

**مکانیابی منابع پراکنده بادی
در منطقه بادخیز سیستان**

www.ketab.ir

**نویسنده
رضا حسینی
علیرضا پهلوان**



سرشناسه : حسینی، رضا، ۱۳۶۲-
عنوان و نام پدیدآور : مکانیابی منابع پراکنده بادی در منطقه بادخیز سیستان
مشخصات نشر : تهران : انتشارات خانون، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری : ۱۹۶ ص.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۵۲۴۴-۸-۸
وضعیت فهرست نویسی : فیا
شناسه افزوده: پهلوان، علیرضا، ۱۳۶۲-
شماره کتابشناسی ملی : ۳۸۱۷۲۸۰



مکانیابی منابع پراکنده بادی در منطقه بادخیز سیستان

ناشر : انتشارات خانون

مؤلفین : رضا حسینی، علیرضا پهلوان

ناظر کیفی : نخستین پایگاه مشاوره پژوهشی دانشگاهی (نیکان)

ناظر فنی : محمد سعید زینلیان

چاپ متن : چاپ برگ

صحافی : برگ

نوبت چاپ : اول

تاریخ انتشار : ۱۳۹۴

تیراژ : ۱۰۰۰

قیمت : ۱۲۰۰۰۰ ریال

فهرست مطالب

۲۱	پیشگفتار
۲۳	فصل اول / مقدمه و کلیات
۲۴	۱-۱- مقدمه
۲۵	۱-۲- ضرورت و اهمیت موضوع
۲۵	۱-۳- اهداف تحقیق
۲۶	۱-۴- روش انجام تحقیق
۲۶	۱-۵- تعاریف واژه‌ها و اصطلاحات
۲۶	تولید پراکنده
۲۷	باد محلی
۲۷	توربین بادی
۲۷	باد
۲۷	انرژی باد
۲۷	کلباد
۲۹	فصل دوم
۲۹	مروری بر مطالعات انجام شده
۳۰	۲-۱- مقدمه
۳۰	۲-۲- مروری بر تاریخچه مسئله و موضوع تحقیق
۳۳	۲-۳- مروری بر تجربیات کشورهای مختلف
۳۳	۲-۳-۱- تجربه ایران
۳۳	۲-۳-۲- تجربه آمریکایی ها
۳۶	۲-۳-۳- تجربه دانمارکی ها
۳۷	۲-۳-۴- تجربه فرانسوی ها
۳۷	۲-۳-۵- تجربه روس ها
۳۸	۲-۳-۶- تجربه هلندی ها
۴۰	۲-۳-۷- تجربه انگلیسی ها

۴۰	۲-۳-۸- تجربه آلمانی ها
۴۰	۲-۴- مطالعات صورت گرفته در زمینه مکانیابی منابع تولید پراکنده بادی
۴۲	۲-۵- مطالعات صورت گرفته در زمینه ی بررسی انرژی باد
۴۵	فصل سوم / مروری بر انرژی های تجدیدپذیر
۴۶	۳-۱- مقدمه
۴۶	۳-۲- تعریف انرژی های تجدیدپذیر
۴۶	۳-۳- لزوم توسعه منابع انرژی های تجدیدپذیر
۴۷	۳-۴- ویژگی های منابع انرژی های تجدید پذیر
۴۷	۳-۴-۱- پتانسل بالا
۴۸	۳-۴-۲- محدودیت های جغرافیایی
۴۸	۳-۴-۵- مشخصه دینامیکی
۴۸	۳-۴-۶- کیفیت منبع
۴۹	۳-۴-۷- چگالی انرژی منبع
۴۹	۳-۴-۸- پیچیده بودن سیکل تولید منابع
۵۰	۳-۴-۹- آلودگی محیط زیست
۵۰	۳-۴-۱۰- تنوع در نوع انرژی تولیدی
۵۰	۳-۴-۱۱- هزینه سرمایه گذاری و بهای تمام شده
۵۰	۳-۵- بررسی انواع انرژی تجدید پذیر
۵۰	۳-۵-۱- انرژی خورشیدی
۵۱	گرمایش فضای داخلی ساختمانها
۵۱	۳-۵-۲- انرژی باد و امواج
۵۳	۳-۵-۲-۱- توربینهای بادی کوچک
۵۴	۳-۵-۲-۲- توربینهای بادی متوسط
۵۴	۳-۵-۲-۳- توربینهای بادی بزرگ (مزارع بادی)
۵۴	۳-۵-۳- انرژی زمین گرمایی
۵۶	۳-۵-۳-۱- نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی
۵۶	۳-۵-۳-۲- نیروگاه زمین گرمایی با چرخه دو مداره (باینری)
۵۶	۳-۵-۴- فن آوری هیدروژن، پیل سوختی و زیست توده
۵۸	۳-۶- مزیت های انرژیهای نو
۵۹	۳-۷- مسایل زیست محیطی انرژی های تجدیدپذیر

۶۱	فصل چهارم / تولیدات پراکنده
۶۲	۴-۱- مقدمه
۶۳	۴-۲- تولید پراکنده
۶۳	۴-۳- هدف از تولید پراکنده
۶۴	۴-۴- مزایای استفاده از تولیدات پراکنده
۶۴	۴-۴-۱- مزایای اقتصادی DG از دید مشترکین
۶۵	۴-۴-۲- مزایای اقتصادی DG از دید شرکت توزیع
۶۶	۴-۵- معایب استفاده از تولیدات پراکنده
۶۶	۴-۶- حلل رویکرد به منابع تولید پراکنده
۶۷	۴-۶-۱- حلل رویکرد به منابع تولید پراکنده در ایران
۶۷	۴-۷- انواع تولیدات پراکنده
۶۸	۴-۸- تولید پراکنده با استفاده از منابع تجدیدپذیر
۶۸	۱- توربین‌های بادی
۶۸	۲- فتوولتائیک PV
۶۸	۳- پیل سوختی fuel cell
۶۹	۴-۹- سهم تولیدات پراکنده در جهان
۷۰	۴-۱۰- سیاست‌های کشورهای مختلف استفاده کننده از تولید پراکنده
۷۱	۴-۱۱- پتانسیل موجود منابع تولید پراکنده در ایران
۷۱	نتیجه‌گیری
۷۳	فصل پنجم / بررسی توان و انرژی باد
۷۴	۵-۱- مقدمه
۷۵	۵-۲- تعریف باد
۷۵	تابش خورشید
۷۵	حرکت وضعی زمین
۷۶	جاذبه زمین
۷۶	۵-۳- منشاء باد
۷۷	۵-۴- توزیع جهانی باد
۷۸	۵-۵- قدرت باد
۷۸	۵-۶- ساختار غیر متناوب باد و محدودیت‌های ناشی از آن
۷۸	۵-۷- مزایای بهره برداری از انرژی باد
۷۹	۵-۸- انواع باد ها

- ۱- بادهای محلی ۷۹
- ۲- بادهای موسمی ۷۹
- ۳- بادهای تجارتي ۸۰
- ۴- بادهای غربي ۸۰
- ۵-۹- تغييرپذيري سرعت باد ۸۰
- ۵-۱۰- عوامل کاهش دهنده محتوای انرژی باد ۸۱
- ۱- موانع ۸۱
- ۲- اثر وک ۸۲
- ۳- ناهمواری ها ۸۲
- اثر آروگرافي (وضعيت پستی و بلندی) ۸۲
- ۵-۱۱- کلاس زبري ۸۳
- معادله هلمن ۸۳
- پروفيل الگاريتمي ۸۳
- جدول کلاس زبري و ناهمواری های سطح زمین ۸۵
- جدول - (۵-۱) - جدول کلاس زبري و ناهمواری های سطح زمین (windpower.org) ۸۵
- ۵-۱۲- پتانسیل سنجی سطحی انرژی باد ۸۵
- ۵-۱۳- اندازه گیری پتانسیل انرژی باد ۸۷
- ۱- پتانسیل هواشناسی ۸۷
- ۲- پتانسیل محلی ۸۷
- ۳- پتانسیل فنی ۸۷
- ۴- پتانسیل اقتصادی ۸۷
- ۵- پتانسیل اجرای ۸۷
- ۵-۱۴- جادسنج و انواع آن ها ۸۸
- بادسنج کاسه ای ۸۹
- بادسنج عقربه دار ۸۹
- باد سنجی به کمک فشار باد ۸۹
- باد سنجی ليزري ۹۰
- ۵-۱۵- ظرفیت نصب شده انرژی باد در جهان ۹۰
- ۵-۱۶- وزش باد در ایران ۹۳
- ۵-۱۷- وضعیت استفاده از انرژی باد در ایران ۹۵
- ۵-۱۸- اندازه گیری سرعت و جهت باد ۹۷
- نمودار گلباد ۹۸

۹۹	نمودار تداوم سالیانه سرعت باد.....
۱۰۰	نتیجه گیری.....
۱۰۳	فصل ششم / بررسی ساختار توربین های بادی.....
۱۰۴	۶-۱- مقدمه.....
۱۰۴	۶-۲- توربین های بادی.....
۱۰۵	۶-۳- قسمت های اصلی توربین بادی.....
۱۰۵	۶-۳-۱- رتور.....
۱۰۷	۶-۳-۲- پره.....
۱۰۸	۶-۳-۲-۱- قانون برنولی.....
۱۱۰	۶-۳-۲-۲- سرعت گریس پره.....
۱۱۰	۶-۳-۲-۳- طراحی پره.....
۱۱۴	۶-۳-۳- برج.....
۱۱۶	۶-۳-۴- ناسل.....
۱۱۷	۶-۳-۵- سیستم انتقال قدرت.....
۱۱۸	۶-۳-۶- ژنراتور.....
۱۲۰	۶-۳-۷- گیربکس (جعبه دنده).....
۱۲۱	۶-۳-۸- ترمز.....
۱۲۲	۶-۳-۹- سیستم کنترل.....
۱۲۳	۶-۳-۱۰- سیستم های هیدرولیک.....
۱۲۴	۶-۴- طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای راستای محور توربین در برابر باد.....
۱۲۴	۶-۴-۱- توربین بادی با محور چرخش افقی.....
۱۲۶	۶-۴-۲- توربین های بادی با محور چرخش عمودی.....
۱۲۷	۶-۵- طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای نحوه ارتباط آن ها با شبکه.....
۱۲۷	۶-۵-۱- توربین های بادی جدا از شبکه.....
۱۲۸	۶-۵-۲- توربین های بادی متصل به شبکه.....
۱۲۸	۶-۵-۳- توربین های بادی به شبکه منفرد.....
۱۲۹	۶-۵-۴- توربین های بادی متصل به شبکه گروهی (مزارع بادی).....
۱۲۹	۶-۶- طبقه بندی توربین های بادی بر مبنای ظرفیت تولید انرژی الکتریکی آنها.....
۱۲۹	۶-۶-۱- توربین های کوچک بادی مستقل از شبکه.....
۱۳۰	۶-۶-۲- توربین های متوسط بادی مستقل از شبکه.....
۱۳۰	۶-۶-۳- توربین های بزرگ بادی متصل به شبکه.....

۱۳۲	۶-۷- بررسی توربین‌های بادی نصب شده در سایت‌های نیروگاهی ایران
۱۳۳	نتیجه‌گیری
۱۳۳	پارامترهای مهم در انتخاب یک توربین بادی
۱۳۵	فصل هفتم / بررسی ویژگی‌های جغرافیایی و زیست محیطی
۱۳۶	۷-۱- مقدمه
۱۳۶	۷-۲- معیارهای زیست محیطی
۱۳۶	۷-۲-۱- مناطق تحت مدیریت سازمان محیط زیست
۱۳۷	۷-۲-۲- فاصله از مناطق شهری و مراکز جمعیتی
۱۳۷	۷-۲-۳- آبهای سطحی
۱۳۸	۷-۲-۴- زمین‌شناسی و فاصله از گسل
۱۳۸	۷-۲-۵- کاربری اراضی و پوشش گیاهی
۱۳۹	۷-۳- فاصله از اماکن تاریخی و گردشگری مهم
۱۳۹	۷-۴- فاصله از راههای دسترسی
۱۴۰	۷-۵- فاصله از فرودگاه
۱۴۰	۷-۶- فاصله از شبکه برق
۱۴۰	۷-۷- فاصله از خطوط لوله انتقال گاز و نفت
۱۴۰	۷-۸- ارتفاع از سطح دریا
۱۴۲	۷-۹- شیب زمین
۱۴۲	نتیجه‌گیری
۱۴۵	فصل هشتم / نتایج و بحث
۱۴۶	۸-۱- مقدمه
۱۴۶	۸-۲- وضعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۱۴۸	۸-۲-۱- خصوصیات منطقه مورد مطالعه
۱۴۹	۸-۲-۲- بررسی وضعیت دمايي منطقه مورد نظر
۱۵۰	۸-۲-۳- منشا بادهای زابل
۱۵۱	۸-۳- تجزیه تحلیل آمار باد در سه ایستگاه زابل، بیرجند و اردستان
۱۶۴	۸-۴- بررسی مناطق مستعد جهت استقرار توربین‌های بادی
۱۶۵	۸-۵- تحلیل باد منطقه لوتک بر اساس سرعت باد و اثر زبری
۱۶۸	۸-۶- ویژگی‌های زیست محیطی
۱۶۸	۸-۶-۱- بررسی ناهمواری‌ها و اوضاع توپوگرافی منطقه

۱۶۹	۸-۶-۲- بررسی شیب منطقه
۱۷۰	۸-۶-۳- بررسی ویژگی‌های لرزه خیزی
۱۷۱	۸-۷- وضعیت راه‌ها و زیرساخت
۱۷۲	۸-۸- بررسی شبکه انتقال و توزیع حوزه سایت لو تک
۱۷۵	۸-۹- انتخاب نوع و مدل توربین
۱۸۰	۸-۱۰- نحوه آرایش توربین‌های بادی
۱۸۴	۸-۱۱- محاسبه انرژی سالانه خروجی یک توربین بادی
۱۸۶	۸-۱۲- تحلیل اقتصادی احداث نیروگاه بادی
۱۸۹	فصل نهم / نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۹۰	۹-۱- مقدمه
۱۹۱	۹-۲- نتیجه گیری
۱۹۲	۹-۳- پیشنهادات
۱۹۳	مراجع
۱۹۴	فهرست منابع و مآخذ

فهرست جداول

جدول (۱-۳) چگالی انرژی برای انرژی های تجدید پذیر (نفرشی، ۱۳۸۴، ص ۳۴).....	۴۹
جدول.....	۵۹
جدول (۲-۳) - مسایل زیست محیطی انرژی ها تجدیدپذیر (سعیدی، ۱۳۸۴، ۳۲).....	۵۹
جدول (۱-۴) - سهم تولیدات پراکنده در جهان.....	۶۹
جدول (۲-۴) - سیاست های کشورهای مختلف استفاده کننده از تولید پراکنده.....	۷۰
جدول (۳-۴) - پتانسیل موجود منابع تولید پراکنده در ایران.....	۷۱
جدول.....	۸۵
جدول (۲-۵) - وضعیت پروژه های برق بادی کشور به تفکیک استان ها در سال ۱۳۸۹ (تراز نامه انرژی، ۱۳۸۹، ۲۳۸).....	۹۷
جدول (۳-۵) - وضعیت پروژه های برق بادی کشور به تفکیک استان ها در سال ۱۳۸۹ (تراز نامه انرژی، ۱۳۸۹، ۲۳۸).....	۹۷
جدول (۴-۵) - جدول بیوفورت، برای تخمین سرعت باد.....	۹۸
جدول (۱-۶) توربین های بادی نصب شده در سایت های نیروگاهی ایران (تراز نامه انرژی، ۱۳۸۹، ۲۳۷).....	۱۳۲
جدول (۱-۷) - معیارها و عوامل محدود کننده در مکانیابی احداث نیروگاه بادی.....	۱۴۳
جدول (۱-۸) - جمعیت زابل و تغییرات آن در طی سالهای ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۵.....	۱۴۹
جدول (۳-۸) - مشخصات ایستگاه سینوپتیک زابل (سازمان هواشناسی کشور).....	۱۵۳
جدول (۴-۸) - اطلاعات بدست آمده از ایستگاه های سینوپتیک شرق کشور.....	۱۵۴
جدول (۶-۸) - حداکثر سرعت باد به ترتیب ماه های سال.....	۱۶۳
جدول (۷-۸) - تغییرات سرعت متوسط بر اساس تغییرات ارتفاع و کلاس زبری.....	۱۶۷
جدول (۹-۸) - مشخصات پست ۶۳kv لوتک.....	۱۷۳
جدول (۱۰-۸) - مشخصات فیدرهای خروجی پست لوتک (شرکت توزیع نیروی برق شهرستان زابل).....	۱۷۴
جدول (۱۲-۸) - مشخصات توربین بادی S47 با ظرفیت ۶۶۰ کیلووات ساخته شده توسط شرکت صبا نیرو.....	۱۷۸
جدول (۱۳-۸) - نتایج حاصل از تحلیل داده ها در سایت بادی لوتک.....	۱۸۵
جدول (۱۴-۸) - سرمایه گذاری اولیه، درصد هزینه سوخت و درصد هزینه تعمیر و نگهداری برای نیروگاههای ۱۸۷.....	۱۸۷
جدول (۱۵-۸) - نتایج محاسبات اقتصادی ارائه شده برای سه نوع نیروگاه (واحد ریال بر کیلووات ساعت).....	۱۸۷
جدول (۱-۹) - مزارع بادی در حال ساخت توسط سانا مأخذ: (انجمن اقتصاد انرژی، ۱۳۸۹).....	۱۹۱

فهرست شکل‌ها و نمودارها

- شکل (۱-۲) نمونه هایی از آسیاب‌های بادی خواف و نهبدان ۳۱
- شکل (۲-۲) اولین توربین بادی مولد برق در دانمارک ۳۲
- شکل (۳-۲) - توربین بادی مولد برق نصب شده در ایالت ورمونت آمریکا. ارتفاع برج نگهدارنده توربین بادی ۳۳
- متر. ۳۵
- شکل (۴-۲) - آسیاب بادی ساخته شده توسط دانمارکی‌ها به قدرت اسمی 200 kw در بادی با سرعت ۵۴
- کیلومتر در ساعت ۳۶
- شکل (۶-۲) - توربین بادی 100 kw که روس‌ها ساختند ۳۸
- شکل (۷-۲) - تلمبه بادی برای ده کشی در شمال هلند. این تلمبه در سال ۱۷۶۱ میلادی ساخته شد. با گرداندن کلاهک و مجموعه پره‌های توربین که از کنار برج توربین انجام می‌شود، توربین همواره مقابل باد قرار می‌گیرد. ۳۹
- شکل (۱-۳) ۴۷
- شکل (۲-۳) - نیروگاه سهموی خطی 250 کیلووات شمزار ۵۱
- شکل (۳-۳) - توربین ۶۰۰ کیلو وات واقع در روستای بابائیان منجیل مآخذ: (سازمان سانا) ۵۳
- شکل (۴-۳) - توربین بادی کوچک ۵۳
- شکل (۵-۳) - توربین بادی بزرگ در حال حمل توسط جرثقیل ۵۴
- شکل (۶-۳) - خروج بخار از یک چاه زمین گرمایی مآخذ: (سازمان سانا) ۵۵
- شکل (۷-۳) ۵۸
- شکل (۱-۴) پیل سوختی صنعتی ۶۹
- شکل (۱-۵) حرکت توده هوا ۷۶
- شکل (۲-۵) - توزیع جهانی باد ۷۷
- شکل (۳-۵) - گسترش منطقه تلاطم وقتی که در جهت باد از بالا به آن توجه شود ۸۱
- شکل (۵-۵) - اثر آروگرافی زمین بر روی وضعیت باد ۸۲
- شکل (۶-۵) ۸۳
- شکل (۷-۵) ۸۸
- شکل (۸-۵) - نمونه ای از دکل باد سنجی ۸۹
- شکل (۹-۵) - بادسنج کاسه ای ۹۰
- نمودار (۱-۵) - ظرفیت نصب شده انرژی باد در جهان تا سال ۲۰۱۰ (GWEC ۲۰۱۱) ۹۰
- نمودار (۲-۵) - ظرفیت قابل استحصال از انرژی باد تا سال ۲۰۱۱ (GWEC ۲۰۱۱) ۹۱

- نمودار (۳-۵) ظرفیت نصب شده انرژی باد در کشورهای دنیا ۹۲
- نمودار (۴-۶) ظرفیت موجود در کشورهای مختلف دنیا ۹۲
- شکل (۱۰-۵) - اوضاع پستی و بلندی کشور ۹۳
- شکل (۱۱-۵) - فشار و جهات باد در زمستان ۹۴
- شکل (۱۲-۵) - فشار و جهات باد در تابستان ۹۵
- نمودار (۵-۵) - نمودار گلباد (تفرشی، ۱۳۸۴، ۴۸۹) ۹۹
- نمودار تداوم دوره‌های آرام باد ۱۰۰
- شکل (۱-۶) - قسمت‌های اصلی یک توربین بادی ۱۰۵
- شکل (۲-۶) - توربین و جهت باد ۱۰۶
- شکل (۳-۶) - نمایی از سطح روتور و ارتفاع هاب ۱۰۷
- شکل (۴-۶) - پره ایرودینامیکی و نیروی وارده بر پره ۱۰۸
- شکل (۵-۶) - تاثیر باد بر بال هواپیما ۱۰۹
- شکل (۶-۶) - مقطع ایرودینامیکی پره ۱۱۲
- شکل (۷-۶) - اشکال گوناگون پره ها ۱۱۳
- شکل (۸-۶) - نمونه‌ای از برج توربین ۱۱۵
- شکل (۹-۶) - نمایی از فندانسیون برج ۱۱۵
- شکل (۱۰-۶) - مونتاژ قطعات برج ۱۱۶
- شکل (۱۱-۶) - اجزای داخلی ناسل ۱۱۶
- شکل (۱۲-۶) - نصب ناسل ۱۱۷
- شکل (۱۳-۶) - نصب روتور ۱۱۷
- شکل (۱۴-۶) - جریان مستقیم ۱۱۸
- شکل (۱۵-۶) - نمونه‌ای از ژنراتور سنکرون ۱۲۰
- شکل (۱۶-۶) - نمونه‌ای از گیربکس ۱۲۱
- شکل (۱۷-۶) - نمونه‌هایی از ترمزهای دیسکی ۱۲۲
- شکل (۱۸-۶) - نمونه‌ای از چک و یونیت هیدرولیک ۱۲۴
- شکل (۱۹-۶) - توربین بادی با محور چرخش افقی ۱۲۵
- شکل (۲۰-۶) - توربین بادی مدل داریوس ۱۲۶
- شکل (۲۱-۶) - توربین بادی با محور قائم مدل ساونیوسا چهار کابل مهار به زمین ۱۲۷
- شکل (۲۲-۶) - توربین بزرگ بادی از نوع متصل به شبکه ۱۳۱
- شکل (۱-۸) - موقعیت منطقه، منبع (طرح جامع شهرستان زابل، بنیاد مسکن شهرستان زابل) ۱۴۷
- نمودار (۱-۸) - بررسی پارامترهای دمای شهر زابل ۱۴۹
- شکل (۲-۸) - محدوده پهنه بادی سیستان (گندمکار، ۱۳۸۹، ص ۷۰) ۱۵۱

- شکل - (۸-۳) - نقشه ماهواره‌ای از منطقه مورد مطالعه ۱۵۳
- نمودار - (۸-۲) - نمودار جهت اصلی وزش باد در ایستگاه زابل ۱۵۵
- نمودار - (۸-۳) - میانگین روزانه سرعت وزش باد در ایستگاه زابل ۱۳۸۲-۱۳۷۲ ۱۵۵
- نمودار - (۸-۴) - میانگین روزانه سرعت وزش باد در ایستگاه خور بیرجند ۱۳۸۲-۱۳۷۲ ۱۵۶
- نمودار - (۸-۵) - میانگین روزانه سرعت وزش باد در ایستگاه تربت جام ۱۳۸۲-۱۳۷۲ ۱۵۷
- نمودار - (۸-۶) - میانگین روزانه سرعت باد در ایستگاه اردستان ۱۳۸۲-۱۳۷۲ ۱۵۸
- شکل - (۸-۴) - ایستگاه‌های بادخیز منطقه سیستان در ماه‌های فوریه تا سپتامبر (گندمکارو همکاران، ۱۳۸۶، ۵) ۱۶۰
- نمودار - (۸-۷) - متوسط بلند مدت ماهانه سرعت باد در ایستگاه زابل ۱۶۱
- جدول - (۸-۵) - میانگین سالانه روزهای همراه با وقوع طوفان (حسین زاده، ۱۳۷۶، ۱۲۳) ۱۶۳
- نمودار - (۸-۸) - حداکثر سرعت باد در ماه‌های سال (طرح جامع شهرستان زابل، سازمان مسکن و شهرسازی) ۱۶۳
- شکل - (۸-۵) - موقعیت جغرافیایی حوزه تحت مطالعه ۱۶۴
- شکل - (۸-۶) - پست لوتک و دشت پیرامون آن ۱۶۵
- نمودار - (۸-۹) - نسبت سرعت متوسط باد و درصد پراکندگی باد در ایستگاه لوتک ۱۶۶
- نمودار - (۸-۱۰) - گلباد و سرعت متوسط سالانه منطقه لوتک در ارتفاع ۵۰ متر (ساتکین ۱۳۸۸) ۱۶۶
- نمودار - (۸-۱۱) - گلباد فصل تابستان ایستگاه زابل (سازمان هواشناسی) ۱۶۷
- شکل - (۸-۷) - نقشه ناهمواری‌های منطقه (طرح جامع شهر زابل، سازمان مسکن و شهرسازی) ۱۶۹
- شکل - (۸-۸) - نقشه شیب منطقه (طرح جامع شهر زابل، سازمان مسکن و شهرسازی) ۱۷۰
- شکل - (۸-۹) - موقعیت زابل روی کمر بند زلزله ای ایران (طرح جامع شهر زابل، سازمان مسکن و شهرسازی) ۱۷۱
- شکل - (۸-۱۱) - اوضاع راه‌های منطقه (طرح جامع شهر زابل، سازمان مسکن و شهرسازی) ۱۷۲
- شکل - (۸-۱۱) - شبکه انتقال و توزیع حوزه لوتک ۱۷۳
- شکل - (۸-۱۳) - منحنی تولید توان توربین S47-660Kw ۱۷۹
- شکل - (۸-۱۴) - اندازه گیری‌های واقعی توربین باد (صبا نیرو) ۱۸۰
- شکل - (۸-۱۵) - جریان باد در یک مزرعه بادی (جمیل و همکاران، ۱۳۸۵، ۳۵) ۱۸۱
- شکل - (۸-۱۶) - آرایش توربین‌های بادی در یک سایت نیروگاه برق بادی (جمیل و همکاران، ۱۳۸۵، ۳۶) ۱۸۲
- شکل - (۸-۱۷) - آرایش توربین‌های نیروگاه برق بادی لوتک ۱۸۴

پیشگفتار

آثار مثبت انرژی‌های تجدیدپذیر موجب جلب توجه کشورهای زیادی به منابع انرژی پاک از جمله انرژی باد که آثار مخرب زیست محیطی ندارد، شده است. برای احداث نیروگاه برق باید اولین و مهمترین گام یافتن و تایید مناطق دارای پتانسیل مناسب باد برای نصب توربینهای بادی است. در این پژوهش داده‌های روزانه و سه ساعته برای سه ایستگاه سینوپتیک در منطقه سیستان که توسط سازمان انرژیهای نو ایران (سانا) گردآوری شده، استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میانگین سرعت باد در ایستگاه‌های شندول و میل نادر به ترتیب $7/6$ و $7/8$ متر بر ثانیه و چگالی توان باد برای هر دو ایستگاه 600 وات بر متر مربع است. همچنین میانگین سرعت باد در ایستگاه لوتک بیش از 8 متر بر ثانیه و در جهت NNW تا 11 متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. چگالی توان باد برای این ایستگاه بین 800 تا 2000 وات بر مترمربع تخمین زده می‌شود. در نهایت ایستگاه لوتک به عنوان مکان مناسب جهت احداث مزرعه بادی انتخاب شده و میزان انرژی مالیانه قابل تزریق به شبکه برق سراسری و ضریب ظرفیت برای این نیروگاه محاسبه شده است.