

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی سیستم های اقتصادی

ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی در چارچوب سیاست های حمایتی دولت در استان ایلام

نگارنده: زهرا ابراهیمی

استاد راهنما

دکتر محمود رحیمی

استاد مشاور

حسین رضایی

بهمن ۱۳۹۸

تقدیم

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و اتقان تقدیم می نمایم به: محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه ی تلاش های محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده اند.

پروردگارا: نه می توانم موی ایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دست های پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم. پس توفیق ده که هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

سپاس خدایی را که به من این توفیق را عطا فرمود تا بتوانم قدمی در راه علم و دانش بردارم و به گردآوری اطلاعات مربوط به این تحقیق بپردازم.

لازم می دانم از خواهر و برادران عزیزم که در همه حال لطف خود را از من دریغ ننمودند و مراد هرچه بهتر نمودن این تحقیق یاری نمودند تشکر کنم.

با تشکر فراوان از استادان گرامیم جناب آقای دکتر محمود رحیمی و آقای دکتر حسین رضایی که من را در هرچه بهتر و کامل شدن این پروژه یاری کردند.

تعهد نامه

اینجانب زهرا ابراهیمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در استان ایلام تحت راهنمایی دکتر محمود رحیمی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد

چکیده

در این پژوهش به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در استان ایلام (شهرستان مهران) پرداخته شده است. پتانسیل سنجی انرژی باد در منطقه نیز با استفاده از اطلس بادی داده‌های ساعتی سرعت باد طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۵ که توسط سازمان انرژی‌های نو و تجدیدپذیر (ساتبا) گردآوری شده‌اند انجام شده است. در انجام این تحقیق از نرم افزار "ویدا آلفا" برای سنجش فراوانی سرعت باد، انتخاب نوع توربین و تعیین ضریب ظرفیت توربینی که در منطقه می‌توان نصب کرد استفاده می‌شود و از نرم‌افزار کامفار برای ارزیابی مالی اقتصادی طرح استفاده شده است. نتایج حاصل از مطالعات امکان‌سنجی از نظر پتانسیل سنجی و سرعت وزش باد نشان می‌دهد شهرستان مهران برای راه‌اندازی توربین‌های بادی بزرگ مناسب می‌باشد. خروجی نرم‌افزار ویدا آلفا فراوانی باد می‌باشد، سپس در این مطالعه مدل توربین باد وستاس ۷۱۰۰/۱۸۰۰ کلاس ۳ با ارتفاع برج ۸۰ تا ۱۰۰ متر، طول پره ۴۹ متر، ظرفیت MW ۱/۸ و با ضریب ظرفیت ۴۲ درصد را پیشنهاد می‌دهیم که برای نصب در منطقه موردنظر مناسب می‌باشد. همچنین نتیجه حاصل از خروجی نرم‌افزار کامفار، ارزش خالص فعلی می‌باشد که با توجه به قیمت تضمینی خریدبرق و با پیش فرض ۱۰٪ افزایش سالانه آن برای هر کیلووات ساعت افزایش داشته باشد در نرخ تنزیل ۱۸٪ مثبت می‌باشد و نرخ بازده داخلی ۲۷/۸۱٪ را نشان می‌دهد این بدان معناست که ایجاد نیروگاه بادی از نظر اقتصادی به‌صرفه است و سرمایه اولیه نصب نیروگاه در مدت ۶ سال قابل بازگشت خواهد بود.

واژگان کلیدی: انرژی بادی، پتانسیل سنجی، تحلیل اقتصادی، توربین بادی، سیاست‌های حمایتی،

کامفار، ویدا آلفا

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
کلیات تحقیق	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ طرح تحقیق و بیان مسأله	۳
۳-۱ ضرورت تحقیق	۳
۴-۱ اهداف تحقیق	۴
۵-۱ فرضیه‌های تحقیق	۴
۶-۱ سؤالات تحقیق	۴
۷-۱ جنبه نوآوری تحقیق	۵
۸-۱ روش تحقیق	۵
۹-۱ ساختار پایان نامه	۶
فصل دوم.....	۹
ادبیات تحقیق	۹
۱-۲ مقدمه	۱۰
۲-۲ معرفی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	۱۰
۱-۲-۲ انرژی‌های تجدیدپذیر	۱۰
۲-۲-۲ انرژی‌های تجدیدناپذیر	۱۱
۱-۲-۲-۱ انرژی باد	۱۱
۲-۲-۲-۱ انرژی خورشید	۱۱
۳-۲-۲-۱ انرژی هیدرو الکتریک یا برق آبی	۱۲
۴-۲-۲-۱ انرژی زمین گرمایی	۱۲
۵-۲-۲-۱ انرژی جزر و مد	۱۲
۶-۲-۲-۱ زیست توده	۱۲
۷-۲-۲-۱ انرژی امواج	۱۳

۱۳	۲-۲-۱-۸ پیل سوختی
۱۳	۲-۲-۱-۱ نفت
۱۳	۲-۲-۲-۲ گاز
۱۴	۲-۲-۳-۳ سوخت‌های هسته‌ای
۱۴	۲-۳-۳-۳ تاریخچه جایگاه انرژی بادی در ایران و جهان
۱۵	۲-۴-۴-۴ انرژی باد
۱۶	۲-۵-۵-۵ مزایای و معایب انرژی باد
۱۶	۲-۵-۱-۱ مزایای انرژی باد
۱۸	۲-۵-۲-۲ معایب انرژی باد
۱۹	۲-۶-۶-۶ هزینه تولید برق از انرژی باد
۲۰	۲-۷-۷-۷ سیاست‌های حمایتی دولت
۲۱	۲-۸-۸-۸ بازار جهانی نیروگاه‌های بادی نصب‌شده
۲۴	۲-۹-۹-۹ وضعیت نیروگاه‌های تجدید پذیر در ایران و جهان
۲۵	۲-۱۰-۱۰-۱۰ وضعیت مصرف انرژی در کشور ایران
۲۶	۲-۱۱-۱۱-۱۱ سرانه مصرف برق خانگی به تفکیک استانها
۲۷	۲-۱۲-۱۲-۱۲ چشم‌انداز برنامه ششم توسعه
۲۸	۲-۱۳-۱۳-۱۳ معرفی منطقه موردبررسی
۲۹	۲-۱۴-۱۴-۱۴ پیشینه پژوهش
۴۹	فصل سوم
۴۹	روشناسی تحقیق
۵۰	۳-۱ مقدمه
۵۱	۳-۲ امکان‌سنجی
۵۱	۳-۲-۱ انتخاب سایت مناسب برای مزرعه بادی
۵۱	۳-۲-۲ انتخاب مدل مناسب توربین بادی
۵۲	۳-۲-۳ وضعیت موضعی باد و ارزیابی سایت

۴-۲-۳	مشخصات فنی و موارد کاربرد آن	۵۲
۳-۳	پتانسیل انرژی باد	۵۲
۱-۳-۳	محاسبه متوسط سرعت سالانه باد	۵۲
۲-۳-۳	تعیین توان توربین	۵۲
۳-۳-۳	محاسبه انرژی تولید سالانه	۵۴
۴-۳	نوع توربین انتخابی	۵۴
۱-۴-۳	ضریب ظرفیت	۵۶
۵-۳	ارزیابی مالی طرح	۵۸
۱-۵-۳	هدف ارزیابی پروژه:	۵۹
۶-۳	روش‌های ارزیابی اقتصادی	۵۹
۱-۶-۳	روش‌های متعارف ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری شامل	۶۰
۱-۲-۶-۳	روش فیشر	۶۰
۲-۲-۶-۳	روش کینز	۶۲
۳-۶-۳	روش نسبت منافع - هزینه	۶۴
۴-۶-۳	مبانی تحلیل هزینه - فایده	۶۴
۵-۶-۳	روش نرخ بازده داخلی	۶۵
۱-۵-۶-۳	مزایا و معایب روش نرخ بازده داخلی	۶۶
۲-۵-۶-۳	مقایسه روش‌های ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی	۶۶
۶-۶-۳	دوره بازگشت سرمایه (PBP)	۶۶
۱-۶-۶-۳	معیار دوره‌ی بازگشت سرمایه (PP)	۶۷
۷-۳	محاسبه درآمدهای حاصل از فروش برق توربین بادی	۶۷
۸-۳	قیمت برق تمام‌شده تولیدی از نیروگاه بادی با روش معادله هزینه LCOE	۶۷
۱-۸-۳	نحوه محاسبه AC	۶۸
فصل چهارم		
معرفی مدل و تفسیر نتایج		
۷۱		

۴-۱	مقدمه	۷۲
۴-۲	مختصات منطقه موردبررسی	۷۲
۴-۳	داده‌های سرعت وزش باد	۷۲
۴-۴	انتخاب توربین مناسب	۷۴
۴-۴-۱	مقدار انرژی تولیدی سالانه توربین	۷۵
۴-۵	تحلیل اقتصادی نیروگاه بادی	۷۵
۴-۵-۱	محاسبه زمین موردنیاز	۷۵
۴-۶	برآورد سرمایه گذاری	۷۷
۴-۶-۱	توربین بادی	۷۷
۴-۶-۲	هزینه‌های تولیدی	۷۸
۴-۷	درآمدهای طرح	۷۹
۴-۸	انجام محاسبات و برآورد شاخص‌های طرح	۷۹
۴-۹	تحلیل حساسیت	۷۹
۴-۹-۱	افزایش و کاهش دارایی‌های ثابت با تغییرات نرخ تنزیل	۸۰
۴-۹-۲	افزایش و کاهش درآمد حاصل از فروش با تغییرات نرخ تنزیل	۸۱
۴-۹-۳	افزایش و کاهش هزینه‌های عملیاتی با تغییرات نرخ تنزیل	۸۲
۴-۹-۴	دوره بازگشت سرمایه	۸۴
۴-۹-۵	افزایش نرخ تورم	۸۴
۴-۱۰	تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی طرح	۸۶
۸۹	فصل پنجم	
۸۹	نتیجه‌گیری و پیشنهادات	
۵-۱	مقدمه	۹۰
۵-۲	جمع‌بندی مطالعه	۹۰
۵-۳	نتیجه‌گیری	۹۲
۵-۴	پیشنهادهای	۹۴

پیوست‌ها	۹۷
خروجی از نرم‌افزار	۹۸
تخمین زمین موردنیاز	۱۰۰
ظرفیت نیروگاه‌های کشور	۱۰۰
قیمت خرید توربین‌ها	۱۰۱
داده‌های هواشناسی	۱۰۱
مراجع	۱۰۳
مراجع داخلی	۱۰۴
مراجع خارجی	۱۰۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۲. نمایی از مزرعه بادی	۱۸
------------------------------------	----

فهرست جداول

جدول ۱-۴ مشخصات جغرافیایی شهرستان مهران	۷۲
جدول ۲-۴ سرعت، توان و انرژی متوسط سالانه باد در مهران	۷۴
جدول ۳-۴ مشخصات نیروگاه بادی	۷۷
جدول ۴-۴ هزینه‌های ثابت سرمایه گذاری	۷۸
جدول ۵-۴ هزینه‌های دستمزد	۷۹
جدول ۶-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات دارایی‌های ثابت	۸۰
جدول ۷-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات درآمد فروش (ریال)	۸۱
جدول ۸-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات هزینه‌های عملیاتی	۸۳
جدول ۹-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات ارزش خالص فعلی با اعمال ۳۰٪ افزایش نرخ تورم	۸۵
جدول ۱۰-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات نرخ بازده داخلی	۸۶

فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۲ ظرفیت تولید انرژی بادی جهان و میزان افزایش سالیانه آن از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ ۲۳
- نمودار ۲-۲ میزان ظرفیت اضافه شده انرژی تجدید پذیر در ۱۰ کشور برتر جهان در سال ۲۰۱۷ ۲۳
- نمودار ۳-۲ سهم تولید برق از انرژی تجدیدپذیر (بادی و خورشیدی) ۱۰ کشور برتر در ۲۰۱۸ ۲۴
- نمودار ۴-۲ مصرف انرژی در ایران ۲۵
- نمودار ۵-۲ شدت مصرف انرژی در ایران ۲۶
- نمودار ۶-۲ سرانه مصرف برق خانگی به تفکیک استان ها (کیلو وات ساعت) ۲۷
- نمودار ۱-۴ خروجی نرم افزار ویدا آلفا فراوانی سرعت باد در مهران در سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ ۷۳
- نمودار ۲-۴ خروجی نرم افزار ویدا آلفا نوع توربین انتخابی ۷۴
- نمودار ۳-۴ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ی (۶) ۸۱
- نمودار ۴-۴ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ی (۷) ۸۲
- نمودار ۵-۴ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ی (۸) ۸۳
- نمودار ۶-۴ دوره بازگشت سرمایه ۸۴
- نمودار ۷-۴ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ی (۹) ۸۵
- نمودار ۸-۴ خروجی نرم افزار کامفار تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی نسبت به تغییرات هزینه های عملیاتی، افزایش دارایی های ثابت و درآمد فروش ۸۷

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

انرژی باد تا قبل از انقلاب صنعتی به طور وسیع مورد استفاده قرار می گرفت، اما بعد از انقلاب صنعتی، به دلایلی از جمله ارزان بودن سوخت های فسیلی و قابلیت اطمینان بالا دیگر توربین های بادی قابل رقابت با سوخت های فسیلی مانند نفت نبودند. دو شوک بزرگ نفتی در سال های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۸ ضربه بزرگی به اقتصاد گاز و نفت وارد کرد که باعث شد تولید انرژی الکتریکی با استفاده از توربین های بادی، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. انرژی باد یکی از پاک ترین منابع از میان انرژی های تجدید پذیر است و در دسترس بودن این انرژی باعث شده یکی از اقتصادی ترین انرژی های تجدید پذیر باشد. برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای جایگزین کردن منبعی مثل انرژی باد می تواند گزینه ی مناسبی باشد. (پرتوی، ۱۳۹۲). کشور ایران از نظر منابع مختلف انرژی و میزان آن، دومین کشور در خاورمیانه است. ایران با دارا بودن ۱۰ درصد از منابع نفتی جهان و ۱۵ درصد از منابع گاز جهان به عنوان کشوری غنی از منابع و سوخت های فسیلی مطرح است. علاوه بر این دارای منابع بزرگ انرژی تجدید پذیر از جمله انرژی بادی، خورشیدی و آبی است. کشور ایران با وجود برخورداری از پتانسیل های بالا در منابع تجدید پذیر، در زمینه به کارگیری ظرفیت های عملی تولید انرژی از این منابع به طور نسبی از کشورهای پیشرفته دنیا عقب تر است و تنها در بخش تولید انرژی برق، از این نوع انرژی ها به میزان اندک استفاده می شود. از این رو ضروری است راهبردها و برنامه های زیربنایی و اصولی برای استفاده هرچه بیشتر از این انرژی در کشور تدوین شود. کشور ایران دارای مناطق بسیاری است که از پتانسیل بادی مناسبی جهت احداث نیروگاه بادی برخوردار می باشند بر مبنای مزیت های ذکر شده قبل از ساخت یک نیروگاه بادی، ارزیابی اقتصادی و مالی، امری ضروری و حساس می باشد. این مطالعه در نظر دارد به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه های بادی در چارچوب سیاست های حمایتی دولت در شهرستان مهران بپردازد.

۱-۲ طرح تحقیق و بیان مسأله

پیشرفت علم و فناوری باعث رشد سریع اقتصادی جوامع صنعتی شده است از سوی دیگر افزایش جمعیت افزایش تقاضا برای انرژی را سبب شده است استفاده کردن بیش از حد سوخت‌های فسیلی به دلیل اثرات منفی آن‌ها و پایان پذیر بودن این سوخت‌ها مشکلاتی را ایجاد کرده است از جمله راه‌حل‌هایی که برای رفع این مشکل بیان شده، جایگزین کردن انرژی‌های تجدید پذیر به جای انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی می‌باشد (محمدی، ۱۳۹۵). نیاز به انرژی در آینده به حدی افزایش خواهد یافت که استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی کافی نخواهد بود. از طرفی احتراق سوخت‌های فسیلی آثار نامطلوبی مانند آلودگی اتمسفر و مشکلات زیست‌محیطی برجای می‌گذارد. با توجه به مطالبی که ذکر شد در چند دهه اخیر جست‌وجو برای یافتن دستگاه‌های انرژی جایگزین جدید افزایش یافته است. کشور ایران نه تنها سرشار از منابع انرژی‌های فسیلی و تجدید پذیر است بلکه موقعیت جغرافیایی کشور ایران موجب شده است که منابع عظیمی از انرژی‌های بادی و خورشیدی در آن موجود باشد.

۱-۳ ضرورت تحقیق

انرژی الکتریسیته نقش مهمی در افزایش رفاه خانواده، رشد و گسترش صنایع دارد؛ می‌توان با برنامه‌ریزی مناسب بخش قابل قبولی از نیازهای اقتصاد به انرژی را از طریق انرژی‌های تجدید پذیر تأمین کرد. تأمین انرژی پایدار و قابل اطمینان از اهداف مهم دولتمردان برای ادامه حیات اقتصادی و رشد بالا است. به همین دلیل انرژی (در انواع مختلف آن) به عنوان یک کالای استراتژیک محسوب می‌شود. وضعیت آینده‌ی مخازن نفت و گاز در بلندمدت سبب شده است که تمامی کشورهای صنعتی سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی در توسعه و گسترش تکنولوژی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر کنند. انرژی باد یکی از انرژی‌های تجدید پذیر است که در گذشته‌های دور در ایران نقش ویژه‌ای داشته است؛ و از دو دهه اخیر تاکنون به دلیل در دسترس بودن، کاهش آلودگی و اقتصادی بودن از اهمیت ویژه‌ای برای تولید انرژی الکتریسیته برخوردار بوده است. نیروگاه‌های بادی برخلاف نیروگاه‌های سوخت فسیلی بدون نیاز به هزینه سوخت

تولید خواهند کرد اما نیروگاه‌های سوخت فسیلی در طی سال‌هایی که تولید دارند هزینه سوخت ورودی افزایش می‌یابد این خود نشان‌دهنده‌ی یکی از برتری‌های نیروگاه‌های بادی نسبت به نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌باشد. انرژی تجدید پذیر باد از لحاظ تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق کشور، عدم نیاز به آب، آلوده نکردن محیط‌زیست، وجود انرژی باد در اکثر مناطق ایران و همچنین سهولت تبدیل به انرژی الکتریکی حائز اهمیت است. از جمله دلایل ضرورت نصب نیروگاه‌های بادی در شهرستان مهران شرایط حاد دمایی (گرمای بالای ۳۰ درجه سانتی گراد) در فصل تابستان نیاز به انرژی الکتریکی بیش‌تر از سایر مناطق استان ایلام می‌باشد و برای پاسخ به تقاضای انرژی الکتریکی منطقه با نصب و راه‌اندازی نیروگاه‌های بادی علاوه بر تأمین انرژی مورد نیاز منطقه، هزینه‌های برق تا ۳۵٪ کاهش می‌یابد.

۱-۴ اهداف تحقیق

با توجه به ضرورت تولید انرژی الکتریکی به عنوان بخش مهمی از اقتصاد کشور و پایان پذیر بودن سوخت-های فسیلی، نیاز روزافزون به انرژی‌های تجدید پذیر بیش‌تر از گذشته احساس می‌شود. هدف از این پژوهش ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در استان ایلام می‌باشد.

۱-۵ فرضیه‌های تحقیق

احداث نیروگاه‌های بادی با فرض حمایت دولت (خرید تضمینی برق) در استان ایلام اقتصادی است. تجدید ساختار صنعت برق آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی و بالتبع حرکت به سمت انرژی‌های نو و تجدید پذیر، احداث نیروگاه‌های بادی را رونق می‌بخشد.

۱-۶ سؤالات تحقیق

با توجه به پایان‌پذیری انرژی‌های فسیلی آیا باید قیمت حامل‌های انرژی برای تشویق بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید پذیر آزاد شود؟

آیا سرمایه‌گذاری برای احداث نیروگاه بادی در استان ایلام توجیه اقتصادی دارد یا خیر؟

۷-۱ جنبه نوآوری تحقیق

هرچند در کشور ایران مطالعاتی در خصوص اقتصادی بودن تولید برق بادی صورت گرفته است؛ اما تاکنون به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های بادی در استان ایلام و سودآوری تأسیس مزرعه بادی (نیروگاه‌های بادی) پرداخته نشده است. در هیچ‌یک از این مطالعات انجام‌شده انتخاب بهینه نوع ژنراتور و کلاس طراحی توربین باد برحسب ظرفیت و ضریب ظرفیت^۱ محاسبه نشده است. در این پژوهش تلاش شده است برای افزایش دقت در محاسبات و خروجی نتایج مدل، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار "ویدا آلفا"^۲ با دادن مختصات منطقه، میانگین سرعت وزش باد، فراوانی و کلاس باد تعیین شود. سپس برحسب کلاس باد، ظرفیت ژنراتور و ضریب ظرفیت تعیین گردد. در این پژوهش به بررسی برآورد هزینه‌های طرح و همین‌طور ارزیابی امکان بهره‌گیری از انرژی باد برای تولید انرژی برق می‌پردازیم. مسلماً برآورد هزینه طرح می‌تواند نقش بسزایی برای عملی کردن طرح داشته باشد.

۸-۱ روش تحقیق

در این تحقیق بر اساس روش‌های آماری مناسب و با استفاده از نرم‌افزار کامفار^۳ به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در استان ایلام پرداخته و با استفاده از داده‌های ساعتی سرعت باد از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ به پتانسیل سنجی منطقه برای سال ۱۳۹۹ در استان ایلام می‌پردازیم. ضمناً با استفاده از روش ارزش خالص فعلی^۴ به اقتصادی و غیراقتصادی بودن طرح پی می‌بریم. یکی از روش‌های مقبول ارزیابی یک پروژه روش ارزش خالص فعلی می‌باشد در این روش ابتدا باید کلیه درآمدها و هزینه‌ها را محاسبه کرده با در نظر گرفتن نرخ تنزیل مناسب برای پروژه ارزش خالص فعلی به دست می‌آید. تغییرات NPV مشخص‌کننده اقتصادی یا غیراقتصادی بودن طرح

^۱ Capacity factor

^۲ WIDA- Alfa

^۳ Comfar

^۴ Net present value

می‌باشد اگر NPV بزرگ‌تر از صفر باشد طرح اقتصادی است در غیر این صورت طرح غیراقتصادی می‌باشد (رحمانی، ۱۳۸۷).

هزینه اولیه C_0

هزینه‌های $VC_0, VC_1, VC_2, \dots, VC_n$

جاری

درآمدهای جاری $TR_0, TR_1, TR_2, \dots, TR_n$

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{TR_t - VC_t}{(1+i)^t} - C_0 \quad (1-1)$$

t دوره جریان نقدی

i نرخ بهره

۹-۱ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در ۵ فصل به شرح زیر تدوین شده است.

فصل اول، کلیات تحقیق از جمله طرح تحقیق، بیان ضرورت انجام تحقیق، نوآوری و اهمیت تحقیق و همچنین روش و چگونگی انجام تحقیق را معرفی خواهد کرد.

فصل دوم، به بیان توضیحاتی در خصوص انرژی باد، هزینه تولید برق از انرژی باد، سیاست‌های حمایتی دولت و بازار جهانی نیروگاه‌های بادی نصب شده می‌پردازد و در پایان مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق دارد.

فصل سوم، در این فصل روش‌شناسی تحقیق مطرح شده و روش‌های دیگر برای ارزیابی پروژه‌ها بیان می‌شود.

نهایتاً از میان روش‌های ارزیابی پروژه بهترین روش، انتخاب و به‌طور کامل معرفی می‌گردد.

فصل چهارم، به تفسیر نتایج حاصل از پتانسیل سنجی منطقه برای احداث نیروگاه بادی به‌منظور تولید انرژی

الکتریکی و نیل به هدف اصلی این پایان‌نامه یعنی تولید انرژی الکتریکی ارزان از منابع تجدید پذیر می‌پردازد.

در فصل پنجم نتایج ارزیابی اقتصادی بیان و تفسیر شده، همچنین پیشنهادهایی در راستای پیشبرد و موفقیت

مطالعات آتی در این حوزه ارائه شده است.

فصل دوم

ادبیات تحقیق

۲-۱ مقدمه

بنا به دلایل مختلفی انرژی‌های موجود در طبیعت همیشه مورد توجه کشورهای پیشرفته جهان قرار گرفته‌اند. برای تغییر شکل دادن انرژی به نحوی که بهره‌برداری از آن ساده باشد تحقیقات گوناگونی صورت گرفته است. در هر کشوری صنعت برق نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه و رشد اقتصادی آن کشور دارد. (هیالی، ۱۳۹۴). تقاضا برای سوخت‌های فسیلی باعث افزایش قیمت آن‌ها شده است. سوخت‌های فسیلی باعث انتشار کربن و آلودگی محیط‌زیست می‌شوند و اما انتشار کربن می‌بایست کاهش یابد. استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر مانند باد راهی مناسب برای دستیابی به یک محیط تمیز، تأمین انرژی پایدار و مطمئن در جهان است (آکپینار^۵ ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت انرژی بادی به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر در این فصل به معرفی انواع انرژی‌های تجدید پذیر، تاریخچه و جایگاه انرژی بادی در ایران و جهان، و مطالعاتی که در این زمینه انجام شده پرداخته خواهد شد.

۲-۲ معرفی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

۲-۲-۱ انرژی‌های تجدیدپذیر

۱. انرژی باد^۶

۲. انرژی خورشید^۷

۳. انرژی هیدرو الکتریک یا برق آبی^۸

۴. انرژی زمین گرمایی^۹

۵. انرژی جزر و مد^{۱۰}

۶. زیست توده^{۱۱}

^۵ Akpinar

^۶ wind power

^۷ solar energy

^۸ Hydropower or water power

^۹ Geothermal Energy

^{۱۰} Tidal power or Tidal energy

^{۱۱} Biomass energy

۷. انرژی امواج^{۱۲}

۸. پیل سوختی^{۱۳}

۲-۲-۲ انرژی‌های تجدیدناپذیر

۱. نفت

۲. گاز

۳. سوخت‌های هسته‌ای

۲-۱-۲-۲ انرژی باد

یکی از منابع‌های انرژی پایان ناپذیر انرژی بادی است. از انرژی باد می‌توان برای تولید الکتریسیته، آسیاب کردن آرد در آسیاب‌های بادی و ... استفاده کرد. در هر نیروگاه بادی که برای تولید الکتریسیته ایجاد شده است، حدود ۴۰ تا ۱۰۰ توربین بادی وجود دارد. از جمله مزایای این توربین‌ها می‌توان عدم نیاز به مصرف سوخت را نام برد.

۲-۱-۲-۲ انرژی خورشید

انرژی‌هایی که زمین از خورشید دریافت می‌کند بسیار زیاد است در هر ثانیه، هر متر مربع زمین حدود ۱۳۶۷ ژول انرژی از خورشید دریافت می‌کند. بخشی از انرژی خورشید صرف گرم کردن زمین و اجسام روی آن می‌شود. بخش دیگری برای فتوسنتز در گیاهان استفاده می‌شود. یکی از راه‌های بهره‌گیری از این انرژی، آب گرم کن‌های با دمای کم است که می‌توان از آن‌ها در منزل استفاده کرد. همچنین می‌توان انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد و از برق حاصل برای کلیه مصارف خانگی و صنعتی بهره گرفت.

¹² wave power

¹³ Fuel cell

۳-۱-۲-۲ انرژی هیدروالکتریک یا برق آبی

با ایجاد سد آب در منطقه‌های پر آب در مسیر رودخانه‌ها و منطقه‌هایی که میزان بارندگی زیاد است و نصب توربین می‌توان از انرژی پتانسیل گرانشی آب پشت سد برای تولید برق استفاده کرد.

۴-۱-۲-۲ انرژی زمین گرمایی

هر چه از سطح زمین به پوسته‌های داخلی آن می‌رویم دما افزایش می‌یابد. در ناحیه‌های مرکزی زمین، دما آن قدر زیاد است که ماده به صورت مذاب وجود دارد. انرژی گرمایی که در پوسته‌ی جامد کره‌ی زمین ذخیره شده است را انرژی زمین گرمایی می‌نامند. منشأ این انرژی، گدازه‌ها و واکنش‌های هسته‌ای در ناحیه‌های عمیق زمین است. وقتی از سطح زمین به طرف مرکز آن حرکت کنیم، دما به طور متوسط به ازای هر ۱۰۰ متر در حدود ۳ درجه افزایش می‌یابد.

۵-۱-۲-۲ انرژی جزر و مد

انرژی جزر و مد شکلی از انرژی آبی است که از تبدیل انرژی جزر و مد به اشکال مفید انرژی عمدتاً نیروی برق به دست می‌آید. گرچه هنوز استفاده فراگیر نیافته اما انرژی جزر و مد می‌تواند منبع مناسبی برای تولید برق در آینده باشد. جزر و مد بهتر از انرژی باد و انرژی خورشیدی قابل پیش‌بینی است. در میان منابع انرژی تجدیدپذیر، استفاده از انرژی جزر و مد همیشه با مشکل هزینه بالا و محدودیت در مکان‌های با کشند شدید یا سرعت بالای جریان آب روبرو بوده است.

۶-۱-۲-۲ زیست توده

زیست توده یا بیوماس یک منبع تجدیدپذیر انرژی است که از مواد زیستی به دست می‌آید. به طور کلی کلیه زباله‌هایی که منشأ زیستی داشته باشند و از تکثیر سلولی پدید آمده باشند بیوماس نامیده می‌شوند. منابع بیوماسی که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را شامل می‌شوند که به طور عمده به شش گروه تقسیم بندی می‌گردند: ۱- جنگل‌ها و ضایعات جنگلی، ۲- محصولات و

ضایعات کشاورزی، باغداری و صنایع غذایی ۳- فضولات دامی ۴- فاضلاب‌های شهری ۵- فاضلاب‌ها، پسماندها و زائدات آلی صنعتی ۶- ضایعات جامد.

۲-۱-۲-۲ انرژی امواج

انرژی موج در اقیانوس باز بر اثر عمل باد روی سطح اقیانوس تولید می‌شوند. کل انرژی موج توزیع شده در زمین در حدود $106 \times 2,5$ مگاوات تخمین زده می‌شود که در حدود انرژی کلی توزیعی جزر و مد است.

۲-۱-۲-۲ پیل سوختی

پیل سوختی وسیله ای است که در طی فرآیند الکتروشیمیایی، انرژی ذخیره شده شیمیایی در سوخت را به طور مستقیم، بدون نیاز به توربین و بدون احتراق و ایجاد آلودگی، به برق DC تبدیل می‌کند. پیل سوختی انواع گوناگون دارد که از میان پیل سوختی هیدروژنی معروف‌ترین آنها است.

۲-۲-۲-۲ نفت

دانشمندان زمین‌شناس پس از آزمایشات فراوان بر روی خاک و سنگ مناطق مختلف به محل نفت خام در اعماق زمین پی بردند. به این محل‌ها «مخازن نفتی» گفته می‌شود. برای خارج کردن نفت خام از زیر زمین پس از حفر چاه، دکل‌های فلزی بزرگی برای نصب لوله‌ها و ابزار در اعماق زمین برپا می‌شود. پس از نصب لوله‌ها ماده‌ای بد بو به رنگ زرد مایل به سیاه به نام «نفت خام» از اعماق زمین به صورت یک جریان مداوم به سطح زمین راه می‌یابد.

۲-۲-۲-۲ گاز

مواد آلی به موادی گفته می‌شود که زمانی حیات داشتند. به بقایای گیاهان و جانورانی که سال‌ها بر هم انباشته شده‌اند و به لایه‌ی ضخیم و محکمی تبدیل گشته‌اند، مواد آلی می‌گویند. با گذشت زمان، گل و لای به سنگ تبدیل شده و مواد آلی را در زیر پوسته‌ی محکمی حبس کردند. پس از آن فشار و

گرمای شدید بخش‌های مختلف زمین، مواد آلی را به ذغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی (حباب‌های ریز گاز بی‌بو) تبدیل کرد. ماده‌ی اصلی تشکیل دهنده‌ی گاز طبیعی، متان است.

۳-۲-۲-۲ سوخت‌های هسته‌ای

در اثر واکنش نوترون با هسته‌ی برخی از اتم‌های سنگین مانند اورانیوم و توریم این هسته به دو یا چند هسته‌ی سبک‌تر شکافته می‌شود که بر اثر آن گرمای بسیار زیادی تولید می‌شود. به عنوان مثال انرژی حاصل از شکافت کامل ۱ کیلوگرم اورانیوم معادل با انرژی حاصل از سوختن حدود ۳ میلیون کیلوگرم زغال سنگ است.

۳-۲ تاریخچه جایگاه انرژی بادی در ایران و جهان

استفاده از انرژی باد دارای سابقه طولانی است. اولین ماشین‌های بادی در قرن هفتم قبل از میلاد در نقاط مرتفع افغانستان برای خرد کردن غلات به کار می‌رفتند. نخستین آثار ماشین‌های بادی در ایران، تبت و چین یافت شده است. ماشین‌های بادی ابتدا از ایران و خاورمیانه به کشورهای اطراف دریای مدیترانه و اروپای مرکزی راه پیدا کرد. اولین ماشین‌های بادی در انگلستان در حدود سال ۱۱۵۰، فنلاند ۱۱۹۰، فرانسه ۱۱۸۰، آلمان ۱۲۲۲ و دانمارک در سال ۱۲۵۹ میلادی پدیدار شدند (آکرمن^{۱۴}، ۲۰۰۲). در اروپا عملکرد ماشین‌های بادی در قرن ۱۲ تا ۱۹ میلادی به سرعت توسعه یافت ۹۰ درصد از میزان انرژی موردنیاز صنایع در هلند از باد تأمین می‌شد. با انقلاب صنعتی استفاده از ماشین‌های بادی کاهش یافت؛ و در سال ۱۹۰۴، باد ۱۱ درصد از انرژی مصرفی در صنایع هلند را تأمین می‌نمود و ۱۸۰۰۰ واحد دستگاه بادی در آلمان نصب شده بود. با کم شدن ماشین‌های بادی در اروپا، دانش فنی این ماشین‌ها به آمریکای شمالی منتقل شد (پاتل^{۱۵}، ۱۹۹۹). دویست سال قبل از میلاد مسیح طراحی و ساخت آسیاب‌های بادی رایج بوده و همچنان از توربین‌های بادی بهره‌برداری می‌شود. ایران جزء نخستین کشورهایی است که در دنیا از انرژی باد برای مصارف کشاورزی استفاده کرده و در این زمینه سابق‌های

¹⁴ Ackerman

¹⁵ Patel

طولانی دارد. از انرژی باد علاوه بر مصارف کشاورزی در بخش‌های دیگر از جمله پمپاژ آب و آبیاری، آسیاب کردن غلات، تولید برق و اره نمودن چوب استفاده می‌شد. بهره‌برداری از انرژی باد سابقه‌ای طولانی دارد تا قبل از استفاده از نیروی بخار و سایر منابع، انرژی باد مورد استفاده قرار می‌گرفت. برخی از کشورهای جهان از این انرژی برای مصارف گوناگون استفاده می‌کردند به‌عنوان مثال کشورهایمانند هلند در قرن ۱۴ میلادی جزء پیشرفته‌ترین کشورها در بهره‌برداری از انرژی باد بوده و از این انرژی برای زهکشی و آبیاری استفاده می‌شده است. آمریکایی‌ها در سال ۱۸۵۰ از انرژی باد به‌عنوان یک منبع برای رفع برخی از نیازها استفاده می‌کردند. شوروی سابق در سال ۱۹۱۳ از دستگاه آسیاب بادی استفاده کرد اما دانمارکی‌ها جزء نخستین دولتهایی بودند که در خصوص تولید انرژی برق از باد اقدام کردند. پرفسور لاکور^{۱۶} یکی از سازندگان توربین بادی در سال ۱۹۱۰ با توان ۵ تا ۲۵ کیلووات بود. در کشور ایران نیز تلاش‌های بسیاری جهت تولید الکتریسیته از منبع بادی صورت گرفته است (محمدی، ۱۳۷۹).

۲-۴ انرژی باد

استفاده از انرژی تجدید پذیر یعنی انرژی حاصل از منابع باد، خورشیدی، زمین‌گرمایی و نیروگاه‌های آبی باعث افزایش تنوع منابع انرژی می‌شود و به ما انرژی پاک ارائه می‌دهد. در این بین انرژی باد به گزینه مهمی برای تولید برق تبدیل شده است. انرژی باد امروزه قابل رقابت با سایر انرژی‌ها از جمله انرژی‌های فسیلی است. مزایای بسیاری وجود دارد که به انرژی باد نسبت به دیگر منابع انرژی تجدید پذیر و غیرقابل تجدید برتری بخشیده است، از جمله آن‌ها می‌توان به باد به‌عنوان یک منبع آزاد، در دسترس، تمیز، بی‌خطر، متنوع و پایدار اشاره کرد. انرژی باد منبع داخلی انرژی است و نصب توربین‌های بادی امری آسان گردیده است (عمرالنود، ۲۰۱۵). انرژی باد و سایر منابع انرژی تجدید پذیر می‌توانند سطح خودکفایی یک کشور را بهبود بخشند. انرژی باد به یکی از کم‌هزینه‌ترین منابع انرژی تبدیل شده است. برق تولیدی توسط توربین‌های بادی با مقیاس متوسط در مکان‌های دورافتاده و در جزایر کوچک

¹⁶ Lockor

برای داشتن اقتصادی باارزش و رقابت اقتصادی ترجیح داده می‌شود. ایران دارای پتانسیل بالایی از جمله انرژی‌های تجدید پذیر مانند باد است و دارای منابع مختلف انرژی از جمله سوخت‌های فسیلی نظیر گاز و نفت است و از این نظر جزء غنی‌ترین کشورهای جهان به حساب می‌آید. در بین ۸۳ کشوری که از انرژی باد استفاده می‌کنند، ایران با داشتن ظرفیت نصب ۲۲۹ مگاوات در سال ۲۰۱۴، در رتبه ۵۵ قرار گرفت. با این حال، تخمین زده می‌شود که ۲۰ گیگاوات ظرفیت انرژی باد در ایران وجود دارد (علی مینائیان، ۲۰۱۷). توسعه انرژی باد در کشور می‌تواند مزایای فراوانی داشته باشد از جمله ایجاد اشتغال مستقیم و غیرمستقیم بیش از هزاران نفر، افزایش تولید انرژی الکتریکی مورد نیاز، داشتن طبیعتی سالم و بدون آلودگی، کمک به اقتصاد کشور؛ استفاده از انرژی باد باعث صرفه‌جویی فرآورده‌های نفتی می‌شود که صرفه‌جویی در این زمینه افزایش صادرات را به همراه دارد و مهم‌تر از آن تبدیل به مشتقات پتروشیمی را فراهم می‌کند. یکی دیگر از مزایای استفاده از انرژی باد می‌تواند مساحت زمینی باشد که توسط توربین‌ها اشغال می‌شود توربین‌ها فضای اندکی از زمین را اشغال می‌کنند و می‌توان در کنار توربین‌ها به کشاورزی و دام‌پروری پرداخت به علاوه می‌توان اجاره‌ای بابت زمین به کشاورز پرداخت کرد، این انرژی به دلیل مزایای فراوانی که دارد مورد توجه جدی مردم جهان قرار گرفته است.

۲-۵ مزایای و معایب انرژی باد

۲-۵-۱ مزایای انرژی باد

- (۱) انرژی باد رایگان است.
- (۲) توربین‌های بادی به سوخت نیاز ندارند.
- (۳) توربین‌های بادی به آب به عنوان منبع مصرفی نیاز ندارند.
- (۴) منبعی تجدید پذیر است و تمام نمی‌شود.
- (۵) تبدیل انرژی باد به انرژی الکتریکی هیچ گاز گلخانه‌ای یا آلاینده شیمیایی به محیط طبیعی اضافه نمی‌کند.

- ۶) توربین‌های بادی را می‌توان در مناطق دور از مرکز و محروم و مکان‌هایی که استفاده از دیگر انواع انرژی عملی نیست، نصب و استفاده کرد.
- ۷) توربین‌های بادی در صورتی که در منطقه مناسب نصب شوند، به هزینه و فضای کمتری نسبت به پنل‌های خورشیدی به ازای هر کیلووات ظرفیت تولیدی نیاز دارند.
- ۸) به‌علاوه، توربین‌های بادی می‌توانند در مواردی جنبه زیبایی داشته و در موارد نادری نیز توانسته‌اند توریست جذب کنند.
- ۹) در صورت وجود زیرساخت شبکه، انرژی باد توسط شبکه برق خریداری می‌شود.
- ۱۰) تقاضای انرژی برق برای برخی از بخش‌ها را تأمین می‌کند.
- ۱۱) قیمت انرژی حاصل از باد در بلندمدت به‌طور نسبی کمتر است.
- ۱۲) متنوع شدن منابع انرژی و سیستم پایدار انرژی ایجاد می‌کند.
- ۱۳) انرژی باد شغل ایجاد می‌کند.
- ۱۴) انرژی باد به دلیل در دسترس بودن در بسیاری از کشورهای جهان مورد بهره‌برداری قرار گرفته است و برخلاف منابعی مانند گاز و نفت در انحصار چند کشور محدود نیست.
- ۱۵) توربین‌های بادی بیشتر در مناطق حاشیه شهر و روستایی نصب می‌شوند، این خود می‌تواند باعث رس
- ۱۶) اقتصاد منطقه شود، به‌طوری که کشاورزان علاوه بر دریافت اجاره‌بهای زمین همچنان می‌توانند به کشاورزی خود ادامه دهند، زیرا توربین بادی مساحت کمی از زمین مزرعه را اشغال می‌کند (جمیل و صبایی فرد، ۱۳۹۲).
- ۱۷) توربین بادی می‌تواند منبع انرژی مهمی در مبحث پدافند غیرعامل باشد.



شکل ۲-۱. نمایی از مزرعه بادی

۲-۵-۲ معایب انرژی باد

(۱) باد همواره ثابت و قابل پیش‌بینی نیست، بنابراین قابلیت اعتماد انرژی تولیدشده از توربین باد، از دیگر فناوری‌های تولید انرژی کمتر است.

(۲) تقریباً تمام توربین‌های بادی نوعی از آلودگی‌های صوتی را ایجاد می‌کنند، توربین‌های تجاری بزرگ فرکانس صدای زیادی (در محدوده شنوایی انسان) تولید می‌کنند. بنابراین این توربین‌ها عموماً نزدیک خانه‌ها ساخته نمی‌شوند. توربین‌های باد کوچک صدای بسیار بیشتری شبیه به هواپیما تولید می‌کنند.

(۳) توربین‌های بادی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بیشتری نسبت به سایر تکنولوژی‌های تولید انرژی دارند.

(۴) مناطقی که دارای سرعت باد مناسب برای راه‌اندازی توربین‌ها هستند معمولاً دور از شهر هستند؛ و هزینه انتقال برق به مکان‌هایی که نیازمند برق هستند بسیار بالا می‌باشد در کشورهای در حال توسعه، هزینه ایجاد شبکه برق برای انتقال برق تولیدی هنگفت می‌باشد و دیگر استفاده از این توربین‌ها توجیه ندارد (جمیل، ۱۳۹۲).

۲-۶ هزینه تولید برق از انرژی باد

امروزه افزایش تقاضا برای انرژی الکتریکی توجه دولت‌ها و شرکت‌ها را به سمت انرژی‌های نو جلب کرده است. این جذابیت و گرایش به همراه صرف بودجه‌های تحقیقاتی در نهایت باعث کاهش قیمت تمام‌شده انرژی‌های تجدیدپذیر و رقابت‌پذیری آن با انرژی‌های سنتی موجود شده است. هزینه تولید الکتریسیته به عوامل مختلفی وابسته است از جمله هزینه سوختی که برای نیروگاه‌های فسیلی مصرف می‌شود ویژگی‌های منطقه‌ای و سیاست‌های دولت وابسته است. از طرف دیگر باکم شدن ذخایر نفت و گاز و حذف یارانه فرآورده‌های نفتی، قیمت سوخت‌های فسیلی نیز افزایش می‌یابد. اگر قیمت سوخت‌های فسیلی در کشور واقعی شود، در نتیجه توجیه‌پذیری اقتصادی نیروگاه‌های بادی به دلیل عدم نیاز به منابع سوختی، بیش‌تر از نیروگاه‌های گازی و حرارتی با سوخت فسیلی است. نکته قابل توجه اینکه متوسط سرعت باد سالیانه عامل مهمی در تعیین قیمت تمام‌شده برق تولیدی است. از آنجاکه میزان انرژی قابل استحصال از باد با توان سوم سرعت آن نسبت مستقیم دارد، لذا افزایش در سرعت باد باعث افزایش در تولید انرژی الکتریکی و کاهش قیمت تمام‌شده برق تولیدی می‌شود. قیمت فروش برق در کشور ایران توسط دولت مشخص می‌شود برای بخش‌های متفاوت نرخ‌های مختلفی تعیین شده است. برای بخش کشاورزی کم‌ترین نرخ و برای بخش تجاری بیش‌ترین نرخ دریافت می‌شود. تلاش‌های بسیاری برای تعدیل و اصلاح قیمت‌های فروش انرژی و برق صورت گرفته ولی باین وجود قیمت‌ها هنوز در سطح بسیار پایینی هستند و یارانه‌های ضمنی سنگینی به خود اختصاص می‌دهند. قیمت خرید برق در برخی از کشورها مانند اتریش به ۲۰۰۰۰ ریال در هر کیلووات ساعت می‌رسد ولی در ایران قیمت خرید برق طبق آمار وزارت نیرو ۵۴۶۰ ریال می‌باشد. باین وجود صنعت برق بادی در ایران امکان رقابت با دیگر صنایع تولید انرژی الکتریکی را ندارد. (رحیمی و ثقفی، ۱۳۸۹). طی ۱۵ سال گذشته، پیشرفت عظیمی در زمینه تولید کم‌هزینه توربین‌های بادی حاصل شده است. نمونه‌های اولیه توربین‌های بادی تجربی دهه هشتاد، به دلیل برنامه‌های گسترده تحقیق و توسعه بسیار گران بودند. هزینه نصب توربین‌های بادی اولیه در

دانمارک و ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۱ برای هر کیلووات ظرفیت تولیدی حدود ۵۰۰۰ دلار آمریکا بود. امروزه هزینه نصب توربین‌های بادی تجاری در بازار با حدوداً ۱۰۰۰ دلار آمریکا برای هر کیلووات ظرفیت تولیدی می‌باشد. این قیمت رقابتی امکان استفاده اقتصادی از انرژی باد را در مقایسه با انرژی تولیدشده از سوخت فسیلی می‌دهد. در ایران، برق تولیدشده توسط هر انرژی تجدید پذیر توسط سازمان انرژی‌های تجدید پذیر ایران خریداری می‌شود. در حال حاضر، صاحبان اصلی نیروگاه‌های بادی در ایران عمده بهره‌برداران توربین‌های بادی، یعنی مناطق منجیل و بینالود در حال فروش برق با نرخ ۰/۱۳ دلار در کیلووات ساعت با استفاده از توربین‌های بادی ۲ مگاوات ساعت به دولت هستند و در سال ۱۳۹۸ قیمت خرید برق برای نیروگاه‌های بادی بزرگ ۵۴۶۰ ریال می‌باشد (مینائیان، ۱۳۹۲).

۷-۲ سیاست‌های حمایتی دولت

سیاست‌گذاری‌های دولت در رشد و توسعه انرژی‌های تجدید پذیر نقش اساسی داشته است، به‌ویژه در بخش نیرو دغدغه‌ها و نگرانی‌های زیست‌محیطی، باهدف کاهش تولید CO_2 و آلودگی‌های محیطی انگیزه خوبی بوده است. احساس نیاز به منابع جایگزین باعث تمرکز بیش‌تر دولت‌ها روی بخش برق، به‌ویژه با استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر شده است. با توجه به این‌که انرژی‌های تجدید پذیر هنوز نسبت به منابع متداول انرژی هزینه برتر هستند، در بیشتر کشورها یارانه نیاز بوده است. اخیراً ایالات متحده برنامه‌های جدیدی باهدف دو برابر کردن سهم انرژی‌های تجدید پذیر تا سال ۲۰۳۰ در نظر گرفته است (از میان اهداف آن، به دسترسی فراگیر به انرژی‌های نو و افزایش بهبود راندمان آن‌ها می‌توان اشاره نمود). چشمگیرترین جهش در سیاست‌های انرژی‌های تجدید پذیر در ژاپن اتفاق افتاده است، به‌طوری‌که حمایت‌های انجام‌شده بیش‌تر در راستای افزایش سریع ظرفیت انرژی‌های تجدید پذیر و جبران توان پایین نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشد. همچنین ایالت متحده سیستم پاداش مالیاتی (اعتبارات، تخفیف‌ها و معافیت‌های مالیاتی) و همچنین امتیازات و وام‌هایی برای حمایت از رشد سهم انرژی‌های تجدید پذیر در نظر گرفته است.

سیاست‌های حمایتی نقش مهمی در کاهش هزینه‌های تکنولوژی دارد. این سیاست‌ها بازارهایی را ایجاد کرده‌اند که منجر به توسعه صنعت انرژی‌های تجدید پذیر، رشد فناوری‌های پیشرفته و اقتصاد شده است. سیاست‌های حمایت از انرژی تجدید پذیر تا پایان سال ۲۰۱۸ در ۱۴۶ کشور به کاررفته شد دست کم ۱۴ کشور سیاست‌های مستقیم در رابطه با بخش برق و ۲۱ کشور دیگر نیز سیاست‌های حمایتی از انرژی‌های تجدید پذیر در بخش گرمایش و سرمایش را به کار بستند. به کارگیری سیاست‌های توانمندسازی، ضرورت ایجاد بازارهای جدید انرژی و رشد رقابت در سطح سرمایه‌گذاری‌های جهانی در بخش انرژی تجدید پذیر در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است (نیلوفر شعرافیان ۱۳۸۷).

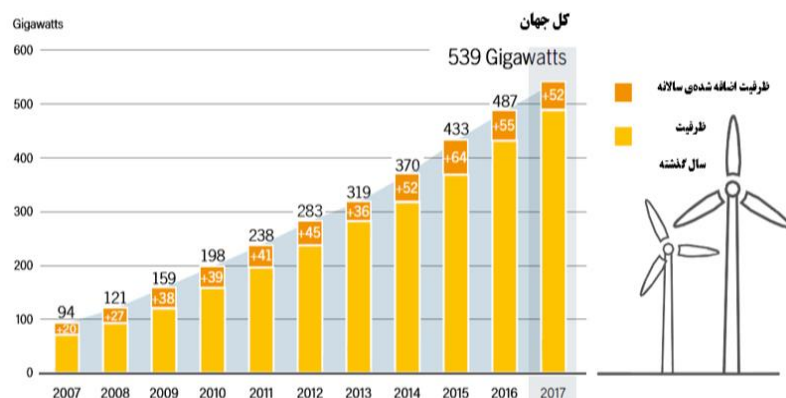
ایران دارای پتانسیل بالایی انرژی بادی و سایر انرژی‌های تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی است، ولی تخصیص دادن یارانه‌ها برای مصرف‌کنندگان برق از یک سو و صوری بودن قیمت و یا هزینه سوخت ورودی به نیروگاه‌های فسیلی از طرف دیگر، سبب ایجاد قیمت صوری و اندک انرژی فسیلی در سبد انرژی کشور گردیده که پس از مقایسه باقیمت انرژی‌های تجدید پذیر بخصوص باد، موجب عدم تشویق سرمایه‌گذاران و مانعی بر سر راه توسعه برق بادی کشور شود. تعدیل رو به بالای قیمت برق به مدت ۳ سال به دلیل جلوگیری از صعودی شدن تورم، تغییراتی نداشت نهایتاً از مهرماه سال ۱۳۹۸، ۳۰ درصد افزایش یافت است (آمار وزارت نیرو). توصیه می‌شود یارانه برق توسط دولت کاهش داده شود تا بار مالی دولت هم کاهش یابد و هم‌زمان زمینه مساعدتری برای توسعه برق پاک فراهم کند.

۲-۸ بازار جهانی نیروگاه‌های بادی نصب‌شده

انرژی باد سریع‌ترین رشد تولید برق در جهان را دارا است و طی سال‌های آینده می‌تواند به عنوان یکی از راه‌حل‌های تولید برق، جایگزین نیروگاه‌های سوخت فسیلی گردد. با توجه به پایان‌پذیری

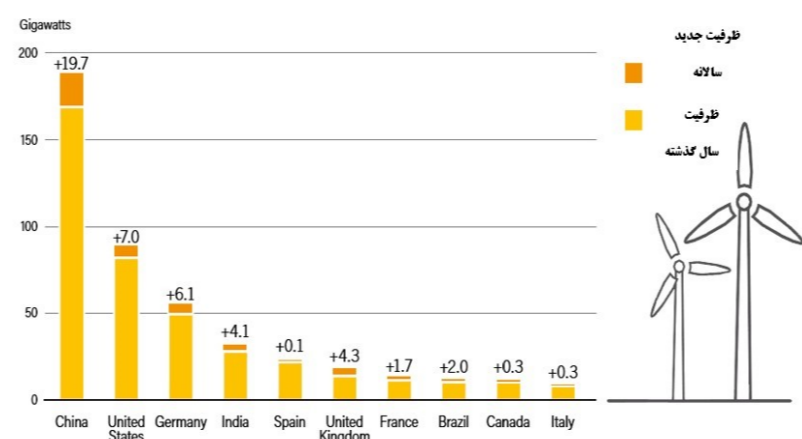
سوخت‌های فسیلی و گران تمام شدن استفاده از این سوخت‌ها و دیگر مضرات استفاده از نیروگاه-های فسیلی، انرژی باد می‌تواند نقش مهمی در امنیت تأمین انرژی و کاهش اثرات مضر ایفا کند؛ بنابراین می‌توان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در افزایش توجهات به انرژی بادی را در چهار عامل افزایش تقاضا، افزایش عرضه‌ی انرژی، افزایش توجهات به مسائل زیست‌محیطی و بهبود در تکنولوژی توربین بادی خلاصه کرد. طی ۱۰ سال اخیر فروش توربین‌های بادی در جهان سالانه به‌طور متوسط ۲۹ درصد رشد داشته و در حال حاضر صنعت توربین بادی به‌عنوان یکی از جذاب‌ترین فرصت‌های شغلی پیش روی سرمایه‌گذاران قرار دارد. مطالعات حاکی از آن است که ظرفیت نصب‌شده برق بادی طی چند سال آتی رشد دورقمی را از خود نشان خواهد داد. انتظار می‌رود با توجه به تعداد محدود تولیدکنندگان توربین در جهان فزونی، تقاضا نسبت به عرضه در بازار توربین بادی وجود داشته باشد که این مسئله طی چند سال آتی باعث افزایش تعداد تولیدکنندگان توربین و به بلوغ رسیدن بازار این فناوری در جهان خواهد شد (طوسی، ۱۳۹۵). در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های بادی و خورشیدی بیشترین سهم تولید و توسعه را در جهان دارا هستند. طبق آمار آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر ایرنا^{۱۷} در نمودار (۲) ظرفیت تولید انرژی بادی در جهان از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ به همراه میزان افزایش سالیانه آن ارائه‌شده، همچنین ۱۰ کشور برتر در توسعه این نوع انرژی در سال ۲۰۱۷ و میزان افزایش ظرفیت تولید انرژی بادی در آنها به تفکیک در نمودار (۳) ارائه‌شده است.

¹⁷ International Agency for Renewable Energy (IRENA)



نمودار ۱-۲. ظرفیت تولید انرژی بادی جهان و میزان افزایش سالیانه آن از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ (REN21)

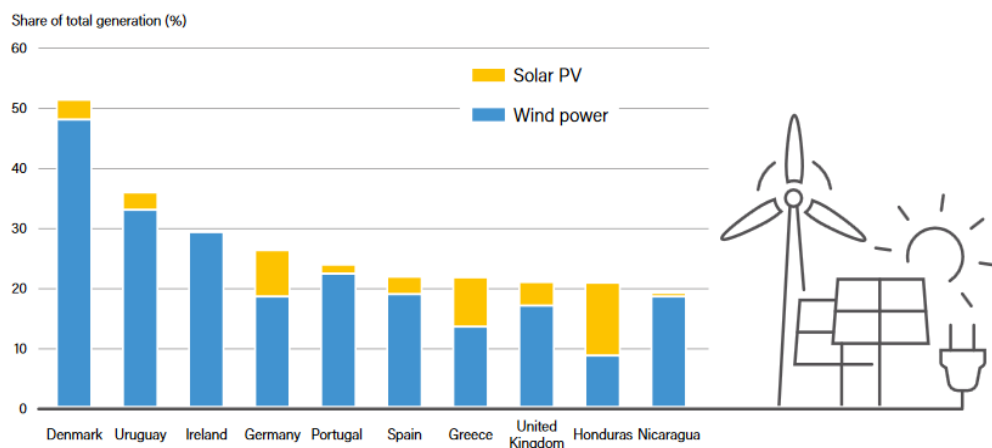
همان‌طور که در نمودار نشان داده شده ظرفیت اضافه شده سالانه انرژی‌های بادی جهان در سال ۲۰۱۵ معادل ۶۴ گیگاوات بوده که بیش‌ترین میزان طی سال‌های گذشته و بعدی بوده و در سال ۲۰۱۶ معادل ۵۵ گیگاوات که این میزان در سال ۲۰۱۷ معادل ۳ گیگاوات کاهش یافته است. روند افزایشی ظرفیت انرژی بادی در بازه ۱۰ ساله چشمگیر بوده و در پایان سال ۲۰۱۷ به ۵۳۹ گیگاوات رسیده است. بیش‌ترین میزان ظرفیت اضافه شده انرژی بادی جهان در سال ۲۰۱۷ با ۱۹/۷ گیگاوات در کشور چین اتفاق افتاده و این میزان ظرفیت جدید سالانه در سال ۲۰۱۷ معادل ۱۹,۷ گیگاوات و کمترین آن در کشور ایتالیا با ۰/۳ گیگاوات بوده است.



نمودار ۲-۲. میزان ظرفیت اضافه شده انرژی‌های تجدید پذیر در ۱۰ کشور برتر جهان در سال ۲۰۱۷ (REN21)

سرمایه‌گذاری در سطح جهان برای تولید برق بادی در ۶ ماهه اول سال ۲۰۱۸ در مقایسه با مدت مشابه در سال ۲۰۱۷ حدود ۳۳ درصد افزایش یافته و به ۵۷ میلیارد دلار رسیده است. در حالی که سرمایه‌گذاری برای باتری‌های خورشیدی ۱۹ درصد کاهش داشته و به حدود ۷۲ میلیارد دلار رسیده است. البته این به معنای کاهش سرمایه‌گذاری در سوخت‌های تجدید پذیر نیست، بلکه روند رشد آن در برخی از انواع انرژی تجدید پذیر کاهش یافته است. به‌طور مثال در کشور چین سرمایه‌گذاری در باتری‌های خورشیدی در سال ۲۰۱۸ رشد آهسته‌تری داشته است. در مجموع این کشور در سال ۲۰۱۸ برای سوخت‌های پاک ۱۳۸ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری کرده است.

در نمودار شماره ۳ (سهم تولید برق از انرژی تجدید پذیر (بادی و خورشیدی - فوتوولتائیک) نسبت به کل تولید در ده کشور برتر نشان داده شده است در این میان دانمارک در سال ۲۰۱۸ رشد چشمگیری داشته است؛ و نیمی از انرژی برق تولیدی کشور را از این دو منبع تجدید پذیر کسب کرده است.



نمودار ۲-۳. سهم تولید برق از انرژی تجدید پذیر (بادی و خورشیدی - فوتوولتائیک) ۱۰ کشور برتر در ۲۰۱۸ (REN21-2019)

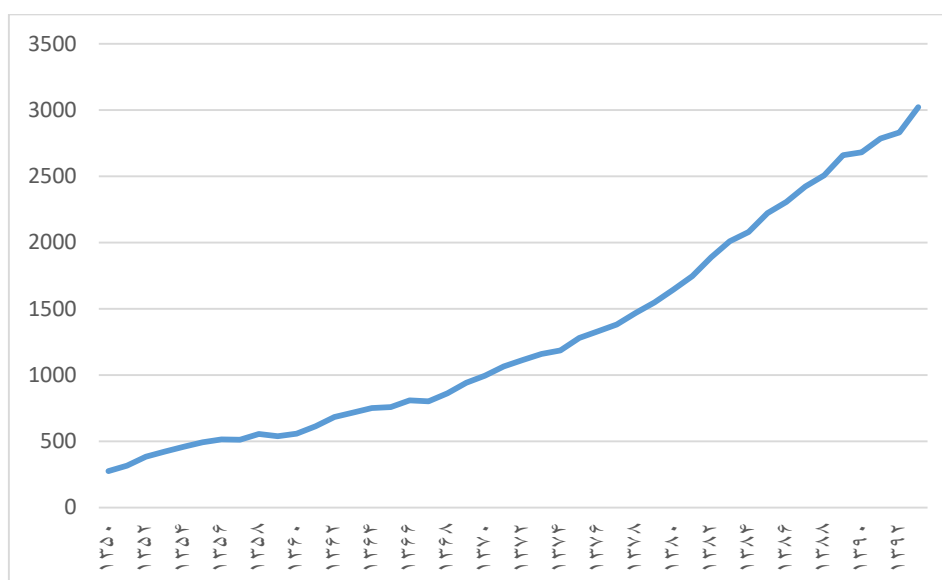
۹-۲ وضعیت نیروگاه‌های تجدید پذیر در ایران و جهان

بیش از ۵۰ درصد از ظرفیت نیروگاه‌های نصب شده برق مانند آلمان، انگلستان، فرانسه، ایتالیا و اسپانیا تجدید پذیر است. این کشورها در نظر دارند با پیشرفت در حوزه انرژی‌های تجدید پذیر به طور متوسط

تا ۱۰ سال آینده ظرفیت نیروگاه‌های تجدید پذیر را تا حد امکان افزایش دهند و به بالای ۷۰٪ برسانند. به این ترتیب در کشورهای آمریکایی و آسیایی جهت توسعه و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدید پذیر در آینده برنامه‌ریزی‌هایی صورت گرفته است اما ظرفیت تولید برق نیروگاه‌های تجدید پذیر در ایران کمتر از یک‌درصد ظرفیت تولید برق در کشور بوده است. این در حالی است که طبق ماده ۵۰ قانون برنامه ششم توسعه، دولت مکلف است سهم نیروگاه‌های تجدید پذیر و پاک را با اولویت سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی (داخلی و خارجی) تا پایان اجرای قانون برنامه به حداقل ۵ درصد ظرفیت برق کشور برساند.

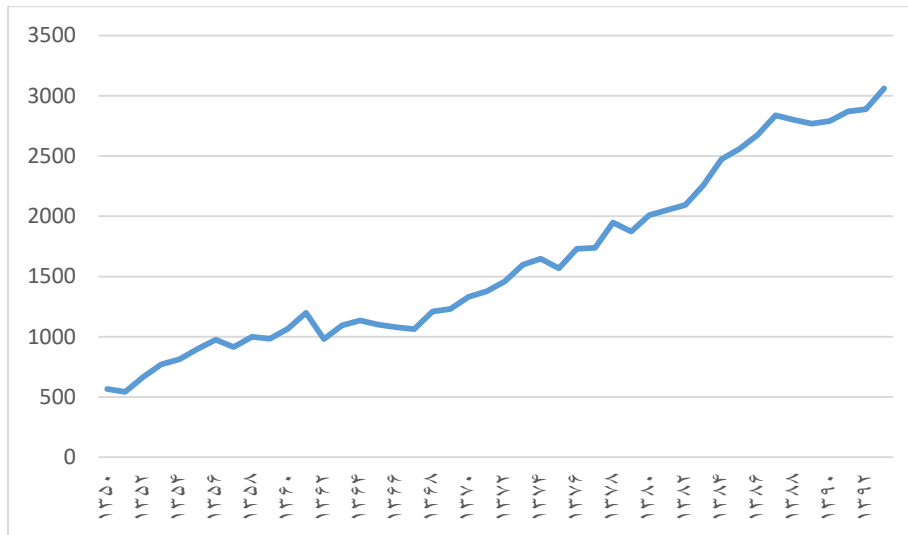
۲-۱۰ وضعیت مصرف انرژی در کشور ایران

از مهم‌ترین شاخص‌های مصرف انرژی در یک کشور شدت مصرف انرژی و مصرف سرانه انرژی می‌باشد. مصرف سرانه انرژی از میزان مصرف انرژی به ازای هر نفر و به صورت سالانه به دست می‌آید همان‌طور که نمودار شماره ۴) نشان می‌دهد مصرف انرژی در ایران رو به افزایش است. به گزارش آژانس بین‌المللی انرژی در سال‌های گذشته بزرگترین مصرف‌کننده انرژی در جهان کشور آمریکا بوده است. مصرف انرژی در این کشور بیشتر از مجموع مصرف انرژی در روسیه و چین بود.



نمودار ۲-۴ مصرف انرژی در ایران

شدت مصرف انرژی از دیگر شاخص‌های مهم تعیین وضعیت مصرف انرژی می‌باشد که به طور سالانه از تقسیم مصرف نهایی انرژی به تولید ناخالص داخلی هر کشور به دست می‌آید.

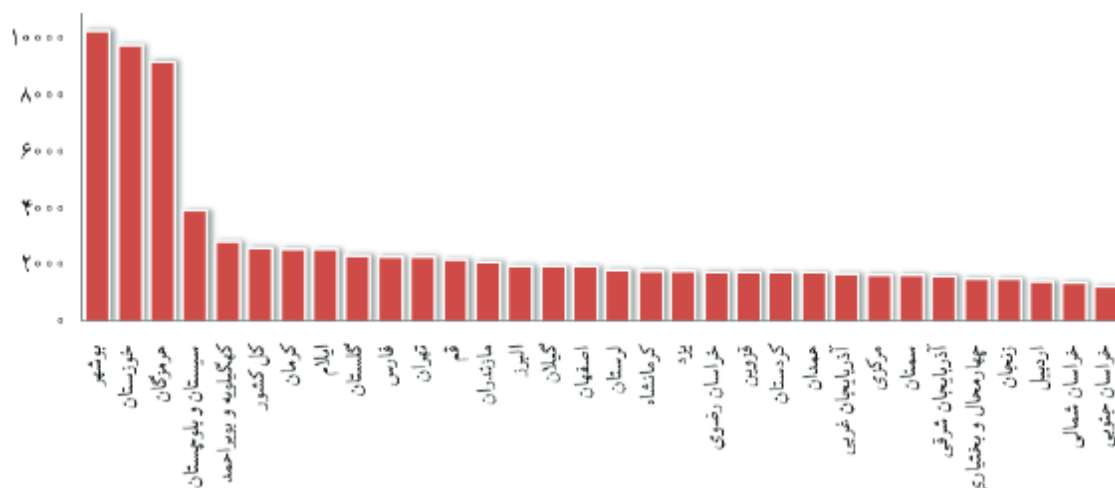


نمودار ۲-۵ شدت مصرف انرژی در ایران

شدت مصرف انرژی در ایران سه برابر بالاتر از متوسط شدت انرژی در دنیاست. در حالی که در دنیا به طور متوسط برای تولید ۱۰۰۰ دلار تولید ناخالص داخلی ۰/۱۹ تن معادل نفت خام انرژی مصرف می‌شود در ایران، برای تولید هر هزار دلار تولید ناخالص داخلی ۰/۶۳ تن معادل نفت خام انرژی مصرف می‌شود.

۲-۱۱ سرانه مصرف برق خانگی به تفکیک استان‌ها

نمودار شماره‌ی (۶) نشان می‌دهد که استان‌های بوشهر، خوزستان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کهگیلویه و بویر احمد در بخش مصرف خانگی برق، بیش‌تر از متوسط مصرف سرانه‌ی برق خانگی، برق مصرف کرده‌اند و کم‌ترین مصرف مربوط به استان‌های خراسان جنوبی، خراسان شمالی، اردبیل و زنجان بوده و بقیه‌ی استان‌ها کمتر از متوسط سرانه‌ی مصرف، مصرف برق خانگی داشته‌اند. با این حال استان ایلام هم جز پر مصرف‌ترین استان‌ها به حساب می‌آید.



نمودار ۲-۶ سرانه مصرف برق خانگی به تفکیک استان‌ها (کیلو وات ساعت)

۲-۱۲ چشم‌انداز برنامه ششم توسعه

برنامه ششم توسعه ظرفیت موردقبول انرژی تجدید پذیر تا سال ۱۴۰۰ را ۵۰۰۰ مگاوات در نظر گرفته است که تا پایان سال ۹۷ به ۷۰۰ مگاوات رسیده است، این یعنی در دو سال باقیمانده باید بیش از ۴۰۰۰ مگاوات ظرفیت برق تجدید پذیر به شبکه اضافه شود. از تیرماه ۸۸ تا بهمن ۹۷ ظرفیت تجدید پذیرها در ایران در حد ۷۰۰ مگاوات متوقف شده است؛ لذا افزایش ۴۰۰۰ مگاواتی در باقیمانده این زمان بعید به نظر می‌رسد.

عوامل منفی:

در ۶ ماهه اول سال ۹۷ نوسانات ارزی، حوزه انرژی‌های تجدید پذیرها را مانند سایر حوزه‌های اقتصادی به رکود دچار کرد. هزینه‌های اولیه نیروگاه‌های تجدید پذیر در غالب تجهیزات به دلیل وارداتی بودن به دلار است در صورتی که تعرفه‌های ریالی بعد از این بحران ثابت ماند. این باعث شد تا از منظر اقتصادی، سرمایه‌گذاری این حوزه حالت یا فاز سودآور به معمولی تبدیل شود. عامل منفی بعدی، دانش بومی نشده در زمینه انرژی‌های تجدید پذیر است. برخلاف نیروگاه‌های فسیلی که صنایع مرتبط قابل توجهی در داخل ایران هماهنگ با آن‌ها شکل گرفته و شرکت‌های بزرگ داخلی علاوه بر ایران در سایر کشورها هم نیروگاه احداث کرده‌اند، در بخش تجدید پذیرها در ابتدای راه قرار داریم. خطوط مونتاژ پنل

خورشیدی، ساخت توربین‌های بادی و ... در داخل کشور موجود است ولی هنوز تأثیر قابل توجهی در توسعه این صنعت در داخل نداشته‌اند. عامل منفی بعدی، فرهنگ‌سازی کم است. غالب مردم کشور اطلاعی درباره این حوزه اقتصادی و پتانسیل‌های بالای ایران در این زمینه ندارند. عامل منفی بعدی، ساختار اداری نامنظم است. در بخش نیروگاه‌های کوچک و مختص مشترکین به دلیل ناهماهنگی بین توانیر (شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران) و ساتبا^{۱۸} (سازمان انرژی‌های تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی برق)، از سه ماه تا شش ماه ابتدای سال (با توجه به استان) قرارداد خرید تضمینی مبادله نمی‌شود. در بخش نیروگاه‌های بزرگ مجوزها توسط افرادی گرفته‌شده است که بعضاً قصد احداث نیروگاه ندارند و صرفاً قصد فروش این مجوزها را دارند.

عوامل مثبت:

عامل اول فراهم آوردن امکان صادرات برق از طریق شبکه بین ایران و برخی همسایگان است. این موضوع باعث می‌شود در کنار هزینه‌های اولیه که به دلار است، درآمد هم به جای ریال با یک ارز قوی‌تر صورت بگیرد تا مطلوبیت و جذابیت سرمایه‌گذاری بیشتر شود. عامل مثبت دیگر پتانسیل بالای ایران در انواع انرژی‌های تجدید پذیر از خورشیدی و بادی تا زمین‌گرمایی و زیست‌توده است.

افزایش قیمت ارز، سیستم اداری نامنظم و عدم تخصیص بودجه مربوطه به تجدید پذیرها به آن توسط دولت از جمله این عوامل منفی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سال ۹۷ پیشرفتی در زمینه انرژی‌های تجدید پذیر صورت نگرفته است و همین‌طور رسیدن به ظرفیت موردنظر در برنامه توسعه ششم در زمان باقی‌مانده از سال ۹۸ بعید به نظر می‌رسد.

۲-۱۳ معرفی منطقه موردبررسی

استان ایلام در غرب و جنوب غربی کشور در میان رشته‌کوه‌های کبیر کوه از سلسله جبال زاگرس قرار دارد. مهران در ۹۷ کیلومتری جنوب غربی استان ایلام واقع شده است ارتفاع از سطح دریای این شهر

¹⁸ Satba

۱۵۵ متر است. منطقه مهران یکی از غنی‌ترین مناطق بادخیز ایران می‌باشد، شرایط حاد دمایی (گرما و دمای بالا) از جمله ویژگی‌های اقلیمی در استان ایلام است. با توجه به شرایط حاد دمایی در شهرستان مهران در طول سال میزان مصرف انرژی الکتریکی (برق) افزایش می‌یابد برای تأمین انرژی مورد نیاز و حل بسیاری از مشکلات برای رسیدن به توسعه پایدار در منطقه باید به دنبال جایگزین مناسبی برای منابع سنتی با منابع جدید انرژی در استان ایلام بود (محمدی، ۱۳۹۵).

۲-۱۴ پیشینه پژوهش

در زمینه ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های بادی مطالعات و پژوهش‌هایی صورت گرفته است؛ اما مطالعات چندانی مربوط به این حوزه در استان ایلام صورت نگرفته است. در ادامه مروری بر ادبیات تجربی که این مطالعه بر پایه آن‌ها استوار گشته است، مطرح خواهد شد.

عبدالرحیم رحیمی و مجید ثقفی (۱۳۸۵)، در کار تحقیقی خود با عنوان، ارزیابی فنی و اقتصادی احداث توربین‌های کوچک برق بادی در بروجرد بر اساس داده‌های ۱۰ ساله هواشناسی اقدام به ارزیابی فنی و اقتصادی احداث یک توربین بادی ۵/۵ کیلوواتی در منطقه نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد در منطقه بروجرد و سایر مناطق مشابه با دارا بودن وزش باد سالیانه با سرعت متوسط ۳/۴۹ متر بر ثانیه احداث توربین‌های برق بادی کوچک در این منطقه، مناسب و مقرون به صرفه اقتصادی است. حمایت‌های دولت با خرید تضمینی برق از واحدهای کوچک برق بادی باعث ایجاد انگیزه برای افزایش استفاده از انرژی بادی می‌شود و از طرفی با در نظر گرفتن هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از آلودگی تولید برق توسط سوخت‌های فسیلی، این انگیزه را دوچندان می‌کند. ضمناً زمینه تولید و اشتغال نیز در منطقه فراهم می‌شود. در پایان، میزان انرژی تولیدی سالانه و منافع حاصل از احداث این توربین‌ها محاسبه شده است.

حمیدرضا صدری و همکاران (۱۳۸۵)، در پژوهش خود امکان‌سنجی فنی _ اقتصادی احداث یک نیروگاه را مورد بررسی قرار داده‌اند. این مطالعه که بر اساس تجربیات مؤلفین در پروژه‌های نیروگاهی و نیز نمونه‌های مشابه در سایر کشورها تهیه شده است، دو دیدگاه مالی و فنی را پیش از ساخت یک نیروگاه

مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در این راستا ابتدا ضرورت نیاز به پروژه بررسی شده و به راین اساس ویژگی‌های موردنیاز جهت احداث نیروگاه موردتوجه قرار می‌گیرد. می‌توان نتیجه گرفت که امکان‌سنجی فنی و اقتصادی پروژه به‌ویژه پروژه‌های نیروگاهی از درجه اهمیت بالایی برخوردار است.

نیلوفر شعرافیان (۱۳۸۷)، طی پژوهشی به برآورد پتانسیل برق بادی و اثر بهره‌گیری از آن در صرفه‌جویی سوخت فسیلی در ایران طی دوره ۷۳-۸۴ و با استفاده از روش ارزش حال خالص و نرخ بازده داخلی پروژه‌های باد در سه استان سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و گیلان پرداخته است؛ نتایج نشان می‌دهد که احداث نیروگاه بادی و تولید برق بادی در این سه استان از نظر اقتصادی مناسب است. اگر یارانه‌های انرژی سوخت‌های فسیلی حذف شوند ظرفیت انرژی بادی را می‌توان تا ۶ گیگاوات بالا برد؛ که این خود باعث صرفه‌جویی تقریباً ۴۷ تا ۸۴ میلیون بشکه نفت در سال در بخش نیروگاهی ایران شود. در کشور ایران یارانه انرژی تخصیص‌یافته به سوخت‌های فسیلی بسیار بالا است این‌یکی از موانع بزرگ بر توسعه تجدید پذیر و ازجمله برق بادی و خارج کردن این بخش از رقابت محسوب می‌شود. وجود این مشکلات باعث شده است تا سیاست‌گذاران بخش انرژی کشور انرژی‌های تجدید پذیر را حمایت کنند. نتیجه واکنش به این عمل باعث شد دولت را موظف کند که برق تولیدی از نیروگاه‌های بادی را باقیمت تضمینی خریداری کند و تبصره‌ای را در قانون برنامه سوم و چهارم توسعه اقتصادی کشور بگنجانند.

علی‌اصغر اسماعیل نیا و فائزه سجادیان (۱۳۸۹)، به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی با ملاحظات مکانیسم توسعه پاک (CDM)^{۱۹} پرداخته‌اند. روش مورد استفاده در این مطالعه تحلیل هزینه-فایده می‌باشد؛ که با نرم‌افزار کامفار انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد از مقایسه شاخص ارزش خالص فعلی با نرخ بازده داخلی و با به‌کارگیری مکانیسم توسعه‌ی پاک ارزش خالص فعلی ۱۰۰۰ میلیارد ریال افزایش می‌یابد و نرخ بازده داخلی ۱٪ افزایش می‌یابد این خود حاصل به‌کارگیری مکانیسم توسعه‌ی

¹⁹ Clean Development Mechanism

پاک می‌باشد. با افزایش قیمت نفت و قیمت گواهی انتشار شاخص‌های اقتصادی طرح کمتر از حالتی که مکانیسم توسعه‌ی پاک لحاظ شد افزایش می‌یابند نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد نیروگاه بادی در ایران به‌صرفه نیست.

حمید عبدی و همکاران (۱۳۹۰)، به امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی ۱۰ مگاواتی مراوه‌تپه با توجه به پتانسیل بادی منطقه طی دوره ۸۷-۸۵ بر اساس اطلاعات هواشناسی و روش‌های آماری مناسب و با استفاده از نرم‌افزار comfar، پرداخته‌اند. یکی از مسائل مهم در احداث نیروگاه‌های بادی، فاصله بهینه بین توربین‌های نصب‌شده و نحوه آرایش آن‌ها می‌باشد تا از زمین و پتانسیل باد موجود در منطقه به‌صورت حداکثری استفاده گردیده و در صورت امکان آلودگی صوتی نیز ایجاد نشود یا نهایتاً به حداکثر مجاز خود برسد. توربین‌های بادی باید بافاصله ده برابر قطرشان در راستای باد غالب نصب شود چیدمان شوند تا کمترین تلفات حاصل شود. در نتیجه توربین‌های بادی تقریباً به ۰/۱ کیلومتر مربع مکان خالی به ازای هر مگاوات توان اسمی تولیدی نیازمند هستند. نتایج این پژوهش نشان داد نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری از بهترین وضعیت برخوردار است در صورتی که وزارت نیرو شرایطی را برای سرمایه‌گذاری فراهم سازد، بخش خصوصی برای مشارکت در این طرح ترغیب خواهد شد.

سیاوش شایان (۱۳۹۰)، به تحلیل ظرفیت انرژی باد در شهرستان نهاوند پرداخته است. مطالعه وی با استفاده از داده‌های اقلیمی سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۶ ایستگاه هواشناسی نهاوند و سرعت باد آن مورد تحلیل قرار گرفته است. با توجه به این که انرژی باد از یک‌سو ممکن است به محیط‌های طبیعی و تأسیسات ساخت انسان آسیب بزند و درعین حال می‌تواند در جهت پیشرفت و توسعه جامعه انسانی مفید و مؤثر باشد، شهرستان نهاوند نیز به دلیل داشتن توپوگرافی خاص، وجود دره‌ها و گذرگاه‌های کوهستانی، کوه‌های مرتفع، دشت و به‌طور کلی موقعیت خاص جغرافیایی تحت تأثیر بادهای شدید قرار دارد، هرازگاهی هم طوفان‌های شدید در این منطقه مشکلاتی به وجود می‌آوردند. سریع‌ترین بادهای فصل زمستان و ماه مارس و بیشترین بادهای از جانب غرب، شمال غرب و جنوب اتفاق می‌افتد. سریع‌ترین

بادها در فصل تابستان نیز از سمت جنوب شرق می‌وزند. قدرت باد در شهرستان نهاوند نشان می‌دهد این منطقه برای نصب توربین‌های بادی مناسب می‌باشد.

حسین محمدی و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی به پتانسیل سنجی انرژی باد با استفاده از داده‌های سه‌ساعته‌ی سرعت باد که از سازمان هواشناسی گردآوری شده‌اند در ایستگاه‌های روانسر، اسلام‌آباد غرب، سرپل ذهاب و کنگاور در سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۸۵ پرداخته‌اند. با توجه به یافته‌ها میانگین سرعت باد سالانه در ایستگاه‌های اسلام‌آباد، کرمانشاه، روانسر، سرپل ذهاب و کنگاور به ترتیب ۴/۴، ۴/۲، ۵/۸، ۵/۱ و ۵/۸ است که میانگین سرعت باد در ایستگاه‌های روانسر و کنگاور نسبت به بقیه ایستگاه‌ها بیشتر است. با استفاده از تابع توزیع ویبول و چگالی توان باد، سرعت باد با یک نسبت ثابت بیشتر می‌شود، چگالی توان باد در ایستگاه‌های کرمانشاه کمترین و در ایستگاه روانسر بالاترین مقدار می‌باشد. بیشترین مقدار توان باد در رتبه‌های بعد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های سرپل ذهاب، کنگاور و اسلام‌آباد غرب می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده ایستگاه‌های سرپل ذهاب، روانسر و کنگاور برای تولی انرژی الکتریکی مناسب می‌باشند. در اسلام‌آباد برای بهره‌برداری باید از توربین‌های مرتفع استفاده شود اما کرمانشاه پتانسیل خوبی ندارد.

علی‌رضا انتظاری و همکاران (۱۳۹۱)، به ارزیابی پتانسیل انرژی باد و امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی در سبزوار پرداخته‌اند. به‌منظور ارزیابی انرژی باد در سبزوار، از داده‌های روزانه و ساعتی سرعت باد در طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۶ استفاده شد. میانگین سالانه‌ی سرعت باد اندازه‌گیری شده در ایستگاه سبزوار طی دوره ۳۰ ساله ۲/۵۳ متر بر ثانیه می‌باشد. ماه‌های جولای و دسامبر با ۳/۶ و ۱/۳۹ به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین متوسط سرعت باد هستند. برای توربین‌های بادی یک سری محدودیت‌ها وجود دارد، یکی از این محدودیت‌ها این است که امکان تولید الکتریسیته را در سرعت‌های پایین باد ندارند. به توجه به نتایج به‌دست‌آمده سالانه حدود ۴۹۴،۰۰۰ کیلووات ساعت انرژی الکتریسیته با نصب یک دستگاه توربین بادی در ایستگاه سبزوار قابل تولید است. با توجه به فهرست‌ب‌های سال ۹۱ نصب

یک دستگاه توربین بادی ۶۶۰ کیلوواتی هزین‌های معادل ۱۲ میلیارد ریال خواهد داشت و با توجه به برآوردهای انجام‌شده ارزش اقتصادی انرژی تولیدشده با توجه به خرید تضمینی انرژی پاک توسط وزارت نیرو، سالانه حدود ۶۱۷،۵۰۰،۰۰۰ ریال می‌باشد. در صورت استفاده از توربین‌های بادی باران‌دما بالاتر و یا افزایش قیمت خرید انرژی الکتریسیته مطمئناً این زمان بسیار کوتاه‌تر و ساخت نیروگاه اقتصادی‌تر خواهد بود.

بیگلری و همکاران (۱۳۹۲)، امکان‌سنجی و ارزیابی اقتصادی انرژی باد در شمال استان خوزستان - شوشتر پس از بررسی اطلاعات باد جمع‌آوری‌شده در ۲۰ ماه متوالی بافاصله زمانی ۱۰ دقیقه با استفاده از تابع توزیع ویبول برآورد نمودند. اطلاعات مربوط به متوسط ماهانه سرعت باد در شوشتر نشان داد که سرعت ماهانه باد برای سه ارتفاع ۱۰، ۳۰ و ۴۰ متر بین ۱/۸ و ۴/۳ متغیر است. تنها ماهی از سال که دارای سرعت باد بیشتر از ۴ است، ماه می در ارتفاع ۴۰ متر می‌باشد. بررسی جهت باد نشان داد که بیشترین فرکانس وزش باد از طرف شمال غرب می‌باشد. بر اساس نتایج اولیه به‌دست‌آمده از سرعت باد، مشخص شد که سرعت باد در شهر شوشتر در شمال خوزستان دارای پتانسیل ضعیف می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام‌شده مشخص شد که جنوب استان نسبت به شمال آن دارای پتانسیل بهتری از سرعت باد است. تابع توزیع ویبول بهترین مدل برای مدل‌سازی داده‌های بادی می‌باشد. نهایتاً امکان‌سنجی اقتصادی نصب توربین‌های بادی کوچک در شوشتر توسط نرم‌افزار "رت اسکرین"^{۲۰} صورت گرفت و مشخص شد که محل مورد مطالعه از لحاظ اقتصادی حتی برای نصب توربین‌های بادی کوچک منتخب نیز مناسب نیست. در نهایت پیشنهاد شد که در مطالعه بعدی در شهر شوشتر امکان‌سنجی استفاده از سایر سیستم‌های تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی و همچنین استفاده از سیستم‌های ترکیبی^{۲۱} (فتوولتایک - بادی و...) بررسی شود.

²⁰ Retscreen

²¹ Hybrid

محمدامین پرتوی (۱۳۹۲)، به تجزیه و تحلیل اقتصادی یک نمونه نیروگاه بادی در تولید برق با استفاده از نرم افزار Comfar، در ایران پرداخته است. مشخص گردید که با توجه به نرخ تورم و تثبیت قیمت‌ها در سال ۹۱ و همچنین درآمد حاصل از فروش انرژی تولیدی با ضریب ظرفیت‌های مختلف (ظرفیت‌های اسمی ۲۵٪، ۳۰٪ و ۳۵٪) میزان سود ویژه این طرح طی دوره ۳ ساله قابل ملاحظه می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد در این نیروگاه بادی حجم سرمایه‌گذاری اولیه بالا بوده و قیمت برق تمام‌شده این نیروگاه پس از انجام تغییراتی مانند هزینه بهره‌برداری، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و تعمیر و نگهداری می‌تواند قابل رقابت با نیروگاه‌های سوخت فسیلی باشد. یکی از توصیه‌های سیاسی توجه به روش‌های جدید برای سرمایه‌گذاری در این طرح‌ها می‌باشند.

مینائیان و همکاران (۱۳۹۲)، به پتانسیل سنجی انرژی بادی استان سیستان و بلوچستان و تحلیل اقتصادی برای احداث نیروگاه بادی در سه ایستگاه از استان سیستان و بلوچستان پرداخته‌اند. مدل‌سازی داده‌های بادی با روش تابع توزیع ویبول و روش‌های آماری انجام گرفته و از نظر اقتصادی با استفاده از هزینه برق در هر سال و درآمد ناشی از فروش آن، مدت زمان بازگشت سرمایه، محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد با انتخاب ۶ توربین بادی با توان‌های مختلف بین ۱ تا ۱۰۰ کیلووات بهینه‌ترین توربین برای تأمین برق برای هریک از سه شهر دلگان، چابهار و دهک توربین‌های بادی ارتفاع ۴۰ متر و ظرفیت ۱۰ کیلووات پیشنهاد شده که با توجه به شرایط تولید بومی و سادگی امکان ساخت این توربین‌ها در ایران مناسب‌ترین هستند. به‌طوری‌که برای چابهار در ارتفاع ۴۰ متر به ۴۵۲۳، در ارتفاع ۳۰ متر به ۴۸۴۰ یا در ارتفاع ۱۰ متر به ۵۶۵۰ توربین ۱۰ کیلووات نیاز است. در دلگان نیز به ۳۰۰ توربین ۱۰ کیلووات در ارتفاع ۴۰ متر یا ۲۹۸ توربین در ارتفاع ۳۰ متر نیاز است. همچنین برای تأمین برق شهرستان دهک، به ترتیب ۳۴۰، ۳۶۷ یا ۴۶۷ توربین ۱۰ کیلووات در ارتفاع ۴۰، ۳۰ یا ۱۰ متر مورد نیاز است. سرمایه اولیه نصب نیروگاه‌های بادی در مدت ۳۸ ماه بازگشت خواهد شد. هر سه ایستگاه از نظر کیفیت وزش باد برای نصب توربین بادی تجاری مناسب‌اند.

محمود هوشمند و سید حامد حسینی (۱۳۹۲)، به ارزیابی اقتصادی تولید برق با استفاده از انرژی باد توسط بخش خصوصی در ایران پرداخته‌اند. با در نظر گرفتن ۵۰ دستگاه توربین بادی با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات ابتدا با استفاده از نرم‌افزار کامفار هزینه-فایده احداث نیروگاه برق بادی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. سپس خروجی نرم‌افزار کامفار نشان می‌دهد، احداث نیروگاه برای 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 نیروگاه‌هایی تعیین گردد. مهم‌ترین عامل در بهبود شاخص 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 ارزشی 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 دیگر از عوامل تأثیرگذار در بهبود نرخ بازده داخلی نرخ ارز می‌باشد. نتایج بررسی نشان می‌دهد که افزایش قیمت خرید تضمینی برق، تغییر نرخ ارز و افزایش نرخ گواهی‌نامه‌ها، بیشترین اثرگذاری را بر نرخ بازده داخلی و خالص ارزش فعلی پروژه دارد.

محمدحسین مهدوی عادل و رضا خواجه نائینی (۱۳۹۳)، به بررسی و ارزیابی مالی تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی در ایران در سال ۱۳۹۲ پرداخته‌اند. از روش-هزینه فایده و با استفاده از نرم‌افزار کامفار احداث نیروگاه فتوولتاییک خورشیدی ۲۵ مگاواتی مورد تحلیل قرار گرفته و سپس تأثیر به‌کارگیری مشوق‌هایی که در احداث چنین نیروگاه‌هایی در کشورهای مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بررسی گردیده است. پیاده‌سازی و اعمال ترکیبی از مشوق‌ها (بسته حمایتی) می‌تواند به راحتی شاخص‌های مالی پروژه را به حد مطلوب و جاذب سرمایه‌گذار برساند. قیمت فروش برق (نرخ خرید از نیروگاه) متغیری کلیدی است که می‌توان با افزایش آن شاخص‌های مالی طرح را تا حد مطلوب و جذاب سرمایه‌گذار افزایش داد. پس از قیمت خرید تضمینی که تأثیر بسیاری بر اقتصادی‌تر شدن پروژه دارد، مشوق‌هایی که بر میزان مالیات پرداختی بنگاه اقتصادی چه از طریق کوچک نمودن و چه از طریق کاهش نرخ مالیاتی اثر می‌گذارند (از جمله بخشودگی موقت از مالیات، اعتبار مالیاتی

تولیدکننده، کسر مالیات و اعتبار مالیاتی سرمایه‌گذار) بیشترین تأثیرات را بر بهبود شاخص‌های مالی طرح از خود نشان می‌دهد. این دسته مشوق‌ها بیش از آن که بر تصمیم سرمایه‌گذار بر چگونگی اجرای پروژه اثر بگذارند بر تصمیم اولیه وی در زمینه اجرا یا عدم اجرا (ورود یا عدم ورود) به پروژه اثر گذارند. سید علی‌اکبر مطهری و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی به ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های بادی در ایران با تأثیرات سیاست آزادسازی قیمت انرژی پرداخته‌اند؛ و با استفاده از روش هزینه همتراز شده به مقایسه بین انواع فناوری‌های تولید برق پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با واقعی شدن قیمت سوخت در کشور نیروگاه‌های بادی در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی باصرفه بوده و با توجه به هزینه فرصت که برای گازوئیل در کشور استفاده می‌شود، به احداث نیروگاه‌های بادی پرداخته شود می‌تواند امکان صادرات این سوخت را فراهم کند؛ و اگر توربین‌های بادی ارزبر در داخل کشور تولید شوند این سود و صرفه بیش‌تر خواهد شد. سیاست کلان باید به سمت بومی‌سازی صنعت توربین و با توجه به تغییرات نرخ ارز، اولویت قطعات و بخش‌های ارزبر آن باشد. این سیاست علاوه بر مقرون و به‌صرفه بودن این نیروگاه‌ها در کشور می‌شود سبب اشتغال متخصصین نیز می‌شود.

برومند صلاحی و همکاران (۱۳۹۴)، به ارزیابی پتانسیل انرژی باد و امکان‌سنجی استفاده از آن در ایستگاه‌های همدید استان فارس پرداخته‌اند. هدف از این پژوهش ارزیابی پتانسیل انرژی باد در ایستگاه‌های منتخب استان فارس شامل شیراز، آباده و لارستان در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ است. اطللس بادی کشور نشان می‌دهد مناطق سیستان، استان فارس و خراسان رضوی از بهترین مناطق بادخیز کشور هستند؛ که برای احداث نیروگاه برق بادی مناسب و به‌صرفه می‌باشند. توابع توزیع چگالی احتمال یکی از بهترین روش‌های پتانسیل سنجی می‌باشد. در این پژوهش به بررسی وضعیت گلباده‌ها پرداخته شده است، نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد سرعت باد در ۵۰ متر برای ایستگاه شیراز و لارستان بیش‌تر از ۶/۵ متر بر ثانیه است که این سرعت از سرعت شروع به کار توربین بیش‌تر است. با

توجه به این سرعت باد، ایستگاه‌های لارستان و شیراز پتانسیل مناسبی جهت نصب توربین‌های بادی دارند؛ اما ایستگاه آباده جهت بهره‌گیری از انرژی باد منطقه، نامناسب می‌باشد.

یونس هیالی و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی به امکان‌سنجی طرح احداث نیروگاه مقیاس کوچک به ظرفیت ۲۵ مگاوات پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که احداث این نیروگاه‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری بالایی ندارد بلکه باعث افزایش مشارکت بخش خصوصی می‌شود. زمان کوتاه احداث نیروگاه‌ها یکی دیگر از مزایای احداث این نیروگاه‌ها می‌باشد. از طرفی نرخ بازگشت سرمایه ۳/۵ سال و نرخ بازده داخلی سرمایه ۲۳٪ است این نشان‌دهنده‌ی شرایط مناسبی برای سرمایه‌گذاری است.

بختیار محمدی و همکاران (۱۳۹۵)، این پژوهش باهدف امکان‌سنجی استفاده از انرژی باد در استان ایلام و همین‌طور شناخت نواحی بادخیز در استان انجام‌شده است. با استفاده از داده‌های روزانه و سرعت باد در ۷ ایستگاه استان ایلام مقدار توان تولید انرژی بادی در استان برای سه توربین با پره‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ متر محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد توربین‌هایی با پره ۵ متر در فروردین‌ماه میزان روزانه تولید انرژی بادی تقریباً بین ۳۸۰۰ تا ۳۰۴۰۰ وات بر مترمربع است. تولید روزانه انرژی بادی در مهران نشان‌دهنده‌ی حداکثر میزان تولید انرژی در این منطقه است. تیرماه بالاترین میزان تولید انرژی را بین ماه‌های سال به خود اختصاص داده است حداقل و حداکثر میزان روزانه تولید انرژی در این ماه تقریباً بین ۶۰۰۰ تا ۶۱۵۰۰ وات بر مترمربع است. در آذرماه حداقل میزان روزانه تولید انرژی به کمتر از ۷۰۰ وات بر مترمربع می‌رسد. میزان روزانه تولید انرژی باد به‌وسیله‌ی توربین‌هایی با پره ۱۰ متر نشان داد که میزان تولید انرژی با پره ۱۰ متر نسبت به توربین‌هایی با پره ۵ متر بیشتر است؛ و همین‌طور میزان تولید انرژی با پره‌های ۱۵ متری بیشتر است. بیشینه بودن توان تولید انرژی مهران در تمامی ماه‌های سال است. میزان تولید انرژی سالانه باد به‌وسیله توربین‌های با پره ۵، ۱۵، ۱۰ متر به ترتیب تقریباً ۱۱ میلیون، ۱۰۱ میلیون و ۴۵ میلیون وات بر مترمربع است.

پرویز محمد زاده و همکاران (۱۳۹۵)، به ارزیابی اقتصادی تولید انرژی الکتریسیته از توربین‌های بادی (مطالعه موردی توربین‌های بادی سایت عون ابن علی) پرداخته‌اند. در این مطالعه با استفاده از روش اقتصادسنجی ARMA به پیش‌بینی سرعت باد شهرستان تبریز در سال‌های ۱۴۰۹-۱۳۹۳ پرداخته و سپس میزان انرژی الکتریکی حاصل از توربین بادی محاسبه شده است. در ادامه هزینه یک کیلووات برق تولیدی ناشی از توربین بادی محاسبه شده که برابر با ۱۲۳۴/۲۴ ریال بوده که تقریباً با هزینه تولید یک کیلووات برق از نیروگاه حرارتی با سوخت غیر یارانه‌ای برابر می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد که تولید الکتریسیته از توربین‌های بادی، در سطح کارایی ۲۰ درصد و بالاتر دارای توجیه اقتصادی بوده و به دلیل محدودیت‌های تولید توربین‌های بادی، به‌طور کامل امکان جایگزینی آن به‌جای نیروگاه‌های حرارتی وجود ندارد. نتایج حاصل از تکنیک‌های ارزیابی اقتصادی طرح‌ها نشان داده تولید برق از توربین‌های بادی صرفه اقتصادی دارد.

داتون تود^{۲۲} و همکاران (۲۰۰۷)، تحقیقاتی در زمینه هزینه تولید انرژی از باد و امکان‌سنجی پروژه احداث نیروگاه بادی ۲ مگاوات در ایالت مهاراشترا^{۲۳}، در هند انجام داده‌اند. اهداف اصلی این پژوهش ارزیابی هزینه‌های مختلف مربوط به تولید انرژی بود. هزینه تولید انرژی در هر کیلووات ساعت (انرژی الکتریکی) برای سال اول عملیات محاسبه شد. برآورد هزینه انرژی واحد، ارزش خالص فعلی (NPV)، نسبت هزینه سود^{۲۴}، نرخ بازده داخلی^{۲۵} و دوره بازپرداخت برای پیدا کردن IRR از روش جریان نقدی تخمین شده استفاده شد. نتیجه حاصل از این روش نشان می‌دهد که پروژه بر اساس ارزش خالص فعلی (NPV) قابل اجرا و قابل قبول است. نرخ بازده داخلی (IRR) در این مورد ۲۱،۸۲ درصد است. دوره بازپرداخت پروژه انرژی باد، به مدت شش سال پنج ماه و سه روز بود، درجایی که جریان نقدی خالص تجمعی برابر با سرمایه اولیه در ابتدا بود.

²² Dahatonde

²³ Maharashtra State

²⁴ B-C

²⁵ IRR

آنگالا^{۲۶} و همکاران (۲۰۰۷)، تحقیقاتی در زمینه نیروگاه بادی مایدگوری، ایالت برنو^{۲۷} کشور نیجریه با استفاده از داده‌های باد طی دوره (۲۰۰۴-۱۹۵۵) انجام داده‌اند. با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده برای ۱۰ سال به محاسبه متوسط سرعت سالانه باد پرداخته‌اند. می‌توان نتیجه گرفت که چشم‌انداز خوبی برای استفاده از انرژی باد در کشور نیجریه وجود دارد. سرعت باد برای حمایت از تولید و عرضه انرژی باد به‌اندازه کافی مناسب است؛ بنابراین توربین‌های بادی، می‌توانند مصرف سوخت را تا ۴۰ درصد کاهش دهند و با بررسی پارامترهای مختلف اقتصادی و فنی به این نتایج رسیدند که استفاده از سیستم‌های تبدیلی تولید الکتریسیته با دستگاه‌های بادی در این منطقه توجیه اقتصادی دارد.

بابیگورگاس^{۲۸} و همکاران (۲۰۰۷)، به تولید برق با استفاده از توربین‌های تبدیل انرژی باد در منطقه یونان غربی پرداخته‌اند. با سه روش مختلف در چهار ایستگاه آب‌وهوا در منطقه یونان غربی مرکزی برای برآورد پتانسیل توان باد در این منطقه مورد استفاده قرار گرفت؛ و مقادیر میانگین سرعت باد اندازه‌گیری شد. پتانسیل انرژی باد به‌راحتی تخمین زده نمی‌شود، زیرا برخلاف انرژی خورشیدی تا حد زیادی به ویژگی‌های سایت و توپوگرافی بستگی دارد، زیرا سرعت باد به‌شدت تحت تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی محلی قرار می‌گیرد تجزیه و تحلیل هزینه از قدرت تولیدشده توسط دستگاه‌های تبدیل انرژی باد یک کار نسبتاً دشوار است که نیاز به تخمین تولید توان خروجی و همچنین هزینه دارد. علاوه بر این، ارزش‌های فعلی هر هزینه سالانه باید با توجه به پارامترهایی مانند تورم و نرخ بهره برآورد شود. دو روش مناسب برای تجزیه و تحلیل اقتصادی روش "ارزش فعلی خالص" و روش "هزینه انرژی" است. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل هزینه واحد انرژی هزینه خاصی در هر کیلووات ساعت برای چندین توربین بادی در ارتفاع‌های متفاوتی برای هر ایستگاه انجام شده است. تجزیه و تحلیل نشان داد که ممکن است از تولید

²⁶ Ngala

²⁷ Maiduguri, Borno state

²⁸ Bagiorgas

برق سود ببرند به خصوص اگر توربین‌های بادی بزرگ‌تری مورد استفاده قرار گیرند. هزینه‌های خاص در هر کیلووات ساعت کاهش می‌یابد.

احمد شاتا^{۲۹} و هانیتش^{۳۰} (۲۰۰۸)، به ارزیابی پتانسیل باد و تولید برق در هورگادا^{۳۱}، مصر پرداخته‌اند. ارزیابی فنی و اقتصادی از تولید برق با استفاده از توربین‌های بادی دریکی از امیدوارترین سایت‌های بادی مصر انجام شده است. از داده‌های باد بیش از ۲۳ سال استفاده کرده‌اند. باد منبع فراوانی در طبیعت است که می‌توان با تبدیل مکانیکی باد با استفاده از توربین‌های بادی از این انرژی برای مصارف گوناگون استفاده کرد. مصر دارای ذخایر فسیلی بسیار بالا نیست، اما دارای منابع انرژی غنی قابل تجدید مانند خورشیدی، زمین‌گرمایی و باد است. به نظر می‌رسد، باد مناسب‌ترین منبع انرژی تجدید پذیر برای تولید برق است. هدف اصلی این مقاله ارائه یک روش تحلیلی جدید برای انتخاب توربین‌های بادی بزرگ مناسب با سرعت باد کم و فاکتور ظرفیت بالا و برآورد هزینه پیش‌بینی‌شده برای سطح توان ۲۰۰۰ کیلووات است. در طول فصل تابستان مقدار زیادی از میانگین سرعت باد ۶٫۹ متر بر ثانیه (در ارتفاع ۱۰ متر) رخ می‌دهد، بنابراین باد در این فصل برای تولید برق مورد انتظار کافی است. استفاده از توربین‌های بادی با سرعت کمتری باعث ایجاد انرژی بیشتر در سال از توربین‌های بادی با سرعت بالاتر می‌شود، همچنین ضریب ظرفیت بیشتر از توربین‌های بادی است که با سرعت باد پایین‌تر مشخص می‌شوند. با توجه به تحلیل اقتصادی تولید برق با استفاده از توربین‌های بادی با سرعت کمتر از نظر اقتصادی مناسب و به صرفه می‌باشد.

نیکلاس جانسون^{۳۲} (۲۰۱۰)، به تجزیه و تحلیل ارزش خالص فعلی برای خرید توربین‌های بادی در ایالات متحده پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد نه تنها NPV مثبت است، بلکه تجزیه و تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که در شرایط متنوعی از قبیل تغییر نرخ تخفیف، هزینه‌ها و میزان تولید برق، مثبت است.

²⁹ Ahmed Shata

³⁰ Hanitsch

³¹ Hurghada

³² Nicholas

تغییرات کمی در قیمت برق نشان‌دهنده تغییرات بزرگی در NPV است، به این معنی که نتایج بسیار حساس به قیمت موردنظر برق است. اگر توربین فقط حدود ۸۰ درصد از برق مورد انتظار را تولید کند، NPV 20 ساله منفی است و به \$ ۳۱,۸۶۱ می‌رسد، اما NPV 30 ساله حدود ۱,۰۰۰,۰۰۰ دلار می‌رسد. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر اقتصادی توربین بر اقتصاد محلی (در سطح منطقه) ناچیز خواهد بود و تقریباً هیچ شغلی ایجاد نخواهد کرد. بخش عمده این امر به این دلیل است که هزینه صرف شده برای پروژه، از جمله خرید، ساخت‌وساز و هزینه نگهداری سالانه، در اقتصاد محلی صرف نخواهد شد. همچنین می‌بایست عوامل خارجی مثبت (مانند جبران انتشار آلودگی CO_2 ، کاهش آلودگی، افزایش امنیت انرژی و مزایای آموزشی) و اثرات جانبی منفی (مانند مرگ‌ومیر پرنده یا حوادث) در نظر گرفته شود.

ژاک ژوبرت و جوران کین^{۳۳} (۲۰۱۱)، به ارزیابی اقتصادی مزارع توربین‌های بادی در آلمان پرداخته‌اند. باکم شدن منابع طبیعی جهان به سطح نگران‌کننده‌ای می‌رسد، دولت‌ها در سراسر جهان به دنبال راه‌های جایگزین برای برآوردن نیاز اقتصاد خود برای برق هستند. همین‌طور با بالا رفتن قیمت برق کشاورزانی می‌توانند اقتصادی‌تر باشند که از توربین‌های بادی کوچک به‌عنوان منبع برق خود استفاده کنند. ثابت‌شده است که این توربین‌های بادی کوچک تولید برق کافی برای بهره‌برداری از یک مزرعه واحد دارند و بعدازآن برق اضافی می‌تواند برای سود به دولت فروخته شود. نمونه بارز این امر را می‌توان در آلمان مشاهده کرد، جایی که توربین‌های بادی از اواخر دهه ۱۹۸۰ در حال تولید برق هستند. دولت آلمان تصمیم گرفت با تصویب اصطلاح "قانون اعطای حق تقدم به منابع تجدید پذیر انرژی" در آوریل سال ۲۰۰۰ از تولید انرژی تجدید پذیر حمایت کند. قبل از انجام تجزیه و تحلیل اقتصادی از انرژی باد در مزارع، باید مشخص شود که آیا منطقه برای برق بادی مناسب است یا خیر. اگرچه در ابتدا هزینه بالایی برای نصب وجود دارد، اما لازم به ذکر است که این یک بار پرداخت می‌شود؛

³³ Jacques Joubert and Juran Keen

بنابراین می‌توان گفت هنگامی که سرمایه اولیه سرمایه‌گذاری شد، نگهداری توربین‌های بادی نسبتاً اقتصادی است.

اوولد بلال^{۳۴} و همکاران (۲۰۱۳)، هدف از این پژوهش تعیین پتانسیل انرژی باد برای تولید برق در سواحل شمال غربی سنگال است. خصوصیات باد و پتانسیل انرژی باد در هشت سایت (کیار^{۳۵}، پوتو^{۳۶}، گاندون^{۳۷}، ساخور^{۳۸}، سینوس موسی عبدو^{۳۹}، بوتلا^{۴۰}، دارا اندل^{۴۱} و نگوبول^{۴۲}) با استفاده از داده‌های سرعت باد جمع‌آوری شده در طی یک دوره یک سال برای هر سایت تجزیه و تحلیل می‌شود. در مطالعه حاضر، از داده‌های سرعت باد اندازه‌گیری شده هر ده دقیقه به مدت یک سال در هر سایت برای محاسبه پتانسیل باد استفاده شده است. انرژی خروجی سالانه و ضریب ظرفیت توربین‌های بادی متفاوت بزرگ و کوچک برای هشت ایستگاه محاسبه شده است. میانگین سرعت باد سالانه و چگالی توان محاسبه شد. استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث ایجاد مشکلات جدی در محیط‌زیست، از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی شده است و از این رو روند فعلی انرژی را ناپایدار می‌سازد، بنابراین نیاز به ایجاد تعادل بهتری بین انرژی، اقتصاد، توسعه و حفاظت از محیط‌زیست دارد. منابع انرژی تجدید پذیر (باد، خورشیدی، آبی، زیست‌توده و غیره). تمیز و رایگان هستند و برخلاف منابع معمولی انرژی، مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی زیادی را ارائه می‌دهند. از این رو، انرژی باد به عنوان یک راه حل پاک و خوب برای مقابله با بخش بزرگی از این تقاضای انرژی ظاهر می‌شود. تمام توربین‌های بادی دارای بالاترین ضریب ظرفیت در سایت ساخور بودند. با توجه به نتایج به دست آمده برخی از سایت‌ها برای نصب توربین مناسب هستند و منجر به تولید انرژی الکتریسیته می‌شود.

³⁴ Ould Bilal

³⁵ Kayar

³⁶ Potou

³⁷ Gandon

³⁸ Sakhor

³⁹ Sine Moussa Abdou

⁴⁰ Botla

⁴¹ Dara Andal

⁴² Nguebeul

اولایینکا^{۴۳} و همکاران (۲۰۱۳)، به تجزیه و تحلیل اقتصادی دستگاه‌های تبدیل انرژی باد با استفاده از هزینه‌های منحصربه‌فرد برق و هزینه‌های جاری در نیجریه پرداخته‌اند. در این مطالعه، بررسی فنی تولید برق و تجزیه و تحلیل اقتصادی از ۶ سیستم تبدیل انرژی باد در دسته‌های کوچک، متوسط و بزرگ (با رتبه‌های قدرت ۲۰، ۳۵، ۲۷۵، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلووات) مورد بررسی قرار گرفت. این کار با استفاده از داده‌های سرعت باد انجام شده بین ۲۵ تا ۳۷ سال و در ارتفاع ۱۰ متر اندازه‌گیری شده است. داده‌های بادی مورد استفاده در این مطالعه از آرانس هواشناسی نیجریه، اوشودی^{۴۴}، لاگوس^{۴۵} به دست آمده است. از بین کلیه سایت‌های منتخب، کانو^{۴۶} کمترین هزینه تولید برق در هر کیلووات ساعت را دارا می‌باشد. برآورد هزینه‌های برق بر اساس هزینه تثبیت شده برق و روش‌های ارزش فعلی برای شش مکان انتخاب شده در سراسر مناطق نیجریه برآورد شد. نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش ظرفیت و بهره‌برداری از توربین بادی می‌تواند تأثیر مثبتی بر هزینه‌های الکتریکی تولید شده داشته باشد. با توجه به یافته‌های پژوهش متوسط تولید سالانه انرژی از ۲،۲۴۲ تا ۱۲،۵۲۱ مگاوات ساعت می‌باشد.

تونی کالی^{۴۷} (۲۰۱۴)، به ارزیابی مالی یک توربین بادی کوچک مقیاس با مطالعه موردی در ایرلند با استفاده از داده‌های واقعی در طی یک دوره سه ساله پرداخته است. ایرلند تا سال ۲۰۲۰ امیدوار است که سهم انرژی تجدید پذیر در تولید برق تا ۴۰ درصد افزایش یابد. از این رقم، پیش‌بینی شده است که ۳۵٪ از انرژی باد تهیه شود. برای کمک و ارتقاء این استراتژی، دولت ایرلند انگیزه‌هایی برای تشویق پروژه‌های انرژی باد در مقیاس کوچک ایجاد کرده است. هزینه اولیه نصب توربین ۲۲۰۰۰ یورو به اضافه مالیات بر ارزش افزوده (بالارزش افزوده) ۲۱ درصد بود که قیمت کل آن ۲۶،۶۲۰ یورو بود. تجزیه و تحلیل مالی سرمایه‌گذاری توربین‌های باد نتایج بدی را نشان می‌دهد. این ارزش NPV بر اساس نرخ بهره ۱۳٪

⁴³ Olayinka

⁴⁴ Uddi

⁴⁵ Lagos

⁴⁶ Kano site

⁴⁷ Tony Kealy

است. در این مورد، به نظر می‌رسد که سرمایه‌گذاری در پروژه قابل‌اجرا نیست زیرا NPV یک مقدار منفی است که نشان می‌دهد هزینه‌ها بیشتر از مزایا است. با این حال، دولت ایرلند علاقه‌مند است که چنین پروژه‌های انرژی تجدید پذیر صورت گیرند تا به کاهش میزان انتشار CO_2 کمک کنند.

ژن یو ژاو^{۴۸} و همکاران (۲۰۱۴)، به مسیر توسعه صنعت برق بادی در کشور چین پرداختند و بیان دارند که انرژی باد یکی از بزرگ‌ترین منابع انرژی تجدید پذیر جهان است و استفاده از آن نقش مهمی در حل مشکلات انرژی بسیاری از کشورها دارد، با توجه به منابع باد فراوان در داخل کشور و اقیانوسی چین، مشخص است که انرژی باد در آینده نقش مهمی در توسعه پایدار و بهینه‌سازی ساختار صنعت انرژی در آینده ایفا خواهد کرد. پس از تقریباً ۴۰ سال توسعه، صنعت انرژی باد چین اکنون نه تنها خود توربین‌های شش مگاواتی خود را تولید می‌کند، بلکه دارای بزرگ‌ترین ظرفیت در جهان با تولید ملی ۵۰ میلیون مگاوات ساعت در سال ۲۰۱۰ است و قرار است تا سال ۲۰۲۰ هشت برابر افزایش یابد. صنعت انرژی باد در چین شامل پنج سیستم اصلی فناوری انرژی باد، توربین‌ها، ساخت مزرعه بادی، مکانیسم قیمت‌گذاری و سیستم‌های پشتیبانی دولت است. صنعت انرژی باد در چین از نظر فناوری، توربین‌ها، ساخت مزرعه، مکانیسم‌های قیمت‌گذاری و سیستم‌های پشتیبانی دولت دستخوش تحولات عظیمی شده است. با شروع تولید تجهیزات کوچک و به دنبال آن واردات از کشورهای خارجی، این فناوری به تدریج با تحقیقات و توسعه مستقل به تولید فعلی تجهیزات بادی در مقیاس بزرگ که امروزه مشاهده می‌شود، افزایش یافته است. میانگین ظرفیت واحد توربین‌های بادی در سال‌های اخیر از حمایت اولیه دولت در واردات توربین‌های بادی، به‌طور چشمگیری رشد کرده است. در این تحقیق به قیمت‌گذاری‌ها و سیاست‌های اقتصادی طرح رسیدگی شده است و وظایفی را برای بخش دولت در این سیستم در نظر گرفته است؛ و این تحقیقات را برای پیشرفت این فناوری در چین و دیگر نقاط جهان الزامی می‌داند.

⁴⁸ Zhen-Yu Zhao

ویکتوریا بوبینته^{۴۹} و همکاران (۲۰۱۵)، این مقاله تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه بخش تولید برق باد در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ را تحلیل می‌کند. روش تجزیه و تحلیل هزینه-سود مورد استفاده قرار می‌گیرد. باهدف ایجاد اقتصاد پایدار که بتواند نیازهای اجتماعی جامعه را تأمین کند، نرخ رشد اقتصادی را تضمین می‌کند نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که توسعه بخش برق باد، به توسعه پایدار کشور کمک می‌کند. از یک طرف، مزایای ارتقاء بخش دریافت می‌شود، زمانی که ارزش افزوده، سرمایه‌گذاری، مالیات، اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر شاخص‌ها مورد توجه قرار گیرد. کمک‌های مالی برای تولید برق باد و سهم آن‌ها در قیمت نهایی برق طی چند سال گذشته افزایش یافته است. بنابراین، بهره‌وری اقتصادی در بخش صنعت برق بادی قابل اندازه‌گیری است.

عمر النحدود^{۵۰} و محمد المیریان^{۵۱} (۲۰۱۵)، به ارزیابی پتانسیل انرژی باد به عنوان منبع تولید برق در اردن پرداخته‌اند. با توجه به نیاز روزافزون به منابع انرژی پاک، توجه بیشتر به منابع تجدید پذیر انرژی افزایش یافته و انرژی باد یکی از امیدوارکننده‌ترین منابع انرژی در آینده است. مقاله حاضر به بررسی پتانسیل قدرت باد در اردن با استفاده از داده‌های سرعت واقعی باد در بازه زمانی (۱۹۹۱-۲۰۰۱) پرداخته است. ارزیابی منابع باد در اردن با متوسط سرعت باد بین ۴ تا ۵ متر بر ثانیه، با انتخاب بهترین مکان برای تولید نیروی باد با استفاده از سیستم تبدیل انرژی باد انجام شد. بر اساس این داده‌ها، بیشترین و کمترین پتانسیل توان باد به ترتیب در ماه‌های جولای و دسامبر است. مشخص شد که شدیدترین باد در این دوره از مارس تا سپتامبر بود، در حالی که کمترین آن در ماه دسامبر بود. متوسط سرعت باد ماهانه به ترتیب ۶/۱ و ۱/۷ متر بر ثانیه در حداکثر و حداقل مقادیر در ارتفاع ۱۰ متر است.

محمد الناکار^{۵۲} و همکاران (۲۰۱۷)، در این پژوهش، به امکان‌سنجی از پتانسیل انرژی باد در غزه پرداخته‌اند. انرژی محاسبه شده از باد بر اساس داده‌های مربوط از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ از هواشناسی غزه

⁴⁹ Viktorija Bobinaite

⁵⁰ Omar Al-Nhoud

⁵¹ Mohammad Al-Smairan

⁵² Mohamed Elnaggar

به دست آمده که در یک توربین بادی کوچک با قدرت ۵ کیلووات نصب شده بر روی سقف ساختمان‌های مسکونی تغذیه می‌شود. میزان تولید سالانه انرژی پیش‌بینی شده در ارتفاع ۱۰ متر به ۲۶۹۵ کیلووات ساعت رسیده است، اما می‌توان آن را در ارتفاعات بالاتر بین ۲۰ و ۷۰ متر از ۳۵ تا ۱۲۵ درصد افزایش داد. توربین بادی که برای برداشت انرژی بادی مورد استفاده قرار می‌گیرد برای جلوگیری از موانع محلی باید در ارتفاع نسبتاً زیادی در بالای زمین نصب شود. حداکثر سرعت باد در ۱۵ فوریه ۱۲/۷ متر بر ثانیه بود که منجر به تولید توان ۴۳۴۰ وات می‌شود. برای کل سال کل انرژی مورد انتظار ۲۴۰۶ کیلووات ساعت از یک توربین در ۱۰ متر ارتفاع است. انرژی حاصل از این توربین باد تا ۸۴٪ از تولید سالانه یک سیستم فتوولتائیک را تشکیل می‌دهد و حتی از انرژی خورشیدی نیز فراتر می‌رود. یک توربین بادی و یک سیستم فتوولتائیک قابل مقایسه با هم می‌توانند انرژی کافی را برای ۳/۷ خانوار فراهم کنند.

لاورا سری^{۵۳} و همکاران (۲۰۱۸)، در کشور ایتالیا به تجزیه و تحلیل اقتصادی سیستم‌های تولید الکتریسیته با نیروگاه‌های بادی پرداختند. از این رو با استفاده از بادگیرترین مکان‌ها با بهره‌گیری از بهترین فناوری موجود، مدل اقتصادی ساده‌ای مبتنی بر قیمت فروش انرژی ثابت در کل طول عمر اتخاذ نمودند. نتایج آن‌ها به این صورت بود که در حال حاضر اگر بخواهیم این سیستم را به صورت خیلی فراگیر گسترش دهیم و از آن برق تولید نماییم با کمبود فضای نصب مواجه خواهیم شد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری این نیروگاه‌ها بالا خواهد بود نهایتاً با بررسی اقتصادی در این زمینه تا سال ۲۰۲۰ چشم‌اندازی را برای این طرح برنامه‌ریزی نمودند.

آناستاسیا^{۵۴} یوانو و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی اقتصادی نیروگاه بادی در انگلستان پرداختند. نتایج آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های اقتصادی به این صورت به دست آمد که اکثر سهام‌داران برای حفظ ارزش پول خود و بازدهی بیشتر قدم در راه سرمایه‌گذاری‌های این‌چنینی بر خواهند داشت و این کلیدی خواهد بود برای احداث و راه‌اندازی پایگاه‌های جدید بادی، نتایج انتهایی حساسیت بالای NPV را در مقابل

⁵³ Laura Serri

⁵⁴ Anastasia Ioannou

متغیرهای اقتصادی نشان داد و با مدل‌سازی‌های انجام‌شده سرمایه‌گذاران خواستار قیمت‌گذاری بالا برای برق تولیدشده از این طریق بوده‌اند.

در جمع‌بندی مطالعات انجام‌یافته خارجی و داخلی می‌توان بیان کرد که در اغلب مطالعات صورت گرفته از داده‌های سرعت باد هواشناسی که در ارتفاع ۱۰ متر می‌باشد و مناسب نصب توربین‌های بادی نمی‌باشد استفاده‌شده است؛ و یا از روش آماری توزیع ویبول برای پیش‌بینی سرعت باد و برای ارزیابی اقتصادی از روش هزینه-فایده استفاده‌شده است. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار کامفار به ارزیابی اقتصادی طرح می‌پردازیم، همچنین با از استفاده از نرم‌افزار WIDA_A سرعت باد متوسط محاسبه و برحسب آن نوع توربین انتخابی و ضریب ظرفیت به‌طور بهینه برای دستیابی به بیشترین انرژی سالیانه قابل انتخاب می‌باشد این مطالب وجه تمایز این مطالعه با مطالعات انجام‌گرفته قبلی است.

فصل سوم

روش‌شناسی تحقیق

قبل از انجام سرمایه‌گذاری باید با انتخاب روش یا ترکیب مناسب بین استراتژی‌های موجود برای رسیدن به هدف تعریف‌شده تصمیم مناسبی گرفته شود. عمل تصمیم‌گیری منجر به اجرا یا عدم اجرای سرمایه‌گذاری در یک طرح یا پروژه خواهد شد لذا برای تصمیم‌گیری ابتدا باید هدف بر مبنای رفع یک نیاز شکل بگیرد و برای رسیدن به آن هدف مسیر مشخصی تعیین شود اگرچه تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان و عدم اطمینان از نظر عوامل و متغیرهای تأثیرگذار بر سرمایه‌گذاری متفاوت می‌باشد اما آنچه سرمایه‌گذاران قبل از هر چیزی نیازمند آن هستند انتخاب روشی مطمئن و عملی برای یاری دادن آنان در تصمیم‌گیری است.

به‌منظور برآورد درآمدها و هزینه‌های طرح‌ها و پروژه‌ها جهت تحلیل سودآوری و نرخ بازگشت سرمایه طرح‌ها لازم است با مفاهیم و تکنیک‌های مطالعات اقتصادی و مالی پروژه‌ها آشنا باشیم. این پروژه‌ها از جهت سودآوری و هزینه‌های مختلف متفاوت هستند که برای سرمایه‌گذاران و شرکت‌های مختلف مطلوبیت و جذابیت‌های متفاوتی برای استفاده از فرصت‌های سرمایه‌گذاری دارند. برخی از آن‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های بیشتری در طول دوره سرمایه‌گذاری دارند و برخی دیگر از جهت زمان، طولانی‌تر می‌باشند و یا دوره‌های بازگشت سرمایه در آن‌ها کمتر از بقیه است. ارزیابی اقتصادی با اهدافی انجام می‌شود از جمله برآوردی از هزینه‌ها و منافع حاصل از هر پروژه در طول زمان برای تصمیم‌گیران و نتیجه آن به ادامه‌ی پروژه یا توقف پروژه با انجام اصلاحاتی صورت می‌گیرد. دلیل اهمیت ارزیابی اقتصادی آن است که این نوع ارزیابی اساساً ابزاری جهت تعیین وضعیت تخصیص مناسب منابع در موقعیت تصمیم‌گیری است (حسین اسلامی). در این مطالعه به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در استان ایلام برای سال ۱۳۹۹ با روش NPV ارزش خالص فعلی می‌پردازیم. در این پژوهش ابتدا به امکان‌سنجی منطقه موردنظر پرداخته‌شده که آیا استان ایلام از نظر وزش باد منطقه‌ی مناسبی برای نصب توربین‌های بادی می‌باشد؟ پس از پاسخ به این پرسش به بررسی صرفه اقتصادی نصب توربین‌ها در استان پرداخته در ادامه مشخص می‌شود که این پروژه

قابل اجرا یا غیرقابل اجرا است. لذا توضیحاتی در خصوص نحوه بررسی امکان سنجی و ارزیابی اقتصادی منطقه ارائه می شود.

۳-۲ امکان سنجی

مطالعات امکان سنجی فنی مزارع بادی به طور کلی شامل چهار موضوع اصلی انتخاب سایت مناسب برای مزرعه بادی، انتخاب مدل مناسب توربین بادی، وضعیت موضعی باد و ارزیابی سایت و مشخصات فنی و کاربرد آن می باشد.

۳-۲-۱ انتخاب سایت مناسب برای مزرعه بادی

(۱) مناسب بودن وضعیت باد: منطقه مورد نظر باید دارای وزش باد با قدرت کافی بوده و همچنین سطح جریان هوا در منطقه یکنواخت و همگن باشد.

(۲) کافی بودن توان خروجی توربین بادی: توربین هایی باید در منطقه نصب شوند که دارای توان خروجی مناسبی باشند تا بتوانند حداکثر کارایی حاصل نمایند.

(۳) وجود زیرساخت های در سایت: مکان مورد نظر باید از نظر زیرساخت هایی همچون وجود جاده و پل و همچنین مناسب بودن شیب زمین نیز مورد بررسی دقیق قرار بگیرد.

(۴) زمین و شرایط زیست محیطی: آسان بودن قابلیت دسترسی به مکان طرح، مناسب بودن مکان طرح و همچنین عدم وجود موانع در مسیر باد باید مورد توجه باشد.

(۵) موارد دیگر شامل: موارد ایمنی همچون قرار نگرفتن مکان طرح بر کمربندهای زلزله خیز و...

۳-۲-۲ انتخاب مدل مناسب توربین بادی

توربین مورد استفاده نیز باید از نظر مناسب بودن توان، میزان صدا، قیمت و همچنین مجاز بودن از لحاظ قانونی نیز بررسی شود.

۳-۲-۳ وضعیت موضعی باد و ارزیابی سایت

به طور کلی شرایط محیطی در سه مورد موانع، زبری سطح، پستی و بلندی بر باد مؤثر است.

۳-۲-۴ مشخصات فنی و موارد کاربرد آن

انرژی الکتریکی که از نیروگاه های بادی تولید می شود (حمیدی عبدی ۱۳۹۰).

۳-۳ پتانسیل انرژی باد

پتانسیل سنجی انرژی باد با استفاده از سه کمیت مشخص می شود. متوسط سرعت باد U توان P_{max} و

انرژی سالانه E به دست می آید (علی مینائیان ۱۳۹۲).

۳-۳-۱ محاسبه متوسط سرعت سالانه باد

در یک منطقه مهم ترین مسئله برآورد پتانسیل باد آن برای استفاده بهینه از انرژی باد هست. لذا متوسط

سرعت باد می تواند در انتخاب یک محل مناسب برای نیروگاه بادی حائز اهمیت باشد.

$$\bar{U} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i \quad (3-1)$$

در این رابطه U_i سرعت اندازه گیری شده در هر لحظه در ایستگاه مورد نظر، N تعداد اندازه گیری ها در

طول یک سال و $\bar{U}$ متوسط سرعت می باشد.

۳-۳-۲ تعیین توان توربین

توان توربین عبارت است از مقدار انرژی الکتریکی تولید شده توسط توربین در یک بازه زمانی مشخص

از جمله عواملی که بر توان تأثیر می گذارد می توان سرعت باد را نام برد که با توان توربین رابطه مستقیم

دارد. اگر سرعت وزش باد بیشینه باشد، پتانسیل انرژی باد برای تولید انرژی الکتریکی بیش تر شده و

باعث تولید برق بیش تری می شود. یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر توان اندازه گیری توربین می باشد. به هر

میزانی که اندازه توربین های بادی بزرگ تر باشد طول پره های آن ها بزرگ تر است این باعث می شود که

سطح تماس باد با توربین بیشتر شود و افزایش چرخش پره‌ها را به همراه دارد با در نظر گرفتن دو عامل تأثیرگذار سرعت باد و سطح تماس باد با توربین توان عبارت است از:

$$P_{max}(\bar{U}) = \frac{1}{2} \rho A \bar{U}^3 \quad (۲-۳)$$

در معادله‌ی (۲) P_{max} توان برق تولیدشده برحسب وات، به علاوه $\bar{U}$ سرعت وزش باد A سطح مقطعی است که تحت تأثیر وزش باد قرار می‌گیرد. و پارامتر ρ نشانگر چگالی هوا است. بر اساس معادله‌ی (۲) توان توربین به چگالی هوا، مساحت سطح رو تور توربین و سرعت باد بستگی دارد.

الف (چگالی هوا ρ)

انرژی جنبشی یک جسم در حال حرکت با جرم آن رابطه مستقیم دارد در نتیجه انرژی جنبشی باد به چگالی هوا که عبارت است از جرم آن در واحد حجم بستگی دارد. هر قدر هوا سنگین‌تر باشد، انرژی تبدیل‌شده از طریق توربین بیش‌تر خواهد بود. در فشار متعارف اتمسفر و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، چگالی هوا ۱/۲۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. درحالی‌که در دمای هوای صفر درجه‌ای چگالی به رقم ۱/۲۹۳ افزایش و در دمای ۳۰ درجه به رقم ۱/۱۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش می‌یابد. علاوه بر وابستگی این کمیت به دما، چگالی با افزایش میزان رطوبت اندکی کاهش می‌یابد. در ارتفاعات بالا (بر روی کوه‌ها) فشار هوا کم و در نتیجه چگالی آن نیز کم است.

ب) مساحت سطح روتور توربین

مساحت دایره حاصل از چرخش پره‌های توربین ارتباط مثبتی با میزان تولید انرژی سالانه داشته و نشان‌دهنده انرژی تولیدی یک توربین در طول یک سال است. یک توربین بادی ۱۰۰۰ کیلوواتی معمولاً قطر رو توری برابر با ۵۴ متر دارد که در این صورت مساحت سطح ۲۳۰۰ مترمربع می‌باشد. مساحت

روتور مشخص می‌کند که یک توربین بادی چه میزان انرژی می‌تواند استحصال نماید (هرمان جوزف واگنر ۲۰۱۳).

(ج) متوسط سرعت سالانه باد

بر اساس رابطه (۱) متوسط سرعت سالانه باد محاسبه می‌شود.

۳-۳-۳ محاسبه انرژی تولید سالانه

برای انجام تحلیل اقتصادی، باید ابتدا انرژی تولیدی سالانه محاسبه شود:

$$\bar{E} = N \times \bar{P} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \rho A U_i^3 \quad (3-3)$$

در این رابطه U_i سرعت اندازه‌گیری شده در هر لحظه در ایستگاه موردنظر، N تعداد اندازه‌گیری‌ها در طول یک سال، ρ چگالی هوا و A مساحت رو تور توربین است.

با استفاده از روابط (۱)، (۲) و (۳) محل مناسب برای نصب توربین‌های بادی مشخص می‌شود و پس از مشخص شدن منطقه برای نصب توربین‌های بادی به ارزیابی اقتصادی پروژه برای سرمایه‌گذاری می‌پردازیم.

۳-۴ نوع توربین انتخابی

انتخاب توربین بادی یکی از مهم‌ترین عوامل در میزان تولید انرژی سالانه توربین می‌باشد. با توجه به سرعت باد در منطقه‌ی مهران که بیش از ۷ متر بر ثانیه است امکان استفاده از توربین‌های با توان بالا را فراهم می‌کند. از دلایل انتخاب توربین‌های بزرگ‌تر می‌توان به بهره‌وری بیش‌تر توربین‌های بادی بزرگ نسبت به توربین‌های کوچک اشاره کرد. به همین دلیل در سطح معینی از یک مزرعه بادی تولید برق نسبت به توربین‌های کوچک بیشتر شده در نتیجه درآمد حاصل بیشتر می‌شود. دلیل این امر را

می‌توان در کاهش هزینه‌های متوسط ثابت نیروگاه مانند جاده‌سازی، اتصال به شبکه برق به همراه برخی قطعات الکتریکی و کنترلی توربین برشمرد که معمولاً این هزینه‌ها به‌اندازه توربین بستگی ندارند. با توجه به مطالب ذکرشده توربین‌های بزرگ‌تر برای تولید برق بسیار مناسب می‌باشند. هزینه‌های ایجاد متناسب با افزایش اندازه توربین زیاد نمی‌شود.

الف) سرعت باد متناظر با شروع به کار توربین^{۵۵}: توربین‌های بادی معمولاً به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که در سرعت باد ۳ تا ۵ متر بر ثانیه شروع به کار کنند به این سرعت، سرعت شروع به کار توربین گفته می‌شود در سرعت‌های باد کمتر از این مقدار توانی تولید نمی‌کند.

ب) سرعت باد متناظر با توقف توربین^{۵۶}: توربین بادی به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌شود که در سرعت‌های باد بالا، به‌طور مثال ۲۵ متر بر ثانیه، متوقف‌شده تا از بروز صدمات احتمالی به آن جلوگیری شود. این سرعت باد، سرعت توقف توربین نامیده می‌شود.

ج) سرعت باد اسمی توربین^{۵۷}: سرعت بادی است که در آن توان اسمی یعنی توانی که بر روی توربین مشخص شده است، حاصل می‌شود. این سرعت برای توربین‌های مگاواتی بین ۱۲ تا ۱۵ متر بر ثانیه بوده و نشانگر فقط‌های است که بازده توربین به بیشترین حد خود نزدیک می‌شود. توان تولیدی پس‌ازاین سرعت باد در یک حد مشخص ثابت نگه‌داشته می‌شود. چراکه تولید توان بیش از آن به قطعات توربین آسیب می‌رساند.

د) سرعت بحرانی: سرعت بحرانی معیاری است که در سرعت‌های باد بیشتر از آن توربین آسیب می‌بیند. هنگامی که مقدار سرعت باد بحرانی از سرعت توربین توقف توربین بیشتر باشد، در منحنی توان نمایش داده نمی‌شود. در بیشتر موارد این سرعت بین ۵۰ تا ۶۰ متر بر ثانیه است (مجید جمیل ۱۳۹۲).

⁵⁵ V_c
⁵⁶ V_f
⁵⁷ V_r

۳-۴-۱ ضریب ظرفیت

ضریب ظرفیت^{۵۸} عاملی که برای تعیین کارایی توربین‌های بادی یا هر وسیله تولید توان دیگری محاسبه می‌شود و برای مقایسه مکان‌های مختلف جهت نصب توربین استفاده می‌شود. ضریب ظرفیت میزان تولید واقعی نیروگاه را در بازه زمانی معینی با مقدار توان تولیدی نیروگاه در صورتی که با ظرفیت کامل در آن بازه کار می‌کرد، مقایسه می‌کند. نیروگاه‌های برق متداول عموماً در تمامی مواقع به تولید توان می‌پردازند، مگر زمانی که قطعات آن دچار مشکل شده و یا برای تعمیرات و نگهداری سامانه و همچنین کاهش نیاز مصرف‌کنندگان به انرژی کار آن‌ها متوقف شده باشد. برای نیروگاه‌های متداول ضریب ظرفیت بین ۴۰ تا ۸۰ درصد متغیر است در نیروگاه بادی با توجه به عدم وزش دائم باد به عنوان منبع انرژی این ضریب متفاوت است. با وجود این که توربین‌های مدرن در ۶۵ تا ۹۰ درصد مواقع مشغول به کار می‌باشند، در اکثر مواقع با توانی کمتر از ظرفیت کامل خود کار می‌کنند؛ بنابراین ضریب ظرفیت در بازه یک ساله برای توربین‌های بادی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد است. این عدد در هفته‌ها یا فصول پرباد تر افزایش می‌یابد. از آنجایی که ضریب ظرفیت از یک کمتر است، تداوم بار نیز از ۸۷۶۰ کمتر خواهد بود. اگر ضریب ظرفیت یک توربین بادی ۳۳ درصد باشد، بدان معنا نیست که توربین تنها یک سوم طول سال کار می‌کند. بلکه معمولاً توربین‌های بادی ۶۵ تا ۹۰ درصد مواقع سال در حال تولید توان هستند، اما در بسیاری از مواقع توانی کمتر از ظرفیت کامل خود تولید می‌کنند و این دلیل پایین بودن ضریب ظرفیت آن‌هاست. برای محاسبه ضریب ظرفیت، می‌بایست کل میزان انرژی تولیدی نیروگاه در یک بازه زمانی مشخص را بر میزان انرژی‌ای که بر اساس ظرفیت کامل اسمی نیروگاه باید تولید شود، تقسیم نمود.

$$C_f = \frac{\text{کل میزان انرژی تولیدی نیروگاه در یک بازه زمانی مشخص}}{\text{میزان انرژی که براساس ظرفیت کامل اسمی نیروگاه باید تولید شود}} \quad (۳-۴)$$

⁵⁸ C_f

تخمین زمین موردنیاز نیروگاه‌های بادی:

$$S_1 = N \times a \times a \quad (3-5)$$

N تعداد توربین‌های مزرعه بادی می‌باشد.

حداکثر مقدار a مساوی قطر روتور توربین بادی می‌باشد.

در تخصیص زمین، عمده‌ترین مورد از موارد فوق مربوط به احداث پست نیروگاه می‌باشد. در صورتی که نیروگاه

نیاز به احداث پست توسط سرمایه‌گذار نداشته باشد، برای سایر تأسیسات ۱۰ تا ۲۵ درصد مقادیر فوق با توجه

به سایز مزرعه بادی کفایت می‌نماید.

$$S_2 = 4 \text{ Hect} \quad (3-6)$$

ولتاژ پست 230 KV

$$S_3 = L \times b \quad (3-7)$$

L طول و b عرض جاده‌های موردنیاز است عرض جاده بین ۵ تا ۱۰ متر و برای طول جاده ۴ برابر قطر روتور

در نظر گرفته می‌شود. افزایش سایز توربین‌ها از عرض بیش‌تر برای جاده‌ها استفاده شود.

مجموع مساحت موردنیاز.

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (3-8)$$

۳-۵ ارزیابی مالی طرح

پس از امکان‌سنجی پروژه ارزیابی اقتصادی یکی از محورهای مهم و ضروری می‌باشد. هر پروژه‌ای باید از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد. برای اجرای یک پروژه باید از سودمندی آن اطمینان حاصل شود تا بتوان با اطمینان بالا سرمایه‌گذاری کرد که این خود موجب ماندگاری و پایداری می‌شود. یکی از دلایل مختلفی که برای انجام ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها وجود دارد مفهوم کارایی اقتصادی می‌باشد. کارایی اقتصادی مشخص‌کننده ارزش‌گذاری هزینه‌ها و منافع حاصل از یک پروژه و معیار سنجش ارزش‌گذاری واحد پول می‌باشد. مفهوم کارایی اقتصادی سودآوری یا به عبارتی منافع پروژه از هزینه‌های آن بیش‌تر باشد در این صورت پروژه کارایی لازم را دارد. عده کمی از اقتصاددانان معتقدند که لازمه‌ی رشد اقتصادی، توسعه اقتصادی می‌باشد. رشد اقتصادی با افزایش تولید ناخالص ملی حاصل می‌شود. در بعضی مواقع پرداختن بیش‌ازحد به ارزیابی طرح‌ها باعث از دست رفتن فرصت‌های بهتر می‌شود همین‌طور پرداختن بیش‌ازحد به ارزیابی پروژه‌های اجتماعی بسیار وقت‌گیر و پرهزینه خواهد بود و ممکن است باعث هدر دادن منابع کمیاب تولید شود. نکته مهم دیگر بررسی کردن اجرا یا عدم اجرای پروژه‌ها می‌باشد و این سؤال مطرح می‌شود که آیا با توجیه‌پذیری یک طرح می‌توان آن را اجرا کرد یا خیر؟ جواب خیر است هر پروژه و طرح با توجه به ملاحظات انتخاب می‌شود ۱- توجیه‌پذیری اقتصادی ۲- توجیه‌پذیری مالی این دو از هم مستقل هستند علت آن تأمین مالی برای پروژه‌هاست. چراکه ممکن است یک طرح توجیه اقتصادی داشته باشد اما منابع تأمین اعتبار طرح وجود نداشته باشد. نحوه مواجهه در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های بخش دولتی و خصوصی با یکدیگر متفاوت هستند. پروژه‌های بخش خصوصی و دولتی از نظر ارزیابی اقتصادی با یکدیگر متفاوت هستند. در بخش خصوصی منافع سرمایه‌گذار مورد توجه قرار می‌گیرد در حالی که در پروژه‌های دولتی منافع به صورت عام می‌باشد و با توجه به مقایسه مجموعه منافع و مضار ارزیابی اقتصادی طرح صورت می‌گیرد (حسین اسلامی). تهیه مدل یکی از مهم‌ترین مراحل برای پروژه‌های امکان‌سنجی فنی-اقتصادی می‌باشد. این مدل‌ها باید به حدی جامع باشند که کلیه مفروضات و مراحل مالی را در نظر بگیرند.

۳-۵-۱ هدف ارزیابی پروژه:

- (۱) جلوگیری از اجرای پروژه‌های نامناسب
- (۲) ممانعت از عدم اجرای پروژه‌های خوب و مناسب
- (۳) ارزیابی میزان سازگاری اجزای مختلف پروژه
- (۴) ارزیابی میزان ریسک پروژه

هدف ارزیابی پروژه پاسخ به پرسش‌های زیر است:

آیا پروژه از نظر مالی به صرفه است؟

آیا پروژه از نظر اقتصادی به صرفه است؟

چه کسانی و به چه میزان از اجرای پروژه منفعت می‌برند؟

چه گروه‌های از اجرای پروژه ضرر می‌کنند؟

آیا پروژه فقرزدایی می‌کند؟

منابع مالی موردنیاز پروژه از کجا تأمین می‌شود؟

اهدافی را که تهیه مدل مالی در پی آن است عبارت‌اند از:

- گسترش دادن تجربه‌های داخلی به منظور بهتر عمل کردن در امکان‌سنجی پروژه‌ها و ارزیابی مالی طرح‌ها
- پیدا کردن ارتباط بین بخش‌های فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی پروژه
- مشخص کردن اجرا یا عدم اجرای پروژه (حمیدرضا صدری ۱۳۸۹).

۳-۶ روش‌های ارزیابی اقتصادی

- (۱) ارزش خالص فعلی

(۲) ارزش خالص آتی^{۵۹}

(۳) ارزش خالص سری سالانه یکنواخت^{۶۰}

(۴) نسبت سود - هزینه

(۵) نرخ بازده داخلی

(۶) سرعت بازگشت سرمایه (دوره استرداد)^{۶۱}

۳-۶-۱ روش‌های متعارف ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری شامل

(۱) روش ارزش خالص فعلی (روش فیشر)^{۶۲}

(۲) روش نرخ بازدهی داخلی (روش کینز)^{۶۳}

۳-۶-۲ روش فیشر:

هر پروژه با مواد زیر مشخص می‌شود:

C_0 = هزینه اولیه پروژه

$VC_0, VC_1, VC_2, \dots, VC_n$ = هزینه‌های جاری پروژه

$TR_0, TR_1, TR_2, \dots, TR_n$ = درآمدهای پروژه

n = تعداد سال‌های عمر مفید پروژه

سودآوری یا عدم سودآوری پروژه:

هزینه - درآمد = سود

$$\pi = TR - TC \quad (۳-۹)$$

⁵⁹ NFV

⁶⁰ NAV

⁶¹ PBP

⁶² Fisher

⁶³ Keynes

نرخ بهره = نرخ تنزیل

$$TR = PV(\text{درآمدها}) = TR_0 + \frac{TR_1}{1+r} + \dots + \frac{TR_n}{(1+r)^n} \quad (10-)$$

(۳)

برای سادگی فرض می‌شود که درآمد هر دوره در ابتدای همان دوره کاملاً به دست می‌آید. اگر نرخ بهره^{۶۴} در هر دوره متفاوت باشد در آن صورت داریم:

$$TC = PV(\text{هزینه‌ها}) = C_0 + VC_0 + \frac{VC_1}{1+r} + \dots + \frac{VC_n}{(1+r)^n}$$

$$\pi = NPV = TR_0 + \frac{TR_1}{1+r} + \dots + \frac{TR_n}{(1+r)^n} - C_0 - VC_0 - \frac{VC_1}{1+r} - \dots - \frac{VC_n}{(1+r)^n}$$

$$NPV = TR_0 - VC_0 + \frac{TR_1 - VC_1}{1+r} + \dots + \frac{TR_n - VC_n}{(1+r)^n} - C_0$$

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{TR_t - VC_t}{(1+r)^t} - C_0 \quad (11-)$$

(۳)

ملاک تصمیم‌گیری برای اجرای یک پروژه (در بلندمدت)

پروژه اجرا می‌شود if $NPV > 0$

پروژه اجرا نمی‌شود if $NPV < 0$

مرز توقف در اجرای پروژه $NPV = 0$ است.

ملاک رتبه‌بندی و ارجحیت پروژه‌ها

از بین پروژه‌های دارای NPV مثبت ترتیب انتخاب چیست ؟ رأی تمام پروژه‌ها نسبت $\frac{NPV}{C_0}$ محاسبه می‌شود که به آن نرخ سود یا نرخ بازدهی می‌گویند.

$$\frac{NPV}{C_0} = \text{نرخ بازدهی (نرخ سود)} \quad (۳)$$

سود را به صورت ریالی نشان نمی‌دهد بلکه به صورت نرخ نشان می‌دهد . بنابراین نتیجه می‌شود که پروژه‌ای زودتر انتخاب می‌شود که $\frac{NPV}{C_0}$ بالاتری داشته باشد.

۳-۶-۲ روش کینز

کینز به جای آن که با استفاده از r موجود، مقدار NPV را محاسبه کند سعی در یافتن آن r می‌نماید که NPV را صفر کند. در تحلیل کینز به دنبال به دست آوردن نرخ تنزیلی هستیم که NPV صفر شود که با نرخ بهره بازار الزاماً یکی نیست.

$m =$ نرخ تنزیلی که NPV را صفر می‌کند.

$$TR_0 - VC_0 + \frac{TR_1 - VC_1}{1+m} + \dots + \frac{TR_n - VC_n}{(1+m)^n} - C_0 = 0 \quad (۳)$$

کینز m را اصطلاحاً نرخ بازدهی داخلی می‌گوید.

اگر $m = 0/25$ به دست آمد این بدان معنی است که پروژه موردنظر در نرخ بهره ۰/۲۵ ارزش فعلی خالص صفر دارد یعنی این پروژه ۲۵٪ بازدهی دارد و می‌توان ۲۵٪ نرخ بهره پرداخت که در آن صورت NPV برابر با صفر می‌شود.

ملاک تصمیم‌گیری برای اجرا یا عدم اجرای پروژه

پروژه اجرا می‌شود if $m > r$

پروژه اجرا نمی‌شود if $m < r$

مرز توقف در اجرای پروژه $m = r$ است.

ملاک رتبه‌بندی و ارجحیت پروژه‌ها

از آنجاکه m نرخ بازدهی پروژه‌ها را نشان می‌دهد پس پروژه‌ای ارجحیت دارد که m بالاتر دارد. مقایسه روش فیشر و کینز:

روش فیشر:

در صورتی پروژه‌ای اجرا می‌شود که NPV آن مثبت باشد و از بین پروژه‌های قابل اجرا پروژه‌ای ارجحیت دارد که $\frac{NPV}{C_0}$ بالاتری دارد.

روش کینز:

در صورتی پروژه‌ای اجرا می‌شود که $m > r$ باشد و از بین پروژه‌های قابل اجرا پروژه‌ای ارجحیت دارد که m بالاتری دارد. تا زمانی که بحث راجع به این است که یک پروژه اجرا شود یا خیر هر دو یک جواب می‌دهد. اما در مورد رتبه‌بندی پروژه‌ها این دو روش متفاوت است که از این نظر نتیجه یکسانی ندارد.

در محاسبه NPV و لذا در محاسبه $\frac{NPV}{C_0}$ نرخ بهره یقیناً اثر دارد. پس در روش فیشتر چگونگی رتبه‌بندی پروژه‌ها تحت تأثیر r و تغییر آن قرار می‌گیرد. یعنی اگر نرخ بهره $r = 2\%$ یا $r = 20\%$ باشد رتبه‌بندی و ارزش‌گذاری پروژه‌ها متفاوت است.

اگر پروژه‌ای خیلی زود به درآمد برسد بهتر است با نرخ بهره بالا انجام شود، چون نرخ بهره بالا ارزش فعلی درآمدها را خیلی پایین نمی‌آورد و بیش‌تر درآمدها در دوره اول است. بنابراین در نرخ بهره زیاد پروژه‌های بلندمدت اجرا نمی‌شوند، پس در محاسبه m از r یا نرخ بهره استفاده نمی‌شود پس در روش کینز چگونگی رتبه‌بندی پروژه‌ها تحت تأثیر r و تغییر آن قرار نمی‌گیرد و این ضعف اساسی روش کینز در مقایسه با روش فیشتر است (تیمور رحمانی ۱۳۸۷).

۳-۶-۳ روش نسبت منافع - هزینه

نسبت منافع حاصل بر هزینه‌های طرح (به‌صورت تنزیل شده) در یک بازه زمانی خاص نشان‌دهنده‌ی شاخص سوددهی در پروژه می‌باشد. اگر ضرری از سرمایه‌گذاری به دست آید اغلب از منافع یا همان صورت کسر کم می‌شود. برای قبول کردن یک پروژه طبق نسبت هزینه-فایده باید این نسبت بزرگ‌تر و مساوی یک باشد.

$$\frac{B}{C} \geq 1$$

۳-۶-۴ مبانی تحلیل هزینه - فایده

برای رسیدن به هدف طرح باید فواید و هزینه‌های طرح موردبررسی قرار گیرد تحلیل هزینه-فایده در اقتصاد منابع و اقتصاد رفاه استفاده مطلوبی دارد. عوامل زیر در کاربرد این روش مؤثر هستند:

(۱) اجرای برخی طرح‌های سرمایه‌بر که منابع زیادی برای این طرح‌ها اختصاص داده می‌شود نتیجه

این طرح در بلندمدت مشخص می‌شود مسلماً بر روی قیمت‌ها و تولیدات تأثیرگذار می‌باشد.

۲) اختصاص دادن منابع جامعه در طرح‌های سرمایه‌گذاری بخش دولتی و همچنین مسئولیت دولت‌ها در نحوه‌ی کاربرد این منابع باعث دخالت روزافزون بخش عمومی در اقتصاد می‌شود (مصطفی سلیمی فر ۱۳۹۲).

۳-۶-۵ روش نرخ بازده داخلی

روش نرخ بازده به دو نوع نرخ بازده داخلی IRR و نرخ بازده خارج ERR تقسیم می‌شود. نرخ بازده داخلی IRR که در یک برنامه‌ریزی انجام‌شده ارزش خالص فعلی یک جریان نقدینگی را صفر می‌کند که به آن نرخ کاهشی می‌گوییم؛ و اگر پروژه‌ای در آغاز از یک پرداخت نقدی تشکیل شده باشد و پس‌ازاین پرداخت جریانی از سودهای خالص را ایجاد کند IRR حاصل از این جریان نقدینگی در هر دوره نسبت به وجوه سرمایه‌گذاری که در طرح باقی‌مانده است بیان‌کننده بازده بر هزینه است. که این مقدار اغلب با نرخ بازده جذاب^{۶۵} مقایسه شده و زمانی سرمایه‌گذاری انجام می‌شود که بزرگ‌تر یا مساوی آن باشد، در غیر این صورت قابل قبول نیست. در ارزیابی اقتصادی مشکل اساسی در اعمال روش نرخ بازده داخلی امکان وجود مقادیر متعددی از IRR در حالتی است که دو یا چند تغییر علامت در جریان نقدینگی وجود داشته باشد. در چنین مواردی اغلب از این روش برای تعیین قبولی پروژه نمی‌توان استفاده کرد یکی دیگر از مشکلات روش نرخ بازده داخلی این است که در روش‌های NPV، NFV و NAV فرض بر این است که خالص دریافتی (هزینه - دریافتی) با نرخ MARR دوباره سرمایه‌گذاری می‌شود که فرض نسبتاً معقولی است. حال آنکه در روش نرخ بازده داخلی فرض می‌کنیم که خالص دریافتی در هر دوره‌ای در جریان نقدینگی با نرخ IRR یا نرخ بازگشت سرمایه مجدداً سرمایه‌گذاری شده که فرضی غیرواقعی است.

⁶⁵ MARR

۳-۶-۵-۱ مزایا و معایب روش نرخ بازده داخلی

در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و زمان‌بندی گردش وجوه نقد در طول عمر پروژه و مدنظر قرار دادن سودآوری پروژه در طول عمر آن از مزایای روش نرخ بازده داخلی محسوب می‌شود همچنین نرخ بازده داخلی محاسبه شده ممکن است برای مدیریت مفهوم بیشتری از مبلغ ارزش فعلی خالص داشته باشد. از معایب روش نرخ بازده داخلی این است که در این روش فرض می‌شود که جریان‌های نقدی در هر یک از سال‌ها، دوباره با نرخ بازده داخلی پروژه سرمایه‌گذاری می‌شود، درحالی‌که در واقعیت کمتر چنین چیزی امکان‌پذیر است. از دیگر معایب روش نرخ بازده داخلی آن است که به‌کارگیری این روش در مقایسه با سایر روش‌ها مشکل است (تونی کالی ۲۰۱۴).

۳-۶-۵-۲ مقایسه روش‌های ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی

در اغلب موارد، نتایج حاصل از به‌کارگیری روش‌های ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی برای ارزیابی پروژه‌ها یکسان است اما در شرایط زیر ممکن است به‌کارگیری روش‌های مذکور منجر به نتایج متفاوتی شود:

- (۱) در مواردی که الگوی جریان‌های نقدی متفاوت باشد.
 - (۲) هنگامی که مبلغ سرمایه‌گذاری اولیه پروژه‌های مورد مقایسه متفاوت باشد.
 - (۳) هنگامی که پروژه‌های مختلف دارای عمر اقتصادی متفاوت باشند.
- در مواردی که نتایج حاصل از به‌کارگیری دو روش فوق با یکدیگر متفاوت باشد، اکثر تحلیل‌گران مالی بر استفاده از روش ارزش فعلی خالص تأکید دارند (حسین اسلامی).

۳-۶-۶ دوره بازگشت سرمایه (PBP)

سرعت بازگشت سرمایه در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها به‌عنوان یک روش کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن به‌عنوان یک روش مستقل استفاده نمی‌شود. سرعت بازگشت سرمایه ممکن است در کنار سودآوری پروژه مورد توجه سرمایه‌گذاری قرار گیرد.

۳-۶-۱ معیار دوره‌ی بازگشت سرمایه (PP)

دوره‌ی بازگشت سرمایه نشان‌دهنده‌ی دوره‌ای است که در آن مجموع درآمدهای سالیانه با هزینه سرمایه گذاری برابر است این روش به سود پروژه‌هایی است که در سال اول عایدات بالاتری دارند. دوره‌ی بازگشت سرمایه شامل دوره‌ی بازگشت عادی و متحرک می‌باشد. دوره‌ی بازگشت سرمایه عادی عبارت است از خالص جریانات نقدی تجمعی طرح در زمان بهره‌برداری بدون در نظر گرفتن نرخ تنزیل و دوره بازگشت سرمایه متحرک، با در نظر گرفتن نرخ تنزیل صورت می‌گیرد (مصطفی سلیمی فر ۱۳۹۲).

۳-۷ محاسبه درآمدهای حاصل از فروش برق توربین بادی

به‌منظور محاسبه درآمدهای حاصل از فروش انرژی الکتریکی تولیدی از توربین‌های بادی طی زمان عمر مفید توربین‌ها و تبدیل ارزش این درآمدها به حال می‌توانیم از شاخص‌های اقتصاد مهندسی و ارزیابی طرح‌ها کمک بگیریم می‌توان از روش ارزش حال^{۶۶} استفاده کرد سپس مجموع کل درآمدهای حاصل از فروش برق تولیدی توربین بادی را به کمک رابطه شماره‌ی (۱۴) محاسبه می‌نماییم.

$$PW = \sum_{i=1}^n R_i \left(\frac{1}{(1+r)^n} \right) \quad (14)$$

(۳)

در این رابطه PW مجموع ارزش حال کل درآمدهای حاصل از توربین برق بادی R_i درآمد سالیانه r معادل متوسط سالیانه نرخ سود بانکی و n عمر مفید توربین است (وحید عظیم زاده ۱۳۹۵).

۳-۸ قیمت برق تمام‌شده تولیدی از نیروگاه بادی با روش معادله هزینه LCOE^{۶۷}

در انتخاب و پیاده‌سازی یک سیستم تبدیل انرژی باد هزینه واحد برق تولیدشده توسط توربین‌های بادی تأثیر به‌سزایی دارد. برای به دست آوردن هزینه برق ابتدا باید ارزش فعلی هزینه‌های سیستم

^{۶۶} PW

^{۶۷} levelized cost of energy

تبدیل انرژی باد و مقدار انرژی خروجی کل مشخص باشد. با مشخص بودن این دو مورد هزینه برق طبق معادله (۱۵) محاسبه می‌شود. با تقسیم کردن مجموع کل هزینه‌ها به عبارتی تعمیر و نگهداری و هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر انرژی خروجی ناخالص قیمت تمام‌شده برق تولیدی محاسبه می‌شود.

$$LOCE = \frac{AC + OM + P_f}{E_{out}} \quad (15) \quad (3)$$

AC : هزینه سرمایه‌گذاری متوسط سالانه تنزیل شده

OM : هزینه تعمیرات و نگهداری تنزیل شده

E_{out} : انرژی خروجی

P_f : هزینه سوخت مصرفی که برای نیروگاه بادی صفر می‌باشد (پرویز محمد زاده ۱۳۹۵).

۳-۸-۱ نحوه محاسبه AC

برای محاسبه هزینه متوسط، هزینه کل سرمایه‌گذاری را محاسبه کرده و سپس عدد حاصل را در مقدار ضریب بازگشت سرمایه CR_f که به طریق رابطه شماره‌ی (۱۶) محاسبه می‌شود، ضرب می‌کنیم نحوه محاسبه ضریب بازگشت سرمایه با استفاده از نرخ تنزیل r و طول عمر پروژه n می‌باشد (علی‌اصغر اسماعیل نیا ۱۳۸۹).

$$CR_f = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} \quad (16) \quad (3)$$

هزینه تعمیر و نگهداری برای نیروگاه‌های بادی معادل ۱ تا ۲ درصد هزینه خرید توربین‌ها است. برای محاسبه انرژی خروجی ناخالص تولیدی که مخرج کسر می‌باشد، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

$$(۳) \quad \text{قدرت عملی نیروگاه} \times \text{کل ساعات سال} \times \text{ظرفیت ضریب} =$$

برای تجزیه و تحلیل مالی و اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری از نرم‌افزارهای کامپیوتری مختلفی استفاده می‌شود. سازمان ملل متحد یک نرم‌افزار در راستای تسهیل نمودن تجزیه و تحلیل‌های مالی طراحی نموده که کامفار نام دارد. این نرم‌افزار به آنالیز جریان نقدینگی، ارزیابی اقتصادی طرح‌های آینده، بالا بردن اطمینان در تصمیم‌گیری، عدم نیاز به محاسبات پیچیده و درک ساده مطالب را فراهم می‌کند؛ و همچنین NPV و IRR به صورت جداول و نمودارهای مختلف ارائه می‌کند. این نرم‌افزار اجازه انعطاف‌پذیری بیش‌تری به کاربران می‌دهد مانند افق برنامه‌ریزی تا ۶۰ سال، وارد کردن ۲۰ نوع محصول متفاوت، گزینه تحلیل حساسیت و امکان کپی کردن اطلاعات اشاره کرد. با امکاناتی که برای نرم‌افزار کامفار برشمردیم می‌توان از آن برای سرمایه‌گذاری در طرح‌های کوچک، متوسط و بزرگ استفاده کرد (محمدحسین مهدوی عادل ۱۳۹۲).

به گفته‌ی نایت^{۶۸}، ارزش فعلی خالص که اغلب به آن NPV گفته می‌شود، ابزار انتخاب بیشتر تحلیل‌گران مالی است. این مسئله ۲ دلیل دارد: نخست، در محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص، ارزش زمانی پول در نظر گرفته می‌شود و جریان‌های نقدی آینده بر اساس ارزش پول امروز بیان می‌شود؛ دوم، با محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص، رقم دقیقی به دست می‌آید که مدیران می‌توانند با استفاده از آن، مبلغ سرمایه‌گذاری‌شده‌ی نقدی اولیه را به آسانی با ارزش فعلی بازگشت سرمایه مقایسه کنند. او می‌گوید: «محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص بسیار بهتر از روش محاسبه‌ی بازگشت سرمایه‌ای است که بیش از همه مورد استفاده قرار می‌گیرد.» آنچه موجب استفاده‌ی بیشتر از روش محاسبه‌ی بازگشت سرمایه می‌شود، آسان بودن محاسبه و درک آن است، چون تنها کافی است محاسبه کنید چه زمانی می‌توانید پولی را

⁶⁸ Knight

که سرمایه‌گذاری کرده‌اید، دوباره به دست بیاورید. ولی درروش محاسبه‌ی بازگشت سرمایه، به این مسئله توجه نمی‌شود که قدرت خرید امروز پول، بیشتر از قدرت خرید همان میزان پول در آینده است. نایت می‌گوید، همین مسئله موجب می‌شود ارزش فعلی خالص، روش بهتری باشد.

فصل چہارم

معرفی مدل و تفسیر نتائج

۴-۱ مقدمه

این مطالعه به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در مهران پرداخته است. با توجه به داده‌های ساعتی سرعت باد میانگین سرعت باد در منطقه موردنظر مشخص می‌شود که منطقه مهران ابتدا از نظر امکان‌سنجی و سپس از نظر اقتصادی برای نصب توربین‌های بادی مناسب می‌باشد. داده‌های ساعتی میانگین سرعت باد در طول دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۵ نشان می‌دهد که میانگین سرعت باد در مهران ۷/۸۵ متر بر ثانیه^{۶۹} می‌باشد.

۴-۲ مختصات منطقه موردبررسی

استان ایلام در غرب و جنوب غربی کشور در میان رشته‌کوه‌های کبیر کوه از سلسله جبال زاگرس قرار دارد. مهران در ۹۷ کیلومتری جنوب غربی استان ایلام واقع شده است. مختصات منطقه‌ی انتخاب‌شده‌ی مهران برای نصب توربین‌های بادی ۱/۸ مگاواتی^{۷۰} ۲/۲ کیلومتری شمال شرقی مهران واقع شده است. منطقه مهران یکی از غنی‌ترین مناطق بادخیز ایران می‌باشد. جدول (۱) مشخصات جغرافیایی استان ایلام را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱ مشخصات جغرافیایی شهرستان مهران

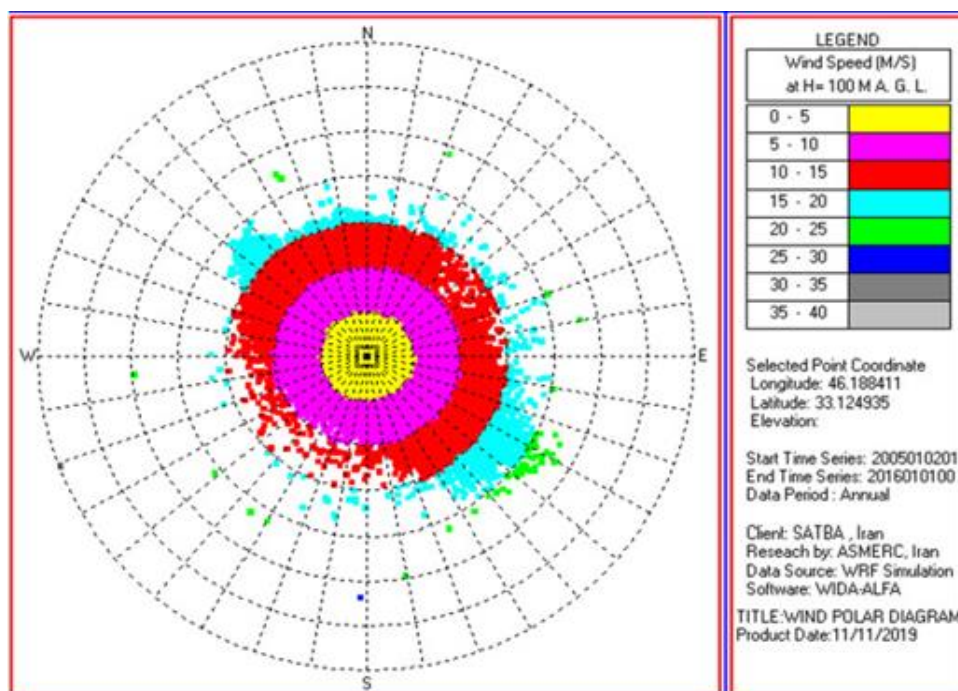
ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (m)	طول جغرافیایی (°)	عرض جغرافیایی (°)
مهران	۱۵۵	۳۳/۱۲	۴۶/۱۸

۴-۳ داده‌های سرعت وزش باد

اگر باد در ارتفاع ۱۰۰ متری زمین با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه در جریان باشد، در نزدیکی سطح زمین باوجود موانع در مقابل جریان باد نظیر زمین‌های کشاورزی، درختان و خانه‌ها چنین سرعتی وجود نخواهد داشت. جریان باد در سطح زمین باوجود اصطکاک به مراتب کمتر از باد در ارتفاعات بالا می‌باشد. این ویژگی در طراحی توربین‌های بادی نیز موردتوجه قرار می‌گیرد در ارتفاع ۱۰۰ متری از سطح زمین

^{۶۹} m/s
^{۷۰} MWh

سرعت وزش باد بیش تر می باشد. از آنجایی که توان باد با توان سه سرعت آن رابطه مستقیم دارد افزایش ۱ متر بر ثانیه در سرعت باد سبب حدود ۳۰ درصد افزایش در توان آن خواهد شد (جوزف واگنر ۲۰۱۳). با توجه به مطالب ذکر شده داده های سرعت وزش باد هواشناسی مهران که در ارتفاع ۱۰ متر بر ثانیه محاسبه شده است برای راه اندازی توربین های بادی مناسب نمی باشند. داده های سرعت باد از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ به صورت ساعتی در ارتفاع ۱۰۰ متر بر ثانیه از سطح زمین توسط سازمان انرژی های نو ایران اندازه گیری شده که برای هر سال بالغ بر ۸۷۶۰ داده می باشد.



نمودار ۴-۱ خروجی نرم افزار "ویدا آلفا" فراوانی سرعت باد در مهران در سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶

نمودار شماره ۴ خروجی نرم افزار ویدا آلفا نشان دهنده ی فراوانی سرعت باد در شهرستان مهران می باشد همان طور که در نمودار مشخص است این منطقه با سرعت وزش بادهای شدید در طول سال برای نصب توربین های بادی مناسب می باشد.

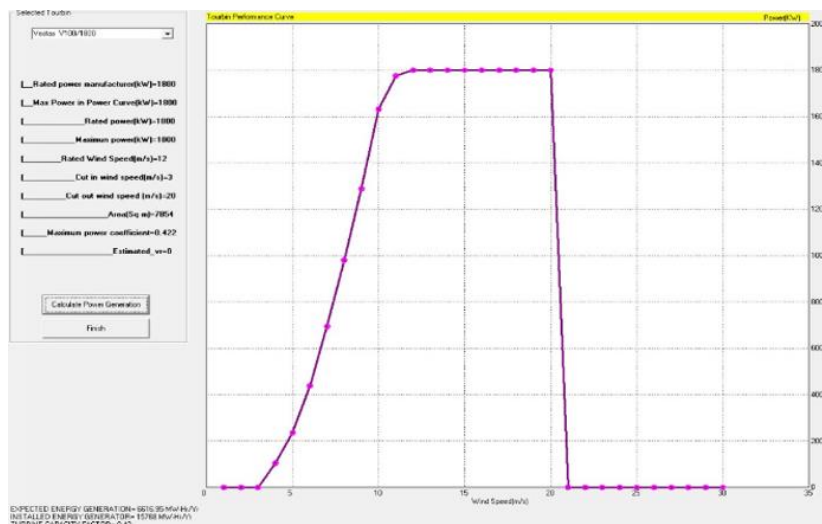
جدول شماره ۲ نتایج محاسبات پتانسیل سنجی که شامل متوسط سرعت باد، توان و انرژی سالانه بادی بر اساس داده های ده ساله سرعت باد در ارتفاع ۱۰۰ متر بر ثانیه و با استفاده از نرم افزار اکسل در ایستگاه مهران را نشان می دهد

جدول ۴-۲ سرعت، توان و انرژی متوسط سالانه باد در مهران

۷/۸۵	سرعت متوسط سالانه ($m.s^{-1}$)
۲۴۶/۸	توان متوسط سالانه ($w.m^{-2}$)
۲۲۳/۵	انرژی متوسط سالانه ($s.m^{-2}$)

با توجه به نتایج به دست آمده از پتانسیل سنجی که در فصل سوم ذکر شد و خروجی نرم افزار ویدا آلفا در منطقه مهران متوسط سرعت باد ۷/۸۵ متر بر ثانیه است که برای راه اندازی توربین های بادی بزرگ مناسب می باشد.

۴-۴ انتخاب توربین مناسب



نمودار ۴-۲ خروجی نرم افزار ویدا آلفا نوع توربین انتخابی

با وارد کردن مختصات منطقه موردنظر به نرم افزار ابتدا خروجی نرم افزار فراوانی باد و کلاس باد می باشد سپس با استفاده از این خروجی نوع توربینی که در منطقه می تواند نصب شود را مشخص می کند. با توجه به مطالب ذکر شده و خروجی نرم افزار توربین 1800/100V کلاس ۳ با ارتفاع برج ۸۰ تا ۱۰۰ متر طول پره ۴۹ متر و با ظرفیت ۱/۸ MW و با ضریب ظرفیت ۴۲ درصد برای نصب در منطقه موردنظر متناسب می باشد.

۴-۴-۱ مقدار انرژی تولیدی سالانه توربین

قابلیت تولید الکتریسیته با واحد اندازه گیری وات سنجیده می شود. وات (W) واحد بسیار کوچکی است بنابراین بیشتر اصطلاحات کیلووات (KW) و مگاوات (MW) برای توصیف ظرفیت تولید واحدهایی نظیر توربین های بادی یا دیگر نیروگاه های تولید انرژی مورد استفاده قرار می گیرد. قدرت اسمی توربین از طرف سازنده بر روی پلاک مشخصات آن نوشته شده است؛ و قدرت عملی یک توربین عبارت است از بیش ترین توان تولید مولد در محل نصب با در نظر گرفتن شرایط محیطی آن منطقه است. یک توربین ۱/۸ مگاواتی ۱۵،۷۶۸ مگاوات ساعت برق می تواند تولید کند. برای محاسبه مقدار تولید انرژی سالانه مرتبط با ظرفیت اسمی تعداد ۶۰ توربین هر کدام با ظرفیت ۱/۸ مگاوات به مدت ۸۷۶۰ ساعت با ضریب ظرفیت ۴۲ درصد استفاده می شود.

$$\text{ظرفیت اسمی یک توربین } 1800 \text{ KWh} = 60 \times 1800 \times 8760 = 946,080,000$$

$$\text{ظرفیت عملی کل نیروگاه بادی طی یک سال} = 1800 \times 8760 \times 42\% \times 60 = 397,353,600$$

۴-۵ تحلیل اقتصادی نیروگاه بادی

مشخصات مالی طرح به شرح زیر می باشد:

زمان ساخت این طرح دو سال و طول عمر آن ۲۰ سال پیش بینی شده است. واحد پول ریال می باشد و مبادله خارجی بر اساس دلار است نرخ برابری ریال با دلار ۱۲۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. جدول شماره ی (۳) مشخصات نیروگاه بادی را نشان می دهد.

۴-۵-۱ محاسبه زمین مورد نیاز

نتایج به دست آمده با استفاده از معادله ۸ صفحه ۵۴ می باشد. طبق معادله ۶ در صفحه ۵۳ زمین مورد نیاز برای احداث پست نیروگاه ۴ هکتار می باشد.

$$60 \times 100 \times 100 =$$

زمین موردنیاز برای توربین بادی

$$600000 \text{ m}^2$$

$$400 \times 60 =$$

زمین برای جاده‌ها و مسیر خطوط انتقال

$$24000$$

$$24000 \times 5 = 120000$$

$$60 \times 7 = 420$$

مساحت کل زمین

$$60 + 12 + 4 = 76$$

زمین مؤثر برای نصب کل توربین‌ها

چیدمان توربین‌ها در سایت بادی باید به نحوی باشد تا اثرات منفی کاهش سرعت باد را تا جایی که ممکن است کاهش دهد بدین منظور حد متوسط مجاز برای فاصله‌ی دو توربین پشت سر هم در راستای جهت باد غالب معادل با ۴ تا ۵ برابر قطر روتور (دو برابر قطر پره‌ها) در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از محاسبات چیدمانی به عدد متوسط ۷ هکتار برای هر توربین می‌توان رسید این بدین معنی است که ۶۰ توربین به زمینی معادل ۴۲۰ هکتار نیاز دارد که ۱۸٪ آن مؤثر است و معادل ۷۶ هکتار است. در جدول شماره‌ی (۳) نتایج محاسبات نشان داده شده است؛ و باید اجاره‌بها پرداخت شود.

جدول ۴-۳ مشخصات نیروگاه بادی

تعداد توربین	۶۰
قدرت هر توربین	۱/۸ (MWh)
ظرفیت اسمی نیروگاه	۱۰۸ (MWh)
ضریب ظرفیت	۴۲٪
طول عمر مفید	۲۰ سال
دوره ساخت	۲ سال
کل ساعت کار در سال	۳,۶۸۰
قیمت تمام شده توربین به دلار	۱,۰۰۰ هر کیلووات
قیمت خرید انرژی الکتریکی به ریال	۵,۴۶۰
هزینه تعمیر و نگهداری سالانه	۱٪ از سرمایه گذاری توربین ها
مقدار انرژی تولیدی یک سال نیروگاه	۳۹۷,۳۵۳,۶۰۰ (KWh)
نرخ استهلاك ده ساله هر توربین	۳۳٪
مساحت زمین مورد نیاز	۷۶ هکتار
اجاره زمین	۱,۰۰۰,۰۰۰ (ریال) برای هر هکتار

۴-۶ برآورد سرمایه گذاری

سرمایه گذاری ثابت پروژه به شرح موارد زیر است:

هزینه های سرمایه گذاری ثابت: شامل محوطه سازی و بهبود زمین، خرید زمین، کارهای عمرانی، بنا و ساختمان ها، ماشین آلات و تجهیزات، تجهیزات جانبی، مطالعات پیش از سرمایه گذاری و هزینه های احتمالی.

هزینه های تولید: شامل هزینه های تعمیرات، نگهداری، هزینه دستمزد بهره برداری سالیانه به صورت یک درصد از هزینه های سرمایه گذاری توربین ها در نظر گرفته می شوند.

۴-۶-۱ توربین بادی

با توجه به سرعت باد در مهران که بیش تر از ۷ متر بر ثانیه است با این سرعت از وزش باد می توان انرژی الکتریکی منطقه را تأمین کرد اینکه مهم ترین شرکت تولیدکننده توربین شرکت دانمارکی "وستاس" است که دارای کیفیت کامل می باشد و با توجه به اینکه شرکت های داخلی دارای بهای تمام شده بیشتر از بهای توربین در زمان تحویل نسبت به شرکت خارجی می باشد. قیمت خرید توربین ها طبق قیمت

شرکت سازنده با در نظر گرفتن هزینه حمل دریایی ترخیص و بدون مالیات بر ارزش افزوده و هزینه داخلی از کارخانه تا سایت بادی که هر کدام ۱۳٪ و ۲٪ از هزینه را شامل می شود. قیمت تمام شده تحویلی به سایت بادی ۹۰۰ دلار برای هر کیلووات می باشد و با اعمال هزینه های بالاسری که ۲۵٪ است تبدیل پروژه از خرید تجهیزات به کلید در دست ۱۰۰۰ دلار می باشد. در این مرحله ۶۰ عدد توربین بادی در نظر گرفته شده است که توان تولید ۱۰۸ مگاوات ساعت را خواهند داشت. بدیهی است که به دلیل عدم دسترسی به باد مناسب در تمامی اوقات ضرایب مناسب در این مطالعات، در نظر گرفته شده است تا میزان برق تولیدی در طول سال در محاسبات گنجانده شود. میزان هزینه های ثابت سرمایه گذاری و هزینه های تولید برای خرید ۶۰ عدد توربین بادی به شرح جدول شماره ۴ و ۵ است:

جدول ۴-۴ هزینه های ثابت سرمایه گذاری

ردیف	شرح	تعداد	قیمت هر واحد	هزینه کل
۱	زمین (اجاره زمین)	۷۶ (هکتار)	۱,۰۰۰,۰۰۰ (ریال برای هر هکتار)	۷۶,۰۰۰,۰۰۰ (ریال)
۲	ماشین آلات و تجهیزات تولید	۶۰	۲۱۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ (ریال)	۲۱,۹۶۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ (ریال)
	جمع کل هزینه های سرمایه گذاری طرح			۱۲,۹۶۰,۰۷۶,۰۰۰,۰۰۰ (ریال)

۴-۶-۲ هزینه های تولیدی

هزینه های تولید شامل هزینه تعمیرات و نگهداری، هزینه دستمزد و هزینه اجاره می باشد. هزینه تعمیر و نگهداری برای توربین های بادی سالانه یک درصد از هزینه سرمایه گذاری توربین ها که سالانه برای هر توربین ۲۱۶۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال می باشد. هزینه های دستمزد شامل مدیر ارشد، مدیر، مهندس، کاردان و کارگر که به صورت سالانه و به ریال می باشد (مرکز آمار ایران).

جدول ۴-۵ هزینه‌های دستمزد

ردیف	شرح	تعداد	قیمت هر واحد	هزینه کل
۱	مدیر ارشد	۱	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۲	مدیر	۱	۸۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۸۵۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	مهندس	۳	۷۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۳۴۰,۰۰۰,۰۰۰
۴	کاردان	۸	۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۵	کارگر	۷	۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰
جمع کل			۲۶۳,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۹۰,۰۰۰,۰۰۰

۴-۷ درآمدهای طرح

میزان انرژی برق تولیدی سالانه این طرح ۳۹۷,۳۵۳,۶۰۰ کیلووات ساعت می باشد که باقیمت فروش ۵,۴۶۰ ریال طبق نرخ خرید تضمینی وزارت نیرو کل درآمد طرح طی سال اول برابر ۲,۱۶۹,۵۵۰,۶۵۶,۰۰۰ می‌شود. برای سال‌های آتی با افزایش ۱۰ درصدی قیمت سالانه در نظر گرفته شده است.

۴-۸ انجام محاسبات و برآورد شاخص‌های طرح

پس از جمع‌آوری و آماده‌سازی اطلاعات مربوط به هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت، هزینه‌های تولید و درآمد حاصل از طرح؛ در ادامه به انجام محاسبات روی این داده‌ها پرداخته شده و شاخص‌های موردنیاز استخراج می‌شوند.

نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد ارزش فعلی خالص طرح برابر با ۱۳,۷۳۶,۸۶۸,۲۲۸,۷۵۶ می‌باشد. همچنین نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری ۲۷/۸۱ درصد و نسبت فایده به هزینه نیز ۱/۸۱ محاسبه شد که تمامی این شاخص‌ها از اقتصادی بودن طرح حمایت می‌کنند.

۴-۹ تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت در ارزیابی پروژه‌های بادی به بررسی تأثیر بر نوسانات اقتصادی و مالی حاصل از تغییر در پارامترهای اقتصادی ورودی می‌پردازد. لذا این تجزیه باعث شناسایی و برآورد شاخص‌های حساس

و تأثیرگذار مربوط به پروژه می‌شود. چهار نوع سناریوی جدید به‌منظور تحلیل اقتصادی صورت گرفته‌شده است.

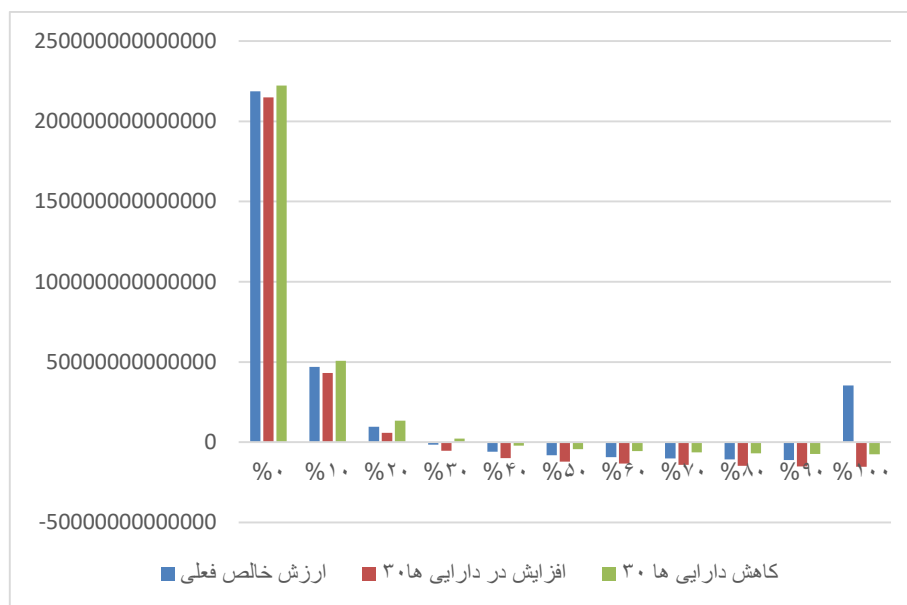
۴-۹-۱ افزایش و کاهش دارایی‌های ثابت با تغییرات نرخ تنزیل

سناریو (۱) افزایش و کاهش دارایی‌های ثابت با تغییرات نرخ تنزیل و تأثیر بر روی ارزش خالص فعلی می‌باشد.

جدول ۴-۶ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات دارایی‌های ثابت

ردیف	کاهش دارایی‌ها ۳۰٪-	افزایش دارایی‌ها ۳۰٪+	ارزش خالص فعلی	%نرخ تنزیل
۱	۲۲۲۳۸۷۳۲۸۰۷۴۷۰۳	۲۱۵۰۱۹۵۲۲۴۷۴۷۰۳	۲۱۸۷۰۳۴۲۵۲۷۴۷۰۳	%۰
۲	۵۰۷۱۹۲۰۱۱۵۴۵۴۴	۴۳۰۳۱۰۷۵۴۷۹۷۹۱	۴۶۸۷۵۱۳۸۳۱۷۱۶۷	%۱۰
۳	۱۳۴۷۴۲۵۱۸۴۵۶۰۴	۵۷۲۱۲۴۱۴۴۷۷۸۷	۹۵۹۷۷۴۶۶۴۶۶۹۵	%۲۰
۴	۲۲۹۳۳۴۷۲۱۲۳۲۵	-۵۴۷۵۶۵۶۱۰۴۵۷۷	-۵۹۱۱۵۴۴۴۶۱۲۶	%۳۰
۵	-۲۱۴۸۵۳۹۹۳۶۲۳۹	-۹۹۲۲۱۵۲۳۹۵۴۶۸	-۶۰۳۵۳۴۶۱۶۵۸۵۴	%۴۰
۶	-۴۳۳۳۱۴۷۳۶۵۶۶۶	-۱۲۱۰۸۲۶۵۴۰۰۷۷۲	-۸۲۲۰۷۰۶۳۸۳۲۱۹	%۵۰
۷	-۵۵۸۱۰۷۹۶۷۱۸۰۷	-۱۳۳۵۶۷۴۲۰۲۶۷۷۰	-۹۴۶۸۹۱۰۸۴۹۲۸۹	%۶۰
۸	-۶۳۷۰۹۸۰۴۴۱۴۲۱	-۱۴۱۴۶۸۵۶۷۱۶۹۳۱	-۱۰۲۵۸۹۱۸۵۷۹۱۷۶	%۷۰
۹	-۶۹۰۸۱۳۶۱۹۸۷۳۹	-۱۴۶۸۴۱۰۲۶۱۹۷۵۰	-۱۰۷۹۶۱۱۹۴۰۹۲۴۵	%۸۰
۱۰	-۷۲۹۲۹۱۲۹۸۹۶۵۴	-۱۵۰۶۸۹۱۹۷۱۴۲۸۶	-۱۱۱۸۰۹۱۶۳۵۱۹۷۰	%۹۰
۱۱	-۷۵۷۹۵۴۷۳۸۱۹۶۶	-۱۵۳۵۵۵۷۳۰۶۷۸۳۹	-۳۵۴۰۷۵۷۸۰۹۲۲۶۴	%۱۰۰

نتایج سناریوی (۱) در جدول شماره‌ی (۶) پارامترهای افزایش و کاهش ۳۰ درصد دارایی‌های ثابت با تغییرات نرخ تنزیل بررسی شده است. همان‌طور در جدول (۶) و نمودار (۳) مشخص شده است در نرخ تنزیل ۲۸ درصد ارزش خالص فعلی صفر و در نرخ تنزیل بالاتر منفی می‌شود که برای پروژه سودآور نمی‌باشد.



نمودار ۳-۴ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ۶)

۴-۹-۲ افزایش و کاهش درآمد حاصل از فروش با تغییرات نرخ تنزیل

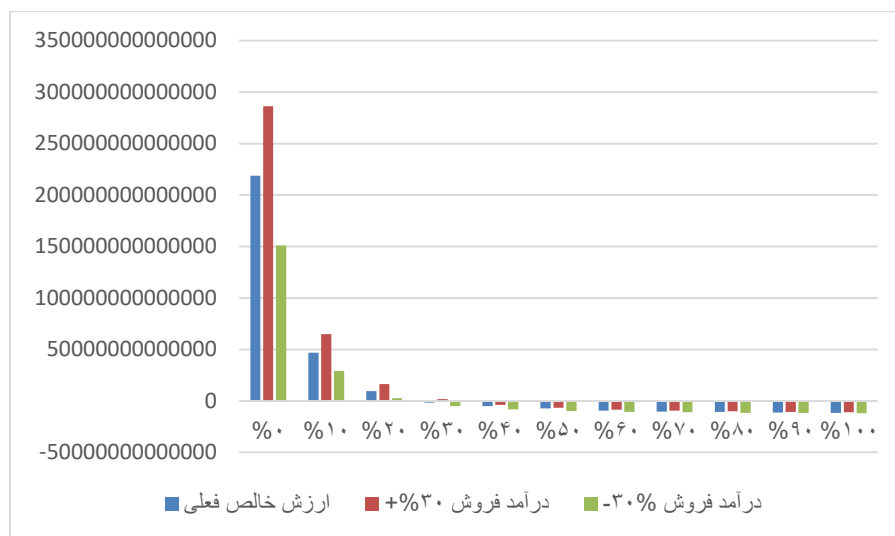
سناریو (۲) تأثیرات افزایش و کاهش درآمد حاصل از فروش با تغییرات نرخ تنزیل بر ارزش خالص فعلی

در جدول شماره ۷) و نمودار شماره ۴) متناظر با جدول نشان داده شده است.

جدول ۴-۷ خروجی نرم افزار کامفار تغییرات درآمد فروش (ریال)

ردیف	درآمد فروش ۳۰٪ -	درآمد فروش ۳۰٪ +	ارزش خالص فعلی	% تنزیل نرخ
۱	۱۵۱۰۳۷۸۵۱۱۴۲۲۹۲	۲۸۶۳۶۸۹۹۹۴۰۷۱۱۴	۲۱۸۷۰۳۴۲۵۲۷۴۷۰۳	%۰
۲	۲۹۰۱۳۵۶۷۵۰۳۶۴۸	۶۴۷۳۶۷۰۹۱۳۰۶۸۸	۴۶۸۷۵۱۳۸۳۱۷۱۶۸	%۱۰
۳	۲۷۴۸۷۲۷۷۶۹۳۹۰	۱۶۴۴۶۷۶۵۵۲۴۰۰۱	۹۵۹۷۷۴۶۶۴۶۶۹۹۶	%۲۰
۴	-۵۰۸۰۷۲۳۵۵۸۱۵۳	۱۸۹۸۴۱۴۶۶۵۹۰۰	-۱۵۹۱۱۵۴۴۴۶۱۲۶	%۳۰
۵	-۸۱۷۴۴۹۷۹۰۵۸۰۸	-۳۸۹۶۱۹۴۴۲۵۹۰۰	-۵۰۳۵۳۴۶۱۶۵۸۵۴	%۴۰
۶	-۹۶۹۰۴۸۴۰۹۴۵۳۶	-۶۷۵۰۹۲۸۶۷۱۹۰۲	-۷۲۲۰۷۰۶۳۸۳۲۱۹	%۵۰
۷	-۱۰۵۵۴۳۶۴۷۷۳۸۴۴	-۸۳۸۳۴۵۶۹۲۴۷۳۵	-۹۴۶۸۹۱۰۸۴۹۲۸۹	%۶۰
۸	-۱۱۱۰۰۲۶۸۷۸۶۶۶۰	-۹۴۱۷۵۶۸۳۷۱۶۹۳	-۱۰۲۵۸۹۱۸۵۷۹۱۷۶	%۷۰
۹	-۱۱۴۷۱۰۶۱۳۰۳۴۳۲	-۱۰۲۱۱۷۷۵۱۵۰۵۸	-۱۰۷۹۶۱۱۹۴۰۹۲۴۵	%۸۰
۱۰	-۱۱۷۳۶۴۳۲۹۴۵۳۰۶	-۱۰۶۲۵۳۹۹۷۵۸۶۳۶	-۱۱۱۸۰۹۱۶۳۵۱۹۷۱	%۹۰
۱۱	-۱۱۹۳۳۹۸۰۸۶۴۷۹۲	-۱۱۰۰۱۱۳۹۵۸۵۰۱۴	-۱۱۴۶۷۵۶۰۲۲۴۹۰۳	%۱۰۰

نتایج سناریو (۲) نشان می‌دهد که با افزایش ۳۰ درصدی درآمد حاصل از فروش در نرخ تنزیل ۳۰ درصد ارزش خالص فعلی صفر و در نرخ تنزیل‌های بالاتر از ۳۰ درصد NPV منفی می‌شود تا زمانی که ارزش خالص فعلی مثبت است پروژه سودآور می‌باشد. با کاهش ۳۰ درصدی درآمد فروش در نرخ تنزیل ۲۳ درصد صفر می‌شود. همان‌طور که در نمودار قابل مشاهده است افزایش درآمد فروش تأثیر چشمگیری بر ارزش خالص فعلی پروژه دارد.



نمودار ۴-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره‌ی (۷)

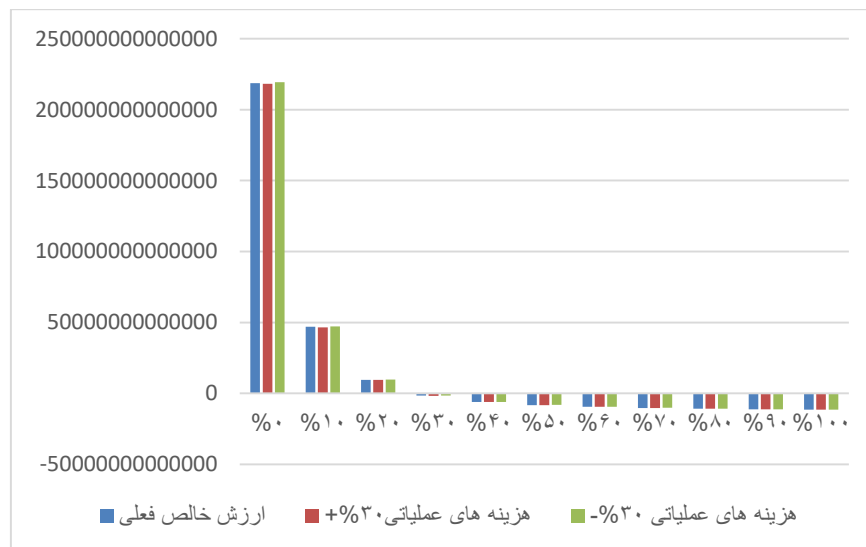
۳-۹-۴ افزایش و کاهش هزینه‌های عملیاتی با تغییرات نرخ تنزیل

سناریو (۳) تأثیرات افزایش و کاهش هزینه‌های عملیاتی با تغییرات نرخ تنزیل بر ارزش خالص فعلی در جدول شماره‌ی (۸) و نمودار شماره‌ی (۵) متناظر با جدول نشان داده شده است.

جدول ۴-۸ خروجی نرم افزار کامفار تغییرات هزینه های عملیاتی

ردیف	هزینه های عملیاتی -۳۰٪	هزینه های عملیاتی +۳۰٪	ارزش خالص فعلی	نرخ تنزیل٪
۱	۲۱۹۳۲۹۱۳۱۸۲۴۷۰۳	۲۱۸۰۷۷۷۱۸۷۲۴۷۰۳	۲۱۸۷۰۳۴۲۵۲۷۴۷۰۳	٪۰
۲	۴۷۱۳۲۶۱۴۵۹۸۱۴۰	۴۶۶۱۷۶۶۲۰۳۶۱۹۶	۴۶۸۷۵۱۳۸۳۱۷۱۶۸	٪۱۰
۳	۹۷۳۷۷۹۴۵۴۴۲۹	۹۴۵۷۶۹۸۵۳۸۹۶۳	۹۵۹۷۷۴۶۶۴۶۶۹۶	٪۲۰
۴	-۱۵۰۱۵۰۰۱۷۴۷۸۹	-۱۶۸۰۸۰۸۷۱۷۴۶۴	-۱۵۹۱۱۵۴۴۴۶۱۲۶	٪۳۰
۵	-۵۹۷۲۱۰۷۶۲۰۲۲۷	-۶۰۹۸۵۸۴۷۱۱۴۸۱	-۶۰۳۵۳۴۶۱۶۵۸۵۴	٪۴۰
۶	-۸۱۷۳۲۵۰۹۳۵۸۳۹	-۸۲۶۸۱۶۱۸۳۰۵۹۹	-۸۲۲۰۹۰۶۳۸۳۲۱۹	٪۵۰
۷	-۹۴۳۱۷۵۳۴۰۶۴۲۶	-۹۵۰۶۰۸۲۹۲۱۵۲	-۹۴۶۸۹۱۰۸۴۹۲۸۹	٪۶۰
۸	-۱۰۲۲۸۹۱۰۴۶۰۳۱۵	-۱۰۲۸۸۹۲۶۶۹۸۰۳۸	-۱۰۲۵۸۹۱۸۵۷۹۱۷۶	٪۷۰
۹	-۱۰۷۷۱۳۰۷۳۱۵۷۳۹	-۱۰۸۲۰۹۳۱۵۰۲۷۵۱	-۱۰۷۹۶۱۱۹۴۰۹۲۴۵	٪۸۰
۱۰	-۱۱۱۶۰۰۱۵۷۶۱۷۰۰	-۱۱۲۰۱۸۱۶۹۴۲۲۴۱	-۱۱۱۸۰۹۱۶۳۵۱۹۷۱	٪۹۰
۱۱	-۱۱۴۴۹۶۸۷۲۷۲۲۷۲	-۱۱۴۸۵۴۳۳۱۷۷۵۳۴	-۱۱۴۶۷۵۶۰۲۲۴۹۰۳	٪۱۰۰

نتایج سناریو (۳) که با افزایش ۳۰ درصدی هزینه های عملیاتی در نرخ تنزیل ۲۰ درصد ارزش خالص فعلی را صفر می کند و در نرخ تنزیل های بالاتر از ۲۰ درصد ارزش خالص فعلی منفی می شود؛ و با کاهش ۳۰ درصدی هزینه های عملیاتی تغییرات ارزش خالص فعلی مانند افزایش آن ها می باشد. نتیجه می شود در نرخ تنزیل ۲۰ درصد پروژه اقتصادی می باشد.

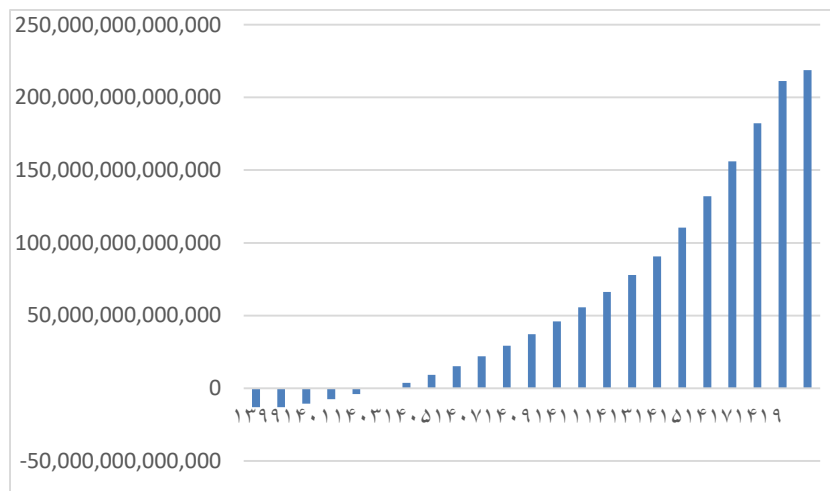


نمودار ۴-۵ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ۸

همان طور که از نمودارهای فوق مشاهده می شود بیشترین تأثیر از سمت درآمد فروش و کمترین تأثیر نیز از سمت هزینه های عملیاتی است. به عبارتی برای افزایش سودآوری طرح، بیشترین تمرکز خود را

باید به ترتیب اولویت ابتدا برافزایش درآمد فروش و در مراحل بعد بر کاهش هزینه سرمایه‌گذاری ثابت و در نهایت هزینه عملیاتی قرارداد. دوره بازگشت سرمایه این طرح با توجه به خروجی نرم‌افزار پس از ۶ سال و در سال ۱۴۰۵ کل هزینه‌های طرح جبران می‌شود. نمودار شماره‌ی (۶) نشان‌دهنده‌ی دوره بازگشت سرمایه می‌باشد.

۴-۹-۴ دوره بازگشت سرمایه



نمودار ۴-۶ دوره بازگشت سرمایه

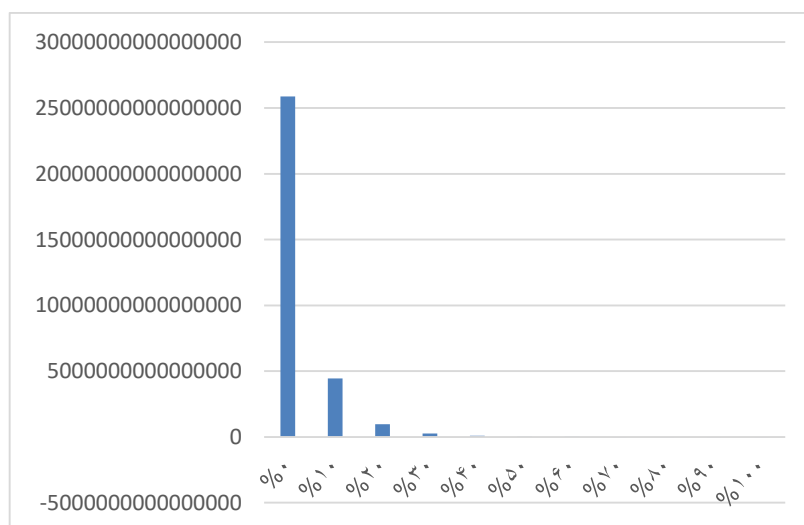
۴-۹-۵ افزایش نرخ تورم

سناریو (۴) با توجه به وضعیت کنونی اقتصاد ایران تورم بالای ۲۰٪ می‌باشد و هزینه‌های هر دوره متناسب با افزایش تورم افزایش می‌یابند. با در نظر گرفتن ۳۰ درصد نرخ تورم برای جبران افزایش هزینه‌ها باید وزارت نیرو با افزایش قیمت خرید برق به سرمایه‌گذاران این اطمینان را بدهد که هر سال قیمت خرید تضمینی برق را برابر با نرخ تورم انتظاری افزایش می‌دهد. در جدول شماره‌ی (۹) و نمودار شماره‌ی (۷) تغییرات NPV مشخص شده است.

جدول ۴-۹ خروجی نرم افزار کامفار تغییرات ارزش خالص فعلی با اعمال ۳۰٪ افزایش نرخ تورم

ردیف	ارزش خالص فعلی	تغییرات٪
۱	۲۵۸۸۰۴۳۴۳۲۹۴۰۶۵۰۰	٪۰
۲	۴۴۵۶۵۲۷۷۴۹۹۹۲۲۱۰	٪۱۰
۳	۹۶۹۸۹۲۰۶۷۲۰۱۱۲۶	٪۲۰
۴	۲۶۱۶۶۵۵۰۱۴۵۴۸۲۶	٪۳۰
۵	۸۳۹۶۸۶۴۳۷۲۱۸۷۵	٪۴۰
۶	۲۹۱۵۰۸۲۵۹۷۶۲۲۶	٪۵۰
۷	۸۵۲۶۵۷۲۳۰۰۳۶۹	٪۶۰
۸	-۷۵۸۸۷۲۶۲۴۸۷۳	٪۷۰
۹	-۵۶۱۶۴۸۲۰۳۶۰۸۶	٪۸۰
۱۰	-۸۴۷۴۳۴۸۶۳۴۲۲۷	٪۹۰
۱۱	-۱۰۳۱۱۱۰۴۹۱۷۶۵۲	٪۱۰۰

نتایج سناریو (۴) نشان می دهد با افزایش نرخ تورم و خرید تضمینی برق هزینه ها افزایش می یابد و باعث می شود که ارزش خالص فعلی طرح تا نرخ تنزیل ۶۰٪ مثبت باشد. در نتیجه با توجه به نظر کارشناسان و آیین نامه خرید تضمینی برق که نرخ برای خرید برق مشخص نشده است اگر قیمت به صورت ثابت لحاظ شود ارزش خالص فعلی منفی می شود. این تأثیرات در دوره بازگشت سرمایه مشخص است قبل از اعمال افزایش قیمت خرید برق دوره بازگشت سرمایه ۶ سال و پس از اعمال افزایش قیمت خرید برق دوره بازگشت سرمایه بعد از ۴ سال می باشد.



نمودار ۴-۷ خروجی نرم افزار کامفار نمودار متناظر با جدول شماره ۹

۱۰-۴ تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی طرح

در هر نقطه‌ای که منحنی ارزش خالص فعلی محور افقی را قطع کند نقطه IRR در همان نقطه است.

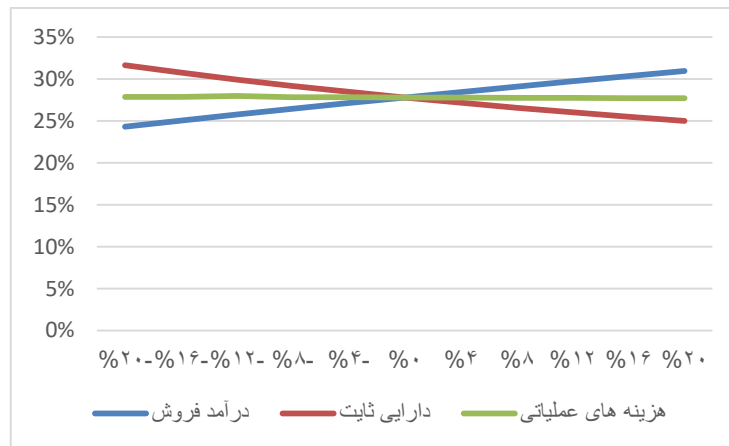
حساسیت

IRR به عوامل مختلف در جدول شماره‌ی (۱۰) و نمودار شماره‌ی (۸) مشخص شده است.

جدول ۱۰-۴ خروجی نرم‌افزار کامفار تغییرات نرخ بازده داخلی

ردیف	هزینه‌های عملیاتی	دارایی ثابت	درآمد فروش	تغییرات %
۱	%۲۸	%۳۲	%۲۴	-%۲۰
۲	%۲۸	%۳۱	%۲۵	-%۱۶
۳	%۲۸	%۳۰	%۲۶	-%۱۲
۴	%۲۸	%۲۹	%۲۶	-%۸
۵	%۲۸	%۲۸	%۲۷	-%۴
۶	%۲۸	%۲۸	%۲۸	%۰
۷	%۲۸	%۲۷	%۲۸	%۴
۸	%۲۸	%۲۷	%۲۹	%۸
۹	%۲۸	%۲۶	%۳۰	%۱۲
۱۰	%۲۸	%۲۶	%۳۰	%۱۶
۱۱	%۲۸	%۲۵	%۳۱	%۲۰

در نمودار شماره‌ی (۸) و همچنین جدول متناظر نمودار مذکور میزان تغییر در درآمد فروش، افزایش در دارایی‌های ثابت و هزینه‌های عملیاتی و اثرات متقابل این تغییرات بر نرخ بازده داخلی طرح آورده شده است. نتایج در اینجا نیز حاکی از آن است که در حالتی که تمامی عوامل ۲۰ درصد کاهش می‌یابند کاهش در هزینه سرمایه‌گذاری ثابت بر کاهش درآمد فروش غلبه می‌کند و در حالتی که تمامی عوامل ۲۰ درصد افزایش می‌یابند افزایش درآمد فروش برافزایش هزینه سرمایه‌گذاری ثابت غلبه می‌کند. به عبارتی دیگر در شرایطی که بنا به هر دلیلی درآمد فروش کاهش یابد، می‌توان با کاهش در سرمایه‌گذاری ثابت بازده طرح را اقتصادی نمود.



نمودار ۴-۸ خروجی نرم افزار کامفار تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی نسبت به تغییرات هزینه های عملیاتی، افزایش دارایی های ثابت و درآمد فروش

با توجه به نتایج به دست آمده از خروجی نرم افزار کامفار ارزش خالص فعلی طرح مثبت شده است همان طور که در فصل سوم بیان شده اگر NPV بزرگ تر از صفر باشد یا به عبارتی مثبت باشد پروژه از نظر اقتصادی به صرفه است. دوره بازگشت سرمایه این طرح با توجه به خروجی نرم افزار پس از ۶ سال و در سال ۱۴۰۵ می باشد. نتیجه می شود که این طرح هم از نظر پتانسیل سنجی و هم از نظر اقتصادی به صرفه است.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

این مطالعه به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی در چارچوب سیاست‌های حمایتی دولت در شهرستان مهران پرداخته است. با استفاده از داده‌های وزش سرعت باد طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۵ که توسط سازمان انرژی‌های نو (ساتبا) گردآوری شده‌اند، استفاده از داده‌های موجود بررسی پتانسیل انرژی باد برای ایستگاه مهران در استان ایلام را نشان می‌دهد که این منطقه برای احداث نیروگاه بادی بسیار مناسب است. انتخاب توربین بادی یکی از مهم‌ترین عوامل در میزان تولید انرژی سالانه توربین می‌باشد؛ اما آنچه در کنار داشتن پتانسیل مناسب، برای یک مزرعه بادی به نظر می‌رسد مقرون و به صرفه بودن آن از لحاظ اقتصادی است. همچنین پتانسیل سنجی با استفاده از نرم افزار اکسل و نوع توربین انتخابی و مشخصات مربوط به آن با استفاده از نرم‌افزار ویدا سپس برای تحلیل اقتصادی طرح از نرم‌افزار کامفار استفاده شد.

۵-۲ جمع‌بندی مطالعه

نیاز به انرژی در چند دهه آینده به حدی افزایش خواهد یافت که استفاده از سوخت‌های فسیلی کافی نخواهد بود. از دلایل برتر بودن نیروگاه‌های بادی نسبت به نیروگاه‌های سوخت فسیلی مدت‌زمان عمر نیروگاه سال‌های متمادی انرژی تولید می‌کند بدون این‌که به هزینه سوخت برای تولید نیاز باشد اما هزینه سوخت برای دیگر منابع تولید انرژی افزایش خواهد یافت. انرژی تجدید پذیر باد از نظر تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق کشور، عدم نیاز به آب، نداشتن آلودگی محیط‌زیست، وجود انرژی باد در اکثر مناطق ایران و همین‌طور به راحتی قابل تبدیل به انرژی الکتریکی می‌باشد حائز اهمیت است. علاوه بر آلودگی تقاضا برای سوخت‌های فسیلی باعث افزایش قیمت این سوخت‌ها شده است. با توجه به مطالبی که ذکر شد در چند دهه اخیر جست‌وجو برای یافتن سیستم‌های انرژی جایگزین جدید و ارزان قیمت افزایش یافته است. کشور ایران دارای مناطق بسیاری بوده که از پتانسیل بادی مناسبی جهت احداث نیروگاه بادی برخوردار می‌باشند اما به این نکته باید توجه داشت که قبل از ساخت یک نیروگاه

بادی، ارزیابی اقتصادی و مالی، امری ضروری و حساس می‌باشد. نیاز به انرژی الکتریکی در شهرستان مهران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی بیش‌تر از سایر مناطق ایران است علاوه بر کاهش آلودگی هوا و تولید برق ارزان‌قیمت از دیگر اهداف تحقیق تأمین برق موردنیاز منطقه و حداکثر نرخ جریان نقدی از ایجاد نیروگاه احداث‌شده با توجه به مجموع سرمایه‌گذاری انجام‌شده برای احداث نیروگاه بادی می‌باشد. نقطه عطف این پژوهش آن است که تلاش شده است برای تأمین برق موردنیاز منطقه و حتی تولید برق بیش‌تر از نیاز منطقه با استفاده از انرژی تجدید پذیر باد با توجه به مزایایی که برای استفاده از این منبع انرژی بیان شد.

انرژی‌های موجود در طبیعت بنا به دلیل کاربرد فراوان در زندگی روزمره همیشه موردتوجه بوده‌اند. برای تغییر شکل دادن انرژی به‌نحوی که بهره‌برداری از آن ساده باشد تحقیقاتی صورت گرفته است. نتیجه این تلاش‌ها، تولید انرژی برق است که از تبدیل انرژی‌های تجدید پذیر مانند باد و سایر منابع دیگر به دست می‌آید.

سیاست‌های دولت در بخش انرژی‌های تجدید پذیر باعث رشد اخیر این انرژی‌ها شده است. صنعت برق در هر کشوری نقش حیاتی در توسعه و رشد اقتصادی آن کشور دارد رشد اقتصادی هر کشوری متناسب با افزایش تولید ناخالص ملی بوده و باید ظرفیت‌ها را برای افزایش تولید فراهم کرد. در برخی از کشورها برای رشد اقتصادی توسعه بخش صنعت لازم است این اهمیت انرژی را نشان می‌دهد اما اگر محور رشد و توسعه کشور مبتنی بر توسعه صنعتی نباشد از اهمیت انرژی برق کم نمی‌شود؛ بنابراین رشد صنعت برق می‌تواند برای رشد و توسعه پایدار یک کشور زیربنای محکمی باشد.

در خصوص ارزیابی اقتصادی و امکان‌سنجی نیروگاه‌های بادی مطالعاتی صورت گرفته است که ازجمله می‌توان به مطالعه آناتاسیا یوانو (۲۰۱۸)، به بررسی اقتصادی نیروگاه بادی در انگلستان پرداخت و محمد الناکار (۲۰۱۷)، به امکان‌سنجی از پتانسیل انرژی باد در غزه پرداخته‌اند؛ که از کمبود شدید منابع انرژی رنج می‌برد. در ایران پژوهش‌های متعددی در زمینه ارزیابی اقتصادی و امکان‌سنجی احداث

نیروگاه‌های بادی صورت گرفته است در این رابطه می‌توان به کار بختیار محمدی (۱۳۹۵)، این پژوهش باهدف امکان‌سنجی استفاده از انرژی باد در استان ایلام و همین‌طور شناخت نواحی بادخیز در استان انجام‌شده است اما تا به حال پژوهشی در زمینه ارزیابی اقتصادی این منطقه صورت نگرفته است. مهم‌ترین فرضیه‌های مطرح‌شده در این پژوهش آن است که احداث نیروگاه‌های بادی با فرض حمایت دولت (خرید تضمینی برق) است. تجدید ساختار صنعت برق (آزادسازی قیمت‌های حامل‌های انرژی) حرکت به سمت تجدید ساختار برق، احداث نیروگاه‌های بادی را رونق می‌بخشد.

۵-۳ نتیجه‌گیری

مطالعات امکان‌سنجی فنی مزارع بادی به‌طور کلی شامل انتخاب مکان مناسب برای مزرعه بادی، انتخاب مدل مناسب توربین بادی و سرعت وزش باد می‌باشد نتایج حاصل از امکان‌سنجی منطقه موردنظر همان‌طور که در فصل‌های قبل ذکر شد شهرستان مهران از نظر سرعت وزش باد و با توجه به نتایج حاصل از پتانسیل سنجی برای راه‌اندازی توربین‌های بادی بزرگ مناسب می‌باشد. نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار ویدا ابتدا فراوانی باد می‌باشد سپس با استفاده از این خروجی نوع توربین و ضریب ظرفیت توربینی که در منطقه می‌تواند نصب شود را مشخص می‌کند. خروجی نرم‌افزار توربین V100/1800 کلاس ۳ با ارتفاع برج ۸۰ تا ۱۰۰ متر طول پره ۴۹ متر و با ظرفیت MW ۱/۸ و با ضریب ظرفیت ۴۲ درصد برای نصب در منطقه موردنظر متناسب می‌باشد.

در این پژوهش به سؤالاتی که در فصل اول مطرح‌شده بود پاسخ داده‌شده است سؤالات عبارت‌اند از:

- (۱) با توجه به پایان‌پذیری انرژی‌های فسیلی آیا باید قیمت‌های حامل‌های انرژی برای تشویق بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید پذیر آزاد شود؟

از نظر اصولی و منطقی بله باید قیمت حامل‌های انرژی واقعی شوند ولی در کشوری مثل ایران به دلیل دسترسی به منابع گاز با هزینه تولید پایین و عدم امکان فروش یا کاهش نرخ فروش در این برهه زمانی این اتفاق نخواهد افتاد پس باید افزایش نرخ حامل‌های انرژی متناسب با نرخ تورم سالیانه باشد تا بتوان

تورم را به‌طور تدریجی کنترل کرد از طرفی دولت می‌بایست با جدیت افزایش نرخ خرید برق تجدید پذیر را در دستور کار قرار دهد ضمناً منابع و ردیف بودجه‌ی مستقل می‌بایست در بودجه سالیانه کشور لحاظ شود. باید راهکارهایی ارائه شود تا استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر توسعه پیدا کند به‌طور مثال اجازه صادرات برق با تعرفه مناسب برای نیروگاه‌های تجدید پذیر صادر شود. اجازه صادرات برق برای نیروگاه‌های فسیلی با مصرف گاز باقیمت بسیار نازل در صورت تولید برق پاک در کنار برق فسیلی داده شود. صدور حواله سوخت صرفه‌جویی معادل، برای نیروگاه‌های تجدید پذیر و امکان فروش یا واگذاری حواله به نیروگاه‌های فسیلی جهت صادرات برق داده شود. پس در کل آزادسازی نرخ حامل‌های انرژی به‌تنهایی اشتباه است و باید بخشی از طریق واقعی سازی قیمت و بخشی از طریق ایجاد مشوق جهت توسعه تجدید پذیر اتفاق بیفتد.

۲) آیا سرمایه‌گذاری برای احداث نیروگاه بادی در استان ایلام توجیه اقتصادی دارد یا خیر؟

ارزش فعلی خالص که اغلب به آن NPV گفته می‌شود، ابزار انتخاب بیشتر تحلیل گران مالی است. این مسئله ۲ دلیل دارد: نخست، در محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص، ارزش زمانی پول در نظر گرفته می‌شود و جریان‌های نقدی آینده بر اساس ارزش پول امروز بیان می‌شود؛ دوم، با محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص، رقم دقیقی به دست می‌آید که مدیران می‌توانند با استفاده از آن، مبلغ سرمایه‌گذاری شده‌ی نقدی اولیه را به‌آسانی با ارزش فعلی بازگشت سرمایه مقایسه کنند. ولی در روش محاسبه‌ی بازگشت سرمایه، به این مسئله توجه نمی‌شود که قدرت خرید امروز پول، بیشتر از قدرت خرید همان میزان پول در آینده است. نایت می‌گوید، همین مسئله موجب می‌شود ارزش فعلی خالص، روش بهتری باشد در این پژوهش از روش ارزش فعلی خالص استفاده شده است. با توجه به نتایج از خروجی نرم‌افزار کامفار ارزش خالص فعلی طرح مثبت شده است همان‌طور که در فصل سوم بیان شد اگر NPV بزرگ‌تر از صفر باشد یا به عبارتی مثبت باشد پروژه از نظر اقتصادی به‌صرفه است. نتیجه می‌شود که این طرح هم از نظر پتانسیل سنجی و هم از نظر اقتصادی به‌صرفه است.

۴-۵ پیشنهادات

بنابر نتایج به دست آمده پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

(۱) جهان و دولت‌ها ملزم به اجرای تعهدات مهم و زمان‌داری در ارتباط با حمایت و نگهداری از محیط‌زیست و کاهش گازهای گلخانه‌ای هستند با افزایش تقاضای برق نیاز به استفاده از انرژی‌های فسیلی بیش‌تر می‌شود و میزان آلودگی حاصل از این منابع به محیط‌زیست آسیب جدی وارد می‌کند، لذا استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر توصیه می‌شود.

(۲) آزادسازی قیمت سوخت‌های فسیلی در صورت بروز مشکلات تورمی می‌تواند با تخصیص و تجمیع هزینه‌های مصرف سوخت فسیلی در نیروگاه‌ها که هم‌اینک بسیار ارزان یا صفر محاسبه شده و هزینه مستقیم و غیرمستقیم آلودگی‌های نیروگاه فسیلی به‌طور واقع‌بینانه در قالب یارانه به قیمت خرید برق بادی یا انرژی‌های تجدید پذیر به اهداف بلندمدت و رشد این صنعت کمک کرد.

(۳) هزینه اولیه سرمایه‌گذاری در این طرح‌ها بالا است و دوره بازگشت سرمایه طولانی می‌باشد که انگیزه برای سرمایه‌گذاری در این گونه طرح‌ها را کاهش می‌دهد اما نیاز به منابع انرژی پاک و تجدید پذیر به‌خصوص بادی و خورشیدی مستلزم بسترسازی مناسب و مؤثر در سرمایه‌گذاری امن و مطمئن در این زمینه است. توصیه می‌شود بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری در این صنعت تشویق شود.

(۴) تخصیص وام‌هایی با نرخ بهره کمتر و دوره استراحت بیش‌تر برای احداث نیروگاه‌های بادی در توسعه انرژی برق بادی می‌تواند مؤثر باشد.

(۵) برای تولیدکننده‌های داخلی کاهش نرخ مالیاتی معافیت‌های گمرکی و بیمه‌هایی در نظر گرفته شود می‌تواند اثرات مثبتی بر بخش مالی طرح دارد.

۶) بهترین راهکار عملی برای افزایش سرمایه‌گذاری و جذب بخش خصوصی در این صنعت افزایش قیمت خرید برق تضمینی با محاسبات تعدیل بر اساس تغییرات نرخ ارز و تورم، به صورت ماهیانه هم برای صدور قراردادهای جدید و هم برای صورت وضعیت‌های قراردادهای صادره از قبل می‌باشد. پرداخت و تسویه ماهانه صورت وضعیت‌های تولید برق نیروگاه‌های تجدید پذیر بر اساس قرارداد خرید برق از سوی بانک مرکزی باید تضمین شود.

سوستا
پ

خروجی از نرم افزار:

جدول خلاصه عملکرد پروژه

عنوان پروژه:	احداث نیروگاه بادی
شرح پروژه:	تولید برق
زمان ورود داده ها:	
طبقه بندی پروژه:	پروژه جدید
فاز ساخت:	01/1399 - 12/1400
مدت:	2 سال
فاز بهره برداری:	01/1401 - 12/1420
مدت:	20 سال
واحد پولی حسابداری:	(ر) ریال
واحد شمارش:	مطلق
واحد پولی داخلی:	(ر) ریال

هزینه های سرمایه گذاری

کل سرمایه گذاری	کل فاز تولید	کل فاز ساخت	
960.076.000.000/00	0/00	12.960.076.000.000/00	کل هزینه های ثابت سرمایه گذاری
0/00	0/00	0/00	کل مخارج پیش از تولید
0/00	0/00	0/00	مخارج پیش از تولید (خالص از بهره)
0/00	0/00	0/00	بهره
10.688.328.333/33	10.688.328.333/33	0/00	افزایش در سرمایه در گردش، خالص
970.764.328.333/33	10.688.328.333/33	12.960.076.000.000/00	کل هزینه های سرمایه گذاری

منابع تامین مالی

کل حریانات نقدی ورودی	کل فاز تولید	کل فاز ساخت	
960.076.000.000/00	0/00	12.960.076.000.000/00	کل حقوق صاحبان سهام
0/00	0/00	0/00	خارجی
960.076.000.000/00	0/00	12.960.076.000.000/00	داخلی
0/00	0/00	0/00	کل وامهای بلند مدت
0/00	0/00	0/00	خارجی
0/00	0/00	0/00	داخلی
0/00	0/00	0/00	کل وامهای کوتاه مدت
0/00	0/00	0/00	خارجی
0/00	0/00	0/00	داخلی
19.259.490.138/89	19.259.490.138/89	0/00	حسابهای پرداختی
979.335.490.138/89	19.259.490.138/89	12.960.076.000.000/00	کل منابع تامین مالی

جدول خلاصه عملکرد پروژه

0/00	0/00	0/00	نخاسته استهلاک
38.176.465.082.185/28	2.233.814.093.760/00	2.233.814.093.760/00	سود ناخالص
0/00	0/00	0/00	نخاسته سرمایه گذاری
38.176.465.082.185/28	2.233.814.093.760/00	2.233.814.093.760/00	سود مشمول مالیات
9.544.116.270.546/32	0/00	0/00	مالیات بر درآمد (شرکت)
28.632.348.811.638/96	2.233.814.093.760/00	2.233.814.093.760/00	سود خالص

نسبتها

13.736.868.228.756/76	در 18/00 %	خالص ارزش فعلی کل سرمایه
	27/81 %	نرخ بازده داخلی سرمایه گذاری (IRR)
	21/94 %	IRR تعدیل شده سرمایه گذاری
13.736.868.228.756/76	در 18/00 %	خالص ارزش فعلی کل حقوق صاحبان سهام
	27/81 %	نرخ بازده داخلی حقوق صاحبان سرمایه (IRRE)
	21/94 %	IRR تعدیل شده حقوق صاحبان سرمایه
	12/139	خالص ارزش فعلی محاسبه میشود برای

درآمد و هزینه های عملیاتی

سال آخر 1420	سال مرجع 1401	سال اول 1401	
38.567.807.282.185/28	2.625.156.293.760/00	2.625.156.293.760/00	درآمد فروش
119.182.200.000/00	119.182.200.000/00	119.182.200.000/00	هزینه های تولید (کارخانه)
0/00	0/00	0/00	هزینه های سربار اداری
119.182.200.000/00	119.182.200.000/00	119.182.200.000/00	هزینه های عملیاتی
272.160.000.000/00	272.160.000.000/00	272.160.000.000/00	استهلاک
0/00	0/00	0/00	هزینه های تامین مالی
391.342.200.000/00	391.342.200.000/00	391.342.200.000/00	کل هزینه های تولید
0/00	0/00	0/00	هزینه های بازاریابی
391.342.200.000/00	391.342.200.000/00	391.342.200.000/00	بهای تمام شده محصولات
0/00	0/00	0/00	بهره سیرده های کوتاه مدت
38.176.465.082.185/28	2.233.814.093.760/00	2.233.814.093.760/00	سود ناخالص عملیاتی
0/00	0/00	0/00	درآمد غیر مترقیه
0/00	0/00	0/00	زیان غیر مترقیه

تخمین زمین مورد نیاز:

تخمین زمین مورد نیاز نیروگاههای بادی

ردیف	شرح	مساحت مورد نیاز (S)	توضیحات
1	برای تجهیزات دائمی	1-1) برای توربین بادی	N تعداد توربینهای مزرعه بادی می باشد. - حداکثر مقدار a مساوی قطر روتور توربین بادی می باشد.
		2-1) برای پست و نیروگاه و تاسیسات جانبی	- منظور از تاسیسات جانبی تاسیساتی نظیر ساختمان اداری و کنترل، سوله برای ابزار و کارگاه، محل نصب دکل بادستچی و امثال آن است که جهت نگهداری و بهره برداری نیروگاه مورد نیاز می باشد. - در تخصیص زمین، عمده ترین مورد از موارد فوق مربوط به احداث پست نیروگاه می باشد. در صورتی که نیروگاه نیاز به احداث پست توسط سرمایه گذار نداشته باشد، برای سایر تاسیسات 25~10 درصد مقادیر فوق با توجه به سایز مزرعه بادی کفایت می نماید.
		3-1) برای جاده ها و مسیر خطوط انتقال	L طول و b عرض جاده های مورد نیاز است. عرض جاده بین 14~10 m در نظر گرفته شود. - با افزایش سایز توربینها از عرض بیشتر برای جاده ها استفاده شود. - استفاده مشاع از مساحت S_3 با لامانع بوده و توصیه می شود.
		مجموع مساحت مورد نیاز	
		$S = S_1 + S_2 + S_3$	-
2	برای تجهیزات موقت		منظور محل استقرار جرثقیل و دیوای موقت تجهیزات در هنگام عملیات احداث یا تعمیرات می باشد که در زمانهای محدود مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این خصوص استفاده بصورت اجاره موقت توصیه می شود که حسب مورد باید مدنظر قرار گیرد.

• در مقادیر جدول فوق فضای سبز در نظر گرفته نشده است.

• لازم است قبل از واگذاری قطعی مجدداً از وزارت نیرو (توانیر یا سازمان انرژیهای نو ایران) درخصوص پیشرفت واقعی احداث نیروگاه استعلام یا تاییدیه اخذ شود.

ظرفیت نیروگاههای کشور

۵-۷- مقدار تولید برق در نیروگاههای کشور به تفکیک نوع نیروگاه (میلیون کیلووات ساعت)					
دوره	جمع	تولید برق بر حسب نوع مؤسسه		تولید برق بر حسب نیروگاه	
		وزارت نیرو	سایر مؤسسات	بخاری	گازی و چرخه ترکیبی
۱۳۹۵	۲۸۹۱۹۶	۱۲۸۲۹۰	۱۶۰۹۰۵	۸۵۰۹۲	۱۸۰۶۲۷
۱۳۹۶	۳۱۲۴۷۹	۱۳۷۰۷۳	۱۷۵۴۰۶	۹۲۹۸۱	۱۹۵۳۶۸
۱۳۹۷	۳۱۰۹۹۱	۱۳۰۸۸۸	۱۸۰۱۰۳	۸۶۲۱۲	۲۰۰۴۴۷
بهار ۹۶	۷۶۹۲۵	۳۴۶۷۶	۴۲۲۶۹	۲۲۷۱۸	۴۷۵۷۱
تابستان ۹۶	۱۰۰۳۳۹	۴۴۱۷۵	۵۶۱۶۲	۲۷۴۸۷	۶۴۴۸۳
پاییز ۹۶	۶۷۷۰۵	۲۹۱۴۷	۳۸۵۵۸	۲۱۳۵۵	۴۱۴۶۲
زمستان ۹۶	۶۷۴۹۰	۲۹۰۷۵	۳۸۴۱۵	۲۱۴۲۱	۴۱۸۵۲
بهار ۹۷	۷۷۲۰۹	۲۹۱۵۵	۴۸۰۵۴	۲۰۵۴۵	۵۲۸۹۷
تابستان ۹۷	۱۰۰۹۸۶	۴۳۸۶۵	۵۷۱۲۱	۲۷۴۲۳	۶۷۱۵۱
پاییز ۹۷	۷۱۱۷۶	۳۱۷۴۲	۳۹۲۲۴	۱۹۵۴۴	۴۷۲۲۵
زمستان ۹۷	۶۱۶۲۰	۲۶۱۲۶	۳۵۹۲۴	۱۸۸۰۰	۳۳۰۶۴
بهار ۹۸	۷۸۲۳۹	۳۴۹۶۳	۴۳۲۷۶	۲۰۴۰۳	۴۳۶۸۳

مأخذ- وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر.

قیمت خرید توربین‌ها

هزینه سرمایه‌گذاری توربین باد یا قیمت فروش تجهیزات درب کارخانه بصورت EXW در هر کیلووات									
در برابر									
هزینه سرمایه‌گذاری کل پروژه یا قیمت فروش پروژه بصورت کلید در دست Turn Key در هر کیلووات									
ردیف	منبع	هزینه سرمایه‌گذاری توربین باد یا قیمت فروش تجهیزات درب کارخانه بصورت EXW		هزینه حمل دریایی، ترخیص و بند و نه مالیات بر ارزش افزوده		هزینه حمل داخلی از بندر عباس یا کارخانه تا سایت پادی		قیمت تمام شده تجهیزات توربین تحویلی به سایت پادی	
		EUR / KW	USD / KW	%	%	%	%	USD / KW	%
1	3.2MW-4th Quarter 2016 Germany, Non-Official	895	940	13	2.0			1,081	25
2	Vestas > 2.5MW-1st Quarter 2018 Ref. Financial Report-Denmark	750	898	13	2.0			1,033	25
2-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2018%20Q1%20Financial%20Report.pdf								
3	Vestas > 2.5MW-2nd Quarter 2018 Ref. Financial Report-Denmark	710	845	13	2.0			972	25
3-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2018%20Q2%20Financial%20Report.pdf								
4	Vestas > 2.5MW-3rd Quarter 2018 Ref. Financial Report-Denmark	780	905	13	2.0			1,041	25
4-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2018%20Q3%20Financial%20Report.pdf								
5	Vestas > 2.5MW-4th Quarter 2018 Ref. Financial Report-Denmark	760	874	13	2.0			1,005	25
5-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2018%20Q4%20Financial%20Report.pdf								
6	Vestas > 2.5MW-1st Quarter 2019 Ref. Financial Report-Denmark	810	915	13	2.0			1,053	25
6-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2019%20Q1%20Financial%20Report.pdf								
7	Vestas > 2.5MW-2nd Quarter 2019 Ref. Financial Report-Denmark	750	840	13	2.0			966	25
7-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2019%20Q2%20Financial%20Report.pdf								
8	Vestas > 2.5MW-3rd Quarter 2019 Ref. Financial Report-Denmark	750	833	13	2.0			957	25
8-Link	https://www.vestas.com/~/media/Company/Investor%20Relations/2019%20Q3%20Financial%20Report.pdf								
9	Oversea 1MW-3rd Quarter 2019 India, Non-Official	649	720	23	2.0			900	25
10	Internal 2.5MW-1st Quarter 2019 Iran, Non-Official	750	848	0	1.5			860	20
11	Average Capital Expenditure (CapEx) or Turn Key Project Sale Price in 2018 Installation Process in India-Ref. Irena	695	821	15	2.0			960	25
11-Link	https://www.irena.org/~/media/IRENA/Annual%20Report/2019/Chapter%204/4.2%20Renewable%20Energy%20Investment%20Costs.pdf								

داده‌های هواشناسی

اطلاعات میانگین سرعت باد ماهانه												
سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
2004	-	-	-	-	-	-	5.6	7.4	4.6	4.4	4.1	3
2005	4.1	4.2	5.4	6	4.4	6	5.6	4.7	4.9	3.9	2.9	2.9
2006	3.5	4.1	4.6	4.4	4	5.7	6.5	4.1	4.1	4.9	3.1	2.9
2007	3.2	3.4	4.1	4.8	3.7	5.3	4.8	4.8	4.4	3.5	3.2	3.6
2008	3.8	6.4	4.3	5	3.4	6.4	4.2	3.3	3.1	2.7	1.7	2.9
2009	3.1	4.2	4.1	3.3	3.7	4.1	6.1	5	3.9	3.4	2.3	2.4
2010	4.2	2.9	3.6	3.6	4.4	4.6	4.8	2.6	3	3	1.9	1.9
2011	1.9	2.3	3.6	3.5	3.8	5.2	4.6	4.5	3.7	2.8	2.3	2.2
2012	2.6	2.9	3.5	3.4	3.9	5.3	4.7	5.7	4.1	3.1	2.3	2.3
2013	3	3.5	4.2	3.2	3.6	5.6	6.1	4.1	3.4	2.8	2.1	2.9
2014	2	2.6	3.1	3.2	3.8	5.6	5.5	4.3	4.2	3.8	2.8	2.4
2015	2.9	3.5	2.4	4	3.5	7	5.1	4.4	3.3	3.2	2.8	2.7
2016	2.7	3	3.5	2.5	3.5	3.1	4.5	3.8	3.6	2.2	1.8	2.3
2017	1.9	1.9	2.4	2.6	3	3.8	3	3.2	2.5	2.7	2.4	2
2018	2	1.8	2.5	2.4	2.4	4.2	4.4	3.8	2.5	1.9	1.5	1.7
2019	1.9	1.4	1.6	1.5	1.9	2.4	-	-	-	-	-	-

مراجع

مراجع داخلی

[۱] اسماعیل نیا علی اصغر، سجادیان فائزه سادات، (خرداد ۸۹)، ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی با ملاحظات مکانیسم توسعه پاک (CDM) فصل نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۵، تابستان ۸۹، صفحات ۱۴۳-۱۷۲.

[۲] انتظاری علیرضا، امیر احمدی ابوالقاسم، عرفانی عاطفه، برزویی اکرم، (پاییز و زمستان ۹۱)، ارزیابی پتانسیل انرژی باد و امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در سبزوار، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک سال سوم، شماره نهم و دهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۱ صفحه ۳۳-۴۶.

[۳] اسلامی حسین، ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری، مدیریت پروژه و ساخت؛ دانشکده مهندسی عمران شریف

[۴] بازیدی مطلب، قلی زاده بهرام، ادیب عباسی محمد، (فروردین ۹۴)، بررسی پتانسیل انرژی باد جهت احداث نیروگاه برق بادی در استان کردستان با استفاده از توزیع ویبول. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه‌نامه شماره ۴، بهار ۱۳۹۶.

[۵] بیگلری مجتبی، اله عصاره احسان، ندائی مجتبی، پول تنگری ایمان، (بهمن ۹۲)، امکان سنجی و ارزیابی اقتصادی انرژی باد در شمال استان خوزستان - مطالعه موردی شهر شوشتر، نشریه انرژی ایران دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۱۳۹۳.

[۶] پرتویی محمدامین. (آذر ۹۲). آنالیز اقتصادی یک نمونه نیروگاه بادی در تولید برق.

[۷] جان زاده امیرحسین، زندیه مهدی، (شهریور ۹۵)، امکان سنجی طراحی یک واحد همسایگی صفر انرژی در قزوین، فصل نامه پژوهش‌های سیاست گذاری برنامه‌ریزی انرژی، سال دوم، شماره ۳ تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۰۳-۱۳۲.

- [۸] مترجمان؛ جمیل مجید، صبایی پیام (۱۳۹۲)، مؤلفان واگنر هرمان - ماتورجیوتیرمای کتاب
آشنایی با نیروگاه‌های برق بادی
- دکتر رحمانی تیمور (بهار ۸۷). اقتصاد کلان.
- [۹] رحیمی عبدالرحیم، ثقفی مجید، (پاییز ۸۹)، ارزیابی فنی و اقتصادی احداث توربین‌های کوچک
برق بادی در بروجرد. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست دوره هشتم شماره ۳ پاییز ۸۵.
- [۱۰] رضایی پرویز، (بهار ۸۹)، توان سنجی دره سفیدرود از نظر باد و تولید انرژی.
- [۱۱] رضایی پرویز، (بهار ۸۲)، بررسی اقلیمی باد منجیل. تحقیقات جغرافیایی بهار ۱۳۸۲ - شماره ۶۸
(علمی-پژوهشی) از ۱۰۱ تا ۱۱۳.
- [۱۲] زینالی بتول، عظیمی علی، امکان‌سنجی پتانسیل انرژی بادی در شمال غرب ایران با استفاده از
الگوریتم فازی، (بهمن ۹۴)، فصلنامه برنامه‌ریزی منطق‌های، سال ۶، شماره پیاپی ۲۴، زمستان ۱۳۹۵.
- [۱۳] شایان سیاوش، (زمستان ۹۰) تحلیل ظرفیت انرژی باد در شهرستان نهاوند، آموزش رشد جغرافیا،
زمستان ۱۳۹۱ - شماره ۹۷، از ۱۸-۳۳.
- [۱۴] شهربافیان نیلوفر، (تابستان ۸۷). برآورد پتانسیل برق بادی و اثر بهره‌گیری از آن در صرفه‌جویی
سوخت فسیلی در ایران. فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی تابستان ۱۳۸۷ - شماره ۷، از ۱۱۳ تا ۱۴۰.
- [۱۵] صادقی سید کمال، سجودی سکینه، احمدزاده دلجوان فهیمه. (بهار ۹۶). تأثیر انرژی‌های
تجدید پذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در ایران. فصل‌نامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و
برنامه‌ریزی و انرژی.

[۱۶] صدری حمیدرضا، ادیب فر اکبر، حمیدی پرتو، صیاد جهانگیر، (اسفند ۸۵). امکان‌سنجی فنی -

اقتصادی پروژه‌های نیروگاهی. شماره ۸۹، از ۲۲ تا ۳۳

[۱۷] صلاحی برومند، بهروزی محمود، ابراهیمی محمد، جمس حسن، (تیر ۹۴). ارزیابی پتانسیل انرژی

باد و امکان‌سنجی استفاده از آن در ایستگاه‌های همدید استان فارس. دو فصلنامه آب و هواشناسی

کاربردی، سال دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۲.

[۱۸] عبدی حمید، حسین زاده خنکداری تقی، ذاکری فر رزم‌آرا، عباسیه کهن سید حسن، هاشمی

پنبه چوله سید ابراهیم. (خرداد ۹۰) امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی ۱۰ مگاواتی مراوه‌تپه. نشریه

انرژی ایران.

[۱۹] عظیم زاده کلخوران وحید، ملکیان ابودر؛ مترجمان (۱۳۹۵)؛ مولف اریش هاو مرجع کاربردی

طراحی بهره‌برداری و نگهداری توربین‌های بادی.

[۲۰] کهخامقدم پریسا، دلبری معصومه، (پاییز ۹۶) ارزیابی امکان بهره‌گیری از انرژی باد در استان

سیستان و بلوچستان، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، پاییز ۱۳۹۶ - شماره ۳ (علمی-پژوهشی) از

۴۴۱-۴۵۵.

[۲۱] محمدی بختیار، محمودی هما (تابستان ۹۵). امکان‌سنجی استفاده از انرژی باد در استان ایلام.

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و یکم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵، شماره پیاپی ۱۲۱.

[۲۲] محمدی فرهاد، انرژی‌های نو، (خرداد ۷۹) نگاهی به انرژی باد در جهان و ایران در آغاز هزاره

سوم.

[۲۳] محمدی حسین، رستمی جلیلیان شیما، تقوی فرحناز، شمس‌پور علی‌اکبر، (خرداد ۹۱). پتانسیل سنجی انرژی باد در استان کرمانشاه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱ صفحه ۱۹-۳۲.

[۲۴] محمدزاده پرویز، زارع کاظم، رسول‌پور فرزین زهرا، (فروردین ۹۵)، ارزیابی اقتصادی تولید انرژی الکتریسیته از توربین‌های بادی (مطالعه موردی توربین‌های بادی عون ابن علی)، فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال دوازدهم، شماره ۴۹ تابستان ۹۵.

[۲۵] مطهری سید علی‌اکبر، احمدیان مجید، عابدی زهرا، غفارزاده حمیدرضا، (اردیبهشت ۹۳) ارزیابی اقتصادی بهره‌گیری از نیروگاه‌های بادی در ایران با در نظر گرفتن اثر سیاست آزادسازی قیمت انرژی. فصل‌نامه اقتصاد انرژی ایران. سال سوم، شماره ۱۰، بهار ۱۳۹۳.

[۲۶] مهدوی عادل محمدحسین، خواجه نائینی رضا، (خرداد ۹۲)، بررسی و ارزیابی مالی تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی در ایران. دو فصل‌نامه اقتصاد پولی، مالی (دانش و توسعه سابق) دوره جدید، سال بیست و یکم، شماره ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۳.

[۲۷] مینائیان علی، صداقت احمد، عالم رجبی علی‌اکبر، (پاییز ۹۲)، پتانسیل سنجی انرژی بادی استان سیستان و بلوچستان و تحلیل اقتصادی برای احداث نیروگاه بادی، نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی پاییز ۱۳۹۲، سال سوم - شماره ۳، از ۳۴ تا ۴۱.

[۲۸] هوشمند محمود، حسینی سید حامد، (مرداد ۹۲)، ارزیابی اقتصادی تولید برق با استفاده از انرژی باد توسط بخش خصوصی در ایران، دو فصل‌نامه اقتصاد پولی، مالی (دانش و توسعه سابق) دوره جدید، سال بیست و یکم، شماره ۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۳.

[۲۹] هیالی یونس، نظری کیا الهه، خلیل زاده محمد، رفیعی احسان. (مهر و آبان ۹۴). مطالعه امکان‌سنجی طرح احداث نیروگاه مقیاس کوچک به ظرفیت ۲۵ مگاوات.

[۳۰] طوسی اعظم، عسکری مهدی. مقاله چشم‌انداز تقاضای انرژی‌های تجدید پذیر (۱۳۹۵)، شماره ۲ از ۲۳ تا ۳۹

مراجع خارجی

- [32] A. Ioannou, A. Angus, and F. Brennan, “A lifecycle techno-economic model of offshore wind energy for different entry and exit instances,” *Appl. Energy*, vol. 221, no. November 2017, pp. 406–424, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.03.143.
- [33] Ackermann, T. & Soder, L. (2002). An overview of wind energy-status 2002. *Renewable and sustainable energy reviews*, 6(1-2), 67-127.
- [34] Bagiorgas, H. S. Assimakopoulos, M. N. Theoharopoulos, D. Matthopoulos, D. & Mihalakakou, G. K. (2007). Electricity generation using wind energy conversion systems in the area of Western Greece. *Energy Conversion and Management*, 48(5), 1640-1655.
- [35] Bilal, B. O. Ndongo, M. Kebe, C. M. F. Sambou, V. & Ndiaye, P. A. (2013). Feasibility study of wind energy potential for electricity generation in the northwestern coast of Senegal. *Energy Procedia*, 36, 1119-1129.
- [36] Bobinaite, V. & Priedite, I. (2015). Assessment of impacts of wind electricity generation sector development: Latvian case. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 18-24
- [37] E. K. Akpinar, S. Akpinar, and N. Balpetek, “statistical analysis of wind speed distribution of turkey as regional,” 2018.
- [38] Elnaggar, M. Edwan, E. & Ritter, M. (2017). Wind energy potential of Gaza using small wind turbines: A feasibility study. *Energies*, 10(8), 1229.

- [39] F. S. Fabiani Appavou, Adam Brown, Bärbel Epp, Duncan Gibb, Bozhil Kondev, Angus McCrone, Hannah E. Murdock, Evan Musolino, Lea Ranalder, Janet L. Sawin, Kristin Seyboth, Jonathan Skeen, REN21 - 2019 Global Status Report. 2019.
- [40] Fakher, H. & Sivananib, S. G. (2014). A study of variety of the new and renewable energies, applications and challenges with an approach in Iran. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 4(3), 471-477.
- [41] <https://fa.wikipedia.org/wiki/ایلام>
- [42] <https://fa.wikipedia.org>
- [43] <https://vendorlist.ir/>
- [44] <https://www.asriran.com/fa/news>
- [45] <https://www.chetor.com/>
- [46] <https://www.chetor.com/63925>
- [47] <https://www.online.ir/energy>
- [48] <https://www.tasnimnews.com/fa/news>
- [49] Johnson, N. H. & Solomon, B. D. (2010). A net-present value analysis for a wind turbine purchase at a small US College. Energies, 3(5), 943-959.
- [50] Joubert, J. & Keen, J. Economic viability of wind turbines for Western Cape farms, using Germany's example.
- [51] Kealy, T. (2014). Financial Appraisal of a Small Scale Wind Turbine with a Case Study in Ireland. Journal of Energy and Power Engineering, 8.
- [52] Khambalkar, V. P. Gadge, S. R. Dahatonde, S. B. Kale, M. U. & Karale, D. S. (2007). Wind Energy Cost and Feasibility of a 2 MW Wind Power Project. International Energy Journal, 8.

- [53] Minaeian, A. Sedaghat, A. Mostafaeipour, A. & Alemrajabi, A. A. (2017). Exploring economy of small communities and households by investing on harnessing wind energy in the province of Sistan-Baluchestan in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 835-847.
- [54] Mukund R. Patel *Wind and Solar Power Systems* ISBN 0-8493-1605-7 (alk. paper) 1999".
- [55] Ngala, G. M. Alkali, B. & Aji, M. A. (2007). Viability of wind energy as a power generation source in Maiduguri, Borno state, Nigeria. *Renewable energy*, 32(13), 2242-2246.
- [56] Ohunakin, O.S. Oyewola, O. M. & Adaramola, M. S. (2013). Economic analysis of wind energy conversion systems using levelized cost of electricity and present value cost methods in Nigeria. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 4(1), 2.
- [57] Omar Al-Nhoud, Mohammad Al-Smairan "Assessment of Wind Energy Potential as a Power Generation Source in the Azraq South," no. August, pp. 87–96, 2015.
- [58] Serri, L. Lembo, E. Airoidi, D. Gelli, C. & Beccarello, M. (2018). Wind energy plants repowering potential in Italy: technical-economic assessment. *Renewable energy*, 115, 382-390.
- [59] Shata, A. A. & Hanitsch, R. (2008). Electricity generation and wind potential assessment at Hurghada, Egypt. *Renewable Energy*, 33(1), 141-148
- [60] Zhao, Z.Y. Wu, P. H. Xia, B. & Skitmore, M. (2014). Development route of the wind power industry in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 1-7

Abstract

Abstract: this paper deals with the economic evaluation of wind power plant construction within the framework of government support policies in Mehran city. In addition, the wind energy potential assessment in this region has been carried out using SATBA Wind Atlas that they collected from wind speed hourly data during the years 2005 to 2016. In this research, Wida Alpha software is used to measure the wind speed frequency distribution, select the type of turbine and determine the turbine capacity factor that can be installed in the area and “Comfar” software is used to evaluate financial and economic analysis of the project. The results of feasibility studies in terms of wind potential and wind speed indicate that Mehran is suitable for large wind turbines operation. The output of the Wida software is wind speed frequency then Software offers the WTG model; Vestas V100-1800, IEC Class 3 with a tower height of 80-100 meters, a blade length of 49 meters, a power capacity of 1.8MW with a capacity factor of 42% which is suitable for installation in above mentioned area. Also, the result of the “Comfar” software output is net present value (NPV) that with respect to the guaranteed purchase price of electricity and by default its 10% annual increase rate, is positive at a discount rate of 18% and shows an Internal Rate of Return (IRR) of 27.81%. This means that wind power generation is economically feasible and the initial capital of the power plant will be refundable within 6 years.

Keywords: Wind Energy, Wind Energy Potential Assessment, Economic Analysis, Wind Turbine, Support Policies, comfar, Wida-alfa



Shahrood University of Technology

Faculty of industrial engineering & management science

Subject: Economic Assessment of Wind Power Constructions within the
Government Support Policies in Ilam Province

By: Zahra Ebrahimi

Supervisor:

Dr: Mahmoud Rahimi

Advisor:

Dr: Hossein Rezai

January 2020