دوفصلنامه اقتصاد پولی، مالی(دانش وتوسعه سابق) دوره جدید، سال بیست ویکم،شمارۀ۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۳

ارزیابی اقتصادی تولید برق با استفاده از انرژی باد توسط بخش خصوصی در ایران

محمود هوشمند[۱]
استاد و عضو هیئت علمی دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد
سید حامد حسینی[۲]
دانشجوی دکتری اقتصاد پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت : ۱۳۹۱/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش : ۱۳۹۲/۵/۲

چکیده

نیاز روزافزون انسان به انرژی، همواره از مسائل اساسی در زندگی بشر بوده و دولت‌ها جهت تأمین این نیازها از طریق منابع مختلف انرژی برنامه‌ریزی می‌نمایند. امروزه علی‌رغم اهمیت منابع فسیلی در تأمین مصارف مختلف انرژی، عوامل مختلفی چون پیامدهای منفی زیست محیطی ناشی از استفاده از منابع فسیلی، محدودیت این منابع، افزایش احتمالی قیمت‌ها و دلایل دیگر، لزوم توجه به سایر انرژی‌ها را ضروری نموده است.انرژی باد، یکی از مهم‌ترین انرژی‌های تجدیدپذیر می باشد که از دیرباز ذهن بشر را به خود معطوف کرده است.

در این مقاله ابتدا با استفاده از نرم افزار کامفار هزینه-فایده احداث نیروگاه با ظرفیت ۱۰۰مگاوات برق بادی شامل ۵۰ دستگاه توربین مورد تحلیل قرار گرفته، سپس مشوق‌های قابل ارائه به بخش تولید و سرمایه-گذاری در احداث چنین نیروگاهی بررسی گردیده است.

نتایج بررسی نشان می‌دهد که افزایش قیمت خرید تضمینی برق، تغییر نرخ ارز تخصیص یافته و افزایش نرخ گواهینامه‌های سیستم سهمیه، بیشترین اثرگذاری را بر نرخ بازده داخلی و خالص ارزش فعلی پروژه دارند.

واژه‌های کلیدی: منابع تجدیدپذیر، ارزیابی‌اقتصادی، منابع فسیلی، انرژی باد، نرم افزار کامفار

1- m-hoshmand@um.ac.ir

۲-نویسنده مسئول: Hamedsh2929@yahoo.com b

طبقه‌بندی JEL : C88,Q29,Q30,H43,Q27

Economic Evaluation of Electricity Generation Using Wind Energy by the Private Sectorin Iran

Mahmood Hooshmsnd
Professor , Faculty of Economics in, Ferdowsi University
Seyyed Hamed Hosseini
Student of Ph.D in Economics, International Campus , Ferdowsi University

Received: 21. Apr. 2013 **Accepted:** 27. Nov. 2013

Abstract

Increasing needsofenergy, is one of thefundamentalissuesinhumanlifeand governments areplanningto preparation these needsthroughvarious sourcesof energy. Despitetheimportance offossilsourcesofenergysupplyfor different uses, different factors such as negative environmental consequences resulting from use of fossil resources, the resource constraints, a possible increase in prices and other reasons, attention to other energies is necessary. Wind energy is one of the main types of renewable energies that human has always been considered.

In this paper, by using COMFAR cost -benefit wind plant with a capacity of 100 megawatts consists of 50 units of wind turbines analyzed is then the incentives to produce and invest in buildingsuch aplanthas been examined.

The results show that the guaranteed prices of electricity, changes in exchange rate and certificationsrate in the quota system have the impact on the net internal rate of return(IRR) and netpresent value(NPV).

Keywords: renew able resources, economic evaluation, fossil resources, wind energy, comfar software.

JEL classification :Q27, H43, Q30, Q29, C88

۱. مقدمه

منابع تأمین‌کننده انرژی را می‌توان در ۳گروه عمده، شامل انرژی‌های فسیلی (نفت، گاز، زغال‌سنگ و...)، انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر(باد، خورشید، زمین‌گرمایی، برق‌آبی و...) طبقه‌بندی کرد. ذخایر سوخت‌های فسیلی محدود هستند و در سطح جهان، هر ساله بیش از ۱۱میلیارد تن سوخت فسیلی مصرف می‌گردد. در این میان، ذخایر نفتی با نرخ ۴ میلیارد تن در

هرسال رو به انحلال می‌روند. به جز نفت، گاز و زغال‌سنگ نیز از دیگر سوخت‌های فسیلی هستند که خطر ازبین رفتن آن‌ها وجود دارد. واقعیت این است که نرخ مصرف سوخت‌های فسیلی در جهان ثابت نیست و با افزایش مصارف جدید و بهبود استانداردهای زندگی در بخشی از جهان که کمتر انرژی مصرف می‌کردند، در حال افزایش می‌باشد. لذا، سوخت‌های فسیلی به زودی تمام می‌شوند. اغلب ادعا می‌شود که ذخایر زغال‌سنگ جهان تا صدها سال بعد باقی و کافی است. امّا اگر شکافِ نبودِ ذخایر نفت و گاز را با زغال‌سنگ پر کنیم، ذخایر زغال‌سنگ نیز به‌صورت محدود جواب‌گوی نیازهای جهانی هستند و بالاخره روزی به اتمام می‌رسند. پایان یافتن سوخت‌های فسیلی در آینده نه چندان دور، استفاده و توسعه کاربرد دو دسته دیگر انرژی یعنی انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای را ضروری می‌کند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، نه آلودگی‌ها و تخریب زیست‌محیطی انرژی‌های فسیلی و هسته‌ای را دارند و نه پایان‌پذیرند. امروزه شاهد افزایش چشمگیر سرمایه‌گذاری دولت‌ها و بخش خصوصی در امر تحقیق، توسعه و عرضه انواع تکنولوژی‌های نوین استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا هستیم که باعث کاهش چشمگیر قیمت تمام شده تولید برق از منابع تجدیدپذیر شده و امکان رقابت‌پذیری آن‌ها را با سیستم‌های تولید برق سنتی افزایش داده است. درحال‌حاضر قیمت تمام‌شده تولید برق از برخی منابع تجدیدپذیر، مانند انرژی باد، در حال رقابت با سوخت‌های فسیلی می‌باشند. لذا، ضروری است کشور ما هم در این زمینه پیشرفت‌های بیشتری به دست آورد.

۲. فناپذیری و اتمام‌پذیری سوخت‌های فسیلی

امروزه، استفاده از سوخت‌های فسیلی بالاترین درصد تأمین انرژی در جهان را به خود اختصاص داده است. لذا باتوجه به رو به اتمام گذاشتن آن در آینده‌ای نه چندان دور و افزایش مصرف انرژی، نگرانی‌های عمده‌ای برای جایگزینی آن به‌وجود آمده است. شاید بتوان گفت که تأمین انرژی برای چند نسل آینده بزرگترین معضل و کاری بس دشوار خواهد بود. به‌طوری‌که در سال ۲۰۳۰، مصرف انرژی جهان دو برابر خواهد شد و تقاضای انرژی جهانی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰، سالانه ۱/۸درصد افزایش خواهد یافت. اکنون این سؤال مهم مطرح می‌شود که آیا منابع انرژی‌های فسیلی در قرن‌های آینده، جواب‌گوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه خواهند بود؟ تحقیقات نشان می‌دهد که عمر متوسط منابع زیرزمینی انرژی بیش از صد سال نخواهد بود و لذا توجه به منابع جایگزین ضروری است.

۲-۱. ذخایر نفت خام

مجموع ذخایر تثبیت‌شده نفت جهان در پایان سال ۲۰۱۱، با اندکی افزایش نسبت به سال قبل از آن به ۱۶۵۲/۶ میلیارد بشکه رسید. در این میان منطقه خاورمیانه با دارا بودن۷۹۵ میلیارد بشکه، معادل ۴۸/۱ درصد از کل ذخایر تثبیت‌شده نفت جهان، مقام اول را به خود اختصاص داد. عربستان با ۲۶۵/۴ میلیارد بشکه ذخایر نفت خام، ۱/ ۱۶ درصد از کل ذخایر جهان، در رتبه اول کشورهای نفت‌خیز دنیا قرار دارد. در خاورمیانه، کشورهای ایران، عراق و کویت به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی پس از عربستان قرار دارند. عمر برآوردی طبق این آماراز ابتدای سال ۲۰۱۱ برابر با ۵۴ سال می‌باشد[1].

۲-۲. ذخایر گاز طبیعی

میزان ذخایر تثبیت‌شده گاز طبیعی در جهان، در سال ۲۰۱۱ به ۲۰۸/۴ تریلیون متر مکعب رسید. در این سال، نسبت تولید به ذخایر برای گاز طبیعی ۶۳/۶ سال بوده است. فدراسیون روسیه با ۴۴/۶ تریلیون مترمکعب معادل ۲۱/۴ درصد کل ذخایر گازی، در جایگاه اول جهان قرار دارد. ایران با ۳۳/۱ تریلیون مترمکعب معادل ۱۵/۹درصد سهم ذخایر گاز طبیعی جهان، هم‌چنان دومین کشور دارنده ذخایر گاز طبیعی است. قطر، ترکمنستان، عربستان سعودی و ایالات متحده آمریکا به‌ترتیب در جایگاه سوم تا ششم جهان قرار دارند. قطر با ۱۲ درصد از کل ذخایر جهان، پس از ایران بیشترین میزان ذخایر خاورمیانه را دارد. پیش‌بینی می‌شود در صورت برداشت از این ذخایر به میزان کنونی، عمر ذخایر جهانی گازحدود ۶۴سال باشد[2].

۲-۳- ذخایر زغال‌سنگ

میزان ذخایر زغال‌سنگ جهان در سال ۲۰۱۱، بالغ بر ۸۶۰ میلیارد تن بوده است. مقایسه میزان ذخایر زغال سنگ طی دهه گذشته، بیانگر کاهش تدریجی آن می‌باشد. در سال ۲۰۱۱، پنج کشور ایالات متحده آمریکا، روسیه، چین، استرالیا و هندوستان به‌ترتیب با دارا بودن ۲۷/۶، ۱۸/۲، ۱۳/۳، ۸/۹ و ۷ درصد، بیشترین ذخایر جهانی زغال سنگ را به خود اختصاص داده‌اند. عمر متوسط زغال

1- BP Statistical Review of World Energy,2012
2- BP Statistical Review of World Energy,2012

سنگ با احتساب میزان تولید فعلی آن، حدود ۱۱۲ سال برآورد می شود.

با توجه به این‌که در میان سه منبع تأمین کننده انرژی موجود (انرژی‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر) استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، نه آلودگی‌ها و تخریب‌های زیست‌محیطی انرژی‌های فسیلی و هسته‌ای را دارند و نه پایان‌پذیر وتمام‌شدنی هستند، امروزه شاهد افزایش چشمگیر فعالیت‌ها و سرمایه‌گذاری‌های دولت‌ها و شرکت‌های بخش خصوصی در امر تحقیق، توسعه و عرضه انواع تکنولوژی‌های نوین و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا هستیم که باعث کاهش چشمگیر قیمت تمام شده تولید برق از منابع تجدیدپذیر شده و امکان رقابت‌پذیری آن‌ها را با سیستم‌های تولید برق سنتی افزایش داده است. درحال‌حاضر قیمت تمام‌شده تولید برق از برخی منابع تجدیدپذیر، مانند انرژی باد و انرژی زمین‌گرمایی، در حال رقابت با سوخت‌های فسیلی می‌باشند.

بنا بر گزارش موجود۹۹درصد مصرف انرژی در ایران، از محل سوخت‌های فسیلی و تن‌ها حدود ۱درصد آن از طریق سوخت‌های غیر فسیلی تأمین می‌شود که رقم بسیار ناچیزی است و اهمیّت پرداختن به بحث انرژی‌های تجدیدپذیر را هر چه بارزتر می‌نماید. بر پایه همین گزارش، سهم سوخت‌های فسیلی از مصرف انرژی در آمریکا ۸۷ درصد و سهم سوخت‌های غیرفسیلی ۱۳درصد است. لذا با عنایت به اینکه در کشور ایران از وجودبالای منابع انرژی‌های نو، از قبیل تابش مستقیم و طولانی اشعه خورشید، وجود باد نسبتاً مداوم و با سرعت بالا در نقاطی از کشور و منابع انرژی زمین‌گرمایی برخورداریم، به نحوی بسیار مطلوب می‌توانیم از این انرژی‌ها استفاده نماییم.

۳. لزوم تنوع‌بخشی به سبد منابع انرژی

تأمین انرژی در کشوری مانند ایران، با جغرافیای گسترده و شرایط فیزیکی متفاوت نظیر تنوع ارتفاع، آب و هوا، مسائل اجتماعی و مباحثی از این دست، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و علمی است. امّا آنچه در عمل رخ داده، تأمین انرژی کشور بر مبنای اختصاص سهم اصلی به نفت و گاز طبیعی بوده است؛ به‌طوری‌که در طول سالیان گذشته، همواره بیش از ۹۵درصد حجم سبد انرژی مصرفی کشور از نفت و گاز تشکیل شده است. تن‌ها تغییر سبد انرژی کشور در سال‌های اخیر، جایگزینی گاز به‌جای نفت به‌دنبال توسعه شبکه انتقال گازی کشور بوده و این افزایش کماکان ادامه دارد. در

سال ۲۰۱۱ میزان مصرف گاز در ایران نسبت به سال ۲۰۱۰ حدود ۶٪ افزایش داشته (همان)، درصورتی‌که در کشورهای پیشرفته جهان در زمینه انرژی، هدف‌گذاری، به سمت تنوع‌بخشیدن به سبد انرژی کشور با رویکرد حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. علاوه بر کاهش امکان صادرات این انرژی مهم و استراتژیک و کاهش تبدیل آن به محصولات با ارزش‌افزوده بالاتر تبعات منفی دیگری در پی سیاست جایگزینی گاز به جای نفت، در سبد انرژی ایران نهفته که مهم‌ترین آن‌ها پایین آمدن سطح امنیت انرژی و بالارفتن ریسک اجتماعی علی‌رغم وجود عدم تقارن و بهینه‌یابی در سبد انرژی است. در واقع با تنوع‌بخشی سبد انرژی، امنیت تأمین انرژی کشور افزایش پیدا می‌کند که خود متضمن افزایش امنیت ملی است. در پی بروز اختلال در سیستم تولید گاز کشور، کل سیستم عرضه انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و اختلال در سیستم عرضه انرژی، حتی در کوتاه‌مدت می‌تواند به وقوع بحران‌های سیاسی و اجتماعی منجر شود.

در چشم‌انداز سبد انرژی جهانی، نقش انرژی‌های تجدیدپذیر جهان روز به روز پررنگ‌تر خواهد بود و این امر یکی از عواملی است که سبب می‌شود سبد انرژی جهانی، به سمت تنوع و استفاده بیش‌تر از منابع انرژی بومی حرکت کند. در این راستا، اتحادیه اروپا در ۲۳ ژانویه سال ۲۰۰۸ طرحی را به تصویب رساند که بر مبنای آن، سهم این انرژی‌ها در افق ۲۰۲۰ در سبد میانگین کشورهای عضو این اتحادیه به ۲۰درصد برسد(همان، ۲۰۱۱).

تنوع‌بخشی به سبد انرژی، نیازمند آگاهی دقیق از پتانسیل‌های کشور در بهره‌مندی از حامل‌های مختلف و تحلیل آثار این امر است.از موضوعات اساسی‌که باید در طراحی سبد جامع انرژی لحاظ گردد، می‌توان به تأمین نیازهای اقتصاد،امنیت انرژی، توجه به ویژگی‌ها و پتانسیل‌های منطقه‌ای، تکنولوژی بهره‌برداری از منابع انرژی، دوام و پایداری انرژی و رعایت مسائل زیست‌محیطی اشاره کرد.

٤. ضرورت نیل به اهداف توسعه پایدار در بخش انرژی

توسعه پایدار به توسعه‌ای اطلاق می‌شود که علاوه بر رشد و پیشرفت در زمینه تکنولوژی و اقتصادی، به جنبه‌های دیگر نظیر محیط‌زیست، فرهنگ جامعه و خصوصیات انسانی نیز بپردازد. توسعه پایدار با اقتصاد پایدار معنی می‌یابد و اقتصاد پایدار باعث افزایش تولیدات با صرفه اقتصادی و مشارکت افراد بیشتر در توسعه شده و عدم محدودیت منابع انرژی در کوتاه مدت و عدم

آلایندگی در درازمدت را به همراه دارد. امروزه، با توجه به نرخ افزایش جمعیت بالا، رشد اقتصادی پایدار فقط از طریق دسترسی به سیستم‌های انرژی که بتواند به محدودیت‌ها و مشکلات سایر منابع انرژی فائق آید، امکان‌پذیر است. لذا یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در بحث توسعه پایدار در آینده، دسترسی به منابع انرژی مورد نیاز، پاک و قابل اطمینان می‌باشد.

٤-١. شاخص‌های توسعه پایدار بخش انرژی

برخی از شاخص‌های زیست‌محیطی و اقتصادی مرتبط با بخش انرژی و توسعه پایدار عبارتند از: میزان نشر گازهای گلخانه‌ای، میزان مصرف گازهای مخرب لایه ازن، غلظت مواد آلاینده هوا در محیط هوای شهری، تولید ناخالص داخلیسرانه و شدت مصرف مواد معدنی، مصرف سرانه انرژی، و شدت انرژی. در این مقاله با توجه به اهمیت موضوع دی‌اکسیدکربن در مسائل زیست محیطی و سهم عمده آن در گازهای گلخانه‌ای به موضوع انتشار گازهای گلخانه ای با محوریت دی اکسید کربن اشاره شده است.

٤-١-١. انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران و جهان

سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیست‌محیطی بی‌شماری را ایجاد می‌نمایند. از یک‌طرف در نتیجه سوختن سوخت‌های فسیلی، گازهای سمّی وارد محیط می‌شود و تنفس انسان را دچار مشکل می‌نماید و موجب آلودگی محیط‌زیست می‌شود؛ از طرف دیگر، تراکم این گازها در جوّ زمین، مانع خروج گرما از اطراف زمین می‌شود و باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده آب وهوایی می‌گردد که همان اثر گلخانه‌ای است. برآوردها نشان می‌دهد که انتشار CO2 به طور متوسط تا ۴۱٪ در سال افزایش می‌یابد و تا سال ۲۰۳۰ به ۴۴ میلیارد تن خواهد رسید (دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو، ۱۳۸۸).در جدول ذیل میزان انتشار آلاینده‌ها در نیروگاه‌های مختلف ارائه شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، نیروگاه‌های بخاری، در انتشار تمامی گازهای گلخانه‌ای به‌ازای تولید یک مگاوات برق، رتبه اول را دارا هستند، به طوری‌که میزان انتشار گازهای NOX، SO2 و CO2 به‌ازای تولید یک مگاوات برق به‌ترتیب حدود ۱۶۶، ۲۸۸ و ۲۴۴ برابر نیروگاه بادی می‌باشد. انتشار این گازها در نیروگاه‌های گازی به‌ترتیب ۱۱۰، ۱۸ و ۱۶۱ برابر نیروگاه‌های بادی است. در مورد نیروگاه‌های سیکل ترکیبی می‌توان گفت که میزان انتشار سه گاز مذکور به ازای

یک مگاوات تولید برق، به‌ترتیب ۱۵۱، ۱۲ و ۱۳۱ برابر نیروگاه بادی می‌باشد و در نیروگاه دیزلی به‌ترتیب ۷، ۱۵ و ۱۷ برابر نیروگاه بادی می‌باشد.

جدول(۱): میزان انتشار برخی از گازهای آلاینده بخش نیروگاهی (تن بر مگاوات)

نوع نیروگاه	Nox	SO_2	CO_2
نیروگاه بخاری	۱۶/۴۸۳	۳۸/۱۷۷	۴۸۹۲
نیروگاه گازی	۱۰/۹۶۷	۲/۳۲۰۶	۳۲۲۹/۹۱۸
نیروگاه سیکل ترکیبی	۱۴/۹۶۷	۱/۵۶۱۲	۲۶۲۷/۶۰۸
نیروگاه دیزلی	۰/۶۵۰۶	۱/۹۶۹۳	۳۳۱/۸۷۲۸
نیروگاه برق‌آبی	۰/۰۰۴۵	۰/۰۱۶۲	۷/۴۷۳
نیروگاه بادی	۰/۰۹۹۴	۰/۱۳۲۵	۲۰/۰۳۳۱
نیروگاه خورشیدی	۰/۲۰۶۲	۰/۲۰۶۲	۱۰۳/۹۲۸

(منبع: ترازنامه انرژی، ۱۳۸۸)

۵. جایگاه انرژی باد در ایران و جهان

۵-۱. جایگاه انرژی بادی در جهان

در طی سال‌های اخیر میانگین رشد سالانه انرژی باد در دنیا حدود ۳۰درصد گزارش شده است که از بیشترین نرخ رشد در میان سایر منابع انرژی در دنیا برخوردار است. هم‌اکنون، بازار جهانی انرژی بادی تحت تسلط ۵ کشور آلمان، ایالات متحده آمریکا، اسپانیا، دانمارک و هند، با ظرفیت تولید بیش از ۱۰۰۰مگاوات در سال قرار دارد. جدول زیر، ظرفیت نیروگاه‌های بادی را در برخی کشورهای مطرح در این صنعت در جهان نشان می‌دهد.

جدول (۲): ظرفیت توربین‌های بادی طی سال‌های ۲۰۱۰- ۱۹۹۸ (مگاوات)

نام کشور	۲۰۰۲	۲۰۰٤	۲۰۰٦	۲۰۰۸	۲۰۱۰	درصد از کل ۲۰۱۰
چین	۴۶۸	۷۶۴	۲۵۹۹	۱۲۲۱۰	۴۲۲۸۷	۲۱/۷۵
آمریکا	۴۶۸۵	۶۷۲۵	۱۱۶۰۳	۲۵۱۷۰	۴۰۱۸۰	۲۰/۶۷
آلمان	۱۲۰۰۱	۱۶۶۲۸.۸	۲۰۶۲۲	۲۳۹۰۲.۸	۲۷۲۱۴	۱۴
اسپانیا	۴۸۳۰	۸۲۶۳	۱۱۶۳۰	۱۶۷۴۰.۳	۲۰۶۷۶	۱۰/۶۴
هندوستان	۱۷۰۲	۳۰۰۰	۶۲۷۰	۹۵۸۷	۱۳۰۶۵	۶/۷۲
کل جهان	۳۱۱۸۰	۴۷۶۹۳	۷۴۱۲۲.۸	۱۲۰۹۰۲۹	۱۹۴۳۹۰	۱۰۰

(منبع: مجله جهانی انرژی تجدیدپذیر[1])

1- Renewable Energy World Review.

جدول (۳): تولید برق بادی کشورهای برتر دنیا در سال ۲۰۱۰ (تراوات‌ساعت)

ردیف	نام کشور	تولید برق بادی (تراوات ساعت)
۱	آمریکا	۷۰/۸
۲	آلمان	۳۷/۲
۳	اسپانیا	۳۶/۶
٤	چین	۲۶/۹
٥	فرانسه	۷/۸
٦	کل جهان	۳۴۰

(منبع: مجله جهانی انرژی تجدیدپذیر ۱)

۵-۱-۱. چشم‌انداز آینده و رویکرد جهانی درخصوص انرژی باد

اهداف و خط‌مشی کشورهای مختلف به منظور تأمین بخشی از الکتریسیته تولیدی توسط انرژی باد برای سال‌های آتی به‌صورت ذیل ارائه شده است:

۱- آلمان در نظر دارد تا سال ۲۰۳۰، ۳۰درصد از تولید الکتریسیته را با احداث ۵۴ گیگاوات مزرعه بادی تأمین نماید.

۲- آمریکا در نظر دارد در سال ۲۰۲۰ با نصب ۱۰۰ گیگاوات، ۶ درصد برق تولیدی را از انرژی بادی تأمین نماید.

۳- بریتانیا تا سال ۲۰۲۰ با نصب ۱۵گیگاوات، ۲۰درصد برق تولیدی کشور را از انرژی بادی تأمین خواهد نمود.

۴- ژاپن، تا سال ۲۰۳۰ مقدار ۱۱/۸ گیگاوات نیروگاه بادی نصب نماید.

۵- استرالیا در سال ۲۰۴۰ با نصب ۱۹ گیگاوات مزرعه بادی ۲۰درصد برق خود را از منبع باد تأمین خواهد کرد.

۶- برزیل تا سال ۲۰۲۲ با احداث مزارع بادی، ۱۰درصد تولید برق خود را تأمین خواهد کرد.

۷- چین تا سال ۲۰۲۰، ۲۰گیگاوات نیروگاه بادی احداث خواهد کرد.

۵-۲. جایگاه انرژی بادی در ایران

در ایران با توجه به وجود مناطق بادخیز طراحی و ساخت آسیاب‌های بادی از ۲۰۰۰ سال پیش

1- Renewable Energy World Review.

از میلاد مسیح رایج بوده و هم‌اکنون نیز بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراهم می‌باشد. مولدهای برق بادی، می‌تواند جایگزین مناسبی برای نیروگاه‌های گازی و بخاری باشند. مطالعات و محاسبات انجام شده در زمینه تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران، نشان داده‌اند که تن‌ها در ۲۶منطقه از کشور، شامل بیش از ۴۵ سایت، میزان ظرفیت اسمی سایت‌ها، با درنظرگرفتن یک راندمان کلی۳۳درصد، در حدود ۶۵۰۰ مگاوات می‌باشد. ایران دارای آب و هوایی متنوع و متفاوت است و با مقایسه نقاط مختلف کشور، این تنوع را به‌خوبی می‌توان مشاهده کرد. کشور ایران از هر طرف با کوه‌های مرتفعی محصور گشته است. ایران با موقعیت جغرافیایی که دارد در آسیا بین شرق و غرب و نواحی گرم جنوب و معتدل شمالی واقع شده‌است و در مسیر جریان‌های عمده هوایی بین آسیا، اروپا و آفریقا، اقیانوسی هند و اقیانوس اطلس قرار گرفته است. اثر عوامل مختلف در یک منطقه معین کره زمین، آب و هوای آن منطقه را مشخص می‌کند. آب وهوای یک ناحیه نتیجه وجود عواملی است که هر یک از آن‌ها وضع خاصی را در آن محل به‌وجود می‌آورد. این عوامل عبارتند از: عرض جغرافیایی یعنی نزدیکی یا دوری از خط استوا و دو قطب شمال و جنوب، ارتفاع از سطح دریا، وضع کوهستانی یا جلگه‌ای، وجود دریا و یا دریاچه‌های بزرگ، فشار و جریان هوا، وزش بادها و بارندگی. نظر به وضع کوهستانی و وجود دریا در سواحل جنوب و شمال، دوری نواحی مرکزی آن از دریا، نزدیکی به دشت‌های وسیع آسیا، وجود کوه‌های مرتفع در گرداگرد و داخل آن، ایران یکی از کشورهای نادر جهان به شمار می‌رود که می‌توان در آن انواع آب و هوا را مشاهده کرد. ایران چه در زمستان و چه در تابستان در معرض وزش بادهایی است که در زمستان از اقیانوس اطلس و از شمال شرقی یعنی آسیای مرکزی و در تابستان از شمال غربی یعنی حدود ایسلند و اسکاندیناوی و نیز از جنوب یعنی اقیانوس هند می‌وزند، قرار گرفته است و کلیه جریان‌های جوی تحت تأثیر این وضع قرار دارند.

٦. مروری بر برخی از مطالعات انجام شده در زمینه احداث نیروگاه بادی

کالدلیس و گاوراس (Kaldellis and Gavras، 2000) به بررسی و تحلیل اقتصادی احداث نیروگاه بادی در یونان پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در صورت افزایش ۲۵٪ هزینه‌ها، سرمایه‌گذاری در این زمینه سودآور نخواهد بود.

بنیتز و همکاران (Benitez et al ، 2008)ضمن تاکید بر لزوم سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه انرژی بادی به عنوان مکمل نیروگاه‌های برق آبی و حرارتی، میزان سودآوری پروژه نیروگاه بادی را تحت تاثیر نوسان هزینه توربین‌ها و نیز هزینه کاهش دی‌اکسیدکربن می‌دانند.

حمودا (Hamouda ، 2012) امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در قاهره را مورد بررسی قرار داده و تاکید نموده که علی‌رغم ضعف شهر قاهره به‌لحاظ برخورداری از انرژی باد، احداث چنین واحدی به ویژه برای سرمایه‌گذارانی که برای تامین برق خارج از شبکه سراسری برق مصر تاکید دارند، مفید خواهد بود.

هامپلر و مادلنر (Himpler and Madlener ، 2012) به بررسی اقتصادی تامین برق از طریق توربین‌های بادی در دانمارک پرداخته و به این نتیجه رسیدند که برای توسعه انرژی بادی اعمال بیشتر مشوق‌های دولتی لازم است.

چاپارزاده (Chaparzade 2007) در پایان‌نامه خود تحت عنوان «بررسی اقتصادی استفاده از انرژی باد جهت تولید برق در ایران» به مطالعه نیروگاه بادی منجیل پرداخته و بر جایگاه ویژه انرژی باد در توسعه تولیدات نیروگاهی کشور تاکید نموده است.

حاتمی و شکوری‌گنجوی (Hatami et al 2012) در بررسی‌های خود در زمینه سیستمم بدل انرژی بادی به عنوان یک منبع تولید پراکنده، به این نتیجه رسیدند که سودآوری لازم برای ترغیب بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این زمینه مستلزم اعمال سیاست‌های تشویقی دولت در راستای توسعه این انرژی است.

۷. تحلیل مالی نیروگاه ۱۰۰مگاواتی شامل ۵۰ دستگاه توربین بادی[1]

بر اساس مفاد ماده ۱۳۹ قانون برنامه پنجم توسعه، دولت موظف گردیده تا با مساعدت بخش‌های خصوصی و تعاونی، از تولید انرژی بادی حمایت ویژه‌ای نماید. برای بررسی حمایت‌های دولت در این زمینه ابتدا باید با تحلیل مالی احداث نیروگاه‌های تولید برق از انرژی بادی بررسی

۱- اطلاعات درآمد- هزینه از طرح «بررسی امکان و نحوه طراحی بسته حمایتی انرژی‌های تجدیدپذیر کشور» اخذ گردیده است.

نمود که سرمایه‌گذاری بدون حمایت‌های دولتی چه وضعیتی دارد. به عبارت دیگر احداث این نوع نیروگاه تولید برق بدون اعمال و به‌کارگیری مشوق‌ها و حمایت‌های دولت، چه میزان جذابیت دارد؟

ارزیابی مالی طرح شامل بیان هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری و منابع تأمین مالی آن می‌باشد. علاوه بر آن درآمد حاصل از فروش و کلیه هزینه‌های عملیاتی (ثابت و متغیر) در ارتباط با طرح محاسبه گردیده و نتیجتاً به محاسبه شاخص‌های نرخ بازده داخلی[1] (IRR) و خالص ارزش فعلی[2] (NPV) در ارتباط با سرمایه‌گذاری طرح و همچنین دوره بازگشت سرمایه پرداخته می‌شود.تمامی مراحل فوق با استفاده از نرم افزار کامفار[3]صورت می‌گیرد.

در این راستا به تحلیل مالی یک نیروگاه بادی نمونه پرداخته می‌شود. به این ترتیب که پس از شناسایی درآمدها و هزینه‌ها در دو مرحله ساخت و بهره‌برداری و استخراج جریانات نقدی پروژه، شاخص‌های مالی طرح محاسبه شده و مورد تحلیل قرارگرفته‌اند. در انتها به تحلیل حساسیت مدل با تغییر متغیرهای مستقل جهت رسیدن به نرخ بازده انتظاری پرداخته خواهد شد.

برنامه زمانی پروژه: مرحله ساخت پروژه احداث نیروگاه بادی ۲ سال و سنوات بهره برداری ۲۰ سال برآورد شده است.

برآورد ظرفیت اسمی و پیش‌بینی تولید: این نیروگاه قابلیت تولید برق با ظرفیت اسمی سالانه ۳۳۷,۲۶۰ مگاوات دارد. به دلیل کاهش انتشار CO2، پروژه می‌تواند به عنوان طرح توسعه پاک از مزایای امتیاز آن بهره‌مند شود.

مرحله ساخت: هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل: ۶۸٪ ماشین‌آلات، ۱۰٪ هزینه‌های ساختمانی و زمین، ۱۲٪ آموزش، حمل‌ونقل و خدمات مهندسی و ۱۰٪ هزینه‌های سربار معادل ۱۶۲,۰۵۱,۶۳۵دلار است. فرض بر این است که ۱۰۰٪ مبلغ سرمایه‌گذاری پروژه از محل آورده سهام‌داران تأمین خواهدشد.

مرحله بهره برداری: ظرفیت اسمی تولید برق برابر ۳۳۷,۲۶۰,۰۰۰ کیلووات فرض شده و امتیاز

1- Internal Rate of Return
2- Net Present Value
3- COMFAR

کاهش آلودگی CO_2 معادل ۰/۰۰۰۶ تن به ازای هرکیلووات ساعت تولید برق درنظر گرفته شده است؛ چراکه در برآورد درآمدها،درآمد حاصل از فروش انرژی برق تولیدی به همراه ارزش دلاری امتیازکاهش گازهای گلخانه‌ای محاسبه می‌شود. قیمت فروش برق بر اساس تعرفه خریدتضمینی برق(وزارت نیرو) به طور متوسط ۱۳۰۰ریال برای هرکیلووات ساعت و قیمت کاهش هر تن CO_2 نیز برابر ۸۰۰۰۰ ریال درنظرگرفته شده است (ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹).

در این مقاله با توجه به روند افزایش هزینه‌ها و قیمت‌ها در حوزه انرژی، نرخ رشد قیمت فروش برق تولیدی سالانه ۱۳٪ و نرخ رشد سالانه قیمت متوسط انرژی (آب، برق، گاز و سوخت مصرفی) و نرخ رشد سالانه دستمزدها ۱۰٪ لحاظ شده است.

جدول(٤): شاخص‌های مالی نیروگاه بادی

ردیف	شرح	مقدار
۱	نرخ بازده داخلی کل طرح(IRR)	٪۱۴.۹۸
۲	خالص ارزش فعلی کل سرمایه(NPV) (دلار)	۶۳,۲۵۱,۲۰۵ -
۳	دوره بازگشت سرمایه (سال)	۱۰.۳۷
۴	دوره بازگشت سرمایه متحرک (سال)	یافت نشد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

طبق محاسبات صورت گرفته که در جدول شاخص‌های مالی نشان داده شده، با اعمال نرخ تنزیل ۲۵٪، ارزش فعلی خالص برابر ۶۳,۲۵۱,۲۰۵ - دلار تعیین شده که نشان می دهد پروژه توجیه‌پذیر نیست و نمی‌توان آن را انتخاب نمود.

نرخ بازده داخلی، نرخ تنزیلی است که NPV را صفر می کند. شاخص مالی حداقل نرخ بازده جذب(MARR)[1] مبنای پذیرش یا رد پروژه بر اساس IRR است. به این صورت که اگرشاخص IRR طرح بزرگتر و یا مساوی MARR باشد، طرح توجیه‌پذیراست و در غیر این-صورت طرح توجیه مالی نخواهد داشت. محاسبات نشان می‌دهند IRR برای این پروژه برابر ۱۴.۹۸٪ است که کوچکتر از حداقل نرخ جذب (۲۵٪) می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت

1- Minimum Attractive Rate of Return

طرح توجیه‌پذیر نبوده و نرخ بازده داخلی پایین‌تر از حداقل نرخ جذب است. لذا با درنظرگرفتن شرایط اقتصادی کشور و فرصت‌های سودآور موجود در سایر بخش‌های اقتصادی، سرمایه‌گذار انگیزه کافی به منظور سرمایه‌گذاری در پروژه را نخواهد داشت.

دوره بازگشت سرمایه نشان‌دهنده سال‌های بعد از دوران سرمایه‌گذاری است که اصل وجوه نقد سرمایه‌گذاری‌شده براثر فعالیت‌های ناشی از طرح به داخل شرکت جریان خواهد یافت. به عبارت دیگر تعداد سال‌هایی که نیاز است تا جریان نقدی مثبت گردد. هرچه این شاخص کوچک‌تر باشد، بیانگر سرعت بیشتر جبران جریان نقدی خروجی توسط جریان نقدی ورودی می‌باشد. محاسبات این پروژه نشان می‌دهد که دوره بازگشت سرمایه در حالت عادی بیش از ۱۰ سال و در حالت متحرک(با درنظرگرفتن ارزش زمانی پول) بیش از عمر پروژه می‌باشد.

از نتایج فوق برمی‌آید، محاسبات شاخص‌های مالی مربوط به طرح حاضر بیانگر عدم توجیه‌پذیری پروژه خواهدبود و لذا پروژه برای سرمایه‌گذار جذابیت ندارد.

۸. تحلیل حساسیت مدل نسبت به تغییر متغیرهای ورودی

باتوجه به تحلیل صورت گرفته از طریق کامفار نتایج زیر قابل بررسی است:

بررسی حساسیت مدل نسبت به تغییرات هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که برای رسیدن به حداقل نرخ جذب، هزینه‌های سرمایه‌گذاری می بایست حدود ۶۰٪ کاهش یابد.

بررسی حساسیت مدل به تغییرات در هزینه‌های جاری

در رابطه با هزینه‌های تولید، می‌توان گفت که تغییر هزینه‌های جاری اثر بسیار ضعیف بر نرخ بازده داخلی دارد. تا جایی‌که کاهش ۱۰۰ درصدی این هزینه‌ها، نرخ‌بازده‌داخلی را فقط به ۱۵/۹۹٪ افزایش می‌دهد. لذا مدل تقریبا حساسیتی به کاهش این‌گونه هزینه‌ها ندارد.

حساسیت پایین مدل نسبت به تغییر درآمد فروش

در ارتباط با درآمد فروش نیز می‌توان بیان کرد که حساسیت نرخ بازده داخلی به تغییر این متغیر بسیار پایین است، به طوری‌که با افزایش ۱۰۰ درصد در درآمد فروش، نرخ بازده داخلی اولیه به حداقل بازده جذب نخواهد رسید. این امر نشان‌دهنده اثرگذاری نسبتاً ضعیف فروش بر IRR

می‌باشد.

اگرچه بهترین گزینه جهت افزایش نرخ بازده داخلی، کاهش هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری در مرحله ساخت می‌باشد، اما می‌توان با ترکیبی از کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت در مرحله ساخت، کاهش هزینه‌های تولید در مرحله بهره‌برداری و افزایش فروش به نتیجه مطلوب‌تری دست یافت.

۹. تحلیل اثرگذاری مشوق ها بر پروژه[۱]

جهت بالابردن جذابیت پروژه تولید برق توسط نیروگاه بادی به استفاده از برخی حمایت‌ها و مشوق‌ها جهت تشویق سرمایه‌گذار و تولیدکننده به سرمایه‌گذاری و تولید نیازمندیم. بنابراین باید تأثیر برخی مشوق‌های مالی را بر شاخص‌های مالی از جمله IRR و NPV بسنجیم.

برخی ازمشوق‌های قابل ارائه جهت توجیه‌پذیرنمودن سرمایه‌گذاری عبارتند از: معافیت از مالیات بر درآمد، سیستم سهمیه گواهینامه‌ها، مجوز استفاده از نرخ مرجع و مبادله ای ارز برای خرید تجهیزات پروژه.

۹-۱- اعمال مشوق سیستم سهمیه (گواهینامه‌ها)

در این سیستم، گواهینامه‌هایی توسط متولی انرژی‌های تجدیدپذیر در هر کشور منتشر می‌شود که نشان‌دهنده میزان مشخصی تولید برق از منابع تجدیدپذیر توسط تولیدکنندگان است. این گواهینامه‌ها می‌تواند در بازاری که برای آن در نظرگرفته می‌شود، فروخته شده و یا این‌که دارنده این گواهینامه به جای فروش آن می‌تواند از تسهیلات دیگری مانند معافیت مالیاتی استفاده کند. این گواهینامه‌ها مشابه گواهینامه‌های بین‌المللی پیمان کیوتو هستند و کارکردهای زیادی دارند. برای ثبت این گواهینامه‌ها در نرم افزار کامفار و تحلیل اثر تغییر آنها، افزایش قیمت گواهینامه‌های بین‌المللی مد نظر قرارگرفته‌اند. مشوق سیستم سهمیه، درآمد فروش را از طریق افزایش قیمت فروش امتیاز کاهش دی‌اکسیدکربن (گواهینامه‌های بین‌المللی) تغییر داده و از این طریق بر شاخص‌های مالی طرح اثر می‌گذارد.

۱- مشوق‌های قابل ارائه از طرح «بررسی امکان و نحوه طراحی بسته حمایتی انرژی‌های تجدیدپذیر کشور» اخذ گردیده است.

با اعمال این مشوق، درآمد فروش ناشی از افزایش قیمت امتیاز کاهش دی اکسیدکربن افزایش می‌یابد. در این مقاله اعمال مشوق فوق در قالب افزایش ارزش گواهینامه با نرخ ۲۵٪، ۴۰٪ و ۵۰٪ مورد بررسی قرار گرفته است.

۹-۲. اعمال معافیت مالیاتی

معافیت مالیاتی یکی از مهم‌ترین ابزار حمایت از تولیدکنندگان است. در این تحقیق سه نوع معافیت ۱۰ساله، ۱۵ ساله و ۲۰ ساله جهت بررسی شرایط اقتصادی شدن طرح در نظر گرفته شده است.

۹-۳. نرخ ارز

تعیین نرخ ارز برای ورود تجهیزات طرح یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر توجیه‌پذیری پروژه است. در حال حاضر سه نوع نرخ ارز مرجع، مبادله‌ای و آزاد مبنای مبادلات ارزی است. بنابراین سه نوع ارز مورد اشاره در بررسی توجیه‌پذیری طرح مورد استفاده قرار گرفته است.

۹-٤. نرخ خرید تضمینی برق

نرخ خرید تضمینی برق تولیدی نیروگاه نیز از مواردی است که بر توجیه‌پذیری طرح تاثیرگذار است. در تحقیق حاضر سه نوع تعرفه خرید تضمینی شامل نرخ خرید سال ۱۳۹۰ (۱۳۰۰ ریال) و نرخ‌های ۲۰۰۰ و ۲۶۰۰ ریال به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفته است.

الف) بررسی توجیه‌پذیری طرح با توجه به نرخ خرید تضمینی ۱۳۰۰ ریال .

معافیت مالیاتی	نرخ ارز	افزایش‌نرخ گواهینامه	ارزش خالص فعلی(دلار)	نرخ بازده داخلی	دوره بازگشت سرمایه(سال)	دوره بازگشت سرمایه پویا	نسبت‌ارزش خالص‌فعلی
۱۰ سال	مرجع	25%	75,363,134.80	34.61 %	5.15	8.82	0.636
		40%	75,852,184.91	34.68 %	5.14	8.79	0.640
		50%	76,178,218.31	34.72 %	5.13	8.76	0.643
	مبادله‌ای	25%	-27,147,377.32	20.99 %	7.75	یافت نشد	-0.229
		40%	-26,907,547.15	21.02 %	7.73	یافت نشد	-0.227
		50%	-26,747,660.36	21.05	7.72	یافت نشد	-0.225

				%			
	آزاد	25%	-55,332,595.49	16.22 %	9.44	یافت نشد	-0.467
		40%	-55,161,288.23	16.25 %	9.43	یافت نشد	-0.468
		50%	-55,047,083.39	16.26 %	9.42	یافت نشد	-0.464
۱۵ سال	مرجع	25%	83,675,310.88	35.19 %	5.15	8.82	0.706
		40%	84,173,511.86	35.25 %	5.14	8.78	0.710
		50%	84,505,645.85	35.29 %	5.13	8.76	0.713
	مبادله ای	25%	-23,355,518.43	21.67 %	7.75	یافت نشد	-0.197
		40%	-23,111,200.67	21.71 %	7.73	یافت نشد	-0.195
		50%	-22,948,322.16	21.73 %	7.72	یافت نشد	-0.193
	آزاد	25%	-52,783,595.74	16.88 %	9.44	یافت نشد	-0.445
		40%	-52,609,083.05	16.91 %	9.43	یافت نشد	-0.444
		50%	-52,492,741.26	16.93 %	9.42	یافت نشد	-0.443
۲۰ سال	مرجع	25%	88,819,224.72	35.41 %	5.15	8.82	0.749
		40%	89,320,424.26	35.48 %	5.14	8.78	0.754
		50%	89,654,557.29	35.52 %	5.13	8.76	0.756
	مبادله ای	25%	-20,929,924.41	22.13 %	7.75	یافت نشد	-0.176
		40%	-20,684,136.15	22.17 %	7.73	یافت نشد	-0.174
		50%	-20,520,277.31	22.19 %	7.72	یافت نشد	-0.173
	آزاد	25%	-51,105,402.50	17.44 %	9.44	یافت نشد	-0.431
		40%	-50,929,839.46	17.46 %	9.43	یافت نشد	-0.430
		50%	-50,812,797.44	17.48 %	9.42	یافت نشد	-0.421

ب) بررسی توجیه‌پذیری طرح با توجه به نرخ خرید تضمینی ۲۰۰۰ ریال.

معافیت مالیاتی	نرخ ارز	افزایش‌نرخ گواهینامه	ارزش خالص فعلی(دلار)	نرخ بازده داخلی	دوره بازگشت سرمایه(سال)	دوره بازگشت سرمایه پویا	نسبت ارزش خالص فعلی
۱۰ سال	مرجع	25%	181,484,943.06	46.20 %	4.15	5.83	1.532
		40%	181,973,993.17	46.26	4.15	5.82	1.536

				%			
		50%	182,300,026.57	46.31 %	4.14	5.81	1.539
	مبادله ای	25%	24,894,757.45	28.36 %	6.07	13.48	0.210
		40%	25,134,587.63	28.39 %	6.06	13.43	0.212
		50%	25,294,474.41	28.41 %	6.05	13.40	0.213
	آزاد	25%	-18,159,642.09	22.37 %	7.37	یافت نشد	-0.153
		40%	-17,988,334.82	22.40 %	7.36	یافت نشد	-0.151
		50%	-17,874,129.98	22.41 %	7.35	یافت نشد	-0.150
۱۵ سال	مرجع	25%	194,532,385.90	46.61 %	4.15	5.83	1.642
		40%	195,030,586.88	46.67 %	4.15	5.82	1.646
		50%	195,362,720.87	46.72 %	4.14	5.81	1.649
	مبادله ای	25%	31,008,791.16	29.01 %	6.07	13.11	0.261
		40%	31,253,108.92	29.04 %	6.06	13.07	0.263
		50%	31,415,987.43	29.06 %	6.05	13.05	0.265
	آزاد	25%	-13,951,946.03	23.06 %	7.37	یافت نشد	-0.117
		40%	-13,777,433.34	23.08 %	7.36	یافت نشد	-0.116
		50%	-13,661,091.55	23.10 %	7.35	یافت نشد	-0.115
۲۰ سال	مرجع	25%	202,535,118.37	46.72 %	4.15	5.83	1.710
		40%	203,036,317.91	46.78 %	4.15	5.82	1.714
		50%	203,370,450.93	46.82 %	4.14	5.81	1.717
	مبادله ای	25%	34,836,349.84	29.33 %	6.07	13.11	0.294
		40%	35,082,138.09	29.36 %	6.06	13.07	0.296
		50%	35,245,996.93	29.38 %	6.05	13.05	0.297
	آزاد	25%	-11,272,349.47	23.49 %	7.37	یافت نشد	-0.095
		40%	-11,096,786.43	23.51 %	7.36	یافت نشد	-0.093
		50%	-10,979,744.41	23.53 %	7.35	یافت نشد	-0.092

ج) بررسی توجیه‌پذیری طرح با توجه به نرخ خرید تضمینی ۲۶۰۰ ریال.

معافیت مالیاتی	نرخ ارز	افزایش‌نرخ گواهینامه	ارزش خالص فعلی(دلار)	نرخ بازده داخلی	دوره بازگشت سرمایه(سال)	دوره بازگشت سرمایه پویا	نسبت ارزش خالص فعلی
۱۰ سال	مرجع	25%	272,446,493.00	55.13 %	3.69	4.79	2.300
		40%	272,935,543.11	55.19 %	3.69	4.78	2.304
		50%	273,261,576.51	55.24 %	3.69	4.78	2.307
	مبادله ای	25%	69,502,301.54	33.89 %	5.24	9.16	0.586
		40%	69,742,131.72	33.92 %	5.24	9.14	0.588
		50%	69,902,018.50	33.94 %	5.24	9.13	0.590
	آزاد	25%	13,702,889.41	26.88 %	6.34	16.14	0.115
		40%	13,874,196.67	26.90 %	6.33	16.08	0.117
		50%	13,988,401.52	26.92 %	6.33	16.04	0.118
۱۵ سال	مرجع	25%	289,552,735.92	55.43 %	3.69	4.79	2.444
		40%	290,050,936.90	55.49 %	3.69	4.78	2.448
		50%	290,383,070.89	55.54 %	3.69	4.78	2.451
	مبادله ای	25%	77,606,770.81	34.47 %	5.24	9.16	0.655
		40%	77,851,088.57	34.50 %	5.24	9.14	0.657
		50%	78,013,967.08	34.52 %	5.24	9.13	0.658
	آزاد	25%	19,332,325.15	27.54 %	6.34	15.00	0.163
		40%	19,506,837.83	27.56 %	6.33	14.97	0.164
		50%	19,623,179.62	27.58 %	6.33	14.94	0.165
۲۰ سال	مرجع	25%	300,005,884.34	55.49 %	3.69	4.79	2.532
		40%	300,507,083.89	55.55 %	3.69	4.78	2.537
		50%	300,841,216.91	55.60 %	3.69	4.78	2.540
	مبادله ای	25%	82,636,013.47	34.71 %	5.24	9.16	0.697
		40%	82,881,801.73	34.74	5.24	9.14	0.699

				%			
		50%	83,045,660.56	34.76 %	5.24	9.13	0.701
	آزاد	25%	22,870,267.41	27.89 %	6.34	15.00	0.193
		40%	23,045,830.45	27.91 %	6.33	14.97	0.194
		50%	23,162,872.48	27.93 %	6.33	14.94 years	0.195

۱۰- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

همان‌طور که خروجی نرم افزار کامفار نشان می‌دهد، احداث واحد تولید برق از انرژی باد به هیچ وجه برای بخش خصوصی توجیه اقتصادی نداشته و بنابراین لازم است که مشوق‌هایی برای ایجاد انگیزه در بخش خصوصی برای ایجاد و بهره برداری از چنین واحدی تعیین گردد. بررسی مشوق‌های قابل ارائه به سرمایه‌گذاران پروژه‌های نیروگاه‌های بادی نشان می‌دهد که هیچ‌کدام از مشوق‌ها به تنهایی نمی‌تواند انگیزه ورود به چنین پروژه‌ای را تقویت نماید. لذا سناریوهای مختلفی طراحی و ترکیبی از مشوق‌ها در ۸۱ حالت مورد بررسی مجدد قرار گرفت که مهم‌ترین نتایج آن عبارتند از:

مهم‌ترین عامل در بهبود شاخص‌های مالی طرح، تغییر قیمت تضمینی خرید برق تولیدی است به نحوی که با وجود اعمال معافیت مالیاتی ۱۰ ساله و با نرخ ارز آزاد و افزایش ارزش گواهینامه به میزان ۲۵٪، اگر قیمت خرید تضمینی از ۱۳۰۰ ریال به ۲۶۰۰ ریال افزایش یابد، نرخ بازده داخلی از ۱۶/۲٪ به ۲۶/۸٪ افزایش می‌یابد.

یکی از عوامل تاثیرگذار در بهبود نرخ بازده داخلی، تغییر نرخ ارز و اختصاص ارز مرجع یا مبادله‌ای به چنین پروژه‌ای است. به عنوان مثال و در حالتی که قیمت تضمینی خرید برق ۲۰۰۰ ریال تعیین شود، با وجود معافیت مالیاتی ۱۰ ساله و افزایش قیمت گواهینامه به میزان ۲۵٪، با تغییر نرخ ارز از نرخ ارز آزاد به مبادله‌ای، نرخ بازده داخلی پروژه از ۲۲/۳٪به ۲۸/۳٪ افزایش می‌یابد. همچنین با تغییر نرخ ارز از نرخ آزاد به نرخ مرجع، نرخ بازده داخلی پروژه از ۲۲/۳٪به ۴۶/۲٪ افزایش می‌یابد.

اعمال معافیت مالیاتی یکی دیگر از مشوق‌های قابل ارائه است که به تنهایی تاثیر چندانی بر سودآوری پروژه ندارد به نحوی که در حالت قیمت تضمینی خرید ۲۰۰۰ ریال و با وجود نرخ ارز

آزاد و افزایش ارزش گواهینامه به میزان ۲۵٪، اگر معافیت مالیاتی از ۱۰ سال به ۲۰ سال افزایش یابد، نرخ بازده داخلی از ۲۲/۳٪ به ۲۳/۴٪ افزایش می‌یابد.

تغییر نرخ افزایش قیمت گواهینامه نیز از مواردی است که به تنهایی اثر بسیار اندکی بر سودآوری پروژه خواهد داشت. به عنوان مثال در حالتی که قیمت خرید تضمینی برق ۲۶۰۰ ریال بوده و با وجود معافیت مالیاتی ۱۰ ساله و نرخ ارز آزاد، تغییر نرخ افزایش قیمت سهمیه و گواهینامه از ۲۵٪ به ۵۰٪ ، نرخ بازده داخلی را از ۲۶/۸٪ به ۲۶/۹٪ افزایش خواهد داد.

بهترین حالت برای سودآوری پروژه، اعمال قیمت خرید تضمینی ۲۶۰۰ ریال و نرخ ارز مرجع می باشد.

اعمال معافیت مالیاتی مستلزم تصویب و اصلاح قوانین موجود مالیاتی است و مجاب نمودن دولت جهت تخصیص ارز مرجع به ورود تجهیزات نیروگاه بادی امری مشکل است. لذا به نظر می‌رسد نرخ ارز مبادله‌ای و تعیین ۲۶۰۰ ریال برای خرید برق با درنظر گرفتن احداث در مناطق کمتر توسعه یافته و برخورداری از معافیت مالیاتی ۱۰ ساله قابل اعمال بوده و بنابراین ضرورت دارد مورد توجه دست اندرکاران و متولیان حوزه توسعه و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌ویژه انرژی بادی قرار گیرد. در این حالت IRR به ۳۳/۹٪ می‌رسد که نرخ مناسبی برای سرمایه‌گذاری تلقی می گردد.

References

[1] Benitez, L. et al,(2008). The Economics of Wind Power WithEnergy Storage.Energy Economics, Volume 30, Issue4, Pages 1973–1989.

[2] BP Statistical Review of World Energy, 2011, 2-12.

[3] Hamouda, Y. A,(2012).Wind Energy in Egypt: Economic feasibility for Cairo. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 5, Pages 3312–3319.

[4] Himpler, S. and Madlener, R.*(2011)*. Repowering of Wind Turbines: Economics and Optimal Timing. Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, *No. 19*.

[5] Kaldellis, J. K. and Gavras, Th. J. (2000). The Economic Viability of Commercial Wind Plants in Greece: A complete Sensitivity Analysis. Energy Policy 28, pp. 509-517.

[6] Iran Energy Balance sheet.(2010,2011). Macro planning department of electricity & energy of Ministry of Energy. (in persian)

[7] Chaparzadeh fesghendis , R. (1998).Economic Analysis of using wind energy

for electricity generation in Iran, "Case Study: Menjil Wind Power Network". Tehran University.(in persian)

[8] Shakouri Ganjavi, H. & Hatami A. (2013) "Determining Technical (diameter and height)& economic (cost of electricity generation) specifications of wind energy converter system as a sporadic generation source". Energy Economics StudiesQuarterly, 9th year, No. 32, p. 25-50.(in persian)

[9] Houshmand , M. (2012). A Research on ' feasibility study and designinga support package for renewable energy in the country. "Client: Khorasan Regional Electricity Company(in persian)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی