



وزارت صنعت، معدن و تجارت
دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی

ارزیابی اقتصادی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر
Economical Assessment of Renewable Energy Systems

تدوین:

دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی
وزارت صنعت، معدن و تجارت

ویرایش اول - تیر ۱۳۹۶

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	پیشگفتار
۳	مقدمه
۴	تعاریف و اصطلاحات
۵	انرژیهای تجدیدپذیر و کاهش آلودگیهای زیست محیطی
۱۱	جایگزینی انرژی تجدیدپذیر بجای توسعه انرژیهای فسیلی
۱۲	ملزومات به کارگیری انرژیهای تجدیدپذیر
۱۴	قوانین، مقررات در راستای حمایت از انرژیهای تجدیدپذیر
۲۰	ارزیابی اقتصادی انرژیهای تجدیدپذیر
۲۵	نرم افزارهای کاربردی در ارزیابی اقتصادی انرژیهای تجدیدپذیر
۲۹	مثال موردی انتخاب ابعاد مناسب سیستم فوتوولتائیک
۳۲	پیوست ۱- معرفی انرژی های تجدیدپذیر
۳۴	پیوست ۲- پتانسیل استفاده از منابع تجدیدپذیر در کشور
۳۹	پیوست ۳- آثار مثبت و چالشهای استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر در ایران
۴۲	پیوست ۴ - منابع و ماخذ

پیشگفتار

انرژی در اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیربنائی را ایفا می‌کند، به این معنا که هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد توسعه اقتصادی نیز میسر خواهد بود. خوشبختانه ایران از نظر دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی از ثروتمندترین کشورهای جهان به حساب می‌آید. این منابع در کشور ما با قیمت‌هایی به مراتب نازل‌تر از سایر کشورها و با سهولت بیشتری به مصرف‌کننده عرضه می‌شود. متأسفانه میزان مصرف و اتلاف انرژی در کشور ما به مراتب بالاتر از کشورهای صنعتی است و این وضعیت مصرف انرژی در کشور، با اصول مربوط به ارتقاء بهره‌وری و بازدهی انرژی در جهان، مغایرت دارد. این روند مصرف قطعاً منجر به بروز مشکلات زیست محیطی و چالش‌های اساسی در تولید، بهره‌وری و رشد اقتصادی خواهد داشت.

در راستای افزایش بهره‌وری، مدیریت و مصرف بهینه انرژی در بخش صنعت، معدن و تجارت، مجموعه دستورالعمل‌ها و راهنماهای زیر تهیه شده است. راهنمای حاضر راهنمای ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از مجموعه ۸ گانه مذکور می‌باشد.

مجموعه دستورالعمل‌ها و راهنماهای حوزه انرژی

دستورالعمل مدیریت سبز	دستورالعمل ممیزی عبوری انرژی
راهنمای مدیریت انرژی حرارتی	راهنمای مدیریت انرژی الکتریکی
راهنمای انرژی خورشیدی	راهنمایی استفاده از انرژی زمین گرمایی
ارزیابی اقتصادی سیستم‌های انرژی	راهنمای سیستم مدیریت انرژی
تجدید پذیر	

رسول یاراحمدی

مدیر کل دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی

مقدمه

با توجه به ذخایر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف فعلی انرژی در جهان، دیگر نمی‌توان تنها به منابع موجود انرژی فسیلی متکی بود. استفاده از انرژی‌های فسیلی سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای و بالطبع بروز پدیده گرمایش جهانی و پیامدهای ثانویه‌ای نظیر گسترش بیابان‌ها و وزش طوفان‌های گرد و غبار می‌شود. این مسائل درکنار محدودیت ذخایر فسیلی، و افزایش جمعیت و رشد اقتصادی، همگی سبب شده‌اند تا دولت‌ها به سمت یافتن راهکارهای مناسب برای حل معضلات انرژی گام بردارند. بنابراین بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند راهکار مناسبی جهت جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد. ایران نیز به دلیل شرایط خاص جغرافیایی، ظرفیتهای زیادی برای استفاده از انرژیهای برق‌آبی، بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی و نیز زیست توده دارد و با سرمایه‌گذاری می‌توان از این نعمت خدادادی به بهترین شکل بهره‌مند شد. در ایران بیش از ۹۵ درصد انرژی الکتریکی از منابع فسیلی و کمتر از پنج درصد آن از منابع موجود انرژی‌های تجدیدپذیر تولید می‌شود. کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران به دو صورت نیروگاهی متمرکز و سیستم‌های کوچک پراکنده می‌باشد. عمر مفید نیروگاه‌های فسیلی در حدود ۳۰ سال می‌باشد و جدا از هزینه‌های تامین سوخت بالا، آلاینده‌های زیست محیطی این نیروگاه‌ها نیز بالا می‌باشد درحالیکه در

نیروگاه‌های پاک و تجدید پذیر با عمر مفید ۱۰۰ سال، از خوراک رایگان جهت تولید انرژی استفاده می‌کنند. لذا تحقق صرفه جویی اقتصادی و حفظ محیط زیست با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر امکان‌پذیر است.

تعاریف و اصطلاحات

انرژی تجدیدپذیر: انرژی است که از فرآیندهای طبیعی که به طور مداوم احیاء و تجدید می‌شوند، استحصال می‌گردد.

انرژی زمین گرمایی: انرژی موجود به صورت حرارت منتشر شده از داخل پوسته زمین که معمولاً به شکل آب داغ یا بخار است و در سایت‌هایی که دارای شرایط مناسب جهت استفاده از این نوع انرژی هستند به کار برده می‌شود.

برق آبی: پتانسیل و انرژی جنبشی آب است که در واحدهای برق آبی به برق تبدیل می‌شود.

انرژی خورشیدی: تشعشعات خورشیدی که برای تولید آب داغ و برق توسط تجهیزات زیر مورد بهره برداری قرار می‌گیرد: انواع کلکتورهای خورشیدی برای تأمین آب گرم و سلول‌های فتوولتائیک به منظور تولید برق.

انرژی باد: انرژی جنبشی باد که برای تولید برق، توسط توربین‌های بادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کارایی انرژی: کارایی برابر است با نسبت انرژی (یا کار) خروجی از سیستم به انرژی ورودی (کار) به سیستم. شاخص کارایی یک عدد بدون بعد (بدون واحد) است و معمولاً بر حسب درصد بیان می‌شود.

انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی

انرژی به عنوان اصلی‌ترین عامل توسعه اقتصادی اجتماعی جوامع شناخته می‌شود. بخش صنعت با مصرف ۳۰۱/۹ میلیون بشکه نفت خام، یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در سال ۱۳۹۲ بوده است به طوری که طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۴ مصرف نهایی این بخش ۱/۷ برابر شده و از ۱۸۱/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۴ به ۳۰۱/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. روند مصرف انرژی الکتریکی بخش صنعت در جدول ۱ ارائه شده است. در سال‌های اخیر بیش از ۳۰٪ انرژی در کشور را، بخش صنعت مصرف می‌کند و گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن و اکسیدهای گوگرد بیشترین سهم از انتشارات از این بخش را دارا می‌باشند.

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

جدول (۱) سهم بخش صنعت در کل مصرف انرژی برق کشور

سال	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
صنعت	۳۳/۶۵	۳۳/۱۶	۳۳/۵۳	۳۳/۲۹	۳۳/۹۰	۳۳/۸۹	۳۶/۵	۳۶/۱۰	۳۶/۱۱

استفاده از انرژیهای فسیلی موجب انتشار گازهای گلخانه ای و بالطبع بروز پدیده گرمایش جهانی و پیامدهای ثانویه ای نظیر گسترش بیابانها و وزش طوفانهای گردوغبار در منطقه خاورمیانه از جمله ایران را به همراه دارد. بهره گیری از انرژیهای تجدیدپذیر مناسب ترین راهکار جهت جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای است. سهم آلاینده های تولیدی در بخش صنعت در سال ۱۳۹۲ در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۲) میزان و درصد انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای در بخش صنعت

	N_2O	CH_4	CO_2	SPM	CO	SO_2	SO_2	NO_x	
تن	۲۶۷	۲۰۲۳	۹۳۴۳۷۶۱۷	۱۶۹۶۸	۱۵۶۶۹	۲۵۱۶	۱۷۱۸۶۷	۱۶۲۹۲۴	
درصد	۲/۲۵	۳/۴۲	۱۵/۹۱	۴/۱۲	۰/۱۷	۱۷/۲۱	۱۰/۶۶	۸/۳۷	

صنایع ذوب آهن، فولاد، مس، پتروشیمی، سیمان، قند و شکر، صنایع ریخته گری، صنایع تولید آلومینیم و نساجی از جمله صنایع با مصرف بالای انرژی هستند. متوسط مصرف برق هر مشترک صنعتی وزارت نیرو در سال ۱۳۹۲ معادل ۳۶۴/۸ مگاوات ساعت بوده که نسبت به سال قبل آن ۰/۵ درصد افزایش داشته است.

طبق مندرجات ترازنامه انرژی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، به دلیل وجود پتانسیل‌های بالای انرژی‌های تجدیدپذیر، زمینه مناسبی برای گسترش فعالیت‌های مربوط به این نوع انرژی‌ها در کشور وجود دارد. کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران به دو صورت نیروگاهی متمرکز و سیستم‌های کوچک پراکنده می‌باشد. در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به ترتیب ۱۰۳۸۳/۱ و ۱۰۹۵۷/۵ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر اعم از آبی، بادی، خورشیدی و بیوگاز در حال بهره برداری بوده است. علاوه بر این ظرفیت نیروگاهی، ۳۲/۱ مگاوات نیز سیستم‌های کوچک فتوولتائیک جهت روشنایی معابر و جاده‌ها، چراغ‌های ترافیک، سیستم‌های مخابراتی و برق رسانی روستایی نیز به کار گرفته شده است.

استفاده از انرژی خورشیدی بعنوان یکی از منابع تجدیدپذیر جهت تامین برق و کاهش آلودگی هوا و بهبود مسائل زیست محیطی و اقتصادی در کشور شناخته می‌شود. در این راستا مقایسه انتشار آلاینده‌ها از نیروگاه‌های سوخت فسیلی با سیستم‌های برق خورشیدی نشان می‌دهد که نسبت جلوگیری از انتشار گازهای آلاینده در هر مگاوات نیروگاه فتوولتائیک به طور متوسط معادل ۵/۳ برابر ظرفیت یک مگاوات نیروگاه با سوخت فسیلی است.

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

میزان تولید برق در کشور در سال ۱۳۹۳ به واسطه نیروگاه‌های حرارتی ۲۵۵۸۶۹ گیگاوات ساعت بوده که به تفکیک هر یک از انواع نیروگاه حرارتی (بخاری، گازی، سیکل ترکیبی و دیزل) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول (۳) میزان تولید برق توسط نیروگاه‌های حرارتی در سال ۱۳۹۳

نوع نیروگاه	میزان تولید (گیگاوات ساعت)	سهم از کل تولید (درصد)
بخاری	۸۵۶۲۳	۳۳/۴۶
گازی	۷۳۳۴۰	۲۸/۶۶
سیکل ترکیبی	۹۶۸۲۳	۳۷/۸۴
دیزلی	۸۳	۰/۰۴
مجموع	۲۵۵۸۶۹	۱۰۰

همچنین میزان تولید هر یک از آلاینده‌های گازی و انتشار از نیروگاه‌های حرارتی وزارت نیرو در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول (۴) میزان انتشار هر یک از انواع نیروگاه‌های وزارت نیرو

گرم بر کیلووات ساعت								نیروگاه / انتشار
N _۲ O	CH _۴	CO _۲	SPM	CO	SO _۲	SO _۲	NO _x	
۰/۰۰۴	۰/۰۲۲	۸۲۴/۸۹۹	۰/۱۶۹	۲/۵۳۰	۰/۰۳۳	۷/۷۵۲	۲/۳۰۷	بخاری
۰/۰۰۲	۰/۰۱۷	۸۴۹/۳۷۰	۰/۱۲۴	۰/۰۹۱	۰/۰۱۳	۰/۵۰۵	۲/۴۰۳	گازی
۰/۰۰۲	۰/۰۱۱	۴۶۹/۹۴۵	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶	۰/۰۰۹	۰/۲۸۲	۲/۹۲۵	سیکل ترکیبی
۰/۰۱۲	۰/۰۳۶	۸۲۶/۳۷۹	۰/۲۹۲	۰/۰۰۱	۰/۰۷۰	۴/۶۰۵	۱/۵۲۵	دیزلی

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

براساس اطلاعات ارائه شده در جدول‌های ۴ و ۵ می‌توان تخمینی از اثرات مثبت زیست محیطی استفاده از سیستم‌های تجدیدپذیر در راستای کاهش انتشار را برآورد کرد. به این منظور اگر از یک سیستم متمرکز یک مگاواتی تجدیدپذیر (بادی، خورشیدی یا زمین گرمایی) به منظور تامین برق جایگزین نیروگاه‌های حرارتی استفاده شود، با فرض عملکرد ۷۹۲۰ ساعت در سال، میزان کاهش انتشار در جدول ۵ برحسب سناریوهای مختلف ارائه شده است.

جدول (۵) میزان کاهش انتشار در سناریوهای جایگزینی سیستم تجدیدپذیر با نیروگاه‌های حرارتی وزارت نیرو

میزان کاهش انتشار (کیلوگرم در سال)								سناریو / انتشار
N ₂ O	CH ₄	CO ₂	SPM	CO	SO ₂	SO _x	NO _x	
۳۱	۱۷۴	۶۵۳۳۲۰۰	۱۳۳۸	۲۰۰۳۷	۲۶۱	۶۱۳۹۵	۱۸۲۷۱	جایگزینی با بخاری
۱۵	۱۳۴	۶۷۲۷۰۱۰	۹۸۲	۷۲۰	۱۰۲	۳۹۹۹	۱۹۰۳۱	جایگزینی با گازی
۱۵	۸۷	۳۷۲۱۹۶۴	۶۴۱	۶۸۱	۷۱	۲۲۴۱	۲۳۱۶۶	جایگزینی با سیکل ترکیبی
۹۵	۲۸۵	۶۵۴۴۹۲۲	۲۳۱۲	۷	۵۵۴	۳۶۴۷۱	۱۲۰۷۸	جایگزینی با دیزلی

براساس اطلاعات جدول ۵، استفاده از یک سیستم تجدید پذیر با توان یک مگاوات، با فرض جایگزینی با سیستم توربین گاز، منجر به کاهش انتشار ۱۹ تن NO_x و ۴۰۱ تن SO_x در سال خواهد شد. همچنین براساس اطلاعات ترازنامه

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

انرژی سال ۱۳۹۳، هزینه‌های اجتماعی مستقیم و غیر مستقیم ناشی از انتشار NO_x ، SO_2 و CO_2 به ازای هر کیلووات ساعت برق در نیروگاه‌های حرارتی در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول (۶) هزینه‌های اجتماعی مستقیم و غیر مستقیم انتشار نیروگاه‌های حرارتی

هزینه انتشار NO_x ، SO_2 و CO_2 (ریال بر کیلووات ساعت برق تولیدی)		نوع انتشار
حداقل	حداکثر	/ هزینه
۷۲۰	۱۳۶۰	بخاری
۷۴۰	۱۳۸۰	گازی
۵۹۰	۱۲۳۰	ترکیبی

براساس اطلاعات جدول ۶، استفاده از یک سیستم تجدید پذیر با توان یک مگاوات، درمقایسه با توربین گاز، منجر به کاهش هزینه‌های اجتماعی حداقل به میزان ۵,۸۶۱ میلیون ریال تا حداکثر به میزان ۱۰,۹۳۰ میلیون ریال خواهد شد. مطالعات انجام شده برای جایگزینی آبگرمکن‌های خورشیدی با آبگرمکن‌های گازی در منطقه اهواز در سال ۱۳۹۰ (مرجع ۴) نشان می‌دهد که برای خانوارهای ۴ الی ۵ نفری، میزان صرفه جویی سالیانه ۶۶ میلیون متر مکعب گاز طبیعی و افزایش ۶/۹۶۹ میلیون دلار به درآمد ملی کشور را نشان می‌دهد. همچنین سبب جلوگیری از انتشار ۰/۸۸ میلیون تن CO_2 گاز گلخانه‌ای می‌شود. بنابراین

حمایت دولت و تعامل با بخش خصوصی برای توسعه بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر ضروری بنظر می‌رسد.

جایگزینی انرژی تجدیدپذیر بجای توسعه انرژیهای فسیلی

پایدار سازی و تنوع بخشی منابع انرژی، توسعه ظرفیت‌ها، کاهش هزینه‌های درازمدت در تولید انرژی، صیانت از محیط زیست و منابع انرژی تجدیدناپذیر از طریق بکارگیری منابع تجدیدپذیر انرژی در کشور امکانپذیر است. با توجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته، جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۱۰ میلیارد نفر می‌رسد، فراوانی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهانی می‌تواند کمک قابل توجهی به تقاضای رو به رشد جهان در حوزه انرژی نماید. کشور ایران با داشتن بیش از یک درصد جمعیت جهان، مصرف‌کننده بالای انرژی است. با توجه به رشد جمعیت، توسعه جوامع شهری و ضرورت‌های تامین انرژی در حوزه‌های شهری در سالهای اخیر شاهد تلاش چشم‌گیری در مسیر توسعه و تامین انرژی‌های تجدیدپذیر غیر از منابع فسیلی، تنوع بخشی به سبد انرژی کشور و ارتقای امنیت انرژی می‌باشیم. بهره‌گیری از انرژی‌های زمین‌گرمایی، بادی، خورشیدی، هسته‌ای و... به عنوان مهره کلیدی در رشد اقتصادی ایران می‌باشد. همچنین، با توجه به پتانسیل و توان اقتصادی جمهوری اسلامی ایران، افزایش جمعیت جوان کشور و نیاز به فرصت‌های شغلی و اولویت‌های موجود در برنامه

توسعه ملی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز امری ضروری خواهد بود. در این راستا هدایت برنامه R&D با رویکردی آگاهانه و هدفمند در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر که منجر به توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر حسب نیازها از الزامات کلیدی توسعه کاربرد تجدیدپذیرها در بخش انرژی کشور می‌باشد.

ملزومات به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر

رشد روز افزون مصرف انرژی در کشور به حدی است که ادامه روند کنونی، ایران را از یک کشور صادرکننده انرژی، به کشوری واردکننده انرژی تبدیل خواهد کرد. جهت رویارویی با این تهدید، به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر ضروری بنظر می‌رسد. در ایران به دلیل وجود ظرفیت‌های بالای انرژی‌های تجدیدپذیر، زمینه مناسبی برای گسترش فعالیت‌های مربوط به این نوع از انرژی‌ها در کشور وجود دارد. برنامه پنجم توسعه کشور نیز استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به میزان ۵۰۰۰ مگاوات را پیش بینی کرده که رسیدن به چنین هدفی نیاز جدی به تفکر کلان نگر دارد. میزان به کارگیری از ظرفیت‌های نیروگاه‌های تجدیدپذیر برای تولید برق بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ روندی افزایشی داشته، به طوری که این میزان از ۷۷۹۲ مگاوات در سال ۱۳۸۸ به ۱۰۷۸۵ مگاوات در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. هدف از این راهنما ارائه روشی جامع جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور سهولت در اجرا و عمومیت

بخشیدن به استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر و تلاش جهت حل و رفع چالش‌های آن است. بدین منظور شناسایی راهکارهای عملیاتی بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر ضروری بنظر می‌رسد. در این راستا:

- اقتصادی شدن استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، مستلزم فراگیر شدن آن و بالطبع غیر دولتی بودن آن است. مقدمات ورود بخش غیردولتی از طریق سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی، با ارائه چشم اندازی مثبت از اقتصاد آزاد، نقطه پایانی بر تفکر دولت محوری و موجب رونق سرمایه گذاری و کارآفرینی می‌شود. بنابراین سرمایه گذار (بخش غیردولتی) باید از پشتوانه کافی برای سرمایه گذاری و تجارت برخوردار باشد.
- تجاری سازی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر از طریق برقراری امکان داد و ستد انرژی‌های تجدید پذیر از یک سو و حذف زمانبندی شده یارانه های انرژی فسیلی، و یا اعطاء یارانه معادل آن از طرف دیگر.
- مزیت انرژی‌های تجدیدپذیر در بعد آثار خارجی آن (محیط زیست و امنیت عرضه در بلندمدت) است. فلذا سیاستگذاری‌ها باید معطوف به برقراری سازوکارهایی باشد که این مزیت‌ها قابلیت بازیابی در بازار را

پیدا کند؛ و مادام که بازار شکل نگرفته است، برای ارزشگذاری این مزیت‌ها مقررات (اعم از انگیزشی و تنبیهی) وضع شود.

- بحث رقابت پذیری و شفافیت در این فعالیت از ملزومات پایه‌ای برای ورود بخش خصوصی است. جلب مشارکت بخش خصوصی بدون فضای رقابت پذیر و شفاف امکان پذیر نخواهد بود. از طرفی بخش دولتی نیز نمی تواند سهم قابل توجهی از نیازهای انرژی کشور را از طریق انرژیهای تجدیدپذیر بر عهده بگیرد بلکه باید بستر مناسب را برای حضور بخش خصوصی ایجاد نماید.

- برنامه ریزی‌های کوتاه مدت بر اساس الگوی تصمیم گیری اقتصادی بزرگترین مانع در مقابل رشد انرژی‌های تجدیدپذیر است. این انرژی‌ها ظاهراً به سرمایه گذاری اولیه بیشتری نسبت به سوخت فسیلی نیاز دارند در حالیکه به علت عدم نیاز به سوخت در طول کار در واقع به هزینه های جاری نیاز ندارند. لذا بازنگری و بروز کردن روش های تصمیم گیری اقتصادی، افزایش اولویت سرمایه گذاری بر روی پروژه‌های تجدیدپذیر ضروری بنظر می‌رسد.

قوانین، مقررات در راستای حمایت از انرژیهای تجدیدپذیر

ضوابط و مقررات حمایتی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور

✓ تکلیف ابلاغ شده از طرف مقام معظم رهبری در بند ۷ سیاست های

کلی اصلاح الگوی مصرف:

صرفه جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه‌ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیر قیمتی به منظور کاهش مستمر "شاخص شدت انرژی" کشور به حداقل دوسوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم توسعه و به حداقل یک دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه.

✓ ماده ۶۲ تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت:

تشویق سرمایه گذاران خصوصی به سرمایه گذاری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در توسعه این نوع نیروگاه‌ها ایفا نماید. در ابتدا براساس ماده ۶۲ تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت، وزارت نیرو موظف به خرید برق تولیدی منابع تجدیدپذیر از بخش خصوصی گردیده است. در این راستا قیمت‌های مصوب وزارت نیرو در تاریخ ۹۵/۲/۱۹ بر حسب انواع نیروگاه‌های تجدید پذیر در جدول ۷ ارائه شده است.

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

جدول (۷) قیمت‌های تضمینی خرید برق از سیستم‌های تجدید پذیر (مصوب وزارت

نیرو مورخ ۹۵/۲/۱۹)

نرخ پایه خرید تضمینی برق (ریال بر کیلووات ساعت)	ظرفیت-روش	فناوری	ردیف
۲۷۰۰	لندفیل	زیست توده	۱
۳۵۰۰	هضم بی هوازی زائدات دامی، کشاورزی و فاضلاب		
۳۷۰۰	زباله سوز و گازی سازی زباله		
۳۴۰۰	با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات	مزرعه بادی	۲
۴۲۰۰	با ظرفیت ۵۰ مگاوات و کمتر		
۳۲۰۰	با ظرفیت بیش از ۳۰ مگاوات	مزرعه خورشیدی	۳
۴۰۰۰	با ظرفیت ۳۰ مگاوات و کمتر		
۴۹۰۰	با ظرفیت ۱۰ مگاوات و کمتر		
۴۹۰۰	شامل حفاری و تجهیزات	زمین گرمایی	۴
۲۹۰۰	باز یافت تلفات حرارتی در فرایندهای صنعتی	تولید برق	۵
۲۱۰۰	رودخانه‌ها و تاسیسات جانبی سدها	آبی کوچک (با ظرفیت ۱۰ مگاوات و کمتر)	۶
۱۵۰۰	خطوط لوله انتقال آب		

✓ بند "ب" ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی

و اقتصادی:

با تصویب بند "ب" ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و اقتصادی کشور، به وزارت نیرو اجازه داده شد که نسبت به انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های پاک با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی اقدام نماید. در این زمینه، قیمت خرید برق این نیروگاه‌ها با توجه به هزینه‌های تبدیل انرژی در بازار رقابتی شبکه سراسری بازار برق و با لحاظ متوسط سالانه ارزش وارداتی یا صادراتی سوخت مصرف نشده، بازدهی، عدم انتشار آلاینده‌ها و سایر موارد باید به تصویب شورای اقتصاد برسد.

✓ فصل دهم قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی: انرژی‌های تجدیدپذیر و

هسته‌ای

ماده ۶۱ - وزارت نیرو موظف است به منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، آبی کوچک (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست‌توده (مشمول بر ضایعات و زائدات کشاورزی، جنگلی، زباله‌ها و فاضلاب شهری، صنعتی، دامی، بیوگاز و بیومس) و با هدف تسهیل و تجمیع این امور، از طریق سازمان ذی‌ربط نسبت به عقد قرارداد بلند

مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید.

تبصره ۱- قیمت و شرایط خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر به پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب هیأت وزیران تعیین می‌شود.

تبصره ۲- شرکت‌های تابعه وزارت نیرو اعم از شرکت‌های برق منطقه‌ای و نیز شرکت‌های توزیع موظفند با هماهنگی شرکت مدیریت شبکه برق ایران نسبت به تحویل و خرید برق از سازمان مربوطه اقدام نمایند.

تبصره ۳- منابع مالی موردنیاز برای خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر از محل ارزش سوخت صرفه‌جویی شده براساس سوخت‌های وارداتی مایع و قیمت‌های صادراتی گاز و منافع حاصل از عدم تولید آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست به ازاء برق تولیدی این قبیل نیروگاه‌ها تأمین و به وزارت نیرو پرداخت می‌شود.

آیین نامه اجرائی این ماده شش ماه پس از تصویب این قانون به پیشنهاد مشترک وزارتخانه‌های نیرو و نفت به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۶۲- وزارتخانه‌های نیرو و نفت موظفند به‌منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی در سامانه‌های مجزای از شبکه از قبیل آبگرمکن خورشیدی، حمام خورشیدی، تلمبه بادی، توربین بادی، سامانه‌های فتوولتائیک، استحصال

گاز از منابع زیست توده و صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین و توزیع سوخت‌های فسیلی، حمایت لازم را به صورت عمومی اعلام و از محل بودجه‌های مصوب سالانه خود یا منابع مذکور در ماده (۷۳) این قانون تأمین و پرداخت نمایند.

✓ ماده ۱۲- قانون رفع موانع تولید و ارتقاء نظام مالی کشور

ب- طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف از جمله صنعت با اولویت صنایع انرژی‌بر و حمل و نقل عمومی و ریلی درون و برون‌شهری و ساختمان، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، گسترش استفاده از گاز طبیعی فشرده یا مایع یا گاز مایع‌شده با اولویت شهرهای بزرگ و مسیر راه‌های اصلی بین شهری، تولید و یا جایگزین کردن خودروهای کم‌مصرف و یا برقی با خودروهای پرمصرف و فرسوده و کاهش هزینه‌های حمل بار و مسافر و کاهش دموارژ (خسارت تأخیر) کشتی‌ها و طرح‌های حمل و نقل ریلی، جاده‌ای، دریایی، هوایی اعم از زیرساخت‌ها و وسایل حمل و نقل، طرح‌هایی که به کاهش گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود، ماشین‌آلات و واحدهای تولیدی بخش کشاورزی

پ- طرح‌های احداث نیروگاه با بازدهی (راندمان) بالا، افزایش تولید و بازدهی حرارتی نیروگاه‌ها که منجر به افزایش بازدهی حرارتی شود، با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه (سیکل) ترکیبی اعم از ترکیب برق و گرما (CHP) و ترکیب برق، سرما و گرما (CCHP) و مولدهای مقیاس کوچک (DG) توسعه

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات انرژی در تولید، انتقال و توزیع، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف برق و انرژی، برقی کردن چاه‌های کشاورزی با اولویت استفاده از منابع انرژی‌های نو از جمله انرژی خورشیدی، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات و عبور (ترانزیت) برق، تولید برق از تلفات گاز و سوخت کارخانجات.

ارزیابی اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر

حجم بالای مصرف برق در واحدهای صنعتی سبب شده است تا اکثر شرکت‌ها اجرای طرح‌هایی جهت صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری را مدنظر قرار دهند. یکی از مؤثرترین راه‌ها جهت صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری در مصرف برق و به حداقل رساندن هزینه‌های ناشی از آن، بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر مخصوصاً در شهرهای بزرگ که مردم از آلودگی‌های ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی رنج می‌برند، است. عمده‌ترین تأثیر حذف تدریجی یارانه‌ها در ایران بر قیمت برق، آب و گاز متمرکز خواهد شد. از آنجا که برای گسترش سیستم عرضه انرژی الکتریکی توسعه پایدار تعقیب می‌شود، تمام هزینه‌ها و منافع اجتماعی هر مولد بایستی مدنظر قرار گیرد. هر چند این هزینه‌ها در تمام گزینه‌های متعارف انرژی (فسیلی) لحاظ نمی‌شوند و تنها هزینه دفع آلاینده‌های

زیست محیطی و تصفیه گازهای مضر متصاعد از نیروگاه‌های فسیلی می‌تواند بصورت کمی در محاسبات وارد شود. هزینه‌های اجتماعی در واقع دربرگیرنده تمام اثرات زیست محیطی آلاینده‌ها در کوتاه مدت و بلند مدت از قبیل تولید SOx و NOx و COx و هیدروکربورها و سایر گازهای سمی، آلودگی آب و خاک و ایجاد باران‌های اسیدی و تولید گازهای گلخانه‌ای است.

شکل (۱) مراحل ارزیابی و انتخاب انرژی‌های تجدیدپذیر را نشان می‌دهد.



شکل (۱) مراحل ارزیابی و انتخاب سیستم‌های تجدید پذیر ارزیابی اغلب طرح‌ها و پروژه‌ها، بیشتر معطوف به هزینه‌ها بوده و به منافع اجتماعی و زیست محیطی در برآورد میزان هزینه‌ها و منافع کل، توجه زیادی نمی‌شود. در ارزیابی اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر، هزینه‌ها و درآمدهای طرح، مدت زمان برگشت سرمایه، قیمت انرژی الکتریکی تولیدی و نرخ بازده داخلی

سرمایه، شاخص‌های اصلی و ضروری برای تحلیل اقتصادی طرح هستند. بنابراین در این بخش الگوها و روش‌های نظری متداول در ارزیابی اقتصادی و زیست محیطی پروژه‌های صنعتی و ارائه نرم افزارهای اندازه گیری برآورد هزینه‌ها و فایده‌های طرح به بررسی همه معیارهای مالی و زمانی مورد مطالعه، جهت امکان سنجی اجرای طرح پرداخته می‌شود.

✓ تحلیل هزینه- فایده

یکی از مهم ترین ابزارهای ارزیابی اقتصادی طرح‌ها و پروژه‌ها، تحلیل هزینه- فایده و مقایسه ارزش حال منافع در مقابل ارزش حال هزینه‌ها است. البته در این ارتباط تحلیل اثربخشی (کارایی) هزینه نیز به عنوان یک گزینه جایگزین، مطرح است. به طور طبیعی، ارزیابی در برگیرنده‌ی آینده است، از آنجا که اطلاعات کامل در مورد آینده در دسترس نیست، ارزیابی با عدم اطمینان همراه است. این نکته در پروژه‌های دارای تاثیرات محیط زیستی (به دلیل عدم اطمینان ذاتی) پیچیده‌تر است.

تحلیل هزینه- فایده را می‌توان نسبت سودهای تنزیل شده در هر واحد از هزینه‌های تنزیل شده یک سرمایه گذار با ارجاع به زمانی معین تعریف کرد. چون زمان حال نقطه زمانی مناسبی برای ارجاع است، تحلیل هزینه- فایده را اغلب بر مبنای ارزش فعلی سودها و ارزش فعلی هزینه‌ها محاسبه می‌کنند. در روش

تحلیلی اثر بخشی هزینه، پروژه‌هایی که نسبت هزینه به اثر بخشی کمتری داشته باشند شناسایی می‌شوند و در مواردی که سقف بودجه (قابل تخصیص) معین و مشخص باشد تخصیص منابع مالی به پروژه‌ها به ترتیب براساس نسبت هزینه به اثر بخشی کمتر صورت خواهد گرفت (تا زمانی که بودجه تمام شود). سخت‌ترین بخش در انجام تحلیل هزینه-فایده، نبود داده‌های مناسب در زمینه هزینه‌ها و منافع زیست محیطی و همچنین عدم قطعیت‌های مرتبط با آینده است. در این حالت با انجام تحلیل حساسیت و لحاظ نمودن فرضیات منطقی می‌توان عدم قطعیت در داده‌ها را پوشش داد.

برای بدست آوردن تحلیل هزینه-فایده و انتخاب تکنولوژی‌های مناسب که دارای بهترین صرفه اقتصادی باشند، به ترتیب زیر عمل می‌شود:

ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدها با استفاده از نرخ تنزیل مشخص و با در نظر گرفتن زمان حال به عنوان نقطه مرجع به دست می‌آید.

سپس CBR (Cost-Benefit Ratio or Benefit-cost ratio) هر طرح مشخص می‌گردد:

$$CBR = \frac{BPV_x}{CPV_x}$$

که در آن BPV_x و CPV_x به ترتیب ارزش فعلی فایده‌ها و هزینه‌ها برای پروژه X هستند.

گزینه‌ها به ترتیب افزایش ارزش هزینه‌های فعلی آن‌ها، مرتب (از کم به زیاد) می‌شوند. اگر ارزش هزینه‌های فعلی دو یا چند گزینه مساوی باشند، تفاوتی نمی‌کند که چگونه مرتب شوند.

مقادیر CBR هر طرح را نیز مشخص می‌نماییم سپس به ترتیب از کم هزینه ترین طرح شروع نموده و امکان پذیری اقتصادی گزینه‌ها را بر اساس مقادیر CBR مشخص می‌نماییم. هرچه CBR کوچکتر از ۱ باشد بهتر است.

برای انتخاب طرح به نحوی عمل می‌شود که طرح‌های با CBR کوچکتر (کوچکتر از ۱) و هزینه کمتر در ابتدا انتخاب می‌شوند.

ارزش فعلی فایده‌ها (درآمدها) و هزینه‌ها (BPV_X/CPV_X) بسته به اینکه در چه زمانی به وقوع خواهند پیوست، با نرخ بهره مناسبی طبق رابطه زیر تنزیل می‌شوند:

$$\frac{R_t}{(1+i)^t}$$

در این رابطه t زمان انجام هزینه یا واقع شدن درآمد، i نرخ بهره (حاصلضرب نرخ سود، نرخ ریسک و نرخ تورم قابل پیش بینی) و R_t مقدار کمی درآمد یا هزینه بر اساس جریان نقدینگی است.

نرم افزارهای کاربردی در ارزیابی اقتصادی انرژیهای تجدیدپذیر

در راستای تسهیل تجزیه و تحلیل‌های مالی و اقتصادی طرح‌های سرمایه گذاری می‌توان از نرم افزارهای کامپیوتری مختلفی استفاده نمود.

- کامفار (COMFARIII)

یک نرم افزار کامپیوتری برای تجزیه و تحلیل و تدوین گزارش امکان سنجی طرح‌ها است که توسط سازمان توسعه صنعتی سازمان ملل متحد طراحی شده است. کامفار، مدل کامپیوتری برای آنالیز امکانسنجی و ارائه گزارش طرح‌ها است. این برنامه شرایط لازم جهت آنالیز جریان نقدینگی، شناسایی فرصت‌های موجود، برنامه ریزی استراتژیک برای طرح‌های آینده، سرعت و دقت بیشتر در تصمیم گیری، ترغیب سهامداران در راستای اهداف معین، عدم نیاز به محاسبات پیچیده و جزئی و درک ساده مطالب، را فراهم می‌آورد. این برنامه محدود به آنالیز و پیش بینی مالی برای ارزیابی اقتصادی نمی‌شود بلکه استفاده از منابع داخلی را با منابع خارجی مورد مقایسه قرار داده و برای منابع هزینه‌های دوران ساخت و تولید برنامه مجزایی ارائه می‌دهد و نقطه سر به سر برای محصولات از نظر تعداد تولید و هزینه تولید در مقایسه با زمان، هزینه، سرمایه، منابع مالی و همچنین نرخ بازده داخلی (IRR) و ارزش خالص فعلی (NPV)، آنالیز هزینه و فایده، تعیین نقاط

تصمیم ساز را محاسبه کرده و به صورت جداول و نمودارهای مختلف ارائه می‌نماید.

ورودی کامفار اطلاعات حاصل از بررسی‌های بازاریابی و مطالعات امکان سنجی و مالی است که قبلا توسط کارشناسان انجام گرفته است. این نرم افزار اجازه می‌دهد تا کاربران انعطاف پذیری را در حدود تجزیه و تحلیل مشخصه‌های مورد نیازشان داشته باشند که از ویژگی آن می‌توان به افق برنامه ریزی متغیر تا ۶۰ سال، ساختار سازمانی متغیر (احداث و راه اندازی)، به کار گرفتن ۲۰ محصول مختلف، ورود داده‌ها با ۲۰ نوع پول رایج، گزینه تجزیه و تحلیل اقتصادی، گزینه هزینه یابی مستقیم، گزینه کاهش یا افزایش قیمت‌ها و امکان کپی اطلاعات اشاره نمود. این نرم افزار با قابلیت‌های ذکر شده، می‌تواند برای انواع طرح‌های سرمایه گذاری شامل طرح‌های کوچک، متوسط و بزرگ و همچنین واحدهای تولیدی پیچیده به کار رود.

• رت اسکرین (RETScreen)

رت‌اسکرین یک ابزار پشتیبانی تصمیم گیری منحصر به فرد پروژه‌های انرژی پاک تحت اکسل است که با همکاری متخصصان بسیاری از نهادهای دولتی، مراکز صنعتی و موسسات دانشگاهی تهیه شده است تا به تصمیم گیرندگان کمک کند به صورت سریع و با هزینه اندک، عملی بودن پروژه‌های انرژی قابل تجدید

احتمالی، بهره‌وری انرژی و تولید همزمان برق و حرارت را از لحاظ فنی و مالی بررسی کنند. از این نرم افزار می‌توان در سراسر جهان بطور رایگان، جهت ارزیابی تولید و صرفه جویی انرژی، هزینه‌ها، سود دهی مالی و ریسک‌های مربوط به انواع مختلف تکنولوژی‌های کارایی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر (RETS) استفاده کرد. همچنین این نرم افزار (که به چندین زبان موجود است) شامل پایگاه‌های اطلاعاتی تولید، پروژه، الگوی معیار، آب و هوایی، یک راهنمای کاربری جامع و یک دوره مطالعه موردی در سطح دانشکده/دانشگاه، شامل یک کتاب درسی الکترونیکی مهندسی است.

بانک‌های اطلاعاتی آب و هوا، هیدرولوژی، پروژه، محصول به طور کامل در این ابزار تحلیلی درآمیخته شده است (۶،۷۰۰ ایستگاه آب و هوا در زمین به علاوه داده‌های ماهواره ناسا که کل کره زمین را تحت پوشش قرار می‌دهد) همچنین نقشه‌های منابع انرژی در دنیا نیز در این ابزار قرار داده شده است.

• آریما (ARIMA)

پیش بینی مقادیر متغیر بر اساس مدل‌های آریما که به روش باکس-جنکینز نیز معروف است، صرفاً در خصوص سری‌های زمانی پایا به تحلیل می‌پردازد. سپس با استفاده از مراحل باکس-جنکینز

نسبت به پیش بینی مقادیر سری زمانی اقدام می‌نماید چون عناصر اقلیمی نظیر بارش و دما با توجه به زمان اتفاق می‌افتد و شواهد حاکی از آن است که بین مقادیر قبلی داده‌ها و مقادیر بعدی آن ارتباط وجود دارد، لذا بهترین گزینه برای در نظر گرفتن دوره‌های زمانی و فصلی، انتخاب روش‌های مبتنی بر سری‌های زمانی، بر اساس مدل‌های آریماست.

اولین مرحله در روش باکس-جنکینز، مرحله شناسایی است که در این مرحله مدل‌های آزمایشی با استفاده از معیارهای مربوطه مشخص می‌شوند. پس از مرحله شناسایی به مرحله دوم یعنی تخمین پارامترها بر اساس مدل شناسایی شده می‌پردازیم. پس از مرحله تخمین، مرحله بازبینی تشخیص مدل می‌باشد که در این مرحله کفایت و مناسب بودن مدل تخمین زده شده، با استفاده از معیارهای مربوطه مورد آزمون قرار می‌گیرد. اگر مدل نامناسب تشخیص داده شود باید مورد اصلاح و تعدیل قرار گیرد و برای تحقق این امر مراحل قبلی برای مدل‌های جدید مجدداً به کار برده شود. نهایتاً هنگامی که بهترین مدل تشخیص داده شد، با استفاده از آن به پیش بینی مقادیر آینده سری زمانی پرداخته می‌شود.

مثال موردی انتخاب ابعاد مناسب سیستم فوتولتاییک

نمونه ای از انتخاب ابعاد مناسب سیستم فوتولتاییک، برای تامین تقاضای یک سیستم تجدید پذیر، در زیر ارائه شده است.

برای تامین تقاضای انرژی ۳۶۰۰ کیلووات ساعت در سال با استفاده از پنل‌های خورشیدی (سیستم فوتولتاییک) در منطقه‌ای با میزان تابش خورشیدی ۵.۷ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز، مقدار (تعداد و سطح مورد نیاز) پنل مورد انتظار با توان ۱۵۸ وات بصورت زیر محاسبه می‌گردد. (سایر اطلاعات لازم عبارتند از: بازده اینورتر، توان قابل استحصال از هر متر مربع پنل و بازده تبدیل پنل):

$$Energy \left(\frac{kWh}{year} \right) = P_{ac} \left(\frac{h}{day} @ 1 - Sun \right) \times 365 \left(\frac{day}{year} \right)$$

$$\rightarrow P_{ac} = \frac{3600 \left(\frac{kWh}{year} \right)}{5.7 \left(\frac{h}{day} \right) \times 365 \left(\frac{day}{year} \right)} = 1.73 \text{ (kW)}$$

$$P_{dc} = \frac{P_{ac}}{\eta_{Conversion}} = \frac{1.73}{0.75} = 2.3 \text{ (kW)}$$

$$P_{dc} = 1 \left(\frac{kW}{m^2} \right) \times A (m^2) \times \eta_{pv} \rightarrow A = \frac{2.3}{1 \times 0.125} = 18.4 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Module\ Number = \frac{2300 (W)}{158 (W)} = 14.6 (Module)$$

$$\rightarrow P_{dc} = 15 (Module) \times 158 \left(\frac{W}{Module} \right) = 2370 (W)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow Energy &= 2.37 (kW) \times 0.75 \times 5.7 \times 365 \\ &= 3698 \left(\frac{kWh}{year} \right) \end{aligned}$$

P_{ac} = توان جریان متناوب (AC)

P_{dc} = توان جریان مستقیم (DC)

$\eta_{Conversion}$ = راندمان اینورتور (0.75)

η_{pv} = بازده پنل (0.125)

A = سطح مورد نیاز پنل

با توجه به اینکه 3698 بزرگتر از 3600 است، پس تقاضای انرژی این واحد با خرید 15 پنل فوتوولتاییک تامین خواهد شد.

به این ترتیب با مشخص شدن تعداد پنل لازم و قیمت هر پنل می‌توان تحلیل اقتصادی استفاده از این سیستم را برآورد کرد.

(بعنوان مثال قیمت هر وات پنل خورشیدی 35000 ریال، قیمت هر کیلووات ساعت برق 4900 ریال و نرخ تنزیل 12 درصد در نظر گرفته شده است)

با در نظر گرفتن فرض‌های ارائه شده، مدت زمان بازگشت سرمایه طبق رابطه زیر عبارت است از:

$$35000 \times 2370 = \sum_{i=1}^n \frac{3698 \times 4900}{(1 + 0.12)^n} \rightarrow n = 7$$

با توجه به شرایط ذکر شده در این مثال، مدت زمان بازگشت سرمایه برای سیستم مذکور در حدود ۷ سال است.

پیوست ۱- معرفی انرژی های تجدیدپذیر

• انرژی برق آبی

انرژی برق آبی اصطلاحی است که به انرژی الکتریکی تولیدی از نیروی آب اطلاق می‌شود. این نوع انرژی به عنوان سومین منبع تولیدکننده برق و همچنین مهمترین انرژی تجدیدپذیر مولد برق در جهان محسوب می‌شود. بر اساس آخرین داده‌ها، حدود ۱۶/۵ درصد برق تولیدی جهان از انرژی برق آبی تأمین می‌گردد و از آنجا که ایران از لحاظ جغرافیایی، کشوری خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید، دارای رتبه ۳۵ در میان کشورهای مختلف جهان از لحاظ تولید برق آبی می‌باشد.

• انرژی بادی

استفاده از انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدیدپذیر به دلیل کاهش هزینه‌های تولید برق، اشتغال‌زایی و عدم آلودگی محیط زیست در بسیاری از کشورها، توانسته است به عنوان یک منبع جدید تأمین برق در سطح جهان مطرح شود. در سال ۱۳۹۲، ظرفیت نیروگاه‌های بادی کشور با افزایش چهار مگاواتی نسبت به سال ۱۳۹۱ به ۱۱۰/۱ مگاوات رسیده است.

• انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی بزرگترین منبع انرژی در جهان محسوب می‌شود. این انرژی، پاک، ارزان و عاری از آثار مخرب زیست محیطی است که به روش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایران کشوری است که به گفته متخصصان، با داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم مساحت آن، یکی از کشورهای با ظرفیت بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی، نیروگاهی و همچنین تولید برق استفاده می‌شود. در ایران افزون بر به کارگیری از انرژی خورشیدی در نیروگاه‌ها، از این انرژی در سیستم‌های کوچک فتوولتائیک برای روشنایی معابر و جاده‌ها، چراغ‌های ترافیک، سامانه‌های مخابراتی و برق‌رسانی روستایی نیز استفاده می‌شود.

• انرژی از زمین (زمین گرمایی)

به انرژی حرارتی که در پوسته جامد زمین وجود دارد، انرژی زمین‌گرمایی گفته می‌شود. ایران در شمار کشورهای است که دارای ذخایر قابل توجهی برای تولید برق از انرژی زمین‌گرمایی می‌باشد و قابلیت تولید برق زمین‌گرمایی با ظرفیت بیش از ۲۰۰ مگاوات را دارد.

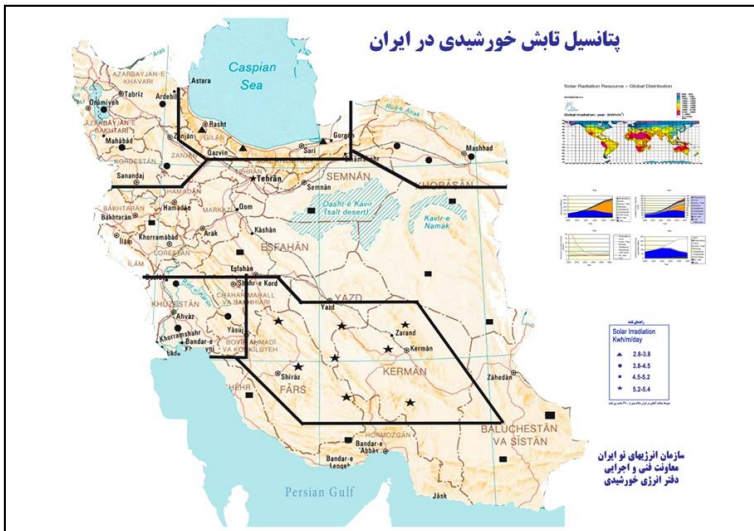
پیوست ۲- پتانسیل استفاده از منابع تجدیدپذیر در کشور

جمهوری اسلامی ایران در جنوب غرب آسیا با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع واقع شده است و بیش از نیمی از مساحت آن را نواحی کوهستانی پوشانده است. ایران همچنین دارای تنوع آب و هوایی زیادی است، بدین ترتیب که نواحی شمالی دارای آب و هوای معتدل و بارندگی قابل ملاحظه به ویژه در نواحی غربی استان گیلان است. آب و هوای نواحی غربی ایران در فصول سرد، سرد و مرطوب و در فصول گرم، خشک و معتدل است. در نواحی جنوبی، دمای هوا و رطوبت بیشتر است، تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های معتدل از مشخصات آب و هوایی این ناحیه است و تغییرات روزانه دما کمتر محسوس است. نواحی شرقی و جنوب شرقی دارای آب و هوای بیابانی با تغییرات قابل ملاحظه دما در طول روز است.

• پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران

انرژی خورشیدی یکی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و از مهمترین آنها است. میزان تابش انرژی خورشیدی در نقاط مختلف جهان متغیر بوده و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را داراست. بدلیل واقع شدن ایران در نواحی پرتابش، پتانسیل استفاده از تجهیزات خورشیدی در ایران مناسب بوده و می‌تواند بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را تأمین نماید. ایران با متوسط تابش ۵٫۵ - ۵٫۴

کیلوات ساعت بر متر مربع در روز، یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. برخی از کارشناسان انرژی خورشیدی، گام را فراتر نهاده و در حالتی آلمانی ادعا می‌کنند که ایران در صورت تجهیز مساحت بیابانی خود به سامانه‌های دریافت انرژی تابشی می‌تواند انرژی مورد نیاز بخش‌های گسترده‌ای از منطقه را نیز تأمین و در زمینه صدور انرژی برق فعال شود. با مطالعات انجام شده توسط DLR آلمان، در مساحتی بیش از ۲۰۰۰ کیلومترمربع، امکان نصب بیش از ۶۰۰۰۰ MW نیروگاه حرارتی خورشیدی وجود دارد. نقشه ذیل پتانسیل تابش خورشیدی در کشور را نشان می‌دهد.

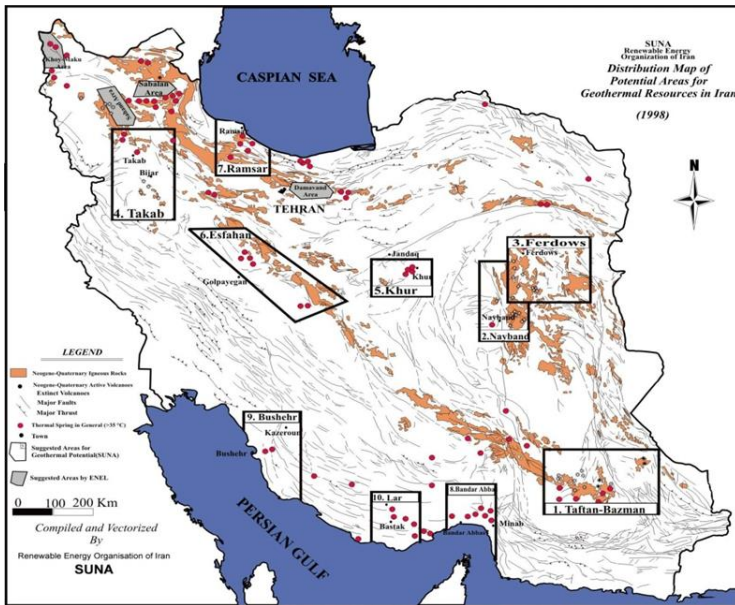


شکل ۲- پتانسیل تابش خورشیدی در کشور

• پتانسیل منابع زمین گرمایی در ایران:

موقعیت قرارگیری ایران در مرزهای تکتونیکی، نیروی عظیم نهفته در کالبد کشور را نشان می‌دهد. فشار صفحه قاره‌ای عربستان و صفحه اقیانوس هند از یکسو باعث تغییرشکل‌های وسیعی در ایران شده است، در حالیکه چین خوردگی‌های منطقه زاگرس و راندگی آن، شواهد سطحی عظیم این نیروها هستند. قرار گرفتن در کمربند آتشفشانی باعث شده است که گستره ایران از لحاظ زمین ساختاری، بسیار فعال بوده و از پتانسیل بالای انرژی زمین گرمایی بهره‌مند باشد و وجود فعالیت‌های آتشفشانی و چشمه‌های آب گرم گواه بر این مدعی است. پتانسیل انرژی زمین گرمایی در ایران براساس مطالعات انجام شده در بیش از ۱۰ منطقه شناسایی شده است این مناطق بر اساس میزان فعالیت‌های تکتونیکی، میزان چشمه‌های آب گرم و ظهورهای سطح الارضی و سایر شواهد زمین شناسی شناسایی شده‌اند و براساس مطالعات انجام شده در سال ۱۳۷۷ این مناطق عبارتند از: منطقه سبلان، مشکین شهر، سرعین و بوشلی منطقه دماوند، ناحیه ناندل- منطقه ماکو، ناحیه سیاه چشمه خوی، ناحیه قطور- منطقه سهند، منطقه تفتان، بزمان- منطقه نایبند- منطقه بیرجند، فردوس- منطقه تکاب، هشتگرد- منطقه خور و بیابانک- منطقه اصفهان، محلات- منطقه رامسر، منطقه بندرعباس، میناب- منطقه بوشهر، کازرون و منطقه لار بستک.

براساس طبقه بندی‌های صورت گرفته جهانی، ایران در گروه کشورهایی که دارای ذخایر احتمالی تولید برق از انرژی زمین گرمایی با استفاده از سیکل های تبخیر لحظه‌ای باینری (برای دوره ۳۰ ساله) می‌باشد و قابلیت تولید برق زمین گرمایی با ظرفیت بیش از ۲۰۰ مگاوات برای آن پیش بینی شده است. نقشه ذیل پتانسیل انرژی زمین گرمایی در کشور را نشان می‌دهد.

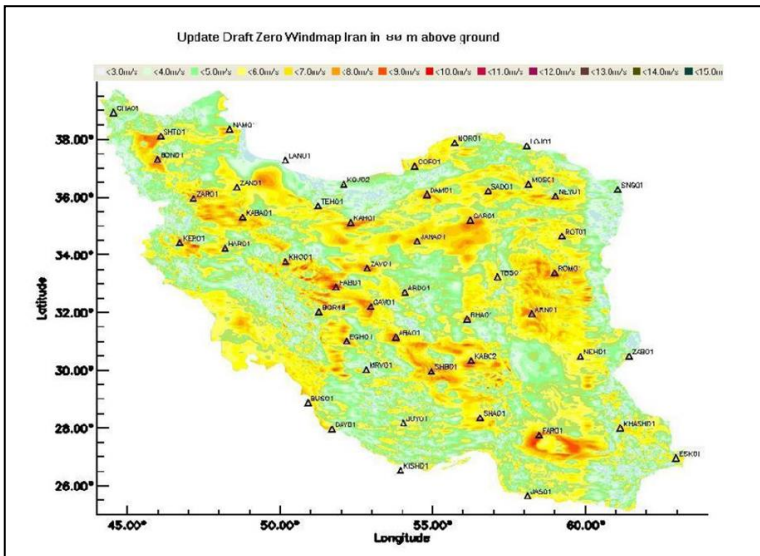


شکل ۳- نقشه پتانسیل انرژی زمین گرمایی در کشور

• پتانسیل منابع انرژی باد در کشور

طبق اطلس بادی ایران پتانسیل ظرفیت اسمی توربین‌های باد در ایران حدود ۶۰۰۰۰ مگاوات است. بر پایه پیش‌بینی‌های صورت گرفته، میزان انرژی قابل استحصال بادی کشور از لحاظ اقتصادی بالغ بر ۱۸۰۰۰ مگاوات تخمین زده می‌شود.

بر اساس مطالعات شرکت لامایر آلمان، پتانسیل بادی قابل استحصال در کشور در حدود ۱۰۰ هزار مگاوات برآورد گردیده است.



شکل ۴- نقشه پتانسیل اطلس بادی ایران

پیوست ۳- آثار مثبت و چالش‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در

ایران

- اهمیت مزایای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

- ۱- امکان تولید انرژی الکتریکی قابل اطمینان با قیمت پایدار
- ۲- کمک به تامین‌کنندگان برق برای متنوع‌سازی منابع مورد نیاز در تولید برق
- ۳- سود سرشار اقتصادی: نیروگاه‌های تجدیدپذیر پس از مستهلک شدن سرمایه‌گذاری اولیه به لحاظ اقتصادی ارزشمندتر می‌شوند. بدین معنا که پس از دوره بازگشت سرمایه (۱۰-۵ سال) می‌توان از سود سرشار اقتصادی این نیروگاه‌ها بهره‌مند شد.

- ۴- تولید برق با حداقل آلودگی‌های زیست‌محیطی
- ۵- عدم نیاز به شبکه توزیع: با توجه به هزینه بالای احداث هر کیلومتر شبکه برق فشار قوی، برای استفاده از نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر به صورت پراکنده نیازی به پراخت هزینه بالای توسعه شبکه توزیع برق نیست.
- ۶- عدم اتلاف انرژی: با توجه به اینکه حداقل ۱۵٪ از برق تولیدی در شبکه توزیع تلف می‌شود، استفاده از نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر به صورت پراکنده و تولید مستقیم در محل مصرف، از اتلاف برق جلوگیری می‌کند.

- ۷- کمک به رسیدن به اهداف توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر

۸- ایجاد فرصت‌های توسعه اقتصادی بخصوص در مناطق توسعه نیافته و دوردست روستایی.

۹- ایجاد اشتغال: تعداد شغل ایجاد شده به ازای یک مگاوات برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر تقریباً ۲ برابر تعداد شغل‌های ایجاد شده توسط نیروگاه‌های متعارف است. در اروپا نصب یک مگاوات برق بادی برای ۱۵ الی ۱۹ نفر شغل ایجاد می‌کند که این رقم در کشورهای در حال توسعه به راحتی می‌تواند دو برابر شود.

۱۰- هزینه کم تعمیرات: سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر به هزینه‌های زیاد برای تعمیرات و نگهداری نیاز ندارد. به عنوان نمونه پنل‌های خورشیدی متصل به شبکه در طول ۲۰ سال کارکرد، تقریباً هزینه تعمیرات ندارد.

• **اهم چالش‌های توسعه استفاده از انرژی تجدیدپذیر**

- ۱- مزیت نسبی کشور در منابع فسیلی
 - ۲- آمادگی کم جامعه برای استفاده از فنآوری‌های مرتبط
 - ۳- قابلیت اتکاء ساز و کارهای توسعه استفاده از انرژی تجدیدپذیر
 - ۴- گران بودن فنآوری در حال حاضر و اقتصادی شدن در میان‌مدت
- با توجه به آثار مثبت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در پاسخگویی به چالش‌های فوق و به منظور توسعه روزافزون بهره‌گیری از این انرژی‌ها، لازم است

روشی جامع جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌های استفاده از انرژی تجدیدپذیر از طریق سیاست‌های حمایتی قابل اتکاء، تدوین گردد.

آدرس دسترسی اینترنتی

سایت وزارت صنعت، معدن و تجارت / قسمت خدمات / قوانین مقررات و بخش نامه‌ها
WWW.mimt.gov.ir/Web_Directory/۴۷۸-مقررات-قوانین-نامه-آیین.html

نحوه استناد به راهنما:

در صورت ارجاع به این راهنما، از عبارت زیر در بخش منابع و مراجع استفاده نمائید:

دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی، وزارت صنعت، معدن و تجارت، راهنمای ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ویرایش اول، ۱۳۹۶،
WWW.mimt.gov.ir/Web_Directory/۴۷۸-مقررات-قوانین-نامه-آیین.html

منابع و مآخذ

- ۱- سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)، <http://www.sun.org.ir/>
- ۲- ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو
- ۳- آمار صنعت برق، درگاه اطلاع رسانی وزارت نیرو، شرکت توانیر،
<http://www.sun.org.ir/>
- ۴- ساکی پور مریم، کعبی نژادیان عبدالرزاق، سخاوت جو محمدصادق، جعفری موسوی سید علی اکبر، امکان استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در اهواز، علوم بهداشتی جندی شاپور، پاییز ۱۳۹۰، دوره ۳، شماره ۴: از صفحه ۱ تا ۱۰.
- ۵- وظایف دستگاه های اجرایی در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه ای،
<http://www.dolat.ir/NSite/FullStory/News/?Serv=.&Id=۲۶۹۶۱۹>
- ۶- سعید صمدی، آمنه شهیدی، فرزانه محمدی، تحلیل تقاضای برق در ایران با استفاده از مفهوم هم جمعی و مدل (۱۳۶۳-۱۳۸۸) ARIMA، مجله دانش و توسعه، سال پانزدهم، شماره ۲۵، زمستان ۳۸۷.
- ۷- محمد حسین مهدوی عادل، مصطفی سلیمی فر، اعظم قزلباش، ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) و برق فسیلی در مصارف خانگی (مطالعه موردی مجتمع سه واحدی در شهرستان مشهد،

مجله علمی - پژوهشی سیاستگذاری اقتصادی، سال ششم، شماره یازدهم،

بهار و تابستان ۳۱.

۸- مرکز آمار ایران ، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نتایج آمارگیری از

مقدار مصرف انرژی در کارگاههای ۱۰ نفر کارکن و بیش تر ۱۳۸۴-۱۳۹۱

۹- ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳، معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو

۱۰- مصوبه وزارت نیرو، ابلاغیه نرخ خرید تضمینی برق از نیروگاههای تجدیدپذیر

و پاک مورخ ۱۳۹۵/۲/۱۹، شماره ۹۵/۱۴۲۷۳/۳۰/۱۰۰