اولین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران
The First Iranian Conference on Renewable Energies and Distributed Generation
ICREDG 2010

کاربرد GIS در امکان سنجی احداث نیروگاه های بادی - مطالعه موردی: خراسان جنوبی

محمدرضا آقاابراهیمی[1]، امیر امینی[2]، محمد کمالی مقدم[3]

چکیده - **با توسعه نگرش های زیست محیطی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره برداری از منابع انرژی فسیلی ، استفاده از انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی مطرح در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. استفاده از تکنولوژی توربین های بادی به دلایل مختلف می تواند یک انتخاب مناسب در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدید پذیر باشد. در این مقاله ، بر مبنای تحقیقات انجام شده در سال های اخیر و با توجه به تاریخچه استفاده از انرژی باد ، یک نمودار گردشی برای امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در یک منطقه با استفاده از نرم افزار GIS ارائه شده است. سپس ، استان خراسان جنوبی بعنوان یک نمونه آزمایشی در نمودار گردشی پیشنهادی مورد مطالعه موردی قرار گرفته و در مورد نقاطی از این استان که قابلیت نصب نیروگاه بادی در آنها وجود دارد ، بحث شده است.**

واژه‌های کلیدی **- جایابی نیروگاه بادی ، نرم افزار GIS ، خراسان جنوبی.**

1- مقدمه

در مقاله حاضر برای امکان سنجی نیروگاه بادی در مرحله اول باید نمودار های مختلف از منطقه مورد نظر از جمله نمودار باد، سایت شبکه های فشار قوی برق، جاده های موجود، توپوگرافی منطقه و ...، را بدست آورد. سپس به کمک نرم افزارGIS این اطلاعات را تجزیه و تحلیل کرد. از نرم افزار GIS برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی به منظور مکان یابی نیروگاه بادی استفاده می شود.GIS مخفف Geographic Information System به معنی سیستم اطلاعات جغرافیایی می باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بستری برای ذخیره، نگهداری، مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی می باشد و جهت کار همزمان با داده هایی که وابستگی مکانی (جغرافیایی) و توصیفی دارند، طراحی شده است [4] و دارای مزایای زیر است:

- قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات با حجم زیاد،
- قابلیت برقراری ارتباط بین اطلاعات جغرافیایی (نقشه) و اطلاعات غیرجغرافیایی(جداول اطلاعاتی) و ایجاد امکانات تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی با استفاده از اطلاعات غیرجغرافیایی و بالعکس،
- داشتن دقت، کارآیی، سرعت عمل زیاد و سهولت در بهنگام‌سازی داده‌ها،
- توانایی انجام محاسبات آماری مانند محاسبه مساحت و محیط پدیده‌های مشخص شده،
- قابلیت ردیابی و بررسی تغییرات مکان‌های جغرافیایی در طول زمان.

مطالعه حاضر نیز با استفاده از قابلیت های مذکور در صدد است تا کاربرد و نحوه ی استفاده از آن را برای امکان سنجی احداث نیروگاه بادی مورد بررسی قرار داده و ارزیابی نماید. برای پیدا کردن نقاط مناسب برای احداث نیروگاه بادی مراحل مختلفی را باید انجام داد که عبارتند از :

1- عضو هیات علمی گروه قدرت ، دانشکده مهندسی دانشگاه بیرجند ، نشانی الکترونیکی: Aghaebrahimi@birjand.ac.ir
2- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی قدرت ، دانشکده مهندسی دانشگاه بیرجند ، نشانی الکترونیکی: Am.bi@yahoo.com
3- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی قدرت ، دانشکده مهندسی دانشگاه بیرجند ، نشانی الکترونیکی: Mkamali@birjand.ac.ir

1. دستیابی به مطالعات اولیه : برای این منظور باید نمودار های مختلف از منطقه مورد نظر از جمله نمودار باد، شبکه های فشار قوی برق، جاده های موجود، توپوگرافی منطقه و ... بدست آورد و با استفاده از نرم افزار GIS چند نقطه نسبتا" مناسب بعنوان نامزد برای جستجو در نظر گرفت .
2. تخمین هزینه های لازم برای احداث نیروگاه،
3. بر آورد در آمدهای ناشی از فعالیت نیروگاه،
4. مقایسه در آمدها و هزینه احداث نیروگاه و نتیجه گیری در مورد مقرون به صرفه بودن یا نبودن آن،
5. تکرار چهار مرحله فوق برای هر نقطه نامزد و مقایسه نقاط مقرون به صرفه برای بدست آوردن بهترین نقطه برای احداث نیروگاه.

2- مطالعات اولیه

این مطالعات شامل : برداشت اطلاعات باد بلند مدت (ایستگاه های هواشناسی)، بدست آوردن توپوگرافی منطقه به منظور مشخص کردن تغییرات شیب زمین و نشان دادن پستی و بلندی های موجود در یک فاصله معین و با تعیین جهت جغرافیایی مشخص، تعیین خصوصیات زمین شناسی مانند آبرفت ها، نوع سنگ ها، سن سنگ ها و ساختمان های زمین شناسی مانند چین ها، گسل ها و سیستم های شکستگی با استفاده از نقشه های زمین شناسی ، نوع آب و هوای منطقه، نزدیکی به خطوط انتقال، نزدیکی مسیرهای مشرف به منطقه، فاصله مناسب تا مناطق مسکونی، محدوده کافی برای نصب توربین های بادی می باشند[3] .

3- برآورد هزینه های احداث نیروگاه بادی در مکانهای بدست آمده

اجزا مختلف هزینه های احداث نیروگاه عبارتند از :

- هزینه تحقیقات : که می تواند شامل هزینه خریداری دکل کامل باد سنجی، هزینه خرید وسائلی از قبیل باد سنج ، رطوبت سنج و...، هزینه نصب دکل و لوازم خریداری شده، هزینه پرسنلی که در مدت مورد نظر(معمولا یکسال) مسئول نمونه برداری و اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز هستند، باشد.
- هزینه زیر سازی : شامل خریداری یا اجاره زمین مورد نظر، زیر سازی زمین، آماده سازی مسیر رفت وآمد.
- هزینه نصب توربین : شامل هزینه خرید توربین، هزینه انتقال توربین به مکان مورد نظر، هزینه نصب توربین.
- هزینه اتصال توربین به شبکه فشار قوی : شامل نصب خطوط فشار قوی از نزدیکترین شبکه موجود به منطقه مورد نظر، خریداری لوازم فشار قوی و فشار ضعیف از قبیل ترانسفورماتور، تجهیزات حفاظتی و اندازه گیری و ...، اتصال توربین به شبکه، هزینه میزان توانی که بین خطوط کشیده شده بین شبکه و توربین تلف می شود.
- هزینه تعمیرات و نگهداری: شامل، هزینه پرسنلی، هزینه تعمیرات تجهیزات، هزینه نگهداری تجهیزات، هزینه استهلاک تجهیزات.

4- برآورد درآمدهای ناشی از تولید و فروش توان توسط نیروگاه بادی

در آمد نیروگاه بادی از طریق فروش انرژی تولیدی حاصل می گردد و برای تخمین درآمد سالیانه نیروگاه بادی از محل فروش توان به شبکه، میزان انرژی تولیدی در طول سال بر حسب کیلووات ساعت محاسبه و براساس نرخ خرید توسط شبکه به مبلغ ریالی تبدیل می شود. برای محاسبه میزان انرژی تولیدی در طول سال، کل ظرفیت احداث شده نیروگاه در ضریب بازدهی، که کمتر از یک است، ضرب می شود. علت آنکه انرژی تولیدی واقعی نیروگاه کمتر از ظرفیت اسمی آن است، این واقعیت است که در تمامی طول سال، وزش باد دارای سرعت یکسانی نبوده و در پاره ای از اوقات سرعت باد در حدی کمتر از سرعت مورد نیاز برای تولید توان نامی بوده و در پاره ای از اوقات نیز سرعت باد به حدی زیاد است که برای جلوگیری از آسیب رسیدن به توربین و ژنراتور، با استفاده از روش های کنترلی مناسب، تولید توان الکتریکی در واحد بادی موقتا متوقف می شود[1] .

5- نمودار گردشی برای یافتن بهترین نقطه احداث نیروگاه بادی

در این مرحله نمودار گردشی توسط نرم افزار مطلب برنامه نویسی شده است. در این برنامه، اطلاعات بدست آمده از مرحله

اول و اطلاعات دیگر که در این برنامه لازم می باشد بعنـوان ورودی استفاده می شوند، این نمودار در شکل 1 آمده است.

اطلاعاتی که در مرحله اول تحقیقات بدست آمده است شـاخص های خاصی است که برای استفاده از این شاخص ها نیاز است آنهـا را به عدد تبدیل نموده تا بتوان در روابط ریاضی جایگـذاری کـرد و بهترین مکان را بدست آورد. برای این منظور تمامی شـاخص هـا را به لحاظ مالی سنجیده و برای نتیجه گیری بهتر برای هـر شـاخص یک وزن تعریف شده است تا عـواملی کـه بـرای مـسولین مربوطـه مهمتر است در برنامه نویسی مشخص شود و در روابط اعمال شود.

اطلاعاتی که بعنوان ورودی نیاز است تا به این برنامه داده شود عبارتند از: هزینه تحقیقات و پژوهش انجام شده در مطالعات اولیه برای هر مکان، هزینه احداث نیروگاه بادی به ازای هر مکان بدست آمده، هزینه اتصال توربین به شبکه و هزینه برطرف کردن مشکلات بوجود آمده احتمالی، هزینه نگهداری از توربین در هر سال، ضریب تورم قیمت ها، قیمت فروش برق به ازای هر کیلووات ساعت، میزان برق تولیدی در هر ساعت، ضریب بازدهی توربین، عمر مفید مزارع توربین بادی.

پس از گرفتن اطلاعات، پردازش هـایی صـورت مـی گیـرد و در انتها نموداری رسم می شود که از ایـن نمـودار بدسـت آمـده چنـد نکته مهم قابل برداشت می باشد، که عبارت است از : بهترین مکان برای احداث نیروگاه بادی، میزان هزینـه هـای انجـام شـده، میـزان درآمدهای نیروگاه بادی، از چه زمانی نیروگاه وارد دوره سود دهـی می شود، میزان سود خالص نیروگاه بادی پس از سپری کردن عمـر مفید آن.

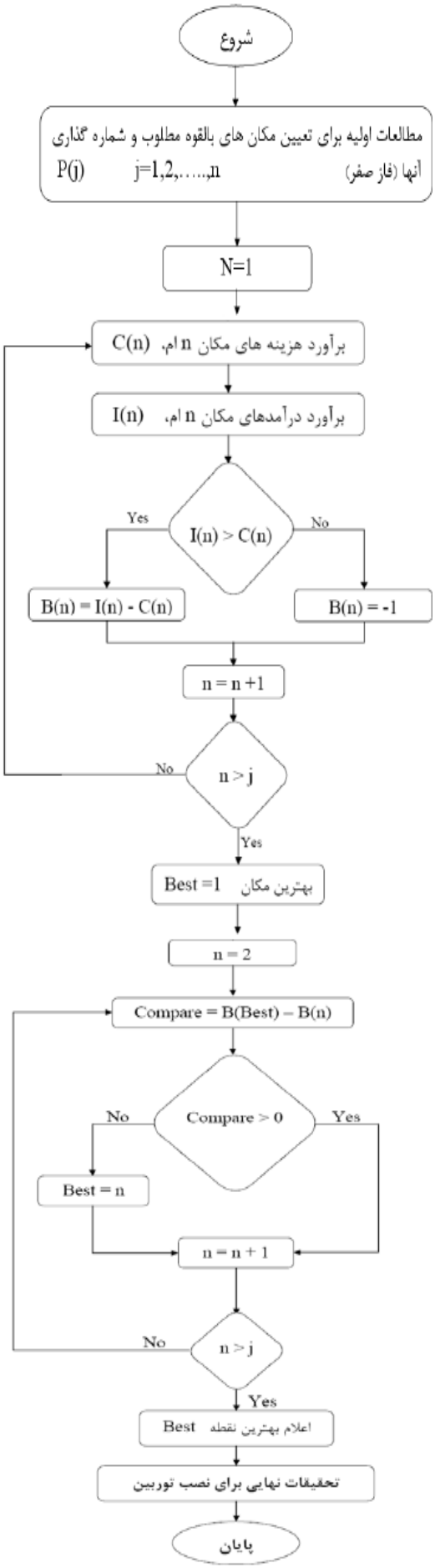
6- امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در استان خراسان جنوبی

در این بخش مراحل مختلف مکان یابی نیروگاه بادی را برای استان خراسان جنوبی پیاده سازی می کنیم.

6-1 : مطالعات اولیه

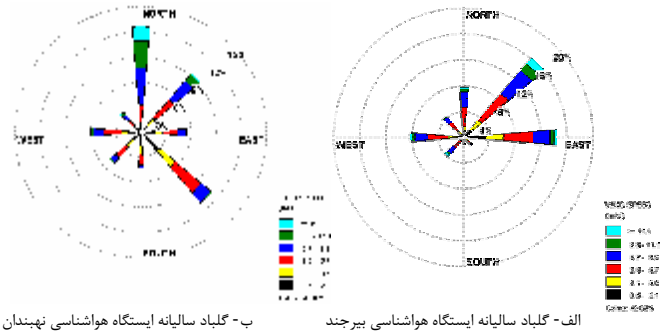
6-1-1: برداشت اطلاعات بلند مدت از ایستگاه های موجود در استان خراسان جنوبی

تنها چهار ایـستگاه هواشناسـی (بیرجنـد، نهبنـدان، فـردوس و قائن) در این استان وجود دارنـد و در ایـن بخـش اطلاعـاتی کـه از چهار ایستگاه هواشناسی این استان بدست آمده است مورد بررسی

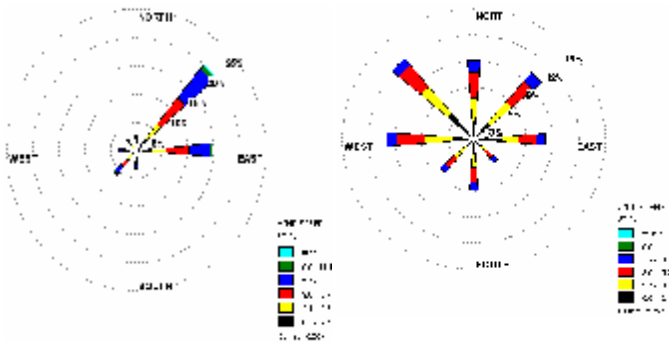


شکل 1- نمودار گردشی برای یافتن بهترین نقطه برای احداث نیروگاه بادی

قرار می گیرد. بر اساس این اطلاعات فراوانی و درصد سالانه بادهای این چهار ناحیه را در شکل 2 می بینید.



الف- گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی بیرجند ب- گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی نهبندان



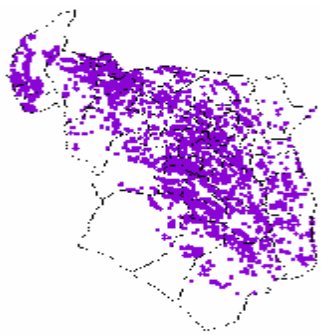
ج-گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی فردوس د-گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی قائن

شکل2- گلباد نواحی مختلف استان خراسان جنوبی

6-1-2: توپوگرافی استان خراسان جنوبی

6-1-2-1: نقشه روستاهایی که دارای جمعیت بیش از 100 نفر هستند

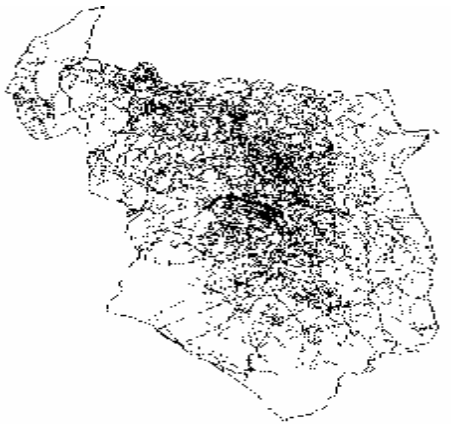
نقشه شکل 3، نقشه ای است که توسط نرم افزار GIS بدست آمده و نشان دهنده ی روستاهایی است که بیش از 100 نفر جمعیت دارند. کاربرد این نقشه برای بدست آوردن فاصله محل احداث نیروگاه بادی می باشد. به دلیل آلودگی صوتی که توربین های بادی ایجاد می کنند لازم است که محل احداث توربین های بادی از مناطق مسکونی به میزان لازم فاصله داشته باشد. این فاصله بستگی به تعداد توربین ها و میزان آلودگی صوتی دارد.



شکل3- نقشه روستاهایی که بیش از 100 نفر جمعیت دارند

6-1-2-2: نقشه راه های استان

نقشه شکل4، راه هایی که در این استان وجود دارد و قابل رفت و آمد با وسایل نقلیه هستند را نشان می دهد. این نقشه برای پیدا کردن مکان هایی که نزدیک جاده باشند، مناسب است. با این نقشه می توان مکان هایی را انتخاب کرد که نیازی به احداث جاده ای جدید ندارند. با این عمل میزان قابل توجه ای از هزینه های مورد نیاز برای احداث نیروگاه بادی را می توان کاهش داد. این نقشه در نرم افزار GIS به میزان کافی بزرگ می شود تا نقاط لازم را بتوان بصورت دقیق بررسی کرد و اطلاعات لازم را در این نقشه می توان با استفاده از نرم افزار بدست آورد.

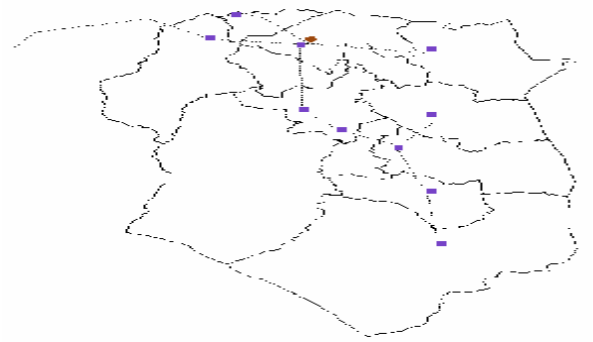


شکل4- نقشه راه های استان خراسان جنوبی

6-1-3: نقشه خطوط برق فشار قوی

نقشه شکل5، خطوط انتقال برق فشار قوی که در استان وجود دارند را نشان می دهد. در این نقشه پستهای 132 کیلو ولت و 400 کیلو ولت نیز نمایش داده شده اند، اما به دلیل پاره ای از مشکلات امکان بررسی وضعیت شبکه 20 KV استان فراهم نشد. در عین حال، به گفته مسولین شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان جنوبی، خطوط 20 کیلو ولت تقریبا در تمام مناطق استان موجود هستند، به نظر می رسد که مشکل خاصی از لحاظ اتصال نیروگاه های بادی احداثی به شبکه 20 کیلو ولت وجود نخواهد داشت.

در این نقشه خطوط نقطه چین : خط 132 کیلو ولت، مربع ها: پست 132 کیلو ولت و دایره: پست 400 کیلو ولت را نشان می دهند.



شکل5- نقشه خطوط انتقال و پستهای موجود در استان

6-1-4: نوع آب و هوای منطقه

در این استان به دلیل آب و هوای کویری میزان بارندگی نسبتا کم می باشد. ایستگاه های هواشناسی در شمال استان باد های نسبتا آرامی را گزارش می دهند و هر چه به سمت جنوب استان حرکت می کنیم سرعت باد بیشتر می شود تا حدی که به باد های وحشی تبدیل می شوند. به همین دلیل، جنوب استان از لحاظ سرعت باد برای احداث نیروگاه بادی مناسب نمی باشد.
مشکل دیگری که در استان خراسان جنوبی وجود دارد، طوفان های شنی است که عمدتا در بخش های جنوبی این استان می وزند. البته این مشکل بیشتر در جنوب غربی استان وجود دارد و هر چه به سمت شمال شرقی پیش رویم این مشکل کمتر می شود، تا حدی که در شمال شرقی استان طوفان شن بسیار کم مشاهده می شود.

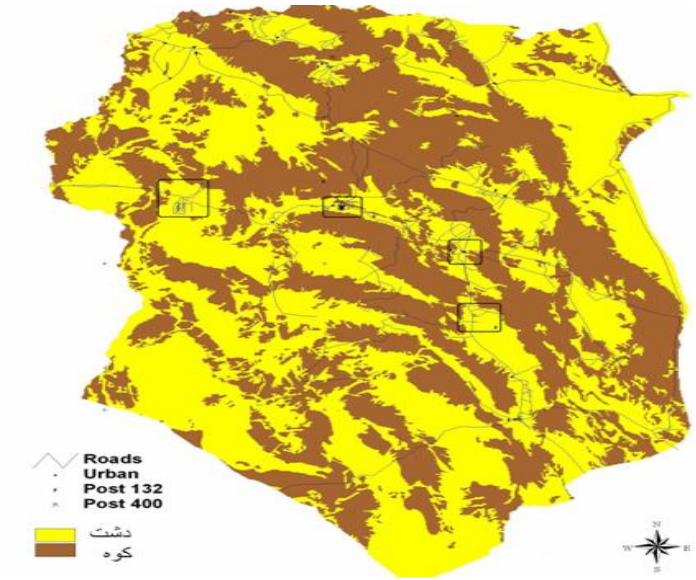
6-1-5: بررسی منطقه ای استان خراسان جنوبی از لحاظ امنیتی

به دلیل مرزی بودن این منطقه و از لحاظ امنیتی، نصب نیروگاه در نوار مرزی کار صحیحی نمی باشد، به همین دلیل مناطق شرقی این استان نیز مکان مناسبی برای احداث نیروگاه بادی نیستند.

6-1-6: نتیجه گیری از اطلاعات جغرافیایی منطقه و تعیین نقاط مناسب

با توجه به توضیحات داده شده در قسمت های قبل و پس از بررسی هر نقشه بصورت جداگانه، توسط نرم افزار GIS این نقشه ها را با یکدیگر داده می شوند و توسط این نرم افزار یک نقشه نهایی برای امکان سنجی نیروگاه بادی بدست می آید.

در نقشه شکل6، چهار منطقه مشخص شده است و این چهار نقطه از جنبه های مختلف از جمله نزدیکی به جاده های موجود، وجود سرعت باد مناسب، نزدیکی به شبکه های توزیع برق و ... تمام شرایط مورد نظر را دارا هستند، علاوه بر این، مناطق مورد نظر در مسیر تونل مانندی که کوه ها آن را ایجاد کرده اند، قرار دارند که این موضوع باعث هدایت باد به این نقاط می شود.



شکل6- نتیجه همپوشانی نقشه های مختلف بدست آمده با استفاده از نرم افزار GIS

6-2: برآورد هزینه های نقاط بدست آمده

همان گونه که در توضیحات مربوط به نمودار گردشی گفته شد، بعد از بدست آوردن نقاط مختلف باید هزینه های احداث نیروگاه بادی را برای این مناطق بدست آورد.

همان طور که می دانید، قیمت بر حسب ظرفیت ژنراتور، بسیار متغیر است. از دلایل موثر بر این مسئله، به عنوان مثال می توان به تفاوت ارتفاع برج ها و تنوع موجود در قطر روتورهای ساخته شده برای توربین های بادی، اشاره کرد. همچنان که از توربین 150کیلو وات به سمت توربین 600 کیلو وات حرکت می کنیم، قیمت ها سه برابر و چه بسا چهار برابر می شوند.

عوامل مختلفی سبب کاهش هزینه های احداث نیروگاه در استان خراسان جنوبی می شوند از جمله: این منطقه دارای زمینی سخت است، که این امر سبب کاهش هزینه زیرسازی می گردد و به دلیل نزدیکی به مسیر های جاده ای، نیازی به ساخت راه های جدید طولانی نمی باشد و از همه این مسائل مهم تر، به دلیل نزدیکی به پست های فشار قوی، مشکل کمتری برای اتصال نیروگاه های بادی به شبکه خواهیم داشت و همچنین از آنجایی که امکان کشاورزی در نقاط تعیین شده بسیار کم بوده و جمعیت

بسیار ناچیزی در آن نقاط زندگی می کنند، هزینه خرید یـا اجـاره زمین نیز بسیار ناچیر است.

3-6: برآورد درآمد های نقاط نامزد

همانطور که قبلا گفته شد در آمد نیروگاه بادی ناشی فروش تـوان تولیدی می باشد.

4-6: استفاده از برنامه پیشنهادی برای بررسی نهایی نقاط نامزد

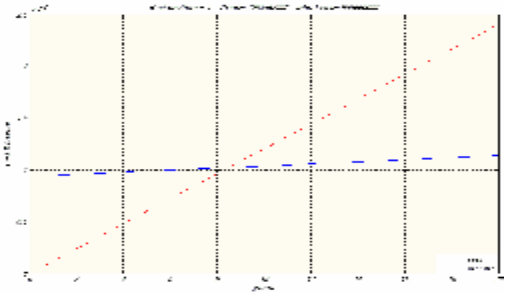
پس از تعیین نقاط مناسب و کسب اطلاعات لازم برای هر نقطه، لازم است که بهترین نقطه نیز بدست آید. لذا اطلاعات بدست آمده در مراحل قبل بعنوان ورودی به برنامه تهیه شده، داده می شود تا بهترین نقطه بدست آید.

اطلاعات چهار نقطه بدست آمده (از سمت راسـت بـه چـپ شـماره گذاری شده است) که بعنـوان ورودی بـه برنامـه داده شـده انـد در جدول 1 آمده است.

جدول 1- مقادیر اولیه ای که بعنوان ورودی به برنامه نوشته شده داده شده است

		۱۷	۱۷	۱۷	۱۷
		۱	۱	۱	۱
		۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
		۰/۷	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۵
		۲	۲	۲	۲
		۶۵	۶۵	۶۵	۶۵
		۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
		۱۸	۱۸	۱۸	۲۰

پس از ورود این اطلاعات به برنامه و اجرای برنامه، نقطه اول به عنوان بهترین مکان برای احداث پست بدست می آید، که نمودار های در آمد و هزینه آن در شکل 7 نشان داده شده است.



شکل7- نمودار هزینه ها و درآمدهای بهترین مکان بدست آمده

از نمودار بدست آمده به نتیجه های زیر می توان رسید:

- نقطه اول بهترین نقطه شناخته شده است،
- میزان سرمایه اولیه برای احداث نیروگاه بـادی برابـر است با: 9،500،000،000 ریال،
- این مزرعه بادی در اواخر سال هـشتم پـس از بهـره برداری به سود دهی خواهد رسید،
- پس از 20 سال میزان سود دهی این مزرعه تـوربین های بادی برابر است با: 12،685،620،000 ریال

جدول 2 اطلاعات اقتصادی مربوط به 3 نقطه دیگر را نیز جهت مقایسه در اختیار قرار می دهد

جدول2- اطلاعات داده شده توسط برنامه، جهت مقایسه نقاط مختلف

Microsoft Excel - output

	A	B	C	D
1	Position	Cost	Income	Profit
2	۱	۱۱۴۰۰۰۰۰۰۰	۲۴۰۸۵۴۲۰۰۰	۱۲۶۸۵۴۲۰۰۰
3	۲	۱۱۷۱۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۳۵۹۱۴۰	۸۲۸۸۵۹۱۴۰
4	۳	۱۰۹۱۰۰۰۰۰۰	۱۶۰۶۵۴۲۱۰۰	۵۱۵۵۴۲۱۰۰
5	۴	۱۲۹۳۰۰۰۰۰۰	۱۲۶۰۶۵۱۶۰۰	-۱۳۳۴۸۴۰۰

7- نتیجه گیری

در مقاله حاضر، با توجه به قابلیت ها و ویژگی های منحصر بفرد نرم افزار GIS برای امکان سنجی احداث نیروگاه بادی از ایـن نـرم افزار استفاده گردید، سپس استان خراسان جنـوبی بـه عنـوان یـک نمونه آزمایشی مورد مطاله قرار داده شد. از نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل جغرافیایی منطقه، نقاط نامزد بـرای احـداث نیروگـاه بـادی بدست آمد. سپس این نقاط در نمودار گردشی قرار گرفته و پـس از اجرای الگوریتم مربوطه، خروجی آن ، یعنی بهترین گزینه احـداث

نیروگاه بادی در استان خراسان جنوبی ، بـه دسـت آمـد. خروجـی برنامه ، علاوه بر بهترین مکان برای احداث نیروگاه بادی ، اطلاعـات دیگری از قبیل : میزان هزینه های انجام شده ، میـزان درآمـدهای نیروگاه بادی ، زمانی که نیروگاه پس از آن وارد دوره سود دهی می شود ، میزان سود خالص نیروگاه بادی پـس از سـپری کـردن عمـر مفید آن را به دست می دهد.

8- مراجع

[1] Christopher Kalisz and Calixte Monast and Michael Santoro",Wind Power Suitability in Worcester," in Massachusetts, Benjamin Trow, 14 March 2005.

[2] Ackermann, Thomas, "Wind Power in Power Systems", John Wiley& Sons Ltd, 2005.

[3] Global wind power / www.windenergy.cle / seitschrift/ new-energy-2002.

[4] دکتر محمد حسین پاپلی یزدی، " تحقیقات جغرافیایی"

[5] پروفسور پ. گودار - آ.استین ، ترجمه : دکتر عبدالحمید رجایی، " آب و هواشناسی"

[6] دکتر حسین معماریان ، "زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"، انتشارات دانـشگاه تهران

[7] دکتر ابراهیم جعفر پور ، "اقلیم شناسی"، انتشارات دانشگاه تهران