



دانشکده آموزشهای الکترونیکی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی ابزار دقیق و اتوماسیون صنایع نفت

پیش بینی میزان تولید انرژی توربین های بادی با استفاده از علم

نوین داده کاوی همراه با پیاده سازی عملی در یک نمونه واقعی

به کوشش

سید محمد بلاغی

اساتید راهنما

دکتر مهراڻ یزدي

دکتر ابراهیم فرجاه

بهمن ۱۳۹۱

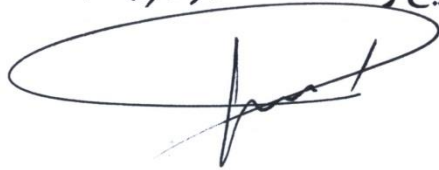
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام خدا

اظہار نامہ

اینبجانب سید محمد بلاغ (۸۹۷۱۲۸) دانشجوی رشته‌ی
مهندسی ابزار دقیق گرایش کنترل ابزار دقیق دانشکده‌ی آموزش‌های الکترونیکی
اظہار می‌کنم کہ این پایان نامہ حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی کہ
از منابع دیگران استفادہ کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را
نوشتہ‌ام. همچنین اظہار می‌کنم کہ تحقیق و موضوع پایان نامہ‌ام تکراری
نیست و تعہد می‌نمایم کہ بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر
نمودہ و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیہ حقوق این اثر مطابق با آیین نامہ
مالکیت فکری و معنوی متعلق بہ دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی : سید محمد بلاغ
تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰



به نام خدا

پیش بینی میزان تولید انرژی توربین های بادی با استفاده از علم نوین داده کاوی
همراه با پیاده سازی عملی در یک نمونه واقعی

به کوشش

سید محمد بلاغی

پایان نامه

ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از
فعالیت های لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی

مهندسی ابزار دقیق و اتوماسیون صنایع نفت

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته ی پایان نامه، با درجه ی عالی

دکتر مهران یزدی، دانشیار بخش مهندسی برق (رئیس کمیته)

دکتر ابراهیم فرجاه، دانشیار مهندسی برق (رئیس کمیته)

دکتر اشکان سامی، استادیار بخش کامپیوتر

دکتر جمشید آقایی، دانشیار بخش قدرت دانشگاه صنعتی شیراز

بهمن ماه ۱۳۹۱

تقدیم به

اسوه گذشت و فداکاری پدر و مادرم

و

دنیای محبت و آرامش همسرم

و تمامی کسانی که در گسترش هرچه بیشتر علم در سرزمین

ما تلاش می کنند.

سپاسگزاری

آفریدگار را سپاس می گویم که توفیق دانش اندوزی و گام نهادن در گذرگاه علم و معرفت را به ما ارزانی داشت. اینک که به یاری خداوند این پژوهش به پایان رسیده است، بر خود لازم می دانم تا از زحمات و راهنماییهای اساتید راهنمای عزیز و گرانقدر جناب آقای دکتر مهران یزدی و جناب آقای دکتر ابراهیم فرجاه تشکر و قدردانی کنم. از اساتید مشاور آقایان دکتر جمشید آقایی و دکتر اشکان سامی که من را با ارائه نظرات ارزشمندشان در انجام بهتر این پژوهش یاری نمودند، صمیمانه تشکر می کنم. از پدر و مادر عزیز و به ویژه همسر مهربان، دلسوز و فداکارم که در مشکلات این مسیر همچون کوهی استوار من را یاری دادند نیز صمیمانه تشکر می کنم و از خداوند متعال خواهانم تا توان جبران هرچه بیشتر همه این زحمات عنایت فرماید.

چکیده

پیش بینی میزان تولید انرژی توربین های بادی با استفاده از علم نوین داده کاوی همراه با پیاده سازی عملی در یک نمونه واقعی

به کوشش

سیدمحمد بلاغی

در این پایان نامه به بررسی دقیق نحوه عملکرد توربین های بادی و تعیین عوامل موثر بر تولید انرژی توسط این توربین ها پرداخته می شود. همچنین جهت پیش بینی میزان تولید بر اساس داده های واقعی جمع آوری شده چند روش از علم داده کاوی (رگرسیون - سری زمانی و کلاسترینگ) را مورد استفاده قرار می دهیم تا نتایج بهتری بدست آوریم. لذا ابتدا مفاهیم، اصول، و ابزارهای معرفی شده برای داده کاوی بیان شده و بعضی از روش های پیش بر روی یک نمونه عملی از یک سازمان واقعی، پیاده سازی می شود. با توجه به اطلاعات موجود در سیستم اهدافی چون پیش بینی میزان (میانگین) تولید سالانه در مکان مورد نظر و تعیین مکان مناسب جهت استقرار ایستگاه توربین بادی دنبال می گردد. نتایج حاصل از استفاده از این ابزارها و مقایسه داده های تجربی گرفته شده از یک مزرعه بادی با نتایج مدل ارائه شده نشان می دهند که این مدل برای پیش بینی میزان تولید انرژی در مناطق مستعد جهت نصب توربین های بادی مناسب و نسبتاً دقیق می باشد و می تواند الگوی مناسبی برای استفاده آتی در سازمانها و نهادهای مربوطه باشد.

فهرست

عنوان	صفحه
فصل ۱- مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه ای بر انرژی باد و محیط زیست	۲
۲-۱- ضرورت و انگیزه انجام تحقیق	۲
۳-۱- اهداف تحقیق	۶
فصل ۲- مبانی نظری و پژوهش های پیشین	
۱-۲- مقدمه	۸
۲-۲- باد و فشار هوا	۸
۳-۲- بادهای کلی در سطح زمین	۹
۴-۲- بادهای موضعی	۱۰
۵-۲- توزیع جهانی باد	۱۱
۱-۵-۲- جریان چرخشی هادلی	۱۱
۲-۵-۲- جریان چرخشی راسبی	۱۱
۶-۲- تاریخچه استفاده از انرژی باد	۱۲
۷-۲- مزایای استفاده از انرژی باد	۱۲
۸-۲- ناکارآمدیهای استفاده از انرژی باد	۱۳
۹-۲- توربین های بادی چگونه کار می کنند	۱۳
۱۰-۲- انواع توربین های بادی	۱۳
۱-۱۰-۲- توربینهای بادی با محور چرخشی عمودی	۱۴
۲-۱۰-۲- توربینهای بادی با محور چرخشی افقی	۱۴
۱۱-۲- تقسیم بندی توربین از نظر تولید توان	۱۵
۱-۱۱-۲- نیروگاه بادی	۱۵
۱۲-۲- اجزا توربینهای بادی	۱۶
۱۳-۲- انواع کاربرد توربینهای بادی	۱۸

- ۱۴-۲- ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از انرژی باد ۱۸
- ۱۴-۲-۱- مقدمه ۱۸
- ۱۴-۲-۲- وضعیت استفاده از انرژی باد در جهان ۱۹
- ۱۴-۲-۳- بررسی اقتصادی استفاده از انرژی باد ۲۲
- ۱۴-۲-۴- ارزش انرژی باد ۲۳
- ۱۴-۲-۵- هزینه های صرفه جویی شده سوخت، ظرفیت و انتشارات ۲۴
- ۱۵-۲- مطالعات امکان سنجی احداث نیروگاه بادی ۲۴
- ۱۵-۲-۱- مطالعات احداث ۲۵
- ۱۵-۲-۲- روند مطالعات امکان سنجی مزارع بادی ۲۵
- ۱۶-۲- آینده انرژی باد در ایران ۲۸
- ۱۶-۲-۱- آمار ظرفیت نصب توربینهای بادی در ایران ۲۹
- ۱۷-۲- داده کاوی چیست ۳۱
- ۱۷-۲-۱- مقایسه روش های آنالیز آماری و کاوش داده ۳۱
- ۱۷-۲-۲- تفاوت های کلی روش های داده کاوی با دیگر روش های کشف دانش ۳۲
- ۱۷-۲-۳- چرا از داده کاوی استفاده می کنیم ۳۲
- ۱۷-۲-۴- اساس داده کاوی ۳۳
- ۱۷-۲-۵- مراحل پردازش داده کاوی ۳۳
- ۱۷-۲-۶- کاربردهایی از داده کاوی ۳۴
- ۱۷-۲-۷- ابزارهای داده کاوی ۳۴
- ۱۷-۲-۷-۱- درخت های تصمیم گیری ۳۵
- ۱۷-۲-۷-۲- شبکه های عصبی ۳۵
- ۱۷-۲-۷-۳- نزدیکترین همسایگی ۳۶
- ۱۷-۲-۷-۴- الگوریتم ژنتیک ۳۶
- ۱۷-۲-۷-۵- طبقه بندی ۳۷
- ۱۷-۲-۷-۶- خوشه بندی ۳۸
- ۱۷-۲-۷-۷- تکنیک های عملیات کاوش داده ۳۹
- ۱۷-۲-۸- وظایف داده کاوی ۳۹

۴۰	۱۸-۲- تحلیل رگرسیون
۴۰	۱-۱۸-۲- مقدمه
۴۱	۲-۱۸-۲- نمودار پراکنش
۴۱	۳-۱۸-۲- تعریف همبستگی
۴۳	۱-۳-۱۸-۲- ضریب همبستگی پیرسون
۴۳	۴-۱۸-۲- مانده ها
۴۴	۱۹-۲- خوشه بندی
۴۴	۱-۱۹-۲- بررسی تکنیکهای اندازه گیری اعتبار خوشه ها
۴۶	۲۰-۲- سری های زمانی
۴۶	۱-۲۰-۲- مقدمه
۴۶	۲-۲۰-۲- تعریف سری زمانی
۴۷	۳-۲۰-۲- اجزا یک سری زمانی
۴۸	۴-۲۰-۲- همبستگی بین مشاهدات سری زمانی
۴۸	۱-۴-۲۰-۲- بررسی توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی
۵۰	۵-۲۰-۲- استفاده از روش سری های زمانی در مدل سازی
۵۰	۲۱-۲- شناخت نرم افزار های مناسب داده کاوی
۵۰	۱-۲۱-۲- نرم افزار وکا
۵۱	۲-۲۱-۲- نرم افزار SAS
۵۱	۳-۲۱-۲- نرم افزار SPSS
۵۱	۴-۲۱-۲- نرم افزار POLYANALST
۵۲	۲۲-۲- تاریخچه گذشته

فصل ۳- روش پیشنهادی

۵۶	۱-۳- مقدمه
۵۶	۲-۳- معرفی نرم افزار
۵۷	۳-۳- چگونگی جمع آوری داده ها

- ۵۸..... ۱-۳-۳- مشخصات کلی توربین های موجود در نیروگاه
- ۶۰..... ۴-۳- توان خروجی توربین
- ۶۱..... ۱-۴-۳- ضریب توان رتور
- ۶۳..... ۵-۳- تحلیل رگرسیون
- ۶۳..... ۱-۵-۳- محاسبه ضریب توان رتور
- ۶۳..... ۱-۱-۵-۳- رگرسیون خطی
- ۶۶..... ۲-۱-۵-۳- رگرسیون غیرخطی
- ۶۸..... ۲-۵-۳- محاسبه چگالی باد
- ۷۱..... ۱-۲-۵-۳- رگرسیون خطی چندگانه
- ۷۵..... ۳-۵-۳- نتایج تحلیل رگرسیون
- ۷۵..... ۱-۳-۵-۳- آنالیز و اعتبار سنجی
- ۷۷..... ۶-۳- پیش بینی سری زمانی
- ۷۷..... ۱-۶-۳- مدل سازی سری های زمانی به روش (باکس - جنکینز)
- ۷۸..... ۱-۱-۶-۳- مدل خود همبسته میانگین متحرک تلفیق شده فصلی
- ۷۹..... ۲-۶-۳- مراحل انجام پیشبینی سرعت باد
- ۸۰..... ۱-۲-۶-۳- آنالیز اولیه
- ۸۰..... ۲-۲-۶-۳- تشخیص مدل اولیه
- ۸۰..... ۳-۲-۶-۳- تخمین پارامترها و بررسی مناسب بودن مدل (برازش مدل)
- ۸۲..... ۴-۲-۶-۳- کنترل صحت مدل
- ۸۳..... ۵-۲-۶-۳- پیش بینی سری زمانی
- ۹۰..... ۷-۳- کلاسترینگ (خوشه بندی)
- ۹۰..... ۱-۷-۳- روش خوشه بندی K-Means
- ۹۱..... ۱-۱-۷-۳- ماتریس نزدیکی (مشابهت)
- ۹۲..... ۲-۱-۷-۳- اندازه عدم مشابهت
- ۹۲..... ۳-۱-۷-۳- اندازه مشابهت

۹۳	..... شاخص اعتبارسنجی ۳-۷-۱-۴
۹۷	..... تحلیل های آماری ۳-۸-۱
۹۷	..... چگونگی جمع آوری داده ها ۳-۸-۱
۹۸	..... تحلیل داده ها ۳-۸-۲
۱۰۳	..... شاخص احتمال کارکرد توربین بادی ۳-۸-۳
۱۰۵	..... نتایج تحلیل آماری ۴-۸-۳
۱۱۰	..... برآورد انرژی تولیدی سالیانه در مناطق مورد مطالعه ۳-۹-۹
۱۱۰	..... مدل سازی نهایی توربین بادی ۳-۹-۱
۱۱۲	..... محاسبه ضریب ظرفیت ۳-۹-۲

فصل ۴- ارزیابی اقتصادی

۱۱۵	..... مقدمه ۴-۱-۱
۱۱۵	..... برآورد هزینه و ارزیابی اقتصادی سالانه برق تولیدی از توربین های بادی ۴-۲-۱
۱۲۰	..... ارزیابی اقتصادی در مناطق مورد مطالعه ۴-۳-۱
۱۲۰	..... ارزیابی و توجیه اقتصادی در منطقه مزرعه بادی بینالود ۴-۳-۱
۱۲۰	..... قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت انرژی در مزرعه بادی (بینالود) ۴-۳-۱-۱
۱۲۳	..... ارزیابی اقتصادی در مناطق مورد مطالعه ۴-۳-۲
۱۲۴	..... قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت الکتریسیته توسط توربین بادی ۴-۳-۲-۱

فصل ۵- بحث و نتیجه گیری

۱۲۶	..... نتیجه گیری ۵-۱-۱
۱۲۷	..... پیشنهادات ۵-۲-۱
۱۲۹	..... فهرست منابع
۱۳۲	..... پیوست

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲) - حرکت جریان هوایی از مراکز پر فشار به طرف مراکز کم فشار.....	۸
شکل (۲-۲) - نوارهای کم فشار و پرفشار در کره زمین.....	۹
شکل (۳-۲) - تغییرات جهت باد در مناطق ساحلی و کنار دریا.....	۱۰
شکل (۴-۲) - تغییر وضعیت هوای گرم و سرد در مناطق کوهستانی.....	۱۱
شکل (۵-۲) - انواع توربین های مدرن.....	۱۴
شکل (۶-۲) - اجزا داخلی توربین بادی محور افقی.....	۱۶
شکل (۷-۲) - نمودار سهم قاره های جهان از کل ظرفیت تولید برق از انرژی با.....	۲۰
شکل (۸-۲) - نمودار رده بندی و وضعیت ظرفیت تولید برق از انرژی باد.....	۲۱
شکل (۹-۲) - تاثیر مانع بر جریان باد.....	۲۶
شکل (۱۰-۲) - اثر مانع بر روی پروفیل باد.....	۲۶
شکل (۱۱-۲) - اثر اروگرافی زمین بر روی جریان باد.....	۲۶
شکل (۱۲-۲) - مراحل پردازش در داده کاوی.....	۳۳
شکل (۱۳-۲) - درخت تصمیم گیری.....	۳۵
شکل (۱۴-۲) - شبکه های عصبی.....	۳۵
شکل (۱۵-۲) - نزدیکترین همسایه.....	۳۶
شکل (۱۶-۲) - سلسه مراتب الگوریتم ژنتیک.....	۳۷
شکل (۱۷-۲) - طبقه بندی از لحاظ اقلیمی.....	۳۷
شکل (۱۸-۲) - تقسیم داده ها به چند گروه (خوشه).....	۳۸
شکل (۱۹-۲) - نمودار ۱۰۰ عدد تصادفی با یک تابع مثلثاتی و خود همبستگی.....	۴۹
شکل (۱-۳) - منطقه مطالعاتی، بینالود خراسان جنوبی.....	۵۷
شکل (۲-۳) - نحوه چیدمان توربین ها در منطقه مطالعاتی.....	۵۸
شکل (۳-۳) - منحنی توان توربین بادی ۶۶۰ کیلووات.....	۵۸
شکل (۴-۳) - تغییرات ضریب توان رتور.....	۶۱
شکل (۵-۳) - بازده توان بر حسب نسبت سرعت لبه و زاویه گام.....	۶۲

- شکل (۳-۶) - تغییرات ضریب توان رتور در برابر تغییرات سرعت باد ۶۳
- شکل (۳-۷) - نمودار پراکنش داده های تجربی ۶۴
- شکل (۳-۸) - نمودار داده های تجربی و منحنی برازش شده (غیر خطی) ۶۷
- شکل (۳-۹) - هیستوگرام باقیمانده ها ۶۷
- شکل (۳-۱۰) - منحنی تغییرات چگالی هوا بر اساس دما ۶۹
- شکل شماره (۳-۱۱) - مناطق مورد مطالعه در استان فارس ۶۹
- شکل شماره (۳-۱۲) - منحنی تغییرات چگالی هوا بر اساس تغییرات دما در شهر شیراز ۷۰
- شکل (۳-۱۳) - منحنی تغییرات چگالی هوا بر اساس تغییرات رطوبت نسبی در شهر شیراز ۷۱
- شکل (۳-۱۴) - معیار تشابه (همبستگی) ۷۳
- شکل (۳-۱۵) - هیستوگرام باقیمانده ها در مقابل مقادیر پیشبینی شده ۷۴
- شکل (۳-۱۶) - منحنی توان تولیدی بر اساس تغییرات سرعت باد ۷۶
- شکل (۳-۱۷) - منحنی توان تولیدی بر اساس داده های تجربی در مقابل داده های پیش بینی شده ۷۶
- شکل (۳-۱۸) - مراحل مدلسازی سریهای زمانی ۷۷
- شکل (۳-۱۹) - موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در استان فارس ۷۹
- شکل (۳-۲۰) - نمودار سری زمانی سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک ۸۴
- شکل (۳-۲۱) - نمودار تابع خود همبستگی و جزئی سری زمانی نایستا ۸۵
- شکل (۳-۲۲) - نمودار تابع خود همبستگی و جزئی سری زمانی ایستا ۸۶
- شکل (۳-۲۳) - هیستوگرام توزیع باقیمانده های پیش بینی ۸۸
- شکل (۳-۲۴) - نمودار پیش بینی سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک ۸۹
- شکل (۳-۲۵) - نمودار معیار تشابه (همبستگی) جهت گروه بندی عوارض مشابه ۹۴
- شکل (۳-۲۶) - مناطق مورد مطالعه در استان فارس ۹۷
- شکل (۳-۲۷) - نمودار توابع توزیع ایستگاه های سینوپتیک ۹۹
- شکل (۳-۲۸) - نمودار میانگین سرعت باد مناطق مطالعاتی ۱۰۲
- شکل (۳-۲۹) - نمودار احتمال کارکرد توربین بادی در مناطق مطالعاتی ۱۰۴
- شکل (۳-۳۰) - نمودارهای توزیع سرعت و جهت باد مناطق مطالعاتی ۱۰۶

- شکل (۳-۳۱) - نقشه پتانسیل بادی مناطق مطالعاتی ۱۰۹
- شکل (۳-۳۳) - نمودار ظرفیت تولید برق (توربین ۶۶۰ کیلو وات) در مناطق مطالعاتی ۱۱۲
- شکل (۴-۱) - نمودار بازگشت سرمایه جهت محاسبه نرخ بازده داخلی ۱۱۹
- شکل (۴-۲) - نمودار تولید نیروگاه بادی بینالود در سالهای ۹۰-۸۷ ۱۲۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۲) - تقسیم بندی نیروگاهها از نظر ظرفیت	۱۵
جدول (۲-۲) - ظرفیت نیروگاه های بادی منجیل (سایتهای پسکولان، هرزویل و سیاهپوش). ۲۹.	۲۹
جدول (۳-۲) - ظرفیت نیروگاه های بادی بینالود خراسان رضوی	۳۰
جدول (۴-۲) - ظرفیت نیروگاه های بادی لوتک واقع در شهر زابل	۳۰
جدول (۵-۲) - ظرفیت نیروگاه های بادی عون بن علی واقع در شهر تبریز	۳۰
جدول (۶-۲) - تفاوت های روشهای داده کاوی	۳۲
جدول (۱-۳) - برخی از مشخصات کلی توربین بادی ۶۶۰ کیلو وات	۵۹
جدول (۲-۳) - آماره های توصیفی رگرسیون خطی	۶۵
جدول (۳-۳) - ضرایب همبستگی رگرسیون خطی	۶۵
جدول (۴-۳) - مقدار R چندگانه و مربع R رگرسیون خطی	۶۵
جدول (۵-۳) - آنالیز واریانس رگرسیون خطی	۶۵
جدول (۶-۳) - معادله رگرسیون خطی و آماره های آن	۶۶
جدول (۷-۳) - آماره های باقیمانده های رگرسیون خطی	۶۶
جدول (۸-۳) - نتایج رگرسیون غیر خطی	۶۷
جدول (۹-۳) - تغییرات چگالی هوا متناسب با دمای هوا در فشار اتمسفریک	۶۸
جدول (۱۰-۳) - مشخصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه	۷۰
جدول (۱۱-۳) - آماره های توصیفی (دما-رطوبت-چگالی هوا)	۷۲
جدول (۱۲-۳) - ضرایب همبستگی بین مشاهدات	۷۲
جدول (۱۳-۳) - مقدار R چندگانه و مربع R	۷۳
جدول (۱۴-۳) - آنالیز واریانس رگرسیون	۷۳
جدول (۱۵-۳) - معادله رگرسیون و آماره های آن	۷۴
جدول (۱۶-۳) - آماره های باقیمانده ها	۷۴

جدول (۳-۱۷) - ضرائب AIC و پارامترهای مدل های برازش داده شده سرعت باد ایستگاه سینوپتیک شیراز	۸۷
جدول (۳-۱۸) - ضرائب AIC و پارامترهای مدل های برازش داده شده سرعت باد ایستگاه سینوپتیک لار	۸۷
جدول (۳-۱۹) - ضرائب AIC و پارامترهای مدل های برازش داده شده سرعت باد ایستگاه سینوپتیک آباده	۸۸
جدول (۳-۲۰) - نتایج حاصل از مدلسازی سرعت باد	۸۸
جدول (۳-۲۱) - پارامترهای انتخابی جهت کلاسترینگ	۹۰
جدول (۳-۲۲) - معیار تشابه (همبستگی) جهت گروه بندی عوارض مشابه	۹۴
جدول (۳-۲۳) - معیار عدم تشابه (فاصله اقلیدسی)	۹۴
جدول (۳-۲۴) - k نقطه به عنوان نقاط مراکز خوشه های انتخابی	۹۵
جدول (۳-۲۵) - مراحل تکرار	۹۵
جدول (۳-۲۶) - خوشه بندی نهایی	۹۶
جدول (۳-۲۷) - مناطق مورد مطالعه	۹۸
جدول (۳-۲۸) - پارامترهای توابع توزیع و میانگین سرعت باد	۱۰۱
جدول (۳-۲۹) - شاخص های آماری توزیع و میانگین سرعت باد مناطق مطالعاتی	۱۰۲
جدول (۳-۳۰) - احتمال کارکرد توربین بادی در مناطق مطالعاتی	۱۰۳
جدول (۳-۳۱) - میانگین سرعت و جهت باد مناطق مطالعاتی	۱۰۵
جدول (۳-۳۲) - برآورد انرژی تولیدی سالیانه مناطق مطالعاتی	۱۱۱
جدول (۳-۳۳) - محاسبه ضریب ظرفیت مناطق مطالعاتی	۱۱۳
جدول (۴-۱) - خلاصه ای از کلیه هزینه های مربوط به نصب توربین بادی	۱۲۰
جدول (۴-۳) - خلاصه ای از کلیه هزینه های مربوط به مزرعه بادی بینالود	۱۲۰
جدول (۴-۵) - عواید نقدی سالیانه با توجه به شاخص تولید سالیانه	۱۲۱
جدول (۴-۴) - هزینه سالیانه سرمایه در منطقه مورد مطالعه	۱۲۳
جدول (۴-۲) - هزینه سالیانه سرمایه در مناطق مطالعاتی	۱۲۴

فصل ۱

مقدمه

۱-۱- مقدمه ای بر انرژی باد و محیط زیست

گسترش روزافزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی، افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع، بحث گرم شدن هوا و اثرات پدیده گلخانه‌ای، ریزش باران های اسیدی و ضرورت متعادل نمودن نشر CO_2 همگی لزوم صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی و توجه مضاعف به استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر را ایجاب می کند. تابش نامساوی خورشید در عرض های مختلف جغرافیایی به سطح ناهموار زمین باعث تغییر دما و فشار شده و در نتیجه باد ایجاد می شود. به علاوه اتمسفر کره زمین به دلیل چرخش، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می دهد که باعث ایجاد باد می شود. و همچنین با توجه به تعاریف ذکر شده عامل موثر در تولید، سرعت باد می باشد که متاثر از عوامل محیطی مانند میزان رطوبت، دما، فشار و عوامل دیگری باشد. توربین های بادی انرژی جنبشی باد را به توان مکانیکی تبدیل می نمایند و این توان مکانیکی از طریق شفت به ژنراتور انتقال پیدا کرده و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می شود. توربین های بادی بر اساس یک اصل ساده کار می کنند. انرژی باد دو یا سه پره ای را که بدور روتور توربین بادی قرار گرفته اند را بچرخش در می آورد. روتور به یک شفت مرکزی متصل می باشد که با چرخش آن ژنراتور نیز به چرخش در آمده و الکتریسیته تولید می شود. [۱]

۱-۲- ضرورت و انگیزه انجام تحقیق

گسترده گی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است، از نقوش حک شده بر دیوار غارها می توان دریافت که بشر اولیه توانسته نیروی ماهیچه ای را به عنوان یک منبع انرژی مکانیکی به خوبی شناخته و از آن استفاده کند. ولی از آنجایی که این نیرو بسیار محدود و ضعیف است انسان همواره در تصورات خود نیرویی تمام نشدنی را جستجو می کرد که همواره در هر زمان و مکان در دسترس باشد. این موضوع را می توان در داستان های مختلف که ساخته تخیل و ذهن بشر نخستین بوده، به خوبی دریافت. کم کم با پیشرفت تمدن