

امکان سنجی ساخت نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتاییک در استان یزد با بررسی متغیرهای اقلیمی

۱- مرتضی فلاح‌پور طرنجی، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، یزد، ایران.

m.fallahpour@pnu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۲

پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱

چکیده

با گسترش جمعیت جهان، افزایش مصرف انرژی و کم شدن منابع انرژی تجدید ناپذیر گران و آلوده‌کننده، نیاز به استفاده از انرژی‌های پاک و پایداری مانند انرژی خورشیدی، بیش‌ازپیش مورد توجه قرار گرفته است. مکان‌یابی مناطق مستعد ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتاییک در استان یزد به‌کارگیری از روش تحلیل سلسله مراتبی، و همپوشانی نه لایه اطلاعاتی اصلی براساس نظر سنجی خبرگان صورت گرفت. این لایه‌ها عبارتند از: ساعت آفتابی، رطوبت، بارندگی، تبخیر، دما، ارتفاع، فاصله از راه دسترسی، گسل و فاصله از پست برق. آمار مربوط به ۱۱ ایستگاه سینوپتیک کل استان یزد تهیه و محاسبات آماری در بازه زمانی ۱۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۰) انجام شد. مناطق مستعد ساخت نیروگاه خورشیدی، تعیین گردید. این مناطق بخشی از شهرستان‌های یزد، بافق، اردکان، میبد، صدوق و خاتم است. پس از اعمال لایه حریم و در نظر گرفتن مناطق ممنوعه با انجام بازدید میدانی در آخر پنج درصد از مساحت استان یزد مناسب برای ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتاییک تشخیص داده شد. این مناطق در جنوب و جنوب شرقی شهر یزد و قسمتی از شهر بافق قرار دارند.

واژگان کلیدی: مناطق خشک؛ انرژی خورشیدی؛ تحلیل سلسله مراتبی؛ سیستم اطلاعات جغرافیایی.

مقدمه

راسی و علاءالدین (۱۳۹۶) به‌منظور مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی، متغیرهای اقلیمی استان قزوین را به کمک روش تاپسیس^۱ بررسی نمودند. آنان ۵ ایستگاه (قزوین، آوج، معلم کلایه، تاکستان، بوئین زهرا) و هشت شاخص (عرض و طول جغرافیایی، ارتفاع، بارندگی، رطوبت نسبی، ساعت آفتابی، روز ابری، روز غبارناکی) را بررسی سپس اقدام به مقایسه و اولویت‌بندی مناطق پیشنهادی نمودند. در آخر، یک ایستگاه به‌عنوان اولویت اول انتخاب شد [۱۳]. بدری و همکاران (۱۳۹۵) تانسیل خورشیدی تهران، کرمان و یزدرا برای ساخت نیروگاه فتوولتاییک پانصد کیلوواتی به کمک نرم‌افزار PVSyst مخصوص تجزیه و تحلیل و برآورد اقتصادی و مالی ساخت سامانه، ارزیابی و شبیه‌سازی نمودند. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، شهر یزد از بین دو شهر دیگر به‌عنوان عرصه مناسب برای ساخت نیروگاه تعیین شد. بیشترین شدت تابش خورشیدی در زاویه شیب، ۳۰ درجه، برای یزد به دست آمد. برآورد

انرژی منشأ کلیه فرآیندهای طبیعی و انسانی است. استفاده از انرژی‌های پایدار به‌ویژه انرژی خورشیدی می‌تواند یکی از بهترین گزینه‌ها برای تأمین انرژی پایدار باشد. انرژی خورشیدی رایگان است و استفاده از آن فناوری ساده‌ای می‌خواهد. از طرف دیگر انرژی خورشیدی تأثیر نامطلوب محیط زیستی همانند سوخت‌های فسیلی و حتی سوخت‌های هسته‌ای را ندارد. انرژی خورشیدی در مقایسه با سایر انواع انرژی، منبع انرژی بی‌پایان، پاک، کمبود فناوری داخلی و رایگان بوده و در مقیاس محلی نیز قابل استفاده است. صنعت تولید انرژی خورشیدی می‌تواند بر اقتصاد محیط‌زیست محلی و جهانی تأثیر بگذارد. نصب و راه‌اندازی نیروگاه خورشیدی می‌تواند در زمان نسبتاً سریع، اغلب در ۱۲-۶ ماه انجام شود، درحالی‌که طرح‌های سوخت آبی و فسیلی بیش از ۵-۴ سال برای تکمیل شدن زمان لازم دارد [۵].

در ادامه تحقیقات داخلی و خارجی همسو با تحقیق

آورده شده است.

دادن موقعیت‌های مناسب ساخت نیروگاه‌های بزرگ خورشیدی استفاده شد و منطقه راجستان به‌عنوان منطقه‌ای با بالاترین تابش خورشید در هند، معرفی گردید [۷].

استان یزد، به‌عنوان یکی از مناطق با پتانسیل بالای انرژی خورشیدی و بهترین پتانسیل برای ساخت نیروگاه‌های فتوولتائیک است [۱۱].

در پژوهش حاضر، با استفاده از تلفیق سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مناسب‌ترین مکان برای ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک با توان تولیدی ۱۰ مگاوات، در استان یزد، شناسایی شد. تقابلیت‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در زمینه‌ی مکان‌یابی باعث شده است تا در مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی مورد استفاده کارشناسان و مدیران فنی قرار گیرد معیارهای مورد استفاده در پژوهش، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و نظرات کارشناسان، وزن دهی شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، اطلاعات هواشناسی و محیطی یازده ایستگاه سینوپتیک شهرهای استان یزد شامل؛ یزد، بافق، اردکان، صدوق، تفت، ابرکوه و خاتم، مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی تحقیقات و مقالات همسو با طرح، بهره‌گیری از نظر خبرگان و کارشناسان امر، شرایط منطقه یزد، و در دسترس بودن لایه‌های مدنظر، نه لایه اطلاعاتی، زیر لایه‌های مربوط به هر لایه و اهمیت هر لایه نسبت به لایه‌های دیگر، برای مکان‌یابی و امکان‌سنجی ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک مشخص گردید. نه لایه اطلاعاتی شامل؛ ساعت آفتابی، رطوبت، بارندگی، تبخیر، دما، ارتفاع، فاصله از راه دسترسی و گسل، بوده است. آمار ایستگاه‌های سینوپتیک استان یزد، و اطلاعات نه لایه اطلاعاتی مذکور، در بازه زمانی ۱۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۰) تهیه گردید.

لایه‌های اطلاعاتی اصلی با توجه به میزان تأثیر در مکان‌یابی به چهار کلاس با تناسب زیاد (کلاس ۱)، تناسب متوسط (کلاس ۲)، تناسب کم (کلاس ۳) و عدم تناسب (کلاس ۴) تقسیم شد. این طبقه‌بندی با توجه به نظر کارشناسان، مطالعات پیشین، شرایط و وجود

اقتصادی نیز نشان داد که ساخت نیروگاه فتوولتائیک در یزد در مقایسه با سایر مناطق بهتر است [۲]. اربابی و اربابی (۱۳۹۴) در مطالعه خود با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی با رویکرد توصیفی-تحلیلی مناطق مستعد برای ساخت نیروگاه خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان را شناسایی نمودند. آنان معیارهای مختلف اقلیمی (ساعت آفتابی، رطوبت و ابرناکی)، جغرافیایی (ارتفاع)، اقتصادی (دسترسی به شبکه راه و برق) و زمین‌شناسی (فاصله از کانون زلزله) را با کمک تحلیل سلسله مراتبی، برای شش شهر، زابل، زاهدان، ایرانشهر، سراوان، چابهار و خاش، وزن دهی نمودند. در این بین داده‌های اقلیمی بیشترین وزن را به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد که بهترین مکان برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی شهرستان‌های سراوان و خاش است [۱]. گئورگیو و اسکارلاتوس^۱ (۲۰۱۶) به‌منظور انتخاب عرصه مناسب برای ساخت پارک خورشیدی، از تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه لیماسول در قبرس استفاده نمودند. آنان عنوان نمودند ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره برای تجزیه و تحلیل معیارهای متعدد و ایجاد پایگاه داده گسترده مکانی و غیرمکانی بسیار کارآمد است [۳]. خان^۲ و راتھی (۲۰۱۴) در مطالعه خود مناطق مناسب برای نیروگاه خورشیدی در هند را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استفاده مناسب‌تر از انرژی و کاهش گازهای گلخانه‌ای، شناسایی نمودند. معیارهای تحلیل شامل، دسترسی به انرژی تابش خورشیدی، دسترسی به زمین خالی، فاصله از بزرگراه و خطوط انتقال نیروی موجود و غیره به همراه معیارهای محدودیت شامل، معیارهای تغییرات هوای محلی، خم و کثیف شدن ماژول، توپوگرافی عرصه و غیره، به‌عنوان معیارهای اصلی مکان‌یابی، انتخاب شد. سپس مساحت مناسب بر اساس حداکثر زمین اشغال پانل‌ها با حداقل میزان سایه پنل‌ها را انتخاب نمودند. سیستم اطلاعات جغرافیایی برای نشان

1- Georgiou and Skarlatos

2- Khan and Rathi

اطلاعاتی و چهار زیر لایه برای هر لایه، امتیازی از ۱ تا ۹ در نظر گرفته شد. با استفاده از روش میانگین‌گیری هندسی امتیاز در نظر گرفته شده برای هر لایه و زیر لایه آن مشخص گردید. این امتیازات با مقایسه زوجی در تحلیل سلسله مراتبی قرار گرفت.

برای به دست آوردن نقشه نهایی وزن بین لایه‌ای با توجه به اهمیت و اثرگذاری هر یک از لایه‌ها اعمال گردید. بعد از اعمال حریم و وزن دهی نهایی بر روی لایه‌های اطلاعاتی، با جمع جبری، هم‌پوشانی انجام، و مکان‌هایی که در کلاس با تناسب زیاد قرار دارند، تعیین شدند.

نتایج

نتایج وزن دهی زیر لایه‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی در جداول ۱ تا ۹ ارائه شده است.

اطلاعات در استان یزد تعیین شده است. به عبارت دیگر، بر اساس میزان تأثیر در مکان‌یابی از کلاس (۱) با بیشترین تأثیر تا کلاس (۴) با کم‌ترین تأثیر کلاس‌بندی شده است. به عنوان مثال کلاس‌بندی رده دمایی از ۱۴/۲ تا ۲۱/۶ بر اساس میانگین دمایی سالانه، ثبت شده در ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۵ ساله، بوده است. در ارتباط با لایه بارش، تبخیر و رطوبت نیز بر همین اساس کلاس‌بندی صورت گرفت. در ارتباط با لایه فاصله از راه دسترسی اصلی برای دسترسی فواصل مناسب صفر تا نه کیلومتر در نظر گرفته شده است. برای لایه راه فرعی که مستقیم به محل نیروگاه خورشیدی دسترسی دارد این فاصله کمتر خواهد بود. همچنین در ارتباط با فاصله از گسل، لایه گسل‌های اصلی فعال در منطقه مورد توجه است.

در ادامه برای انجام تحلیل سلسله مراتبی، با نظر پنج‌تن از خبرگان و کارشناسان امر، برای نه لایه

جدول ۱- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه ساعت آفتابی (برحسب ساعت در سال)

وزن	ساعت آفتابی				کلاس
	۲۳۰۵-۲۲۵۴	۲۳۴۴-۲۳۰۵	۲۳۸۳-۲۳۴۴	۲۴۳۵-۲۳۸۳	
۰/۵۱	۷	۴	۲	۱	۱
۰/۳۲	۵	۳	۱	۰/۵	۲
۰/۱۱	۲	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۳
۰/۰۶	۱	۰/۵	۰/۲	۰/۱۴	۴

مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۸

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه درصد رطوبت (درصد نسبی)

وزن	درصد رطوبت				کلاس
	۳۳/۹ - ۳۷/۴	۳۱/۷ - ۳۳/۹	۳۰/۳ - ۳۱/۷	۲۷/۸ - ۳۰/۳	
۰/۵۹	۸	۵	۴	۱	۱
۰/۲۴	۶	۳	۱	۰/۲۵	۲
۰/۱۲	۴	۱	۰/۳۳	۰/۲	۳
۰/۰۵	۱	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۱۲۵	۴

مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۷۷۷

جدول ۳- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه بارش (میلی متر در سال)

وزن	بارش				کلاس
	۱۰۸-۸۰	۸۰-۶۶	۶۶-۵۴	۵۴-۲۹	
۰/۵۷	۹	۶	۳	۱	۱
۰/۲۸	۶	۴	۱	۰/۳۳	۲
۰/۱۱	۴	۱	۰/۲۵	۰/۱۶	۳
۰/۰۴	۱	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۶۷۹ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه تبخیر پتانسیل (میلی متر در سال)

وزن	تبخیر				کلاس
	۲۴۸۵-۱۹۵۶	۲۸۸۴-۲۴۸۶	۳۱۳۹-۲۸۸۵	۳۴۷۲-۳۱۴۰	
۰/۵۳	۹	۶	۲	۱	۱
۰/۳۳	۸	۴	۱	۰/۵	۲
۰/۱۱	۵	۱	۰/۲۵	۰/۱۶	۳
۰/۰۳	۱	۰/۲	۰/۱۲۵	۰/۱۱	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۶۳۹ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

جدول ۵- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه دما (درجه سانتی گراد)

وزن	دما				کلاس
	۱۴/۱۷-۲/۱	۱۷/۱۸-۲/۸	۱۸/۱۹-۹/۸	۱۹/۹-۲۱/۶	
۰/۶۱	۸	۵	۴	۱	۱
۰/۲۳	۵	۳	۱	۰/۲۵	۲
۰/۱۱	۳	۱	۰/۳۳	۰/۲	۳
۰/۰۵	۱	۰/۳۳	۰/۲	۰/۱۲۵	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۵۵۱ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

جدول ۶- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه ارتفاع (متر از سطح دریا)

وزن	ارتفاع				کلاس
	۱۲۶۷-۶۵۵	۱۶۹۳-۱۲۶۸	۲۱۴۵-۱۶۹۴	۴۰۴۷-۲۱۴۶	
۰/۵۰	۸	۵	۲	۱	۱
۰/۳۳	۶	۴	۱	۰/۵	۲
۰/۱۳	۵	۱	۰/۲۵	۰/۲	۳
۰/۰۴	۱	۰/۲	۰/۱۶	۰/۱۲۵	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۷۳۴ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

جدول ۷- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه فاصله از راه دسترسی اصلی (متر)

وزن	راه دسترسی				کلاس
	۶۴۳۶۸-۳۴۵۸۳	۳۴۵۸۲-۲۰۷۰۰	۲۰۶۹۹-۹۰۸۷	۹۰۸۷-۰	
۰/۴۸	۷	۳	۲	۱	۱
۰/۳۴	۷	۳	۱	۰/۵	۲
۰/۱۲	۲	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۳
۰/۰۶	۱	۰/۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۲۳۶ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

جدول ۸- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه فاصله از گسل (متر)

وزن	فاصله از گسل				کلاس
	۱۳۲۱۵-۰	۲۹۱۵۱-۱۳۲۱۶	۵۲۸۶۱-۲۹۱۵۲	۹۹۱۱۵-۵۲۸۶۲	
۰/۶۰	۸	۶	۴	۱	۱
۰/۲۵	۷	۳	۱	۰/۲۵	۲
۰/۱۱	۴	۱	۰/۳۳	۰/۱۶	۳
۰/۰۴	۱	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۲۵	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۸۴۱ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

جدول ۹- ماتریس مقایسه زوجی زیر لایه فاصله از پست برق (متر)

وزن	فاصله از پست برق				کلاس
	>۳۰۰۰	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۰	
۰/۶۰	۸	۶	۴	۱	۱
۰/۲۵	۷	۳	۱	۰/۲۵	۲
۰/۱۱	۴	۱	۰/۳۳	۰/۱۶	۳
۰/۰۴	۱	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۲۵	۴

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۸۴۱ مجموع وزن زیر لایه‌ها = ۱

است. کلاس‌بندی و محدوده‌های مربوط به آن‌ها بر اساس تناسب بندی در جدول ۱۱ ارائه شده است.

ماتریس مقایسه زوجی لایه‌های اصلی و وزن نهایی آن‌ها در جدول ۱۰ ارائه شده است.

محدوده امتیازات در نقشه هم‌پوشانی شده با وزن دهی حاصل از ماتریس مقایسه زوجی از ۰/۱۲ تا ۰/۸

جدول ۱۰- ماتریس مقایسه زوجی نه لایه اصلی

نه لایه اصلی	ساعت آفتابی	رطوبت	بارندگی	تبخیر	دما	ارتفاع	راه دسترسی	فاصله از پست برق	گسل	وزن لایه
ساعت آفتابی	۱	۲	۳	۴	۴	۵	۷	۷	۸	۰/۲۸۳
رطوبت	۰/۵	۱	۳	۴	۵	۶	۷	۷	۸	۰/۲۵۳
بارندگی	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۲	۴	۴	۶	۶	۷	۰/۱۴۴
تبخیر	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۱	۲	۴	۵	۵	۶	۰/۱۱۵
دما	۰/۲۵	۰/۲	۰/۲۵	۰/۵	۱	۳	۵	۵	۷	۰/۰۸۵
ارتفاع	۰/۲	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۲	۴	۳	۰/۰۴۵
راه دسترسی	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۱	۳	۳	۰/۰۳۲
فاصله از پست برق	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۲	۰/۰۲۱
گسل	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۱	۰/۰۲

مجموع وزن ۹ لایه اصلی = ۱

نرخ ناسازگاری زیر لایه = ۰/۰۷

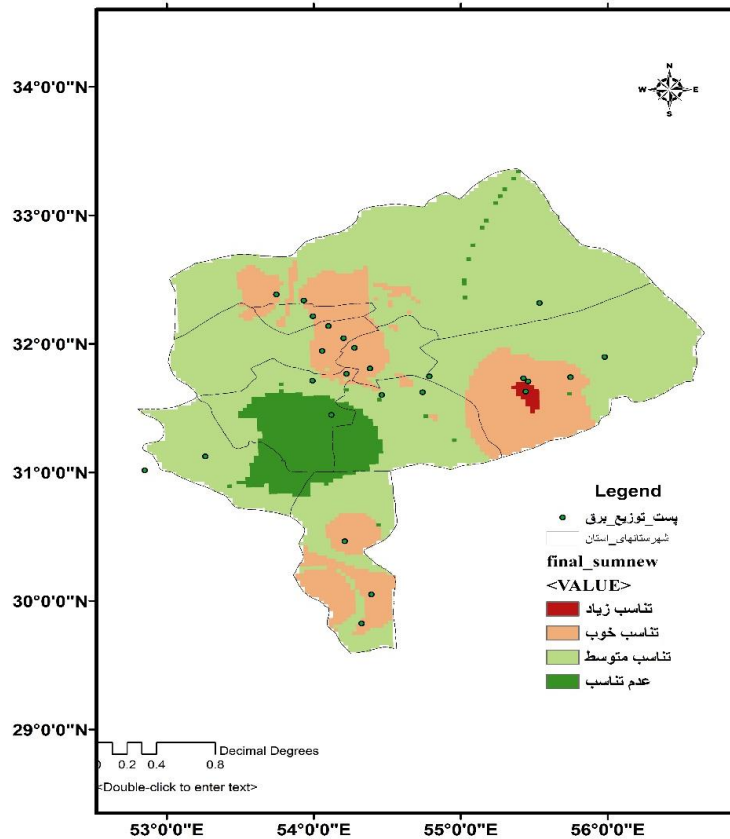
جدول ۱۱- رده بندی نهایی امتیازات حاصل از ماتریس مقایسه زوجی

امتیاز (درصد)	۰/۰-۶۲/۸	۰/۰-۵/۶۲	۰/۰-۲۸/۵	۰/۰-۱۲/۲۸
تناسب	تناسب زیاد	تناسب خوب	تناسب متوسط	عدم تناسب
کلاس	۱	۲	۳	۴

در این بین باید به مسئله نزدیکی محل ساخت به مناطق حفاظت شده بیش از پیش توجه نمود. زیرا با این اقدام احتمال تکه تکه شدن زیستگاه افزایش می یابد. پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم این تأثیرات ممکن است شامل، تهاجم گونه های غیربومی، تأثیر بر میزان تحرک گونه های زیستگاه و اختلالات زیست محیطی، مانند تغییرات آب و هوا باشد [۴]. از جمله دیگر مناطق ممنوعه، شیب بیش از ۲/۱ درصد، پوشش زمینی مانند آب های دائمی یا غیردائمی، جنگل ها، باتلاق ها، مناطق کشاورزی، مناطق انتقال ماسه ها با حاشیه امنیتی ۱۰ کیلومتر، تابه های نمکی، یخچال ها، شهرک ها، فرودگاه ها، میدان های نفت و گاز، معادن، مناطق حفاظت شده و مناطق اشاره نمود [۱۴]. همچنین مناطق با تعداد روز ابرناکی یا روز با گردوغبار بالا نیز به عنوان مناطق دارای محدودیت در استان یزد، شناخته شد.

تصویر نهایی مناطق مناسب برای ساخت نیروگاه خورشیدی، حاصل از روش ماتریس مقایسه زوجی در شکل ۱ ارائه شده است. بعد از تهیه نقشه پهنه بندی و اعمال حریم مناطق ممنوعه، اولویت مکانی ساخت نیروگاه خورشیدی تعیین می گردد. زمانی که یک منطقه در لیست مناطق ممنوعه قرار گیرد در صورتی که حتی در طبقه بندی در رده با تناسب زیاد قرار گیرد، در آخر به عنوان منطقه نامناسب تلقی می گردد [۸]. از جمله محدودیت های امکان سنجی مناطق مناسب ساخت نیروگاه خورشیدی شامل موارد زیر است:

زمین هایی با انواع مالکیت مانند پارک های ملی، مناطق حفاظت شده، مناطق بیابانی، پناهگاه های حیات وحش، منابع آب زیرزمینی و سطحی و مناطق شهری حساس اجتماعی و اقتصادی از جمله محدودیت های امکان سنجی مناطق مناسب ساخت نیروگاه خورشیدی هستند [۹].



شکل ۱- تصویر مناطق مستعد ساخت نیروگاه خورشیدی با روش تحلیل سلسله مراتبی

رطوبت، بارندگی، تبخیر، دما، ارتفاع، فاصله از راه دسترسی، فاصله از پست برق و گسل، برای مکان‌یابی مناطق مناسب ساخت نیروگاه خورشیدی در استان یزد مورد استفاده قرار گرفتند. لایه‌های اطلاعاتی اصلی با توجه به میزان تأثیر در مکان‌یابی به چهار کلاس خیلی مناسب (کلاس ۱)، مناسب (کلاس ۲)، نسبتاً مناسب (کلاس ۳) و نامناسب (کلاس ۴) تقسیم شدند. بعد از تهیه نقشه نهایی مناطق مناسب مشخص گردید که مناطقی از شهرستان یزد، بافق، اردکان، میبد، صدوق و خاتم در رده با تناسب زیاد و خوب در این تحلیل قرار گرفته است. لازم به ذکر است که رده تناسب زیاد تنها در محدوده کوچکی از شهرستان بافق می‌باشد. در آخر، لایه محدودیت اعمال و مشخص گردید که پنج درصد از کل مساحت استان یزد در رده مناسب برای ساخت نیروگاه فتوولتائیک قرار دارد. این مناطق در جنوب و جنوب شرقی شهر یزد و قسمتی از شهر بافق واقع شده است. نتایج حاصل از پژوهش، توانایی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را در اولویت‌بندی مناطق مناسب برای ساخت نیروگاه خورشیدی تأیید

تعداد روزهای ابری در سال یا ابرناکی، مهم‌ترین عامل از نظر کنترل انرژی تابشی خورشیدی است. ابرها به‌طور متوسط ۲۱ درصد انرژی موج‌کوتاه خورشید را برمی‌گردانند. در مواقعی که هوا آفتابی بوده و هیچ ابری در آسمان وجود ندارد، قسمت اعظم انرژی خورشید به زمین می‌رسد. همچنین مناطقی دارای اهمیت هستند که کم‌ترین روزهای غبارناکی را در طول سال داشته‌اند. از بین عرصه‌های پیشنهادی که در رده با تناسب زیاد و خوب واقع شده‌اند، با انجام بازدید میدانی و بررسی اطلاعات مربوط به رشد جمعیت منطقه، نوع سازند، جنس خاک، توسعه مناطق شهری، منطقه یزد و سپس بافق به‌عنوان بهترین منطقه برای ساخت نیروگاه فتوولتائیک پیشنهاد می‌شود. این مناطق پنج درصد از کل مساحت استان یزد را شامل می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، نه لایه اطلاعاتی اصلی شامل؛ ساعت آفتابی،

اطلاعاتی بیشتری را برای استعدادیابی منطقه در ساخت نیروگاه خورشیدی در نظر گرفته ا و این استعدادیابی به صورت استانی بررسی شده است. پیشنهاد می شود با توجه به محدود بودن لایه های اطلاعاتی در دسترس، تحقیقات تکمیلی با لایه های بیشتر، از جمله تأثیر گردوغبار در هر منطقه استان، روزهای غبارناکی، میزان انرژی خورشیدی دارای قابلیت تبدیل به انرژی الکتریکی در هر منطقه، صورت گیرد.

می نماید. از این روش برای مکان یابی مناطق مناسب ساخت نیروگاه خورشیدی در سیستان و بلوچستان استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی در تعیین محل مناسب پارک خورشیدی و مقایسه با بازدیدهای زمینی و کارشناسی عملکرد این روش، مناسب ارزیابی شده است. ت مقایسه شهر یزد نسبت به تهران و کرمان، استعداد مناسب تری را برای ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک نشان می دهد. دلیل این امر زاویه مناسب تابش خورشید می باشد. پژوهش حاضر لایه های

References

- [1]. Arbabi, R., & Arbabi, H. (2015). The Potential of Solar Power Plants Using the Model (AHP) and the Geographic Information System in the Sistan and Baluchestan Province. The First National Congress on Designing Modern Engineering with a Sustainable Development and Environmental Conservation Approach, Semnan, National Arman Foundation, 1-16. (in Farsi)
- [2]. Badri, A., Emadifar, R., Vafaiy, S., & Aldermi., M. (2016). Simulation and evaluation of solar potential of Tehran, Kerman and Yazd for the construction of 500 kV photovoltaic power plant using PVsyst software, *Energy*, 19(1), 153-166. (in Farsi)
- [3]. Georgiou, A., & Skarlatos, D. (2016). Optimal site selection for sitting a solar park using multi-criteria decision analysis and geographical information systems, *Geoscientific. Instrumentation Methods and Data Systems*, 5, 321-332.
- [4]. Hernandez, R.R. Madison, K.B. Hoffacker Michelle, L. Mariscal, M. Wud, G. C. & Allenc, M. F. (2016). Solar energy development impacts on land cover change and protected areas, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(44), 13579-13584
- [5]. International Finance Corporation. (2015). Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants A Project Developer's Guide. ifc.org, Washington D.C., 20433.
- [6]. International Renewable Energy Agency. (2014). Estimating the Renewable Energy Potential in Africa A GIS-based approach, P 70, IRENA Innovation and Technology Centre Germany. www.irena.org
- [7]. Khan, G., & Rathi, S. (2014). Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System (GIS), *Emerging Engineering Research and Technology*, 2(7), 260-266.
- [8]. Krpan, L., Steko, V., & Koren, Z. (2012). Model for selecting locations for construction of solar power plants. *Gradevinar*, 64(9), 741-748.
- [9]. Mehos, M., & Owens, B. (2004). An Analysis of Sitting Opportunities for Concentrating Solar Power Plants in the Southwestern United States. In World Renewable Energy Congress VIII.
- [10]. Organization energies of renewable and productivity Energy Electricity (SATBA). (2018) Report on identifying high potential sites and assessing renewable energy sources in the country,

Potentiometric office and resource assessment Ministry of Power, P (9). (in Farsi)

- [11]. Pak Tinat M., (2012). Land Potentiometry for the establishment of photovoltaic power plants based on multicriteria decision-making and remote sensing data in Iran, Master thesis, Faculty of Geography, University of Tehran. (in Farsi)
- [12]. Pires, A., Chang, N. B., & Martinho, G. (2011). An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setubal Peninsula, Portugal. *Resources, Conservation and Recycling*, 56(1), 7-21.
- [13]. Rasi, A., & Alaedin, F. (2017). Location of Solar Power Plant by Investigating Climate Parameters in Qazvin Province Using TOPSIS, 4th International Conference on Environmental Planning and Management, (2,3), 1-9. (in Farsi)
- [14]. Trieb, F., Schillings, C., O'sullivan, M., Pregger, T., & Hoyer-Klick, C. (2009). Global potential of concentrating solar power. German Aerospace Centre (DLR).

Site-Selecting of the Photovoltaic Solar Power Plants Using Climatic Elements in Yazd Province

1- M. Fallahpour Tezanji, Assisstant Professor, Geology Departement, Payam Noor University, Yazd, Iran.

m.fallahpour@pnu.ac.ir

Received: 13 Aug 2019

Accepted: 11 Jan 2020

Abstract

With the global expansion of population, rising energy consumption and the lack of renewable energy sources that are costly and polluting, the need for clean and sustainable energy such as solar energy has been increasingly taken into consideration. To evaluate land suitability for the optimal placement of photovoltaic solar power plants in Yazd province of Iran, the analytic hierarchy process (AHP) was used. A set of climatic and environmental constrains based experts' advices prepared in nine layers, estimates the potential sites for solar park installation. These constrains based on their relative importance in site evaluation extracted from AHP method, including sunshine, humidity, rainfall, evaporation, temperature, elevation, distance to access, fault and the power post. Climatic data obtained from eleven synoptic stations including fifteen-year period (2001-2016). After final mapping, the susceptible areas of photovoltaic solar power plants were determined in Yazd province. These areas located in Yazd, Bafgh, Ardakan, Meybod, Saduq and Khatam cities. After applying the privacy layer and considering the forbidden areas by conducting the field surveys, 5% of the Yazd province was considered suitable area for the construction of photovoltaic solar power plants. These areas are located in the south and south-east of Yazd, and part of the Bafg city.

Keyword: Arid area; Geographic Information System; Hierarchical Analysis Method; Solar Energy.