سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

202?, ?? (?), ??-??
DOR:

Received:
Accepted:

Improving renewable energy policy planning and decision-making through the mcdm hybrid method

Hossein Babaei [1] Mehran Khalaj[۲] [*], Maryam Dehghanbaghi [3], Ahmad Ebrahimi [4]

1. Ph.D Student , Department of Industrial Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (ssn.babaei@gmail.com)
2. Associate Professor , Department of Industrial Engineering, Parand Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran *Corresponding Author (m.khalaj@piau.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Parand Branch, Islamic Azad University, Tehran Iran(dehghanbaghi@yahoo.com)
4. Associate Professor , Department of Industrial Management and Technology, Science and Research Branch. Islamic Azad University, Tehran , Iran (ahmad.ebrahimi@srbiau.ac.ir)

Abstract:

Introduction:Renewable Energy (RE) is a powerful solution to climate change, ensuring energy and getting it right. With the help of facilitating problems and surrounding system problems, the use of renewable energy is an important vehicle and it is not possible to benefit from it to renew the main inscription in the energy industry.
Method:In this case, it is theoretically not desirable to create a place for electrical installations such as solar among the various gases that determine and determine the installation and operation of the energy production system in your home. And a technical and economic proposal is a matter of political decision.
Result:This is where the sources of energy production are lost, which can be replenished on the sides of the underground water supply. Power generation sources to power your home have advantages and disadvantages based on the orientation of the carburetor area, which is very high in the home. For this reason, this is the single point of view of AHP. It is not easy to use for a while.
Discussion:The intensity of the benefits of your hair is partly in the form of a numerical calculation, at the end of the algorithm there is an invention to choose a suitable value to use.

Keywords: improving planning - decision-making - renewable energy policy - MCDM combined method .

سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

بهبود برنامه ریزی و تصمیم گیری در سیاست انرژی های تجدیدپذیر از طریق روش ترکیبی MCDM

تاریخ دریافت: دورهٔ ، سال
تاریخ پذیرش: شمارهٔ ، صص:

حسین بابایی، مهران خلج *، مریم دهقان باغی ،احمد ابراهیمی

۱- دانشجوی دکتری ،گروه مهندسی صنایع، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (ssn.babaei@gmail.com)
۲- استاد یار،گروه مهندسی صنایع، واحد پرند. دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) (m.khalaj@piau.ac.ir)
۳- استاد یار،گروه مهندسی صنایع، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران(dehghanbaghi@yahoo.com)
۴-استاد یار ،گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (ahmad.ebrahimi@srbiau.ac.ir)

چکیده : انرژی های تجدیدپذیر (RE) یکی از راه حل های بالقوه برای تغییرات آب و هوا، امنیت انرژی و ر شد پایدار ا ست . با توجه به کاهش سوخت‌های فسیلی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار مهم است و پیش‌بینی می‌شود که اســتفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نقش پررنگی در ســبد انرژی جهان داشــته باشــد . در این پژوهش، بهترین مکان برای احداث یک نیروگاه ترکیبی بادی خورشــیدی بین گزینه‌های مختلف تعیین و ســپس یک ســیســتم ترکیبی تولید انرژی در مکان مورد نظر طراحی می‌شــود و طرح پیشــنهادی از لحاظ فنی و اقتصــادی مورد بررســی قرار می‌گیرد. در این پژوهش منابع تولید انرژی های تجدید پذیر از جوانب گوناگون مورد برر سی قرار می گیرد. منابع تولید انرژی تجدید پذیر هر یک دارای معایب و مزایایی هستند که با توجه به منطقه کاربری می تواند هریک نسبت به دیگری دارای برتری با شد. برای این منظور در این پژوهش از الگوریتم AHP جهت ساخت تابع هزینه ا ستفاده می شود برای هر ساعت از شبانه روز یک ماتریس زوجی در نظر گرفته می شود که مزایای دو نیروگاه در آن آورده می شود و براساس ماتریس تشکیل شده می توان مزایای هریک را نسبت به دیگری به صورت عددی محاسبه کرد.در نهایت از الگوریتم فرابتکاری جهت انتخاب گزینه منا سب ا ستفاده می شود. الگوریتم سنجاقک این توانایی را دارد که در بهینه محلی کمتر گیر افتاده و جواب بهینه در زمان کمتری نسبت به سایر الگوریتم های فرابتکاری محاسبه شود.

واژه‌های کلیدی: بهبود برنامه ریزی - تصمیم گیری -سیاست انرژی های تجدیدپذیر- روش ترکیبی MCDM

۱. مقدمه

- انرژی های تجدیدپذیر (RE) یکی از راه حل های بالقوه برای تغییرات آب و هوا، امنیت انرژی و رشد پایدار است. REها با استفاده از تکنیک‌های بی‌ضرر تولید می‌شوند که در مقایسه با سایر انرژی‌ها، تأثیر مضر کمتری بر محیط‌زیست دارند. بنابراین به نظر می رسد منابع انرژی تجدیدپذیر راه حلی موثر برای دستیابی به توسعه پایدار باشد. با توجه به کاهش سوخت‌های فسیلی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار مهم است و پیش‌بینی می شود که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نقش پررنگی در سبد انرژی جهان داشته باشد. بسیاری از کشورها چارچوب قانونی را برای تشویق استفاده از منابع RE ایجاد کردند.

تجدیدپذیر یا به اصطلاح "انرژی سبز" مانند باد، خورشید، زمین گرمایی و انرژی آبی تمام نشدنی، پاک و رایگان است . سهم جهانی RE قابل توجه نیست (۱۸٪ از مصرف انرژی جهانی) . با این حال، پیش بینی می شود که نرخ رشد آن در تمام سناریوهای آینده با سرعت بیشتری افزایش یابد. ایران چهارمین ذخایر بزرگ اثبات شده نفت خام (۱۰ درصد از ذخایر نفت خام جهان) و دومین ذخایر بزرگ گاز طبیعی جهان (۱۷ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان) را در اختیار دارد. اقتصاد ایران به شدت به صادرات انرژی وابسته است که عمده صادرات ایران گاز طبیعی و نفت است. علاوه بر این، ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خود دارای پتانسیل بالایی از منابع تجدیدپذیر مانند باد، خورشید، زمین گرمایی و زیست توده است متأسفانه به دلیل برخورداری از ذخایر گاز طبیعی و نفت فراوان، توسعه این انرژی ها مدت هاست که مورد غفلت قرار گرفته است. سهم RE در تامین انرژی ایران بسیار پایین است. در حال حاضر، همه انواع انرژی های تجدیدپذیر مورد توجه دولت قرار می گیرند، در برخی موارد کمتر و در موارد معدودی بیشتر. برخی از انواع، مانند هیدروژن پیل سوختی، علیرغم تخصیص بودجه زیاد، هنوز علائم پیشرفت قابل توجهی را نشان نداده اند و انتظار نمی رود در آینده نزدیک به فاز تجاری سازی برسند. همچنین انواع دیگری از RE وجود دارد که قادر به تامین امنیت انرژی در ایران هستند، اما به شدت به انگیزه های بیشتر و حمایت مستمر از سوی دولت میزبان نیاز دارند. مهم‌ترین دلایل عدم توسعه مناسب انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، برنامه‌ریزی ضعیف عملیاتی، اسناد و دفاتر متعدد RE و عدم استفاده صحیح از بخش خصوصی است.

در سال‌های گذشته در ایران بحث‌هایی در جامعه علمی در مورد اولویت‌بندی تخصیص و تخصیص بودجه برای هر RE وجود داشته است که نشان‌دهنده دیدگاه‌های نامطلوب در مورد پنج منبع اصلی RE (خورشیدی، زیست توده، نیروی آبی، بادی و زمین گرمایی) است. بنابراین، این پژوهش به امید تصمیم‌گیری صحیح‌تر و پرهیز از سیاست‌های زانو زده به این موضوع می‌پردازد. در این مطالعه یک روش ترکیبی MCDM جدید برای رتبه‌بندی منابع RE ایران پیشنهاد شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به عنوان یکی از متداول ترین روش های MCDM برای شناسایی محرک های کلیدی در توسعه RE در ایران و وزن دادن به معیارها و زیرمعیارها به کار گرفته شده است. در این پژوهش به کمک ترکیب روش AHP با الگوریتم فرابتکاری به انتخاب مناسب نیروگاه می پردازیم. مسائل بهینه سازی در بسیاری از شاخه ها مورد توجه قرار گرفته است که به کمک آن می توان مسائل مختلف را بهینه سازی نمود [۱-۲].به کمک روش AHP تابع هزینه ساخته می شود و به کمک روش فرابتکاری تمامی حالات ممکن در شبانه روز مورد بررسی قرار می گیرد تا در نهایت بهترین گزینه انتخاب شود.

در این تحقیق، منابع تولید انرژی تجدیدپذیر از زوایای مختلف بررسی و مزایا و معایب هر یک با توجه به منطقه کاربری تحلیل شده است. از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جهت ساخت تابع هزینه استفاده شده و با استفاده از الگوریتم‌های فرابتکاری، بهترین گزینه برای تولید انرژی انتخاب شده است. الگوریتم سنجاقک به دلیل توانایی کمتر در گرفتار شدن در بهینه محلی و سرعت بالاتر در محاسبات، به عنوان روش بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است.

در مقدمه، به اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر و ضرورت استفاده از آن‌ها با توجه به کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و مشکلات زیست‌محیطی اشاره شده است. در بخش پیشینه تحقیق، مطالعات گذشته در این زمینه بررسی می‌شود. سپس، روش تحقیق شامل استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و الگوریتم سنجاقک برای بهینه‌سازی مکان احداث نیروگاه‌ها ارائه می‌گردد. در بخش الگوریتم پیشنهادی، جزئیات نحوه استفاده از این الگوریتم‌ها توضیح داده می‌شود. نتایج و بحث به مقایسه گزینه‌های مختلف و تحلیل آن‌ها از نظر فنی و اقتصادی اختصاص یافته و در نهایت، مقاله با نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده پایان می‌یابد.

۲. پیشینه

در مقاله [۳] از استراتژی‌های اقتصادسنجی برای بررسی رابطه بین شاخص‌ها برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۶ در کشورهای جنوب صحرای آفریقا استفاده کرده است. نتایج تجربی نشان می دهد که شاخص توسعه انسانی (HDI)، دسترسی به انرژی پاک و نوآوری تکنولوژیک رابطه تعادلی بلندمدت را نشان می دهد. متعاقباً، این یافته نشان داد که دسترسی به انرژی و نوآوری های تکنولوژیکی در کشورهای نمونه، شاخص های HDI بالاتری را تحریک می کند.

مقاله[۴] از تجزیه و تحلیل پوششی داده ها، یعنی اندازه گیری محدود-تنظیم شده (BAM) با تکیه بر ساختار افزودنی، برای اندازه گیری ناکارآمدی فنی و تغییر بهره وری در سراسر TRTAs در چین استفاده می کند.

مقاله [۵]یک موقعیت عملی که انتخاب مکان مالکان RES می تواند با هدف عملیاتی سیستم ها برای بهبود ظرفیت میزبانی تضاد داشته باشد را در نظر گرفته است برای مقابله با این چالش، یک فرمول برنامه ریزی ESS سه سطحی با محدودیت ریسک "حداقل حداکثر" توسعه داده شده است. همچنین، یک مدل برنامه تصادفی مبتنی بر سناریو در مسئله سطح پایین‌تر گنجانده شده است تا نوسانات تصادفی خروجی‌های RES را مدیریت کند.

مقاله [۶] به طور سیستماتیک اکتشافات و شیوه های مربوط به مصرف برق بادی و فتوولتائیک در چین را بررسی می کند. با توجه به تفاوت در روش های تکمیل خروجی متغیر و متناوب برق بادی و PV،در پنج حالت مصرفی ترسیم شده است: جذب انرژی ریز شبکه ، مصرف عملیات تراش اوج شبکه برق، مصرف ذخیره سازی باد-فتوولتائیک، مکمل باد-فتوولتائیک-گرما. و مکمل باد فتوولتائیک آبی. تئوری ها، ویژگی ها، وضعیت فعلی و روند رو به رشد هر حالت تحلیل می شوند. در نهایت، چندین پیشنهاد، از جمله ترویج کاربرد ریزشبکه مکمل چند انرژی و نصب نیروگاه آبی ذخیره سازی پمپ شده در مقیاس بزرگ، برای بهبود کارایی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در چین ارائه شده است.

مقاله [۷] در این مقاله، یک تحلیل سیستماتیک از عوامل شکل‌دهنده شبکه تجارت جهانی انرژی را با در نظر گرفتن چندین شاخص امنیت انرژی و همچنین ملاحظات اقتصادی گسترده‌تر ارائه می‌کنیم. ما مشاهده می‌کنیم که در راستای ملاحظات امنیت انرژی، اکثر کشورها در واقع تعداد ارتباطات تجاری خود را افزایش داده‌اند که منجر به ایجاد شبکه انرژی جهانی پرتراکم‌تر شده است .

مقاله [۸] ، به بررسی برنامه‌ریزی گسترش تولید برق با هدف دستیابی به اهداف سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر تحت شرایط عدم قطعیت می‌پردازد. از روش‌های چندهدفه برای بررسی سناریوهای مختلف تولید برق استفاده می‌کند تا بتواند به تصمیم‌گیری بهینه‌ای دست یابد که همزمان اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را در بر گیرد. با تمرکز بر مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها، این مطالعه نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از ابزارهای تحلیلی پیشرفته برای مدیریت ریسک و بهبود پایداری انرژی استفاده کرد.

مقاله [۹] ، برنامه‌ریزی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر برای توسعه سیستم انرژی پایدار در یک جزیره مستقل را بررسی می‌کند. با استفاده از مدل سازی سناریوها و تحلیل هزینه-فایده، نویسندگان به بررسی پتانسیل‌های مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشیدی، بادی و بیومس می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد که با یک برنامه‌ریزی دقیق و استفاده بهینه از منابع محلی، می‌توان به یک سیستم انرژی پایدار و مستقل دست یافت که نیازهای انرژی جزیره را به طور کامل تامین کند.

مقاله [۱۰] ، به تحلیل مقایسه‌ای سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر در نیجریه و ایالات متحده می‌پردازد. نویسندگان به بررسی تفاوت‌ها و شباهت‌های رویکردهای دو کشور در ترویج و اجرای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر می‌پردازند. در این بررسی، چارچوب‌های قانونی، مشوق‌ها و یارانه‌های دولتی که در رشد بخش انرژی تجدیدپذیر نقش داشته‌اند، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین تأثیر این سیاست‌ها بر توسعه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و پایداری زیست‌محیطی ارزیابی شده است. مقاله همچنین چالش‌ها و موانع موجود در اجرای این سیاست‌ها را بررسی و پیشنهاداتی برای بهبود ارائه می‌دهد

مقاله [۱۱] با استفاده از مدل تفاوت در تفاوت‌ها (DID) به بررسی تأثیر سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری بر انرژی‌های تجدیدپذیر در چین می‌پردازد. نویسندگان اثرات مختلف سیاست‌های شهری مانند طرح‌های توسعه فضای سبز و محدودیت‌های ساخت و ساز بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تجزیه و تحلیل می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که برخی سیاست‌ها به طور قابل توجهی به افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر تأثیر منفی داشته‌اند.

مقاله [۱۲] ، به بررسی پذیرش عمومی از استاندارد پرتفوی هیدروژن برای گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر می‌پردازد. نویسندگان با مقایسه برنامه‌های مختلف تولید هیدروژن، به تحلیل می‌پردازند که کدام روش‌ها بیشترین حمایت عمومی را دریافت می‌کنند و چرا. نتایج نشان می‌دهد که ترکیب‌های مختلف تولید هیدروژن (مانند استفاده از الکترولیز آب با انرژی خورشیدی و بادی) می‌تواند تأثیر زیادی بر پذیرش عمومی و در نتیجه بر موفقیت سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر داشته باشد.

مقاله [۱۳] ، به ارزیابی ظرفیت تحلیلی سیاست‌ها در زمینه انرژی تجدیدپذیر در سه کشور آلمان، ژاپن و ایالات متحده می‌پردازد. نویسندگان با استفاده از داده‌های عمومی، شاخص‌های جدیدی را برای سنجش ظرفیت تحلیلی سیاست‌ها در سطح سیستم ارائه می‌دهند. این شاخص‌ها شامل انتشار مقالات علمی، نشریات دولتی و رتبه‌بندی‌های اندیشکده‌ها هستند. این مطالعه نشان می‌دهد که چگونه می‌توان با استفاده از این شاخص‌ها به ارزیابی طولی و جغرافیایی ظرفیت تحلیلی سیاست‌ها پرداخت و بدین ترتیب به بهبود طراحی و یادگیری سیاست‌ها کمک کرد

مقاله [۱۴] ، به بررسی سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در مالزی می‌پردازد. نویسندگان پیشرفت‌ها و

دستاوردهای کشور در این حوزه را بررسی کرده و چالش‌هایی که مالزی با آن‌ها مواجه اســت را تحلیل می‌کنند. این مطالعه به بررســی اقدامات دولت مالزی در تشـویق به اسـتفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله مشــوق‌های مالی و برنامه‌های حمایت از تحقیق و توسعه، می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه مالزی پیشــرفت‌های قابل توجهی در این زمینه داشــته، اما هنوز موانع زیادی برای رسیدن به اهداف بلندمدت خود دارد.

مقاله [۱۵] ، به بررســی برنامه‌ریزی شــهرهای هوشــمند با هدف دســتیابی به صــفر خالص (Net Zero) با در نظر گرفتن طراحی منظره انرژی‌های تجدیدپذیر در بستر دیجیتال دو قلو (Digital Twin) می‌پردازد. نویســندگان از ابزارهای پیشــرفته مدل سازی برای شبیه سازی و بهینه سازی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در شــهرهای هوشــمند اســتفاده می‌کنند. این مطالعه نشــان می‌دهد که چگونه می‌توان از فناوری‌های جدید برای ایجاد شــهرهایی با مصــرف انرژی پایدار و کمترین تأثیر زیســت‌محیطی استفاده کرد.

مقاله [۱۶] ، به بررسی ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر با سیستم‌های مدیریت ســاختمان می‌پردازد. نویســندگان مســیرهای مختلفی را برای ایجاد زیرســاخت‌های پایدار و کارآمد پیشــنهاد می‌دهند که شــامل اســتفاده از ســیســتم‌های مدیریت انرژی هوشــمند و فناوری‌های نوین در ساختمان‌ها می شود. نتایج نشان می‌دهد که این رویکردها می‌توانند به طور قابل توجهی مصرف انرژی و انتشار کربن را کاهش دهند.

مقاله [۱۷] ، به بررســی جامع رشــد بین‌المللی انرژی های تجدیدپذیر می‌پردازد. نویســندگان به تحلیل روندهای جهانی، سیاست‌ها، و چالش‌های مربوط به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای مختلف می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد که علیرغم پیشرفت‌های چشمگیر در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، هنوز موانع زیادی برای رســیدن به اهداف جهانی کاهش انتشــار کربن وجود دارد. مقاله همچنین به بررســی فرصــت‌های پیش رو برای توسعه بیشتر این حوزه می‌پردازد.

در بخش پیشینه تحقیق، مطالعات بسیاری به بررسی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی بادی و خورشیدی پرداخته‌اند و مدل‌ها و روش‌های مختلفی برای بهینه‌ســازی این منابع معرفی شــده اســت. با این حال، شــکاف‌های تحقیقاتی مهمی نیز وجود دارند. یکی از این گپ‌ها عدم توجه کافی به اســتفاده ترکیبی از چندین منبع تجدیدپذیر در یک مکان خاص اســت. بیشــتر مطالعات پیشین تنها بر استفاده از یک منبع خاص تمرکز کرده‌اند و کمتر بــه ارزیــابی جــامع و هم‌زمــان منــابع مختلف بــادی و خورشیدی پرداخته‌اند. علاوه بر این، در بسیاری از این پژوهش‌ها، روش های تصــمیم‌گیری چندمعیاره به‌صــورت کامل و دقیق بهینه‌سازی نشده‌اند و عموماً به جنبه‌های فنی یا اقتصادی محدود شده‌اند. این پژوهش تلاش می‌کند با ترکیب روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و الگوریتم‌های فرابتکاری، بهینه‌ســازی جامع‌تری را ارائه دهد که علاوه بر ملاحظات فنی، جنبه‌های اقتصادی را نیز در نظر می‌گیرد. همچنین، اســتفاده از الگوریتم ســنجاقک برای بهینه‌ســازی، یک نوآوری در این زمینه محســوب می‌شــود که به کاهش زمان محاسبات و افزایش دقت نتایج منجر می‌گردد.

۳. الگوریتم سنجاقک

واقعیت جالب در مورد سنجاقک ها رفتار ازدحامی منحصر به فرد و نادر این حشره می باشد. توده سنجاقک ها تنها برای دو هدف شکل می گیرند: شکار و مهاجرت که شکار را توده استاتیک یا تغذیه می نامند و مهاجرت را توده داینامیک یا مهاجر می نامند. در توده ثابت یا اســتاتیک ســنجاقک ها گروه های کوچکی را تشــکیل می دهند و در یک ناحیه کوچک به جلو و عقب حرکت می کنند تا سایر حشرات پرنده مانند پروانه ها و پشه ها را شکار کنند. تحرکات محیطی و تغییرات ناگهانی در مســیر پرواز ازمشخصه های اصلی توده ایستا می باشد.در توده های داینامیک تعداد زیادی از سنجاقک ها یک توده برای مهاجرت در یک جهت و با مســافت طولانی را شــکل می دهند. ایده اصــلی الگوریتم ســنجاقک از رفتارهای ازدحام ایســتا و داینامیک ســرچشــمه می گیرد. این دو رفتار ازدحامی خیلی شــبیه به دو مرحله اصــلی از بهینه سازی با الگوریتم های فرا اکتشافی می باشد:

اکتشاف و بهره برداری، سنجاقک ها گروه های کوچکتری تشکیل می دهند و در نواحی مختلف به صورت یک گروه ایستا پرواز می کنند. این کار هدف اصلی در مرحله اکتشاف می باشد. در گروه پویا سنجاقک ها در گروه های بزرگتر و در امتداد یک جهت پرواز می کنند که یک رفتار مطلوب در مرحله بهره برداری می باشــد. برای شبیه سازی رفتار هوشمندانه سنجاقک ها سه اصل اولیه از توده های حشــرات را که توســط رینولد پیشــنهاد شــده اند و همچنین دو مفهوم جدید دیگر را که در شــکل زیر نمایش داده شده است را درنظرگرفته ایم:الگوهای اصلاحی اولیه بین افراد در گروه سنجاقک هاعبارتند از :

جدایی یا تفکیک: این عملگر اشــاره به اجتناب یک فرد با ســایر افراد همسایه در یک فضا دارد.

ترازبندی: عدم تجاوز سرعت ذرات یا اشیا نسبت به سایر همسایه ها در یک فضای واحد یا تنظیم سرعت افرادبا توجه به سایر افراد همسایه می باشد.

انسـجام: این عملگر نیز اشـاره به تمایل افراد به سـمت مرکز ثقل همسایه ها را دارد.

هدف اصــلی هر توده و گروه در ســناریو فوق حفظ بقا می باشــد. بنابراین همه افراد باید به ســمت منبع غذایی جذب شــوند و از دشمن ها دور بمانند. با توجه به این دو رفتار ذرات، ۵ عامل اصلی

در بروز ر سانی موقعیت ذرات وجود دارد که در شکل فوق ن شان داده شده است .

این ۵ مفهوم اجازه می دهد که رفتار سنجاقک ها را در توده های ایســـتا و پویا شـــبیه ســـازی کنیم.هر کدام از رفتار های فوق با ا ستفاده از مدلهایی فرموله بندی شده اند که در قسمت زیر مورد بحث قرار گرفته است.

عملگر جدایی در فرمول زیر مدل شده است.

-۱

$$s_i = -\sum_{j=1}^{N} X - X_j$$

در فرمول بالا X موقعیت فرد جاری ، Xj موقعیت j مین فرد در همســایگی و N تعداد همســایه های موجود در همســایگی فرد را نشـان می دهد. ترازبندی نیز با اسـتفاده از فرمول زیر مدل شـده است:

-۲

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^{N} V_j}{N}$$

در رابطه بالا، Vj نیز سرعت یک فرد را نشان می دهد. در حقیقت در روش پیشـــنهادی از فرمول بالا می توان جهت بدســـت آوردن میانگین ســـرعت اجرای کارها توســـط ماشـــین های مجازی یا محاســـبه میانگین ســرعت تبادل اطلاعات ماشـین های مجازی با یکدیگر استفاده نمود.به طور کلی محاسبات فوق توسط سنجاقک ها قابل محا سبه می با شد. در فرمول بالا X موقیت یک فرد ، Xj موقعیت j مین همسایه در محیط و N تعداد همسایه های مربوط به فرد مورد نظر اسـت. فرمول بالا ارتباط بسـیار نزدیکی با فرمول جدایی داشـــته و به منظور یافتن میانگین میزان اختلاف موقعیت ما شین مجازی فعلی با سایر ما شین های مجازی موجود در روش پیشنهادی ا ستفاده می گردد.جهش به سمت منبع غذایی تو سط افراد با استفاده از رابطه زیر فرموله شده است:

-۳

$$F_i = X^+ - X$$

در فرمول بالا X موقعیت فرد و X+ نیز موقعیت منبع غذایی را نشان می دهد. در فرمول فوق پس از یافتن ماشین مجازی کم بار جهت اجرای کارهای با اولویت بالاتر توسـط سـنجاقک ها، جهش به سـمت ماشـین مجازی مربوطه صـورت می گیرد که در قالب رابطه به آن پرداخته شـده اسـت.فرار از دشـمن نیز با فرمول زیر نشان داده می شود:

-۴

$$E_i = X^- + X$$

بطور کلی با ا ستفاده از فرمول فوق ما شینهای مجازی که منا سب جهت انتخاب و اجرای کار مورد نظر نی ستند از لی ست انتخاب ها حذف می شـوند. رفتار سـنجاقک ترکیبی از این ۵ الگوی مطرح شده ا ست. به منظور بروزر سانی موقعیت سنجاقک های مصنوعی درفضـای جسـتجو و شـبیه سـازی حرکت آنهادر یک محدده، الگوریتم سنجاقک دو بردار را در نظر می گیرد:۱- بردار طول گام (دلتایX) و ۲- بردارموقعیت X- بردار طول گام همانند بردار سرعت در الگوریتم بهینه سازی PSO ا ست و الگوریتم سنجاقک نیز بر اسـاس چارچوب PSO توسـعه یافته اسـت. بردار طول گام جهت حرکت سـنجاقک ها را مشـخص می کند که در رابطه زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

-۵

$$\Delta X_{t+1} = (sS_i + aA_i + cC_i + fF_i + eE_i) + w\Delta X_t$$

که در آن s ضـریب تفکیک را نشـان می دهد، Si میزان تفکیک مربوط به فرد iام می باشـد و a وزن ترازبندی را نشـان می دهد. A ترازبندی iمین فرد اسـت، c نیز ضـریب انسـجام و Ci نیزمقدار انسجام i مین فردرا نشان می دهد.F معیار غذا و Fi نیز منبع غذایی مربوط به iمین فرد را نشـان می دهد.E فاکتور دشـمن و Ei نیز موقعیت i مین د شمن را نشان می دهد.w وزن اینر سی می با شد و در نهایت t نیز تعداد تکرار الگوریتم را نشـان می دهد. بعد از اینکه بردار گام محا سبه شد، بردارهای موقعیت با ا ستفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد:

-۶

$$X_{t+1} = X_t + \Delta X_{t+1}$$

Xt موقعیت فعلی را نشـان می دهد. بطور کلی از بردار های نام برده جهت مدیریت همسایگان و ارائه گزارشی از موقعیت و نحوه تبادل ارتباط ماشین های مجازی با یکدیگر توسط سنجاقک ها مورد استفاده قرار می گیرد. با ا ستفاده از فاکتورهای تفکیک، ترازبندی، ان سجام، غذا و دشـمن رفتار های اکتشـافی و بهره برداری مختلف در طول اجرای الگوریتم اتفاق می افتد.همسایه سنجاقک ها خیلی مهم می باشند بنابر این یک همسایگی به شکل دایره در فضای دو بعدی کره در فضای سه بعدی و ابر کره در فضـای n بعدی با یک شـعاع خاص در اطراف هر سنجاقک مصنوعی در نظر گرفته شده است. یک مثال از رفتار ازدحامی سنجاقک ها با شعاع همسایگی افزایشی با مدل ریاضی پیشنهاد شده در شکل نمایش داده شده است. همانطور که در بخش قبل صحبت شد سنجاقک ها دو نوع ازدحام را شکل میدهند: ای ستا و پویا همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است:

با توجه به شکل بالا میتوان دیدسنجاقک ها تمایل دارند پرواز خود را جهت دهی کنند. درحالیکه تفکیک و انسجام منا سب در ازدحام پویا را حفظ می کنند. در ازدحام ایسـتا جهت دهی خیلی کم اسـت در

حالیکه ازدحام برای حمله به طعمه زیاد می باشد. بنابراین ما سنجاقک ها را با جهت دهی کم و انسجام بالا در زمان بهره برداری از فضای جســـتجو در نظر می گیریم. به منظور جابجایی بین اکتشـــاف و بهره برداری شعاع هم سایگی با افزایش تعدادتکرارهای الگوریتم افزایش می یابد. راه دیگر برای ایجاد تعادل بین اکتشـــاف و بهره برداری تنظیم انطباقی فاکتور های ازدحام یعنی (s,a,c,f,e,and w) در حین بهینه سازی می باشد. سوالی که ممکن است مطرح شود این است که همگرایی سنجاقک ها در حین بهینه سازی به چه شکل تضمین می شود.سنجاقک ها نیاز دارند تا وزنهای خود را برای انتقال از اکتشاف به بهره برداری در فضای جستجو تطبیق دهند.همچنین فرض می شود که ســنجاقک ها تمایل به دیدن ســنجاقک های بیشــتری برای تنظیم جهت پرواز خود در فرآیند بهینه ســـازی دارند.به عبارت دیگر ناحیه همســـایگی افزایش می یابد و به موجب آن ازدحام به یک گروه در مرحله نهایی از بهینه سازی تبدیل می شود تا به بهینه سراسری همگرا شود. ناحیه منبع غذا و دشمن از بهترین و بدترین جواب هایی که در کل ازدحام تا کنون پیدا شـــده اســـت به دســـت می آید. این باعث همگرایی به سمت مناطق امیدوارکننده از فضای جستجو و واگرایی از مناطق نامطلوب در فضای جستجو می شود. که t شمارنده تکرار فعلی می باشد و بعد های بردار موقعیت می باشد و مقدار با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود.

-۷

$$Lévy(x) = 0 \cdot 01 \times \frac{r_1 \times \sigma}{|r_2|^{\frac{1}{B}}}$$

که r۱r ,۲ دو عدد تصادفی در بازه صفر و یک و یک ثابت می باشد (که در این کار مساوی ۱,۵ در نظرگرفته شده است). الگوریتم بهینه سازی DA در قسمت زیر مورد بررسی قرار می گیرد؟

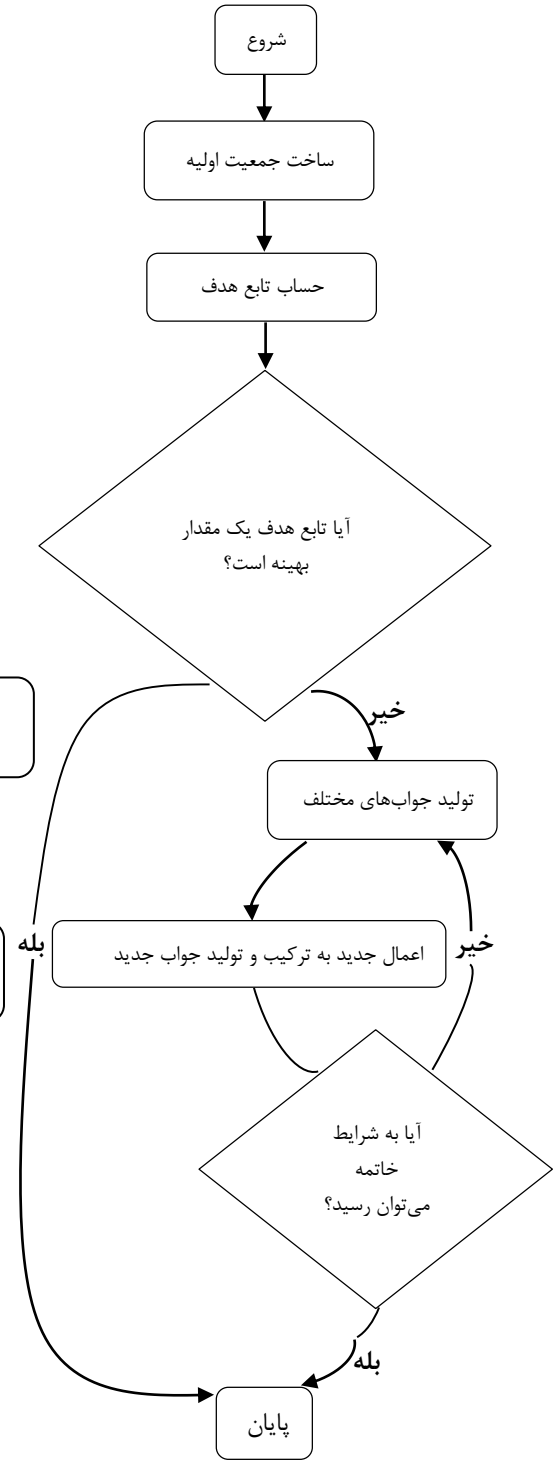
الگوریتم DA فرآیند بهینه ســـازی را با ایجاد یک مجموعه از راه حل های تصادفی برای مسئله بهینه سازی داده شده شروع می کند. در حقیقت بردارهای موقعیت و گام مربوط به ســـنجاقک ها بصـــورت تصـــادفی و با توجه به حد پایین و بالای متغیر ها مقداردهی اولیه می شـوند.در هر تکرار بهترین موقعیت و مکان هر سـنجاقک با اسـتفاده از روابط بالا بروز رسـانی می شـود.ب رای بروز کردن بردارهای X و DX همسـایگی هر سـنجاقک با محاسـبه کردن فاصـله اقلیدسـی بین همه سنجاقک ها و انتخاب N تای آنها صورت می گیرد. فرآیند بروزر سانی موقعیت به صـورت تکرار شـونده ادامه می یابد تا زمانیکه شـرط توقف برآورده شود.در اینجا به تفاوت اصلی بین الگوریتم DA و PSO اشاره می کنیم.در نظر گرفتن مفاهیم تفکیک یا جدایی separation تخصیص یا جهت دهی alighnment و انسجام یا cohesion ، جاذبه یا attraction ، دافعه یا disattraction در این کار و حرکت تصادفی random walk از مهمترین تفاوت ها می باشند.

مراحل اجرای الگوریتم DA به صورت زیر می باشد

۱.مقداردهی به پارامترهای الگوریتم
۲.ساخت جمعیت اولیه سنجاقک ها به صورت تصادفی
۳. ارزیابی موقعیت هر سنجاقک و محاسبه شایستگی آن
۴.شـــناســـایی بهترین ســـنجاقک به عنوان منبع غذا یا FoodSourceو بدترین سنجاقک به عنوان دشمن یا Enemy
۵.تا زمانیکه شـــرط توقف برقرار نشـــده اســـت مراحل ۶ تا ۱۳ را برقرار¬کن.
۶.مقدار پارامترهای e,w,s,a,c,f و شعاع همسایگی را به روز رسانی¬کن.
.۷.برای هر سنجاقک مراحل ۸ تا ۱۲ را تکرار کن.
.۸.شعاع همسایگی را به روزرسانی¬کن.
.۹.مقادیر E,F,C,A,S را به روزرسانی¬کن.
.۱۰.بردار سرعت و بردار موقعیت سنجاقک را بروز رسانی¬کن.
۱۱.شایستگی سنجاقک به روز شده را محاسبه¬ کن.
.۱۲.اگر میزان شایستگی سنجاقک جدید بهتر از منبع غذا بودسنجاقک جدید را به عنوان منبع غذا قرار بده و اگر میزان شایستگی سنجاقک جدید بدتر از دشمن است آنرا جایگزین دشمن کن.
۱۳. اگرشرط توقف برقرار نشده است به مرحله ۵ برو وگرنه پایان لذا با توجه به بررسی الگوریتم سنجاقک مشاهده گردید که با استفاده از این الگوریتم در هر لحظه می توان مناسبترین ماشین های مجازی را جهت انجام پردازش های لازم به منظور کاهش مصـرف انرژی در مراکز داده، حفظ تعادل بار و ارائه یک مکانیزم زمانبندی کارها استفاده نمود.
در این مسـاله می توان برای هر سـاعت از شـبانه روز یکی از ۴ گزینه تولید توان را انتخاب نمود که در مجموع ۴ بتوان ۲۴ حالت به وجود می آید که با توجه به ابعاد مساله این یک مساله غیر محدب می باشد و باید به کمک الگوریتم های فرابتکاری حل شـــود. با توجه به کارایی الگوریتم سنجاقک در یافتن بهینه سراسری پیشنهاد می شود از این الگوریتم استفاده شود.

۴. روش پیشنهادی

برای این پژوهش از روش ahp به منظور روش مورد نظر برای تصـــمیم گیری چند معیاره استفاده می شود در این مرحله تابع هزینه به کمک روش های چند معیاره ســاخته می شــود و ســپس به کمک الگوریتم سنجاقک بهترین پاسخ ها را برای انتخاب خواهیم داشت.

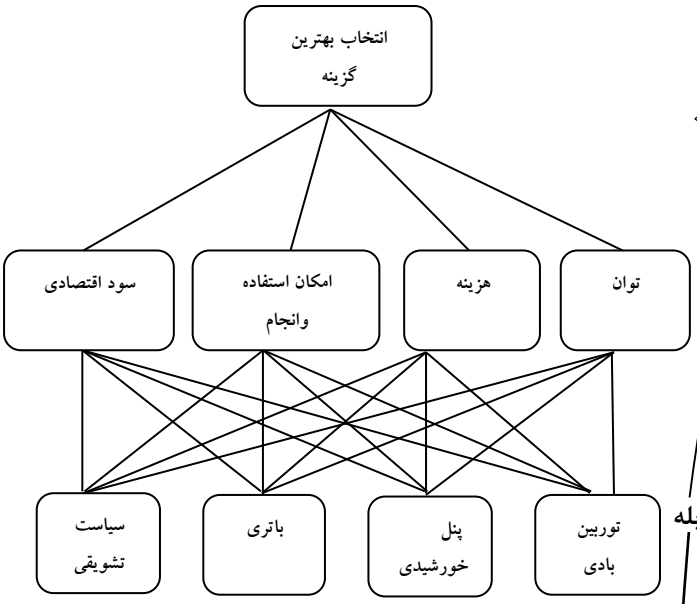


شکل۴-الگوریتم سنجاقک

در این پژوهش برای انتخاب بهترین مکان جهت احداث نیروگاه ترکیبی بادی-خور شیدی از یک روش ترکیبی چندمعیاره ا ستفاده شده ا ست. ابتدا از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به‌منظور تعیین و وزن‌دهی معیارهای مهم در انتخاب مکان منا سب ا ستفاده شده ا ست. برای هر ساعت از شبانه‌روز یک ماتریس مقایسات زوجی ایجاد شده که مزایای نیروگاه بادی و خور شیدی نسبت به یکدیگر به صورت عددی محا سبه شـده‌اند. سـپس، به‌منظور بهینه‌سـازی و انتخاب بهترین گزینه از بین ترکیب‌های مختلف، از الگوریتم سـنجاقک اسـتفاده شـده اسـت. این الگوریتم به‌عنوان یک روش فرابتکاری، با توجه به توانایی آن در فرار از بهینه‌های محلی و سـرعت بالای محاسـبات، برای بهینه‌سـازی نهایی گزینه‌ها مورد اسـتفاده قرار گرفته اسـت. در نهایت، بهترین گزینه با کمترین تابع هزینه از جنبه‌های فنی و اقتصادی انتخاب شده است.

ساخت تابع هزینه به کمک الگوریتم سنجاقک

به ترتیب درخت سـلسـله مراتبی انتخاب بهترین امکان برای احداث نیروگاه بادی، نیروگاه خورشیدی و استفاده از باتری و برنامه پاسخگوی بار نشان داده شده است.



شکل ۵ نمودار درختی سلسله مراتبی برای بکارگیری تجهیزات

جدول ۱ سناریوهای RM از هر چهار منبع.

منابع	RM
DG only	RM1
WT+DG	RM2
SPVA+DG	RM3
WT+BS	RM4
SPVA+BS	RM5
WT+SPVA+DG	RM6
WT+SPVA+BS	RM7

در این بخش ، مساله برای یکساعت شبیه سازی شده است و نحوه ی محا سبه تابع هزینه برای یک ساعت با جزئیات شرح داده شده ا ست. فرض می شـود ماتریس های مقایسـات زوجی از تجربیات فرد خبره بدست می آید.

۵ . ایجاد ماتریس مقایسات زوجی شاخص ها:

جدول ۲ ماتریس مقایسات زوجی شاخص ها برای احداث نیروگاه بادی

شاخص‌ها	توان	هزینه تاسیس	راحتی نصب و بهره برداری	سود اقتصادی
توان	۱	۵	۳	۷
هزینه تاسیس	۰/۲	۱	۱	۳
راحتی نصب و بهره برداری	۰/۳۳	۱	۱	۳
سود اقتصادی	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۱

جدول۳ ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت شاخص توان

توان	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه بادی	سیاست تشویقی	باتری
نیروگاه خورشیدی	۱	۱/۵	۱/۴	۱/۶
نیروگاه بادی	۵	۱	۲	۱/۳
سیاست تشویقی	۴	۱/۲	۱	۱/۴
باتری	۶	۳	۴	۱

جدول۴ ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت هزینه اجرا و تاسیس

هزینه تاسیس	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه بادی	سیاست تشویقی	باتری
نیروگاه خورشیدی	۱	۱/۳	۱/۲	۱/۶
نیروگاه بادی	۳	۱	۵.	۱/۴
سیاست تشویقی	۲	۲	۱	۱/۳
باتری	۶	۴	۳	۱

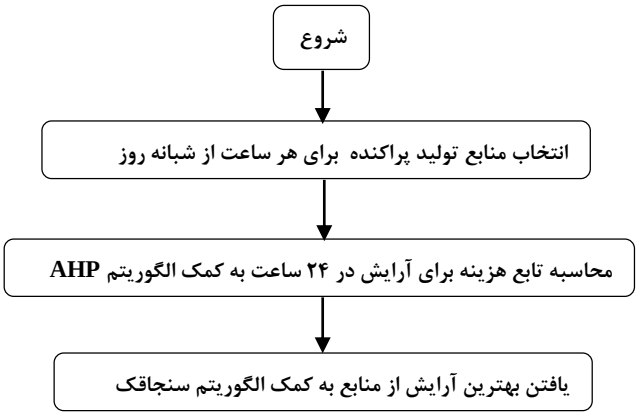
جدول ۵ ماتریس مقایسات زوجی گزینه¬ها نسبت شاخص راحتی نصب

نصب راحت	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه بادی	سیاست تشویقی	باتری
نیروگاه خورشیدی	۱	۲	۲	۱/۴
نیروگاه بادی	۵.	۱	۲	۱/۲
سیاست تشویقی	۵.	۱/۲	۱	۱/۴
باتری	۴	۲	۴	۱

جدول۶ ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت سود اقتصادی

سود اقتصادی	نیروگاه خورشیدی	نیروگاه بادی	سیاست تشویقی	باتری
نیروگاه خورشیدی	۱	۱/۳	۴	۱/۶
نیروگاه بادی	۳	۱	3	۱/۳
سیاست تشویقی	۱/۴	۱/۳	۱	۱/۴
باتری	۶	۳	۴	۱

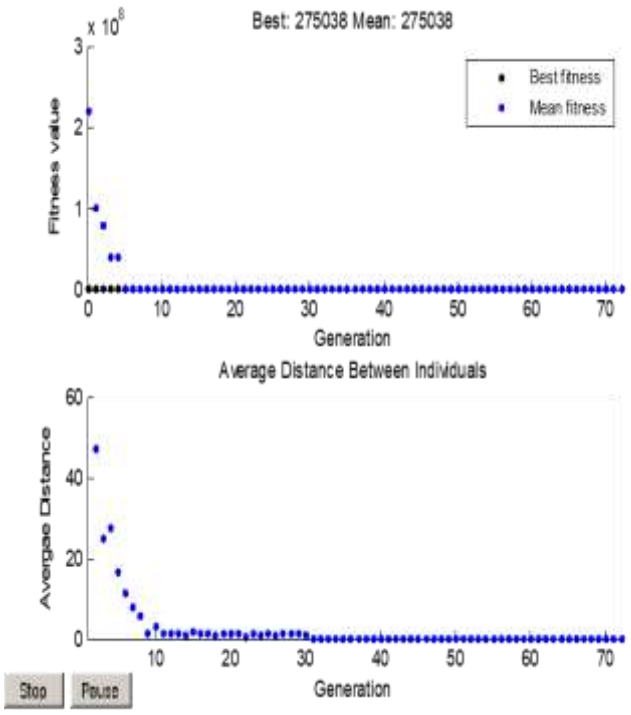
تابع هزینه برای مجموعه ای ماتریس ها ساخته می شود و نیاز ا ست بهترین گزینه ای انتخاب شود که دارای کمترین تابع هزینه می با شد. بعداز ساخت تابع هزینه نوبت به حل مساله به کمک الگوریتم سنجاقک می شود که بتواند این تابع هزینه را بهینه نماید.



شکل6-الگوریتم پیشنهادی برای ساخت تابع هزینه

مزایای دو نیروگاه در آن آورده شده ا ست و برا ساس ماتریس ت شکیل شـــده می توان مزایای هریک را نســـبت به دیگری به صـــورت عددی محاســـبه نمود.در نهایت از الگوریتم فرابتکاری جهت انتخاب گزینه مناسب استفاده شده است. الگوریتم سنجاقک این توانایی را دارد که در بهینه محلی کمتر گیر افتاده و جواب بهینه در زمان کمتری نســـبت به سایر الگوریتم های فرابتکاری محاسبه شود.

در نتیجه‌گیری این پژوهش، م شخص شد که ا ستفاده از روش تحلیل سل سله مراتبی (AHP) همراه با الگوریتم سنجاقک به‌عنوان یک روش فرابتکاری، رو شی مؤثر برای بهینه سازی و انتخاب مکان منا سب جهت احداث نیروگاه ترکیبی بادی-خور شیدی ا ست. این الگوریتم توانست با دقت بالا و در زمان کمتر نســـبت به ســـایر روش‌های بهینه‌ســـازی، بهینه‌ســـازی را انجام دهد و بهترین گزینه را از نظر فنی و اقتصـــادی تعیین کند. نتایج نشـــان می‌دهد که ترکیب انرژی‌های تجدیدپذیر در مکان‌های مناســـب می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های تولید انرژی منجر شـــود. همچنین، این پژوهش به شـــکاف‌های موجود در مطالعات پیشـــین پاســـخ داده و چارچوبی نوین برای بهینه‌ســـازی تصمیمات در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه کرده است.



شکل۷:نمودار مربوط به روند اجرای الگوریتم

همانطور که ملاحظه می شود الگوریتم سنجاقک می تواند بهترین جواب را بعد بعد از ۳۱ بار تکرار بدست آورد.

جدول۷:ماتریس مقدار هزینه

الگوریتم بهینه سازی	تابع هزینه
ژنتیک	۷,۴
Pso	۵
سنجاقک	۴,۳

همانطور که ملاحظه می شـــود الگوریتم ســـنجاقک بهترین تابع هزینه را در بین الگوریتم های معمول فرابتکاری را دارد. الگوریتم سنجاقک در بین الگوریتم های فرابتکاری کمترین زمان را دارد.

۶ . نتیجه گیری

با اســـتفاده از روش الگوریتم تحلیل ســـلســـله مراتبی (AHP) بهترین گزینه تعیین می شـــود که براین اســـاس برای احداث نیروگاه بادی و خورشیدی، هم بصورت جداگانه و هم ترکیبی انتخاب می گردد.

در این پژوهش منابع تولید انرژی های تجدید پذیر از جوانب گوناگون مورد بررســـی قرار گرفت. منابع تولید انرژی تجدید پذیر هر یک دارای معایب و مزایایی هســـتند که با توجه به منطقه کاربری می تواند هریک نسبت به دیگری دارای برتری با شد. برای این منظور در این پژوهش از الگوریتم AHP جهت ساخت تابع هزینه ا ستفاده شده ا ست برای هر ســـاعت از شـــبانه روز یک ماتریس زوجی در نظر گرفته می شـــود که

References

[1] Ahmadi, B., Khosravi Farsi, H., Javadani G. (2022). Prediction of software projects by optimization algorithm of propeller and machine. Intelligent multimedia processing and communication systems, 3(3), 19-27[Persian]

[2] Nazarpour, M., Nazafti, N., Shakuhyar, S, (1402), Using the modified colonial competition algorithm to increase the speed and accuracy of the intelligent intrusion detection system, 4(11), 1-10. [Persian]

[3] P. Baringanire, K. Malik, S. Ghosh Banerjee, Scaling up access to electricity: the case of Rwanda. Live wire 22/2014, Washington,DC.https://openknowledge. worldbank.org/handle/18680/10986, 2014 .

[4] EWSA, Expression of interest for scaling up renewable energy program (SREP) financing for energy projects in Rwanda, energy,waterandsanitationagency. https://www.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/meetingdocuments/ rwanda_eoi_۰.pdf, 2014 .

[5] M.C. Mukeshimana, Z.Y. Zhao, M. Ahmad, M. Irfan, Analysis on barriers to biogas dissemination in Rwanda: AHP approach,Renew.Energy 163(2021)1127e1137 https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.051 .

[6] The republic of Rwanda, ۷Years government Programme : national strategy for transformation (NST1) 2017-2024. http://www.minecofin.gov.rw/fileadmin/user_upload/NST1_7YGP_Final.pdf, 2017 .

[7] MININFRA, Rural Electrification Strategy, Rwanda: ministryofinfrastructure. http://www.reg.rw/fileadmin/user_upload/Rural_Electrification_Strategy.pdf, .2016

[8] MININFRA, Energy sector strategic plan/19/2018 –24/2023. Rwanda:ministryofinfrastructure. http://www.reg.rw/fileadmin/user_upload/Final_ESSP.pdf, 2018.

[9] Peng, Q., Liu, W., Shi, Y., Dai, Y., Yu, K., & Graham, B. (2024). Multi-objective electricity generation expansion planning towards renewable energy policy objectives under uncertainties. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 197, 114406.
[10] Moosavian, S. F., Noorollahi, Y., & Shoaei, M. (2024). Renewable energy resources utilization planning for sustainable energy system development on a stand-alone island. Journal of Cleaner Production, 140892.
[11] Idoko, I. P., Ijiga, O. M., Harry, K. D., Ezebuka, C. C., Ukatu, I. E., & Peace, A. E. (2024). Renewable energy policies: A comparative analysis of Nigeria and the USA. World Journal of Advanced Research and Reviews, 21(1), 888-913.
[12] Ge, R., Xu, S., Ullah, M., & Mark, P. (2024). Assessing the impact of urban planning policies on renewable energy: A case a China using the DID estimation model. Heliyon, 10(5).
[13] Moon, S., Kim, K., & Kim, J. (2024). A study on public acceptance of hydrogen portfolio standard for renewable energy expansion: comparative analysis of hydrogen production mix plans. International Journal of Hydrogen Energy, 49, 538-552.
[14] Sugiyama, M., & Muto, J. (2024). Measuring policy analytical capacity in renewable energy policy: Germany-Japan-US comparison. Review of Policy Research, 41(1), 184-209.
[15] Abd Aziz, A. J., Baharuddin, N. A., Khalid, R. M., & Kamarudin, S. K. (2024). Review of the policies and development programs for renewable energy in Malaysia: Progress, achievements and challenges. Energy Exploration & Exploitation, 01445987241227509.
[16] Wang, H., & Wang, Y. (2024). Smart Cities Net Zero Planning considering renewable energy landscape design in Digital Twin. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 63, 103629.
[17] Sharma, V. (2024). Integrating renewable energy with building management systems: Pathways to sustainable infrastructure. Journal of Waste Management & Recycling Technology, 2(1).