مکان یابی نیروگاه های بادی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط GIS**

جعفر مرشدی[۱]، رضا برنا[۲] ، اسماء اصغری پور دشت بزرگ*[۳] ، هدی احمدی[۴]، زینب ظاهری عبده وند[۵]
a.asgharipoor۱۳۶۲@yahoo.com

چکیده

با توجه به تحول انرژی در قرن حاضر و نیاز به انرژی های تجدیدپذیر،استفاده از انرژی بادی و تأسیس نیروگاه‌های بادی به طور روزافزون در حال توسعه می‌باشد. تعیین مکان مناسب برای احداث نیروگاه های بادی نیازمند توجه به معیارها و عوامل مختلفی است. در این تحقیق با توجه به اهمیت موضوع تلفیق اطلاعات، مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انتخاب و با بهره گیری از نرم افزار Expert Choice پیاده سازی گردید و از محیط نرم افزاری (GIS) برای مدل سازی و تحلیل فضایی و تلفیق اطلاعات استفاده شد و استان خوزستان از نظر قابلیت احداث نیروگاه های بادی به چهار بخش ضعیف متوسط، خوب و عالی پهنه بندی گردید. در نهایت نتایج حاصله نشانگر آن است که (GIS) به عنوان یک سیستم حامی تصمیم گیری، می تواند هم در آماده سازی داده ها و هم در مدل کردن اولویت ها و نظرات کارشناسان در رابطه با عوامل مختلف بسیار کارآمد باشد و طراحان را در انتخاب مکان مناسب جهت احداث نیروگاه ها یاری نماید. همچنین نتیجه تحقیق نشان می دهد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نسبت به روش های دیگر از قابلیت انعطاف بالایی در رابطه با مدل کردن روابط منطقی، تأثیرات متقابل پارامترها بر یکدیگر و بر پدیده مکان یابی برخورداراست.

واژه های کلیدی: مکان یابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP).

۱. استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
۲. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
۳. دانشجوی کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
۴. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

باد یکی از مظاهر انرژی خورشیدی و همان هوای متحرک است و پیوسته جزء کوچکی از تابش خورشید که از خارج به اتمسفر می رسد، به انرژی باد تبدیل می شود. گرم شدن زمین و جو آن به طور نامساوی سبب تولید جریان های همرفت می شود و نیز حرکت نسبی جو نسبت به زمین سبب تولید باد می گردد (نصرالهی، ۱۳۸۶). انرژی باد از جمله انرژی های تجدیدپذیر است که به علت گستردگی، قدرت بازدهی بالا، اقتصادی بودن و اینکه در مقایسه با دیگر انرژی های تجدیدپذیر در ابعاد وسیع تری مورد بهره برداری قرار گرفته، عملاً از جایگاه ویژه ای برخوردار است. از ابتدای دهه ۱۹۸۰، بررسی جایگزینی سوخت های فسیلی با انرژی های پاک و تجدیدپذیر در جهان آغاز شده است. در کشور ما نیز تلاش ها و بررسی ها در جهت استفاده از انرژی های نو و به ویژه توسعه بهره برداری از پتانسیل انرژی باد در کاربردهای مختلف آغاز گردیده است. اما به دلیل وسعت زیاد، تنوع توپوگرافی و... تعیین پتانسیل انرژی باد کلیه نقاط کشور و تهیه اطلس انرژی باد مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی است. بنابراین لازم است توان انرژی باد مناطق جغرافیایی کشور به طور مستقل یا ناحیه ای مورد بررسی قرار گیردتا مکان های مناسب جهت احداث نیروگاه های بادی مشخص گردد (صلاحی، ۱۳۸۳).

استان خوزستان به علت دارا بودن شرایط متنوع آب و هوایی یکی از مستعدترین مناطقی است که قابلیت استفاده از انواع انرژی به خصوص انرژی باد را داراست. یکی از مهمترین مسائل در استفاده از انرژی باد، موضوع مکان یابی یا انتخاب بهترین محل برای استقرار توربین های بادی است. مکان یابی یکی از موضوعات فنی در بهره وری از انرژی باد است (شوندی، ۱۳۸۴). انتخاب محل های مناسب در استان خوزستان برای احداث نیروگاه های بادی، مستلزم انجام مطالعاتی در زمینه های مختلف است. فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می تواند با برخورداری از مطالعات و توانایی های بالقوه و امکان استفاده از منابع چندگانه اطلاعاتی و تجزیه و تحلیل، تلفیق و بررسی داده های گوناگون این امکان را فراهم کند. در این تحقیق سعی می شود با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نسبت به تلفیق اطلاعات به دست آمده و انتخاب بهترین مکان ها جهت احداث نیروگاه های بادی در استان خوزستان اقدام نمود.

در لبنان تحقیقی با عنوان مکان یابی مزارع باد براساس سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت (Bazzi, ۲۰۰۸). مکان یابی توربین های بادی بزرگ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در تایلند انجام شد (Bennui, ۲۰۰۷). همچنین پتانسیل سنجی انرژی باد برق منطقه ای باختر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بررسی شده است (نورالهی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهش دیگری تعیین معیارها و روش انتخاب مکان مناسب جهت احداث مرکز تست و تحقیقات باد در کشوررا ارائه کرده اند (پرخیال و همکاران، ۱۳۸۷).

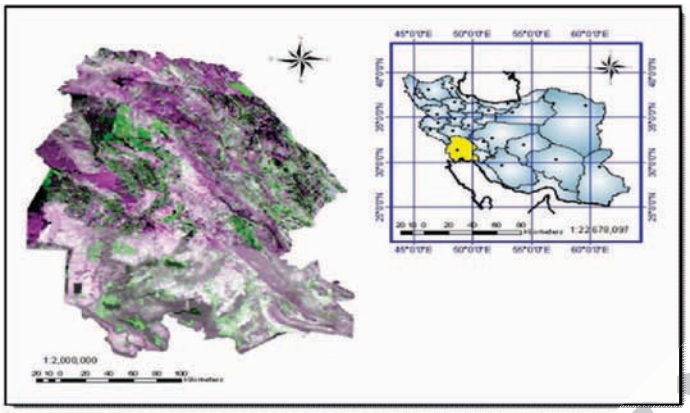
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی بالغ بر ۶۴۷۴۶ کیلومتر مربع، وسیع ترین استان در جنوب غربی ایران است. این استان در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه واقع گردیده است (سالنامه آماری استان خوزستان، ۱۳۸۴). (شکل ۱).

Archive of SID

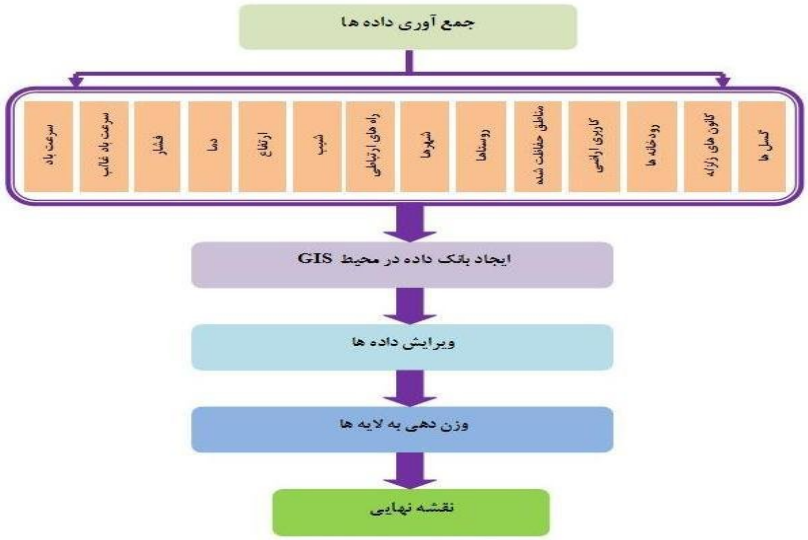
www.SID.ir



شکل ۱. موقعیت استان خوزستان در کشور ایران

هر پروژه مکان یابی به عنوان یک مساله تصمیم گیری نیاز به مواد و ابزار مناسب برای رسیدن به نتیجه مطلوب دارد. در این جا به شرح مختصری از مواد و ابزار استفاده شده در تحقیق پرداخته می شود. در این تحقیق از تصویر ماهواره ای IRS مربوط به سال ۲۰۰۷ استفاده شده است. به منظور انجام عملیات پردازش و تجزیه و تحلیل و پهنه بندی داده های اقلیمی، تهیه ی سایر نقشه ها و همچنین انجام عملیات مکان یابی، به وسیله اکستنشن تخصصی Spatial Analyst انجام گردید. جهت محاسبه مساحت نقشه ها از اکستنشن XTools استفاده گردید. تهیه نقشه های اقلیمی، جغرافیایی، اجتماعی اقتصادی، زیست محیطی و زمین شناسی و نقشه های مکان یابی احداث نیروگاه های بادی در سطح استان به کمک نرم افزار ArcGIS ۹,۲ صورت پذیرفت. برای وزن دهی به لایه های اطلاعاتی از نرم افزار ExpertChoice ۲۰۰۰ استفاده گردید

.



شکل ۲. نمودار مراحل تحقیق

Archive of SID

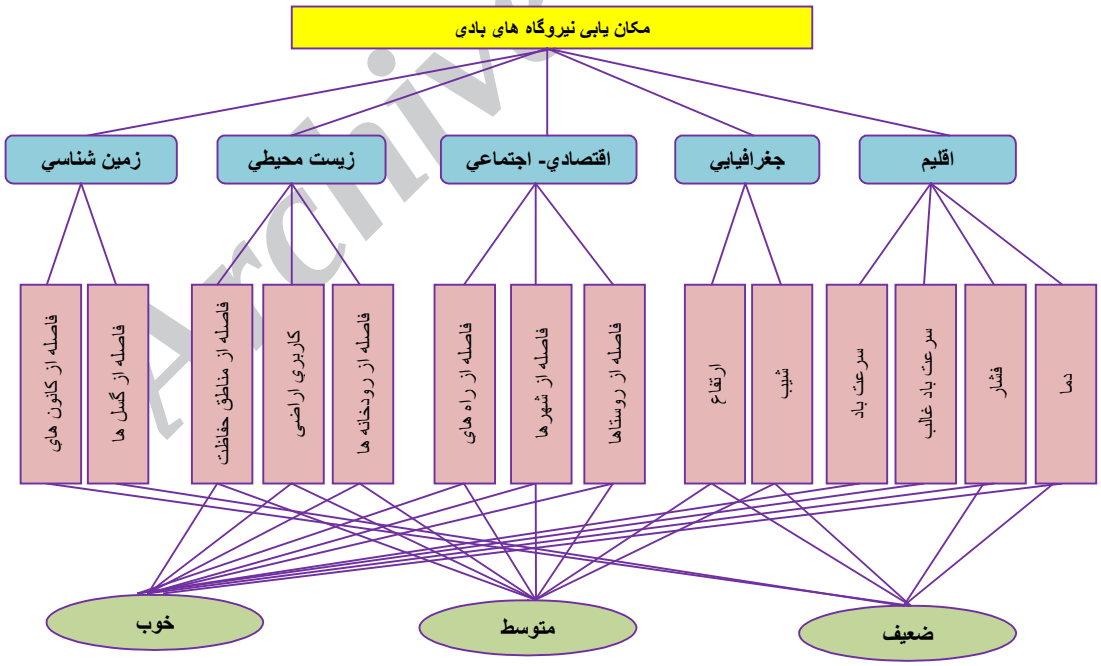
www.SID.ir

روش پردازش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

این روش در سال ۱۹۸۰ به وسیله توماس ال ساعتی پیشنهاد گردید و تا کنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶). در فرآیند مکان یابی پس از تبیین اهداف کلی، بیان مقاصد، اهداف عملیاتی مکان یابی و تهیه گزینه های مختلف برای رسیدن به مکان بهینه، ارزیابی صورت می گیرد تا بر اساس شایستگی نسبی هر یک از گزینه ها، گزینه مطلوب یا بهتر انتخاب شود (Dey,۲۰۰۰). برای سنجش شایستگی نسبی هر یک از گزینه ها، معمولاً از معیارها استفاده می شود. انتخاب مکان مناسب برای احداث نیروگاه های بادی، یا به عبارتی دیگر مکان یابی نیز از این قاعده مستثنی نیست. روال کار مدل AHP با مشخص کردن عناصر و تصمیم گیری و اولویت دادن به آن ها آغاز می شود. این عناصر شامل شیوه های مختلف کار و اولویت دادن به ویژگی ها است (Cheng & Wang, ۲۰۰۶).

ایجاد ساختار سلسله مراتبی

در اولین اقدام، با ساختار سلسله مراتبی مربوط به این موضوع مشخص، که در آن سلسله مراتب چهار سطحی شامل هدف ها، معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها مواجه هستیم (Bowen, ۱۹۹۰) ،تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به ساختاری سلسله مراتبی، مهمترین قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می شود. در مسئله مکان یابی نیروگاه های بادی، هدف انتخاب محل مناسب برای احداث نیروگاه های بادی از بین چند گزینه است. معیارها و زیرمعیارها، شامل عواملی هستند که باعث ایجاد تفاوت در گزینه ها می شود. اعتبار هر مکان بر حسب معیارها سنجیده می شود. توجه به این که در عمل، تمامی معیارها دارای اهمیت یکسانی نیستند، در روش AHP نیز هر معیار دارای وزن خاصی است که باید توسط کاربر، به روش های مختلف اعمال شود. همچنین، می توان هر معیار را به چند جزء کوچکتر تقسیم کرده و آن ها را با یکدیگر مقایسه و وزن دهی کرد (Bowen, ۱۹۹۰).



شکل ۳. نمودار مراحل ساخت سلسله مراتب مکان یابی نیروگاه های بادی

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها

برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، چند روش وجود دارد که معمول ترین آن ها، مقایسه دو دویی است. در این روش، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می شوند و درجه ی اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری مشخص می شود. برای این کار، می توان از یک روش استاندارد ارائه شده توسط ساعتی استفاده کرد. روش کار به این ترتیب است که، به هر مقایسه ی دو دویی، یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می شود. در جدول ۱ معنی هر عدد مشخص شده است (Cimren, ۲۰۰۷).

جدول ۱. مقایسه ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دو دویی معیارها

مقدار عددی	ترجیحات	
۱	ترجیح یکسان	Equally preference
۳	کمی مرجح	Moderately preference
۵	ترجیح بیشتر	Strongly preference
۷	ترجیح خیلی بیشتر	Very Strongly preference
۹	کاملاً مرجح	Extremely preference
۲و۴و۶و۸	تر جیحات بین فواصل فوق	-

بعد از تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه ها را باید تعیین کرد. در این مرحله، ارجحیت هر یک از گزینه ها در ارتباط با هر یک از زیرمعیارها و اگر معیاری، زیرمعیار نداشته باشد مستقیماً با خود آن معیار، مورد قضاوت و داوری قرار می گیرد. فرآیند به دست آوردن وزن گزینه ها نسبت به هر یک از معیارها شبیه تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به هدف است. در هر دو حالت، قضاوت ها بر مبنای مقایسه دو دویی معیارها، با گزینه ها و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت می پذیرد (Bowen, ۱۹۹۰). مقایسه گزینه های مختلف، نسبت به زیرمعیارها و یا معیارها صورت می پذیرد؛ در صورتی که مقایسه معیارها با یکدیگر، نسبت به هدف مطالعه صورت می گیرد. زیرمعیارها هم کمی اند و هم کیفی. این مطلب، نشان دهنده مزیت دیگر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است که با ترکیبی از معیارهای کمی و کیفی سر وکار دارد (Ngai, ۲۰۰۳).

تعیین امتیاز نهایی گزینه ها

در این مرحله، از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، امتیاز نهایی هر یک از گزینه ها تعیین خواهد شد. برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی ساعتی که منجر به بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می شود (Moreno, ۲۰۰۵).

امتیاز نهایی (اولویت) گزینه j $= \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} w_k w_i (gij)$

که در آن :

w_k ضریب اهمیت معیار K

w_i ضریب اهمیت زیر معیار i

gij امتیاز گزینه jدر ارتباط با زیر معیار i (زبردست، ۱۳۸۰).

بررسی سازگاری در قضاوت ها

یکی از مزیت های روش AHP، امکان بررسی سازگاری در قضاوت های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. سازوکارهایی که ساعتی برای بررسی سازگاری در قضاوت ها در نظر گرفته است، محاسبه ی ضریبی به نام

Archive of SID

www.SID.ir

ضریب ناسازگاری (IR) است. تجزیه و تحلیل سازگاری صورت می پذیرد. این معیار، باید از ۰/۱ کمتر باشد. استفاده از این ضریب به تجزیه و تحلیل تصمیم قبل از انتخاب نهایی مکان کمک می کند. در صورتی که معیار سازگاری از ۰/۱ بیشتر شود، نرم افزار، کاربر را با اخطار ناسازگاری با خبر می سازد (Dey,۲۰۰۰).

نتایج

معیارهای مکان یابی نیروگاه های بادی

تعیین مکان مناسب برای یک نیروگاه، تا حد زیادی به شناخت کامل و صحیح عوامل مؤثر و نحوه انتخاب آن ها وابسته است. در جدول ۲ عوامل مؤثر در مکان یابی نیروگاه های بادی ارائه شده است.

جدول ۲. معیارهای مورد بررسی

ردیف	کلاس عوامل	عوامل	اهمیت در مکان یابی	نوع اثر
۱	اقلیم	سرعت باد	هر چه سرعت باد بیشتر باشد، توان تولیدی توسط توربین های بادی افزایش می یابد	تأثیر بر میزان انرژی تولیدی
		سرعت باد غالب		
		فشار	افزایش ارتفاع، منجر به کاهش فشار و دمای هوا می شود	تأثیر بر میزان توان قابل استحصال توربین
		دما		
۲	جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	افزایش راندمان سهولت ساخت سازه های نیروگاهی	اقتصادی
		شیب	سهولت ساخت سازه های نیروگاهی و جاده های دسترسی	اقتصادی، زیست محیطی
۳	اقتصادی- اجتماعی	راه های ارتباطی	دسترسی به محل و حمل تجهیزات	اقتصادی، احتماعی، امنیت ترافیک
		شهرها	تأمین برق و نیروی انسانی	اقتصادی، زیست محیطی
		روستاها	تأمین برق و نیروی انسانی	اقتصادی، زیست محیطی
۴	زیست محیطی	مناطق حفاظت شده	کاهش خسارت های زیست محیطی ناشی از احداث و بهره برداری نیروگاه	زیست محیطی(حفاظت از گونه های نادر گیاهی و جانوری)
		کاربری اراضی		افتصادی، زیست محیطی
		رودخانه ها		افتصادی، زیست محیطی
۵	زمین شناسی	لرزه خیزی	تأمین امنیت سازه های نیروگاهی	اقتصادی
		فاصله از گسل ها	تأمین امنیت سازه های نیروگاهی	اقتصادی

وزن معیارها

ابتدا وزن بین معیارها تعیین می شود. این وزن ها، با توجه به اهمیت معیارها در مقابل یکدیگر، نسبت به هدف (مکان یابی احداث نیروگاه های بادی) تعیین می گردد. ابتدا معیارهای لایه ی اصلی با یکدیگر مقایسه می شوند. جدول ۳ مقایسه زوجی

Archive of SID

www.SID.ir

معیارهای لایه های اصلی در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی را نشان می دهد. در جدول فوق، اعداد نمایش داده شده، بر اساس اهمیت معیار ردیف افقی نسبت به معیار ردیف عمودی اند. مقدار هر عدد نیز با توجه به مقادیر جدول ۱ و بر اساس معیار ساعتی تعیین شده است. شکل ۴ نمودار وزن محاسبه شده معیارها در نرم افزار Expert Choice را نشان می دهد.

معیارهای اقلیمی

در این مقاله عناصر اقلیمی، در مقایسه با معیار های دیگر دارای اهمیت بالاتری بوده و در نتیجه وزن بیشتری را به خود اختصاص داده است. در این خصوص پارامترهای اقلیمی سرعت باد، سرعت باد غالب، فشار و دما از زیرمعیارهای اقلیمی بوده که برای مکان یابی احداث نیروگاه های بادی انتخاب شده اند.

معیارهای جغرافیایی

یکی از عوامل اصلی که باید در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی مورد توجه قرار گیرد، معیارهای جغرافیایی می باشد. زیرمعیارهای جغرافیایی مورد بررسی، ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین است، که پس از وزن دهی، در محیط GIS مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

معیارهای اقتصادی- اجتماعی

یکی از مهم ترین معیارهای مورد بررسی در پتانسیل سنجی و مکان یابی نیروگاه های بادی، معیارهای اقتصادی- اجتماعی هستند. معیارهای اقتصادی- اجتماعی شامل زیرمعیارهای حداقل فاصله از راه های ارتباطی، حداقل فاصله از شهرها و روستاها است.

معیارهای زیست محیطی

معیارهای زیست محیطی یکی از عوامل مهم در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی به شمار می آیند. توجه به مسائل زیست محیطی در مکان یابی نیروگاه های بادی در حال حاضر یکی از مهم ترین اهداف پژوهشی در ایران و جهان است. معیارهای زیست محیطی شامل: زیرمعیارهای فاصله از مناطق حفاظت شده، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه ها می باشد.

معیارهای زمین شناسی

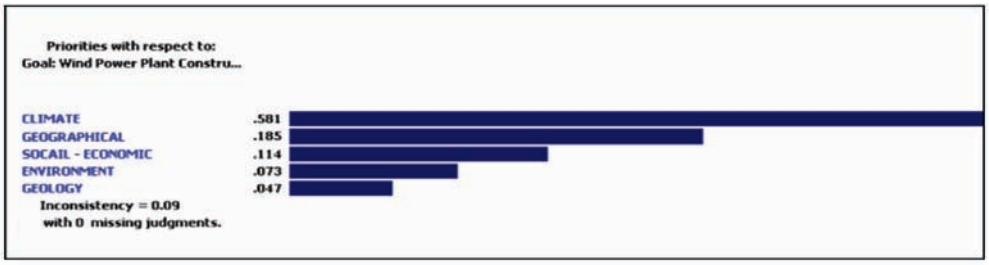
بررسی معیارهای زمین شناسی جهت احداث نیروگاه های بادی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. زیرمعیارهای زمین شناسی عبارتند از: فاصله از کانون های زلزله (لرزه خیزی) و فاصله از گسل ها که برای تعیین مکان مناسب جهت احداث نیروگاه های بادی مورد توجه قرار می گیرند.

جدول ۳. مقایسه دو دویی معیارهای مکان یابی

معیارهای مکان یابی	اقلیم	جغرافیایی	اقتصادی- اجتماعی	زیست محیطی	زمین شناسی	وزن
اقلیم	۱	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۵۸۱
جغرافیایی	–	۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱۸۵
اقتصادی- اجتماعی	–	–	۱	۰/۳	۰/۳	۰/۱۱۴
زیست محیطی	–	–	–	۱	۰/۳	۰/۰۷۳
زمین شناسی	–	–	–	–	۱	۰/۰۴۷

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۴. سازگاری معیارهای مکان یابی

وزن زیرمعیارها

پس از مقایسه ی معیارهای لایه های اصلی، نوبت به زیرمعیارها می رسد. در این مرحله، برای هر معیار، زیرمعیارهای آن با یکدیگر مقایسه می شوند. زیرمعیارهای هر لایه، به طور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرند. در نتیجه برای هر کدام از زیر معیارهای معیار اقلیمی، جغرافیایی، اقتصادی- اجتماعی، زیست محیطی و زمین شناسی مقایسه زوجی انجام می پذیرد.

زیرمعیارهای اقلیمی

زیرمعیارهای اقلیمی شامل سرعت باد، سرعت باد غالب، فشار و دما است، که پس از وزن دهی به وسیله نرم افزار Expert Choice، در محیط GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند. جدول ۴ مقایسه زوجی زیرمعیارهای معیار اقلیمی در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی را نشان می دهد. شکل ۵ نشان دهنده نمودار وزن محاسبه شده زیرمعیارهای اقلیمی در نرم افزار Expert Choice است.

جدول ۴. مقایسه زوجی زیرمعیارهای، معیار اقلیمی

زیرمعیارهای اقلیمی	سرعت باد	سرعت باد غالب	فشار	دما	وزن
سرعت باد	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۵۴۹
سرعت باد غالب	–	۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲۴۸
فشار	–	–	۱	۰/۳	۰/۱۲۹
دما	–	–	–	۱	۰/۰۷۴

شکل ۵. سازگاری زیرمعیارهای معیار اقلیمی

Archive of SID

www.SID.ir

زیرمعیارهای جغرافیایی

زیرمعیارهای جغرافیایی عباتند از: ارتفاع از سطح دریا و شیب. این لایه ها به وسیله نرم افزار Expert Choice، وزن دهی شدند و در محیط GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جدول ۵ نشان دهنده مقایسه زوجی زیرمعیارهای، معیار جغرافیایی در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی است. شکل ۶ نمودار وزن محاسبه شده زیرمعیارهای جغرافیایی در نرم افزار Expert Choice را نشان می دهد .

جدول ۵. مقایسه زوجی زیرمعیارهای جغرافیایی

زیرمعیارهای جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	شیب	وزن
ارتفاع از سطح دریا	۱	۳,۰	۰/۷۵۰
شیب	-	۱	۰/۲۵۰

شکل ۶. سازگاری زیرمعیارهای معیار جغرافیایی

زیرمعیارهای اقتصادی- اجتماعی

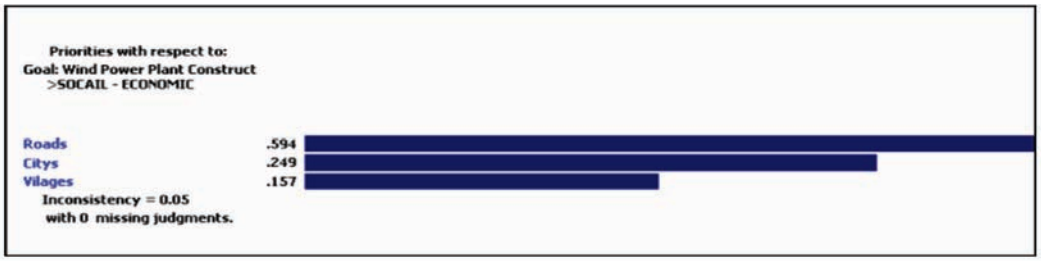
زیرمعیارهای اقتصادی- اجتماعی شامل فاصله از راه های ارتباطی، فاصله از شهرها و روستاها است، که پس از بررسی وزن ها به وسیله نرم افزار Expert Choice، در محیط GIS طبقه بندی شدند. جدول ۶ مقایسه زوجی زیرمعیارهای، معیار اقتصادی- اجتماعی در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی را نشان می دهد. شکل ۷ نشان دهنده نمودار وزن محاسبه شده زیرمعیارهای اقتصادی- اجتماعی در نرم افزار Expert Choice است.

جدول ۶. مقایسه زوجی زیرمعیارهای اقتصادی-اجتماعی

زیرمعیارهای اقتصادی- اجتماعی	فاصله از راه های ارتباطی	فاصله از شهرها	فاصله از روستاها	وزن
فاصله از راه های ارتباطی	۱	۰/۳	۰/۳	۰/۵۹۴
فاصله از شهرها	-	۱	۰/۲	۰/۲۴۹
فاصله از روستاها	-	-	۱	۰/۱۵۷

Archive of SID

www.SID.ir



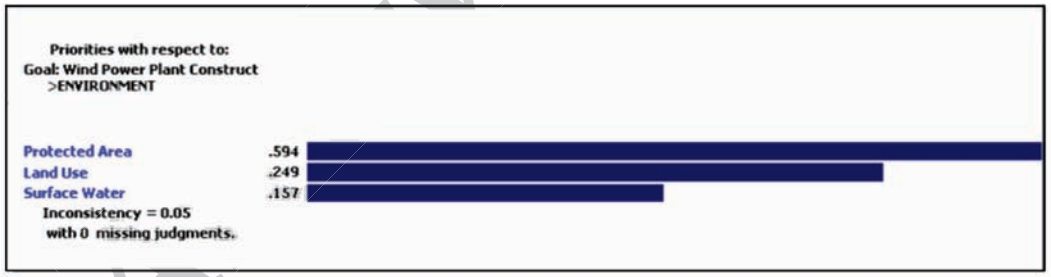
شکل ۷. سازگاری زیرمعیارهای زیست محیطی

زیرمعیارهای زیست محیطی

فاصله از مناطق حفاظت شده، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه ها جزء زیرمعیارهای زیست محیطی است، که پس از وزن دهی به وسیله نرم افزار Expert Choice، در محیط GIS طبقه بندی شدند. جدول ۷ نشانگرمقایسه زوجی زیرمعیارهای، معیار زیست محیطی در مکان یابی احداث نیروگاه های بادی است. شکل ۸ نمودار وزن محاسبه شده زیرمعیارهای زیست محیطی در نرم افزار Expert Choice را نشان می دهد.

جدول ۷. مقایسه زوجی زیر معیارهای زیست محیطی

زیرمعیارهای زیست محیطی	فاصله از مناطق حفاظت شده	کاربری اراضی	فاصله از رودخانه ها	وزن
فاصله از مناطق حفاظت شده	۱	۰/۳	۰/۳	۰/۵۹۴
کاربری اراضی	–	۱	۰/۲	۰/۲۴۷
فاصله از رودخانه ها	–	–	۱	۰/۱۵۷



شکل ۸. سازگاری زیرمعیارهای زیست محیطی

وزن گزینه ها

بعد از تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه‌ها تعیین می‌شود. در این مرحله، برای هر زیرمعیار، گزینه های آن با یکدیگر مقایسه می شوند. گزینه های هر زیرمعیار نیز به طور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرند. در اینجا به علت تعدد مقایسه ها از آوردن همه آن ها صرف نظر شده است. به عنوان مثال، مقایسه زوجی گزینه های سرعت باد شیب فاصله از راه های ارتباطی، فاصله از مناطق حفاظت شده و فاصله از گسل ها نشان داده شده است.

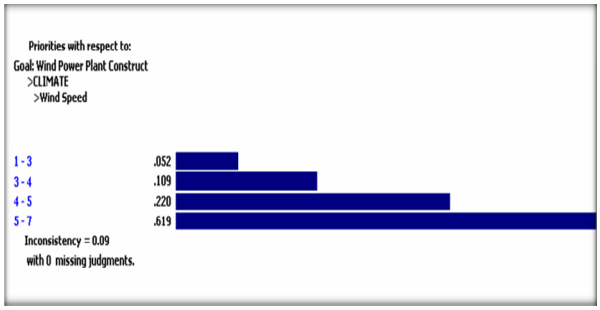
Archive of SID

www.SID.ir

۸. مقایسه زوجی گزینه های سرعت باد

گزینه های سرعت باد	۱-۳	۳-۴	۴-۵	۵-۷	وزن
۱-۳	۱	۳,۰	۵,۰	۷,۰	۰,۰۵۲
۳-۴	-	۱	۳,۰	۵,۰	۰,۱۰۹
۴-۵	-	-	۱	۵,۰	۰,۲۲۰
۵-۷	-	-	-	۱	۰,۶۱۹

(نرخ ناسازگاری ۰/۰۹)

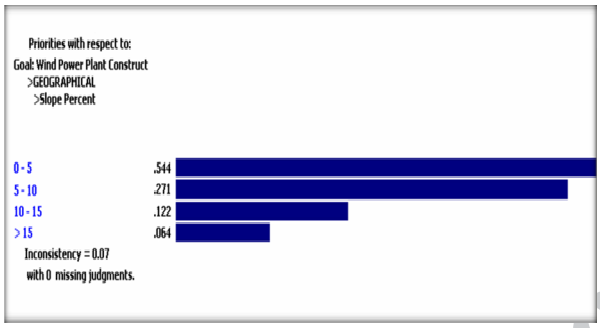


شکل ۹. نمودار وزن محاسبه شده گزینه های سرعت باد در نرم افزار Expert Choice

جدول ۹. مقایسه زوجی گزینه های شیب

گزینه های شیب	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	> ۱۵	وزن
۰-۵	۱	۳,۰	۵,۰	۵,۰	۰,۵۴۴
۵-۱۰	-	۱	۳,۰	۵,۰	۰,۲۷۱
۱۰-۱۵	-	-	۱	۳,۰	۰,۱۲۲
> ۱۵	-	-	-	۱	۰,۰۶۴

(نرخ ناسازگاری ۰/۰۷)

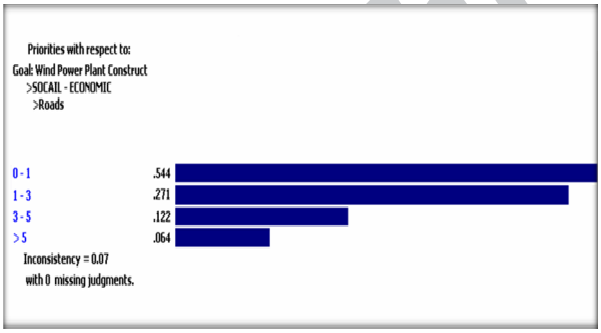


شکل ۱۰. نمودار وزن محاسبه شده گزینه های شیب در نرم افزار Expert Choice

جدول ۱۰. مقایسه زوجی گزینه های فاصله از راه های ارتباطی

گزینه های فاصله از راه های ارتباطی	۰-۱	۱-۳	۳-۵	> ۵	وزن
۰-۱	۱	۳,۰	۵,۰	۵,۰	۰,۵۴۴
۱-۳	-	۱	۳,۰	۵,۰	۰,۲۷۱
۳-۵	-	-	۱	۳,۰	۰,۱۲۲
> ۵	-	-	-	۱	۰,۰۶۴

(نرخ ناسازگاری ۰/۰۷)



شکل ۱۱. نمودار وزن محاسبه شده گزینه های فاصله از راه های ارتباطی در نرم افزار Expert Choice

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱. مقایسه زوجی گزینه های فاصله از مناطق حفاظت شده

گزینه های فاصله از مناطق حفاظت شده	۰-۲	۲-۴	۴-۶	> ۶	وزن
۰-۲	۱	۲,۰	۳,۰	۵,۰	۰,۰۸۱
۲-۴	-	۱	۳,۰	۵,۰	۰,۱۱۵
۴-۶	-	-	۱	۳,۰	۰,۲۴۹
> ۶	-	-	-	۱	۰,۵۵۶

(نرخ ناسازگاری ۰/۰۴)

جدول ۱۲. مقایسه زوجی گزینه های فاصله از گسل ها

گزینه های فاصله از گسل ها	۰-۱	۱-۶	۶-۱۰	> ۱۰	وزن
۰-۱	۱	۳,۰	۴,۰	۵,۰	۰,۰۶۸
۱-۶	-	۱	۳,۰	۵,۰	۰,۱۲۵
۶-۱۰	-	-	۱	۳,۰	۰,۲۶۰
> ۱۰	-	-	-	۱	۰,۵۴۷

(نرخ ناسازگاری ۰/۰۷)

تعیین امتیاز نهایی گزینه ها

در این مرحله، از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، امتیاز نهایی هر یک از گزینه ها تعیین خواهد شد.

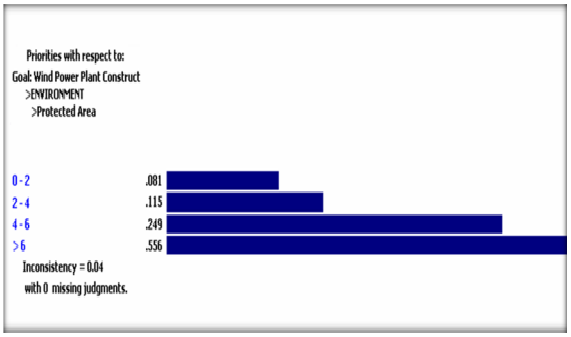
امتیاز نهایی (اولویت) گزینه j $= \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} w_k w_i (gij)$

که در آن :

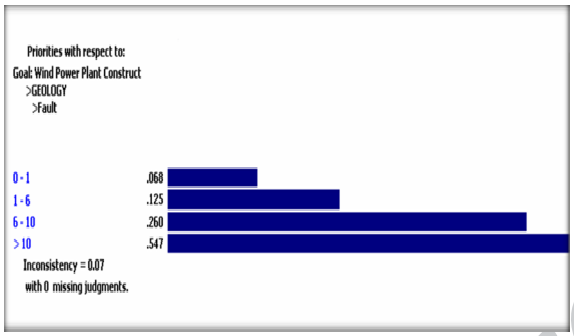
w_k ضریب اهمیت معیار K

w_i ضریب اهمیت زیر معیار i

gij امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i (زبردست، ۱۳۸۰).



شکل ۱۲. نمودار وزن محاسبه شده گزینه های فاصله از مناطق حفاظت شده در نرم افزار Expert Choice



شکل ۱۳. نمودار وزن محاسبه شده گزینه های فاصله از گسل ها در نرم افزار Expert Choice

به عبارت ساده تر از ضرب هر یک از پارامترها (معیارها) در زیرمعیار مربوط به آن و از ضرب عدد به دست آمده در امتیاز گزینه مربوطه، امتیاز نهایی هر یک از گزینه ها به دست می آید. به عنوان مثال ضریب اهمیت معیار اقلیم عدد ۰/۵۸۱ است که در عدد ۰/۵۴۹ که ضریب اهمیت یکی از زیرمعیارهای آن یعنی سرعت باد است ضرب می شود و عدد به دست آمده ضرب در ۰/۰۵۲ که امتیاز گزینه A مربوط به آن است شده و امتیاز نهایی گزینه A به دست می آید.

امتیاز نهایی گزینه A ۰/۰۱۷ = ۰/۰۵۲ ۰/۵۴۹ ۰/۵۸۱

Archive of SID

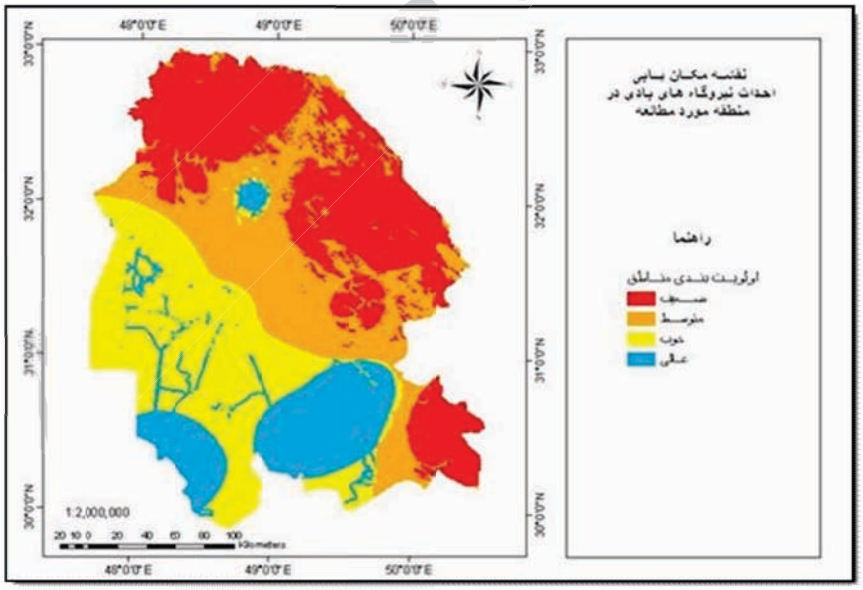
www.SID.ir

نقشه مکان یابی نیروگاه های بادی

پس از تعیین عوامل مؤثر در مکان یابی نیروگاه های بادی و تهیه تمام لایه های اطلاعاتی به کمک توابع تحلیلی GIS و تعیین وزن معیارهای مؤثر در مکان یابی نیروگاه بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، از قابلیت های نرم افزار GIS به منظور تلفیق و هم پوشانی نقشه ها استفاده شد. در نهایت نقشه مکان یابی نیروگاه های بادی تهیه گردید. نقشه حاصله در ۴ کلاس ضعیف، متوسط، خوب و عالی طبقه بندی شد. مناطق مجاز جهت احداث نیروگاه های بادی در طبقه عالی، در محدوده های جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال استان خوزستان، با مساحت ۱۰۲۰۷۴۷ هکتار و مناطق محدودیت دار استان با پتانسیل ضعیف در محدوده های شمال، شمال شرقی و جنوب شرقی با مساحت ۱۹۸۷۹۸۵ هکتار را در بر می گیرند. در جدول ۱۳ مشخصات نقشه مکان یابی نیروگاه های بادی ارائه شده است (شکل ۱۴).

جدول ۱۳. مشخصات نقشه مکان یابی نیروگاه بادی استان خوزستان

ردیف	کلاس	مساحت (هکتار)	درصد به سطح استان
۱	ضعیف	۱۹۸۷۹۸۵	۳۱/۱۴
۲	متوسط	۱۷۰۲۳۱۹	۲۶/۶۷
۳	خوب	۱۶۷۲۸۲۲	۲۶/۲۰
۴	عالی	۱۰۲۰۷۴۷	۱۵/۹۹



شکل ۱۴. نقشه مکان یابی نیروگاه بادی استان خوزستان

www.SID.ir

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نقشه نهایی، مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه های بادی در سطح استان شناسایی شدند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشانگر پتانسیل بالای شهرهای آبادان، بندرماهشهر، بستان، امیدیه و شوشتر برای احداث نیروگاه های بادی می باشد. این مناطق با در نظر گرفتن مجموعه ای از عوامل تعیین شده اند که اختلافات فضایی موجود در قالب لایه های مختلف اطلاعاتی در مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میزان دقت اطلاعات تا حد زیادی تحت تأثیر دقت اطلاعات پایه ای و معیارهای انتخابی است که در مراحل مختلف تحقیق مورد استفاده قرار می گیرند.

یافته های این تحقیق توانایی سیستم های اطلاعات جغرافیایی را در مدل سازی و کمک به برنامه ریزی محیطی و نیز ترکیب معیارهای کمی و کیفی با مقیاس های مختلف نشان می دهد. با توجه به قابلیت هایی که این سیستم ها در مدل سازی فضایی داده ها دارند؛ در مقایسه با تحقیقات انجام شده قابلیت تعمیم اطلاعات، ساخت مدل های جدید و آزمون روش های مختلف را دارا می باشند.

با استفاده از مدل AHP و بر اساس معیارهای مورد نظر، بخش های مختلف منطقه از نظر قابلیت استقرار نیروگاه های بادی اولویت بندی شدند. این موضوع به برنامه ریزان کمک زیادی می کند تا به توانند بر اساس داده های مکانی بهتر تصمیم گیری نمایند. مسلم است هر چه از معیارهای بیشتر و دقیق تری استفاده شود، نتیجه بهتری را می توان انتظار داشت. به رغم انتقاداتی که بر این روش وارد می شود، این روش دارای مزایای بسیاری جهت مکان یابی و نیز پهنه بندی جهت استقرار تأسیسات انسانی، انواع فعالیت ها و ارزیابی های زیست محیطی است و به خوبی از طریق آن می توان مناطق مناسب و نامناسب را جهت استقرار انواع فعالیت ها که دارای بعد مکانی و فضایی هستند، به کار برد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، اولویت بندی معیارها در ساختار سلسله مراتبی، کالیبره کردن ضرایب و آستانه ها، گسترش معیارها و استفاده در تحقیقات بعدی مورد توجه قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. پرخیال، سهیل. رضایی، مهدی، ۱۳۸۷، تعیین معیارها و روش انتخاب مکان مناسب جهت احداث مرکز تست و تحقیقات باد در کشور، همایش ملی سوخت انرژی و محیط زیست.

۲. زبردست، اسفندیار، ۱۳۸۰،کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای، مجله علمی پژوهشی دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، شماره ۱۰.

۳. سالنامه آماری استان خوزستان، ۱۳۸۴، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان خوزستان.

۴. شوندی، شیوا، ۱۳۸۴، چیدمانی بهینه توربین های بادی در مزارع باد، چهارمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

۵. صلاحی، برومند، ۱۳۸۳، پتانسیل سنجی انرژی باد و برازش احتمالات واقعی وقوع باد با استفاده از تابع توزیع چگالی احتمال ویبول در ایستگاه های سینوپتیک استان اردبیل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۰۲.

۶. نصرالهی، محمدرضا، ۱۳۸۶، مکان یابی نیروگاه های بادی با استفاده از روش های تحلیل چندگانه، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، سیستم های اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه تهران.

۷. نوراللهی، یونس، سید محمدعلی، اشرف. زمانی، محسن، ۱۳۸۹، پتانسیل سنجی انرژی باد برق منطقه ای باختر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شرکت مشاوران انرژی و اقتصاد شایگان.

۸. Baizzi, Ali. M.۲۰۰۸. GIS-based wind farm site selection in Lebanon. ICEE explores.

۹. Bennui, A. Rattanamanee P. Puetpaiboon U. Phukpattaranont P. Chetpattananondh, K. ۲۰۰۷. SITE SELECTION FOR LARGE WIND TURBINE USING GIS. PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment, Thailand.

۱۰- Bertolini, M. M. Broglie. ۲۰۰۶. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract.۱۷ January.

۱۱. Bowen, William M. ۱۹۹۰. Subjective judgments and data environment analysis in site selection, Computer, Environment and Urban Systems, Vol. ۱۴, Pp ۱۳۳-۱۴۴.

۱۲. Cheng, Dar Yuen & Shi, Sian Wang. ۲۰۰۶. GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. Energy Policy ۳۴. Pp ۷۳۰–۷۴۲.

۱۳. Cimren, E, B & Cathay. E, Budak. ۲۰۰۷. Development of a machine tool selection system using AHP. International Journal of Advanced Manufacturing Technology ۳۵, Pp ۳۶۳–۳۷۶.

۱۴. Dye, P.K. E.K, Ramcharan. ۲۰۰۰. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management.

۱۵. Moreno Jimenez. ۲۰۰۵. A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP- group decision making. Group Decision and Negotiation ۱۴, Pp ۸۹–۱۰۸.

۱۶. Ngai, E.W.T, (۲۰۰۳). Selection of web sites for online advertising using the AHP, Information & Management ٤٠, Pp ۲۳۳-۲٤۲

Archive of SID

www.SID.ir