

مکان یابی نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی از طریق قاعده تصمیم‌گیری مکانی تاپسیس

مطالعه موردی: استان هرمزگان

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۴/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۰۴/۲۵

احمد نوحه‌گر (استاد ژنومورفولوژی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران)

محمد کمانگر* (کارشناس ارشد سامانه اطلاعات جغرافیایی معاونت بهره‌برداری آب و فاضلاب استان کردستان)

پیمان کرمی (کارشناس ارشد آمایش محیط دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان)

بهروز احمدی دوست (دانشجو دکتری آبخیزداری دانشکده محیط زیست دانشگاه هرمزگان)

چکیده

آلودگی‌های محیط زیستی، نوسانات قیمت و پایان‌پذیر بودن منابع انرژی فسیلی مورد استفاده در نیروگاه‌ها باعث روی آوردن به منابع انرژی جای‌گزین شده است. استفاده از انرژی خورشیدی می‌تواند بهترین گزینه‌ی تامین در نیروگاه‌های تولید برق باشد. انتخاب مکان مناسب برای احداث این نیروگاه‌ها بدلیل تاثیر موقعیت مکانی نیروگاه‌ها بر میزان و هزینه تولید و انتقال انرژی ضروری است. استان هرمزگان بدلیل افزایش جمعیت و استفاده از فن آوری نوین با کمبود تولید برق مواجه است در صورتی که پتانسیل بالایی جهت بهره‌برداری از انرژی خورشیدی دارد. هدف از این پژوهش مکان‌یابی مناطق مناسب در این استان جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی می‌باشد. در پژوهش‌های گذشته صرفاً پتانسیل یابی مناطق بدون توجه به تناسب مناطق به مکان‌یابی پرداخته‌اند. در این پژوهش از معیارهای ساعات آفتابی، شیب، فاصله از مناطق جمعیتی، فاصله از راه‌ها، فاصله از خطوط انتقال نیرو، کاربری اراضی با استفاده مدل تاپسیس فازی جهت پتانسیل‌سنجی مکان‌های مساعد استفاده شد. بر اساس این روش ۱۸۳۰۸,۴۲۸۶۸۶ کیلومتر مربع از مساحت استان هرمزگان در طبقه خیلی خوب جهت احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج حاصل از این روش با استفاده از کنترل زمینی مورد بررسی قرار گرفت که حاکی از برآورده شدن همه معیارهای انتخابی در نواحی کاملاً مناسب و رضایت‌بخش بودن به کارگیری روش تاپسیس فازی در امر مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی است.

واژه‌های کلیدی: انرژی، نیروگاه خورشیدی، تصمیم‌گیری مکانی، تاپسیس فازی، هرمزگان.

* نویسنده رابط: mohamad.kamangar63@gmail.com

۱- مقدمه

انرژی منشاء کلیه فرآیندهای طبیعی و انسانی است (بهشتی فر و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۸۴). نیروگاه برق مجموعه‌ای از تأسیسات صنعتی است که در آن انرژی از شکلی مانند انرژی شیمیایی، انرژی هسته‌ای، انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. رشد روز-افزون جمعیت و تقاضای مصرف انرژی الکتریکی همچنین کم بودن تولید فعلی برق احداث نیروگاه‌های جدید را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. در حال حاضر با دو چالش عمده جهت تأمین نیاز برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی روبه‌رو هستیم اول پایان پذیر بودن سوخت‌های فسیلی و مهم تر از آن اثرات آلودگی های محیط زیستی که استفاده از منابع فسیلی بر جای می‌گذارند (Resch et al, 2008: 326). غلظت گازهای گلخانه‌ای در ۲۵۰ سال گذشته به علت افزایش استفاده از منابع فسیلی، از بین بردن جنگل‌ها و تغییرات کاربری‌های اراضی افزایش یافته است با توجه به اطلاعات به دست آمده از یخ‌های قطبین غلظت دی اکسید کربن و متان بیش از ۶۵۰۰۰۰ سال گذشته است (Solomon et al, 2007: 418). گرچه در مورد معایب سوخت‌های فسیلی از جمله گرم شدن کره زمین همگان می‌دانند ولی هنوز به علت فراوانی و قیمت ارزان سوخت‌های فسیلی بیش تر انرژی تولید شده جهان از این سوخت‌ها به دست می‌آید. با توجه به اینکه انرژی خورشید رایگان بوده و همچنین اثرات زیست محیطی نامطلوبی که سوخت‌های فسیلی و حتی سوخت‌های هسته‌ای به جا می‌گذارند را ندارد می‌تواند منبع مناسبی جهت جای‌گزینی سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود (Dutra & Szklo, 2010: 2509). بنا بر تحقیقات سازمان آژانس بین‌المللی انرژی، رشد ۲۰ تا ۲۵ درصدی استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید انرژی الکتریسیته تا سال ۲۰۵۰ خواهیم داشت (Dawson & Lucas, 2012: 94). آژانس بین‌المللی انرژی بیان کرده است تا سال ۲۰۵۰ سامانه‌های انرژی فتوولتاییک و حرارتی خورشیدی قادر خواهند بود ۹۰۰۰ تراوات ساعت انرژی تولید کرده که سالانه از خروج ۶ بیلیون تن در اکسید کربن در جو جلوگیری خواهد شد. از جمله مراحل موجود در آمایش سرزمین معرفی مکان‌های مناسب برای فعالیت‌های مختلف مانند صنایع، کشاورزی و جنگل برای پاسخ‌گویی به اهداف مدیران است (Stewart & Pullin, 2007: 3). در صورتی که این کار به درستی انجام نشود زیان‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست، اکولوژی و اقتصاد منطقه و حتی جوامع انسانی وارد خواهد کرد (Ahammed & Azeem, 2013, 8). بسیاری از جوامع به خصوص در کشورهای در حال توسعه به منظور تقویت پایه‌های توسعه و رفع عدم تعادل بیش از هر زمانی نیازمند برنامه‌ریزی و شناسایی امکانات و منابع

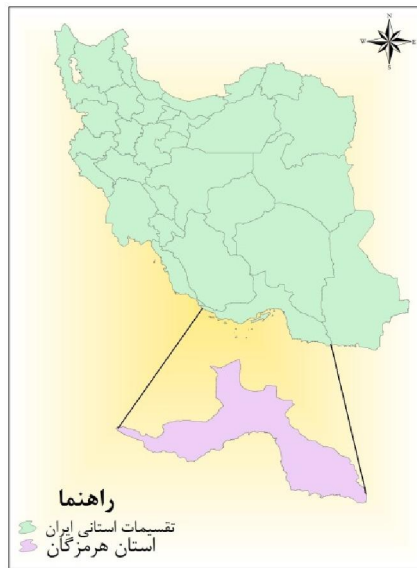
بالقوه و بالفعل شان می باشند (امانپور و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۶). بیش از ۸۰ درصد داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده جهت اتخاذ تصمیم، دارای ماهیت و جنبه‌های مکانی و البته زمانی هستند (محمدی، ۱۳۸۶، ج ۴: ۳۷). هدف نهایی از به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی فراهم کردن پشتیبانی برای تصمیم‌گیری‌های مکانی است (مخدوم و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۱۸). قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مکانی را می‌توان در بستری از فرایند تصمیم‌گیری مکانی مورد تحلیل قرار داد. جهت مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی نیز با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری مکانی تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. از جمله گروه محیط زیست سبابا (۱۳۸۱ و ۱۳۸۲) پروژه‌هایی را به منظور مکان‌یابی نیروگاه حرارتی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی اجرا نموده که ضعف پروژه‌های مزبور در تلفیق نقشه‌های معیار بدون وزندهی به آن‌ها و یکسان در نظر گرفتن کلیه معیارها است همچنین بسیاری از مناطق که شاید یکی از شرایط احداث نیروگاه را دارا نبوده‌اند حذف شده‌اند. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۰) پروژه ای را برای مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی در استان خوزستان اجرا نموده‌اند. آن‌ها در تحقیق خود، بیش تر پارامترهای اقلیمی ساعات آفتابی، ابرناکی آسمان، روزهای گرد و غبار، رطوبت نسبی، بارش سالانه و ارتفاع را مد نظر قرار داده از روش درجه بندی لایه‌ها را وزن داده و با قاعده همپوشانی شاخص تلفیق لایه‌ها را انجام داده‌اند. Breyer و knies (۲۰۰۹) بر پایه داده‌های تابش خورشیدی جهانی که توسط ناسا با استفاده از تصاویر سنجش از دور در اندازه پیکسل‌های ۱۱۰ کیلومتر در ۱۱۰ کیلومتر تهیه می‌شود و همچنین معیارهای جمعیت، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و حداقل زمین مورد نیاز در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی پرداخته از شمال آفریقا را مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی تشخیص داده‌اند Janke (۲۰۱۰) انرژی‌های پایدار را از دیدگاه‌های گوناگون مورد بررسی قرار داده و به تبیین مزایای انرژی‌های پایدار پرداخته 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 و نقشه محدودیت معیارهای خود را بین صفر و یک طبقه بندی مجدد کرده و با استفاده از روش همپوشانی شاخص مدل سازی در سامانه اطلاعات جغرافیایی برای مکان‌یابی نیروگاه‌های انرژی پایدار را انجام داده است Charabi و Gastli (۲۰۱۱) 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 Olufemi و همکاران (۲۰۱۲) 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، آبخوآن‌ها، 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 مکان‌های مستعد جهت احداث نیروگاه خورشیدی، نیروگاه اتمی، نیروگاه ذغالی و نیروگاه با سوخت دیگر را شناسایی کرده‌اند Dawson و Lucas (۲۰۱۲) مهم‌ترین عامل در مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی حرارتی را تابش مستقیم خورشید دانسته‌اند. آن‌ها معیارهای تابش خورشیدی و حداقل بودن ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت در متر مربع در سال، شیب زمین کم‌تر از دو درصد، حداقل زمین در دسترس ۲۰۰۰۰ هزار متر مربع، نزدیکی به شبکه‌های زیربنایی 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 رتبه‌بندی نموده‌اند. روش‌های موجود برای تصمیم‌گیری‌های مکانی متعدد می‌باشند با این وجود هر کدام مزایا و معایبی دارند. اصل اساسی در قاعده‌ی تاپسیس بر این است که گزینه انتخابی کم‌ترین فاصله مکانی را از ایده آل مثبت و بیش‌ترین فاصله مکانی را از ایده آل منفی داشته باشد. منطق فازی نیز به عنوان یکی از روش‌های هوشمند ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سامانه‌های پیچیده که درک آن‌ها مشکل است بشمار می‌آید (Jiang & Eastman, 2000, 177). استان هرمزگان در جنوب ایران قرار گرفته، رشد جمعیت و صنعت از یک طرف و بالا رفتن سطح زندگی از طرف دیگر موجب افزایش تقاضای بیش‌تر انرژی الکتریکی شده (بهشتی فر و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۸۵). که تلاش‌هایی را جهت تامین آن می‌خواهد. قسمت اصلی تامین انرژی برق در این استان تنها بر عهده دو نیروگاه بخار بندرعباس و نیروگاه گازی خلیج فارس است و سهم کوچکی نیز با نیروگاه‌های دیزلی تامین می‌شود. تولید برق در استان ۱۱۰۱۱ میلیون کیلو وات ساعت در سال بوده در حالی که نیاز مصرف در استان حدود ۲۰۷۱۰ میلیون کیلو وات ساعت تخمین زده شده است که نشان از کمبود تولید برق در استان دارد. کمبود برق در این استان به وسیله‌ی استان‌های همسایه از طریق شبکه سراسری برق تامین می‌شود. از راه‌های تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز احداث نیروگاه‌های برق که سوخت آن‌ها با

استفاده از انرژی‌های پایدار تامین می‌گردد، به خصوص انرژی خورشیدی است. با توجه به این که این استان در عرض جغرافیایی پایینی قرار گرفته پتانسیل بالایی برای استفاده از انرژی خورشیدی دارد. مقرون به صرفه بودن احداث نیروگاه‌های تولید برق جدید لزوم برنامه ریزی دقیق و استفاده از فن آوری های نو را ضروری می‌سازد. شناسایی مناطق مستعد برای احداث نیروگاه خورشیدی با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نتایج بهینه ای را ارائه نماید. با مشخص شدن مناطق واجد شرایط و پیشنهاد برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی می‌توان راه را برای توسعه پایدار استان با استفاده از انرژی‌های پایدار هموار نمود. در مساله مکان یابی انتخاب معیارها مهم می‌باشد در تحقیقات گذشته بیش تر بر روی پتانسیل یابی انرژی خورشیدی تمرکز شده و تناسب مناطق کم تر مورد توجه قرار گرفته عواملی که در این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند با در نظر گیری سه دیدگاه محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی- فرهنگی و همچنین تحقیقات گذشته که امکان تهیه داده‌های آن‌ها فراهم بوده، می‌باشد. اهداف این تحقیق شامل: الف) شناسایی مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی در استان هرمزگان ب) ارزیابی روش تاپسیس فازی در مکان یابی نیروگاه خورشیدی حرارتی در استان هرمزگان.

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخش وسیعی از استان هرمزگان در حدفاصل بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و مساحت ۶۸۸۳۶ کیلومتر مربع در آب و هوای گرمسیری قرار گرفته است. بر طبق آخرین سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ جمعیت منطقه مورد مطالعه بیش از ۱۵۰۰۰۰۰ نفر است که حدود سه درصد جمعیت کشور را شامل می‌شوند. این منطقه در عرض‌های جغرافیایی پایینی قرار گرفته که این امر سبب بالا بودن درجه حرارت در اکثر ماه‌های سال شده است. بین عرض جغرافیایی مناطق شمالی و جنوبی اختلاف چندانی وجود ندارد (اختلاف حدود دو نیم درجه) به همین دلیل اختلاف تابشی و گرمای چندانی در آن دیده نمی‌شود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران
(منبع نویسندگان)

۲-۲- معیارهای مؤثر در مکان یابی نیروگاه‌های خورشیدی

گام اول در شناسایی مناطق مشخص نمودن معیارهای دخیل در امر مکان یابی نیروگاه-ها و سپس رتبه بندی این معیارها می باشد (Jiang and Eastman, 2000, 177). در این مطالعه با توجه به سه دیدگاه محیط زیست، اقتصادی و اجتماعی- فرهنگی بر اساس مطالعات پژوهشگران گذشته، نظر کارشناسان اداره برق استان هرمزگان و شناختی که از محیط استان بر اساس مطالعات جغرافیایی به دست آمد معیارهایی که امکان تهیه داده و مدل کردن آن ها وجود داشت انتخاب گردیدند. عواملی که در این پژوهش استفاده می شود عبارت‌اند از: ۱- ساعات آفتابی ۲- شیب ۳- فاصله از مناطق جمعیتی ۴- فاصله از راه‌ها ۵- فاصله از خطوط انتقال نیرو ۶- کاربری اراضی ۷- لایه محدودیت

۲-۲-۱- مراکز جمعیتی

مصرف کننده‌های عمده انرژی الکتریکی شهرها، روستاها و شهرک‌های صنعتی می‌باشند 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 می‌باشد. برای تهیه این لایه از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده به وسیله‌ی سازمان نقشه‌برداری استفاده شد و از تابع Buffer در نرم‌افزار ArcGIS10 و بر حسب عکس فاصله از نقاط جمعیتی ارزش گذاری صورت گرفت. جدول شماره یک چگونگی طبقه بندی مجدد فاصله از نقاط جمعیتی را در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱): فواصل و نحوه طبقه بندی مجدد مراکز جمعیتی

فاصله از شهر (متر)	ارزش دهی رتبه ای	اعداد فازی مثلثی		
		A	B	C
$6000 <$ متر	۱	۰	۰	۰,۲
۳۰۰۰-۶۰۰۰ متر	۲	۰,۱	۰,۳	۰,۵
۱۵۰۰-۳۰۰۰ متر	۳	۰,۴	۰,۶	۰,۹
$1500 >$	۴	۰,۸	۱	۱

(منبع: پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده نویسندگان)

۲-۲-۲- لایه شبکه حمل و نقل

نقشه شبکه حمل و نقل 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. با استفاده از نقشه، تمام خطوط حمل و نقل در نرم‌افزار Arc GIS 10 رقومی گردید اما به لحاظ اینکه ممکن است نقشه راه‌های موجود به هنگام نباشند با استفاده از تصاویر ETM⁺ مربوط به سال ۲۰۱۱ و تصاویر مربوط به گوگل ارث به صورت تفسیر چشمی به هنگام گردید.

جدول شماره (۲): فواصل از شبکه راه‌ها و نحوه وزندهی به آن‌ها

فاصله از شبکه راه‌ها (متر)	ارزش دهی رتبه ای	فازی		
		A	B	C
$4000 >$	۱	۰	۰	۰,۲
۴۰۰۰-۵۰۰۰	۲	۰,۱	۰,۳	۰,۵
۵۰۰-۱۰۰۰	۳	۰,۴	۰,۶	۰,۹
$1000 <$	۴	۰,۸	۱	۱

(منبع: پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده نویسندگان)

۲-۲-۳ - لایه‌ی شیب زمین

شیب، میزان تغییر ارتفاع در جهت نزول 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. در این تحقیق مدل رقومی از ارتفاع با استفاده از با توابع و فیلترهای موجود در نرم افزار با خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در نرم‌افزار ARCGIS10 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 سه آمده است.

جدول شماره (۳): طبقات شیب زمین و نحوه وزندهی طبقات

طبقات شیب زمین (درصد)	ارزش دهی رتبه ای	فازی		
		A	B	C
۱۰>	۱	۰	۰	۰,۲
۶-۱۰	۲	۰,۱	۰,۳	۰,۵
۲-۶	۳	۰,۴	۰,۶	۰,۹
۲<	۴	۰,۸	۱	۱

(منبع: پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده نویسندگان)

۲-۲-۴ - لایه کاربری اراضی

با توجه به اینکه احداث نیروگاه‌های خورشیدی در کاربری‌ها متفاوت هزینه‌های متفاوتی کند و در تمام کاربری‌ها امکان احداث وجود ندارد بنابراین هدف از طبقه‌بندی در این تحقیق تهیه نقشه 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. لایه کاربری اراضی برای استان مورد مطالعه از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی به دست آمد و سپس با لایه تهیه شده کاربری اراضی اداره منابع طبیعی استان و تصاویر ماهواره‌ای به هنگام شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به روز 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.

جدول شماره (۴): کاربری اراضی و وزن دهی طبقات

کاربری زمین	ارزش دهی رتبه ای	فازی		
		A	B	C
جنگل متراکم، مخلوط باغ و جنگل مصنوعی، شهر و روستا، مخلوط زراعت آبی و باغ، ذخایر سطحی آب، زراعت آبی، جنگل‌های حرا	۱	۰	۰	۰,۲
زراعت دیم، زراعت آبی، اراضی مرطوب با پوشش مرطوب، بیشه زار و بوته زار، عرصه آبخوان	۲	۰,۱	۰,۳	۰,۵
اراضی دیم و مرتع با پوشش کم تراکم	۳	۰,۴	۰,۶	۰,۹
مراتع خیلی کم تراکم، اراضی بایر و شور، اراضی فاقد پوشش گیاهی	۴	۰,۸	۱	۱

(منبع: پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده نویسندگان)

۲-۲-۵ - ساعت آفتابی

برای تهیه لایه ساعات آفتابی از مجموع ساعات آفتابی سالانه ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شد. به این منظور از ۱۳ ایستگاه موجود در استان و اطراف آن جهت درون یابی و تخمین ساعت آفتابی استفاده شده است. جدول شماره پنج ساعات آفتابی و نحوه وزن دهی به طبقات مختلف آن در مقیاس‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۵): ساعات آفتابی و نحوه وزندهی طبقات مختلف

مجموع ساعات آفتاب در سال	ارزش دهی رتبه ای	فازی		
		A	B	C
<۳۲۰۰	۱	۰	۰	۰,۲
۳۲۰۰-۳۲۵۰	۲	۰,۱	۰,۳	۰,۵
۳۲۵۰-۳۳۰۰	۳	۰,۴	۰,۶	۰,۹
۳۳۰۰>	۴	۰,۸	۱	۱

(منبع: پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده نویسندگان)

۲-۲-۶- فواصل از خطوط انتقال نیرو

برق تولیدی هر نیروگاه برای توزیع در شبکه نیاز به خطوط انتقال نیرو دارد. فاصله نیروگاه از خطوط برق شبکه ۴۰۰ کیلو ولتی 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. این لایه از خطوط برداشت شده اداره برق منطقه ای استان هرمزگان تهیه شد. در جدول شماره شش نحوه حریم گذاری و ارزش دهی فواصل از خطوط انتقال نیروی برق استان آورده شده است.

جدول شماره (۶) نحوه حریم گذاری فاصله از خطوط انتقال نیرو

فواصل از خطوط انتقال نیرو	ارزش دهی رتبه ای	فازی		
		A	B	C
>۶۰۰۰۰	۱	۰	۰	۰,۲
۳۰۰۰۰-۶۰۰۰۰	۲	۰,۱	۰,۳	۰,۵
۱۵۰۰۰۰-۳۰۰۰۰	۳	۰,۴	۰,۶	۰,۹
>۱۵۰۰۰	۴	۰,۸	۱	۱

(منبع: پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده نویسندگان)

۲-۲-۷- لایه محدودیت‌ها

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 بایستی از نقشه‌ی خروجی کم شوند. جدول شماره هفت مشخص کننده محدودیت‌های در نظر گرفته این تحقیق می‌باشد.

جدول شماره (۷): عوامل محدودیت در نظر گرفته شده جهت احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی

عامل	معیار برای تهیه نقشه محدودیت
ارتفاع	بالای ۱۸۰۰ متر
جاده	حریم ۲۰۰ متر از هر دو طرف
رودخانه	حریم ۳۰۰ متری
مناطق حفاظت شده	حریم ۲۰۰۰ متری
گسل	حریم ۲۰۰۰ متری (با توجه به فعال بودن گسل‌های استان)
محدوده شهر بندر عباس	حریم ۱۰۰۰۰ متری
محدوده شهرهای استان	حریم ۵۰۰۰ متری
محدوده روستای استان	حریم ۳۰۰۰ متری

منبع: پیشنهاد نویسندگان

۳-۲ - روش تاپسیس فازی

بسیاری از تصمیم‌ها دارای معیارهای گوناگون کمی و کیفی بوده این نوع تصمیم‌ها را تصمیم‌گیری چند معیاره می‌نامند. مدل تاپسیس از مدل‌های چند معیاره محسوب می‌گردد که در این مدل معیارها توسط صفات تعریف می‌گردند (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۰، ۷). روش تاپسیس در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه شد. اصل اساسی تاپسیس بر این است که گزینه انتخابی کم‌ترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را از ایده آل منفی داشته باشد. گزینه‌های گوناگون J با A_1, A_2, \dots, A_j نشان داده می‌شود. گزینه‌های مختلف A_j وزن i ام با f_{ij} نشان داده می‌شود. برای مثال مقدار f_{ji} امین معیار برای گزینه‌ی A_j می‌باشد. n تعداد معیارها می‌باشد. روش تاپسیس با مراحل زیر قابل اجرا می‌باشد (Chen, & Tsao, 2008: 1417).

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

رابطه (۱)

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

مرحله‌ی دوم - محاسبه‌ی ماتریس تصمیم وزن دار: مقدار نرمال شده‌ی وزن دار v_{jj} از رابطه‌ی دو به دست می‌آید:

رابطه (۲)

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

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

مرحله ی سوم : تعیین ایده آل و ایده آل منفی:

$$A^* = \{v^*_1, \dots, v^*_i\} = \{(Max_j v_{ji}) | i \in I \square\}, (Min_j v_{ji}) | i \in I'\}$$

$$A^- = \{v^-_1, \dots, v^-_i\} = \{(Min_j v_{ji}) | i \in I \square\}, (Max_j v_{ji}) | i \in I'\}$$

مرحله ی چهارم-محاسبه ی فاصله ها : با استفاده از فرمول فاصله ی اقلدییسی فاصله ی هر گزینه را از ایده آل مثبت را طبق رابطه سه به دست می آوریم.

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^*)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$J=1, 2, 3, \dots, j$$

به طریق مشابه فاصله از ایده آل منفی را طبق رابطه چهار به دست می آوریم.

رابطه (۴)

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

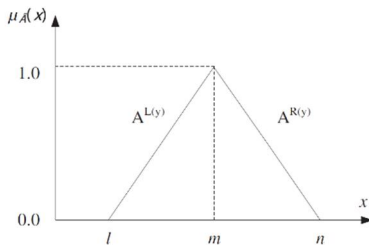
مرحله ی پنجم- محاسبه ی نزدیکی نسبی به ایده آل : نزدیکی نسبی گزینه ی A_j به صورت رابطه پنج تعریف می شود.

$$CG_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad j=1, 2, 3, \dots, n \quad \text{رابطه (۵)}$$

مرحله ی ششم : رتبه بندی کردن گزینه ها: برای اینکه نتیجه به دست آمده از این روش با نتایج روش های دیگر قابل مقایسه باشد باید استانداردسازی صورت گیرد (اصغر پور، ۱۳۸۱: ۳۱۴). و پس از عمل استانداردسازی نقشه خروجی نهایی حاصل خواهد شد. پس از به دست آمدن نقشه نهایی، برای حذف نقشه محدودیت ها بین دو نقشه عملگر ضرب اعمال می شود.

نظریه فازی را پرفسور لطفی زاده ارائه داد البته اشکالاتی بر این نظریه وارد کرده اند از جمله: ۱- برای پیاده سازی منطق فازی به هر مقدار و هر شیء فقط یک تابع عضویت می توان نسبت داد. ۲- منطق فازی بین موقعیت هایی که در مورد یک پدیده اطلاعات کافی در اختیار نیست و یا شواهد له و علیه برای اثبات آن وجود ندارد (Olufemi et al, 2012: 297). تئوری فازی در تعمیم مجموعه های کلاسیک با زنجیره ای از تابع عضویت ها بیان شده است که

اختصاص هر شی به طبقه ای با عضویت یک و صفر بیان می‌شود. برخی مواقع برای تصمیم گیر مشکل است تا یک وزن قطعی و دقیق به یک گزینه در یک معیار اختصاص دهد در این صورت می‌توان از روش فازی استفاده کرد در این تحقیق ز اعداد فازی مثلثی جهت ارزش دهی مجدد طبقات استفاده شد. در این تحقیق بدلیل خطی بودن معیارهای فاصله ای از اعداد فازی مثلثی (TIF) برای عضویت پیکسل‌ها به طبقه خاص استفاده شده است تابع مذکور در شکل دو آورده شده است.



شکل ۲- تابع فازی مثلثی

پس از فازی نمودن معیارها هر معیار وزن دهی می‌شود. هدف از وزن دهی پیدا کردن اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر است. وزن معیارها در این تحقیق با توجه به میانگین نظرات کارشناسان و متخصصین سه دیدگاه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به دست آمد بدین صورت که چندین کارشناس که هر کدام در رشته‌ای مرتبط با دیدگاه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی-فرهنگی متخصص بودند پرسشنامه ای قرار داده شد و بعد از دادن توضیحات لازم از آن‌ها خواسته شد به مقایسه دو به دو معیارها عددی بین یک تا نه را که نشان‌دهنده ارجحیت معیارها نسبت به هم هست دهند. سپس میانگین نظرات آن‌ها وارد نرم‌افزار شده و وزن نهایی هر معیار به دست آمد.

۳- یافته‌ها

پس از ایجاد پایگاه داده مکانی با توجه به نیازهای اطلاعاتی و تحلیلی فرآیند مدل سازی فضایی روی داده‌ها انجام شد. وزن هر لایه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به دست آمد این فرآیند بر مبنای سه اصل تجزیه، قضاوت تطبیقی و سنتز اولویت‌ها می‌باشد (احمدی و همکاران ۱۳۹۰: ۲۴۲). وزن لایه‌ها پس از جمع‌آوری پرسشنامه و اجرای مدل بر طبق جدول هشت به دست آمد.

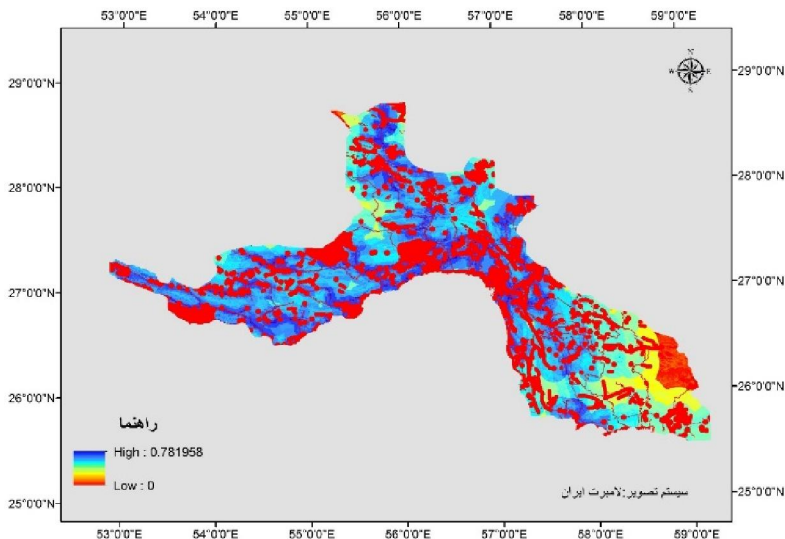
جدول شماره (۸): وزن هر معیار در مکان یابی نیروگاه خورشیدی

کاربری اراضی	شیب	جمعیت	نزدیکی به راه	ساعات آفتابی	نزدیکی به خطوط انتقال
۰,۰۶۳	۰,۱۰۸	۰,۴۰۹	۰,۱۵۱	۰,۰۲۹	۰,۲۴

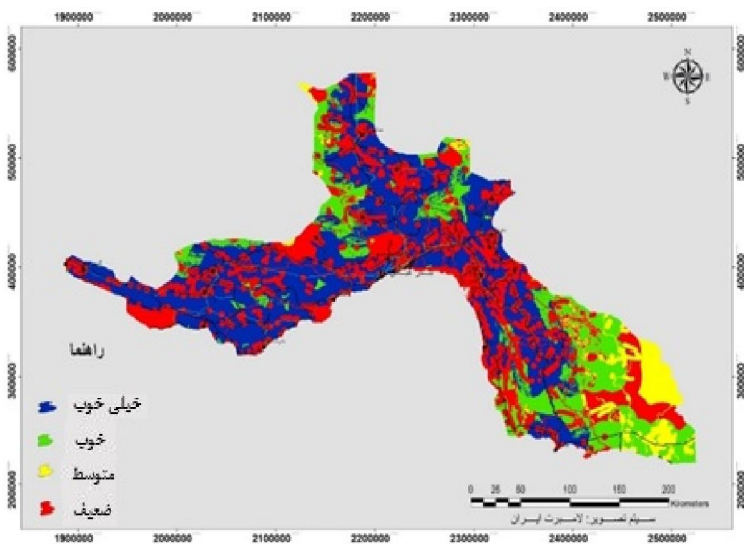
منبع: نتایج نویسندگان

پس از محاسبه وزن نهایی هر لایه، نرخ ناسازگاری که برابر با چهار صدم به دست آمد که عدد قابل قبولی برای تعیین اهمیت معیارهای مختلف تلقی می‌شود. در مرحله بعد لازم بود تا لایه های اطلاعاتی با هم ترکیب شوند، روش های مختلفی برای ترکیب لایه های اطلاعاتی وجود دارد که در پژوهش از روش تاپسیس برای تلفیق لایه های مختلف اطلاعاتی استفاده شده است. برای پیاده سازی این روش پس از فازی سازی لایه ها با استفاده از اعداد تعریف شده از تمامی لایه های اطلاعاتی فازی دو لایه ایده آل و ایده آل منفی به دست آمد.

پس از به دست آوردن این لایه ها فاصله هر لایه اطلاعاتی فازی از ایده آل و ایده آل منفی مربوطه محاسبه می‌شود و لایه های حاصله به صورت جداگانه با یکدیگر ترکیب می شوند و در نهایت این دو لایه با هم میزان مشابهت هر گزینه به ایده آل یعنی لایه نزدیکی نسبی به ایده آل را منتج می‌کنند. پس از اجرای قاعده تصمیم گیری تاپسیس فازی نتیجه در تصویر نقشه شماره دو نشان داده شده است. پس از تلفیق ارزش هر سلول مشخص شد، برای دست پیدا کردن به نتیجه بهتر با استفاده از روش شکست های طبیعی کل سرزمین بر اساس نقشه پهنه بندی به چهار طبقه نهایی تقسیم بندی شد این روش برای تعیین بهترین آرایش ارزش ها به طبقات مختلف طراحی شده است. این روش به دنبال به حداقل رساندن انحراف متوسط هر طبقه از طبقه میانگین و به حداکثر رساندن انحراف هر کلاس از میانگین کلاس های دیگر است؛ به عبارت دیگر این روش طبقه بندی داده به دنبال کاهش واریانس در کلاس ها و به حداکثر رساندن واریانس بین طبقات است.



شکل ۳- تصویر نقشه رتبه بندی نهایی مناطق با اجرای روش تاپسیس فازی جهت احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی
منبع: نتایج نویسندگان



شکل ۴- تصویر نقشه طبقه بندی نهایی مناطق با اجرای روش تاپسیس فازی جهت احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی
منبع: نتایج نویسندگان

جدول(۹): مساحت مناطق طبقه‌بندی شده با روش تاپسیس فازی

ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب
۲۱۳۰۸,۴۲ کیلومتر مربع	۸۱۱۶,۴۲ کیلومتر مربع	۱۹۸۱۷,۹۲ کیلومتر مربع	۱۸۳۰۸,۴ کیلومتر مربع

منبع: نتایج نویسندگان

۴- بحث و نتیجه‌گیری

توجه به نگرانی‌های در خصوص آلودگی‌های محیط زیست و پایان پذیر بودن انرژی‌های فسیلی روی آوردن به انرژی‌های پایدار مد نظر قرار گرفته است (Wakeyama, 2010, 62). در تحقیقات گذشته که تا کنون در ایران و دیگر کشورها برای مکان یابی نیروگاه‌های انرژی پایدار صورت گرفته به صورت جدی از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده نشده است. اغلب شرکت‌های مشاور با بازدید زمینی و انتخاب چندین مکان بر اساس نظر کارشناسان خود آن‌ها را رتبه بندی می‌نمایند. در پروژه‌های انجام شده توسط سازمان بهره‌وری انرژی نیز تعداد محدودی از عوامل در مکان یابی دخالت داده شده‌اند و از مدل بولین برای تلفیق لایه‌ها استفاده شده است. در سطح جهانی نیز بیش تر تحقیقاتی که انجام شده بدنبال پتانسیل سنجی مناطق جهت احداث نیروگاه خورشیدی بوده است و کم تر به تناسب مکان پرداخته شده و بیش تر از عوامل محیطی در تصمیم گیری مکانی استفاده شده و عوامل انسانی که بسیار مهم نیز می‌باشند مد نظر قرار نگرفته است. با توجه به پتانسیل‌های بالای استان هرمزگان در صورتی که مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی شناسایی شوند به گونه ای که کلیه شرایط و معیارها قابل دسترس در انتخاب مکان در نظر گرفته شوند، می‌توان مکان بهینه ای را شناسایی کرد که با احداث نیروگاه خورشیدی در آنجا علاوه بر کاهش هزینه‌های استفاده از سوخت‌های فسیلی و اثرات منفی زیست محیطی در حد قابل قبولی اقدام نمود. انرژی خورشیدی به فاکتورهای هواشناسی، جغرافیایی، اقلیمی و فرا جوی بستگی دارد. استان هرمزگان بیش تر در طول جغرافیایی گسترده شده و از اختلاف عرض جغرافیایی زیادی برخوردار نیست. متاسفانه ایستگاه‌های اندازه گیری تابش خورشیدی در استان بسیار کم است و در برخی از تابش سنجی‌های موجود هم خطای اندازه گیری وجود دارد و از دقت کافی برخوردار نیستند. متوسط واقعی ساعات آفتابی منطقه حدود ۳۲۰۰ ساعت در سال می‌باشد که عدد خوبی برای بهره برداری از انرژی خورشید می‌باشد. در این تحقیق مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی با توجه به معیارهای محیطی و انسانی در استان هرمزگان رتبه بندی شدند. در شناسایی مناطق مستعد احداث سازه‌های جهت بهره برداری

انرژی خورشیدی مهم ترین عامل تابش در نظر گرفته شده بود اما در این تحقیق ثابت گردید با توجه منطقه و شرایط محلی باید وزن معیارها را تعریف نمود. در استان هرمزگان با توجه به شرایط آن، بیشترین وزن و درجه اهمیت درتصمیم‌گیری متعلق به معیار جمعیت هست. در سایر معیارها تفاوت‌هایی معنی داری وجود داشت. در مجموع سه معیار مهم در تصمیم‌گیری، جمعیت، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و نزدیکی به راه ارتباطی می‌باشند. این سه معیار در مجموع ۸۰ درصد اهمیت را دارا می‌باشند. با در این تحقیق با شناسایی معیارهای محیطی و انسانی با روش تاپسیس فازی رتبه بندی گزینه‌های مکانی بکار گرفته شد و نشان داده شد که بر اساس دیدگاه‌های مختلف به نظر می‌رسد بتوان مکان های اولیه به دست آمده از این تحقیق را به عنوان انتخاب اولیه برای احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی در نظر گرفت و با فرض احداث نیروگاه در آن محل وضعیت تولید برق را در استان بهبود بخشید. گزینه‌های مشخص شده به عنوان گزینه برتر به وزن دهی معیارها و قواعد تصمیم مورد استفاده در روند تصمیم‌گیری بستگی دارد؛ بنابراین ویژگی‌های مساله تصمیم‌گیری و روش‌های ترکیب و ایجاد سناریو می‌بایست در انتخاب گزینه برتر مد نظر قرار گیرد. مزایای روش تاپسیس فازی در شناسایی مناطق مستعد احداث نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی را می‌توان به این صورت خلاصه کرد:

الف) تحلیل چند معیار متعارض و ناسازگار را با هم آسان کرد. ب) به تصمیم‌گیر این امکان داده شد تا مساله‌ای که در آن تعدادی گزینه مطرح است حل کرده و مجموع گزینه‌ها را تا یک اندازه معنی دار کاهش دهد. ج) این روش داده‌های مکانی و غیر مکانی و اولویت‌های تصمیم‌گیران را با هم ترکیب کرد. نتایج حاصل از اجرای این روش مناطق مناسبی با درجات مختلف را جهت احداث نیروگاه خورشیدی حرارتی مشخص نموده که درصد انطباق بالایی با گزینه‌های ایده آل سه معیار اصلی که حدود ۸۰ درصد وزن معیارها را دارند، داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد. با توجه به محدود بودن منابع فسیلی، افزایش حامل‌های سوخت در ایران، مزایای انرژی‌های پایدار مطالعات مربوط به بررسی مکان‌های مستعد نیروگاه‌های انرژی پایدار اعم از خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، جذر و مدی با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی مفید خواهد بود. با توجه به این موضوع که مکان یابی نیروگاه‌های خورشیدی به صورت محلی می‌باشد و شاید در بررسی‌های مناطق بزرگ که گسترش عرض جغرافیایی زیادی دارند مهم-ترین عامل تابش خورشیدی است، به دست آوردن مقدار تابش بوسیله‌ی مدل‌های پیشنهادی و اخیرا با استفاده از فن آوری سنجش از دور می‌تواند نتایج دقیق تری را به دست آورد. همچنین می‌توان از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری مکانی استفاده نموده و نتایج را با نتایج به

دست آمده در این تحقیق مقایسه نمود. با توجه به اهمیت کاربردی کردن تحقیق راهکارهای زیر پیشنهاد می شود:

- الف - افزایش ایستگاه‌های اندازه‌گیری تابش خورشیدی
- ب - شناسایی مناطق مستعد احداث سازه‌های جهت بهره برداری انرژی خورشیدی که دارای شرایط نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و نزدیکی به راه ارتباطی
- ج - مکان یابی نیروگاه‌های خورشیدی به صورت محلی
- د - در مراحل بعدی به صورت شناساندن این روش در تهیه انرژی مورد نیاز ساکنان محل و بومی سازی این فناوری در محل های مناسب
- ر - سرمایه گذاری دولت و ایجاد مشارکت بخش خصوصی برای راه اندازی ایستگاه های انرژی خورشیدی در منطقه

منابع و مآخذ

۱. امانپور، س.، عزیزاده، ه.، دامن باغ، ص. ۱۳۹۲. ارزیابی میزان توسعه یافتگی شهرستان های استان کرمانشاه از لحاظ برخورداری از شاخص های خدمات شهری، فصلنامه آمایش محیط ملایر، ۷۳(۶): ۱۰۵-۱۲۷
۲. احمدی، ع.، موحد، ع.، شجاعیان، ع. ۱۳۹۱. ارائه الگوی بهینه مکان یابی فضای سبز با استفاده از GIS و روش AHP منطقه مورد مطالعه: منطقه ۷ شهرداری اهواز، فصلنامه آمایش محیط ملایر، ۱۵(۴): ۱۴۷-۱۶۲
۳. بهشتی فر، س.، مسگری، م.، ولدان زوج، ج.، کریمی، م. ۱۳۸۹. استفاده از منطق فازی در محیط جی آی اس به منظور مکان یابی نیروگاه های گازی، نشریه مهندسی عمران و نقشه- برداری، دوره ۴۴، (۴): ۵۸۳-۵۹۵
۴. عزیزی، امید و همکاران. ۱۳۸۲. گزارش مکان یابی نیروگاه های حرارتی با در نظر گرفتن عوامل محیط زیستی با استفاده از جی آی اس، سازمان سابا: ۱۶۶ص.
۵. محمدی، جهانگرد. ۱۳۸۶. پدومتری، پلک، تهران، ۱۵ جلد
۶. مشکینی، ا.، حاصل طلب، م.، پاینگ، م.، علوی، ع.، تعیین موقعیت بهینه ی فضا-مکانی پارکینگ های طبقاتی با رویکرد MCDM-GIS مطالعه موردی منطقه شش شهرداری تهران، فصلنامه آمایش محیط ملایر، سال چهارم، شماره ۱۳: ۱۳۹۰، ۲-۲۱
۷. مخدوم، مجید.، علی اصغر، درویش صفت، هوفر، جعفر زاده، رضا، مخدوم. ۱۳۹۰. ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی»، دانشگاه تهران، تهران
8. meda, F., Azeem A. 2013. Selection of the most appropriate package of solar home system using analytic hierarchy process model in rural areas of Bangladesh. *Renewable Energy*, 55(2), 6-11.
9. Breyer, c., knies, g. 2009. Global energy supply potential of concentrating solar power. *Solar spaces*, 19, 15-19.
10. Charabi, A., Gastli, Y. 2011. PV site suitability analysis, using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation. *Renewable Energy*, 36, 2554-2561.
11. Chen, T., Tsao, C. 2008. The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 159, 1410 –1428.
12. Dawson, S., Lucas, P. 2012. Less is more: Strategic scale site suitability for concentrated solar thermal power in Western Australia. *Energy Policy*, 47, 91-101.

13. Dutra R., Szklo A. 2010. Assessing long-term incentive programs for implementing wind power in Brazil using GIS-based methods. *Renewable Energy*, 33, 2507- 2515.
14. Janke, J. 2010. Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado. *Renewable Energy*, 35, 2228-2234.
15. Jiang, H., Eastman R. 2000. Application of fuzzy measures in multicriteria evaluation In GIS", *International Journal of Geographic Information Systems*, 142, 173-184.
16. Olufemi, A ., Omitaomu, K ., Brandon ,R. Blevins, C. Gary T., Stanton ,W. Hadley, J. Harrison, Budhendra, L., Amy N. 2012. Adapting a GIS-based multicriteria decision analysis approach for evaluating new power generating sites. *Applied Energy*, 96, 292-301.
17. Resch, G., Haas, R., Faber, T.2008. The future potential for renewable energies – Assessment of their realizable mid-term potential up to 2020 at global scale. Final report of a study on behalf of International Energy Agency. *Renewable Policy Unit, Vienna Austria*, 323.
18. Solomon S., Qin D. 2007. Manning M., Alley RB. Bentsen T., Bind off, NL. Et al, Technical summary In *Climate change*. New York, NY: Cambridge University Press, 742.
19. Stewart, B., Pullin, S., Coles, F.2007. Poor evidence-base for assessment of wind farm impacts on birds. *Environmental Conservation*, 34, 1–11.
20. Wakeyama, T. , Harams. 2010. Assessment of renewable energy using GIS a case study of Unzen city. *Japan Institute of Energy*, 88, 58-69.