Archive of SID

آمایش سرزمینی با توسعه استفاده از انرژی‌های پایدار
در مکان یابی نیروگاه خورشیدی (مطالعه موردی: استان مازندران)

تاریخ دریافت مقاله:۹۵/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی مقاله:۹۵/۰۷/۱۷

رضا لحمیان* (استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران)

چکیده

پایان پذیر بودن، آلودگی‌های محیط زیستی و نوسانات قیمت انرژی‌های فسیلی باعث روی آوردن به منابع جایگزین می‌شود. استفاده از انرژی‌های پایدار به خصوص انرژی خورشیدی می‌تواند بهترین گزینه برای تامین انرژی باشد. گام اول برای توسعه استفاده از انرژی خورشیدی پتانسیل سنجی و بعد از آن مکان یابی نواحی که دیگر شرایط احداث نیروگاه را دارا باشند، است. استان مازندران پتانسیل مطلوبی جهت بهره برداری از انرژی خورشیدی دارد. در این تحقیق معیارهای ساعات آفتابی، شیب، فاصله از مناطق جمعیتی، فاصله از راه‌ها، فاصله از خطوط انتقال نیرو، کاربری اراضی و لایه محدودیت‌ها معیارهای لازم جهت مکان یابی نیروگاه در نظر گرفته شده است. به طور کلی یافتن مکان یا مکان های مناسب در هر زمینه ای اهمیت فراوانی دارد به طوریکه طیف وسیعی از تحقیقات را به خود معطوف ساخته است، این مهم در غالب سامانه اطلاعات مکانی تا حد زیادی دست یافتنی شده است. روش این پژوهش توصیفی-تحلیلی و برای بررسی موضوع از سامانه اطلاعات مکانی(GIS) و فرآیند تحلیل شبکه ای(ANP) استفاده شده، فرآیند تحلیل شبکه ای یکی از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره است که در مجموعه مدل های جبرانی قرار می گیرد و تمامی تعاملات و روابط میان سطوح تصمیم گیری را در ساختار شبکه ای می تواند در نظر گیرد اما از آنجا که تحلیل شبکه کم تر برای تعیین اولویت نهائی گزینه ها استفاده می شود از روش پیچیده تری مانند تکنیک تاپسیس استفاده گردید. بعد از تهیه لایه های مورد نیاز و طبقه بندی مجدد ، مکان های امکان پذیر در منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. به منظور ارزیابی، نتیجه تاپسیس با سه فاکتور اصلی جمعیت، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و نزدیکی به راه مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی نشان داد که روش تاپسیس انطباق بالایی با گزینه‌های ایده آل سه معیار فوق دارد. سرانجام مشخص گردید که در حدود ۴۷۷۱،۹۶۰ کیلومتر مربع از مساحت استان مازندران، امکان احداث نیروگاه خورشیدی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: آمایش سرزمین، استان مازندران، مکان یابی نیروگاه خورشیدی، انرژی پایدار

* نویسنده رابط: R_Lahmian@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

زمین در فاصله ۱۵۰میلیون کیلومتری خورشید واقع است و ۸ دقیقه و ۱۸ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد(Nguyen & Pearce, 2010:840). بنابراین سهم زمین در دریافت انرژی از خورشید میزان کمی از کل انرژی تابشی آن است. حتی سوخت‌های فسیلی ذخیره شده در زمین، انرژی‌های باد، آبشار، امواج دریاها و بسیاری موارد دیگر از جمله نتایج همین انرژی دریافتی زمین از خورشید است (Sliz-Szkliniarz, & Vogt, 2011:1700). طبق سناریوهای تایید شده EIA[1] منابع نفتی ایران بعد از ۴۳ سال، منابع گاز ۱۶۷ سال و زغال سنگ ۴۱۷ سال دیگر به پایان خواهند رسید (هاشمی و کرونی، ۱۳۹۱). خورشید منبع عظیم انرژی، بلکه سرآغاز حیات و منشأ تمام انرژی‌های دیگر است. در حدود ۶هزار میلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و در هر ثانیه ۴/۲ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳هزار برابر وزن زمین است این کره نورانی را می‌توان به‌عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد. ایران با توجه به این که ۸ تا ۹ ماه از سال از بارش باران بی‌بهره است و در واقع آسمانی صاف دارد، می‌تواند بخش عظیمی از انرژی مورد نیاز خود را از تابش نور خورشید تأمین کند. انرژی منشا تمامی فرآیندهای طبیعی و انسانی است (عزیزی، ۱۳۸۲: ۱۲). پایان پذیر بودن، آلودگی‌های زیست محیطی و نوسانات قیمت انرژی‌های فسیلی باعث روی آوردن به منابع جایگزین می‌شود. استفاده از انرژی‌های پایدار به خصوص انرژی خورشیدی می‌تواند یکی از بهترین گزینه‌ها برای تامین انرژی پایدار باشد. انرژی خورشیدی رایگان است واستفاده از آن فن آوری ساده ای می‌خواهد، از طرف دیگر اثرات زیست محیطی نامطلوبی که سوخت‌های فسیلی و حتی سوخت‌های هسته ای به جا می‌گذارند را ندارد (حیدری، ۱۳۸۸: ۳۵). استان مازندران پتانسیل مطلوبی برای استفاده از انرژی خورشیدی دارا می‌باشد و بخش اعظم انرژی برق در این استان را می تواند تامین نماید و در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیرد.

۲- پیشینه پژوهش

جهانی شدن شهرها تابعی از میزان جهانی شدن کشور در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و تکنولوژیکی است (پورآقائی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۳).گام اول برای توسعه استفاده از انرژی خورشیدی پتانسیل سنجی و بعد از آن مکان یابی نواحی است که در آن انرژی

[1]. Energy Information Administration

www.SID.ir

Archive of SID

خورشیدی در حد مطلوب و دیگر شرایط لازم احداث نیروگاه می‌باشد. در این زمینه تحقیقاتی درداخل وخارج از کشور صورت گرفته از جمله گروه محیط زیست سابا (۱۳۸۱ و ۱۳۸۲) پروژه‌هایی را به منظور مکان یابی نیروگاه حرارتی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی اجرا نموده که ضعف پروژه‌های مزبور در تلفیق نقشه‌ها بدون وزندهی آن‌ها است. اسفندیاری و همکاران در سال ۱۳۹۰ پروژه ای را برای مکان یابی نیروگاه خورشیدی در استان خوزستان اجرا نموده‌اند آن‌ها در تحقیق خود، فقط پارامترهای اقلیمی را مد نظر گرفته‌اند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۰). برایر و کینس در سال۲۰۰۹ بر پایه داده‌های تابش خورشیدی جهانی که ناسا آن را در پیکسل سایزهای ۱۱۰کیلومتر در ۱۱۰کیلومتر با استفاده از تصاویر سنجش از دور تهیه می‌کند، و همچنین معیارهای جمعیت، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و حداقل زمین مورد نیاز در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به مکان یابی نیروگاه خورشیدی پرداخته‌اند (Breyer and Knies, 2009). جیسن جرک در سال ۲۰۱۰ از دیدگاه‌های گوناگون انرژی‌های پایدار را مورد بررسی قرار داده و با استفاده از معیارهای جاده، عوارض آبی، پتانسیل باد،کاربری اراضی، فاصله از شهر، تراکم جمعیت، فاصله از خطوط انتقال نیرو، فاصله از جاده ونقشه محدودیت معیارهای خود را بین صفر و یک طبقه بندی مجدد کرده و با استفاده از روش همپوشانی شاخص مدلسازی در سامانه اطلاعات جغرافیایی برای مکان یابی نیروگاه‌های انرژی پایدار را انجام داده است (Janke Jason, 2010). چارابی و گستلی در سال۲۰۱۱ معیارهای تابش، نقشه محدودیت و داده نزدیکی به راه را مهم ترین عوامل در ایجاد نیروگاه خورشیدی در کشور عمان تشخیص داده‌اند سپس لایه‌های فازی این معیارها را ایجاد کرده و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی وزن لایه‌ها را استخراج نموده و در سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی را ایجاد نموده‌اند (Charabi & Gastli, 2011). در سال ۲۰۱۲ اولفومی و همکاران با معیارهای جمعیت، شیب، گسل، مناطق در معرض زمین لغزش، مناطق سیلابی، رود، مناطق تحت حفاظت محیط زیستی، مناطق ممنونه مانند منطقه نظامی و فرودگاه، گنبدهای نمکی، آبخوان‌ها، نزدیکی به خطوط راه آهن و راه‌های دریایی، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و تابش خورشیدی و وزن دهی به روش تحلیل سلسله مراتبی و در نهایت رتبه بندی مناطق مکان های مستعد جهت احداث نیروگاه خورشیدی، نیروگاه اتمی، نیروگاه ذغالی و نیروگاه با سوخت دیگر را شناسایی کرده‌اند(Olufemi et al, 2012). داوسن و شل‌تر در سال ۲۰۱۲ مهم ترین عامل در مکان یابی نیروگاه خورشیدی حرارتی را تابش مستقیم خورشید دانسته‌اند آن‌ها معیارهای تابش خورشیدی و حداقل بودن ۲۰۰۰ کیلو وات

www.SID.ir

Archive of SID

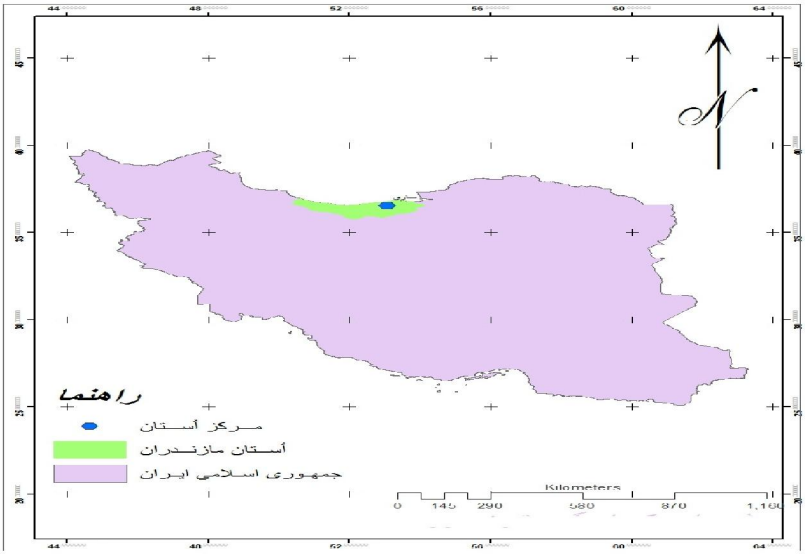
ساعت در متر مربع در سال، شیب زمین کم تر از دو درصد، حداقل زمین در دسترس ۲۰۰۰۰ هزار متر مربع، نزدیکی به شبکه‌های زیر بنایی راه و خطوط انتقال نیرو، نزدیکی به منبع جایگزین برای ادامه کار نیروگاه، مقدار مصرف انرژی انتخاب کرده‌اند و معیارهای خود را با استفاده از روش رتبه بندی وزن دهی کرده و با استفاده از قاعده تحلیل سلسله مراتبی مناطق غرب استرالیا را جهت احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی رتبه بندی نموده‌اند (Dawson &Schlyter, 2012).

۳- محدوده مورد بررسی

استان مازندران در شمال کشور و در مختصات ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است استان مازندران در شمال کشور جمهوری اسلامی ایران و با وسعتی معادل۴ /۲۳۷۵۶ کیلومتر مربع حدود ۱/۴۶ درصد از مساحت کشور را در بر داشته و هجدهمین استان از این حیث در کشور محسوب می گردد. دریای مازندران درشمال، استان های تهران و سمنان در جنوب و استان های گیلان و گلستان به ترتیب در غرب و شرق استان قرار دارند. مازندران بر اساس آخرین تقسیمات کشوری دارای ۲۲ شهرستان به نامهای آمل، بابل، بابلسر، بهشهر، تنکابن، جویبار، چالوس، رامسر، ساری، سوادکوه، سیمرغ، قائمشهر، گلوگاه، محمود آباد، نکا، نور، نوشهر، فریدونکنار، عباس آباد، سوادکوه شمالی، کلاردشت و میاندرود، ۵۸شهر، ۵۵ بخش، ۱۲۹ دهستان و ۳۶۹۷ آبادی می باشد. آب و هوای مازندران، معتدل و مرطوب است امتداد کوههای البرز در جنوب، نزدیکی به دریا و پوشش گیاهی از دلایل اصلی تعدیل آب و هوای این منطقه است. از لحاظ طبیعی مازندران به سه قسمت اصلی کوهستانی در جنوب، میان بند در وسط و جلگه ای در شمال تقسیم می شود. شیب ناهمواری های آن از غرب به شرق به موازات دریای خزر است. رشته کوه البرز با رودهای کوچک و بزرگی که درامتداد شمالی – جنوبی آن جریان دارند به سه منطقه غربی، مرکزی و شرقی تقسیم شده است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیت استان مازندران بالغ بر ۳۰۷۳۹۴۳ نفر می باشد. در شکل۱ موقعیت این استان در کشور مشاهده می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. موقعیت استان مازندران در محدوده کشور، بازسازی: نگارنده ۱۳۹۵

۴- لزوم ساخت نیروگاه خورشیدی، هدف و فرضیه

ایران از نظر مدت تابش نور خورشید نیز از شرایط بسیار مطلوبی برخوردار است و به‌نظر می‌رسد بتوان در اغلب مناطق کشور نیروگاه‌های خورشیدی احداث و به تدریج سایر نیروگاه‌هایی که دارای قدمت هستند را از رده خارج کرد؛ البته در سال‌های اخیر وزارت نیرو اقدامات مثبتی را در زمینه احداث نیروگاه‌های خورشیدی آغاز کرده است. این اقدامات مثبت در زمینه احداث نیروگاه‌های خورشیدی در سال‌های اخیر در حالی به انجام رسیده‌اند که به‌نظر می‌رسد با توجه به وسعت خاک ایران و تابش نور خورشید در بیش از ۲۶۵ روز از سال در ایران همچنان می‌توان و باید به فکر احداث نیروگاه‌های بیش تری جهت صرفه‌جویی در مصرف بی‌رویه انرژی‌های فسیلی بود. نیروگاه‌های خورشیدی که انرژی خورشید را به برق تبدیل می‌کنند مزایای زیادی در برابر نیروگاه‌های فسیلی دارند، به خصوص این که سازگار با محیط زیست هستند و قادر به حل مشکل برق به‌خصوص در دوران اتمام ذخایر نفت و گاز هستند(egou,et al, 2010: 2140). تأسیس و به‌کارگیری نیروگاه‌های خورشیدی آینده‌ای پرثمر و زمینه‌ای گسترده را برای کمک به خودکفایی و قطع وابستگی کشور به صادرات نفت فراهم خواهد کرد. با توجه به آمار ۱۵ ایستگاه سینوپتیک در استان مازندران با میانگین سالانه حدود ۲۳۰۰ ساعت آفتابی برای این احداث نیروگاه های خورشیدی قابل توجه خواهد

www.SID.ir

Archive of SID

بود که در جدول شماره (۱) ایستگاه های مورد اشاره به نمایش در آمده است. هدف اصلی در این مطالعه یافتن مکان های بهینه نیروگاه های سبز یا به اصلاح پاک می باشد که هم انرژی مورد نیاز استان را تامین نموده و هم مسبب توسعه پایدار در منطقه باشد. در این میان به نظر می‌رسد که عوامل محیطی تاثیر بیش تری نسبت به عوامل انسانی در مکان یابی نیروگاه خورشیدی در این استان داراست که مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۵- مواد و روش ها

تعیین مکان مناسب برای یک نیروگاه، تا حد زیادی به شناخت کامل و صحیح عوامل مؤثر و نحوه انتخاب آن‌ها وابسته است(Baban & Parry, 2001: 68). عواملی که در این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند بر اساس مطالعات پژوهشگران مختلف و نظر کارشناسان مرتبط با تحقیق می‌باشد. از میان عوامل اصلی فنی،اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مربوطه عواملی که امکان تهیه داده و مدل کردن آن‌ها وجود داشت انتخاب گردیدند. عواملی که در این پژوهش استفاده می شودعبارت‌اند از: ۱) لایه اطلاعاتی ساعات آفتابی ۲) فاصله از مناطق جمعیتی ۳) فاصله از راه ۴) فاصله از خطوط انتقال نیرو ۵) شیب ۶) کاربری اراضی و ۷) لایه محدودیت ها. که این مطالعه به ترتیبی که گفته می شود انجام شده است: ۱)تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارهای تحلیل ANP، ۲)امتیاز و وزندهی لایه های اطلاعاتی براساس اولویت معیارها، ۳)همپوشانی لایه های اطلاعاتی، ۴)طبقه بندی لایه ی اطلاعاتی نهایی حاصل از روش Topsis و استفاده در GIS.

جدول۱. ایستگاه های سینوپتیک استان مازندران

	نام	عرض	طول	ارتفاع	تاریخ تاسیس		
ردیف	ایستگاه	جغرافیایی	جغرافیایی	(متر)	میلادی	شمسی	نوع ایستگاه
۱	آلاشت	۳۶,۰۵	۵۲,۵۱	۱۹۰۰	۲۰۰۲	۱۳۸۱	سینوپتیک تکمیلی
۲	آمل	۳۶,۴۷	۵۲,۴۷	۲۹	۲۰۰۰	۱۳۷۹	تحقیقات کشاورزی
۳	بابلسر	۳۶,۷۲	۵۲,۶۵	-۲۱	۱۹۵۱	۱۳۳۰	سینوپتیک اصلی

www.SID.ir

Archive of SID

۴	بلده	۳۶,۱۲	۵۱,۴۸	۲۱۲۰	۲۰۰۶	۱۳۸۵	سینوپتیک تکمیلی
۵	بندرامیرآباد	۳۶,۵۱	۵۳,۲۲	۲۰-	۲۰۰۴	۱۳۸۳	سینوپتیک دریایی و مرکز رادار
۶	پل سفید	۳۶,۰۸	۵۳,۰۵	۶۱۰	۲۰۰۲	۱۳۸۱	سینوپتیک تکمیلی
۷	دشت ناز	۳۶,۶۲	۵۲,۱۸	۱۶	۱۹۹۹	۱۳۷۸	سینوپتیک اصلی
۸	رامسر	۳۶,۹	۵۰,۶۴	۲۰-	۱۹۵۵	۱۳۳۴	سینوپتیک اصلی
۹	ساری	۳۶,۵۵	۵۳	۲۲,۰۷	۱۹۹۹	۱۳۷۸	سینوپتیک اصلی
۱۰	سیاه بیشه	۳۶,۲۵	۵۱,۳	۱۸۵۵,۴	۱۹۹۹	۱۳۷۸	سینوپتیک
۱۱	قراخیل	۳۶,۴۳	۵۲,۸۲	۱۴,۷	۱۹۸۴	۱۳۶۳	تحقیقات هواشناسی کشاورزی/ اصلی
۱۲	کجور	۳۶,۲۳	۵۱,۴۴	۱۵۵۰	۲۰۰۶	۱۳۸۵	سینوپتیک تکمیلی
۱۳	کیاسر	۳۶,۲۳	۵۳,۵۵	۱۲۹۴	۲۰۰۱	۱۳۸۰	سینوپتیک اصلی
۱۴	گلوگاه	۳۶,۴۷	۵۳,۴۹	۱۰-	۲۰۰۴	۱۳۸۳	سینوپتیک تکمیلی
۱۵	نوشهر	۳۶,۶۵	۵۱,۵	۲۰,۹-	۱۹۷۷	۱۳۵۶	سینوپتیک اصلی

منبع: اداره کل هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵

۵-۱مراکز جمعیتی

مصرف کننده‌های عمده انرژی الکتریکی شهرها، روستاها و شهرک‌های صنعتی می‌باشند(Aydin, et al, 2010: 365). نزدیکی نیروگاه به مراکز بار مصرف مشخصه مهمی است و توجه به پراکندگی مکانی مصرف کننده‌ها ضروری است زیرا هدف از نزدیکی نیروگاه‌ها به مراکز مصرف کاستن از هزینه انتقال نیرو به آن مراکز و کاهش اتلاف انرژی

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد(Towers, 1997: 112). برای تهیه این لایه از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده به وسیله‌ی سازمان نقشه‌برداری استفاده شد و از تابع Buffer در نرم‌افزارARCGIS10.3 و بر حسب عکس فاصله از نقاط جمعیتی ارزشگذاری صورت گرفت. جدول شماره ۲ چگونگی طبقه بندی مجدد فاصله از نقاط جمعیتی را در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۲. فواصل و نحوه طبقه بندی مراکز جمعیتی

ارزش دهی رتبه ای	فاصله از شهرها(متر)
۱	۶۰۰۰۰< متر
۲	۳۰۰۰۰-۶۰۰۰۰ متر
۳	۱۵۰۰۰-۳۰۰۰۰متر
۴	۱۵۰۰۰>

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

۵-۲ لایه نزدیکی به راه ها

دسترسی به حمل و نقل ایمن، راحت و کم هزینه حق طبیعی هر شهروند محسوب می گردد. برای بخش صنایع و خدمات نیز حمل و نقل پشتوانه مهمی است (رحمانی، ۱۳۹۵: ۱۵۸). نقشه راه ها و جاده ها در احداث نیروگاه خورشیدی از چند جنبه مختلف دارای اهمیت می‌باشد، نزدیکی نیروگاه به راه‌ها موجب می‌شود تا هزینه‌های حمل و نقل تجهیزات نیروگاه، رفت و آمد پرسنل و پشتیبانی از نیروگاه کاهش یابد(Van Hoesen & Letendre, 2012: 2119). با استفاده از نقشه، تمام خطوط حمل و نقل نرم‌افزارARCGIS10.3 رقومی گردید اما به لحاظ این که ممکن است نقشه راه‌های موجود به هنگام نباشند با استفاده از تصاویر ETM به صورت تفسیر چشمی به هنگام شد. جدول شماره ۳ نحوه حریم گذاری و طبقه بندی مجدد لایه راه‌ها را در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. فواصل از شبکه راه‌هاو نحوۀ وزندهی به آن‌ها در مقیاس‌های مختلف

ارزش دهی رتبه ای	فاصله‌از راه‌ها(متر)
۱	۴۰۰۰۰ >
۲	۴۰۰۰۰- ۵۰۰۰
۳	۵۰۰۰ - ۱۰۰۰
۴	۱۰۰۰ >

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

۵-۳ لایه‌ی شیب زمین

شیب، میزان تغییر ارتفاع در جهت نزول شیب را تعریف می‌شود هزینه احداث نیروگاه‌های خورشیدی در شیب‌های مختلف متفاوت می‌باشد.. توابع شیب در GIS بر اساس ارتفاع نقاط در مدل رقومی زمین و فاصله آن‌ها از هم برای هر یک از سلول‌ها محاسبه می‌شود (Grassi, et al, 2012: 70). در این تحقیق مدل رقومی ازتفاع با استفاده از با توابع و فیل‌ترهای موجود در نرم افزار با خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در نرم‌افزارARCGIS10.3 تهیه شد و سپس رفع خطا گردید، پس از آن با استفاده از تابع slope نقشه شیب منطقه استخراج شد. نحوه ارزش دهی شیب در مقیاس‌های مختلف در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. طبقات شیب زمین و نحوۀ وزندهی به آن در مقیاس‌های مختلف

ارزش دهی رتبه ای	طبقات شیب زمین(درصد)
۱	۱۰>
۲	۶-۱۰
۳	۲-۶
۴	۲<

منبع: نگارنده، ۱۳۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۴ لایهٔ کاربری اراضی

لایهٔ کاربری اراضی برای استان مازندران از نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی به دست آمد و سپس با لایه تهیه شده کاربری اراضی اداره منابع طبیعی استان و تصاویر ماهواره‌ای به هنگام شد. بدین صورت که یکی از کاربردهای سنجش از دور شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی و قرار دادن آن‌ها در گروه‌ها و یا طبقات مشخص می‌باشد(McCabe et al, 2013: 451). طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به عنوان مهم ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد. با توجه به این که احداث نیروگاه‌های خورشیدی در کاربری‌های متفاوت هزینه‌های متفاوتی ایجاد می‌کند و در تمام کاربری‌ها امکان احداث وجود ندارد بنابراین هدف از طبقه‌بندی در این تحقیق تهیهٔ نقشهٔ کاربری زمین می‌باشد. نقشه کاربری زمین بیانگر چگونگی استفاده از یک قطعه زمین می‌باشد (همانند زمین‌های کشاورزی، مسکونی و نواحی جنگلی) داشتن اطلاعات صحیح از کاربری اراضی برای هر نوع فعالیت و برنامه‌ریزی در سطح کشور ضروری می‌باشد و سنجش از دور می‌تواند در این زمینه نقش اساسی ایفا کند. هنگام طبقه‌بندی هر یک از پیکسل‌های تصویر با نشانه‌های طبیعی و یا نمونه‌های جمع‌آوری شده در مراحل قبل مقایسه شده و هر گروه از پیکسل‌ها به یکی از طبقات نمونه‌گیری شده نسبت داده می‌شوند(McCabe et al, 2013: 452). نمونه‌های آموزشی به کمک نقشه‌های کاربری مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ و مشاهدات میدانی بدست آمدند. در این تحقیق از تصویر سنجنده ETM به منظور تهیهٔ نقشهٔ کاربری منطقه مورد مطالعه استفاده گردید که بر اساس تقسیم‌بندی اندرسن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست می‌توان نقشه کاربری اراضی با سطح طبقه‌بندی درجه ۲ استخراج کرد. پس از حاصل شدن نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس مقیاس‌های مختلفی ارزش دهی شد که در جدول شماره ۵ آمده است.

جدول ۵. کاربری اراضی و نحوهٔ وزندهی به طبقات مختلف آن در مقیاس‌های مختلف

ارزش دهی رتبه ای	کاربری زمین
۱	جنگل متراکم، مخلوط باغ و مجتمع درختی- جنگل مصنوعی، شهر و روستا،مخلوط زراعت آبی و باغ، ذخایر سطحی آب، مناطق صنعتی، معدنی تاسیسات، زراعت آبی،بستر آبراهه،
۲	زراعت دیم، زراعت آبی، اراضی مرطوب با پوشش مرطوب، بیشه زار و بوته زار، عرصه آبخوان
۳	اراضی دیم و مرتع با پوشش کم تراکم
۴	مراتع خیلی کم تراکم، اراضی بایر و اراضی فاقد پوشش گیاهی

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۵ ساعت آفتابی

انرژی خورشیدی به فاکتورهای هواشناسی، جغرافیایی، اقلیمی و فرا جوی بستگی دارد. متاسفانه ایستگاه‌های اندازه گیری تابش خورشیدی در استان زیاد نیست و در برخی از تابش سنجی‌های موجود هم خطای اندازه گیری وجود دارد و از دقت کافی برخوردار نیستند(Rylatt et al, 2001: 585). برای تهیه لایه ساعات آفتابی از مجموع ساعات آفتابی سالانه ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شد. متوسط واقعی ساعات آفتابی منطقه حدود ۲۳۰۰ ساعت در سال می‌باشد که عدد خوبی برای بهره برداری از انرژی خورشید می‌باشد به این منظور از ۱۵ ایستگاه موجود در استان و اطراف آن جهت درون یابی و تخمین ساعت آفتابی استفاده شده است. جدول شماره (۶) ساعات آفتابی و نحوهٔ وزن دهی به طبقات مختلف آن در مقیاس‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۶. ساعات آفتابی و نحوهٔوزندهی به طبقات مختلف آن در مقیاس‌های مختلف

ارزش دهی رتبه ای	مجموع ساعات آفتاب در سال
۱	<۲۳۰۰
۲	۲۳۰۰-۲۱۰۰
۳	۲۱۰۰-۲۰۰۰
۴	۲۰۰۰>

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

۵-۶ فواصل از خطوط انتقال نیرو

برق تولیدی هر نیروگاه برای توزیع در شبکه نیاز به خطوط انتقال نیرو دارد (Kaplan, 2008). فاصله نیروگاه از خطوط برق شبکه یا یک نقطه بار که بتواند خروجی نیروگاه را قبول کند بسیار اهمیت دارد. زیرا که افزایش این خطوط علاوه بر بالا بردن هزینه پروژه، باعث تلفات برق تولید شده در شبکه نیز می‌گردد(Frandsen et al 2006: 50). این لایه از خطوط برداشت شده اداره برق منطقه ای استان مازندران تهیه شد. در جدول شماره ۷ نحوه حریم گذاری و ارزش دهی فواصل از خطوط انتقال نیروی برق استان آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. نحوه حریم گذاری و ارزش دهی خطوط انتقال نیرو

ارزش دهی رتبه ای	فواصل از خطوط انتقال نیرو
۱	>۶۰۰۰۰
۲	۳۰۰۰۰-۶۰۰۰۰
۳	۱۵۰۰۰۰-۳۰۰۰۰
۴	>۱۵۰۰۰

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

۵-۷ محدودیت

تعیین عوامل محدودکننده اصولاً بر اساس منابع و تمهیدات موجود می‌باشد و قضاوت‌های حرفه‌ای را شامل می شود(Voivontas, 1998: 337). برای نمونه هزینه‌ی احداث امکانات و یا هزینه‌های پیاده‌سازی یک استراتژی حفاظت محیطی نباید از یک حد مشخصی بیش‌تر باشد. این نوع از محدودیت‌ها معمولاً محدودیت‌های بودجه‌ای نامیده می‌شود. محدودیت‌ها، موانعی را روی مجموعه گزینه‌های تصمیم‌گیری تحمیل می‌کنند. یک گزینه اجرایی می‌شود، اگر هیچ یک از محدودیت‌ها را نداشته باشد. گزینه‌هایی که نمی‌توانند محدودیت‌ها را ارضا کنند ناچار جزء گزینه‌های غیرقابل اجرا محسوب می‌شوند که بر دو نوع‌اند: محدودیت بولین یا منطقی و محدودیت هدف (Kirby et al, 2003). مثالی برای محدودیت هدف این است که در نظر گرفته شود زمین مناسب برای احداث نیروگاه خورشیدی، می باید ۲ هکتار باشد، این نوع محدودیت از نوع هدف می‌باشد. از جنبه ی دیگر نیز محدودیت‌ها به دو بخش جبرانی و غیرجبرانی تقسیم می‌شوند. تهیه ی لایه محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه، مطابق با نظرات کارشناسان مربوطه انجام گردید که در جدول شماره ۸ نشان داده شده است، همچنین شکل ۲ نیز محدودیت ها در اُستان مازندران را جهت احداث نیروگاه خورشیدی نشان می دهد. برای تهیه‌ی لایه محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه، ابتدا تمام لایه‌هایی که امکان ایجاد محدودیت را داشتند به صورت بولین درآمدند، سپس با اعمال عملگر OR بین تمام لایه‌ها، لایه محدودیت‌ها حاصل شد. محدودیت‌های در نظر گرفته شده این تحقیق از نوع غیرقابل جبران می‌باشند که در نهایت باید از نقشه‌ی خروجی کم شوند. بر اساس برآوردهای

www.SID.ir

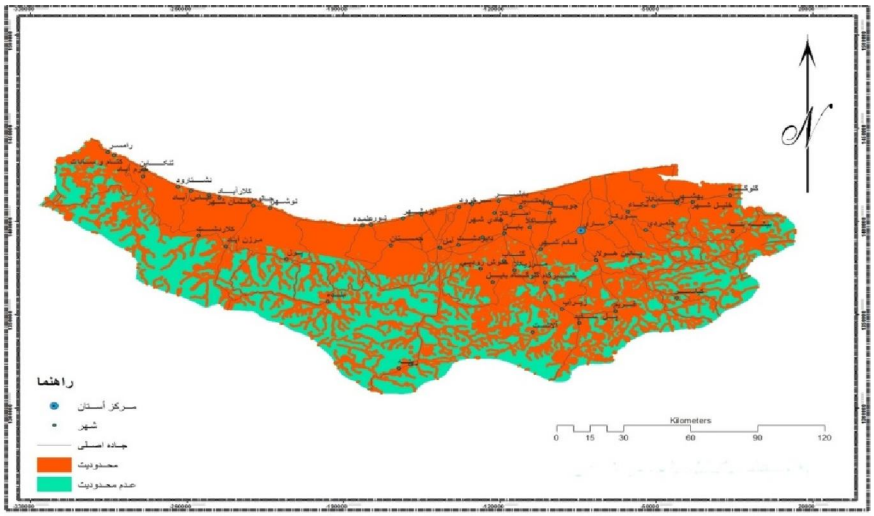
Archive of SID

انجام شده ۱۴۱۷۶ کیلومتر مربع از مساحت این اُستان غیر قابل استفاده جهت احداث نیروگاه خورشیدی می باشد.

جدول ۸. محدودیت ها جهت احداث نیروگاه

عامل	معیار برای تهیه نقشه محدودیت
جاده	حریم ۲۰۰ متر از هر دو طرف
رودخانه	حریم ۲۰۰ متری
گسل	حریم ۳۰۰۰ متری
محدوده نقاط جمعیتی	حریم ۵۰۰۰ متری
ارتفاع	بالای ۱۰۰۰ متر

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵



شکل ۲. محدودیت های مشخص شده در منطقه مورد مطالعه، بازسازی: نگارنده ۱۳۹۵

۵-۸ تحلیل شبکه ای (ANP)

مقصود از وزن دادن بیان اولویت هر معیار نسبت به معیار دیگر است(Wiginton, 2010: 351). روش این پژوهش توصیفی-تحلیلی و برای بررسی موضوع از سامانه اطلاعات مکانی(GIS) و فرآیند تحلیل شبکه ای(ANP) استفاده شد. برای اولویت بندی معیارها ومکان

www.SID.ir

Archive of SID

یابی بر اساس دو فرایند تحلیلی نامبرده از نرم افزار Matlab وSuper Decisions در کنار Arc GIS بهره گرفته شد. بعد از تهیه لایه های مورد نیاز، طبقه بندی مجدد و وزن دهی های لازم به واحد های مختلف لایه ها و انجام فرآیند تحلیلی، مکان های مناسب و نا مناسب در منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. در تصمیم گیری چند معیاره مکانی، بعد از شناسایی مسأله تصمیم گیری مجموعه ای از معیارها با توجه به شرایط منطقه در نظر گرفته می شود. در روش های پیوسته فضایی کل فضا به صورت یکپارچه در نظر گرفته می شود و از قبل هیچ گزینه یا آلترناتیو مشخصی وجود ندارد و معمولا تعداد آلترناتیوها نامحدود و نامعین می باشد(Marnay et al, 1997). در نظر گرفتن معیارها و عوامل موثر در این مطالعه بر اساس مطالعات پژوهشگران مختلف صورت پذیرفت. در این تحقیق از روش تحلیل شبکه ای استفاده شد که مزیت اصلی روش مذکور این است که سنجش سنج های مختلف براساس روابط آنها و نه سلسله مراتب انجام می شود، که با توجه به پیچیدگی مسائل مختلف محیطی در مازندران می تواند نتایج بهینه ای را ارائه دهد. این مدل از سلسله مراتب کنترل، خوشه ها، روابط متقابل بین خوشه ها و عناصر تشکیل می شود. پس از ایجاد ماتریس مقایسه زوجی خوشه‌ها و محاسبه مقایسه زوجی درون خوشه ها و تشکیل سوپر ماتریس اولیه و سوپرماتریس وزنی محاسبه وزن نهایی معیارها انجام شد که به ترتیب درجداول ۹ و ۱۰ مشاهده می شود.

جدول ۹. ماتریس مقایسه زوجی و وزن خوشه ها

عنوان	محیط زیستی	اجتماعی- فرهنگی	اقتصادی -فنی	وزن نسبی	وزن نهایی
اقتصادی-فنی	۱	۴	۳	۰/۲۵۴	۰/۳۱۱
اجتماعی- فرهنگی	۲	۱	۳	۰/۲۱۲	۰/۲۷۰
محیطی	۴	۳	۱	۰/۳۸۲	۰/۲۳۵

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰. وزن هر معیار با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه ای در مکان یابی نیروگاه

معیار	کاربری اراضی	جمعیت	شیب	نزدیکی به خطوط انتقال	نزدیکی به جاده	ساعت آفتابی
وزن عمومی	۰/۰۱۲	۰/۰۳۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۸
وزن خوشه	۰/۲۳۵	۰/۵۴۶	۰/۲۷۰	۰/۳۱۱	۰/۲۷۰	۰/۲۳۵
وزن نهایی	۰/۰۰۲۸۲	۰/۰۰۵۱۹	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۲۷۹	۰/۰۰۳۷۸	۰/۰۰۴۲۳

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

۵-۹ روش تاپسیس

با استفاده از تکنیک ANP هم شاخص های تصمیم گیری تعیین اولویت شد و هم گزینه برتر انتخاب گردید. اما از این تکنیک کم تر برای تعیین اولویت نهائی گزینه ها استفاده می شود و تکنیک های پیچیده تری مانند تکنیک تاپسیس در این زمینه کاربرد دارند(Dominguez et al, 2007: 324). روش تاپسیس در سال۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه شد. اصل اساسی تاپسیس بر این است که گزینه انتخابی کم ترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیش ترین فاصله را از ایده آل منفی داشته باشد. گزینه‌های گوناگون J با $A_1, A_2, ..., A_j$ نشان داده می‌شود. برای گزینه‌های مختلف A_j وزن i ام با f_{ji} نشان داده می‌شود. برای مثال f_{ji} مقدار i امین معیار برای گزینه‌ی A_j می‌باشد. n تعداد معیارها می‌باشد. روش تاپسیس با مراحل زیر قابل اجرا می‌باشد (Chen, Ty & Tsao, 2008)

مرحله اول- محاسبه‌ی ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم نرمال شده با رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{j} f_{ij}^2}} \qquad j=1,2,3,...,j \qquad i=1,2,3,...,n$$

مرحله‌ی دوم-محاسبه ی ماتریس تصمیم وزن دار: مقدار نرمال شده‌ی وزن دار v_{ji} از رابطه‌ی ۲ بدست می‌آید:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$v_{ji} = w_i * r_{ij}$$

مرحله‌ی سوم : تعیین ایده آل و ایده آل منفی:

$$A^* = \{v^*_1, ..., v^*_i\} = \{(\max_{jji} v) \mid i \in I'), (\min_{jji} v) \mid i \in I'')\}$$

www.SID.ir

Archive of SID

$A^- = \{v^-_1, \ldots, v^-_i\} = \{(\min_{jji} v) | \; i \in I'), (\max_{jji} v) | \; i \in I'')\}$

مرحله‌ی چهارم-محاسبه ی فاصله‌ها : با استفاده ازفرمول فاصله‌ی اقلدیسی فاصله‌ی هر گزینه را از ایده آل بدست می‌آوریم.

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_i^*)^2} \qquad J=1,2,3,\ldots,j$$

به طریق مشابه فاصله از ایده آل منفی را به دست می‌آوریم.

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_i^-)^2} \qquad J=1,2,3,\ldots,j$$

مرحله‌ی پنجم- محاسبه‌ی نزدیکی نسبی به ایده آل : نزدیکی نسبی گزینه‌ی A_j به صورت رابطه ۴ تعریف می‌شود.

$$CC_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \qquad j=1,2,3,\ldots,J$$

مرحله‌ی ششم: رتبه بندی کردن گزینه‌ها: برای این که نتیجه به دست آمده از این روش با نتایج روش های دیگر قابل مقایسه باشد بایستی استانداردسازی صورت گیرد(اصغر پور، ۱۳۸۱: ۳۲۴). که پس از عمل استانداردسازی نقشه خروجی نهایی حاصل خواهد شد. پس از بدست آمدن نقشه نهایی، برای حذف نقشه محدودیت‌ها بین دو نقشه عملگر ضرب اعمال می‌شود.

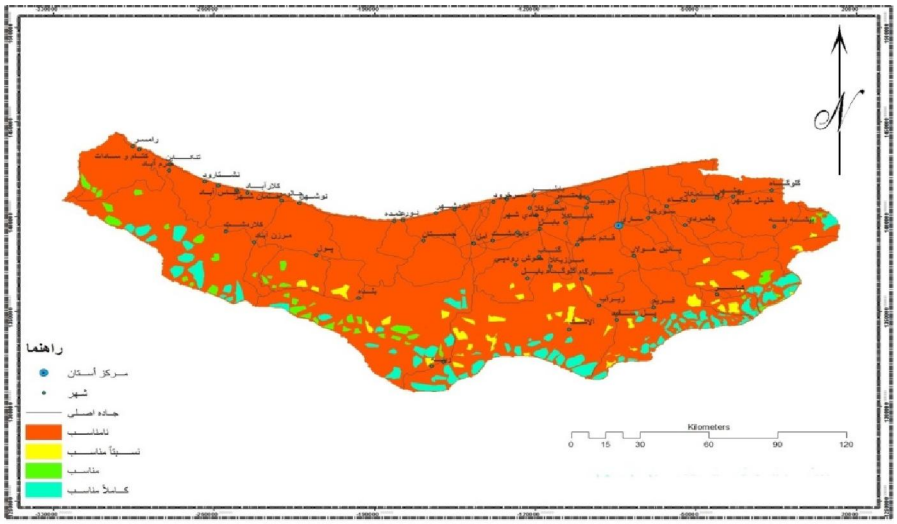
۶– واکاوی

مکان های مشخص شده به عنوان گزینه برتر به اوزان در معیارها و قوانین تصمیم مورد استفاده در روند تصمیم گیری بستگی دارد. بنابراین ویژگی های مسأله تصمیم گیری و روش های تلفیق و شکل گیری این فرآیند می‌بایست در انتخاب بهترین گزینه مد نظر قرار گیرد. ویژگی های مسأله تصمیم گیری با اندازه و ابهام در مسأله و اندازه خطاهای موجود در اطلاعات داده شده و محتمل بودن آن در ارتباط است. بر اساس بررسی ها ویژگی های اصلی تصمیم گیری چند معیاره مکانی که در این مطالعه فرآیند تحلیل شبکه ای و تلفیق آن با تکنیک تاپسیس بوده است در شناسایی مناطقی که امکان احداث نیروگاه‌های خورشیدی

www.SID.ir

Archive of SID

حرارتی وجود داشت، این گونه بیان می شود: به تصمیم گیر این امکان داده شد تا مسأله ای که درآن تعدادی گزینه مطرح است حل کرده و مجموع گزینه‌ها را تا یک اندازه معنی دار کاهش دهد، زیرا تا زمانی که تنها با یک گزینه مواجه باشیم اصولاً تصمیم گیری مفهومی نخواهد داشت. شکل شماره ۳ مناطق حاصل بهینه جهت احداث نیروگاه خورشیدی را نشان می دهد و در جدول شماره ۱۱ نیز مساحت این مناطق به نمایش در آمده است. در نهایت جدول ۱۲ و شکل شماره ۴ درصد انطباق معیارها را یا گزینه های ایده آل مورد بحث در این مطالعه نشان می دهد.



شکل ۳. مناطق مستعد و امکان پذیر جهت احداث نیروگاه خورشیدی استان مازندران، بازسازی: نگارنده ۱۳۹۵

جدول ۱۱. مساحت مناطق طبقه بندی شده جهت احداث نیروگاه به کیلومتر مربع

کاملاً مناسب	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب
۴۷۷۱/۹۶۰	۲۲۴۸/۱۱۷	۲۵۶۰/۲۷۱	۱۴۱۷۶/۰۵۲

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

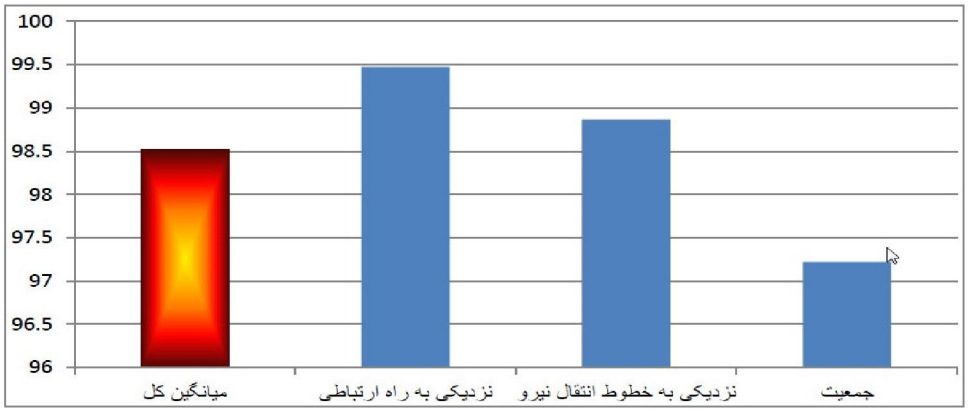
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۲. درصد انطباق تکنیک تاپسیس با گزینه‌های ایده آل سه معیار اصلی

میانگین مجموع به درصد	نزدیکی به راه	نزدیکی به خطوط انتقال نیرو	جمعیت	قاعده تصمیم گیری
۹۸.۸۶۵۵۵۹۶۷	۹۹.۸۱۳۰۴۰۵۶	۹۹.۴۲۰۷۴۸۸۶	۹۷.۳۵۷۳۴۹۸۷	تاپسیس

بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵



شکل۴. نمودار تطابق تکنیک تاپسیس با سه معیار اصلی در مکان یابی نیروگاه خورشیدی، بازسازی: نگارنده، ۱۳۹۵

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

در فرضیه این تحقیق که دخیل بودن عوامل محیطی را موثرتر از عوامل انسانی در مکان یابی نیروگاه خورشیدی در استان مازندران دانسته بود با بررسی و در نظر گرفتن سه دیدگاه مختلف محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی فرهنگی رد شد و مهم ترین عوامل در استان مازندران جهت احداث نیروگاه عامل جمعیت، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و نزدیکی به راه دانسته شد که هر سه عوامل انسانی قلمداد می شوند. با توجه به مسأله‌ی تصمیم گیری مکانی، ارزیابی صحیح روش ها و انتخاب مناسب‌ترین مکان جهت اجرای پروژه با توجه به شرایط حال حاضر یکی از مسائل مهمی است که پیش روی تصمیم گیران قرار دارد.در این پژوهش معیارهای مناسب جهت احدات نیروگاه‌های خورشیدی دراستان مازندران با مطالعه تحقیقاتی که توسط پژوهشگران داخلی وخارجی وهمچنین نظر کارشناسان و داده‌های موجود

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین گردید. پس از وزن دهی از تحلیل شبکه ای جهت تلفیق لایه‌ها استفاده شد و پس از ارزیابی نتایج در مناطقی که امکان احداث نیروگاه خورشیدی وجود داشت معرفی گردید و ۴۷۷۱/۹۶۰ کیلومتر مربع در طبقه کاملاً مناسب جهت احداث قرار دارد. باید توجه داشت که مناطق معرفی شده به عنوان مکان های بهینه نمی‌توانند کاملا جامع باشند بنابراین فقط برای مطالعات تفصیلی و جامع تر معرفی می‌شوند. در نهایت می توان گفت که در استان مازندران مناطق مناسبی برای احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی وجود دارد.

۸- پیشنهادها

با انجام مطالعه پتانسیل یابی و مکان یابی برای احداث نیروگاه های خورشیدی از دیدگاهای مختلف، ترکیب نتایج دیدگاه های تصمیم گیری و مقایسه نتایج حاصل از روش ها می توان پیشنهادهای را برای مطالعات بعدی در زمینه نیروگاه های خورشیدی به صورت زیر عنوان کرد:

با توجه به محدود بودن منابع فسیلی، افزایش حامل های سوخت در ایران، مزایای انرژی های پایدار مطالعات مربوط به بررسی مکان های مستعد نیروگاه های انرژی پایدار اعم از خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، جذر و مدی با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی برای تمام استان های ایران مفید خواهد بود. با توجه به این موضوع که مکان یابی نیروگاه های خورشیدی به صورت محلی می باشد و شاید در بررسی های مناطق بزرگ که گسترش عرض جغرافیایی زیادی دارند مهم ترین عامل تابش خورشیدی است بدست آوردن مقدار تابش بوسیله ی مدل های پیشنهادی و اخیرا با استفاده از فن آوری سنجش از دور می تواند نتایج دقیق تری را بدست آورد .برای مطالعات دقیق تر میتوان از لایه های اطلاعاتی با مقیاس بزرگ تر استفاده شود .می توان بر اساس مطالعه انجام گرفته لایه های اطلاعاتی را به لایه های هزینه تبدیل نمود و مکان های مستعد را بر مبنای میزان هزینه مطالعه نمود. می توان از دیگر روش های تصمیم گیری مکانی استفاده نموده و نتایج را با نتایج به دست آمده در این تحقیق مقایسه نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخذ:

۱) اصغرپور، محمد جواد، ۱۳۸۱ ، تصمیم گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۲ صفحه

۲) اسفندیاری و رنگزن و صابری و فتاحی مقدم، علی و کاظم و عظیم و مهدی، «پتانسیل سنجی احداث نیروگاه خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با سامانه اطلاعات جغرافیایی»، همایش ملی ژئوماتیک، تهران، ۱۳۹۰

۳) پورآقائی، عبداله.، فرجی راد، ع.، ملک حسینی، عباس.، ۱۳۹۵، تحلیلی برایجاد شهرهای شبه جهانی در سواحل شمال ایران و نقش آن در توسعه منطقه ای شمال کشور با استفاده از مدل ترکیبی (AHP-SWOT)، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۳۴، ۱۳۲-۱۵۳.

۴) حیدری، مصطفی، «مکان یابی ساخت نیروگاه‌های خورشیدی در ایران» ، نفت و انرژی، ۴۹، ۱۳۸۸، ۲۴-۳۷

۵) رحمانی، محمد.، ۱۳۹۵، پهنه بندی تصادفات جاده ای با هدف تعیین نقاط حادثه خیز با استفاده از GIS (نمونه موردی: مسیر همدان-ملایر) فصلنامه آمایش محیط، شماره ۳۴، ۱۵۶-۱۷۵.

۶) عزیزی، امید و همکاران، گزارش مکان یابی نیروگاه‌های حرارتی با درظر گرفتن عوامل محیط زیستی با استفاده از جی آی اس، سازمان سابا، تهران، ۱۳۸۲

7) Aydin, N.Y., Kentel, E., Duzgun, S.: GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 14, Issue 11: 364-373 (2010)

8) Baban, S.M.J., Parry, T.: Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. Renewable Energy Volume 24, Issue 21: 59-71 (2001)

9) Breyer, christian., knies, gerhard., "Golobal energy supply potential of concentrating solar power", solar spaces, vol.9, pp.15-19, 2009.

10) Charabi, A., .Gastli, Y., "PV site suitability analysis,using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation", Renewable Energy, vol.36, pp.2554-2561, 2011.

www.SID.ir

Archive of SID

11) Dawson, Schlyter., Lucas, Peter., "Less is more: Strategic scale site suitability for concentrated solar thermal power in Western Australia", vol. 47,pp. 91-101, 2012.
12) Dominguez, J., Amador, J.: Geographical information systems applied in the field of renewable energy sources. Computers & Industrial Engineering 52, 322–326 (2007)
13) Frandsen S, Barthelmie R, Pryor S, et al.: Analytical modeling of wind speed deficit in large wind offshore windfarms. WindEnergy 9, 39-53 (2006)
14) Giovanello, A., Kaplan, C.S.: Wind Energy siting handbook. AWEA - American Wind Energy Association (2008)
15) Janke,Jason, "Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado", Renewable Energy, vol.35, pp.2228-2234, 2010
16) Kirby, M., Dahle, D., D., H., et al.: Assessing the Potential for Renewable Energy on Public Land. U.S. Bureau of Land Management (2003)
17) Marnay, C., Richey, R.C., Mahler, S.A., et al.: Estimating the environmental and economics effects of widespread residential PV adoption using GIS and NEMS. Ernest Lawrence Berkeley National Laboratory: University of California, EEUU Report, (1997)
18) McCabe M, Kustas W, Kongoli C, Ershadi A, Hain C (2013) Global-scale estimation of land surface heat fluxes from space: current status, opportunities, and future directions, in: Petropoulos. Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content, E-Publishing Inc., Pp 447-462.
19) Nguyen, H.T., Pearce, J.M.: Estimating potential photovoltaic yield with r.sun and the open source Geographical Resources Analysis Support System. Solar Energy Vol.84, Issue 85: 831-843 (2010)
20) Olufemi A., Omitaomu, K., Brandon ,R. Blevins, C. Gary T., Stanton ,W. Hadley, J. Harrison, Budhendra, L., Amy N. Rose, "Adapting a GIS-based multicriteria decision analysis approach for evaluating new power generating sites", Applied Energy, VOL.96, pp.292-301, 2012.

www.SID.ir

Archive of SID

21) Rylatt, M., Gadsden, S., Lomas, K.: GIS-based decision support for solar energy planning in urban environments. Computers,Environment and Urban Systems Volume 25, Issue 26, Pages 579-603 (2001)
22) Sliz-Szkliniarz, B., Vogt., J.: GIS-based approach for the evaluation of wind energy potential: A case study for the Kujawsko–Pomorskie Voivodeship. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 1696-1707 (2011)
23) Tegou, L.I., Polatidis, H., Haralambopoulos, D.A.: Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. Journal of Environmental Management Volume 91, Issue 11, Pages 2134-2147 (2010)
24) Towers, G.: GIS versus the community-Siting power in southern West Virginia. Applied Geography 17, 111-125 (1997)
25) Van Hoesen, J., Letendre, S.: Evaluating potential renewable energy resources in Poultney, Vermont: A GIS-based approach to supporting rural community energy planning. Renewable Energy Vol.35, Issue 39: 2114-2122 (2010)
26) Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Mourelatos, A.: Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system. Renewable Energy 13(13):333-344 (1998)
27) Wiginton, L.K., Nguyen, H.T., Pearce, J.M.: Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy. Computers, Environment and Urban Systems Volume 34, Issue 34: 345-357 (2010)
28) https://www.amar.org.ir/
29) http://news.moe.gov.ir/
30) http://frw.org.ir/00/Fa/default.aspx

www.SID.ir