

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 پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

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 می‌باشد 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 ۱۰۰ مگاوات برق بادی شامل ۵۰ دستگاه توربین مورد تحلیل قرار گرفته، سپس مشوق‌های قابل ارائه به بخش تولید و سرمایه‌گذاری 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، ارزیابی اقتصادی، منابع فسیلی، انرژی باد، نرم افزار کامفار

1- m-hoshmand@um.ac.ir

2- نویسنده مسئول: Hamedsh2929@yahoo.com b

طبقه بندی JEL : C88, Q29, Q30, H43, Q27

Economic Evaluation of Electricity Generation Using Wind Energy by the Private Sector in 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 need of energy, is one of the fundamental issues in human life and governments are planning to preparation these need through various sources of energy. Despite the importance of fossil sources of energy supply for 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 buildings such as a plan has been examined.

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

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

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

۱. مقدمه

منابع تأمین کننده انرژی را می توان در ۳ گروه عمده، شامل انرژی های فسیلی (نفت، گاز، زغال سنگ و...)، انرژی هسته ای و انرژی های تجدید پذیر (باد، خورشید، زمین گرمایی، برق آبی و...) طبقه بندی کرد. ذخایر سوخت های فسیلی محدود هستند و در سطح جهان، هر ساله بیش از ۱۱ میلیارد تن سوخت فسیلی مصرف می گردد. 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 از بین 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. اما اگر شکاف نبود ذخایر نفت و گاز را با زغال‌سنگ پر کنیم، ذخایر زغال‌سنگ نیز به صورت 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. در حال حاضر قیمت تمام شده 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 با توجه به رو به اتمام گذاشتن آن در آینده‌ای نه چندان دور و افزایش مصرف انرژی، نگرانی‌های عمده‌ای برای جایگزینی آن به وجود آمده است. شاید بتوان گفت که تأمین انرژی برای چند نسل آینده بزرگترین معضل و کاری بس دشوار خواهد بود. به طوری که در سال ۲۰۳۰، مصرف انرژی جهان دو برابر خواهد شد و تقاضای انرژی جهانی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰، سالانه ۱/۸ درصد 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.

۱-۲. ذخایر نفت خام

مجموع ذخایر تثبیت شده 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 بودن ۷۹۵ میلیارد بشکه، معادل ۴۸/۱ درصد از کل ذخایر تثبیت شده نفت جهان، مقام اول را به خود اختصاص داد. عربستان با ۲۶۵/۴ میلیارد بشکه ذخایر نفت خام، ۱۶/۱ درصد از کل ذخایر جهان، در رتبه اول کشورهای نفت خیز دنیا قرار دارد. در خاورمیانه، کشورهای ایران، عراق و کویت به ترتیب در رتبه های بعدی پس از عربستان قرار دارند. عمر برآوردی طبق این آمار از ابتدای سال ۲۰۱۱ برابر با ۵۴ سال می باشد^۱.

۲-۲. ذخایر گاز طبیعی

میزان ذخایر تثبیت شده 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 متر مکعب معادل ۲۱/۴ درصد کل ذخایر گازی، در جایگاه اول جهان قرار دارد. ایران با ۳۳/۱ تریلیون متر مکعب معادل ۱۵/۹ درصد سهم ذخایر گاز طبیعی جهان، هم چنان دومین کشور دارنده ذخایر گاز طبیعی است. قطر، ترکمنستان، عربستان سعودی و ایالات متحده آمریکا به ترتیب 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. پیش بینی می شود در صورت برداشت از این ذخایر به میزان کنونی، عمر ذخایر جهانی گاز حدود ۶۴ سال باشد^۲.

۳-۲. ذخایر زغال سنگ

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

با توجه به این که 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 و تمام‌شدنی 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. در حال حاضر قیمت تمام‌شده تولید برق از برخی منابع تجدیدپذیر، مانند انرژی باد و انرژی زمین‌گرمایی، در حال رقابت با سوخت‌های فسیلی می‌باشند.

بنا بر گزارش موجود ۹۹ درصد مصرف انرژی در ایران، از محل سوخت‌های فسیلی و تن‌ها حدود ۱ درصد آن از طریق سوخت‌های غیر فسیلی تأمین می‌شود که رقم بسیار ناچیزی است و اهمیت 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 غیر فسیلی ۱۳ درصد است. لذا با عنایت به اینکه در کشور ایران از وجود بالای 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. اما آنچه در عمل رخ داده، تأمین انرژی کشور بر مبنای اختصاص سهم اصلی به نفت و گاز طبیعی بوده است؛ به طوری که در طول سالیان گذشته، همواره بیش از ۹۵ درصد حجم سبد انرژی مصرفی کشور از نفت و گاز تشکیل شده است. تن‌ها تغییر سبد انرژی کشور در سال‌های اخیر، جایگزینی گاز به جای نفت به دنبال 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)، در صورتی که در کشورهای پیشرفته جهان در زمینه انرژی، هدف گذاری، به سمت تنوع بخشیدن 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 ارزش افزوده 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 بالا رفتن ریسک اجتماعی علی‌رغم وجود عدم تقارن و بهینه‌یابی در سبد انرژی است. در واقع با تنوع بخشی 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 کوتاه مدت 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 ۲۰ درصد برسد (همان، ۲۰۱۱).

تنوع بخشی به سبد انرژی، نیازمند آگاهی دقیق از پتانسیل‌های کشور در بهره‌مندی از حامل‌های مختلف و تحلیل آثار این امر است. از موضوعات اساسی که 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.

۴. 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 پردازد. 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

آلاینده‌گی 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.

۴-۱. 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 داخلی سرانه و شدت مصرف مواد معدنی، مصرف سرانه انرژی، و شدت انرژی. در این مقاله با توجه به اهمیت موضوع دی‌اکسید کربن در مسائل زیست‌محیطی و سهم عمده آن در گازهای گلخانه‌ای به موضوع انتشار گازهای گلخانه‌ای با محوریت دی‌اکسید کربن اشاره شده است.

۴-۱-۱. انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران و جهان

سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیست‌محیطی بی‌شماری را ایجاد می‌نمایند. از یک‌طرف در نتیجه سوختن سوخت‌های فسیلی، گازهای سمی وارد محیط می‌شود و تنفس انسان را دچار مشکل می‌نماید و موجب آلودگی محیط‌زیست می‌شود؛ از طرف دیگر، تراکم این گازها در جو زمین، مانع خروج گرما از اطراف زمین می‌شود و باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده آب و هوایی 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 طوری که میزان انتشار گازهای SO₂، NOX و CO₂ به‌ازای تولید یک مگاوات برق به ترتیب حدود ۱۶۶، ۲۸۸ و ۲۴۴ برابر نیروگاه بادی می‌باشد. انتشار این گازها در نیروگاه‌های گازی به ترتیب ۱۱۰، ۱۸ و ۱۶۱ برابر نیروگاه‌های بادی است. در مورد نیروگاه‌های سیکل ترکیبی می‌توان گفت که میزان انتشار سه گاز مذکور به‌ازای

یک مگاوات تولید برق، به ترتیب ۱۵۱، ۱۲ و ۱۳۱ برابر نیروگاه بادی می باشد و در نیروگاه دیزلی به ترتیب ۷، ۱۵ و ۱۷ برابر نیروگاه بادی می باشد.

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 برق آبی	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

۱-۵. جایگاه انرژی بادی در جهان

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

جدول (۲): ظرفیت توربین های بادی طی سال های ۲۰۱۰-۱۹۹۸ (مگاوات)

نام کشور	۲۰۰۲	۲۰۰۴	۲۰۰۶	۲۰۰۸	۲۰۱۰	درصد از کل ۲۰۱۰
چین	۴۶۸	۷۶۴	۲۵۹۹	۱۲۲۱۰	۴۲۲۸۷	۲۱/۷۵
آمریکا	۴۶۸۵	۶۷۲۵	۱۱۶۰۳	۲۵۱۷۰	۴۰۱۸۰	۲۰/۶۷
آلمان	۱۲۰۰۱	۱۶۶۲۸۸	۲۰۶۲۲	۲۳۹۰۲۸	۲۷۲۱۴	۱۴
اسپانیا	۴۸۳۰	۸۲۶۳	۱۱۶۳۰	۱۶۷۴۰۳	۲۰۶۷۶	۱۰/۶۴
هندوستان	۱۷۰۲	۳۰۰۰	۶۲۷۰	۹۵۸۷	۱۳۰۶۵	۶/۷۲
کل جهان	۳۱۱۸۰	۴۷۶۹۳	۷۴۱۲۲۸	۱۲۰۹۰۲۹	۱۹۴۳۹۰	۱۰۰

(منبع: مجله جهانی انرژی تجدیدپذیر^۱)

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

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

(منبع: مجله جهانی انرژی تجدیدپذیر (۱))

۱-۱-۵. چشم‌انداز آینده و رویکرد جهانی در خصوص انرژی باد

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

۱- آلمان در نظر دارد تا سال ۲۰۳۰، ۳۰ درصد 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 ۱۵ گیگاوات، ۲۰ درصد 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 ۲۰ درصد برق خود را از منبع باد تأمین خواهد کرد.

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

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

۲-۵. جایگاه انرژی بادی در ایران

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

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 ۲۶ منطقه از کشور، شامل بیش از ۴۵ سایت، میزان ظرفیت اسمی سایت‌ها، با در نظر گرفتن یک راندمان کلی ۳۳ درصد، در حدود ۶۵۰۰ مگاوات می‌باشد. ایران دارای آب و هوایی متنوع و متفاوت است و با مقایسه نقاط مختلف کشور، این تنوع را به خوبی 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 شده است و در مسیر جریان‌های عمده هوایی بین آسیا، اروپا و آفریقا، اقیانوس 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 و هوای یک ناحیه نتیجه وجود عواملی است که هر یک از آن‌ها وضع خاصی را در آن محل به وجود 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 بادهای 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 اسکانندیناوی و نیز از جنوب یعنی اقیانوس هند می‌وزند، قرار گرفته است و کلیه جریان‌های جوی تحت تأثیر این وضع قرار دارند.

۶. 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 دی‌اکسید کربن می‌دانند.

حمودا (Hamouda, 2012) امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در قاهره را مورد بررسی قرار داده و تاکید نموده که علی‌رغم ضعف شهر قاهره به لحاظ 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 شکوری گنجوی (Hatami et al 2012) در بررسی‌های خود در زمینه سیستم 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 ۱۰۰ مگاواتی شامل ۵۰ دستگاه توربین بادی^۱

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^۱ (IRR) و خالص ارزش فعلی^۲ (NPV) در ارتباط با سرمایه‌گذاری طرح و همچنین دوره بازگشت سرمایه پرداخته می‌شود. تمامی مراحل فوق با استفاده از نرم افزار کامفار^۳ 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 قرار گرفته‌اند. 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 بهره‌برداری 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 ۱۶۲,۰۵۱,۶۳۵ دلار است. فرض بر این است که ۱۰۰٪ مبلغ سرمایه‌گذاری پروژه از محل آورده سهام‌داران تأمین خواهد شد.

مرحله بهره‌برداری: 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 CO2 معادل ۰/۰۰۰۶ تن به ازای هر کیلووات ساعت تولید برق در نظر گرفته شده است؛ چراکه در برآورد درآمدها، درآمد حاصل از فروش انرژی برق تولیدی به همراه ارزش دلاری امتیاز کاهش گازهای گلخانه‌ای محاسبه می‌شود. قیمت فروش برق بر اساس تعرفه خرید تضمینی برق (وزارت نیرو) به طور متوسط ۱۳۰۰ ریال برای هر کیلووات ساعت و قیمت کاهش هر تن CO2 نیز برابر ۸۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته 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 (۴): 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 می‌دهد پروژه توجیه پذیر نیست و نمی‌توان آن را انتخاب نمود.

نرخ بازده داخلی، نرخ تنزیلی است که NPV را صفر می‌کند. شاخص مالی حداقل نرخ بازده جذب (MARR) مبنای پذیرش یا رد پروژه بر اساس IRR است. به این صورت که اگر شاخص IRR طرح بزرگتر و یا مساوی MARR باشد، طرح توجیه پذیر است 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

طرح توجیه پذیر نبوده و نرخ بازده داخلی پایین تر از حداقل نرخ جذب است. لذا با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی کشور و فرصت های سودآور موجود در سایر بخش های اقتصادی، سرمایه گذار انگیزه کافی به منظور سرمایه گذاری در پروژه را نخواهد داشت.

دوره بازگشت سرمایه نشان دهنده سال های بعد از دوران سرمایه گذاری است که اصل وجوه نقد سرمایه گذاری شده بر اثر فعالیت های ناشی از طرح به داخل شرکت جریان خواهد یافت. به عبارت دیگر تعداد سال هایی که نیاز است تا جریان نقدی مثبت گردد. هرچه این شاخص کوچک تر باشد، بیانگر سرعت بیشتر جریان نقدی خروجی توسط جریان نقدی ورودی می باشد. محاسبات این پروژه نشان می دهد که دوره بازگشت سرمایه در حالت عادی بیش از ۱۰ سال و در حالت متحرک (با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول) بیش از عمر پروژه می باشد. از نتایج فوق برمی آید، محاسبات شاخص های مالی مربوط به طرح حاضر بیانگر عدم توجیه پذیری پروژه خواهد بود و لذا پروژه برای سرمایه گذار 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 هزینه های ثابت سرمایه گذاری

بررسی ها نشان می دهد که برای رسیدن به حداقل نرخ جذب، هزینه های سرمایه گذاری می بایست حدود ۶۰٪ کاهش یابد.

بررسی حساسیت مدل به تغییرات در هزینه های جاری

در رابطه با هزینه های تولید، می توان گفت که تغییر هزینه های جاری اثر بسیار ضعیف بر نرخ بازده داخلی دارد. تا جایی که کاهش ۱۰۰ درصدی این هزینه ها، نرخ بازده داخلی را فقط به ۱۵/۹۹٪ افزایش می دهد. لذا مدل تقریباً حساسیتی به کاهش این گونه هزینه ها ندارد.

حساسیت پایین مدل نسبت به تغییر درآمد فروش

در ارتباط با درآمد فروش نیز می توان بیان کرد که حساسیت نرخ بازده داخلی به تغییر این متغیر بسیار پایین است، به طوری که با افزایش ۱۰۰ درصد در درآمد فروش، نرخ بازده داخلی اولیه به حداقل بازده جذب نخواهد رسید. این امر نشان دهنده اثر گذاری 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 مشوق‌ها 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 از مشوق‌های قابل ارائه جهت توجیه‌پذیر نمودن 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 نظر گرفته می‌شود، فروخته شده و یا این که 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 قرار گرفته‌اند. مشوق سیستم سهمیه، درآمد فروش را از طریق افزایش قیمت فروش امتیاز کاهش دی‌اکسید کربن (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 اکسید کربن افزایش می‌یابد. در این مقاله اعمال مشوق فوق در قالب افزایش ارزش گواهینامه با نرخ ۲۵٪، ۴۰٪ و ۵۰٪ مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۹. اعمال معافیت مالیاتی

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

۳-۹. 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.

۴-۹. 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	افزایش نرخ گواهینامه	ارزش خالص فعلی (دلار)	نرخ بازده داخلی	دوره بازگشت سرمایه (سال)	دوره بازگشت سرمایه پویا	نسبت ارزش خالص فعلی
۱۰ سال	۲۵٪	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
	۲۰٪	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

				%			
۱۵ سال	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
	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
	مداخله‌ای	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
	مداخله‌ای	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.

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

	کارنامه	50%	182,300,026.57	46.31 %	4.14	5.81	1.539	
		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	
	آزاد	50%	25,294,474.41	28.41 %	6.05	13.40	0.213	
		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	
	۱۵ سال	مجموع	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
کارنامه		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	مجموع	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	
	کارنامه	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 توجه‌پذیری طرح با توجه به نرخ خرید تضمینی ۲۶۰۰ ریال.

معافیت مالیاتی	نرخ ارز	افزایش نرخ گواهی‌نامه	ارزش خالص فعلی (دلار)	نرخ بازده داخلی	دوره بازگشت سرمایه (سال)	دوره بازگشت سرمایه بویا	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
	مبادله‌ای	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
	مبادله‌ای	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
	مبادله‌ای	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
	تاریخ	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 بهره‌برداری 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 می‌باشد.

اعمال معافیت مالیاتی مستلزم تصویب و اصلاح قوانین موجود مالیاتی است و موجب 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 در نظر گرفتن احداث در مناطق کمتر توسعه یافته و برخوردار 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 به ویژه انرژی بادی قرار گیرد. در این حالت IRR به ۳۳/۹٪ می‌رسد که نرخ مناسبی برای سرمایه‌گذاری تلقی می‌گردد.

References

- [1] Benitez, L. et al,(2008). The Economics of Wind Power With Energy Storage. *Energy Economics*, Volume 30, Issue 4, 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 Studies Quarterly, 9th year, No. 32, p. 25-50.(in persian)
- [9] Houshmand , M. (2012). A Research on ' feasibility study and designing a support package for renewable energy in the country. "Client: Khorasan Regional Electricity Company(in persian)