مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره اول، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲ ، صفحات ۵۴-۴۱

مکان‌یابی و طراحی همزمان نیروگاه‌های خورشیدی و بادی در استان فارس به‌منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای

محمد ارغوان کارشناسی ارشد مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
مهدی متوسل* گروه مهندسی برق، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
سامان تشکر گروه مهندسی انرژی تجدیدپذیر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۰

چکیده مبسوط

مقدمه: امروزه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نه تنها باعث بالارفتن کارایی و راندمان نیروگاه‌ها شده است بلکه سبب کاهش قابل توجه گازهای گلخانه‌ای تولیدی توسط نیروگاه‌های فسیلی گردیده است که این امر مزایای زیست محیطی فراوانی می‌تواند برای جوامع بشری داشته باشد. این پژوهش بر استفاده ترکیبی از انرژی خورشیدی و باد برای دستیابی به کارایی هزینه بهتر و بهره‌برداری راحت‌تر از هر دو منبع متمرکز شده است. در این تحقیق، هشت شهر با اقلیم‌های گوناگون در استان فارس مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها: برای انتخاب مکان مناسب از بین هر شهرهای انتخاب شده، از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. در این راستا چهار معیار چگالی باد، شدت تابش خورشید ، جمعیت و بلایای طبیعی برای انتخاب بهترین محل ساخت نیروگاه انتخاب شدند. سه معیار اول توسط روابط ریاضی و اندازه‌گیری های محیطی محاسبه شدند که شامل چگالی باد، شدت تابش خورشید و جمعیت هستند معیار چهارم، بلایای طبیعی هستند که شامل سه حادثه زلزله، سیل و طوفان خاک هستند. همچنین از منطق فازی برای وزن دهی پارامترها و استخراج یک مقدار واحد برای این سه معیار استفاده خواهد شد که در نرم‌افزار متلب محاسبه شده است.

نتایج و بحث: در این تحقیق، با چهار معیار مختلف، شهرهای استان فارس با هم مقایسه شدند. با توجه به بررسی انجام گرفته، بهترین شهرها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی فازی مشخص شدند و نتایج نشان می‌دهد که بهترین شهر، اقلید بوده است و پس از آن شهرهای صفاشهر و بوانات قرار دارند. بررسی انجام گرفته نشان داد که شهرهای کازرون و فیروزآباد کمترین امتیاز را براساس ساخت نیروگاه بادی–خورشیدی دارند. برای تحلیل نتیجه به دست آمده، باید معیارهای مختلف را بررسی کرد. مشاهده شد که در رتبه‌بندی معیار ها، امتیاز معیار انرژی خورشیدی و بادی بیش از دو معیار دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است.

نتیجه‌گیری: بررسی انجام گرفته نشان داد مناسبترین شهر، اقلید بوده است و پس از آن شهرهای صفاشهر، بوانات و ایزدخواست قرار دارند. و شهرهای کازرون و فیروزآباد کمترین امتیاز را برای ساخت نیروگاه بادی–خورشیدی دارند. در آخر نیز به طراحی نیروگاه در شهر بهینه بدست آورده شده، پرداخته شده است. در این راستا سه حالت ۵۰٪ خورشیدی و ۵۰٪ بادی، ۷۰٪ خورشیدی و ۳۰٪ بادی و ۳۰٪ خورشیدی و ۷۰٪ بادی برای طراحی نیروگاه هیبریدی درنظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که توان تزریقی در نیروگاه هیبریدی که در آن از ۷۰ درصد توان تولیدی توربین‌های بادی و ۳۰درصد نیروگاه خورشیدی استفاده شد، بهینه‌تر و بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:
استان فارس، خورشیدی–بادی، مکان یابی و طراحی

نویسنده مسئول: مهدی متوسل

نشانی: گروه مهندسی برق، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز. **تلفن:** ۰۹۱۷۳۰۹۹۵۶۳

پست الکترونیکی: Mehdi_motevasel@yahoo.com

استناد: ارغوان محمد، متوسل مهدی، تشکر سامان. مکان‌یابی و طراحی همزمان نیروگاه‌های خورشیدی و بادی در استان فارس بمنظور کاهش گازهای گلخانه‌ای. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۲؛ (۱) ۱: ۴۱-۵۴.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

امروزه به علت مرایای اقتصادی و ریست محیطی، استفاده از نیروگاه‌های تجدیدپذیر رشد بسیار زیادی داشته است (ازدمیر و همکاران ۲۰۱۸). نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر هیبریدی از دو یا چند منبع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌کنند که در کنار هم به افزایش کارایی سامانه و تعادل بیش‌تر در تأمین انرژی می‌پردازند. نیروگاه هیبریدی بادی–خورشیدی، اغلب منجر به راندمان و بازگشت اقتصادی و زیست‌محیطی بیش‌تری نسبت به سامانه های بادی و خورشیدی مطلق است (اسپایریدونیدو و همکاران ۲۰۲۳، آقالو و همکاران ۲۰۲۳، عبدل و همکاران ۲۰۲۲). طیف گسترده‌ای از مقالات تحقیقاتی تلاش کرده‌اند مکان بهینه نیروگاه‌های تجدیدپذیر را با استفاده از مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره استخراج کنند (سادات و همکاران۲۰۲۱، یوم و همکاران ۲۰۲۳ و ریوز و همکاران۲۰۲۱). از مهمترین این معیارها می‌توان به انحراف ولتاژ و تلفات توان به عنوان تابع هزینه نام برد. در چنین مواقعی، هدف اصلی حفظ سیستم قدرت در سطح عملیاتی مناسب است که در این شرایط محققین با مشکل بهینه‌سازی مواجه هستند و یافتن مقدار تابع هزینه بهینه و حفظ محدودیت های فنی در سطح مناسب ضروری است(هستی و همکاران ۲۰۲۳، سان و همکاران ۲۰۲۳، حاسن و همکاران ۲۰۲۳ و سیندهو و همکاران ۲۰۲۳). یکی از محبوب‌ترین ابزارهای تصمیم گیری چند معیاره، روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است که توسط جامعه علمی بین‌المللی به عنوان ابزاری قوی و انعطاف پذیر برای مقابله با مشکلات تصمیم‌گیری پیچیده پذیرفته شده است(بالو و همکاران ۲۰۱۶، بادی و همکاران ۲۰۲۳ و وانگ و همکاران ۲۰۲۲). تاکنون مطالعات بسیاری درباره انتخاب نوع روش جهت مکان‌یابی نیروگاه‌های تولید انرژی انجام شده است. آذوقی و همکاران(۲۰۱۷) به بهینه‌سازی محل نیروگاه خورشیدی در استان اصفهان بر اساس منطق فازی و ترکیب خطی وزنی که دارای ریسک متوسط است و می‌تواند لایه‌های اولویت را از طریق وزن آن‌ها درگیر کند، پرداخته‌اند.

باسو و همکاران (۲۰۱۶) از یک مدل پارامترسازی فضایی برای بررسی عوامل ایجاد تغییرات مکانی هزینه‌های نصب زمین، نیروی کار، انتقال و زنجیره تأمین برای نیروگاه‌های خورشیدی و در یک مرز جغرافیایی استفاده کرده‌اند. رگنا و همکاران (۲۰۲۱) روش فیلتر را برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از مکان‌های کارآمد به منظور کاهش ابعاد مشکل اصلی زمانی که قلمرویی بزرگ برای مکان‌یابی مکان‌های بهینه برای نیروگاه‌های خورشیدی در مقیاس بزرگ غربال می‌شود، پیشنهاد کرده‌اند. این تحقیق مبتنی بر ایده روابط ترجیحی و تسلط پارتو است و با اجتناب از مقایسه بین ویژگی‌های مکان‌های مختلف، می‌توان آن را بدون فرض در نظر گرفت.

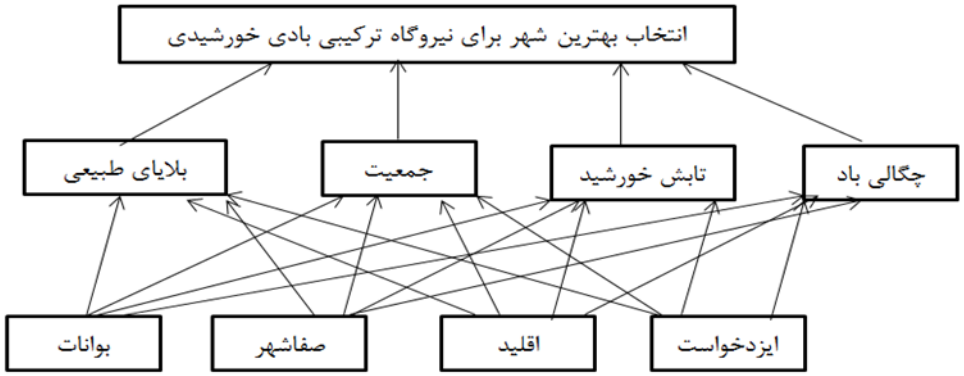
رویز و همکارن (۲۰۲۰) الگوریتم تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را در یک بسته سیستم اطلاعات جغرافیایی ادغام کردند، که شامل لایه‌هایی از داده‌های ماهواره برای منابع انرژی و داده‌های محلی به‌دست‌آمده مانند: توپوگرافی، محل سکونت، خطوط جاده و شبکه برق. این مطالعه بر روی استان کالیمانتان غربی متمرکز شده است. نوراللهی و همکاران (۲۰۲۱)، در مطالعه‌ای به مکان‌یابی و ارزیابی پتانسیل یک نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک در استان خوزستان با استفاده از منطق فازی–بولی و تحلیل تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. معیارهای اصلی برای انتخاب مکان‌های بهینه مسائل اقلیمی و اقتصادی بوده است. بر اساس نتایج، ۰/۱۲ درصد از کل مساحت استان دارای تناسب عالی، ۲۵/۶۶ درصد دارای تناسب مناسب و ۵۹/۴۶ درصد فاقد هرگونه تناسب برای نصب سیستم فتوولتائیک است. اکثر مطالعات فوق تنها بر یک نوع انرژی تجدیدپذیر متمرکز شده اند و به نظر می‌رسد توجه کافی به بهره‌برداری ترکیبی از منابع تجدیدپذیر متعدد از طریق سیستم‌های ترکیبی وجود ندارد (دوریم و همکاران۲۰۱۶). این پژوهش بر استفاده ترکیبی از انرژی خورشیدی و باد برای دستیابی به کارایی هزینه بهتر و بهره‌برداری راحت‌تر از هر دو منبع متمرکز شده است. در این تحقیق، هشت شهر استان فارس مورد مطالعه قرار گرفته شدند. این شهرها، در مناطق مختلف استان فارس قرار گرفته‌اند. در این راستا از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای بررسی وزن معیارها یا عوامل و ارزیابی پتانسیل و امکان‌سنجی مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی و بادی در مناطق مختلف استان فارس و برای چهار شهر کاندیدا شامل ایزدخواست، اقلید، صفا شهر و بوانات استفاده شده است. برای انجام این کار چهار معیار چگالی باد، شدت تابش خورشید ، جمعیت و بلایای طبیعی برای انتخاب بهترین محل ساخت نیروگاه انتخاب شدند. سه معیار اول توسط روابط ریاضی و اندازه‌گیری‌های محیطی محاسبه شدند که شامل چگالی باد، شدت تابش خورشید و جمعیت هستند معیار چهارم، بلایای طبیعی هستند که شامل سه حادثه زلزله، سیل و طوفان خاک هستند. همچنین از منطق فازی برای وزن دهی پارامترها و استخراج یک مقدار واحد برای این سه معیار استفاده خواهد شد که در نرم‌افزار متلب محاسبه شده است. پس از تعیین مکان بهینه نیروگاه ترکیبی خورشیدی–بادی، با استفاده از نرم‌افزار ترانسیس به طراحی نیروگاه فوق برای حالات مختلف پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

برای انتخاب مکان مناسب از بین هر شهرهای کاندید شده، از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است. در این راستا چهار معیار چگالی باد، شدت تابش خورشید ، جمعیت و بلایای طبیعی برای انتخاب بهترین محل ساخت نیروگاه انتخاب شدند. سه معیار اول توسط روابط ریاضی و اندازه‌گیری‌های محیطی محاسبه شدند که شامل چگالی باد، شدت تابش خورشید و جمعیت هستند معیار چهارم، بلایای طبیعی هستند که شامل سه حادثه زلزله، سیل و طوفان خاک هستند. همچنین از منطق فازی برای وزن دهی پارامترها و استخراج یک مقدار واحد برای این سه معیار استفاده خواهد شد که در نرم‌افزار متلب محاسبه شده است. پس از تعیین مکان بهینه نیروگاه ترکیبی خورشیدی-بادی، با استفاده از نرم‌افزار ترانسیس به طراحی نیروگاه فوق برای حالات مختلف پرداخته می‌شود.

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی رویکردی دقیق برای تعیین کمیت وزن معیارهای تصمیم‌گیری است و در آن از تجربیات کار شناسان برای تخمین مقادیر نسبی عوامل از طریق مقایسه های زوجی استفاده می‌شود. هر یک از پاسخ‌دهندگان اهمیت نسبی هر جفت آیتم را با استفاده از یک پرسشنامه طراحی شده خاص مقایسه می‌کنند. تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی معمولی روش خوبی برای به دست آوردن نظر متخصص است، اما تفکر انسان را به درستی منعکس نمی‌کند، چون کارشناس پاسخگو باید نظرش را با اعداد دقیق بیان کند. اگرچه ماهیت مقایسه‌های زوجی فازی است، اما متخصص تمایل دارد به جای یک عدد ثابت، محدوده‌ای را در قضاوت‌های خود تعیین کند. به طور کلی، اکثر روش‌های تحلیل رتبه فازی همانند تحلیل رتبه‌های معمولی هستند، با این تفاوت که به جای اعداد ثابت برای قضاوت از اعداد فازی استفاده می‌شود. در تحلیل سلسله مراتبی فازی، پس از تهیه نمودار سلسله مراتبی، از تصمیم‌گیرندگان خواسته می شود تا عناصر هر سطح را با هم مقایسه و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی بیان کنند. شکل ۱، روند انتخاب مکان مناسب برای ساخت نیروگاه را برای چند شهر نمونه نشان می‌دهد.



شکل ۱- انتخاب مکان مناسب برای ساخت نیروگاه

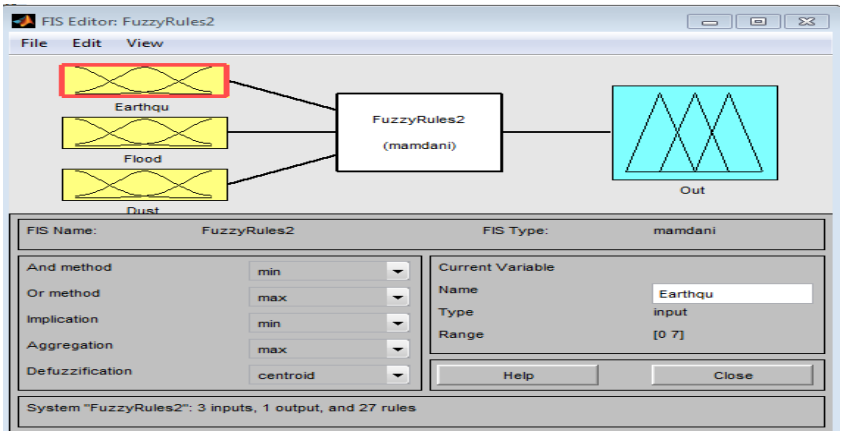
طراحی سیستم فازی

در این تحقیق از چهار معیار چگالی باد، شدت تابش خورشید و جمعیت و بلایای طبیعی جهت جایابی نیروگاه خورشیدی استفاده شده است. در ادامه به طراحی سیستم فازی هر کدام پرداخته می‌شود:

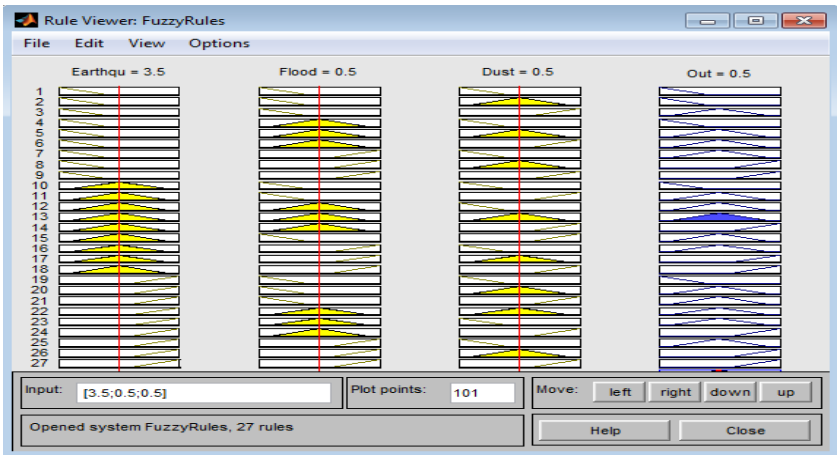
مدل فازی برای بلایای طبیعی

بطور کلی سه پدیده سیل، زلزله و طوفان خاک به عنوان بلایای طبیعی درنظرگرفته شده‌اند. تعداد زلزله‌ها قابل شمارش هستند و احتمال سیل و طوفان خاک نیز با توجه به داده‌ها محاسبه شده اند. با این وجود، باید یک کمیت واحد برای سنجش بلایای طبیعی محاسبه شود. برای این منظور، یک سیستم فازی شبیه شکل ۲ طراحی خواهد شد. همان گونه که مشاهده می‌شود، این سیستم فازی دارای سه ورودی است که نشان‌دهنده این سه رخداد مورد نظر است. قوانین فازی که مشخص‌کننده ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی هستند که با تابع فازی مثلثی مدلسازی شده و به صورت کیفی در شکل ۳ رسم شده است. با استفاده از این قوانین، می‌توان مقدار خروجی برای معیار رخداده‌های طبیعی را محاسبه کرد. مقدار فازی به دست آمده برای رخدادهای طبیعی در شکل ۴ نشان داده شده است. هرچه مقدار به دست امده برای یک شهر بیشتر باشد، آن شهر بیشتر در معرض خطرات است و

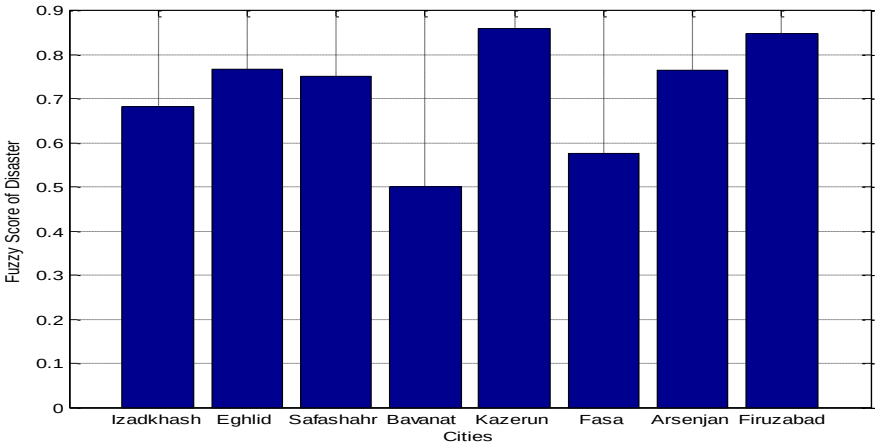
گزینه نامناسبی است. به همین خاطر، این معیار، یک معیار منفی
است یعنی مقادیر کمتر معیار، بهتر است.



شکل۲- سیستم فازی پیشنهادی برای بلایای طبیعی



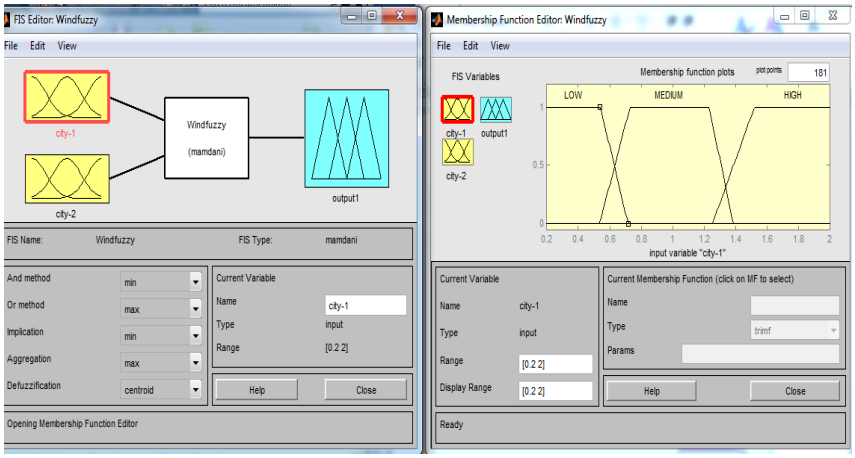
شکل۳- قوانین فازی پیشنهادی



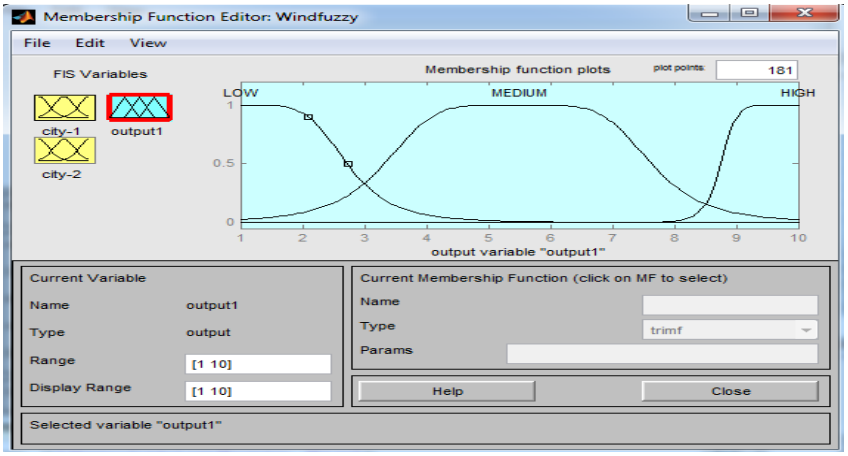
شکل۴- مقدار فازی رخدادهای طبیعی برای شهرهای مختلف

مدل فازی چگالی باد، شدت تابش خورشید و جمعیت

در روش سلسله مراتبی فازی، برای هر معیار باید شهرها دو به دو با هم مقایسه شوند. در این تحقیق، برای هر چهار معیار، یک سیستم فازی طراحی می‌شود که دارای دو ورودی است. این سیستم فازی، بر اساس قوانین فازی، شهرها را دو به دو با هم مقایسه می‌کند و به آن‌ها امتیاز می‌دهد. امیتازدهی بر اساس قوانین فازی است که توسط تصمیم گیرنده تعریف شده است. دو ورودی تابع فازی، اطلاعات معیار مورد نظر برای دو شهر است که توسط سیستم فازی با هم مقایسه و امتیازدهی می‌شود. مقدار توان باد برای هر شهر می‌تواند در سه سطح فازی پایین، متوسط و بالا تقسیم شود که در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل، برای ورودی، از تابع فازی ذورنقه‌ای استفاده شده است. این تابع، یک تابع ذوزنقه‌ای است. علت انتخاب این تابع این است که تغییرات ناچیز باد یا شدت تابش خورشید یا نفرات شهرها، تأثیر زیادی بر روی معیار انتخاب ندارد. شکل تابع خروجی نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که برای هر سه معیار چگالی باد، شدت تابش خورشید و جمعیت شکل تابع خروجی متناسب با شکل ۶ خواهد بود و تنها تفات آن‌ها با هم، در توابع ورودی است.



شکل۵- سیستم فازی برای مقایسه توان بادها



شکل۶- تابع فازی خروجی

شبیه‌سازی

برای مدل سازی الگوریتم پیشنهادی، به شهر شهداد شرکت توزیع نیروی برق استان فارس، شهر به عنوان بهترین کاندید جهت مکانیابی نیروگاه هیبریدی خورشیدی- بادی درنظر گرفته شده است. کلیه اطلاعات جغرافیایی شهرستان‌ها از اداره محیط زیست استان فارس و سازمان انرژی‌های نو ایران دریافت گردیده‌اند.

رتبه‌بندی معیارها

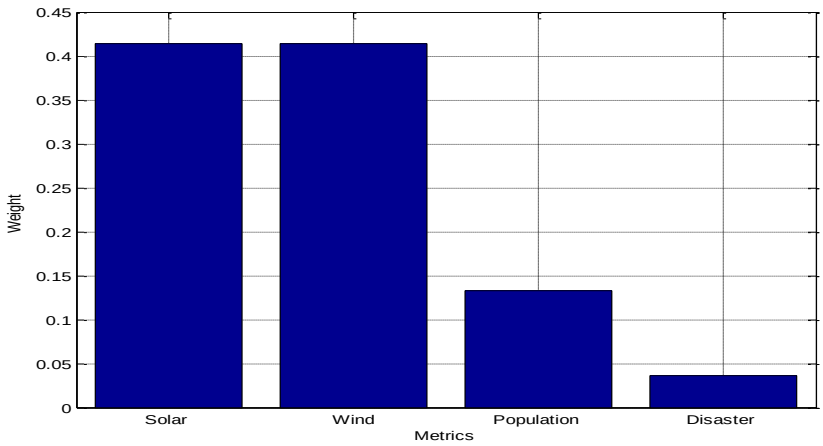
ارزیابی انجام شده با توجه به بررسی مطالعات انجام گرفته، رتبه بندی شده است. به این دلیل که نیروگاه ترکیبی بادی-

خورشیدی است، مقدار آن برای شدت تابش خورشید ی و چگالی باد یک است؛ یعنی این دو معیار ارجحیت و اولویت یکسانی نسبت به هم دارند. با این وجود، فرض کرده‌ایم که اولویت این دو معیار نسبت به جمعیت زیاد است و عدد ۵ به آن تخصیص داده شده است. این به این دلیل است که تنها معیار جمعیت برای محاسبه محل نیروگاه کافی نیست و باید فاکتور های برق صنعتی و کشاورزی را نیز محاسبه کرد. معیار بلایای طبیعی نیز کم‌ترین اهمیت را دارد زیرا می‌توان با روش های اصولی، نیروگاه را مقاوم کرد. نتایج در جدول ۱ نشان داده شده اند.

جدول ۱- معیارهای ارزیابی نسبت به هم

	چگالی باد	تابش خورشید	جمعیت	بلایای طبیعی
چگالی باد	۱	۱	۵	۹
تابش خورشید	۱	۱	۵	۹
جمعیت	۰/۲	۰/۲	۱	۷
بلایای طبیعی	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۴	۱

پس از نرمال کردن جدول فوق میانگین هر سطر را به عنوان میانگین هر معیار در نظر می‌گیریم. مقدار به دست آمده وزن هر معیار نامیده می‌شود و هر چه بیشتر باشد، اعتبار بیشتری در تصمیم‌گیری دارد. مقدار وزن معیارها در شکل ۷ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که مقدار دو معیار بادی و خورشیدی یکسان است. معیار جمعیت اهمیت زیادی ندارد، زیرا هم توان نیروگاه‌های تجدیدپذیر زیاد نیست و هم شبکه برق ایران شبکه ای پیوسته است. همچنین بلایای طبیعی نیز بدلیل آمار گذشته و همچنین تمهیدات مناسبی که معمولاً برای مقاوم سازی نیروگاه ها انجام می‌شود، کمترین مقدار می‌باشد.



شکل ۷- مقدار وزن معیارهای مختلف

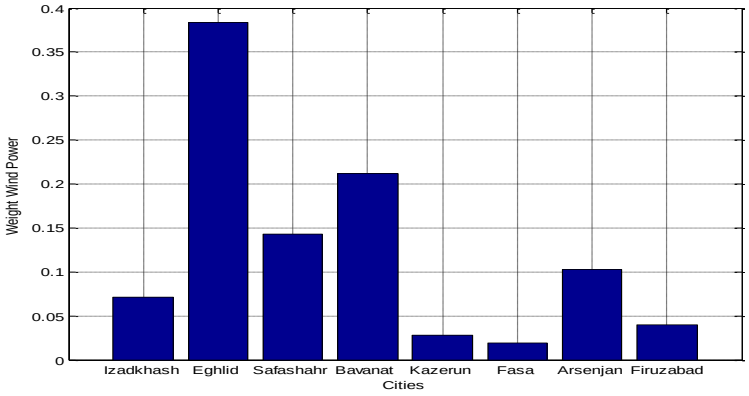
نتایج و بحث

محاسبه وزن معیارهای مختلف برای شهرها

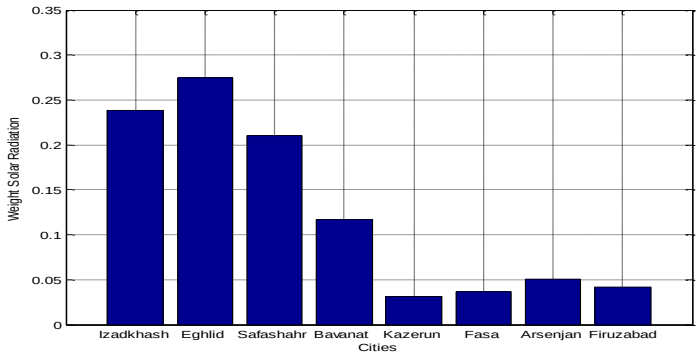
ابتدا با توجه به داده‌های مربوط به توان باد و سیستم فازی طراحی شده، توان باد در شهرهای مختلف، دو به دو با هم مقایسه می شوند. در این مقایسه، هرچه میزان باد در یک شهر بیشتر باشد، عدد فازی تخصیص یافته به آن نیز بیشتر خواهد بود و برعکس. در سیستم سلسله مراتبی فازی، تنها کافی است که قسمت بالامثلث (پایین مثلث) ماتریس محاسبه گردد و قسمت دیگر، معکوس درایه متقارن آن است. همچنین مقادیر درایه‌های قطر اصلی نیز برابر با یک خواهد بود، زیرا یک شهر با خودش مقایسه می‌شود. برای مقایسه توان باد بین شهر با استفاده از سیستم فازی، مقدار ماتریس مقایسه زوجی به صورت جدول ۲ محاسبه می‌شود. همچنین مقادیر میانگین نرمالیزه شده چگالی باد در شهرهای مختلف نیز در شکل ۸ آورده شده است. مقدار به دست آمده هر چه بیشتر باشد، اعتبار بیشتری در تصمیم‌گیری دارد. همچنین مقادیر زوجی برای شدت تابش خورشید، جمعیت و بلایای طبیعی شهرهای مختلف بترتیب در جداول ۳ تا ۵ و مقدیر وزنی محاسبه شده برای آن‌ها نیز در شکل‌های ۹ تا ۱۱ آورده شده است.

جدول ۲- مقایسه زوجی چگالی باد در شهرهای مختلف

	فیروزآباد	ارسنجان	فسا	کازرون	بوانات	صفاشهر	اقلید	ایزدخواست
ایزدخواست	۴/۷۹۲	۰/۱۸۲	۲/۰۸۰	۲/۰۵۴	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۴۸۷	۱/۰۰۰
اقلید	۹/۲۶۹	۵/۵۰۰	۹/۳۴۸	۹/۳۶۱	۵/۵۰۰	۵/۵۰۰	۱/۰۰۰	۵/۵۰۰
صفاشهر	۴/۷۹۹	۵/۴۸۱	۲/۴۵۱	۲/۴۵۱	۰/۱۸۲	۱/۰۰۰	۰/۴۶۹	۵/۴۸۱
بوانات	۵/۰۱۱	۵/۴۸۱	۳/۶۷۱	۳/۶۷۱	۱/۰۰۰	۵/۴۸۱	۰/۴۴	۵/۴۸
کازرون	۰/۲۰۹	۰/۱۸۲	۲/۰۸۰	۱/۰۰۰	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۱۰۷	۰/۱۸۲
فسا	۰/۲۰۹	۰/۱۸۲	۱/۰۰۰	۰/۴۸۷	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۱۰۷	۰/۱۸۲
ارسنجان	۴/۷۹۳	۱/۰۰۰	۲/۳۳۰	۲/۳۳۰	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۴۷۱	۵/۴۸۱
فیروزآباد	۱/۰۰۰	۰/۱۸۲	۲/۱۹۵	۲/۱۹۵	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۱۷۱	۰/۱۸۲



شکل ۸- وزن معیار چگالی باد برای شهرهای مختلف



شکل ۹- وزن معیار شدت تابش خورشید برای شهرهای مختلف

جدول ۳- مقایسه زوجی شدت تابش خورشید در شهرهای مختلف

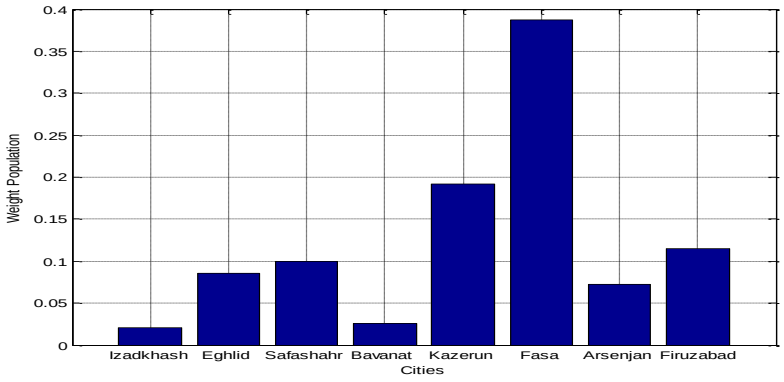
	فیروزآباد	ارسنجان	فسا	کازرون	بوانات	صفاشهر	اقلید	ایزدخواست
ایزدخواست	۰/۲۱۸۵	۰/۲۳۶۵	۰/۲۰۸۵	۰/۱۹۹۸	۰/۲۹۶۵	۰/۳۱۷۸	۰/۱۹۱۳	۰/۲۳۸۲
اقلید	۰/۲۱۸۵	۰/۲۳۶۵	۰/۲۰۸۵	۰/۱۹۹۸	۰/۲۹۶۵	۰/۳۱۷۸	۰/۳۲۰۹	۰/۳۹۹۷
صفاشهر	۰/۲۱۸۵	۰/۲۳۶۵	۰/۲۰۸۵	۰/۱۹۹۸	۰/۲۹۶۵	۰/۱۸۹۴	۰/۱۹۱۳	۰/۱۴۱۹
بوانات	۰/۱۸۴۱	۰/۱۹۹۶	۰/۱۷۵۸	۰/۱۶۸۴	۰/۰۵۷۸	۰/۰۳۷۳	۰/۰۶۳۱	۰/۰۴۶۹
کازرون	۰/۰۲۳۲	۰/۰۱۶۰	۰/۰۲۲۳	۰/۰۳۶۳	۰/۰۱۳۲	۰/۰۳۴۴	۰/۰۵۸۴	۰/۰۴۳۳
فسا	۰/۰۲۲۸	۰/۰۱۶۰	۰/۰۳۷۹	۰/۰۶۳۲	۰/۰۱۳۲	۰/۰۳۴۴	۰/۰۵۸۴	۰/۰۴۳۳
ارسنجان	۰/۰۷۴۶	۰/۰۴۳۱	۰/۰۷۱۲	۰/۰۶۸۲	۰/۰۱۳۰	۰/۰۳۴۴	۰/۰۵۸۴	۰/۰۴۳۳
فیروزآباد	۰/۰۳۹۷	۰/۰۱۶۰	۰/۰۶۷۲	۰/۰۶۴۴	۰/۰۱۳۲	۰/۰۳۴۴	۰/۰۵۸۴	۰/۰۴۳۳

جدول ۴- مقایسه زوجی جمعیت شهرهای مختلف

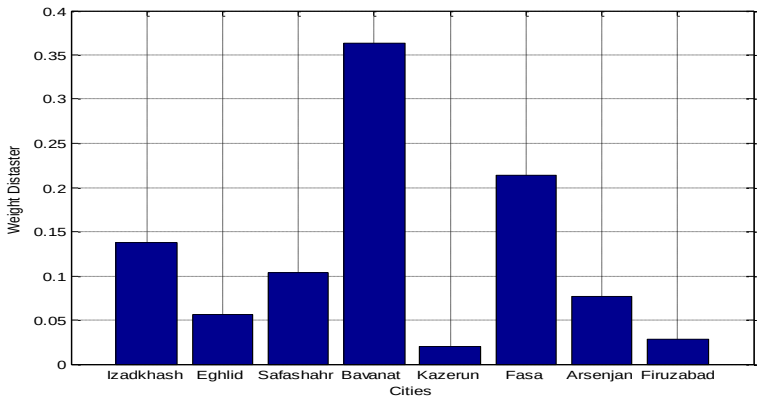
	فیروزآباد	ارسنجان	فسا	کازرون	بوانات	صفاشهر	اقلید	ایزدخواست
ایزدخواست	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۱۰۷	۰/۱۰۸	۰/۴۶۸	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۱/۰۰۰
اقلید	۰/۴۸۷	۲/۰۵۴	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۵/۴۸۱	۰/۴۸۷	۱/۰۰۰	۵/۴۸۱
صفاشهر	۰/۴۸۷	۲/۰۵۴	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۵/۴۸۱	۱/۰۰۰	۲/۰۵۴	۵/۴۸۱
بوانات	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۰/۱۰۷	۰/۱۰۸	۱/۰۰۰	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۲/۱۱۵
کازرون	۳/۱۷۱	۳/۱۷۱	۰/۱۸۳	۱/۰۰۰	۵/۴۹۷	۳/۱۷۱	۳/۱۷۱	۵/۴۹۷
فسا	۵/۴۸۱	۵/۴۸۱	۱/۰۰۰	۲/۲۶۲	۹/۳۰۰	۵/۴۸۱	۵/۴۸۱	۹/۳۰۰
ارسنجان	۰/۴۶۹	۱/۰۰۰	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۵/۴۸۱	۰/۴۶۹	۰/۴۶۹	۵/۴۸۱
فیروزآباد	۱/۰۰۰	۲/۰۵۴	۰/۱۸۲	۰/۱۸۲	۵/۴۸۱	۲/۰۵۴	۲/۰۵۴	۵/۴۸۱

جدول۵- مقایسه زوجی بلایای طبیعی شهرهای محتلف

	فیروزآباد	ارسنجان	فسا	کازرون	بوانات	صفاشهر	اقلید	ایزدخواست
ایزدخواست	۵/۴۴۲	۴/۴۶۶	۰/۲۴۲	۵/۴۵۷	۰/۱۸۰	۴/۱۷۲	۴/۵۰۲	۱/۰۰۰
اقلید	۴/۹۲۰	۰/۲۱۹	۰/۲۰۴	۴/۹۲۰	۰/۱۶۳	۰/۲۱۹	۱/۰۰۰	۰/۲۱۹
صفاشهر	۵/۱۰۸	۴/۴۶۶	۰/۲۰۴	۵/۱۰۸	۰/۱۶۹	۱/۰۰۰	۴/۵۰۲	۰/۲۳۶
بوانات	۸/۰۳۵	۶/۰۶۱	۵/۴۳۳	۸/۳۰۹	۱/۰۰۰	۵/۸۸۹	۶/۰۸۷	۵/۵۳۳
کازرون	۰/۳۲۸	۰/۲۰۱	۰/۱۸۱	۱/۰۰۰	۰/۱۲۰	۰/۱۹۵	۰/۲۰۲	۰/۱۸۳
فسا	۶/۰۴۲	۵/۴۶۱	۱/۰۰۰	۶/۱۰۱	۰/۲۰۵	۵/۴۵۸	۵/۴۶۱	۴/۸۳۶
ارسنجان	۴/۹۴۴	۱/۰۰۰	۰/۲۰۴	۴/۹۴۴	۰/۱۶۴	۰/۲۲۱	۴/۵۲۷	۰/۲۲۱
فیروزآباد	۱/۰۰۰	۰/۲۰۱	۰/۱۸۳	۲/۹۵۷	۰/۱۲۳	۰/۱۹۵	۰/۲۰۲	۰/۱۸۳

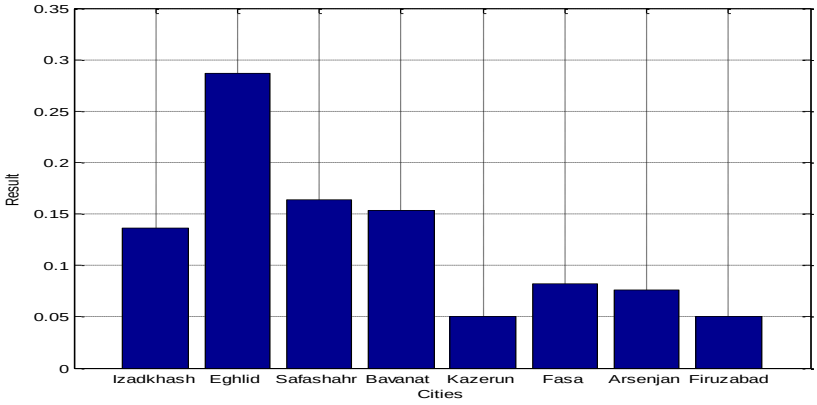


شکل ۱۰- وزن معیار جمعیت برای شهرهای مختلف



شکل ۱۱- وزن معیار بلایای طبیعی برای شهرهای مختلف

در این تحقیق، با چهار معیار مختلف، شهرهای استان فارس با هم مقایسه شدند. برای این منظور، در این فصل، شهرهای استان از نظر معیارهای مختلف با هم مقایسه شدند. با توجه به بررسی انجام گرفته، بهترین شهرها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی فازی مشخص شدند و نتایج در شکل ۱۲ نشان داده شده‌اند. مشاهده شد که بهترین شهر، اقلید بوده است و پس از آن شهرهای صفاشهر و بوانات قرار دارند. بررسی انجام گرفته نشان داد که شهرهای کازرون و فیروزآباد کمترین امتیاز را براساس ساخت نیروگاه بادی–خورشیدی دارند. برای تحلیل نتیجه به دست آمده، باید معیارهای مختلف را بررسی کرد. مشاهده شد که در رتبه‌بندی معیارها، امتیاز معیار انرژی خورشیدی و بادی بیش از دو معیار دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است. از آنجا که ظرفیت نیروگاه محدود است، امتیاز جمعیت نسبت به دو عامل قبل از جذابیت کمتری برخوردار است و در صورتی که ظرفیت نیروگاه بیشتر فرض می‌شد، آنگاه اهمیت جمعیت بیشتر می‌شد زیرا شهرهای با جمعیت بیشتر، مصرف‌کننده بزرگ‌تری به شمار می‌رفتند. امتیاز معیارهای دیگر نشان می‌دهد که شهر اقلید از نظر توان باد، به وضوح بهتر از شهرهای دیگر بود و این سبب می‌شود که بهترین مکان، این شهر گردد.

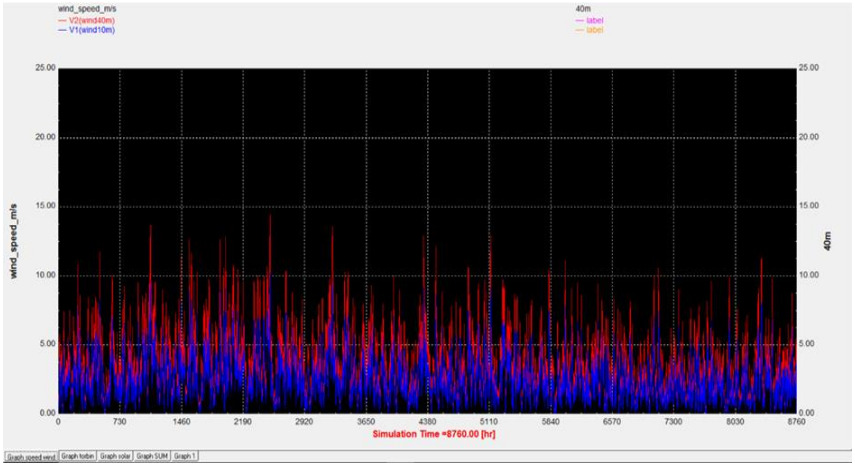


شکل ۱۲- امتیاز شهرهای مختلف جهت احداث نیروگاه

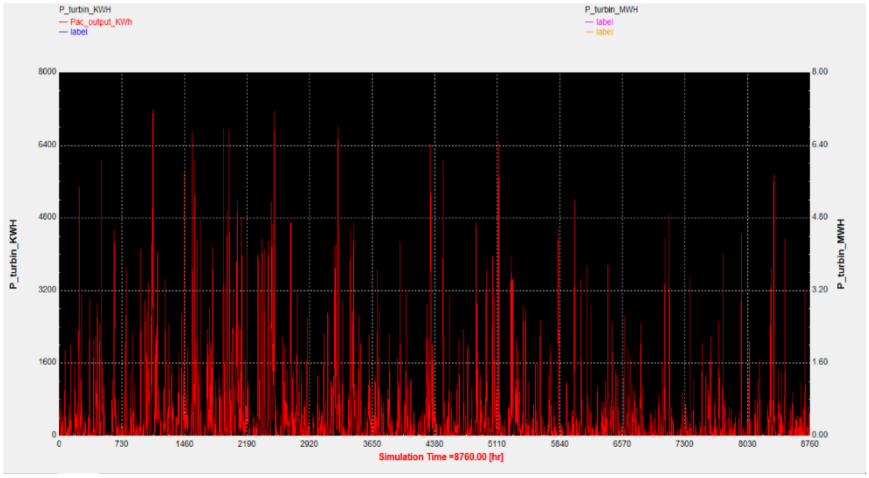
طراحی و شبیه‌سازی نیروگاه هیبریدی خورشیدی–بادی با استفاده از نرم‌افزار ترنسیس

با توجه به نتایج بدست آمده در بخش قبل، مشخص شد که بهترین مکان برای احداث نیروگاه هیبریدی خورشیدی–بادی در استان فارس، شهر اقلید است. حال اگر بخواهیم شبیه‌سازی این نیروگاه را در نرم‌افزار ترنسیس به عنوان یکی از کامل‌ترین نرم افزارها انجام دهیم، سه پیش‌فرض می‌توانیم در نظر بگیریم. طراحی نیروگاه هیبریدی ۵۰٪ خورشیدی و ۵۰٪ بادی، نیروگاه هیبریدی ۷۰٪ خورشیدی و ۳۰٪ بادی و نیروگاه هیبریدی ۳۰٪ خورشیدی و ۷۰٪ بادی. ما هر سه این شیوه را مورد پژوهش قرار دادیم و نیروگاه هیبریدی اقلید را به هر سه طریق طراحی کردیم. نتایج بدست آمده نشان داد که توان تزریقی در نیروگاه هیبریدی که در آن از ۷۰ درصد توان تولیدی توربین‌های بادی و ۳۰درصد نیروگاه خورشیدی استفاده شد، بهینه‌تر و بیشتر می‌باشد. در ادامه نتایج بدست آمده از این طرح را بررسی می‌کنیم.

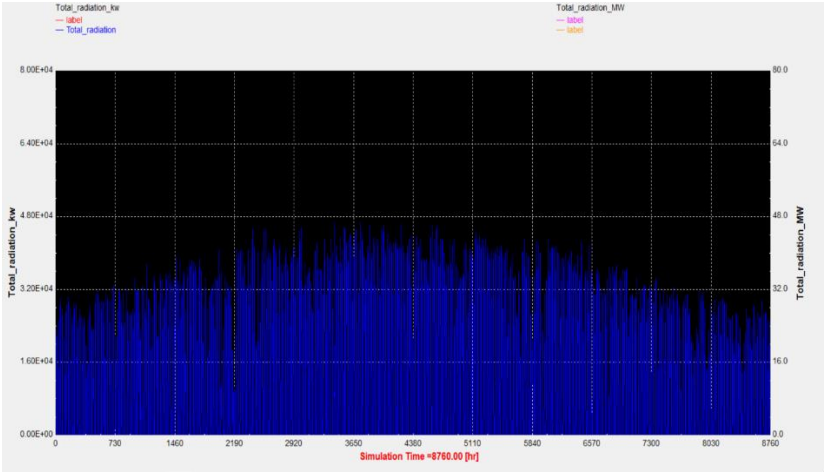
در طراحی نیروگاه هیبریدی اقلید به صورت ۳۰٪ خورشیدی و ۷۰٪ بادی است که ۰/۶ مگاوات نیروگاه هیبریدی به بخش فوتولتاییک و ۱/۴ مگاوات به بخش بادی اختصاص یافته است. در این طراحی چهار نمودار سرعت باد، توان خروجی توربین‌های بادی، مقدار توان تابشی به سطح پنل، مقدار توان تزریقی بخش خورشیدی به شبکه و دو نمودار توان کلی تزریقی به شبکه را داریم. این نمودارها به ترتیب در زیر آورده شده‌اند.



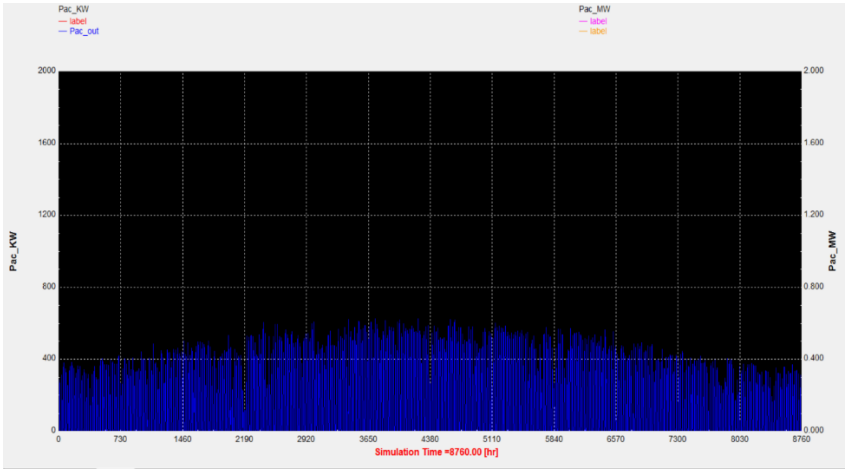
شکل ۱۳- نمودار سرعت باد در ۱۰متر و ۴۰متر



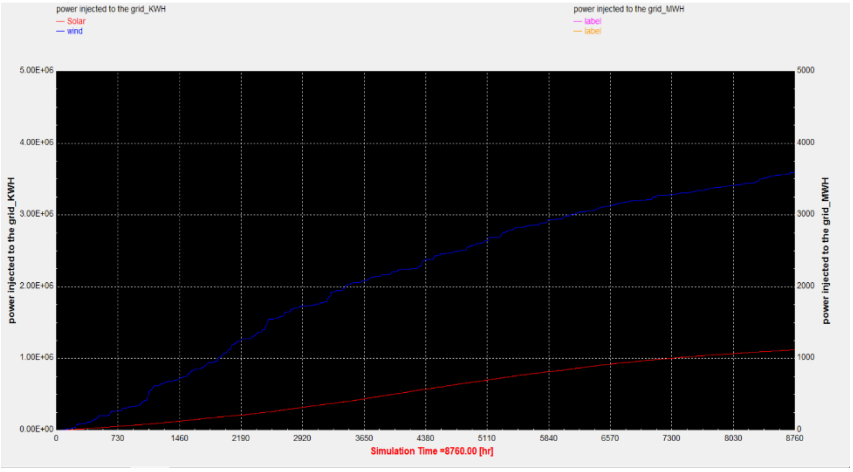
شکل ۱۴- دیاگرام توان خروجی توربین



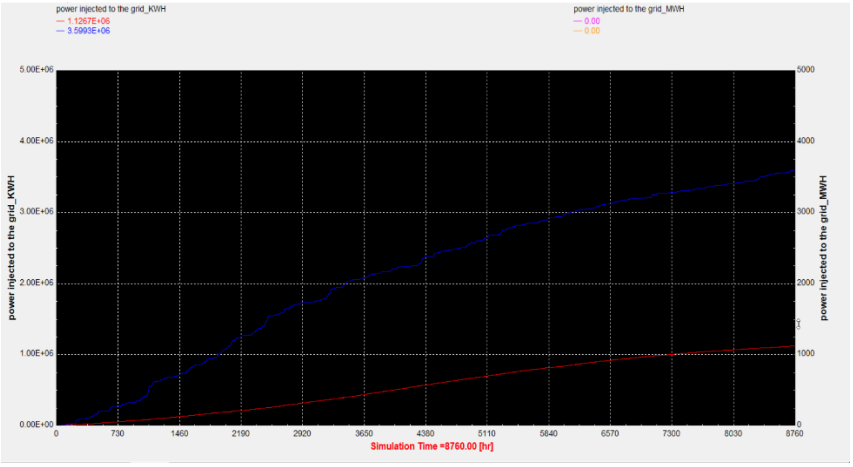
شکل۱۵- دیاگرام توان تابشی (ورودی) به سطح پنل‌ها



شکل ۱۶- دیاگرام توان خروجی فتوولتائیک



شکل ۱۷: دیاگرام منحنی توان تزریقی نیروگاه هیبریدی خورشیدی و بادی به شبکه



شکل ۱۸: دیاگرام منحنی توان تزریقی نیروگاه هیبریدی خورشیدی و بادی به شبکه در آخرین ساعت سال

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق به منظور کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی و بادی در مناطق مختلف استان فارس استفاده شده است. در این راستا از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به عنوان یکی از روش‌های چند هدفه فازی برای بررسی وزن معیارها یا عوامل و ارزیابی پتانسیل و امکان‌سنجی استفاده شده است. چهار معیار چگالی باد، شدت تابش خورشید، جمعیت و بلایای طبیعی مختلف برای انتخاب بهترین محل ساخت نیروگاه انتخاب شده اند. تعیین مکان‌های مناسب برای نیروگاه خورشیدی و بادی به شناخت کامل و دقیق عوامل و نحوه انتخاب آن‌ها بستگی دارد. به منظور ارزیابی، ابتدا داده‌های مورد نیاز از منابع مختلف جمع آوری شدند، سپس با توجه به روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، فاکتورهای بیان شده در قسمت مقدمه برای مناطق مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و امتیازدهی شدند. همچنین برای امتیازدهی زوجی، از سیستم فازی استفاده شد. سیستم فازی پیشنهادی، ورودی‌ها شامل اطلاعات دو شهر و خروجی امتیاز مقایسه زوجی آن دو شهر است.

نهایتاً از بین شهرهای مورد بررسی قرار گرفته، مناسبترین شهر، اقلید بوده است و پس از آن شهرهای صفاشهر، بوانات و ایزدخواست قرار دارند. بررسی انجام گرفته نشان داد که شهرهای کازرون و فیروزآباد کمترین امتیاز را برای ساخت نیروگاه بادی-خورشیدی دارند. با توجه به امتیاز شهرهای مختلف از نظر معیار های مختلف، در رتبه‌بندی معیارها، امتیاز معیار انرژی خورشیدی و بادی بیش از دو معیار دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است. امتیاز جمعیت، چندان مورد توجه قرار گرفته نشد، زیرا هدف این تحقیق، مکان‌یابی برای یک نیروگاه با طرفیت محدود بوده است. در صورتی که ظرفیت نیروگاه بیشتر فرض می‌شد، آنگاه اهمیت جمعیت بیشتر می‌شد زیرا شهرهای با جمعیت بیشتر، مصرف‌کننده بزرگ‌تری به شمار می‌روند. امتیاز معیارهای دیگر نشان می‌دهد که شهر اقلید از نظر توان باد، به وضوح بهتر از شهرهای دیگر بود و این سبب می‌شود که این شهر به عنوان بهترین مکان انتخاب شود.

در آخر نیز به طراحی نیروگاه در شهر بهینه بدست آورده شده، پرداخته شده است. در این راستا سه حالت ۵۰٪ خورشیدی و ۵۰٪ بادی، ۷۰٪ خورشیدی و ۳۰٪ بادی و ۳۰٪ خورشیدی و ۷۰٪ بادی برای طراحی نیروگاه هیبریدی درنظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که توان تزریقی در نیروگاه هیبریدی که در آن از ۷۰ درصد توان تولیدی توربین‌های بادی و ۳۰درصد نیروگاه خورشیدی استفاده شد، بهینه‌تر و بیشتر می‌باشد

References

1. Abdul DA, Wenq J, Tanveer AR. Prioritization of renewable energy source for electricity generation through AHP-VIKOR integrated methodology. *RE*. 2022; 184: 1018-1032. doi:10.1016/j.renene. 2021.10.082.
2. Aghaloo K, Ali TA, Chiu Y, Sharifi A. Optimal site selection for the solar-wind hybrid renewable energy systems in Bangladesh using an integrated GIS-based BWM-fuzzy logic method. *Energy Convers. Manag*. 2023; 283: 116899. doi:10.1016/j.enconman.2023.116899.
3. Badi IB, Pamučar DR, Stević Že, Muhammad LJ. Wind farm site selection using BWM-AHP-MARCOS method: A case study of Libya. *Sci. Afr*. 2023; 19: e01511. doi: 10.1016/j.sciaf.2022.e01511.
4. Balo FI, Şağbanşua Lü. The Selection of the Best Solar Panel for the Photovoltaic System Design by Using AHP. *Energy Procedia*. 2016; 100: 50-53. doi:10.1016/j.egypro.2016.10.151.
5. Basu SO, Ogawa TA, Keiichi N. Assessing the geospatial nature of location-dependent costs in installation of solar photovoltaic plants, *Energy Rep*. 2021; 7(1): 4882-4894. doi:10.1016/j.egyr.2021.07.068.
6. Devrim Y, Bilir L. Performance investigation of a wind turbine solar photovoltaic panels fuel cell hybrid system installed at Incek region e Ankara, Turkey. *Energy Convers. Manag*. 2016; 126: 759-766. doi:10.1016/j.enconman.2016.08.062.
7. Hassan Z. AG, Awasthi AN. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Appl. Energy*. 2017; 206: 1225-1240. doi:10.1016/j.apenergy.2017.10.024.
8. Hasti FA, Mamkhezri JA, McFerrin RA, Pezhooli N, Optimal solar photovoltaic site selection using geographic information system–based modeling techniques and assessing environmental and economic impacts: The case of Kurdistan. *Sol Energy*. 2023; 262: 111807. doi: 10.1016/j.solener.2023.111807.
9. Noorollahi YO, Ghenaatpisheh A, Fadaeia A, Simaee MO, Moltames R, A framework for GIS-based site selection and technical potential evaluation of PV solar farm using Fuzzy-Boolean logic and AHP multi-criteria decision-making approach. 2022; 186(1):89-104. doi:10.1016/j.renene.2021.12.124.

10. Ozdemir S, Sahin G. Multi-criteria decision-making in the location selection for a solar PV power plant using AHP. *Measurement*. 2018; 129(1): 218-226. doi:10.1016/j.measurement.2018.07.020.
11. Rios R, Duarte S. Selection of ideal sites for the development of large-scale solar photovoltaic projects through Analytical Hierarchical Process – Geographic information systems (AHP-GIS) in Peru. *Renewable Sustainable Energy Rev*. 2021; 149: 111310. doi:10.1016/j.rser.2021.111310.
12. Rogna MA, A first-phase screening method for site selection of large-scale solar plants with an application to Italy, *Land Use Policy*. 2020; 99(1): 104839. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104839.
13. Ruiz H.S, Unarsob S,.Ibrahim-Bathisa K, Budiarto SM, GIS-AHP Multi Criteria Decision Analysis for the optimal location of solar energy plants at Indonesia. *Energy Rep*. 2020; 6(1): 3249-3263. doi:/10.1016/j.egyr.2020.11.198.
14. Sadat SA, Vakilalroaya Fini MR, Hashemi-Dezaki H, Nazififard M. Barrier analysis of solar PV energy development in the context of Iran using fuzzy AHP-TOPSIS method. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 2021; 47: 101549. doi:10.1016/j.seta.2021.101549.
15. Sindhu SO, Nehra Y, Luthra SU. Solar energy deployment for sustainable future of India: Hybrid SWOC-AHP analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 72: 1138-1151. doi:10.1016/j.rser.2016.10.033.
16. Spyridonidou S, Vagiona DG. A systematic review of site-selection procedures of PV and CSP technologies. *Energy Rep*. 2023; 9(1): 2947-2979. doi:10.1016/j.egyr.2023.01.132.

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering
Volume 1, Issue 1, Spring 2023, Pages 41-54

Simultaneous location and design of solar and wind power plants in Fars province in order to reduce greenhouse gases

Mohammad Arghavan Master's Degree in Renewable Energy Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Mehdi Motvasel* Department of Electrical Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Saman Tashakor Department of Renewable Energy Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 12 Apr 2023

Accepted:10 June 2023

Keywords: Fars province, solar-wind, location and design.

Extended Abstract

Introduction: Today, the utilization of renewable energy has not only enhanced the efficiency and effectiveness of power plants but has also resulted in a substantial reduction in greenhouse gas emissions from fossil fuel power plants, offering numerous environmental benefits for human societies. This research specifically focuses on harnessing the synergistic potential of solar and wind energy to achieve improved cost-efficiency and greater utilization of both resources. The study examined eight cities in Fars province, each with varying climatic conditions.

Materials and Methods: The Fuzzy Hierarchy Analysis Process is employed to select the most suitable location within each of the selected cities for the construction of a power plant. To make this selection, various factors, including wind density, solar radiation, population, and susceptibility to natural disasters, are taken into account. The assessment involves the calculation of three key indicators based on mathematical relationships and environmental measurements. These indicators encompass wind density, solar radiation intensity, as well as the population and the vulnerability to natural disasters such as earthquakes, floods, and dust storms.Additionally, fuzzy logic is utilized to assign weightings and determine a single value for these three attributes. This value is computed using MATLAB software.

Results and Discussion: In this research, the cities of Fars province were compared with four different criteria. According to the survey, the best cities were determined using the fuzzy hierarchical analysis method, and the results show that the best city was Euclid, followed by Safasher and Bowanat. The survey showed that the cities of Kazeroon and Firozabad have the lowest points based on the construction of wind-solar power plants. To analyze the obtained result, different criteria should be checked. It was observed that in the ranking of criteria, the score of solar and wind energy criteria is more important than the other two criteria.

Conclusion: The surveys have revealed that the most suitable city for the construction of a wind-solar power plant is Eghlid, followed by Safasher, Bowanat, and Izdakhsht. Conversely, Kazeroon and Firouzabad rank lowest in terms of suitability for such power plant projects.Subsequently, the design of the power plant in the city of Optimum has been thoroughly discussed. In this context, three different operational modes have been considered: one with a 50% reliance on solar energy and 50% on wind energy, another with a 70% reliance on solar energy and 30% on wind energy, and a third with 30% solar and 70% wind energy utilization. The results indicate that the most optimal performance is achieved when 70% of the power production comes from wind turbines and 30% from the solar power plant. This approach proves to be increasingly effective as time progresses.

Corresponding author: Mehdi Motvasel

Address: Department of Electrical Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. **Tel:** +989173099563

Email: Mehdi_motevasel@yahoo.com

Citation: Arghavan M, Motvasel M, Tashakor S. Simultaneous location and design of solar and wind power plants in Fars province in order to reduce greenhouse gases. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2023; 1(1): 41-54.

© 2023, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.