ اقتصادی در بلندمدت نگاه نمی‌شود. به عبارت دیگر، این صنعت نه تنها می‌تواند به چالش‌های امنیت انرژی در کشور پاسخ دهد بلکه به کمک توسعه و رشد اقتصادی بیاید.

3. real-time Control

Archive of SID
www.SID.ir

ضریب بار حدود ۶۵ درصدی شبکهٔ برق کشور، حاکی از آن است که رشد سالیانه ظرفیت نیروگاه‌های حرارتی، بیشتر با هدف گذر از حداکثر نیاز مصرف (پیک) تابستانی است. از سوی دیگر، پیک شبکه نیز در سال‌های اخیر به واسطهٔ تأثیر بار سرمایشی کولرها، از شب به روز منتقل شده است. این امر مهم با وجود ایجاد مشکل‌هایی برای راهبری شبکه برق، فرصتی نیز برای استفاده از انرژی خورشیدی برای گذر از پیک فراهم آمده است. اگر تمام این داده‌ها و شواهد را در کنار این بگذریم که تونل‌های بادی شرق کشور (از خواف و نشتفیان در خراسان گرفته تا زابل در سیستان) نیز دست بر قضا در ماه‌های تابستان از بیشترین شدت وزش باد برخوردارند. به نظر می‌رسد که در سال‌های گذشته با هوشمندی تمام، آلاینده‌ترین و غیراقتصادی شیوه را (توسعهٔ صرف نیروگاه‌های حرارتی) برای تولید برق و گذر از پیک انتخاب کرده‌ایم.

به طور عمده، مسائل زیادی در توسعهٔ منابع انرژی تجدیدپذیر در سطح دنیا و بالاخص در داخل کشور ایران وجود دارد که می‌توان به دسته‌های ذیل تقسیم‌بندی کرد (Rojas Zerpa & Yusta, 2014: 66-76; Asia-pacific Economic Cooperation Asia Development Bank, 2009; BP, 2012; European Commission, 2011; Riahi, 2012: chapter 17):

۱. مقایسه قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی و هسته‌ای
۲. سیاست‌های حمایتی برای فناوری‌های تجدیدپذیر
۳. نوع خدمات انرژی
۴. نحوه توسعهٔ مصرف‌کننده‌های انرژی همانند حمل و نقل و مسکونی
۵. افزایش میزان تقاضای انرژی
۶. میزان بازدهی انرژی قابل دستیابی
۷. هزینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی
۷. مقبولیت اجتماعی
۸. انعطاف‌پذیری شبکه و حل مسئلهٔ اتصال به شبکه
۹. کاهش ریسک پورتفلیو
۱۰. دسترسی به انرژی در مناطق روستایی
۱۱. حوادث و زیان‌های ناشی از سوخت‌های رایج و هسته‌ای

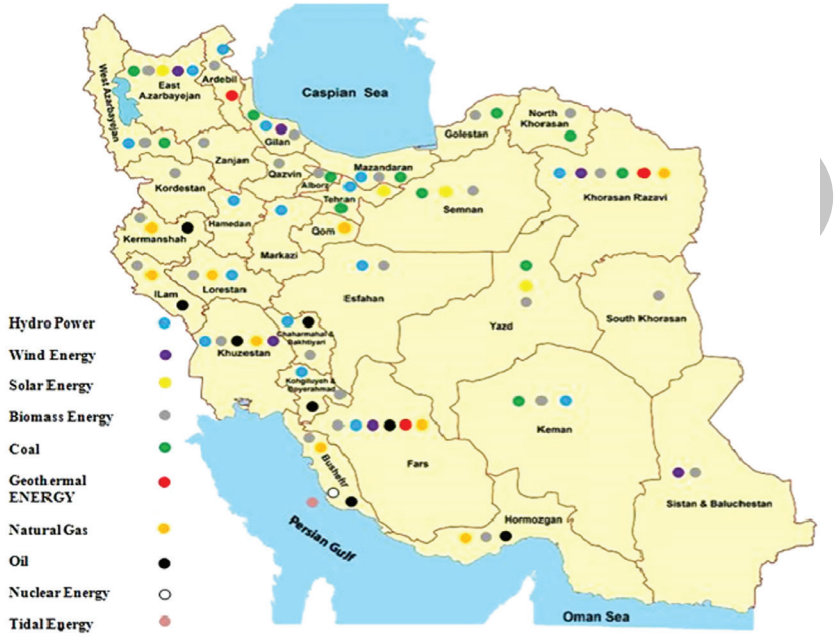
بنابراین، در سیاست‌های مربوط به نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم عرضه انرژی کشور موارد فوق در قالب سناریوهای منطقی مطرح شود و از طرفی در تمامی موارد فوق عدم قطعیت‌های بالایی بر سیستم حاکم است. لذا، طراحی سناریوهای مناسب در جهت میزان بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر نسبت به انرژی‌های فسیلی رایج بسیار مشکل‌تر خواهد بود. پس، باید سعی کرد از عواملی که در طراحی سناریوهای بین‌المللی منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده شده است، بهره گرفت.

۳. بررسی وضعیت منابع انرژی‌های تجدیدپذیر جمهوری اسلامی ایران

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، پراکندگی منابع انرژی در سطح کشور در سطح قابل

www.SID.ir
Archive of SID

قبولی قرار داشته و در اکثر نقاط منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (به‌خصوص انرژی خورشیدی و باد) به چشم می‌خورد.



شکل ۱. توزیع منابع انرژی در کشور ایران

منبع: Karaminia et al, 2014

۳. ۱. انرژی خورشیدی

ایران با داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم مساحت آن و متوسط تابش ۵/۵–۴/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز، یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینهٔ انرژی خورشیدی معرفی شده است (Statistical Center of Iran, 2008). براساس مطالعات انجام‌گرفته در مساحتی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع، امکان نصب بیش از ۶۰ گیگاوات نیروگاه خورشیدی وجود دارد. در ایران، علاوه بر کاربری نیروگاهی، از این انرژی در سیستم‌های کوچک فتوولتائیک جهت روشنایی معابر و جاده‌ها، چراغ‌های ترافیک، سیستم‌های مخابراتی و برق‌رسانی روستایی و دور از شبکهٔ سراسری انتقال برق استفاده می‌شود. نیروگاه‌های فتوولتائیک ایران در مجموع با ظرفیت ۶۹ کیلووات، در استان‌های تهران، البرز و تبریز واقع شده‌اند؛ در حالی که کلّ انرژی تولیدشده از این نیروگاه‌ها به همراه نیروگاه‌های بادی در سال ۱۳۹۲، برابر با ۰/۲ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده و ۵۰ درصد نسبت به سال ۱۳۹۱ رشد یافته است (وزارت نیرو، ۱۳۹۲).

Archive
www.SID.ir

۳. ۲. انرژی بادی

با توجه به اطلاعات اطلس بادی کشور و میزان توانایی تکنولوژی توربین‌های بادی، میزان تولید نهایی انرژی الکتریسیته از انرژی باد در ایران در حدود ۱۵۰۰۰ مگاوات برآورد شده است. در حال حاضر، یکی از سیاست‌های وزارت نیرو توسعهٔ نیروگاه‌های برق بادی به کمک بخش خصوصی است. در انتهای سال ۱۳۹۲، ظرفیت نیروگاه‌های در حال بهره‌برداری کشور ۱۱۰/۱ مگاوات بوده است که نسبت به سال پیشین در حدود ۴ مگاوات افزایش یافته و این افزایش از راه‌اندازی یک واحد توربین بادی با ظرفیت ۱/۵ مگاوات در نیروگاه خواف خراسان رضوی و یک واحد توربی ۲/۵ مگاواتی در تاکستان قزوین است (Atabi, 2004: 69-80).

۳. ۳. انرژی زمین گرمایی

ظرفیت تولید انرژی انرژی الکتریسیته با استفاده از منبع زمین گرمایی در ایران بیش از ۲۰۰ مگاوات تخمین زده می‌شود. ایران دارای منابع زمین گرمایی زیادی است که اکثراً در مناطق شمال غربی این کشور متمرکز بوده و تعدادی از آن‌ها، از لحاظ اقتصادی، استحصال انرژی از آن‌ها مقرون به صرفه است. این منابع عمدتاً در شهرهای سبلان، ماکو، خوی، دماوند و مشکین شهر متمرکز بوده و براساس آمارهای موجود، ظرفیت سایت مشکین شهر در بازنگری مجدد، ۲۰ مگاوات تخمین زده می‌شود و قابلیت تولید سالانه انرژی آن ۱۵۰ گیگاوات ساعت را دارا است (Ghobadian & Najafi, 2009: 9-95).

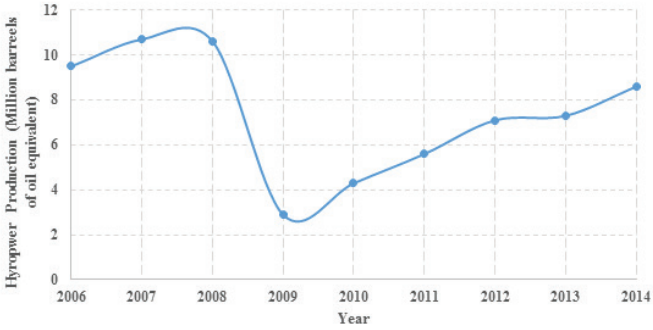
۳. ٤. انرژی امواج و جزر و مد

انرژی امواج علاوه بر اینکه به صورت سطحی و ازطریق جذب نیروی ناشی از حرکت امواج بر سطح آب قابل دریافت است، از طریق جذب نیروی ناشی از نوسانات فشاری زیر آب نیز در دسترس هستند. ایران دارای منابع قابل توجهی از انرژی جزر و مد است که از لحاظ استانداردهای بین‌المللی قادر به تولید انرژی الکتریسیته‌اند. در حال حاضر، در کلّ دنیا ظرفیتی معادل ۵۰۰ مگاوات نیروگاه جزر و مد نصب شده است و طبق مطالعات صورت گرفته، ایران قادر خواهد بود ۵ درصد عرضهٔ انرژی الکتریسیته خود را از این طریق تأمین کند (وزارت نیرو، ۱۳۸۸). این منابع انرژی در منطقهٔ خلیج فارس ایران متمرکز شده (همانند خور موسی و دوراق) و قادر به تولید ۵۵ مگاوات انرژی است (Sadrinasab & Shoaib, 2011). این ظرفیت برای انرژی امواج در کل سواحل خلیج فارس در حدود ۶۱۵۰ مگاوات است (Dehghani et al, 2006).

۳. ۵. انرژی برق‌آبی

انرژی برق آبی یکی از مهم‌ترین منابع تولید انرژی تجدیدپذیر در ایران محسوب می‌شود که بیشترین سهم در تولید انرژی پاک را در کشور دارا است. ایران دارای رتبهٔ ۳۵ در بین کشورهای مختلف جهان از لحاظ تولید برق آبی است. در ۱۳۹۲ با بهره‌برداری از دو واحد ۲۶۰ مگاواتی سیاه بیشه، ظرفیت نیروگاه‌های آبی در حال بهره‌برداری کشور به ۱۰۲۶۶ مگاوات رسیده است. در شکل ۲، میزان توان تولیدی نیروگاه‌های آبی ارائه شده است که بیانگر کاهش نرخ تولید توان در چند سال اخیر به دلیل خشکسالی، روش‌های کم‌بازده تولید و عدم دسترس‌پذیری به تجهیزات لازم است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. میزان تولید نیروگاه‌های آبی کشور ایران در بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۶

منبع: Atabi et al, 2004: 69-80

۳. ٦. انرژی بیوماس

ایران دارای ظرفیت عملیاتی گسترده‌ای در بهره‌گیری از انرژی بیوماس برخوردار است که می‌تواند از آن‌ها در زمینه‌های ایستگاه‌های تولید بیوگاز، نیروگاه‌های بیواتانول و تولید سوخت‌های زیستی و زباله‌سوزها به کار گرفته شود؛ در حالی که در سیستم عرضهٔ انرژی کشور تنها ۰/۷ درصد از حاملین انرژی به منابع زیست‌توده تعلق دارد (Klass, 2004: 193-213). منابع تجدیدشونده به لحاظ سیستم‌های بهره‌برداری و نظام‌های مدیریتی در ایران در سه بخش جنگل، مرتع و بیابان مورد ارزیابی قرار می‌گیرند که به این منابع باید زباله‌های جامد شهری[4] (MSW) پساب‌های شهری و صنعتی و فضولات دام‌ها اضافه کرد. در واقع، این منابع جهت تولید انرژی به زمین احتیاج داشته و به دلیل رقابت با مسائل کشاورزی و جنگلداری، سیستم عرضهٔ انرژی کشور تنها قادر به بهره‌برداری بخشی از آن است. برآوردهای اولیه حاکی از وجود پتانسیل تولید انرژی زیست‌توده به ظرفیتی در حدود ۷۰۰ پنتاژول است (Adl et al, 2012). براساس آخرین آمارهای منتشرشده از نیروگاه‌های زیستی، در حال حاضر، ۸/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سیستم عرضهٔ انرژی کشور به منابع تجدیدپذیر قابل احتراق (بیوماس جامد و بیوگاز) اختصاص دارد و می‌تواند به عنوان یک گزینه جدی در تأمین انرژی کشور محسوب شود (Atabi et al, 2004: 69-80).

٤. بررسی سناریوهای موجود در بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر

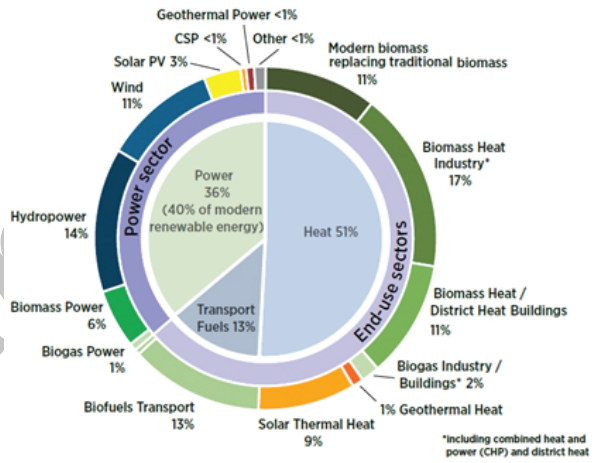
ایرنا (آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر) نقشهٔ راه انرژی‌های تجدیدپذیر را تا ۲۰۳۰ م ارائه می‌دهد. این آژانس، سناریوی مرجع کشورها را در نقشهٔ راه ۲۰۳۰ م بررسی می‌کند و گزینه‌هایی را برای دو برابر کردن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر پاینده از مجموع مصرف نهایی انرژی دنیا تا ۲۰۳۰ م ارائه می‌دهد. سناریوی مرجع، تحت عنوان REmap 2030 و گزینه‌ها، تحت عنوان REmap Options مطرح می‌شوند. براساس سیاست‌های اجرایی سناریوی مرجع، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مقدار کنونی ۱۸

4. Municipal Solid Waste

Archive of SID
www.SID.ir

درصد به ۲۱ درصد در ۲۰۳۰ م خواهد رسید. ولی با استفاده از گزینه‌های نقشهٔ راه و دو برابر کردن نرخ بهبود کارایی انرژی و دستیابی به منابع جهانی جدید انرژی تجدیدپذیر، می‌توان این سهم را به ۳۶ درصد افزایش داد. برای فرارفتن از دوبرابر شدن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نیل به سهم حدود ۵۰ درصد از TFEC[5]، ایرنا گزینهٔ ترکیبی کارایی انرژی به‌علاوهٔ توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تحت عنوان RE+ Options مطرح می‌کند. علاوه بر اقدامات Remap Options، این گزینه مشتمل بر اقداماتی همچون تغییر مدها (شیوه‌ها)، برق‌رسانی گسترده‌تر، بازآرایی سبد غالب انرژی در صنایع، اسقاط زودهنگام تجهیزات انرژی‌بر و جایگزینی با تجهیزات انرژی کارآمد و با قابلیت بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر و همچنین فناوری‌های غیرمنتظره[6] می‌شود.

این نقشهٔ راه وضعیت فعلی بازارهای انرژی تجدیدپذیر در بخش‌های الکتریسیته، حرارت و کاربر نهایی (صنعت، ساختمان و حمل‌ونقل) و همچنین توسعهٔ آن‌ها بین ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ م با فرض اجرایی شدن گزینه‌های نقشهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر را بررسی می‌کند. همچنین، پیشنهادهایی برای سیاست‌گذاری ملی، به منظور بهبود چهارچوب سیاستی موجود، ارائه می‌دهد و فرصت‌های همکاری بین‌المللی دولت‌ها برای دو برابر کردن سهم جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر را تحلیل می‌کند. البته لازم به ذکر است که این بررسی‌ها به طور تفصیلی برای ۲۶ کشور مورد بررسی در نقشهٔ راه انرژیهای تجدیدپذیر و با استفاده از گزارش‌های ارائه‌شده از سوی آن‌ها و پایش‌شده از جانب آژانس انجام شده است. برای نمونه، میزان تقاضای انرژی‌های تجدیدپذیر برای تأمین انرژی در ۲۰۳۰ میلادی در قسمت‌های مختلف در شکل ۳ توسط ایرنا نشان داده شده است.



شکل ۳. میزان بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش‌های مختلف در ۲۰۳۰ م از دیدگاه ایرنا

منبع: Remap 2030, 2014

5. Total-Final-Energy-Consumption
6. breakthrough tech

www.SID.ir

براساس محاسبات این نقشهٔ راه هزینهٔ متوسط جایگزینی برای دو برابر شدن سهم تجدیدپذیرهای پایدار ۲/۵ دلار آمریکا در ازای هر گیگاژول مصرف نهایی انرژی‌های تجدیدپذیر در ۲۰۳۰ م خواهد بود. با پیش‌بینی قیمت ۱۰۰ دلار آمریکا در ازای هر بشکه نفت، یک گیگاژول نفت خام قیمتی معادل با ۱۷ دلار آمریکا خواهد داشت. این هزینهٔ جایگزینی برای کشورهای مختلف متفاوت است و محدوده‌ای بین ۱۲ تا ۱۴ دلار آمریکا به ازای هر گیگاژول خواهد داشت (Remap 2030, 2104).

مطالعات فراوانی را مراکز انرژی کشورها و شرکت‌های بزرگ نفتی در مورد سناریوسازی آینده انرژی‌های تجدیدپذیر انجام داده است که به طور عمده می‌توان نتایج ارائه‌شدهٔ آن‌ها را درقالب سه مورد ذیل خلاصه کرد (Rojas Zerpa & Yusta, 2014: 66-76; Asia-pacific Economic Cooperation Asia Development Bank, 2009; BP, 2012; European Commission, 2011; Riahi, 2012: chapter 17).

سناریوی بدبینانه. با توجه به قیمت بالای انرژی‌های تجدیدپذیر و چالش‌های مربوط به متغیر بودن تولید برخی از آن‌ها، همچنان سوخت‌های فسیلی منبع اصلی تأمین انرژی هستند. بنابراین، سهم آیندهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر کمتر از ۲۰ درصد (نزدیک سهم کنونی) باقی خواهد ماند. سهم کنونی ۱۷ درصد است که ۹ درصد مربوط به زیست‌توده و ۸ درصد آن مربوط به دیگر منابع است.

سناریوی میانی. سهم منابع تجدیدپذیر در تأمین برق، گرمایش/ سرمایش و حمل و نقل تا سال ۲۰۵۰، ۳۰ تا ۴۰ درصد خواهد بود. جهت تحقق این امر، راهکارهایی مانند: پاسخگویی بار، متعادل‌سازی شبکه به کمک نیروگاه‌های گازی، تجدید ساختار برای ارائهٔ خدمات متعادل‌سازی و ذخیره‌سازی انرژی وجود دارد.

سناریوی خوش‌بینانه. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی ۵۰ تا ۹۵ درصد بیان شده است. جهت تحقق این امر نیاز به اقدامات ذیل است:

ـ اقدامات متعادل‌سازی و تقویت شبکه؛

ـ ذخیرهٔ انرژی و تکامل قوانین برق؛

ـ سهم بالا برای وسایل نقلیهٔ الکتریکی و زیرسوخت‌ها (کامیون‌های بیودیزلی و برقی و قطار برقی)؛

ـ تبدیل به استاندارد کردن ایجاد ساختمان‌های کم‌مصرف، پسیو با بازدهی بالا و نیاز کم به گرمایش؛

ـ استفاده عظیم از روش‌های سرمایش و گرمایش تجدیدپذیر (زیست‌توده، زمین گرمایی و حرارت خورشید)؛

ـ تعیین محدودیت میزان انتشار کربن در آینده (بهبود بازدهی انرژی، استفاده از روش‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن).

۵. سناریوی بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

مصرف منابع انرژی تجدیدپذیر در ایران در سطح بسیار پایینی قرار دارد. با توجه به سهم ۹ درصدی در منابع نفت و ۱۷ درصدی در منابع گاز، سهم ایران در منابع فسیلی فراوان بوده و امید به توسعه بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر را حداقل در آیندهٔ نزدیک بسیار کمرنگ کرده است. البته این امر نباید مانعی در جهت انتقال تکنولوژی به سمت تجدیدپذیر شود. برای نمونه، برنامهٔ توسعه پنج‌سالهٔ کشور به عنوان

Archive of SID
www.SID.ir

نقشهٔ راه کوتاه‌مدت معتبر در کشور می‌تواند نقطهٔ شروعی برای تلاش در جهت حفظ محیط زیست با گرایش بیشتر به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر باشد. در سال‌های اخیر، توجه‌هایی به این امر در برنامهٔ مذکور شده است که تنها منجر به اختصاص یک درصدی بازار انرژی ایران به تجدیدپذیرها شده است که در جهت تسریع بخشیدن به نفوذ بیشتر این نوع انرژی‌ها باید موارد ذیل مدنظر قرار گیرد:

۱. چگونه وجود منابع تجدیدپذیر می‌تواند به جایگزینی منابع انرژی متداول کمک کند؟ در وهلهٔ اول، درآمد مردم باید افزایش یابد که امکان افزایش تقاضای انرژی به سمت حامل‌های مناسب‌تر فراهم آید. این نوع سیستم‌ها نیازمند مدیریت و سرمایه‌گذاری است. در وهلهٔ دوم تلاش‌های فرهنگی در جهت گرایش به سمت حامل‌های مذکور مکمل استراتژی اول افزایش درآمد است.

۲. محدودیت‌های فراهم بودن منابع فسیلی و افزایش نگرانی‌ها زیست‌محیطی (همانند تعهد ایران در کنفرانس پاریس) می‌تواند اهرم فشاری بر دولت در جهت افزایش تجدیدپذیرها مطرح باشد.

۳. در سالیان متمادی، یارانه‌های هنگفتی به منابع فسیلی اختصاص داده شده است که با افزایش جمعیت هزینه‌های بیشتری بر دولت در جهت تأمین یارانه‌های تحمیل خواهد شد.

۴. تأمین انرژی در منطق شهری در مقیاس بالا صورت می‌گیرد که سیستم عرضهٔ انرژی باید دارای قابلیت اطمینان بالایی در این زمینه باشد.

۵. هزینهٔ ساختار کنونی انرژی‌های تجدیدپذیر مطلوب نیست. اگر هزینه‌های خارجی همانند هزینه‌های زیست‌محیطی و بهداشت سلامت در نظر گرفته شود، امکان رقابت هزینه‌های بین این نوع انرژی‌ها و انرژی‌های فسیلی متداول بیشتر فراهم خواهد شد.

بنابراین، با در نظر گرفتن موارد فوق و مطالب طرح‌شده در بخش قبل، این عوامل در طراحی سناریوی تجدیدپذیر کشور باید در نظر گرفته شود:

ـ تکنولوژی: این عامل شامل مقیاس فناوری، بازده، طرح‌های تولیدی و استانداردهاست.

ـ هزینه‌ها: پرسش اساسی این است که هزینه‌های نفوذ فناوری‌های تجدیدپذیر باید چگونه و از طریق چه کسی تأمین شود؟ این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، مالیات، یارانه و هزینه‌های نسبی حامل‌های انرژی[7] است.

ـ در دسترس‌پذیری: قابلیت اطمینان، میزان ذخیرهٔ کافی و کلّ پتانسیل موجود پارامترهای تأثیرگذار در میزان نفوذ یک حامل انرژی در سیستم عرضه کشوراست.

ـ محیط زیست: آلودگی، تغییرات اقلیم،[8] میزان حساسیت مردم به میزام آلودگی، سلامت و تمامی مواردی از این قبیل در این مورد مطرح است.

ـ مسائل سیاسی: جنگ، تحریم‌ها، یارانه و قوانین موارد مهم در میزان توجه به انواع منابع انرژی خواهد بود.

ـ مردم‌شناسی[9]: سبک زندگی، میزان ترکم در منطق شهر و روستایی، بعد خانوار، ترکیب سنی و ارزش‌های فرهنگی در الگوی رفتاری مردم در انتخاب سبد انرژی موثر است.

7. relative prices of energy forms
8. climate change
9. demographic

Archive of SID
www.SID.ir

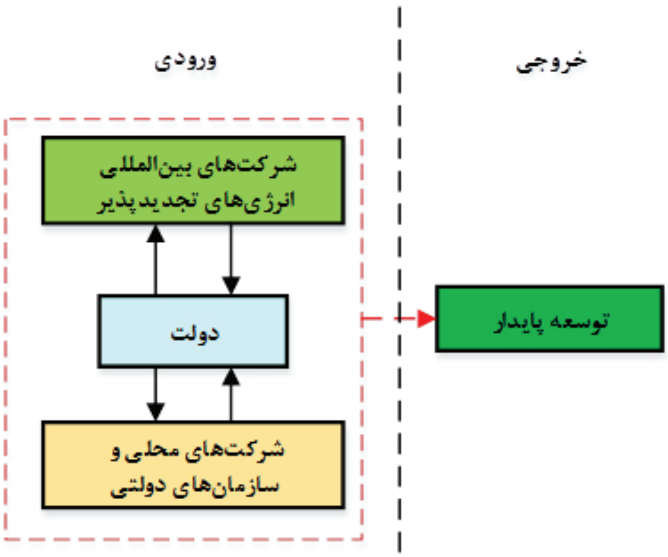
ـ ایمنی: میزان ریسک، پتانسیل خطرآفرینی، پایداری و قابلیت تولید در آینده مواردی هستند که در مقبولیت اجتماعی انواع منابع و حامل‌های انرژی تأثیرگذارند (Tigabu et al, 2015: 331-345).

تمام موارد فوق در طراحی سناریو مناسب بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی تجدیدپذیر باید در نظر گرفته شود ولی در این میان، چالش‌هایی همواره مطرح است که مهم‌ترین آن نبود سیاست‌های مناسب دولت در زمینه ترویج تکنولوژی‌های تجدیدپذیر در درازمدت برای جمهوری اسلامی ایران است. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم عرضهٔ انرژی جمهوری اسلامی ایران پایین است و این امر به فقدان دانش کافی در زمینه پتانسیل بهره‌برداری و نبود سیاست‌های درست اجتماعی و محیط زیستی برمی‌گردد. میزان نفوذ تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر[10] (RETs) را عواملی همچون فقدان دانش فنی لازم احداث، تعمیر و نگهداری و ظرفیت خرید و انتقال تکنولوژی از کشورهای صنعتی محدود کرده است. بیشتر کشورهای در حال توسعه راه حل مناسبی در جهت حل مسئلهٔ فوق در پیش گرفته‌اند و روش را در سرمایه‌گذاری دو و یا چندجانبه توسط کشورهای صنعتی و پیشرفته قرار داده‌اند. شرط لازم برای اجرا سناریو جذب سرمایه‌گذاری خارجی جهت نفوذ بیشتر RETs داشتن استانداردهای فنی و اقتصادی در زمینه قابلیت اعمال سناریو و تضمین سود سرمایه‌گذار بوده که متأسفانه در کشور چنین مسئله‌ای مورد توجه قرار نگرفته است و می‌تواند کلید حل مشکلات صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر باشد. سیاست‌گذران کشور تنها به میزان انرژی قابل استحصال منابع انرژی توجه کرده و حلقهٔ گشمده در تحلیل ایشان مسئلهٔ تأمین انرژی کشور در درازمدت است. در ادامه، سناریو پیشنهادی فوق با جزئیات بیشتری تشریح شده است.

فلسفهٔ پشت هر سیاست مرتبط با مسئلهٔ انرژی باید تغییر به سمت بهبود استانداردهای زندگی شهری و روستایی کشور باشد. این سیاست‌ها با در نظر گرفتن این رویکرد می‌تواند نیازهای اجتماعی و اقتصادی خانوار به انرژی را با در نظر گرفتن پس‌زمینهٔ فرهنگی تأمین کند. درگیر کردن عامهٔ مردم در پروژه‌های جدید انرژی‌های تجدیدپذیر بخش از این سیاست‌گذاری است. یک برنامهٔ موفق باید براساس تأمین نیازهای روزمرهٔ مردم به انرژی (همانند روشنایی، پمپاژ آب و غیره) شکل گیرد تا انتقال درازمدت تکنولوژی‌های سیستم انرژی (Magoha, 2001). دولت ایران می‌تواند با ایجاد سازوکارهای قانونی و مالی، در جهت ترویج RETs، منابع اقتصادی همچون سرمایه‌گذاری مستقیم و یا اختصاص یارانه را با مشارکت صنایع محلی و شرکت‌های بزرگ بین‌المللی متصدی انرژی‌های تجدیدپذیر بکار گیرد. در شکل ۴، نحوهٔ ارتباط بین اجزای مختلف سناریوی مطرح شده نمایش داده شده است.

10. Renewable Energy Technologies

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٤. سناریوی (مدل کسب‌وکار مشترک) مطرح شده جهت تسریع سرعت نفوذ RETs در سیستم انرژی کشور ایران

البته اجرای سناریوی فوق تبعات و نتایجی برای طرفین ایرانی و بین‌المللی به همراه خواهد داشت که در بخش ششم مقاله فوق بدان پرداخته شده است.

٦. بحث

اجرای سناریوی مطرح شده در قسمت قبل باید با دقت فراوان و توجه به پیشرفت تکنولوژی‌های تجدیدپذیر صورت پذیرد. در اجرای این تکنولوژی باید دقت داشت که یک فرایند یادگیری و آشنایی با تکنولوژی‌های تجدیدپذیر نیز صورت گیرد که در درازمدت توسعهٔ آن‌ها تضمین شود. یکی از مشکلات عمدهٔ تکنولوژی‌های تجدیدپذیر، مسئلهٔ انتقال و همخوانی نداشتن آن به همه شرایط منطقه‌ای است. بنابراین، نیاز هست که تمامی بخش‌های مطرح در سناریو، وظایف خود را به طور دقیق درک کنند و علاوه بر اهمیت دادن به مسئلهٔ یادگیری، مسیر برای ادامهٔ فرایند نفوذ این نوع تکنولوژی‌ها هموارتر شود.

٦. ١. وظایف شرکت‌های بین‌المللی

ـ فراهم کردن بسته‌های سرمایه‌گذاری به شکل وام‌های بلندمدت برای پروژه‌های تجدیدپذیر. این حمایت‌ها جهت فراهم شدن زیرساخت‌های سخت‌افزاری و دانش فنی اجرای طرح‌های تجدیدپذیر صورت می‌پذیرد.

ـ تطبیق تکنولوژی‌های تجدیدپذیر با توجه به شرایط منطقه‌ای و اقلیمی. این امر در طراحی با کیفیت و بادوام اجزای سیستم‌های تجدیدپذیر موثر است؛

Archive of SID
www.SID.ir

ـ نظارت بر پروژه‌های اجرایی تجدیدپذیر؛

ـ آموزش نیروهای ایرانی در تمام زمینه‌های فنی و مدیریتی پروژه‌های تجدیدپذیر. برای حصول اطمینان کافی از اجرای صحیح برنامه‌های تجدیدپذیر، انجام فرایندهای تعمیر و نگهداری و نحوه نصب و بهره‌برداری بسیار حائز اهمیت است.

٦. ٢. وظایف دولت ایران

ـ ایجاد شبکه همکاری دقیق و شفاف در قالب یک سرمایه‌گذاری کسب و کار مشترک[11]؛

ـ اطمینان به طرف سرمایه‌گذار از جهت تسهیل در انجام کلیهٔ فرایندهای اداری و حقوقی؛

ـ استانداردسازی تکنولوژی‌های تجدیدپذیر: اطمینان از انتقال بهینه تکنولوژی با توجه به هزینه‌های تولید انرژی در محل مورد نظر (نیروی کار، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و مواد مورد نیاز)، نیازهای منطقه و قوانین محلی حاکم؛

ـ فراهم کردن امنیت لازم در منطقه جهت اجرای مطمئن و تضمین شده پروژه‌های تجدیدپذیر از سوی شرکت‌های بین‌المللی؛

ـ ارائهٔ برنامهٔ مشخص جهت باز پس دادن وام‌ها مطرح شده در فوق؛

ـ تصویب قوانین مناسب در جهت کنترل انحصاری پروژه‌های تجدیدپذیر در سطح کشور توسط یک سازمان مشخص دولتی؛

ـ تخصیص یارانه به بخش‌های خصوصی فعال در زمینه بهره‌بردار انرژی جهت انتقال جریان سرمایه‌گذاری و تصمیم‌گیری از دولت به بخش‌های خصوصی جهت تولید و مصرف منابع انرژی تجدیدپذیر؛

ـ در نظر گرفتن کلّیهٔ هزینه‌های زنجیرهٔ تولید انرژی از منابع فسیلی همانند نفت (از استخراج تا تبدیل ب انرژی ثانویه). این امر نشان می‌دهد که هزینه‌های کلّ استفاده از این نوع منابع بر خلاف تصور بسیار کمتر از منابع تجدیدپذیر نیست؛

ـ ضرورت وزارت نیرو کشور به خرید تضمینی تولید انرژی بخش خصوصی (انرژی‌های تجدیدپذیر).

٦. ٣. وظایف شرکت‌های داخلی (محلی و دولتی)

ـ فراهم کردن بخشی از سرمایه‌گذاری اولیه مورد توافق در پروژه‌های تجدیدپذیر در جهت تبادل مشارکت بیشتر؛

ـ بسیج کردن تمام شرکت‌های مرتبط در جهت حمایت فنی و اقتصادی از پروژه‌های تجدیدپذیر؛

ـ کنترل فرایند اداری مدیریت و تعمیر و نگهداری آینده پروژه‌های تجدیدپذیر؛

ـ تأکید و اهتمام بر فرایند انتقال اطلاعات و تجارت لازم مراحل نصب، بهره‌برداری و تعمیر

11. collaborative business venture

Archive of SID
www.SID.ir

و نگهداری به طرف‌های ایرانی از شرکت‌های بین‌المللی تجدیدپذیر.

البته ذکر این نکته ضروری است که نرخ یارانهٔ انرژی در ایران بسیار بالا است و قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در ایران با توجه به اسلوب درستی انجام نمی‌گیرد. دولت ایران از ۱۹۹۶ م در طی اصلاحاتی، شروع به افزایش تدریجی قیمت حامل‌های انرژی گرفت که تلاشی در جهت بهبود شاخص قیمت مصرف‌کنندهٔ انرژی در کشور بود که به دلیل افزایش جزئی قیمت تأثیر چندانی در بهبود وضعیت نداشت. در ۲۰۰۶ م قیمت حامل‌های انرژی از هر گونه استاندارد قیمت‌گذاری بین‌المللی پایین‌تر بود به‌گونه‌ای که با نرخ ارز ۹۰۰ ریال به ازای هر دلار، قیمت بنزین و گازوئیل کمتر از ۹ سنت و نفت سفید[12] کمتر از ۲ دلار در ازای هر لیتر بود؛ در حالی که یک لیتر آب معدنی آشامیدنی با قیمت ۲۰ سنت (بیش از دو برابر قیمت بنزین) در بازار عرضه می‌شد (Sabetghadam, 2006). در سال ۲۰۱۱ میلادی میزان یارانهٔ تصویب‌شدهٔ در ایران در حدود ۸۲ میلیارد دلار بوده که بیشترین مقدار در کلّ دنیا بود و از این میزان در حدود ۱۶ درصد به یارانهٔ انرژی اختصاص داشت (Tavanir Holding Company, 2013). تلاش‌هایی نیز در سال‌های بعد از ۲۰۱۱ جهت اصلاح روند قیمت‌گذاری انجام گرفت و سعی شد قیمت‌ها واقعی‌تر شود تا بدین وسیله افزایش فزایندهٔ تقاضای انرژی مهار شود ولی توفیق چندانی پیدا نکرده است. در واقع، قیمت حامل‌های انرژی در سیستم عرضه باید براساس هزینه نهایی منابع مبدأ تعیین شود و یارانهٔ انرژی صرف امور عمرانی و زیرساختی سیستم عرضهٔ انرژی شود ولی به دلیل مسائل سیاسی و مصلحت‌اندیشی‌های اجتماعی، متأسفانه قدم اساسی در این زمینه تاکنون برداشته نشده است و اجرای سناریوی مطرح شده با وجود این امر با مشکلاتی عدیده‌ای روبرو خواهد شد. بنابراین، قدم اولیه و اساسی در اجرای مؤثر سناریوی افزایش نفوذ RETs در سیستم عرضهٔ انرژی ایران، اطلاح قیمت‌های حامل‌های انرژی متداول و اعمال هزینه‌های تمام شده بر قیمت آن‌ها است.

۷. نتیجه

منابع انرژی متداول، سوخت‌های فسیلی و برق حاصل از شکافت هسته‌ای عملاً بر تصور عرضهٔ انرژی جهانی تسلط دارند. در بین این انرژی‌ها، منابع انرژی تجدیدپذیر مطرح هستند که در مقایسه با منابع انرژی فوق یک مشکل اساسی دارند؛ زیرا این نوع انرژی‌ها به طور وسیع توزیع شده و نسبتاً پراکنده هستند و از نظر تجاری هنوز به طور جزئی توسعه یافته‌اند و مصرف‌کنندگان چنین انرژی‌هایی با شرایط متفاوتی روبرو هستند. این منابع اساساً نامحدودند، ولی با درک موجود، گران و غیر قابل اعتماد تلقی می‌شوند. از آنجا که تعادل بین محیط‌زیست و اقتصاد انرژی در حال حاضر و در آینده مورد بحث خواهد بود، بنابراین، امکانات بالقوه و سهمی که این منابع تجدیدپذیر در تأمین انرژی جهان خواهند داشت یک بخش کلیدی برای تأمین انرژی سیستم عرضهٔ انرژی کشور نیز خواهد داشت. بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر در ایران همانند انرژی‌های خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی و امواج هنوز در مراحل تحقیقاتی و دانشگاهی قرار دارد و دولت باید حمایت‌های بیشتری در این زمینه به عمل آورد. هزینهٔ به کارگیری فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر بالا است و این هزینه در منابع فسیلی هم مشاهده می‌شود اما دسترسی آسان به این منابع، منجر به گرایش دولت به سمت منابع فسیلی شده است که در مدت مشخص و برنامه‌ریزی شده این سمت و سو به سمت بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر

12. kerosene

www.SID.ir

تغییر یابد و با حفظ منابع فسیلی برای نسل‌های آتی کمک مضاعفی به پایداری سیستم عرضه انرژی کشور نمود. بنابراین، در این مقاله سعی شد با بررسی سناریوهای مطرح در زمینهٔ بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، یک راه حل عملی در جهت استفادهٔ بهینه از این نوع از منابع پیشنهاد گردد. سناریو پیشنهادی، استفاده از شرکت‌های بین‌المللی متصدی انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری از سوی آن‌ها با مشارکت شرکت‌های داخلی با نظارت دولت است که با تشریح وظایف هر یک از طرفین در قالب یک سرمایه‌گذاری کسب و کار مشترک شفاف، می‌توان به نفوذ RETs در کشور امیدوار بود. البته لازم به ذکر است که با تحلیل‌های انجام شده، شرط لازم در جهت اجرای سناریوی فوق، اصلاح فرایند قیمت‌گذاری بر حامل‌های انرژی متداول است.

کتابنامه

وزارت نیرو. ۱۳۹۲. *ترازنامه انرژی کشور*. معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

وزارت نیرو. ۱۳۸۸. *ترازنامه انرژی کشور*. معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

Adl, M.; Nasiri, J.; Motamedi, M.; Haghparast Kashani, A. 2012. *Bioenergy business models in Iran: the role of innovations*. In: Proceedings of the 4th international conference on applied energy, Suzhou, China.

Aklin, M..; Urpelainen, J. 2013. *Political competition, path dependence, and the strategy of sustainable energy transitions*. Am. J. Polit. Sci; 57 (3), 643–658.

Asia-pacific Economic Cooperation Asia Development Bank. 2009. *Energy outlook for Asia and the pacific, Mandaluyong City*. Philippines.

Askarzadeh, A.; dos Santos Coelho, L. 2015. *A novel framework for optimization of a grid independent hybrid renewable energy system: a case study of Iran*. Solar Energy; 112, 383-396.

Atabi, F. 2004. *Renewable energy in Iran: challenges and opportunities for sustainable development*. Int J Environ Sci Technol; 1(1), 69–80.

Barrett, S. 2009. *The coming global climate–technology revolution*. J. Econ. Perspect;23 (2), 53–75.

Beier, J.; Thiede, S.; Herrmann, C. 2017. *Energy flexibility of manufacturing systems for variable renewable energy supply integration: Real-time control method and simulation*. Journal of Cleaner Production; 141, 648-661.

BP. 2012. *BP Energy outlook 2030*. London.

Dangerman, A.T.; Jérôme, C.; Schellnhuber, H. J. 2013. *Energy systems transformation*. Proc. Natl. Acad. Sci; 110 (7), 549–558.

Dehghani, A.; Khalilabadi, M.; Soltani, O Alo. 2006. Study *on feasibility of establishing a wave power-plant in Persian Gulf*. In: Proceedings of 7th national symposium of marine industries, Tehran, Iran.

Erdinc, O.; Uzunoglu, M. 2012. Optimum design *of hybrid renewable energy systems: overview of different approaches*. Renew Sustain Energy; 16(3),

Archive of SID

www.SID.ir

1412-1425.
European Commission. 2011. *Energy Roadmap 2050*, Luxembourg.
Ghobadian, B.; Najafi, G.; Rahimi, H.; Yusaf, T.F. 2009. *Future of renewable energies in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 68, 9–95.
IEA. 2015. *Annual Report*.
Karaminia, G.; Tavanpourpaveh, M.; Amini, F. 2014. *Atlas of energy*. 3rd ed. Iran: National Cartographic Center.
Klass, DL. 2004. *Biomass for renewable energy and fuels*. Encycl Energy; 1, 193–213.
Magoha, P.W. 2001. *Wind power Industry: Issues in Development and Implementation*, Proceedings of ISES Solar Congress; Adelaide, Australia.
Michaelowa, A. 2005. *The German wind energy lobby: how to promote costly technological change successfully*. Eur. Environ; 15 (3), 192–199.
REmap 2030. 2014. *Summary of findings*. Available at: http://www.irena.org.
Riahi, K. 2012. *Energy pathways for sustainable development*. Chapter 17.
Rojas-Zerpa JC.; Yusta JM. 2014. *Methodologies, technologies and applications for electric supply planning in rural remote ares*. Energy Sustain; 20, 66-76.
Sabetghadam, M. 2006. *Energy and sustainable development in Iran*. France: helio-international Sustainable Energy Watch. Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/con tent/documents/854Iran-EN.pdf.
Sadrinasab, M.; Shoaib, N. 2011. *The potential of tidal power from the Doragh Estuary [dissertation]*. .Iran, Khorramshahr University of Marine Science and Technology.
Sajid, Z.; Khan, F.; Zhang, Y. 2016. *Process simulation and life cycle analysis of biodiesel production*, Renew. Energy; 85, 945952-.
Schmidt, R. C.; Marschinski, R. 2009. *A model of technological breakthrough in the renewable energy sector*. Ecol. Econ; 69 (2), 435–444.
Statistical Center of Iran. 2008. *Iran Statistical Yearbook*. Tehran.
Tavanir Holding Company. 2013. *Power generation, transmission and distribution 2012*. Detailed statistics of Iran's power industry for managers; Persian.
Tigabu, A. D.; Berkhout, F.; van Beukering, P. 2015. *The diffusion of a renewable energy technology and innovation system functioning*: *Comparing bio-digestion in Kenya and Rwanda*. Technological forecasting and social change, 90, 331-345.
Unruh, Gregory C. 2000. *Understanding carbon lock-in*. Energ Policy; 28 (12), 830–817.

Archive of SID
www.SID.ir