بسم الله الرحمن الرحيم

دانـــشگاه یـــزد

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی صنایع

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی صنایع گرایش مدیریت سیستم و بهره‌وری

اولویت‌بندی شهرهای مختلف استان سیستان و بلوچستان از لحاظ پتانسیل انرژی باد

استاد راهنما: دکتر علی مصطفایی پور

استاد مشاور: دکتر حسن خادمی زارع

پژوهش و نگارش: محسن جدیدی اردکانی

مهر ماه ۱۳۹۱

تقدیم به:

خانواده‌ی عزیزم

تشکر و قدردانی :

در این مقطع لازم می‌بینم از استاد محترم جناب آقای دکتر علی مصطفایی‌پور که هدایت پروژه را بر عهده داشتند و نیز جناب آقای دکتر حسن خادمی زارع به دلیل مشاوره‌های سودمندشان قدردانی کنم. همچنین سپاسگزار راهنمایی‌های ارزشمند کارشناس محترم جناب آقای مهندس علی طاهری و کلیه‌ی عزیزانی که مرا در این مهم یاری دادند هستم.

چکیده

اهمیت به کارگیری انرژی‌های نو به خصوص باد و مزایای آن از جمله نداشتن آلودگی و فراوان و دائمی بودن آن، بسیاری از کشورها اعم از صنعتی و غیرصنعتی را بر آن داشته تا هر چه بیشتر از این انرژی پاک و اقتصادی بهره‌گیری کنند. تعیین شهری که برای احداث یک نیروگاه بادی مناسب باشد از مراحل اولیه و مهم این منظور است. هدف از تحقیق جاری این است تا با استفاده از ۵ معیار مهم وضعیت باد، وضعیت توپوگرافی منطقه، فاصله تا شبکه‌ی توزیع، هزینه‌ی زمین و شدت حوادث طبیعی ۵ شهر استان سیستان و بلوچستان (ایرانشهر، چابهار، زابل، زاهدان و سراوان) را به منظور احداث نیروگاه بادی اولویت‌بندی کند. بدین منظور از روش تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis-DEA) سود برده شد. به علت تعداد کم شهرها (واحدهای تصمیم‌گیری) در برابر تعداد معیارها مجبور شدیم از مدل دوگان DEA برای تعیین کارایی واحدها استفاده کنیم. همچنین برای رتبه‌بندی میان واحدهای کارا از مدل اندرسون-پترسون (AP) سود برده شد. رتبه‌بندی نهایی، زابل را به عنوان بهترین گزینه برای احداث سایت بادی معرفی کرد که یکی از عوامل موثر آن چگالی توان باد فوق‌العاده خوب این شهر نسبت به بقیه شهرها بود. مرحله‌ی بعدی این تحقیق تحلیل حساسیت بر روی معیارهای مدل بود. در نهایت آزمون اعتبارسنجی نتایج مدل با روش چندمعیاره‌ی وزن‌دهی تجمعی ساده (Simple Additive Weighting-SAW) انجام شد. با مقایسه‌ی نتایج این دو روش با داده‌های واقعی مشخص گردید که تناسب بسیار خوبی میان این نتایج برقرار است که این حکایت از اعتبار بالای نتایج مدل DEA در این تحقیق دارد.

کلمات کلیدی: نیروگاه بادی، اولویت‌بندی، سیستان و بلوچستان، ایران، تحلیل پوششی داده، وزن‌دهی تجمعی ساده، تحلیل حساسیت.

فهرست

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۱-۱ انرژی باد ۲

۱-۱-۲ انرژی باد در دنیا ۳

۱-۱-۳ انرژی باد در ایران ۵

۱-۱-۴ تعریف مساله ۶

۱-۱-۵ هدف تحقیق ۷

۱-۱-۶ سوالات تحقیق ۹

۱-۲ خلاصه‌ی فصل ۱۰

فصل دوم: مروری بر ادبیات ۱۱

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۱-۱ مطالعاتی که در زمینه‌ی پتانسیل باد انجام شده‌اند ۱۲

۲-۱-۲ مطالعاتی که در زمینه‌ی اولویت‌بندی انجام شده‌اند ۲۰

۲-۲ خلاصه‌ی فصل ۳۶

فصل سوم: روش تحقیق ۴۰

۳-۱ مقدمه ۴۱

۳-۲ کارایی و تحلیل پوششی داده ۴۱

۳-۳ مدل CCR ۴۳
۳-۳-۱ معیارهای مساله ۴۷
۳-۳-۱-۱ وضعیت باد منطقه ۴۸
۳-۳-۱-۲ فاصله تا شبکه‌های توزیع ۵۲
۳-۳-۱-۳ وضعیت توپوگرافی منطقه ۵۳
۳-۳-۱-۴ هزینه‌ی زمین ۵۴
۳-۳-۱-۵ میزان حوادث طبیعی ۵۵
۳-۴ تحلیل حساسیت ۵۷
۳-۵ اعتبارسنجی (Validation) ۵۷
۳-۵-۱ روش وزن‌دهی تجمعی ساده (SAW) ۵۸
۳-۶ خلاصه‌ی فصل ۵۹
فصل چهارم: تجزیه و تحلیل ۶۱
۴-۱ مقدمه ۶۲
۴-۲ معیارها ۶۲
۴-۲-۱ وضعیت باد ۶۲
۴-۲-۱-۱ ایرانشهر ۶۳
۴-۲-۱-۲ چابهار ۶۳
۴-۲-۱-۳ زابل ۶۴
۴-۲-۱-۴ زاهدان ۶۵
۴-۲-۱-۵ سراوان ۶۵

۴-۲-۲ وضعیت توپوگرافی ۶۶
۴-۲-۲-۱ ایرانشهر ۶۷
۴-۲-۲-۲ چابهار ۶۷
۴-۲-۲-۳ زابل ۶۷
۴-۲-۲-۴ زاهدان ۶۷
۴-۲-۲-۵ سراوان ۶۸
۴-۲-۳ فاصله تا شبکه‌های توزیع ۶۸
۴-۲-۴ هزینه‌ی زمین ۶۹
۴-۲-۵ حوادث طبیعی ۶۹
۴-۲-۵-۱ سیل ۶۹
۴-۲-۵-۲ زلزله ۷۰
۴-۲-۵-۳ توفان‌های گرد و غباری ۷۰
۴-۳ مدل دوگان DEA ۷۲
۴-۴ تحلیل حساسیت ۷۵
۴-۴-۱ وضعیت باد ۷۵
۴-۴-۲ وضعیت توپوگرافی ۷۶
۴-۴-۳ فاصله تا شبکه‌ی توزیع ۷۷
۴-۴-۴ هزینه‌ی زمین ۷۷
۴-۴-۵ شدت حوادث طبیعی ۷۸
۴-۵ اعتبارسنجی ۷۸

۴-۶ خلاصه‌ی فصل _____ ۷۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات _____ ۸۱

۵-۱ نتیجه‌گیری _____ ۸۱

۵-۲ پیشنهادات _____ ۸۴

فصل ششم: پیوست _____ ۸۶

۶-۱ مقدمه _____ ۸۷

۶-۲ پیوست ۱.محاسبه‌ی چگالی توان باد برای شهرهای استان سیستان و بلوچستان _____ ۸۷

۶-۳ پیوست ۲. نقشه‌ی هوایی محدوده‌های مورد بررسی استان سیستان و بلوچستان _____ ۹۰

۶-۴ پیوست ۳. مدل **AP** برای رتبه‌بندی واحدهای کارا و معادلات تحلیل حساسیت مساله _____ ۹۲

۶-۴-۱ مدل **AP** برای رتبه‌بندی واحدهای کارای مساله _____ ۹۲

۶-۴-۲ تحلیل حساسیت برای وضعیت باد _____ ۹۳

۶-۴-۲-۱ مدل حساسیت برای ایرانشهر (**p=1**) _____ ۹۳

۶-۴-۲-۲ مدل حساسیت برای چابهار (**p=2**) _____ ۹۴

۶-۴-۲-۳ مدل حساسیت برای زابل (**p=3**) _____ ۹۴

۶-۴-۲-۴ مدل حساسیت برای زاهدان (**p=4**) _____ ۹۵

۶-۴-۲-۵ مدل حساسیت برای سراوان (**p=5**) _____ ۹۵

فصل هفتم: پی‌نوشت _____ ۹۸

فصل هشتم: منابع و مآخذ _____ ۱۰۰

چکیده‌ی انگلیسی _____ ۱۰۹

شناسنامه‌ی انگلیسی _____ ۱۱۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱. سیستم‌های مورد بررسی در تحقیق [۵]. ۱۳

جدول ۲-۲. هزینه‌ی اولیه، در صد استفاده از انرژی‌های نو، میزان گسیل کربن، میزان مصرف سوخت و کاهش سوخت در ۶ سیستم مورد بررسی تحقیق [۵]. ۱۴

جدول ۲-۳. مقادیر k و c فصلی برای راس بناس [۲۴]. ۱۶

جدول ۲-۴. میانگین سرعت باد ۵ سال در ۳ ارتفاع برای ۵ منطقه‌ی استان سمنان [۱۴]. ۱۸

جدول ۲-۵. میانگین سرعت باد ۵ سال در ۳ ارتفاع برای سایت‌های دامغان و گرمسار [۱۴]. ۱۸

جدول ۲-۶. معیارها و زیرمعیارها برای پروژه‌های انرژی خورشیدی-بادی [۹]. ۲۳

جدول ۲-۷. معیارها و زیرمعیارها برای پروژه‌های انرژی خورشیدی-بادی (ادامه) [۹]. ۲۴

جدول ۲-۸. رتبه‌بندی نهایی ۵ ناحیه‌ی مورد بررسی [۶]. ۲۶

جدول ۲-۹. امتیازات کارایی و رتبه‌بندی شهرها [۱۸]. ۲۷

جدول ۲-۱۰. امتیازات کارایی و رتبه‌بندی شهرها (ادامه) [۱۸]. ۲۸

جدول ۲-۱۱. رتبه‌بندی ۱۲۵ ناحیه مورد بررسی برای احداث نیروگاه بادی [۱۸]. ۲۹

جدول ۲-۱۲. مقایسه‌ی نتایج DEA با داده‌های واقعی [۱۸]. ۳۰

جدول ۲-۱۳. رتبه‌بندی واحدهای کارا توسط مدل اندرسون-پترسون [۳۸]. ۳۴

جدول ۲-۱۴. نتیجه‌ی تحلیل حساسیت معیارهای مدل [۳۸]. ۳۴

جدول ۲-۱۵. نتیجه‌ی تحلیل حساسیت معیارهای مدل (ادامه) [۳۸]. ۳۵

جدول ۲-۱۶. نتیجه‌ی تحلیل حساسیت معیارهای مدل (ادامه) [۳۸]. ۳۵

جدول ۲-۱۷. معایب و محاسن مهمترین تحقیقات ارائه شده در این فصل و نیز تحقیق جاری. ۳۷

جدول ۲-۱۸. معایب و محاسن مهمترین تحقیقات ارائه شده در این فصل و نیز تحقیق جاری (ادامه). ۳۸

جدول ۲-۱۹. معایب و محاسن مهمترین تحقیقات ارائه شده در این فصل و نیز تحقیق جاری (ادامه). ۳۹

جدول ۳-۱. پارامتر آلفا برای نواحی مختلف [۳۰]. ۵۰

جدول ۴-۱. میانگین‌های ۱۰ ساله‌ی توان باد ۵ شهر استان سیستان و بلوچستان. ۶۶

جدول ۴-۲. وضعیت توپوگرافی نواحی مورد بررسی مساله. ۶۸

جدول ۴-۳. میانگین فواصل نقاط مختلف نواحی مورد بررسی تا مرکز شهر. ۶۹

جدول ۴-۴. هزینه‌ی زمین در نواحی مورد بررسی. ۶۹

جدول ۴-۵. آمار سیل (برای ۶۲ سال)، لاندا پواسون (برای ۲۵ سال) و توزیع پواسون سیل برای شهرهای مورد بررسی مساله. ۷۰

جدول ۴-۶. پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه‌ی احتمال توفان گرد و غبار توسط توزیع بینم با تقریب نرمال. ۷۱

جدول ۴-۷. احتمال حوادث طبیعی برای شهرهای مورد بررسی. ۷۲

جدول ۴-۸. معیارها و مقادیر آن‌ها برای ۵ شهر استان سیستان و بلوچستان. ۷۲

جدول ۴-۹. کارایی واحدهای مورد بررسی و متغیرهای دوگان مساله و رتبه‌بندی واحدهای ناکارا.۷۴

جدول ۴-۱۰. رتبه‌بندی واحدهای کارا توسط AP. ۷۴

جدول ۴-۱۱. تحلیل حساسیت برای وضعیت باد. ۷۶

جدول ۴-۱۲. تحلیل حساسیت برای توپوگرافی. ۷۶

جدول ۴-۱۳. تحلیل حساسیت برای فاصله تا شبکه. ۷۷

جدول ۴-۱۵. تحلیل حساسیت برای هزینه‌ی زمین. ۷۸
جدول ۴-۱۶. تحلیل حساسیت برای حوادث طبیعی. ۷۸
جدول ۴-۱۷. رتبه‌بندی شهرها توسط SAW. ۷۹
جدول ۵-۱. حساس‌ترین معیارها برای هر شهر. ۸۳

فهرست اشکال و نمودارها

شکل ۱-۱. اتصال هیبرید نیروگاه بادی و دیزل به مصرف کننده [۵]. ۳
نمودار ۱-۱. رشد استفاده از انرژی باد در دنیا تا پایان ۲۰۱۰ [۱۲]. ۴
نمودار ۱-۲. ده کشور برتر در زمینه‌ی ظرفیت نصب توربین بادی [۱۳]. ۵
نمودار ۱-۳. روند توربین نصب شده در ایران تا پایان ۲۰۱۰ [۱۵]. ۶
شکل ۱-۲. اطلس باد ایران برای ارتفاع ۲۵ متری [۱۹]. ۸
نمودار ۲-۱. میانگین‌های فصلی توان باد در طول سال برای ارتفاع ۷۰ متری [۲۴]. ۱۷
نمودار ۲-۲. مقایسه‌ی هزینه‌ها، سودها و نسبت هزینه به سود [۳۳]. ۲۲
شکل ۲-۱. معیارها و زیرمعیارها برای احداث ایستگاه هواشناسی [۶]. ۲۵
نمودار ۳-۱. روند تحقیقات انجام شده توسط DEA تا پایان ۲۰۰۶ [۴۴]. ۴۷
شکل ۳-۱. معیارها و زیرمعیارهای مدل. ۵۷
نمودار ۴-۱. چگالی توان باد سالیانه و میانگین آن‌ها برای ۱۰ سال شهر ایرانشهر. ۶۳
نمودار ۴-۲. چگالی توان باد سالیانه و میانگین آن‌ها برای ۱۰ سال شهر چابهار. ۶۴
نمودار ۴-۳. چگالی توان باد سالیانه و میانگین آن‌ها برای ۱۰ سال شهر زابل. ۶۴

نمودار ۴-۴. چگالی توان باد سالیانه و میانگین آن‌ها برای ۱۰ سال شهر زاهدان. _____۶۵

نمودار ۴-۵. چگالی توان باد سالیانه و میانگین آن‌ها برای ۱۰ سال شهر سراوان. _____۶۶

نمودار ۴-۶. رتبه‌بندی نهایی شهرها و رتبه‌بندی هر شهر از لحاظ هر معیار. _____ ۷۵

شکل ۶-۱. محاسبه‌ی چگالی توان باد شهر ایرانشهر توسط Excel. _____ ۸۷

شکل ۶-۱. محاسبه‌ی چگالی توان باد شهر چابهار توسط Excel. _____ ۸۸

شکل ۶-۳. محاسبه‌ی چگالی توان باد شهر زابل توسط Excel. _____ ۸۸

شکل ۶-۴. محاسبه‌ی چگالی توان باد شهر زاهدان توسط Excel. _____ ۸۹

شکل ۶-۵. محاسبه‌ی چگالی توان باد شهر سراوان توسط Excel. _____ ۸۹

شکل ۶-۶. نقشه‌ی هوایی محدوده‌ی ایرانشهر. _____ ۹۰

شکل ۶-۷. نقشه‌ی هوایی محدوده‌ی چابهار. _____ ۹۰

شکل ۶-۸. نقشه‌ی هوایی محدوده‌ی زابل. _____ ۹۱

شکل ۶-۹. نقشه‌ی هوایی محدوده‌ی زاهدان. _____ ۹۱

شکل ۶-۱۰. نقشه‌ی هوایی محدوده‌ی سراوان. _____ ۹۲

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ مقدمه

۱-۱-۱ انرژی باد

اگرچه از قدیم بشر از انرژیهای تجدید پذیر نظیر باد و خورشید در زندگی خود استفاده می نمود، ولی با کشف منابع سوختهای فسیلی نظیر زغال سنگ و نفت، استفاده از انرژیهای تجدید پذیر بتدریج به دست فراموشی سپرده شد .تا این که بحران جهانی نفت در دهه ۷۰ میلادی موجب شد کشورهای صنعتی جهان به استفاده مکمل از منابع دیگر انرژی، نظیر انرژیهای تجدید پذیر و هسته ای روی بیاورند. در آغاز، استفاده از انرژیهای تجدید پذیر با موانعی نظیر هزینه سرمایه گذاری بالا و اقتصادی نبودن مواجه بود، اما به مرور زمان ، پیشرفت تکنولوژی و نیز در نظر گرفتن مزایای جانبی همچون کاهش آلودگی محیط زیست، موجب شد تا انرژیهای تجدید پذیر و خصوصاً انرژی باد اقتصادی شده و مورد استقبال قرار گیرند [۱]. استفاده از سوخت‌های فسیلی علاوه بر تمام شدن سریع آنها موجب آلودگی محیط زیست می‌گردد به گونه‌ای که طبق برآوردهای صورت‌گرفته میزان آلودگی محیط به ازای هر مگاوات‌ساعت تولید انرژی با سوخت گازوئیل ۲۱/۳ کیلوگرم انواع اکسیدها، کربن و منو اکسید کربن و ۶۵۷ کیلوگرم CO_2 می‌باشد. در صورت استفاده از سوخت گاز این ارقام به ترتیب ۶/۷ و ۴۴۷ کیلوگرم می‌باشد [۲].

در سال‌های اخیر نیروگاه‌های بادی به طور شگفت‌انگیزی از لحاظ اقتصادی با دیگر نیروگاه‌ها رقابت می‌کنند. دلایل عمده‌ی این به شرح زیر است [۲]:

۱- کاهش هزینه‌ی فرایند ساخت به دلیل پیشرفت فزاینده‌ی تکنولوژی ساخت توربین

۲- کاهش هزینه‌های بهره‌برداری به دلیل عدم نیاز به سوخت‌های فسیلی و استهلاک پایین

۳- عدم آلودگی محیط زیست

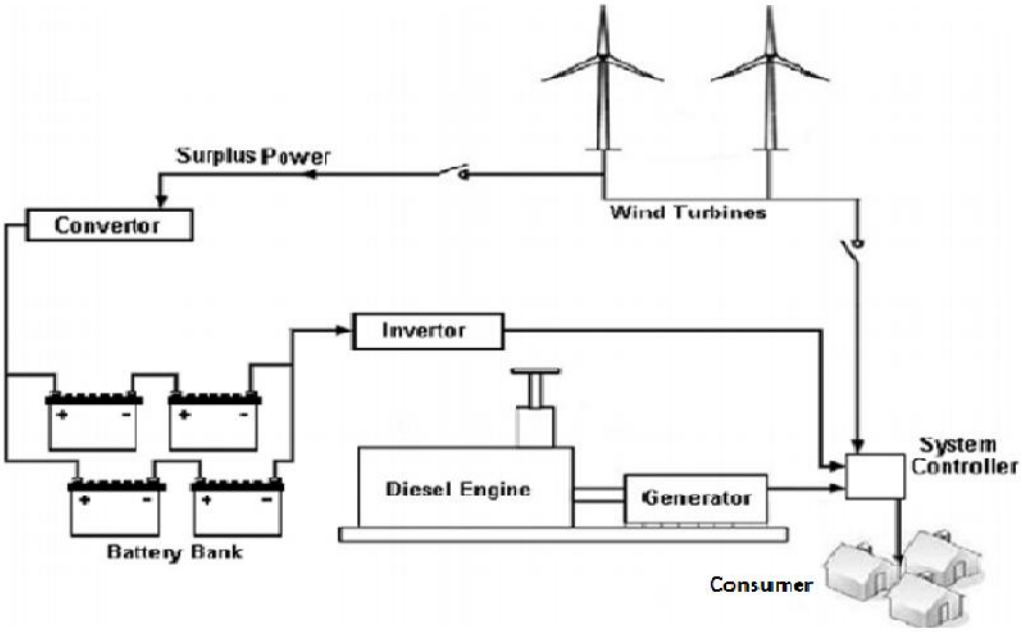
۴- امکان استفاده در مناطق دوردست

۵- امکان استفاده از انرژی توربین به صورت هیبرید با مولدهای خورشیدی و دیزلی

۶- فراوان و دائمی بودن انرژی [۲]

۷- صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی[i]: به عنوان نمونه اخیراً یک سایت بادی ۶۶۰ کیلوواتی در منطقه اصفهان احداث شده است که ضمن صرفه‌جویی ۴۰۰ هزار متر مکعبی در مصرف گاز طبیعی از انتشار سالیانه‌ی هزار تن گاز دی اکسید کربن نیز جلوگیری می‌کند [۴].

انرژی باد معمولاً به صورت هیبرید با انرژی‌های دیگر به خصوص انرژی سوخت فسیلی قرار می‌گیرد تا در هنگام قطع یکی از این دو دیگری وارد مدار شده و تامین برق را تا هنگام اصلاح مولد اصلی برق به عهده می‌گیرد. ضمن این که در هنگام متصل نبودن توربین به شبکه‌ی برق می‌توان انرژی آن را در باتری ذخیره کرد. شکل زیر این موضوع را بهتر نمایش می‌دهد [۵].



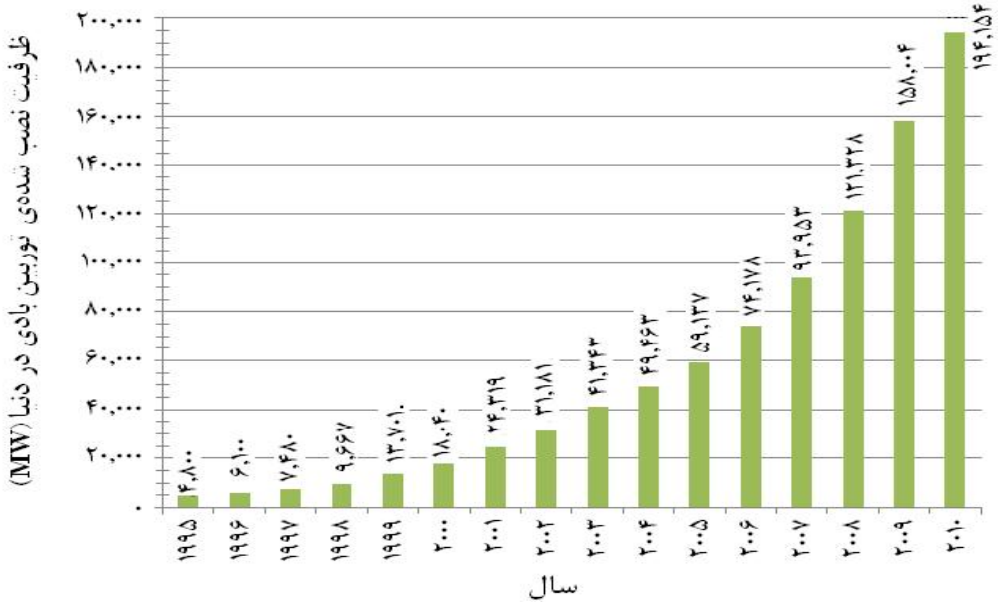
شکل ۱-۱. اتصال هیبرید نیروگاه بادی و دیزل به مصرف کننده [۵].

۱-۱-۲ انرژی باد در دنیا

امروزه بسیاری از کشورها اعم از صنعتی و غیرصنعتی به دنبال بهره‌گیری هر چه بیشتر از مزایای این انرژی پاک و اقتصادی هستند [۶]. در سال‌های اخیر صنعت باد رشد زیادی از لحاظ ظرفیت نصب توربین داشته و حدود ۳۰۰۰۰۰ شغل جدید با ارزش تجاری سالانه حدود ۴۰

میلیارد دلار در سراسر جهان ایجاد کرده است [۷]. انتظار می‌رود سهم باد در تولید انرژی الکتریکی در دنیا تا ۲۰۱۳ به ۳/۳۵٪ و تا ۲۰۱۸ به ۸٪ برسد [۸].

اتحادیه اروپا قصد دارد تا ۲۲ درصد تقاضای انرژی خود را تا پایان ۲۰۱۰ از منابع انرژی تجدیدپذیر تامین کند [۹]. طبق گزارش انجمن انرژی باد اروپا انرژی باد با ظرفیت تولید ۲۳۰۰۰۰ مگاوات تا پایان ۲۰۱۰ به طور بالقوه می‌تواند ۱۲ درصد تقاضای انرژی جهان را تامین کند [۱۰]. پیش بینی می‌شود ظرفیت نصب شده تا پایان ۲۰۲۰ به ۱,۲ میلیون مگاوات برسد. تعدادی از ایالت‌های آمریکا قصد دارند ۲۵ تا ۳۰ درصد تقاضای برق خود را تا پایان ۲۰۲۰ توسط انرژی‌های نو تامین کنند [۹]. این مقدار برای کشور چین ۱۰٪ تا پایان ۲۰۲۰ می‌باشد [۹]. انرژی باد حدود ۲۰ درصد برق مصرفی کشور دانمارک، ۹ درصد در اسپانیا و ۷ درصد در کشور آلمان را تامین می‌کند [۱۱]. نمودار ۱-۱ رشد روند رو به رشد استفاده از انرژی باد در دنیا را نشان می‌دهد [۱۲].



نمودار ۱-۱. رشد استفاده از انرژی باد در دنیا تا پایان ۲۰۱۰ [۱۲].

کشورهای چین، آمریکا و آلمان به ترتیب هر یک با ظرفیت تولید ۴۱۸۰۰، ۴۰۲۰۰ و ۲۷۲۱۴ مگاوات برق بادی تا پایان ۲۰۱۰ رتبه‌های اول تا سوم را از این لحاظ دارا هستند. نمودار ۱-۲ ده کشور برتر دنیا از لحاظ ظرفیت نصب توربین بادی را تا پایان ۲۰۱۰ نشان می‌دهد [۱۳].

نمودار ۱-۲. ده کشور برتر در زمینه‌ی ظرفیت نصب توربین بادی [۱۳].

۱-۱-۳ انرژی باد در ایران

ایران نیز کشوری بادخیز است و به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و قرار گرفتن در منطقه-ای کم فشار در مسیر بادهای عمده‌ی زیر قرار دارد [۳]:

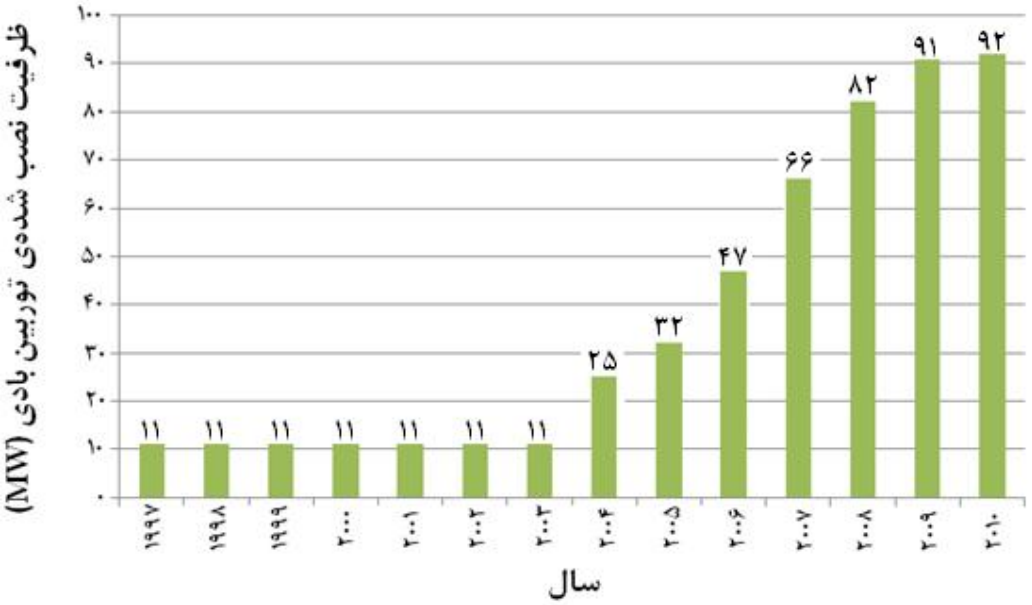
۱- بادهای زمستانی که از اقیانوس اطلس، دریای مدیترانه و آسیای مرکزی می‌وزد.

۲- بادهای تابستانی که از سوی اقیانوس هند و نیز از شمال غرب به سوی ایران می‌وزد.

اما هم اکنون ظرفیت پتانسیل انرژی باد ایران حدود ۳۰۰۰۰ مگاوات برآورد شده است (هر ۱۰۰ کیلووات انرژی الکتریسیته که با توربین تولید می‌شود تقریباً برای ۴۰ خانه کافی است[۴]).

در ایران نیز استفاده از انرژی باد روند رو به رشدی داشته است به طوری که در برنامه‌ی پنج ساله‌ی اول و دوم اقتصادی-اجتماعی کشور به امر تنوع سازی منابع انرژی تا حدی توجه شده بود و قرار بود تا پایان این دوره حدود ۱۰۰ مگاوات قدرت توربین بادی نصب گردد [۳]. پس از نصب اولین نیروگاه‌ها با ظرفیت ۵۰۰ کیلووات در رودبار و منجیل در سال ۱۹۹۴در جهت این هدف اکنون این مقدار به حدود ۹۲ مگاوات رسیده است [۱۴] که این مقدار در مقایسه با کل

پتانسیل کشور برای تولید برق توسط توربین (۳۰۰۰۰ مگاوات) و نیز در مقایسه با ظرفیت تولیدی کشورهای صنعتی بسیار ناچیز می‌باشد (ایران تا پایان ۲۰۱۱ در رتبه‌ی ۴۵ جهان از این لحاظ می‌باشد [۱۳]). نمودار ۱-۳ روند ظرفیت نصب توربین در ایران را تا پایان ۲۰۱۰ نشان می‌دهد [۱۵]. طبق سند چشم‌انداز ایران، باید تا افق ۱۴۰۴، ۱۰ درصد انرژی الکتریکی از انرژی‌های تجدیدپذیر باشد [۱۶]. بنابراین نیاز به احداث نیروگاه‌های بیشتر به شدت احساس می‌شود.



نمودار ۱-۳. روند توربین نصب شده در ایران تا پایان ۲۰۱۰ [۱۵].

۱-۱-۴ تعریف مساله

به منظور احداث یک سایت بادی (مزرعه باد [ii]) نیاز به تعیین مکان مناسبی است تا علاوه بر دستیابی به مزیت تولید برق بیشتر احداث آن با هزینه کمتری صورت گیرد. این مکان مناسب دارای شرایطی است که مهمترین آن میزان باد موجود در آن منطقه است. یعنی هر چقدر منطقه-ای دارای انرژی باد بیشتر یا بادخیزتر باشد برای نصب سایت بادی مطلوب‌تر است. شرط دیگر نزدیکی آن مکان به شبکه‌ی توزیع برق می‌باشد. که با توجه به اینکه برق توربین باید وارد شبکه‌ی برق شود هر چه فاصله‌ی سایت تا شبکه کمتر باشد مناسب‌تر است. همچنین این مکان باید جایی

باشد که از لحاظ وضعیت‌های توپوگرافی شرایط مناسبی داشته باشد. یعنی پوشش گیاهی منطقه در وضعیت قابل قبولی باشد (درختی نباشد). پوشش گیاهی کمتر احتمال خرابی توربین را کاهش می‌دهد .همچنین این مکان باید دور از محدوده‌ی شهری باشد. هزینه‌ی زمین نیز از جمله معیارهایی است که باید به آن توجه کرد. و در نهایت مکانی که در آن توربین احداث می‌شود نباید در معرض حوادث طبیعی زیان‌بار مانند زلزله، سیل و طوفانهای دارای گرد و غبار باشد تا احتمال از بین رفتن یا از کار افتادگی توربین کاسته شود [۱۸]. با توجه به عوامل متعدد و مختلف درگیر با مساله‌ی احداث نیروگاه بادی از جمله میزان باد منطقه، فاصله محل سایت بادی با شبکه‌ی توزیع برق، هزینه‌ی زمین، وضعیت محل از نظر توپوگرافی و زمین‌شناسی، وضعیت محل از لحاظ میزان حوادث طبیعی و ... انتخاب مکان مناسب برای احداث مساله‌ایست که کارشناسان این موضوع همواره با آن مواجه بوده‌اند و نیاز به در نظر گرفتن تمامی این عوامل و نیز استفاده از روشی مناسب برای انتخاب مکان مناسب دارد. در واقع، با در نظر گرفتن هزینه‌های هنگفت احداث نیروگاه بادی، انتخاب نامناسب برای محل احداث می‌تواند ضررهای جبران‌ناپذیری را برای سرمایه-گذار در پی داشته باشد. انتخاب این مکان در ایران تاکنون فقط برای نواحی کوچکی از یک شهر و با صرف هزینه‌های زیاد انجام می‌شده ولی برای انتخاب میان چند شهر روش خاصی وجود ندارد.

۱-۱-۵ هدف تحقیق

هدف از این تحقیق این است تا ۵ شهر استان سیستان و بلوچستان (زاهدان، زابل، ایرانشهر، چابهار و سراوان) به منظور نصب توربین بادی اولویت‌بندی شوند تا نهایتاً بهترین شهر بدین منظور انتخاب شود. با توجه به اطلس باد ایران این استان دارای بیشترین سرعت متوسط باد بوده و در واقع می‌توان گفت بادخیزترین استان کشور به حساب می‌آید. شکل ۱-۲ که اطلس باد ایران برای ارتفاع ۲۵ متری از سطح زمین را نشان می‌دهد نیز گویای این واقعیت است [۱۹].