



به نام خدا

عنوان:

بررسی کارآیی انرژی های تجدیدپذیر و سوخت های فسیلی

Investigating the efficiency of renewable energy and fossil fuels

نام دانشجو:

فرناز صالحی

نام استاد:

دکتر پناهی

مقطع و رشته: کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی

(نیمسال اول سال تحصیلی ۱۴۰۰ - ۱۳۹۹)

چکیده

با افزایش جمعیت جهان و محدود بودن منابع انرژی بر، کشورها با مشکل مصرف انرژی مواجه شده اند. بحران هایی که کشورها و جوامع بشری را تهدید می کند، محدود بودن منابع انرژی های فسیلی و نیز افزایش آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از اندازه ی سوخت های فسیلی است که این عوامل ضرورت و اهمیت توجه به استفاده از منابع تجدیدپذیر را نشان می دهد. تحقیقات نشان داده است که توسعه انرژی های تجدیدپذیر و جایگزین کردن آن ها به جای سوخت های فسیلی در صنایع از جمله نیروگاه ها موجب کاهش صدمات وارده بر محیط زیست می شود. لذا نتایج بررسی ها بیانگر آن است که صنایع انرژی بر بخش قابل توجهی از مصرف انرژی بخش صنعت را به خود اختصاص داده اند. توجه به بهبود کارایی مصرف انرژی در این بخش از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بهبود کارایی انرژی پیامدهایی نظیر اثرات بازگشتی و اثرات معکوس خواهد داشت چرا که کاهش مصرف انرژی متناسب با بهبود کارایی رخ نمی دهد و حتی ممکن است افزایش بازده به کاهش تقاضای انرژی در سال های نخست و افزایش آن در سال های آتی بیانجامد. از طرفی کاهش وابستگی به سوخت فسیلی و استفاده از منابع زیستی طبیعی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در توسعه فناوری های تولید انرژی های تجدید پذیر از جمله انرژی زیستی اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین بهبود کارایی سوخت های فسیلی در صنایع انرژی بر و جایگزینی آن با انرژی های تجدید پذیر از اهداف اصلی این مقاله می باشد.

کلیدواژه ها: انرژی های تجدیدپذیر، اثرات بازگشتی، صنایع انرژی بر، سوخت های فسیلی، منابع زیستی، گازهای گلخانه ای

بهبود امنیت و ارتقای دسترسی به انرژی و کاهش تغییرات اقلیم از مهم ترین نتایج توسعه و به کار گیری انرژی های تجدیدپذیر در دنیا است. همچنین، سرمایه گذاری در انرژی های تجدید پذیر می تواند به محرک جدید برای رشد اقتصادی، افزایش درآمد ملی، بهبود تراز تجاری، توسعه صنایع و افزایش اشتغال بدل شود.

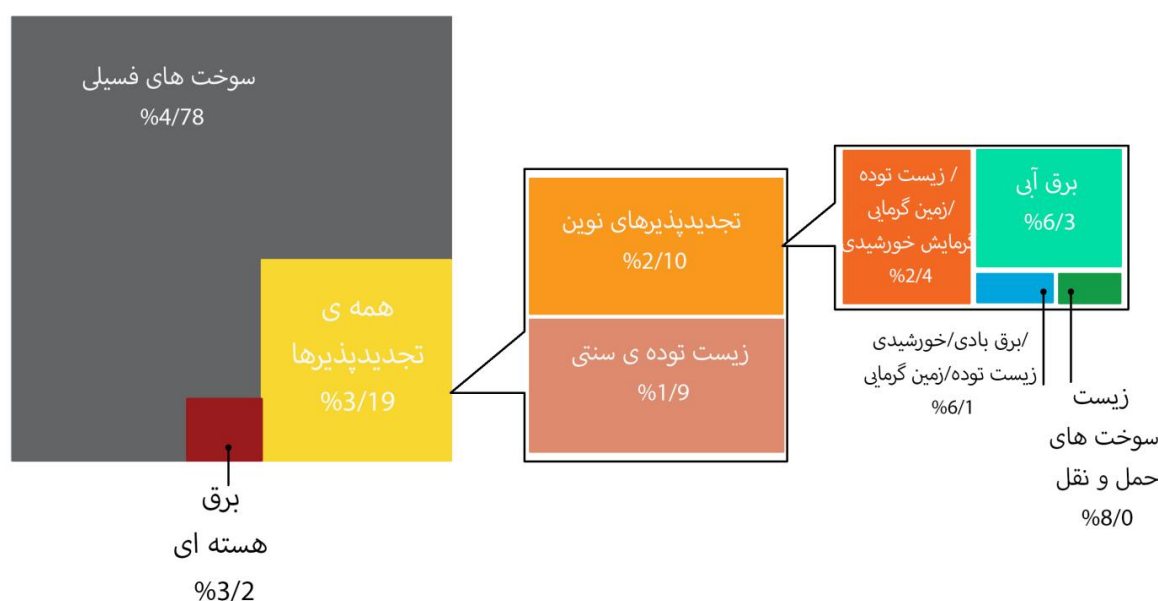
در ایران صنایع انرژی بر سهم قابل توجهی از مصرف انرژی بخش صنعت را به خود اختصاص داده اند. بر مبنای آمار سرشماری کارگاه های صنعتی مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰، صنایع انرژی بر در مجموع بیش از ۷۰ درصد فرآورده های نفتی در بخش صنعت را مصرف می نمایند. همچنین دولت برنامه های متعددی را نیز برای توسعه صنایع انرژی بر نظیر احداث مجتمع های پتروشیمی و فولاد دارد که همین موضوع هم مصرف انرژی صنایع انرژی بر را به طور قابل ملاحظه ای افزایش خواهد داد. به همین علت تمرکز عمده ای بر کاهش شدت انرژی در این صنایع صورت پذیرفته است. در کشور ما، اهداف و سیاست □ های بلند مدتی برای افزایش کارایی انرژی در بخش های مختلف از جمله بخش صنعت و بخصوص صنایع انرژی بر وجود دارد. با توجه به وجود اثرات بازگشتی، باید سیاست های ارتقا کارایی تکنولوژی های انرژی از منظر وجود اثرات بازگشتی و یا معکوس و نیز میزان این اثرات مد نظر قرار گیرند تا سیاستها از تاثیر مناسب برخوردار باشند. تفکر رایج حاکم بر اقتصاد این است که بهبود کارایی سبب کاهش مصرف انرژی می شود. اما بحث مهمی در خصوص تاثیر بهبود کارایی در مصرف انرژی وجود دارد که بدان اثرات بازگشتی اطلاق می شود (جعفری، ۱۳۹۴).

بدین ترتیب که اثرات بهبود کارایی انرژی، تحت تاثیر عکس العمل سیستم های اقتصادی به کاهش قیمت خدمات انرژی قرار می گیرد. به عبارت دیگر اثرات بازگشتی (و یا اثرات معکوس) زمانی رخ می دهد که بهبود کارایی مصرف انرژی، تقاضای انرژی را به میزان بهبود کارایی انرژی کاهش نمی دهد (و یا حتی آن را افزایش نیز می دهد). این اثرات بازگشتی سبب کاهش منافع حاصل از بهبود کارایی مصرف انرژی شده و حتی این امکان وجود دارد که اثر بخشی سیاست های بهبود کارایی انرژی از بین برود (خوشکلام، ۱۳۹۳). به عنوان نمونه تولید کنندگان ممکن است از منفعت حاصل شده در اثر کاهش هزینه (که در اثر بهبود کارایی انرژی رخ داده) برای افزایش تولید محصول خود استفاده نموده و لذا این موضوع سبب افزایش استفاده از نهاده های نیروی کار، سرمایه و مواد خام خواهد شد و به تبع آن نیز سطح انرژی مصرفی برای تولید را افزایش خواهد داد. همچنین کاهش هزینه های انرژی ممکن است سبب کاهش قیمت محصولات شده و لذا سبب افزایش مصرف محصول و افزایش مصرف انرژی گردد.

با توجه به موضوعات فوق، در سال های اخیر مسائلی از قبیل توسعه پایدار، حفاظت از محیط زیست و کنترل انتشار گازهای گلخانه ای سبب شده تا کشورهای زیادی توسعه انرژی های تجدیدپذیر در سیاست های خود دنبال کنند. (Matzenberger, 2015).

شکل ۱ (مأخذ: ساتبا، ۱۳۹۶) سهم تقریبی انواع مختلف انرژی را از مصرف انرژی نهایی جهان در سال ۲۰۱۵ نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، از کل انرژی مصرفی جهان در سال ۲۰۱۵، حدود ۷۸/۴ درصد

توسط سوخت های فسیلی ۲/۳ درصد توسط برق هسته ای و ۱۹/۳ درصد توسط انرژی های تجدید پذیر حاصل شده است. نزدیک به نیمی از انرژی های تجدید پذیر از طریق استفاده سنتی از زیست توده ها (سوزاندن چوب و ضایعات و ...) و نیمی دیگر توسط روش های نوین تأمین شده است. انرژی های تجدید پذیر نوین شامل انرژی گرمایی خورشیدی، زیستی و زمین گرمایی (در تولید گرمای تجدید پذیر) انرژی برق بادی، خورشیدی، زیستی، زمین گرمایی و برق آبی (برای تولید برق تجدیدپذیر) و زیست سوخت ها برای تولید سوخت تجدیدپذیر هستند. انرژی های زیستی شامل سوخت، گرما، گاز و برق زیستی که با استفاده از روش های سنتی و یا نوین تولید می شوند.



شکل ۱. سهم تقریبی انواع انرژی

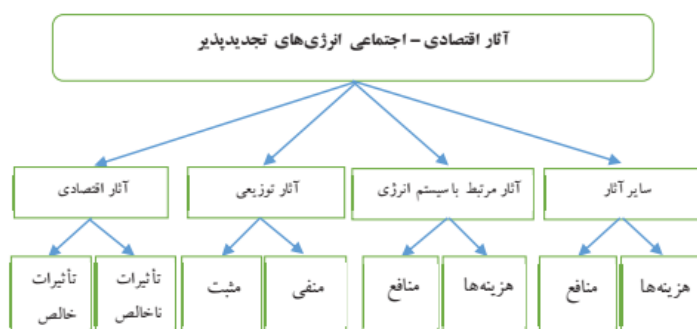
با توجه به آمار ارائه شده، بهبود کارایی انرژی در برخی صنایع نظیر صنایع انرژی بر، سبب شده که اثرات بازگشتی افزایش یابد. لذا اثرات بازگشتی بزرگتر در بلند مدت به افزایش قابل توجه مصرف انرژی منجر خواهد شد. بنابراین پس از بررسی وجود یا عدم وجود اثرات بازگشتی در صنایع انرژی بر، مهمترین سوالات مطروحه به شرح ذیل می باشد:

- آیا رفتار پویای اثرات بازگشتی در افق کوتاه مدت و بلند مدت با هم متفاوت می باشد ؟
- آیا متغیرهای تاثیرگذار شناسایی شده و سهم هر یک از آن ها در زنجیره ارزش توسعه انرژی های تجدیدپذیر ارزیابی می شود؟
- تاثیر توسعه انرژی های تجدید پذیر بر شاخص های کلان اقتصادی با توجه به تجربیات کشورهای مختلف چگونه است؟

- آیا میزان اثرات بازگشتی در بلند مدت کمتر از اثرات بازگشتی در کوتاه مدت می باشد؟
- تحت چه شرایطی در بلند مدت اثرات بازگشتی به اثرات معکوس بدل خواهند شد؟
- آیا امکان شبیه سازی رفتار متفاوت تقاضای نهاده انرژی در اثر تغییر در ضرایب فنی و کارایی انرژی در کوتاه مدت و بلند مدت وجود دارد؟

شواهد موجود در دیگر کشورها حاکی از آن است که اثرات بلند مدت و کوتاه مدت سیاست بهبود کارایی انرژی، با هم متفاوت بوده و اگرچه در افق کوتاه مدت ممکن است که ارتقای کارایی انرژی به کاهش مصرف انرژی بیانجامد، ولی حتی در دراز مدت این سیاست اثرات معکوس را به دنبال داشته است. بنابراین بررسی تفاوت رفتار پویای اثرات بازگشتی در افق کوتاه مدت و دراز مدت از جمله مهمترین اهدافی است که در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار خواهد گرفت (فرهمندینیا، ۱۳۹۶). همچنین، معادلات آورده شده در پیوست جهت سنجش اثرات بازگشتی و اثرات معکوس سوخت های فسیلی در صنایع انرژی بر و محیط زیست و بلوک تولید مرتبط با بخش انرژی مورد استفاده قرار می گیرد.

پیش از توجه به مباحث اصلی می بایست توسعه انرژی های تجدیدپذیر بر شاخص های کلان اقتصادی مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق، بر مبنای روش تحلیل اقتصادی و با توجه به شاخص های کلان اقتصادی شناسایی شده، تأثیر توسعه انرژی های تجدیدپذیر بر هر یک از این شاخص ها تحلیل و بررسی علمی می شود. در شکل ۲ چارچوبی کلی و تحلیلی از اثرهای اقتصادی و اجتماعی توسعه انرژی های تجدیدپذیر ارائه شده است.



شکل ۲. چارچوبی کلی و تحلیلی از اثرهای اقتصادی و اجتماعی توسعه انرژی های تجدیدپذیر

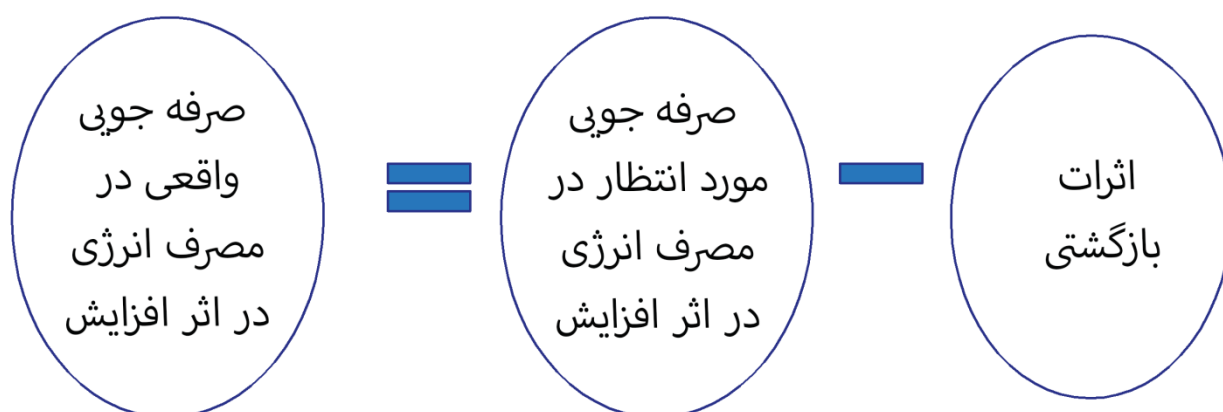
همان گونه که در شکل ۲ ملاحظه می شود، اثرهای اقتصادی و اجتماعی توسعه انرژی های تجدیدپذیر به چهار بخش عمده آثار اقتصادی، آثار توزیعی، آثار توسعه سیستم انرژی و سایر آثار، تقسیم می شود. علاوه بر این، در حال حاضر تحقیقات گسترده ای برای تعیین قابلیت انرژی های جایگزین سوخت فسیلی از جمله انرژی خورشیدی، الکتریسیته

و زیستی در سیستم حمل و نقل در حال انجام است. توسعه سوخت های زیستی یکی از گزینه هایی است که در کشورهای توسعه یافته و کشورهای برخوردار از منابع طبیعی مانند جنگل و زمین های کشاورزی دنبال می شود (خردمندنی، ۱۳۹۶). مقدار کلی زیست توده به عنوان خوراک ورودی صنعت سوخت زیستی، نقش بسیار مهمی در جهت گیری کشورها و سیاست گذاری های مرتبط با تولید این سوخت دارد. به عنوان مثال اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۲ با وجود برخورداری از منابع طبیعی متنوع ۲۸۰ میلیون تن زیست توده در اختیار داشته و تقریباً ۱۳ درصد از سوخت زیستی جهان را تولید کرده است (جدول ۱). این در حالی است که در همان سال آمریکای شمالی با ۵۱ درصد، آمریکای لاتین با ۲۹ درصد، آسیای شرقی با ۶ درصد و آفریقا و خاورمیانه با حدود ۱/۶ درصد در تولید سوخت زیستی جهان نقش داشته اند. (Scarlat, 2015)

(ب) مروری بر ادبیات

(ب-۱) ادبیات نظری

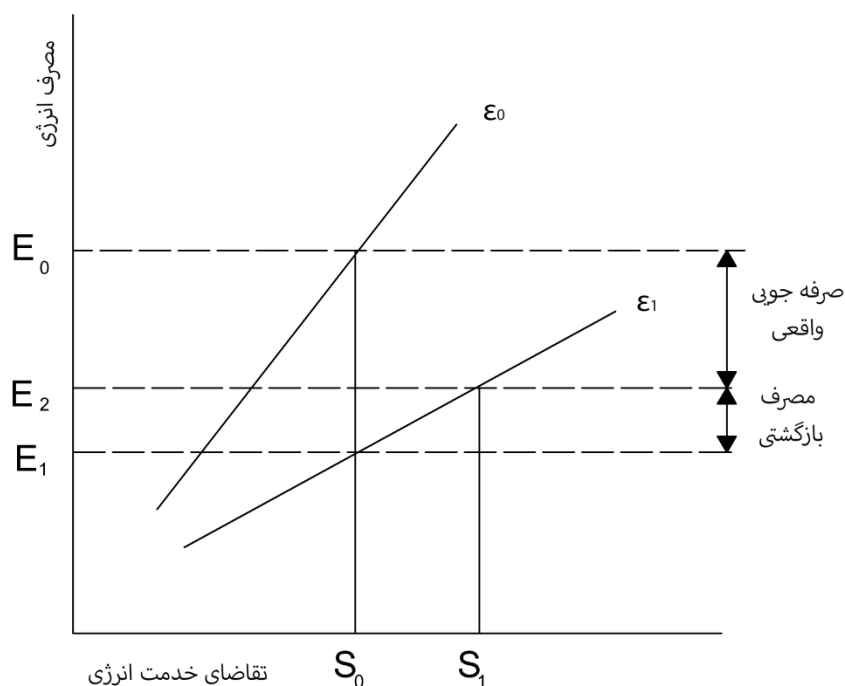
ویلیام استنلی جونز اولین محقق بود که مفهوم اثرات بازگشتی را در کتاب خود در سال ۱۸۶۵ مورد بررسی قرار داد. مشاهدات او حاکی از آن بود که در انگلستان با اختراع موتورهای پربازده بخار، مصرف ذغال افزایش یافته است. چرا که با استفاده از موتورهای پربازده، ذغال در سایر بخش ها و مصارف جدید مورد استفاده قرار گرفته است. او ادعا کرد که اگر چه مصرف ذغال در برخی بخش ها (نظیر حمل و نقل) کاهش یافته است ولی مصارف ذغال بطور کلی افزایش داشته است. این تناقض به عنوان تناقض جونز مطرح شد که در آن استفاده اقتصادی و به صرفه از سوخت لزوماً به کاهش مصرف سوخت نمی انجامد. اثرات بازگشتی (و یا اثرات معکوس) زمانی رخ می دهد که کاهش مصرف انرژی در اثر افزایش کارایی به میزان تخمین زده شده رخ نمی دهد. علت این موضوع برخی واکنش های رفتاری و استفاده بیشتر از سوخت در مصارف جدید است. موضوع اثرات بازگشتی تا سال ۱۹۸۰ مغفول ماند تا اینکه خازوم و بروکز در دهه ۱۹۸۰ بصورت جداگانه در خصوص تناقض بین افزایش کارایی و افزایش مصرف انرژی یافته های پژوهش های خود را ارائه نمودند. بصورت کلی می توان رابطه اثرات بازگشتی و صرفه جویی در مصرف انرژی را به صورت مفهومی در قالب شکل ۳ نمایش داد.



شکل ۳. رابطه اثرات بازگشتی و صرفه جویی

(وانگ و ژو، ۲۰۱۲) سه نوع اثرات بازگشتی را مشتمل بر اثرات مستقیم، اثرات غیر مستقیم و اثرات بازگشتی کل اقتصاد معرفی نمود. اثرات بازگشتی مستقیم صرفاً مربوط به خدمات انرژی و یا بخش انرژی می باشد. اثرات بازگشتی مستقیم بیانگر آن است که بهبود کارایی انرژی سبب افزایش تقاضای خدمات انرژی می گردد و لذا صرفه جویی مورد انتظار در مصرف انرژی کاهش می یابد. اثرات بازگشتی غیر مستقیم نیز به تغییر در تقاضای سایر خدمات انرژی پس از بهبود کارایی انرژی در یک بخش خاص از انرژی اشاره دارد اثرات بازگشتی کل اقتصاد نیز به مجموع اثرات بازگشت مستقیم و غیر مقیم اطلاق می شود. بعبارت دیگر در اثرات بازگشتی مستقیم، اثرات در سطح اقتصاد خرد مطرح است در حالیکه اثرات بازگشتی کل اقتصاد در سطح کلان مطرح می شود.

در نمودار ۱ فرض شده است که δ_0 و δ_1 نشان دهنده دو سطح از کارایی انرژی برای یک خدمت انرژی مشخص باشند. اگر تقاضای انرژی در S_0 بدون تغییر باقی بماند، بهبود کارایی انرژی از δ_0 به δ_1 سبب کاهش مصرف انرژی به میزان $E_1 - E_0$ می گردد. با این وجود، بهبود کارایی انرژی سبب کاهش هزینه هر واحد خدمت انرژی شده و تقاضای خدمت انرژی را از S_0 به S_1 افزایش می دهد. در نتیجه، صرفه جویی انرژی واقعی، به میزان $E_2 - E_0$ خواهد بود. این در حالی است که پتانسیل صرفه جویی محاسبه شده در اثر بهبود بازده برابر با $E_1 - E_0$ است (وانگ و ژو، ۲۰۱۲).



نمودار ۱. محاسبه صرفه جویی واقعی

اوهلان (۲۰۱۶) به بررسی رابطه میان توسعه مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر و رشد اقتصادی در کشور هندوستان طی سالهای ۱۹۱۷-۲۰۱۲ پرداخته است. نتایج نشان دهنده وجود رابطه مثبت و معنادار بین مصرف انرژی های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در بلندمدت است. همچنین، رابطه علی دوطرفه میان مصرف انرژی تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی در بلندمدت و کوتاه مدت وجود دارد.

ب-۲) ادبیات تجربی

مطالعه در بخش حمل و نقل توسط خوشکلام (۱۳۹۳) به انجام رسیده است. همچنین مطالعه برای اثرات بازگشتی بهبود کارایی مصرف برق توسط منظور (۱۳۸۹) به انجام رسیده که در این مطالعه بخش صنعت بصورت کلی مد نظر قرار گرفته و به اجزای مختلف تقسیم نشده است. همچنین مدل تعادل عمومی در هر دو مطالعه به صورت ایستا بوده و پویایی در آنها مد نظر قرار نگرفته است. در این مقاله مطالعات خارجی با توجه به کارگیری مدل های تعادل عمومی ایستا و پویا مورد بررسی قرار گرفته اند. در میان مطالعات انجام شده در خارج از ایران، کسلر و همکاران (۲۰۱۶)، لو و همکاران (۲۰۱۷) و بروبرگ و همکاران (۲۰۱۵) اثرات بازگشتی را بر مبنای مدل تعادل عمومی این محاسبه نموده اند. همچنین، آلن و همکاران (۲۰۰۷) در مقاله خود به بررسی اثرات بازگشتی در بخش های تولیدی انگلیس بر مبنای مدل تعادل عمومی پویا پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که اثرات بازگشتی در بلندمدت کاهش عمده ای می یابد.

هنلی و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله خود حالت هایی را بررسی کردند که در آنها افزایش کارایی و بهبود بهره وری انرژی باعث کاهش تقاضا (بطور متناسب با افزایش کارایی) نمی شود و در مواردی حتی به افزایش مصرف انرژی می انجامد. ترنر (۲۰۰۹) در مطالعه خود به بررسی و مطالعه حالت هایی پرداختند که در آنها اثرات بازگشتی یا معکوس در اقتصاد انگلیس و اسکاتلند رخ می دهد.

پ) مطالعات پژوهشی

اندیشمندان جهان نگران وضعیت کره زمین از نظر آب و هوایی هستند. هر روز اخبار نگران کننده ای از تغییرات جوی بر روی کره خاکی به گوشمان می رسد. تولید گازهای گلخانه ای و آلودگی شدید ناشی از استفاده بی رویه و غیرعلمی از سوخت های فسیلی به صورت جدی وضعیت بشر را تحت تأثیر قرار داده است. آمار نشان می دهد که سالانه تعداد بی شماری از انسان ها بر اثر آلودگی شدید هوا جان خود را از دست می دهند. به تعبیر دیگر استفاده از سوخت های فسیلی برای آسایش و خدمت به بشر، خود هیولایی شده که در عین خدمت، قدرت غریب خود را نیز به رخ می کشد. مسأله فقط به از دست دادن جان انسان ها ختم نمی شود بلکه مقوله اصلی و نگران کننده، اثرات زیست محیطی ویران کننده این نوع سوخت ها بر حیات حال و آینده مکانی است که انسان ها در آن زیست می کنند و اگر چاره جدی اندیشیده نشود، باید به انتظار وضعیت جدیدی باشیم که نگارنده آن را "دوران سیاه" می نامد و آینده مبهم که انسان با دست خود رقم زده است. چه باید کرد؟ آیا ممکن است که به جای استفاده از سوخت های فسیلی به منظور تولید انرژی از امکانات دیگری مانند انرژی آبی، بادی، خورشیدی و... استفاده کرد؟ تاکنون دانشمندان و مهندسان این فن توانسته اند با مطالعات گسترده خود راه کارهای مناسبی را ارائه دهند.

پ-۱) توسعه گرمایش و سرمایش خورشیدی

میزان اشتغال در بخش توسعه گرمایش و سرمایش خورشیدی برای دومین سال پیاپی کاهش یافته است. مهم ترین علل آن، کاهش بازاریابی در واحدهای مسکونی جهت استفاده از تجهیزات گرمایشی خورشیدی و حذف یارانه های آنها از سال ۲۰۱۳ است (IRENA, 2016). چین بیشترین استفاده از وسایل و تجهیزات گرمایش خورشیدی در جهان را به خود اختصاص داده است. هند، برزیل، ترکیه و آمریکا از جمله کشورهایی هستند که سهم قابل توجهی از اشتغال را در این بخش ایجاد کرده اند. طبق بررسی های انجام شده، بیش از ۹۴۰ هزار شغل در این بخش در سطح جهان ایجاد شده است که بیشترین سهم آن مربوط به آب گرم کن های خورشیدی در چین با بیش از ۸۰ درصد ظرفیت نصب شده جهانی است. با وجود این، میزان اشتغال این بخش در سال ۲۰۱۵ به کمتر از ۷۴۳ هزار نفر کاهش یافته است. اروپا حدود ۵/۶ درصد ظرفیت جهانی و ۳۶ هزار شغل ایجاد شده در این بخش را در اختیار دارد. سایر کشورها از قبیل هند، برزیل و آمریکا به ترتیب ۷۵، ۴۱ و ۱۰ هزار شغل را در سال ۲۰۱۵ از طریق توسعه بخش گرمایش خورشیدی به خود اختصاص داده اند. ترکیه با توسعه بخش گرمایش خورشیدی از طریق ایجاد ۹۰ واحد تولیدی

ساخت تجهیزات، ۷۵۰ واحد خرده فروشی و بیش از ۳۰۰۰ واحد نصب کننده، توانسته است که بیش از ۲۰ هزار شغل مستقیم و غیر مستقیم در سال ۲۰۱۵ ایجاد کند (IRENA, 2016).

پ-۲) سیستم های خشک کن خورشیدی

امروزه در اکثر کشورها برای خشک کردن مواد غذایی از گلخانه های خورشیدی استفاده می کنند بدین ترتیب که هوای محیط هنگام عبور از گلخانه خورشیدی گرم شده و سپس به فضای خشک کن هدایت می شود. این خشک کن ها از دو قسمت تشکیل شده اند.

۱. گلخانه خورشیدی

۲. اتاق خشک کن

انواع دیگر خشک کن های خورشیدی شامل :

خشک کن خورشیدی برای غلات - خشک کن خورشیدی برای برنج

پ-۳) سیستمهای تولید فضای سبز (گلخانه ها)

گلخانه های خورشیدی محلی برای پرورش گلها و گیاهان بوده و در فصول سرد برای این منظور و بعنوان یک منبع حرارتی برای گرمایش ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند. اندازه و ابعاد گلخانه های خورشیدی برحسب نیاز و محل استفاده متغیر بوده و در طرحهای گوناگون و بوسیله اشخاص و یا گروههای مختلفی طراحی و ساخته شده اند و بسیاری از این طرحها خیلی موفق بوده و حتی در زمستان تقریباً ۱۰۰٪ بوسیله خورشید گرم می شوند.



شکل ۵. فضای بیرونی گلخانه



شکل ۴. فضای داخلی گلخانه

پ-۴) توسعه تولید برق خورشیدی

کاهش هزینه فناوری های تولید برق از انرژی خورشید از طریق فناوری های فتوولتائیک سبب توسعه توزیع، بهره برداری و افزایش اشتغال شده است. نصب سیستم های فتوولتائیک در سال ۲۰۱۵ بیش از ۲۰ درصد نسبت به سال قبل از آن رشد داشته و بیشترین سهم مربوط به چین، و ژاپن و آمریکا است. تولید برق از طریق فتوولتائیک با ایجاد بیش از ۲/۸ میلیون شغل در سال ۲۰۱۵، بیشترین میزان ایجاد اشتغال انرژی های تجدیدپذیر را به خود اختصاص داده است و و بیانگر رشد ۱۱ درصدی نسبت به سال قبل از آن است.

نیروگاههای خورشیدی که انرژی خورشیدی را به برق تبدیل می کنند در آینده با مزایای قاطعی که در برابر نیروگاههای فسیلی و اتمی دارند مشکل برق و تا حدودی مشکل کم آبی را بخصوص در دوران تمام شدن نفت و گاز حل خواهند کرد. تاسیس و بکارگیری برجهای نیرو آینده ای پر ثمر و زمینه ای گسترده را برای کمک به خودکفائی و قطع وابستگی کشور فراهم خواهد کرد. دلایل بسیار روشن در برتری برجهای نیرو که قسمتی از نیروگاههای خورشیدی را تشکیل می دهند، نسبت به نیروگاههای فسیلی و اتمی را می توان به ترتیب زیر خلاصه کرد: (IRENA, 2016)

۱) تولید برق بدون مصرف سوخت

نیروگاه های خورشیدی احتیاج به سوخت ندارند زیرا فقط از انرژی خورشیدی برای تولید برق استفاده می کنند. برجهای نیرو با سیستم ساده و بخصوص ذخیره انرژی، شبها هم کار میکنند. برخلاف نیروگاههای فسیلی که قیمت برق تولیدی آنها تابع قیمت نفت بوده و همیشه در حال تغییر می باشد، در نیروگاه های خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگهداشت.

۲) عدم احتیاج به آب زیاد

نیروگاه خورشیدی بخصوص برج نیرو با هوای گرم احتیاج به آب ندارند لذا برای مناطق خشک مثل ایران بسیار حائز اهمیت می باشند. در صورتیکه در نیروگاههای فسیلی آب زیادی در برجهای خنک کننده و تصفیه خانه و دیگهای بخار مورد نیاز بوده و بهمین دلیل تاسیسات آنها در کنار رودخانه های بزرگ و یا سواحل دریا نصب و مورد بهره برداری قرار می گیرند.

۳) عدم آلودگی محیط زیست

نیروگاه های خورشیدی ضمن تولید برق هیچگونه آلودگی در هوانداشته و مواد سمی و مضر تولید نمی کنند در صورتیکه نیروگاه های فسیلی هوا و محیط اطراف خود را با مصرف نفت - گاز و یا ذغال سنگ آلوده کرده و نیروگاههای اتمی با تولید فضولات هسته ای خود که بسیار خطرناک و رادیواکتیو هستند محیط زندگی را آلوده و مشکلات عظیمی را برای ساکنین کره زمین بوجود می آورند.

(۴) استهلاک کم و عمر زیاد

نیروگاههای خورشیدی بدلائل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی بوده و دوام برجهای نیرو را در حدود ۷۵ سال پیش بینی می کنند که هزینه سالانه آنها را بسیار کاهش می دهد. در مورد نیروگاههای فسیلی که حداکثر عمر آنها بین ۱۵ تا ۳۰ سال محاسبه شده است بایستی در مطالعه مسائل مختلف مربوط به سرمایه گذاری آنها کمال دقت و احتیاط بکار برده شود.

(۵) عدم احتیاج به متخصص

نیروگاه های خورشیدی بخصوص برجهای نیرو احتیاج به متخصص عالی ندارد و می توان آنها را بطور اتوماتیک بکار انداخت، در صورتیکه در نیروگاه های فسیلی بخصوص در نیروگاههای اتمی وجود متخصصین عالی مقام ضروری بوده و این دستگاهها احتیاج به مراقبت های دائمی و ویژه دارند.

(۶) احتیاج کم به لوازم یدکی

برجهای نیرو در حرارتی کمتر از ۷۵ درجه سانتیگراد و با سرعتی کمتر از ۵۰ دور در دقیقه و در فشار جو کار می کنند. تعداد قطعات چرخنده آنها بسیار کم بوده و کمتر احتیاج به لوازم یدکی پیدا می کنند. و اما نیروگاههای فسیلی و اتمی در حرارتی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ده ها اتمسفر و با چندین هزار دور و با صدها قطعه گردنده، کار می کنند که در نتیجه احتیاج به قطعات و لوازم یدکی زیاد و مخصوص دارند که تهیه آنها با مشکلات فراوان و هزینه های بسیار زیاد امکان پذیر می باشد.

(۷) هزینه تامین نیروگاه خورشیدی نسبت به نیروگاه فسیلی و اتمی، در واحدهای بزرگ مثلاً ۱۰۰۰ مگاوات تقریباً برابر بوده ولی در مورد برجهای نیرو هزینه ۵٪ و زمان ساخت و بهره برداری ۳۳٪ برآورد شده است. ناگفته نماند که ۸۰ درصد تاسیسات نیروگاههای خورشیدی را می توان در داخل کشور تهیه و هزینه کرد و ایجاد کار نمود، در صورتیکه تقریباً ۹۰ درصد هزینه های تاسیس نیروگاههای فسیلی و اتمی باید بصورت ارز خارجی پرداخت شوند.

پ-۵) توسعه انرژی باد

انرژی باد مانند سایر انواع انرژی در اثر تبدیل انرژی خورشیدی بوجود می آید. تابش خورشید و ناهمگونی سطح زمین سبب می شود که جو زمین بصورتی غیر یکنواخت گرم شود و در نتیجه فشار نواحی مختلف جو متفاوت گردد. اختلاف فشار سبب رانده شدن توده های هوا از نقطه ای به نقطه دیگر و بیان بهتر ایجاد باد می شود. باد و انرژی حاصل از آن در طول سالیان سال همواره بعنوان یکی از منابع انرژی مورد توجه بشر بوده است. وجود آسیابهای بادی با قدمت چند صدساله گواه این مدعاست که بشر همواره از انرژی باد نهایت استفاده را برده است. در عصر ماه استفاده از انرژی باد عمدتاً جهت استحصال نیروی برق مورد توجه قرار گرفته است و در این راه تلاشهای بسیاری هم گرفته است.

بخش عمده بادهای در ارتفاع ۱۲ کیلومتری از سطح زمین می وزند که موجب جریانهای فوق العاده سریع می شوند. محاسبات آماری نشان می دهد که بیش از ۱٪ انرژی جنبشی فوق الذکر در لایه های پایین جو وجود دارد که میزان توان آنها تقریباً 10TW می باشد و ابتدا در سال ۱۹۸۱ میلادی انستیتو بین المللی سیستم های کاربردی (II ASA) میزان پتانسیل انرژی باد که از نظر تکنیکی در دسترس و قابل استحصال هستند را معادل ۳TW برآورد کرد. در این برآورد بخش عمده سطح قاره ها قرار دارند.

برای بدست آوردن نیروی الکتریکی از انرژی باد بهترین راه ساخت نیروگاهها با توربین بادی است. در بررسی ساده اولیه هزینه انرژی باد را می توان با سرمایه گذاری اولیه و هزینه های تولید برق محاسبه کرد. اما در دیدگاهی وسیعتر استفاده از نیروگاه بادی امتیازات زیر را نیز در پی خواهد داشت: (P.Mittal,2016)

(۱) عدم استفاده دائم از منابع سوختی پایان پذیر مانند نفت و ذغال سنگ که باعث ذخیره آنها برای آیندگان می شود. یک توربین بادی یک مگاواتی که ۴۰۰۰ ساعت در سال کار کند می تواند ۱۰۰۰ تن نفت را ذخیره کند.

(۲) عدم وجود زباله پسماند در نیروگاه بادی کمک شایانی به حفظ محیط زیست خواهد کرد.

(۳) ساخت نیروگاه بادی در قدرتهای مختلف این امکان را فراهم می کند که برای مصرف کننده های دور افتاده از شبکه توزیع مانند روستاهای کم جمعیت منابع تأمین انرژی مطلوب فراهم شود.

در حال حاضر این نیروگاهها با موانعی نیز مواجه اند که مهمترین آنها عوامل اقتصادی، فیزیکی و اجتماعی می باشد که این موانع در کشور ما با پیگیری شدید کارشناسان و مسئولین گروه باد و امواج سانا در دست پیگیری و رفع است که از موفقیتهای بزرگ می توان به جلب نظر کشور ژاپن برای سرمایه گذاری در ساخت این توربین در داخل اشاره کرد.

پ-۶) توسعه سوخت های زیستی

میزان اشتغال در بخش سوخت های زیستی مایع با ۶ درصد کاهش در سال ۲۰۱۵ به ۱/۷ میلیون شغل رسیده است (REJobs, 2016). مهم ترین علت کاهش اشتغال ناشی از تولید سوخت های زیستی به بهبود مکانیزاسیون آنها در کشورهای عمده تولید کننده این نوع سوخت ها یعنی برزیل و آمریکا و همچنین کاهش تولید در دیگر کشورها از جمله اندونزی مربوط است. با وجود این، اشتغال این بخش در اتحادیه اروپا، مالزی و تایلند افزایش یافته است.

برزیل با ۸۲۱ هزار شغل نخستین کشور جهان است که توانسته است از ظرفیت تولید سوخت های زیستی به عنوان یکی از عوامل مؤثر ایجاد اشتغال استفاده کند. کاهش حدود ۴۵ هزار شغل در صنعت اتانول این کشور به علت ارتقای مکانیزاسیون برداشت نیشکر، تنها باعث شده است که بخشی از رشد اشتغال مربوط به بیودیزل کاهش یابد (FAS, 2015b)

همچنین، اگرچه در آمریکا نیز میزان اشتغال ناشی از تولید سوخت های زیستی به میزان ۲ درصد علی رغم افزایش تولید اتانول و بیودیزل کاهش یافته است، اما کاهش اشتغال در مناطق مختلف جهان ناشی از تولید سوخت های زیستی همواره صادق نیست. مثلاً، اشتغال ناشی از تولید سوخت های زیستی در اروپا در سال ۲۰۱۴ رشدی برابر ۸ درصد داشته است و انتظار می رود که این میزان در سال های آینده نیز افزایش داشته باشد (FAS , 2015a)-(USDA).

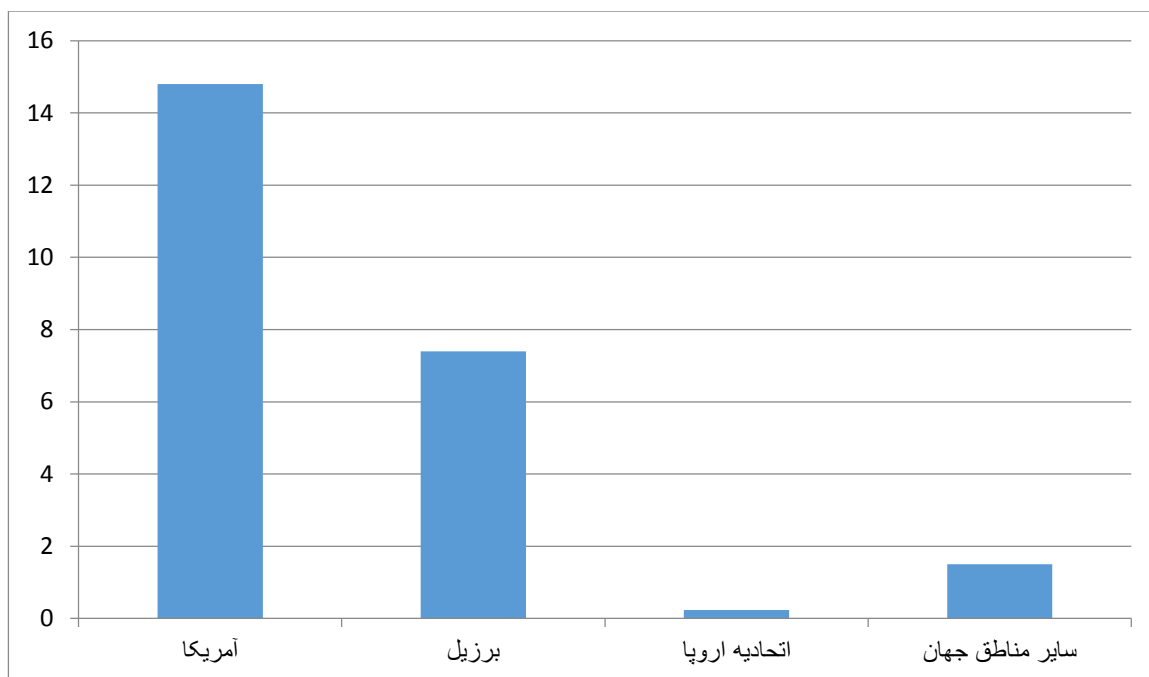
انواع مختلفی از سوخت های زیستی معمولی و پیشرفته وجود دارند که مراحل توسعه و فناوری های تولید آنها در جدول ۲ ارائه شده است. مهمترین سوخت های زیستی تجاری شده که در سیستم حمل و نقل مورد استفاده اند، شامل بیواتانول و بیودیزل هستند. در نمودار ۲ میزان تولید بیواتانول در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۵ آورده شده است. در نمودار ۳، درصد زیست توده های مصرف شده برای تولید بیواتانول در اروپا در سال ۲۰۱۵ و در نمودار ۴ میزان تولید بیودیزل در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۶ بیان شده است. (IEA,2011)

جدول ۱. مقدار هر یک از زیست توده ها در سال ۲۰۱۲

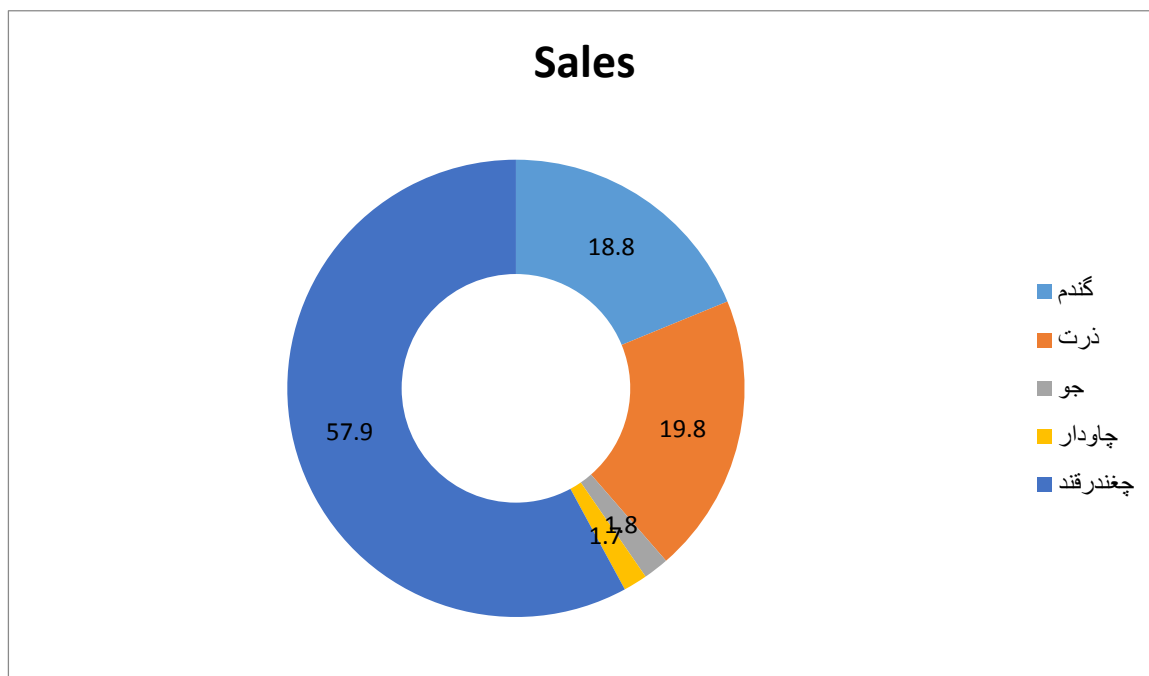
نوع زیستی توده	مقدار (میلیون تن)
جنگلی	چوب
	۱۰۰
کشاورزی	پسماندها و محصولات جانبی چوب
	۷۸
کشاورزی	گیاهان زراعی
	۴۰
کشاورزی	پسماندها و محصولات جانبی زراعی
	۳۲
ضایعات	۳۰
کل	۲۸۰

جدول ۲. سوخت های زیستی معمولی و پیشرفته

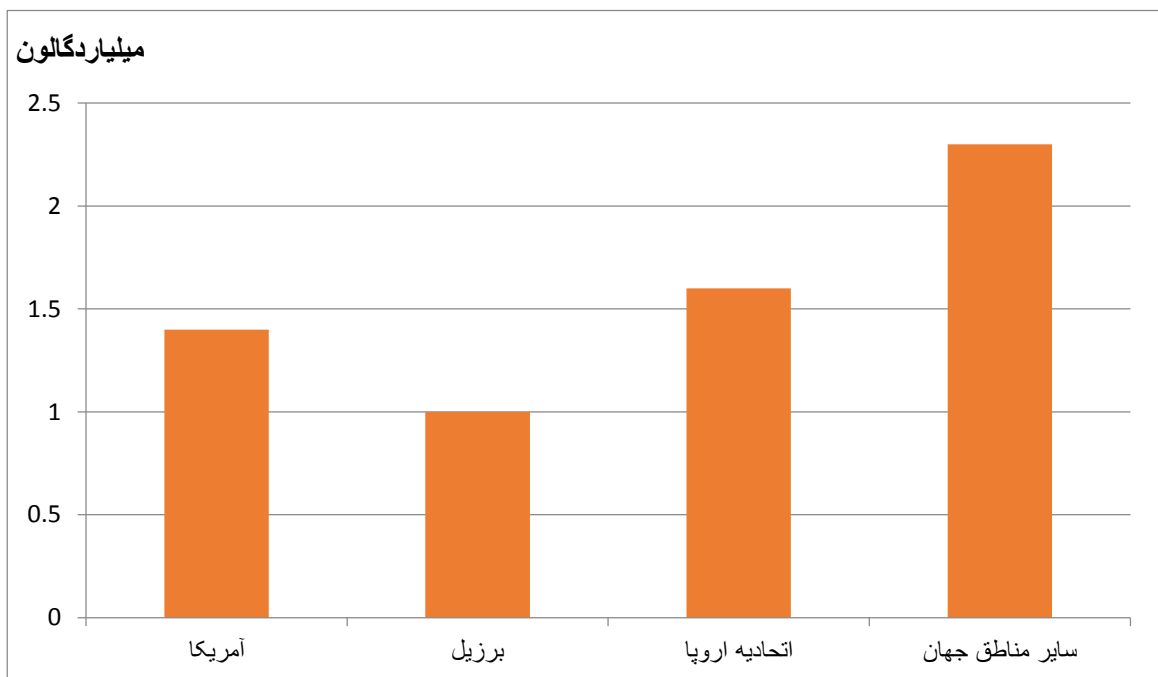
نوع	سوخت های زیستی پیشرفته			سوخت های زیستی رایج
	در مرحله تحقیق و توسعه	مدل نمایشی	پیش تجاری	
سوخت های زیستی مایع	بیواتانول	اتانول سلولزی	-	اتانول قندی و نشاسته ای
	سوخت های زیستی دیزلی	بیودیزل از میکرو جلبک ها و هیدروکربن ها با پایه قندی	بیودیزل به کمک هیدرورژنی گیاهان روغنی (HVO)	بیودیزل به کمک فناوری تبادل استری
	دیگر سوخت ها و افزودنی ها	سوخت های جدید از قبیل فورانیکس	بیوبوتانول، دی متیل اتر با فناوری پیرولیز	-
سوخت های زیستی گازی	بیومتان	بیوگاز مصنوعی	بیوگاز با هضم بی هوازی	



نمودار ۲. میزان تولید بیواتانول در کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۵



نمودار ۳. درصد زیست توده های مصرف شده برای تولید بیواتانول در سال ۲۰۱۵



نمودار ۴. میزان تولید بیودیزل در کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۶

پ-۷) توسعه واحدهای برق آبی کوچک

استفاده از این نیروگاههای آبی کوچک در کشور می تواند عامل توسعه مناطق روستایی باشد و از طرفی مانعی در سر راه مهاجرت روستاییان به شهرها گردد. و به دلیل چند منظوره بودن این تاسیسات جهت آبیاری زمینهای کشاورزی نیز می توان از آنها بهره برداری نمود.

۱) ذخیره سازی پشت سد

این نوع از فن آوریها عموماً در سیستمهای بزرگ موجود است که از یک سد برای ذخیره کردن آب رودخانه در یک مخزن کمک می گیرد. آب ذخیره شده ممکن است برای متغیرات تقاضای برق یا برای دستیابی به یک سطح دلخواه آب از پشت سد رها شود.

۲) ذخیره سازی با انحراف مسیر آب

انحراف - که پاره ای اوقات به آن خروج از مسیر نیز می گویند - فن آوری است که در آن یک بخش از رودخانه به مسیر دلخواه کانالیزه می شود. در این روش الزاماً نیازی به استفاده از سد نیست.

وقتی که تقاضای برق پایین است، یک پمپ آب را از مخزن کم ارتفاع به یک مخزن که در سطح بالاتری قرار دارد، منتقل میکند. در موقع نیاز، آب برای تولید برق مجدداً به مخزن پایینی رها می‌شود.

ج) توسعه انرژی های تجدید پذیر و رفاه اقتصادی

در حال حاضر حداکثرسازی منافع اقتصادی - اجتماعی که در برگیرنده شاخص هایی از قبیل درآمد، سلامت، آموزش، اشتغال و رفاه است، از مهم ترین اهداف اقتصادهای جهان و گزینه های مختلف سیاست گذاری است. رفاه اقتصادی را می توان به عنوان مهم ترین شاخص جایگزین تولید ناخالص داخلی به منظور بررسی تأثیرات توسعه انرژی های تجدیدپذیر در نظر گرفت. اقدامات رفاهی می تواند در برگیرنده یک بعد ویژه توانمندی اقتصادی در حمایت و انتخاب مسیرهای توسعه باشد. معیارهای سنتی سنجش رفاه از قبیل تولید ناخالص داخلی تنها تصویری کلی از برخی عوامل تعریف شده به عنوان رفاه اقتصادی اجتماعی است. بنابراین، تولید ناخالص داخلی نمی تواند عواملی از قبیل کاهش منابع طبیعی و هزینه های اضافی ناشی از خسارت به محیط زیست و سلامت انسان ها را بیان کند. برای بررسی شاخص های رفاه ضروری است که اقدام به شناسایی سه بعد گردد که عبارت اند از: اقتصاد، اجتماع و محیط زیست.

به منظور بررسی رفاه ناشی از توسعه انرژی های تجدیدپذیر، باید اقدام به بررسی ترکیبی از شاخص های مختلف در سه بعد یادشده شود. بنابراین، ضروری است برای بررسی میزان رفاه عمومی، شاخص های متناظر با هر یک از ابعاد فوق شناسایی شوند. براساس مطالعه انجمن بین المللی انرژی های تجدیدپذیر در ۲۰۱۶ میلادی، شاخص های مصرف و سرمایه گذاری برای بخش اقتصاد، مخارج انجام شده در حوزه های سلامت و آموزش برای بخش اجتماعی و میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و ارزش اقتصادی منابع طبیعی در بخش محیط زیست لحاظ شده است (IRENA, 2016). بر اساس این مطالعه، برای هر یک از شاخص های ذکر شده، اقدام به برآورد وزن های متفاوتی گردیده است که بتوان براساس آنها در مورد شاخص رفاه با توجه به توسعه انرژی های تجدیدپذیر ارزیابی صحیحی ارائه کرد. به طور کلی، وزن های تعیین شده برای شاخص های بخش های اقتصادی و اجتماعی به صورت مثبت و برای شاخص های بخش محیط زیستی، منفی در نظر گرفته شده است. محاسبات انجام شده در این گزارش بیانگر آن است که تأثیر توسعه انرژی های تجدیدپذیر بر رفاه جهانی مثبت است و شاهد افزایش رفاه جهانی به میزان ۲/۷ درصد در سال ۲۰۳۰ خواهیم بود. این در حالی است که با فرض دو برابر شدن سهم انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی جهان تا سال ۲۰۳۰ میلادی، تنها به میزان ۰/۶ درصد تولید ناخالص داخلی جهان افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر، منافع ناشی از انرژی های تجدیدپذیر از طریق معیارهای اندازه گیری و عملکردی صرفاً اقتصادی، نمی توانند میزان برآورد صحیحی از رفاه را ارائه کنند. در جدول ۳ افزایش رفاه ناشی از توسعه انرژی های تجدیدپذیر در کشورهای منتخب در افق ۲۰۳۰ ارائه شده است (IRENA, 2016)

جدول ۳. میزان افزایش رفاه ناشی از توسعه انرژی های تجدیدپذیر در سال ۲۰۳۰ (درصد)

ردیف	کشور	سهام از تولید ناخالص داخلی (درصد)	ردیف	کشور	سهام از تولید ناخالص داخلی (درصد)
۱	دانمارک	۲	۱۲	ژاپن	۳/۲
۲	آلمان	۳	۱۳	کره جنوبی	۱/۲
۳	فرانسه	۲/۲	۱۴	چین	۳/۴
۴	ایتالیا	۱	۱۵	هند	۸
۵	انگلستان	۱/۸	۱۶	اندونزی	۳/۸
۶	استرالیا	۴/۲	۱۷	آفریقای جنوبی	۲/۳
۷	ترکیه	۱/۴	۱۸	مکزیک	۲/۴
۸	روسیه	۲/۳	۱۹	برزیل	۳/۷
۹	اوکراین	۴/۲	۲۰	نیجریه	۰/۸
۱۰	آمریکا	۵	۲۱	عربستان سعودی	۱/۲
۱۱	سایر اعضای اتحادیه اروپا	۳/۴	۲۲	سایر کشورهای عضو اوپک	۱/۴

همان گونه که در جدول ۳ ملاحظه می شود، رفاه عمومی با توسعه انرژی های تجدیدپذیر در کشورهای مختلف جهان افزایش می یابد. بیشترین میزان بهبود در رفاه مربوط به کشورهای هند، اوکراین، آمریکا، استرالیا، اندونزی، آفریقای جنوبی، چین و ژاپن است. مهم ترین علل قرار گرفتن این کشورها در مراتب بالاتر، سهم رفاه ناشی از توسعه انرژی های تجدیدپذیر، کاهش انتشار آلودگی هوا و گازهای گلخانه ای و کاهش تأثیرات منفی آنها بر سلامت انسان ها است. کشورهای در حال توسعه نیز از این امکان برخوردارند که بتوانند شاهد توسعه میزان رفاه از طریق اجرای برنامه ها و سیاست های توسعه ای ناشی از ایجاد و گسترش تولید انرژی های تجدیدپذیر باشند.

د) کارآیی سوخت های فسیلی در صنایع انرژی بر

صنعت برق از جمله صنایع زیر بنایی است که گردش چرخ های اقتصادی، توسعه صنعتی و تأمین رفاه اجتماعی به استمرار آن متکی است. استفاده از منابع انرژی از قبیل سوخت های فسیلی علی رغم تسهیلات فراوانی که برای جوامع بشری به ارمغان آورده است، با مشکلاتی از قبیل تغییر شرایط اقلیم، اثرات گلخانه ای گرمایش جهانی، بارش

باران‌های اسیدی و ایجاد مواد سرطان‌زا همراه شده است. بخش‌های عمده مصرف‌کننده سوخته‌های فسیلی عبارتند از صنایع یا کارخانجات، صنایع گرمایشی خانگی و تجاری، وسایل نقلیه موتوری و نیروگاه‌ها هستند که در این میان نیروگاه‌ها بیشترین سهم مصرف سوخت‌های فسیلی را به خوداختصاص داده‌اند. بررسی‌ها حاکی از آن است که وابستگی نیروگاه‌ها به سوخت فسیلی تا سال ۲۰۵۰ میلادی ادامه خواهد داشت. (Harari) نیروگاه‌های حرارتی از پرکاربردترین و مهمترین نیروگاه‌های متدوال در جهان و ایران هستند. این نیروگاه‌ها مبدل‌هایی هستند که انرژی نهفته در سوخت‌های جامد، مایع، گازی و یا سوخت‌های هسته‌ای را به انرژی برق تبدیل می‌کنند. نیروگاه‌های حرارتی، طیف وسیعی از نیروگاه‌ها را در بر می‌گیرند. عمده اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌ها آلودگی هوا، آب و خاک می‌باشد. علت اصلی آلودگی هوا را می‌توان در ناخالصی یا احتراق ناقص سوخت بر اثر عدم سوخت رسانی کامل یا نسبت نامناسب هوا و سوخت و استفاده صد درصدی از سوخت‌های فسیلی از قبیل نفت کوره (مازوت، گاز و ...) پس از احتراق، آلاینده‌های مختلف به جو راه می‌یابند. مهمترین منبع ایجاد آلاینده‌های هوا از نظر کمی و کیفی در نیروگاه‌های حرارتی، چرخه ترکیبی فرآیند احتراق سوخت می‌باشد. آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت که مهمترین آن‌ها اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، منواکسید کربن و ذرات معلق می‌باشند که از طریق دودکش به اتمسفر تخلیه می‌گردند. از طرفی با توجه به گسترش شبکه سراسری گاز در کشور و افزایش مصرف گاز طبیعی، کمبود آن در شبکه مخصوصا در فصول سرد سال محسوس بوده و همچنین نفت کوره که قبلا به عنوان سوخت، استفاده فراوانی داشت با مازاد تولید و عدم مصرف روبرو شده است. نفت کوره (مازوت) نیز سوخت ارزان قیمتی است که میزان تولید آن با توجه به سبد مصرف انرژی همواره مازاد بر مصرف می‌باشد. یکی از روش‌های کاهش این مواد، تغییر در فرآیند و نحوه احتراق یا نوع سوخت مصرفی می‌باشد که می‌توان میزان تولید و انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر را کاهش داد. در ادامه میزان آلاینده‌های محیط زیست مورد بررسی قرار می‌گیرد. (فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات سوخت، ۱۳۸۹).

۱) بررسی میزان انتشار آلاینده‌های محیط زیست با سوخت مصرفی ۱۰۰٪ گاز طبیعی

جدول ۴. میزان غلظت آلاینده‌ها در سوخت گاز

پارامتر	PM ₁₀	CO	SO _x	NO _x
واحد	ppm	ppm	ppm	ppm
استاندارد	350	200	200	300
واحد ۱	49	8	0.0	231
واحد ۲	48	7	0.0	189
واحد ۳	46	9	0.0	240
واحد ۴	51	8	0.0	250
میزان آلاینده‌های زیست محیطی	استاندارد	استاندارد	استاندارد	استاندارد

طبیعی است که ضرایب انتشار آلاینده‌ها با عوض شدن تکنولوژی مصرف‌کننده سوخت تغییر خواهد کرد. یکی از کاربردهای مختلف متفاوت است. جدول ضرایب انتشار آلاینده‌ها از سوخته‌های مختلف در کاربریهای متفاوت ارائه در بحث منابع ثابت میزان تولید آلودگی در واحد مصرف سوخت را ضریب انتشار می‌گویند. این مقدار برای آلاینده‌های مختلف منتشر شده از سوخته‌های مختلف را در بر می‌گیرد. در مورد منابع متحرک ضرایب انتشار بصورت میزان

آلاینده تولیدی در واحد مسافت پیموده شده در سرعت های مختلف حرکت و شرایط مسیر از لحاظ شیب بر حسب استاندارد (WHO) گذرانده تعریف می شود. ضرایب روشهای تعیین میزان تولید آلاینده ها در منابع مختلف روش ضرایب انتشار است انتشار بوسیله روشهای آزمایشگاهی و تعیین غلظت آلاینده های خروجی مکانیزم سوخت کاربردهای مختلف بدست می آیند.

(۲) میزان انتشار گازهای خروجی واحدها (کیلوگرم در سال)

جدول ۵. میزان انتشار آلاینده ها در سوخت گاز (Kg/year)

پارامتر	PM ₁₀	CO	SO _x	NO _x
واحد	کیلوگرم در سال			
کل واحدها	7.13	7.87	0.0	333.5

گاز طبیعی غالباً از متان و مقادیر کمی از هیدروکربن های سنگین تر مانند اتان، پروپان، بوتان، پنتان تشکیل شده است. در برخی از حالات گاز طبیعی شامل مقادیر کمی از هیدروژن، دی اکسید کربن، نیتروژن، اکسیژن، ترکیبات گوگردی و آب نیز می باشد. همانطور که در جدول ۵ ملاحظه می گردد میزان پارامترهای آلاینده محیط زیست در زمان سوخت مصرفی گاز در شرایط استاندارد می باشد.

(۳) بررسی میزان آلاینده های محیط زیست با سوخت مصرفی ۱۰۰٪ نفت کوره

جدول ۶. میزان غلظت آلاینده ها در سوخت نفت کوره

پارامتر	PM ₁₀	CO	SO _x	NO _x
واحد	ppm	ppm	ppm	ppm
استاندارد	150	200	800	400
واحد ۱	47	13	674	124
واحد ۲	41	15	806	284
واحد ۳	53	19	719	274
واحد ۴	45	16	630	220

همانطور که در جدول ۶ ملاحظه می گردد میزان پارامترهای آلاینده محیط زیست در زمان سوخت مصرفی نفت کوره در شرایط استاندارد می باشد ولی با توجه به اینکه میزان انتشار گازهای آلاینده به محیط زیست خیلی بیشتر از سوخت گاز می باشد و به مراتب باعث تشکیل باران های اسیدی و تخریب محیط زیست به مرور زمان می شوند نیاز است که در مورد مصرف این نوع سوخت از روش های بهینه سازی که یکی از این روش ها مصرف سوخت ترکیبی (نفت کوره و گاز) بطور همزمان است انجام گیرد. لازم بذکر است که در فصول سرد سوخت اکثر نیروگاه ها نفت کوره می باشد.

۴) بررسی میزان انتشار آلاینده‌های محیط زیست با سوخت مصرفی ۱۰۰٪ نفت کوره (مازوت):

جدول ۷. میزان انتشار گازهای خروجی واحدها در سوخت نفت کوره به اتمسفر (کیلوگرم در سال)

پارامتر	PM ₁₀	CO	SO _x	NO _x
واحد	کیلوگرم در سال			
کل واحدها	29.5	8.2	847	193.5

همانطور که در جدول ۷ نشان داده شده است میزان انتشار گاز SO_x و PM (ذرات معلق) با توجه به مازوت سوز بودن کامل واحدهای نیروگاه نسبت به سوخت گاز بالا بوده و این سبب آسیب به محیط زیست و همچنین تشکیل باران های اسیدی و آلودگی محیط زیست می شود.

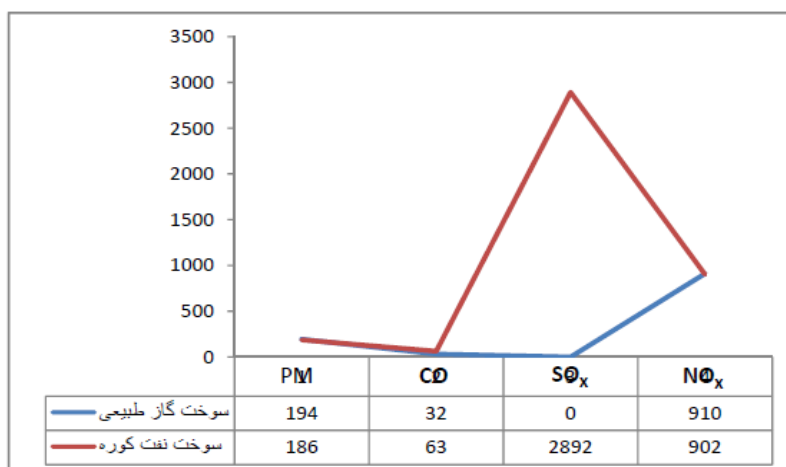
۵) بررسی میزان آلاینده‌های محیط زیست با سوخت مصرفی ترکیبی با درصد‌های مختلف

جدول ۸. میزان آلاینده های محیط زیست بر اساس نوع سوخت مصرفی ترکیبی

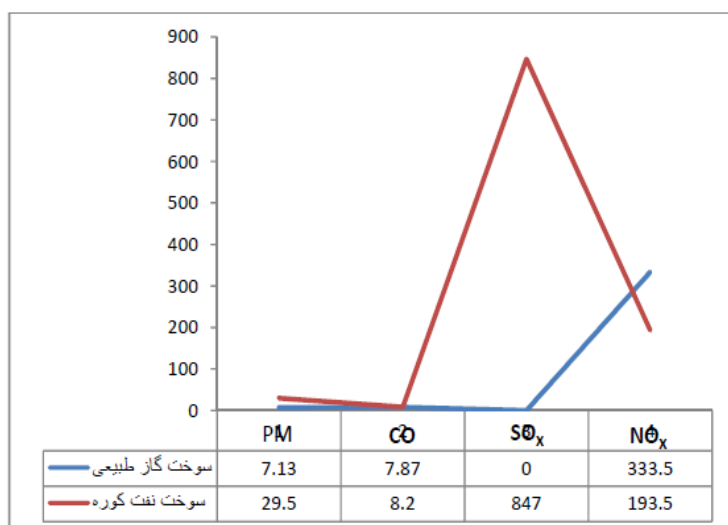
پارامتر	میزان آلاینده‌های محیط زیست (PPM)		
نوع سوخت	CO	NO _x	SO _x
۶ برنر مازوت و ۳ برنر گاز	4.08	299.2	897.6
۶ برنر گاز و ۳ برنر مازوت	27.2	333.2	516.8
۷ برنر مازوت و ۲ برنر گاز	6.8	280.16	912.56
۵ برنر مازوت و ۴ برنر گاز	16.32	254.32	775.2
استاندارد محیط زیست	150.0	350.0	800.0

نتایج بدست آمده از جدول ۸ و همچنین بررسی های صورت گرفته با درصد های مختلف سوخت ترکیبی نفت کوره و گاز با دستگاه پرتابل TESTO 350 از خروجی دودکش نیروگاه، نشان می دهد که بهترین میزان پارامترهای محیط زیستی برای واحدهای این نیروگاه، سوخت ترکیبی با ۶ برنر گاز و ۳ برنر مازوت و همچنین ۵ برنر مازوت و ۴ برنر گاز می باشد که در این حالت با توجه به کمبود سوخت گاز در فصل سرما می توان شرایط استاندارد آلاینده های زیست محیطی را در نیروگاه های حرارتی رعایت کرد.

۶) مقایسه میزان انتشار پارامترهای محیط زیستی در سوخت گاز و نفت کوره



نمودار ۵. روند مقایسه میزان غلظت آلاینده ها در سوخت های گاز و نفت کوره در یک سال



نمودار ۶. روند مقایسه میزان انتشار آلاینده ها در سوخت های گاز و نفت کوره در یک سال

ه) پیشنهادات و راه کار ها

- ۱- بهینه سازی مصرف سوخت در سیستم ها و وسایل حمل و نقل
- ۲- بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان و مسکن
- ۳- بهینه سازی مصرف سوخت در صنایع
- ۴- کمک به رشد تکنولوژی و بهبود کیفیت محصولات از لحاظ مصرف انرژی در صنایع سازنده تجهیزات مصرف کننده سوخت
- ۵- توسعه فرهنگ مصرف بهینه انرژی در سطوح مختلف جامعه از طریق نشر کتب، مجلات ومقالات، تدوین برنامه های لازم در رسانه های گروهی، آگاه سازی وآموزش عمومی و همچنین ایجاد سیستم های تشویقی در جهت تعمیق فرهنگ بهینه سازی مصرف انرژی
- ۶- حمایت مالی و پشتیبانی علمی از فعالیت های بخش های غیر دولتی وموسسات پژوهشی ودانشگاه ها در زمینه ارتقاء فن آوری های صرفه جویی انرژی وفراهم نمودن زمینه های علمی بهبود مدیریت مصرف انرژی
- ۷- محیط زیست وبهینه سازی مصرف انرژی مانند تشکیل سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور بنزین بدون سرب، کاهش گوگرد نفت گاز وسایل نقلیه همگانی، گسترش استفاده از گاز طبیعی در شهرها وصنایع، ارتقای بازدهی سوخت موتورهای بنزینی ودیزلی و
- ۸- کمینه سازی ضایعات، اعم از ضایعات تولیدی و فاضلاب ها
- ۹- ایجاد نظام مدیریت پسماندها با تاکید بر بازیافت مواد ارزشمند
- ۱۰- جایگزینی مواد مخرب لایه اوزون با مواد مناسب
- ۱۱- استقرار سیستم مدیریت زیست محیطی ودریافت گواهی نامه های زیست محیطی
- ۱۲- ممیزی انرژی ومحیط زیست وكاهش اتلاف انرژی ومنابع طبیعی
- ۱۳- گسترش فضای سبز
- ۱۴- انتخاب فرایندهای سازگار با محیط زیست در طرح های توسعه ای
- ۱۵- آموزش مدیران انرژی

و) اهداف ویژه

با وجود اینکه قسمت عمده انرژی مصرفی جهان از ترکیبات فسیلی تولید می شود، اما استفاده از انرژی های تجدید پذیر در جهان به سرعت و شدت در حال گسترش است. بیشترین سرمایه گذاری های جدید جهانی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بر روی استفاده از انرژی های خورشیدی و بادی که منابع در دسترس و فراوانی هستند، متمرکز شده است. این امر بازار رقابت برای دیگر انرژی های تجدید پذیر از جمله زیست سوختها و زیست توده را سخت کرده به طوری که میزان سرمایه گذاری در حوزه زیست سوخت ها در فاصله سال های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ به میزان ۸ درصد کاهش یافته است (جدول ۹) با این حال الزاماتی قانونی از قبیل امنیت سلامت و چارچوب های زیست محیطی ممکن است در آینده بتواند سرمایه گذاری بر روی زیست توده ها به خصوص در کشورهای در حال توسعه را تا حدی تحت تأثیر قرار دهد. (خردمندیا، ۱۳۹۶)

وجود سوخت های فسیلی کافی حاصل از منابع نفت و گاز و دسترسی ارزان به آنها (جعفری، ۱۳۹۴) باعث شده است. تنوع بخشی به منابع انرژی به خصوص انرژی های تجدیدپذیر از لحاظ اقتصادی در اولویت تأمین انرژی قرار نگیرد، اما در کشور ما الزامات و سیاست هایی از قبیل تأمین سلامت و جلوگیری از انتشار آلاینده های خطرناک به محیط و نیز تعهد به اجرای کنوانسیون های بین المللی که ایران عضو آنهاست، از جمله توافقی نامه تغییرات آب و هوایی پاریس، می تواند پیشران مهمی در توسعه سوخت های زیستی قلمداد شود. توسعه انرژی های پاک به ویژه برق و مواد سوختی سازگار با محیط زیست با هدف ارتقای سلامت و مدیریت پسماندها و پساب ها در سند سیاست های کلی محیط زیست ابلاغی مقام معظم رهبری (۱۳۹۴) مورد تأکید قرار گرفته است. در این سند همچنین بهره گیری از فرصت ها و مشوق های بین المللی را در حرکت به سوی اقتصاد کم کربن و تسهیل انتقال و توسعه فناوری ها و نوآوری های این حوزه، به عنوان یکی از سیاست های مهم زیست محیطی محسوب می شود.

جدول ۹. میزان سرمایه گذاری کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بر انرژی های تجدید پذیر مختلف

نوع انرژی	کشورهای توسعه یافته		کشورهای در حال توسعه	تغییر نسبت به ۲۰۱۳ (درصد)
	میلیارد دلار			
انرژی اقیانوسی	۰/۴		۰/۰۴	+۱۱۰
برق زمین گرمایی	۰/۳		۲	+۲۳
برق آبی کوچکتر از ۵۰ مگاوات	۱/۰		۴/۰	-۱۷
زیست سوخت ها	۳/۰		۲/۰	-۸
زیست توده و انرژی از پسماند	۶/۰		۳/۰	-۱۰
بادی	۴۱/۰		۵۸/۰	+۱۱
برق خورشیدی	۸۷/۰		۶۳/۰	+۲۵

ی) نتیجه گیری

خوشبختانه، بیشتر ممالک جهان به اهمیت و نقش متابع مختلف انرژی، به ویژه انرژی های تجدیدپذیر در تأمین نیازهای حال و آینده پی برده و بطور گسترده، در توسعه بهره برداری از این منابع لایزال، تحقیقات وسیع و سرمایه گذاری های اصولی می کنند. با توجه به این گونه گرایش های اساسی و فزاینده در زمینه استفاده از انرژی های تجدید پذیر و فناوری های مربوط در کشور های صنعتی و در حال توسعه در ایران نیز لازم است راهبردها و برنامه های زیربنایی و اصولی تدوین شود. گرایش جهانی در توجه به بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر و پیامدهای زیست محیطی ایجاب کرده که سازمان ها و مراکز متعددی در ایران، به علاقمند به اجرای پروژه هایی در این زمینه باشند. هنوز بسیاری از چالش ها و سوال ها در توجیه و دفاع از توسعه بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر در ایران، بدون جواب مانده اند. بدیهی است که این گونه روند توسعه، بدون برنامه جامع و مدرن، صحیح و پایدار نخواهد بود. تدوین راهبردی جامع جهت بهره وری بهتر از انرژی در کشور، مستلزم شناخت کامل وضعیت کنونی و تعیین دقیق وضعیت مطلوب آن در جمیع جهات است.

تاکنون طرح های مفیدی در زمینه بهسازی مصرف انرژی در کشور به اجرا درآمده است. از جمله تدوین استانداردها و معیارهای مصرف انرژی، اجرای برنامه های صرفه جویی انرژی، مدیریت انرژی در بخش های مختلف، فعالیت های آموزشی، آگاه سازی و هم چنین تهیه نرم افزارهای بهینه سازی از جمله این اقدامات بوده است. به رغم موارد به انجام رسیده، هم چنان پتانسیل های بسیار گسترده ای برای بهینه سازی مصرف انرژی در کشور وجود دارد که در صورت به کار گیری راهکارهای مناسب، نتایجی همچون کاهش تقاضای انرژی، بهبود الگوی تولید و مصرف و امکان استفاده بیشتر از ظرفیت های موجود برای عرضه در بازارهای بین المللی انرژی به دنبال خواهد داشت. از سوی دیگر لزوم حفاظت محیط زیست، محدودیت هایی را در مصرف انرژی موجب می شود. با توجه به رشد بیش از حد جمعیت در دهه های اخیر، مصرف انرژی در بخش های مختلف افزایش یافته است. از آنجا که نیاز به انرژی، پیوسته افزایش می یابد، آلودگی های زیست محیطی نیز بیشتر شده و به طور حتم با ادامه روند کنونی، این منابع تجدید ناپذیر بیش از گذشته هدر می روند. در پاسخ به سوالات مطروحه اساسی پژوهش باید به این نکته اشاره نمود که رفتار پویای اثرات بازگشتی در کوتاه مدت و بلند مدت با هم متفاوت می باشد. . نتایج حاصله نشان دهنده آن است که بهبود کارایی در کوتاه مدت منجر به ایجاد اثرات بازگشتی می گردد. همچنین متغیرهای تاثیرگذار شناسایی شده تاثیر بسیار زیادی در توسعه انرژی های تجدید پذیر دارند. . اما نکته قابل توجه این است که بهبود کارایی در بلند مدت گاهی صرفا اثرات بازگشتی را دنبال خواهد داشت، و گاهی در بلند مدت اثرات معکوس ایجاد خواهد گردید. از طرفی می توان گفت بهبود کارایی برای تمامی بخش ها صورت پذیرد در بلند مدت اثرات بازگشتی به اثرات معکوس مبدل می شود. از آنجا که تقاضای سوخت های فسیلی پس از بهبود کارایی برای یک دوره ۶۰ ساله محاسبه می شود امکان شبیه سازی رفتار متفاوت تقاضای نهاده سوخت های فسیلی را در اثر تغییر در ضرایب کارایی در کوتاه مدت و بلند مدت می توان فراهم کرد.

* منابع *

۱. جعفری، زهرا بررسی بازار نفت در سال های آینده و قیمت آن در بودجه برخی کشورها، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی) شماره مسلسل ۱۴۶۰۹، ۱۳۹۴
۲. خردمندنیاء، سهیلا، بررسی سیاست های اقتصاد زیستی در دنیا و ایران، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، دفتر فناوری های نوین (گروه فناوری های نو) شماره مسلسل ۱۵۴۸۳، ۱۳۹۶
۳. خوشکلام خسروشاهی، موسی (۱۳۹۳). اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران با تاکید بر بخش حمل و نقل. رویکرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱۱، ص ۱۳۱-۱۵۸
۴. منظور، داود، شاهمرادی، اصغر و حقیقی، ایمان (۱۳۸۹). بررسی آثار حذف یارانه آشکار و پنهان انرژی در ایران: مدلسازی تعادل عمومی محابه پذیر بر مبنای ماتریس داده های خرد تعدیل شده، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۶، صص ۵۴-۲۱.
۵. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات سوخت/ سال ششم/ شماره بیست و یکم/ زمستان ۱۳۸۹
5. IEA, (2011), " Technology roadmap biofuels for transport" last accessed on: August 3, 2016 at <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-biofuels-for-transport.html>
6. Matzenberger, J., (2015); Future perspectives of international bioenergy trade" Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 43, pp. 926-941.
170. Scarlat, N., (2015) "The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy, Policies and facts", Environmental Development, 15, 5-34.
8. P.Mittal et al. "Renewable energy", 2016, A novel hybrid optimization methodology to optimize the total number and placement of wind, turbines 133-147
9. USDA-FAS. 2015a. Indonesia Biofuels Annual Report 2015. Available at:[http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Jakarta Indonesia_7-31-2015.pdf](http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Jakarta%20Indonesia_7-31-2015.pdf). www.worldbank.org
10. USDA-FAS. 2015b, Brazil Biofuels Annual. Available at:http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_8-4-2015.pdf.
11. IRENA, 2016. Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Industries. Abu Dhabi.
12. Harari.R/Sher.E/The Effect of Ambient Pressure On Performance Map of a Two Stroke SI Engine/SAE 930503.

$$RE = \left(1 - \frac{\Delta EA_{\text{actual}}}{\Delta EA_{\text{potential}}}\right) * 100$$

$$XST_{j,t} = B_j^{XST} \left[B_j^{XST} QVAE_{j,t}^{-\rho_j^{XST}} + (1 - \beta_j^{XST}) CI_{j,t}^{-\rho_j^{XST}} \right]^{\frac{-1}{\rho_j^{XST}}}$$

$$QVAE_{j,t} = \left[\frac{\beta_j^{XST}}{1 - \beta_j^{XST}} \frac{PCI_{j,t}}{PQVAE_{j,t}} \right]^{\sigma_j^{XST}} CI_{j,t}$$

$$PP_{j,t} = \frac{PQVQE_{j,t} QVAE_{j,t} + PCI_{j,t} CI_{j,t}}{XST_{j,t}}$$

$$QVAE_{j,t} = B_j^{QVAE} \left[\beta_j^{QVAE} QVE_{j,t}^{-\rho_j^{QVAE}} + (1 - \beta_j^{QVAE}) VA_{j,t}^{-\rho_j^{QVAE}} \right]^{\frac{-1}{\rho_j^{QVAE}}}$$

$$QVAE_{j,t} = \left[\frac{\beta_j^{QVAE}}{1 - \beta_j^{QVAE}} \frac{PVA_{j,t}}{PQVE_{j,t}} \right]^{\sigma_j^{QVAE}} VA_{j,t}$$

$$PQVAE_{j,t} = \frac{PVA_{j,t} VA_{j,t} + PVE_{j,t} QVE_{j,t}}{QVAE_{j,t}}$$

$$PQVAE_{j,t} = B_j^{QVE} \left[\beta_j^{QVE} QFF_{j,t}^{-\rho_j^{QVE}} + (1 - \beta_j^{QVE}) QFEE_{j,t}^{-\rho_j^{QVE}} \right]^{\frac{-1}{\rho_j^{QVE}}}$$

$$QFF_{j,t} = \left[\frac{\beta_j^{QVE}}{1 - \beta_j^{QVE}} \frac{PDEE_t}{PDDFF_t} \right]^{\sigma_j^{QVE}} QFEE_{j,t}$$

$$PVE_{j,t} = \frac{PFF_{j,t} QFF_{j,t} + PFEE_{j,t} QFEE_{j,t}}{QVE_{j,t}}$$

$$\rho_{VEit} = A(\delta_i \left(\frac{1}{n_{if}} \right) \rho_{FFit}^{-\rho} + (1 - \delta_i) \rho_{FEEit}^{-\rho})^{\frac{-1}{\rho}}$$

$$\rho_{VEit} = \rho_{DEEit} * \left[\frac{PDEE_{it} \delta_i}{PDDFF_{it} 1 - \delta_i} \right]^{\sigma}$$

RE : اثرات بازگشتی

$\Delta EA_{\text{actual}}$: درصد تغییرات در مصرف انرژی پس از بهبود کارایی

$\Delta EA_{\text{potential}}$: درصد بهبود کارایی

$CI_{j,t}$: کل مصرف کالای واسطه ای صنعت j در زمان t

$QVAE_{j,t}$: نهاده ترکیبی ارزش افزوده - انرژی صنعت در زمان t

$XST_{j,t}$: تولید کل صنعت و در زمان t

$PP_{j,t}$: قیمت نهاده ترکیبی ارزش افزوده - انرژی صنعت j در زمان t

$VA_{j,t}$: هزینه هر واحد تولید صنعت j

$QVE_{j,t}$: مصرف کالای انرژی مرکب صنعت j در زمان t

$QVAE_{j,t}$: قیمت کالای انرژی مرکب صنعت j در زمان t

$QFF_{j,t}$: تقاضای صنعت j برای نهاده مرکب سوخت های فسیلی در زمان t

$QFEE_{j,t}$: تقاضای صنعت j برای نهاده برق در زمان t

$PDEE_t$: قیمت برق در زمان t

$PDFF_{j,t}$: قیمت نهاده سوخت فسیلی مرکب در زمان t