

طراحی و بهره برداری بهینه سیستم ترکیبی بادی، خورشیدی و برق آبی بر پایه ذخیره سازی باتمری با هدف افزایش شاخص قابلیت اطمینان و کاهش هزینه سیستم توسط الگوریتم GSO

^۱حامد موسیزاده*، ^۲ منصور حسینی فیروز

چکیده

در این مطالعه امکان سنجی استفاده از منابع انرژی های تجدیدپذیر در مناطق دورافتاده بصورت مستقل از شبکه توزیع برق و با هدف تأمین برق با هزینه کمتر و با درنظر گرفتن تأمین مطمئن باز به همراه بررسی شاخص قابلیت اطمینان سیستم صورت می گیرد. عموماً هدف اصلی طراحی و توسعه شبکه های توزیع، پاسخ به رشد مصرف برق با حداکثر کارایی اقتصادی به نحوی است که محدودیت های حاکم بر سیستم نقض نگردد. وجود المانهای زیاد در شبکه های توزیع و فوق توزیع که متغیرهای تصمیم گیری زیادی را به دنبال دارد، مسأله طراحی و توسعه این شبکه ها را با مشکل رویروکرده است. پیدایش منابع تولید پراکنده در سیستم های توزیع ضمن تغییر مراحل بهره برداری از این سیستم ها، این امکان را برای این شرکت ها فراهم نموده است تا بتوانند سیستم هایی با هزینه پایین تر را طراحی نمایند. در این مطالعه هدف، کمینه سازی هزینه های سیستم ترکیبی برق آبی، بادی، خورشیدی و باتمری به همراه محاسبه شاخص LPSP سیستم توسط الگوریتم GSO اجرا شده است. مسأله برای طراحی بلند مدت شبکه و در طول ۲۰ سال طراحی و اجرا می گردد.

تاریخ دریافت:
۱۳۹۴/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۵/۱۱/۲

كلمات کلیدی:
نیروگاه بادی
سیستم فتوولتاییک
نیروگاه برق آبی کوچک
شاخص قابلیت اطمینان
الگوریتم GSO

۱. مقدمه

در چند دهه اخیر، حضور منابع تولید پراکنده (DG) در شبکه‌های توزیع با روند رو به رشدی مواجه بوده است. مخصوصاً با افزایش منابع جدید انرژی که دارای توان کوچک و ولتاژ پایین می‌باشند، این مسئله به شدت افزایش یافته است. استفاده از منابع تولید پراکنده تجدید پذیر به دلیل مزایای فراوان از جمله قیمت مناسب، عدم آلودگی و غیره به شدت مورد استقبال قرار گرفته است. اما به دلیل مشکلاتی همچون در دسترس نبودن همیشگی و عدم بازدهی مناسب استفاده از این منابع با مشکلاتی همراه بوده است طراحان برای حل این مشکل از سیستم‌های ترکیبی شامل چندین منبع تجدید پذیر استفاده کرده اند تا بر این مشکلات نیز غلبه کنند. از مشکلات عده استفاده از منابع تجدیدپذیر میتوان به مقطع بودن شدت وزش باد در طول روز و عدم استفاده از انرژی خورشیدی در هنگام شب اشاره کرد که برای حل این مشکل از ترکیب سیستم‌های بادی و خورشیدی استفاده می‌شود که این سیستم نیز در جای خود دارای مشکلات دیگری همچون پایین بودن قابلیت اطمینان سیستم و عدم تامین بار در زمان پیک در طول سال از سوی سیستم می‌شود.

در این تحقیق اطلاعات مربوط به یکی از روستاهای استان اردبیل به عنوان منطقه مورد بررسی انتخاب شده که به دلیل صعب‌العبور بودن منطقه، فاصله آن تا نزدیک ترین شبکه برق رسانی حدود ۱۸ کیلومتر و حداقل بار مصرفی روزانه آن ۵۰ کیلووات می‌باشد. در حال حاضر به منظور تأمین برق در این روستا از دیزل ژنراتور که باعث انتشار گازهای آلاینده مانند CO₂ می‌شود، استفاده می‌گردد که نتیجه آن آلودگی محیط زیست بوده و بیماری‌های تنفسی را در بلندمدت به دنبال خواهد داشت.

در تحقیقات به عمل آمده، این منطقه دارای پتانسیل بسیار خوبی به لحاظ منابع آبی به منظور احداث نیروگاه برق آبی کوچک و نیز میزان دریافت مناسب انرژی خورشیدی و بادخیز بودن منطقه به منظور نصب توربین‌های بادی می‌باشد [۱]. بنابراین علاوه بر اینکه منطقه به لحاظ شرایط اقلیمی، مناسب برای احداث نیروگاه ترکیبی برق آبی و خورشیدی و بادی به صورت مستقل از شبکه برق رسانی است، باعث کاهش آلودگی زیستمحیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌شود. اطلاعات آب و هوایی منطقه برای یک سال از اداره هواشناسی منطقه گرفته شده و در شبیه سازی مورد استفاده قرار

می‌گیرد. سیستم موردنظر با طول عمر ۲۰ ساله و با هدف کم ترین هزینه عملیاتی و بهره‌برداری و به منظور تأمین مطمئن بار منطقه پیاده‌سازی می‌شود.

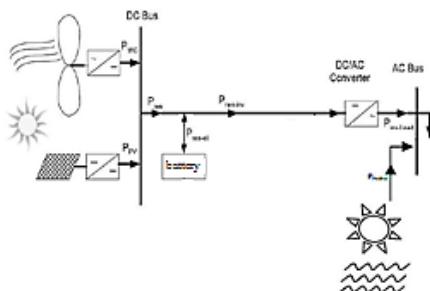
در این زمینه مطالعات زیادی صورت پذیرفته از جمله در [۱] به مطالعه امکان سنجی فنی و اقتصادی یک سیستم هیبرید از طریق نرم افزار هومر می‌پردازند. مرجع [۲] بدترین حالات جهت قابلیت اطمینان را درنظر گرفته، مسأله چند هدفه هزینه و قابلیت اطمینان را به صورت یکتابع تک هدفه مطرح و بهینه سازی می‌کند. در [۳] تعداد بهینه اجزا را با روش مبتنی بر صافی دیفرانسیلی، با استفاده از الگوریتم ژنتیک و فرمول بندی مسأله و با قید تأمین بار بدست می‌آورند. در [۴] از نرم افزار HOMER برای شبیه‌سازی سیستم هیبریدی خورشیدی و نیروگاه برق آبی کوچک در منطقه شمال آفریقا استفاده شده است. هزینه بالای احداث نیروگاه به جهت ترکیب نامناسب اجزای سیستم، از معایب عمدۀ این مقاله محسوب می‌شود. در [۵] از نرم افزار HOMER جهت کمینه‌سازی هزینه نیروگاه‌های مختلف بادی، خورشیدی و میکروهیدرولکتریکی و دیزلی در کشور مالزی استفاده شده است. از معایب عمدۀ این مقاله نیز می‌توان به عدم بررسی قابلیت اطمینان سیستم و استفاده از دیزل ژنراتور که باعث افزایش آلاینده‌های زیستمحیطی می‌شود، اشاره کرد. در مقاله [۶] شبیه سازی و آنالیز یک سیستم متشکل از یک توربین بادی، یک الکترولایزر و یک سلول سوختی را که به منظور تأمین انرژی الکتریکی ثابت در طول یک سال با هم کار می‌کنند، ارائه می‌کند. کل سیستم بنابر دو استراتژی بهره برداری متفاوت که عمدتاً روی عملکرد الکترولایزر در توان نامی ثابت یا با تعییر ۲۰ درصد از عملکرد نامی متتمرکز هستند، شبیه سازی می‌شود. ابعاد و آرایش‌های مختلف هر مولفه‌ی سیستم مورد آزمایش قرار می‌گیرد. کل مجموعه با استفاده از TRNSYS 15 ساخته شده است که امکان شبیه سازی کلی و آنالیز رفتاری را فراهم می‌کند. با استفاده از این ابزار امکان پذیر بودن آن بر مبنای جنبه‌های اقتصادی و فنی مشخص خواهد شد. عدم محاسبات شاخص قابلیت اطمینان از معایب این مقاله می‌باشد. در مقاله [۷]، برای اولین بار، یک طراحی سه هدفه از سیستم‌های ترکیبی ایزو ۱۴۰۰۱ برای کاهش هم زمان هزینه‌ی نصب در طول بازه‌ی عمر مفید، انتشار آلودگی دی اکسید کربن و بار تامین نشده را ارائه می‌کند. به این منظور یک الگوریتم تکاملی چند هدفه و الگوریتم ژنتیک به منظور پیدا کردن بهترین ترکیب‌های سیستم هیبرید و استراتژی‌های کنترلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان یک مثال کاربردی، یک سیستم باتری-هیدروژنی-دیزلی-بادی-خورشیدی طراحی شده است

که برای آن یک مجموعه از پاسخهای ممکن به دست خواهد آمد (دسته‌ی پیشتاز). نتایج حاصله، استفاده‌ی عملی از روش طراحی توسعه یافته را نشان می‌دهد. عدم مقایسه نتایج با سایر الگوریتم‌های هوشمند از معایب این مقاله می‌باشد. در مقاله [۸] جزیره‌های مستقل، عموماً ژنراتورهای دیزلی انرژی الکتریکی را تامین می‌کنند. اما مشکلاتی چون سوخت فسیلی و آلودگی محیطی و غیره وجود دارد. بنابراین جزیره‌ی مستقل مانند میاکو، نیروگاه‌های تولید توان تجدیدپذیر را نصب می‌کنند. اما تولید توان از انرژی‌های تجدید پذیر بسیار پرهزینه است. این مقاله یک آرایش بهینه‌ی سیستم قدرت در جزیره‌ی ایزوله شده با در نظر گرفتن امکان نصب نیروگاه‌های تجدیدپذیر را ارائه می‌کند. سیستم تولید شامل ژنراتور دیزلی، ژنراتورهای توربین بادی، سیستم فتوولتائیک و باتری‌ها می‌شود. با استفاده از روش پیشنهاد شده، هزینه‌ی بهره برداری تا ۱۰ درصد در مقایسه‌ی با ژنراتورهای دیزلی کاهش خواهد یافت. مقاله [۹] عنوان یک مشارکت در برنامه‌ی توسعه‌ی نواحی شهری فلسطین، قصد دارد سه منبع انرژی را برای یک روستای دوردست در قالب سیستم فتوولتائیک، ژنراتور دیزلی و شبکه ارائه کند. در این مقاله طراحی این سیستم‌ها و هزینه‌های استفاده از آن‌ها نشان داده می‌شوند.

اضافه کردن سیستم برق آبی کوچک و سیستم ذخیره سازی با استفاده از باتری به ترکیب توربین بادی و خورشیدی، قابلیت اطمینان سیستم را تا حد بسیار بالایی افزایش و تقاضای مصرف کننده در زمان اوج بار را در طول سال تامین می‌کند. ضمن این که هزینه کل احداث نیروگاه در این حالت بسیار پایین‌تر از حالت ترکیبی باد و خورشید بود که این به سبب ارزان‌تر بودن ژنراتورهای برق آبی نسبت به پنلهای فتوولتائیک و توربین‌های بادی می‌باشد.

۲. تشریح سیستم ترکیبی برق آبی، بادی، خورشیدی بر پایه ذخیره‌سازی هیدروژن به همراه محاسبه شاخص قابلیت اطمینان و اندازه‌یابی سیستم

استفاده از پتانسیل آبی و انرژی قابل استحصال بادی و خورشیدی مناسب منطقه، به خوبی پاسخگوی تقاضای برق مصرف‌کنندگان می‌باشد. سیستم پیشنهادی متشکل از پنل فتوولتائیک، ژنراتورآبی، توربین‌بادی و پیل سوختی جهت ذخیره‌سازی انرژی و نیز یک مبدل DC/AC جهت تأمین برق موردنیاز مصرف‌کنندگان می‌باشد. با توجه به شکل (۱)، WG، PV، DC، AC متصل می‌شوند که توسط مبدل DC/AC به باس AC متصل می‌شوند ولی خروجی ژنراتورآبی مستقیماً به باس AC متصل می‌شوند. خروجی باس AC نیز مستقیماً جهت تأمین بار مصرف‌کنندگان استفاده می‌شود.



شکل ۱. شماتیک کلی سیستم هیبریدی

سیستم برق آبی کوچک

برای محل مورد نظر ۲ پارامتر اصلی ارتفاع آب (که به صورت متغیر در ۶ ارتفاع قابل دسترس مشخص گردیده است) و فلوی آب 60 L/s یا $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ اندازه‌گیری شده است. پتانسیل قابل دسترسی توان الکتریکی توسط منابع آبی از رابطه زیر بدست آمده است:

$$P_{Total} = p_h \times \eta_t \times \eta_g \quad (1)$$

که در آن η_t راندمان توربین، η_g راندمان ژنراتور و p_h توان هیدرولیکی می‌باشد. توان خروجی تئوری با توجه به محل استقرار توربین توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P_h = \rho \times h \times r \times g \times k \quad (2)$$

که در رابطه فوق، P_h توان بر حسب وات، ρ چگالی آب ($\sim 1000 \text{ kg/m}^3$)، h ارتفاع بر حسب متر، r میزان جریان بر حسب متر مکعب در ثانیه، g شتاب گرانش و ضریب بهره وری در محدوده از ۰ تا ۱ است. با توجه به تپولوژی و خواص هیدرولوژیکی منطقه توربین نوع کاپلان (اندازه کوچک و سرعت بیشتر) می‌توان استفاده کرد. با توجه به نوع توربین و مشخصات فنی آن بازده توربین را 85% در نظر می‌گیریم و بر اساس ارتفاع مورد نیاز نوع توربین را تعیین می‌کنیم. برای تولید سرعت متغیر از ژنراتور القایی به علت مشخصه سرعت روتور متغیر آن نسبت به ژنراتور سنکرون استفاده می‌شود. بازده ژنراتور نیز معمولاً بالای 9% در نظر گرفته می‌شود.

مشخصه‌های اصلی ژنراتور مطرح شده در جدول (۱) نشان داده شده است :

جدول ۱. مشخصات فنی ژنراتور

ژنراتور القایی	نوع
Kw ۱۱	توان نامی
۰,۸۵	بازدہ
۵۰ Hz	فرکانس
۰,۸	ضریب قدرت
۱۵۰۰ rpm	سرعت سنکرون
۱۵۶۰ rpm	سرعت روتور

سیستم فتوولتائیک

توان تولید شده توسط هر آرایه خورشیدی نسبت به انرژی خورشیدی تابیده شده از رابطه ۱-۴ بدست می‌آید :

$$P_{PV} = \frac{G}{1000} \times P_{PV(rated)} \times \eta_{PV} \quad (۳)$$

که در این رابطه :

$$G : \text{تابش عمود بر سطح هر آرایه}$$

$$G = 1000 \frac{W}{m^2} \quad P_{pv} : \text{توان نامی هر آرایه بوده که به ازای}$$

$$\eta_{pv} : \text{برابر با بازدھی مبدل DC/DC نصب شده بین هر آرایه و باس بار DC می‌باشد.}$$

مدل توربین باد

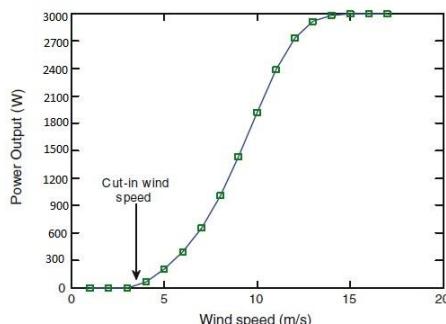
توان تولید شده توسط هر توربین بادی بر حسب سرعت باد، توسط کارخانه سازنده آن مشخص می‌شود. توربین بادی استفاده شده در این مقاله دارای توان نامی KW^3 می‌باشد. منحنی توان خروجی

توربین بادی (P_{WG}) بر حسب سرعت باد (V_{WS}) در شکل ۲-۴ نشان داده شده است که با رابطه زیر

تقریب زده می‌شود:

$$P_{WG} = \begin{cases} 0 & V_{WS} < V_{Cut-in}, \quad V_{WS} > V_{Cut-in} \\ P_{WG\max} \times \left(\frac{V_{WS} - V_{Cut-in}}{V_{rated} - V_{Cut-in}} \right)^3 & V_{Cut-in} \leq V_{WS} \leq V_{rated} \\ P_{WG\max} & V_{rated} \leq V_{WS} \leq V_{Cutout} \end{cases} \quad (4)$$

که در آن V_{rated} و V_{cutout} و V_{cutin} به ترتیب سرعت قطع پایین، سرعت قطع بالا و سرعت نامی توربین بادی توان خروجی توربین (KW) می‌باشد.



شکل ۲. مشخصه توان خروجی توربین بادی در مقابل سرعت باد

مدل باتری

بانک باتری که معمولاً از نوع سرب – اسید است برای ذخیره انرژی الکتریکی اضافی برای تنظیم کردن ولتاژ سیستم و برای عرضه توان به بار در موقع سرعت باد کم و یا شرایط خورشیدی پایین به کاربرده می‌شود. باتری های سرب – اسید که در سیستم های ترکیبی خورشید – باد به کار می‌روند تحت شرایط خیلی خاص عمل می‌کنند. بنابراین پیش بینی زمانی که انرژی از باتری استخراج خواهد شد یا به باتری عرضه خواهد شد، مشکل می‌شود. انرژی هنگامی که توان تولید شده توسط توربین باد و آرایه فتوولتاییک بیشتر از بار است در باتری ذخیره خواهد شد. هنگامی که توان تولیدی نمی‌تواند نیازهای بار را تامین کند، انرژی از باتری استخراج خواهد شد و هنگامی که تولید توان توسط هم توربین باد و هم آرایه فتوولتاییک ناکافی است و ذخیره نیز تمام شده است بار قطع از طریق t و ساعت t خواهد شد. از رابطه زیر می‌توان استفاده کرد.

$$E_{bat}(i, t) = V_{bat} \cdot C_{bat}(SOC(i, t-1) - SOC(i, t)) \quad (5)$$

V_{bat} ظرفیت نامی باتری (AH)، C_{bat} ولتاژ نامی باتری، SOC سطح شارژ باتری می‌باشد.

سطح شارژ باتری:

$$SOC(i, t) = SOC(i, t-1) \cdot (1 - \sigma) - \frac{I_{bat}(i, t) \cdot \Delta t \cdot (\eta_{ch})^k}{C_{bat}} \quad (6)$$

σ میزان خوددشارژی ساعتی باتری

$K \eta_{ch}$ راندمان شارژ باتری

K متغیر وضعیت شارژ باتری که برای حالت شارژ باتری برابر با ۱ و برای حالت دشارژ باتری برابر با صفر می‌باشد.

جريان شارژ و دشارژ باتری

$$I_{bat}(i, t) = \frac{PL(i, t) / \eta_{inv}}{V_{bat}} - \frac{P_{pv}(i, t)}{V_{bat}} - \frac{p_w(i, t)}{V_{bat}} \quad (7)$$

SOC باتری به عنوان متغیر طرح برای کنترل حفاظت های اضافه شارژ و دشارژ باتری به کار برده می‌شود. حالت اضافه شارژ ممکن است اتفاق بیافتد هنگامی که توان بیشتری توسط آرایه

فتولتاییک و توربین باد تولید می شود یا هنگامی که تقاضای بارکمی وجود دارد. در چنین موردی هنگامی که SOC باتری به مقدار ماکزیمم خود یعنی یک می رسد. سیستم کنترل مداخله می کند و فرایند شارژ را متوقف می کند. به عبارت دیگر اگر حالت شارژ به یک سطح مینیمم کاهش یابد SOC_{min} = 1 - DOD سیستم کنترل، بار را قطع می کند. زیرا این مسئله که از کوتاه سازی طول عمر باتری ها یا حتی ویرانگری شان پیشگیری شود، بسیار مهم است. باید توجه شود که عمق دشارژ باتری می باشد.

مبدل DC/AC

مبدل DC/AC به منظور تبدیل توان DC کل نیروگاه ترکیبی به AC با فرکانس مطلوب مورد استفاده قرار می گیرد. توان برق تأمین شده بار توسط مبدل نیز این چنین محاسبه می شود:

$$P_{inv-load} = (P_{FC-inv} \times P_{ren-inv}) \times \eta_{inv} \quad (8)$$

که η_{inv} بازده مبدل می باشد.

شاخص قابلیت اطمینان LPSP

یک سیستم توان الکتریکی مطمئن یعنی یک سیستمی که توان الکتریکی کافی برای تأمین تقاضای بار را در طول یک دوره خاص دارد یا به عبارت دیگر، سیستمی که احتمال تلفات عرضه توان (LPSP) کمی دارد.

احتمالی است برای هنگامی که عرضه توان ناکافی اتفاق می افتد و سیستم هیبرید نتواند تقاضای بار را تأمین نماید. مقدار LPSP از زمان صفر تا T از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$LPSP = \frac{\sum_{t=0}^T Power.failure.time}{T} = \frac{\sum_{t=0}^T Time(P_{available}(t) < P_{needed}(t))}{T} \quad (9)$$

تابع هدف ریاضی مسئله

هدف اصلی در این مقاله تعیین مقادیر بهینه توربین باد، پنل خورشیدی، میکرو هیدرو توربین و پیل سوختی تامین باز مورد نظر با بهبود دو هدف می‌باشد که این اهداف عبارتند از: ۱) قابلیت اطمینان سیستم مورد مطالعه ۲) تابع هزینه کل سیستم.

تابع هدف ریاضی مسئله سیستم مورد مطالعه در رابطه زیر مشخص می‌باشد که a_1 و a_2 ضرایب وزنی رابطه می‌باشند.

$$F_{TOTAL}(X) = a1 * T(X) + a2 * LPSP(X) \quad (10)$$

در رابطه فوق $T(x)$ مربوط به تابع هزینه می‌باشد. این قسمت از تابع هدف خود به دو قسمت تقسیم می‌شود که قسمت اول آن مربوط به هزینه‌های ثابت است که این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه می‌باشد که در ابتدا دوره برنامه-ریزی می‌بایستی صرف شود و قسمت دوم که مربوط به هزینه‌های متغیر می‌باشد، شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بهره برداری از DG ها می‌گردد که این هزینه خود در طول دوره برنامه ریزی در سیستم صرف می‌شود. در حالت کلی تابع هزینه شامل سه بخش می‌شود که طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد که قیود مورد استفاده در آن عبارتند از :

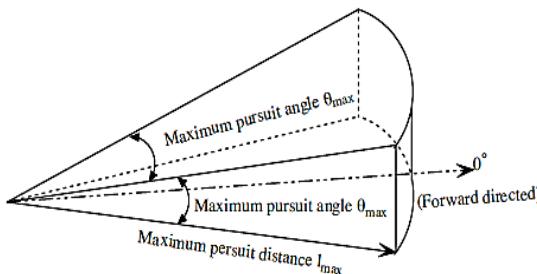
$$\begin{aligned} N_{pv} &\geq 0, \quad N_{wg} \geq 0, \quad H_{hydro} \geq 0 \\ M_{\min} < M_{Tank} < M_{\max}, \quad P_{supply}(i, x) &\geq P_{demand} \end{aligned} \quad (11)$$

قیود اصلی مسئله، توانایی یا عدم توانایی ترکیب بدست آمده برای سیستم، و نیز بررسی میزان قابلیت اطمینان سیستم در پاسخگویی به تقاضای مصرف‌کننده را بررسی می‌کنند.

۳. الگوریتم GSO (group search optimizer)

برای بهینه سازی مسئله از الگوریتم GSO استفاده می‌شود که یک روش بهینه سازی الهام گرفته شده از رفتار جستجوی حیوانات می‌باشد که براساس مدل producer-scrounger پیاده سازی شده است. شایان ذکر است که براساس الگوی مذکور مکانیزم‌های اسکن حیوانات بطور نمادین در این الگوریتم برای حل مسائل بهینه سازی مدنظر قرار گرفته اند. موجودات زنده برای پیدا کردن غذا با حرکت هایی که در حین جابجایی از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر از خود نشان می‌دهند به سمت منبع عالی غذا نزدیک می‌شوند و تشخیص این که منبع مورد نظر بهترین منابع باشد با اختصاص دادن توابع هدف قابل ارزیابی

است. بهینه سازی که در حقیقت همان پیدا کردن نقطه بهینه در یک فضای جستجو می‌باشد با فرایند جستجوی منابع حیوانات قابل قیاس است. الگوریتم GSO که از یک منطق population-based است، بهره می‌برد گزینه‌ی مناسبی برای بهینه سازی‌های حوزه مهندسی برق می‌باشد.



شکل ۳. میدان دید در فضای سه بعدی در الگوریتم GSO

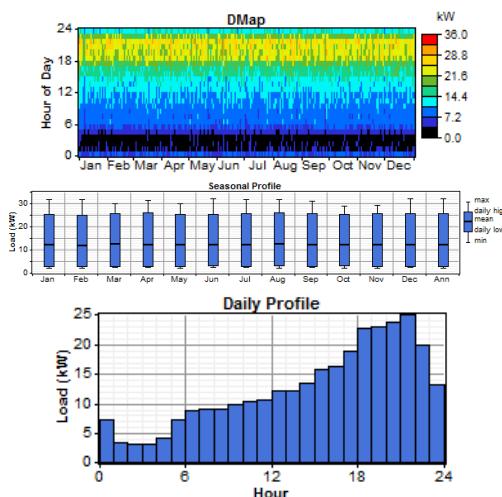
۴. مطالعات عددی

در این تحقیق برای نشان دادن میزان کارایی الگوریتم پیشنهادی، مساله را بر روی یک منطقه واقعی که مربوط به یکی از روستاهای شهر اردبیل می‌باشد، که دسترسی به منابع آبی نیز دارد (شکل ۱) انجام گرفته شده و حداقل بار مصرفی روزانه آن ۲۵ کیلووات می‌باشد، انتخاب شده است. علت اصلی انتخاب این روستا صعب العبور بودن مسیر این روستا و دور از دسترس بودن آن از شبکه برق سراسری و هزینه بر بودن اتصال آن به شبکه سراسری می‌باشد. منحنی بار روزانه این روستا در شکل ۵ ارایه شده است. این منطقه به لحاظ شرایط اقلیمی، مناسب برای احداث نیروگاه ترکیبی خورشیدی و بادی با سیستم باتری به صورت مستقل از شبکه برق رسانی است، که این خود باعث کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌شود. در واقع برق این روستا از طریق یک دیزل ژنراتور تأمین می‌گردد که در حال حاضر با توجه به افزایش تقاضا در این روستا و پاسخگو نبودن این ژنراتور می‌بایستی ساز و کارهای جدیدی جهت تأمین بارهای این روستا اندیشید. از طرفی دسترسی روستا به منابع آبی مربوط به سد یامچی باعث شده تا برای تأمین انرژی مورد نیاز میکروتوربین‌های آبی به عنوان یکی از آیتم‌های طراحی در نظر گرفته شوند. در همین راستا ما برای تأمین بارهای این روستا یک نیروگاه هیبریدی متشکل از میکروتوربین آبی، توربین‌های بادی، پنلهای خورشیدی و باتری طراحی می‌کنیم. اطلاعات آب و هوایی منطقه برای یک سال از اداره هواشناسی منطقه گرفته شده و

در شبیه سازی مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم موردنظر با طول عمر ۲۰ ساله و با هدف کاهش هزینه های مربوطه و افزایش شاخص احتمال تلفات عرضه توان (LPSP) مورد نظر اجرا شده است.



شکل ۴. شمای ماهواره ای منطقه مورد مطالعه

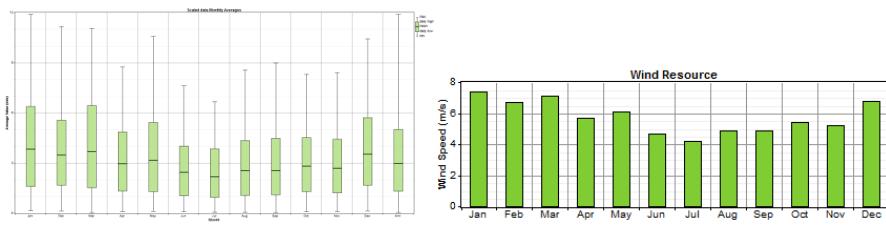


شکل ۵. اطلاعات بار مصرفی روزانه و در ماهانه شبکه مورد مطالعه

در این سیستم از بین توربین های مختلف با مقادیر مختلف، توربین WES5T ulipo را انتخاب کردیم که در شکل ۷ نمودار توان - سرعت این توربین ارایه گردیده است و همچنین میانگین سرعت وزش باد در ماه های مختلف سال در منطقه مورد نظر که از سازمان هواشناسی برای منطقه گرفته شده است نیز در شکل ۸ نمایش داده شده است و در جدول ۱ نیز هزینه های مختلف مربوط به این توربین نیز ارایه شده است.



شکل ۶. منحنی توان بر مبنای سرعت باد

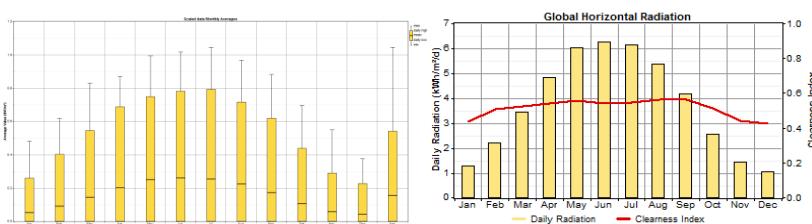


شکل ۷. میانگین سرعت وزش باد در ماههای مختلف سال

جدول (۲) هزینه توربین بادی

مقدار	هزینه اولیه یا احداث (\$)	هزینه جایگزینی (\$)	تعمیرات و نگهداری (\$)
۱۰	۷۴۰۰	۷۵۰۰	۳ کیلو وات

داده های خورشیدی را برای هر روز هفته هر ده دقیقه یک بار برای مدت یک سال از سازمان انرژی های نو ایران (سانا) و سایت ناسا برای منطقه مورد نظر گرفتیم سپس میانگین دادهها برای ماه های مختلف سال محاسبه و طبق شکل ۵ ارایه شده است. همچنین در جدول ۲ هزینه های مختلف مربوط به این پنل خورشیدی و ظرفیت مورد استفاده در این مدل سازی نیز ارایه شده است.



شکل ۸. میانگین ساعت آفتابی در ماههای مختلف سال

جدول ۳. اطلاعات ورودی مربوط به پنلهای خورشیدی

اندازه بر حسب کیلووات ۲۱ و ۱۵ و ۱۰

طول عمر ۲۵

ضریب بازده٪ ۹۰

زاویه پنل ۳۵

قابلیت انعکاس زمین٪ ۲۰

جدول ۴. هزینه پانل خورشیدی

تعمیرات و نگهداری هزینه جایگزینی هزینه اولیه مقدار

۰ ۲۳۰۰ ۲۳۰۰ ۱ کیلووات

در این تحقیق از باتری ۴ ولت با ظرفیت ۶۰ آمپر ساعت که خروجی آن ۲۵ کیلووات ساعت با عمر مفید ۴ سال استفاده شده است. مشخصات دیگر باتری در جدول ۴ ارایه شده است. همچنین مبدل استفاده شده در این تحقیق نیز به صورت ضریبی از ۴ کیلووات می‌باشد که سایر اطلاعات مربوط به آن در جدول ۵ ارایه گردیده است.

جدول ۵. هزینه باتری

تعمیرات و نگهداری هزینه جایگزینی هزینه اولیه مقدار

۴ ۵۰ ۶۰ ۲,۱۶ کیلووات

جدول ۶. هزینه مبدل

مقدار	هزینه اولیه	هزینه جایگزینی	عمیرات و نگهداری
۴ کیلووات	۳۶۰۰	۳۶۰۰	۴۰

در این تحقیق از میکرو توربین‌های آبی برای تامین انرژی استفاده شده است که طول عمر این میکروتوربین‌ها ۲۰ سال می‌باشد و از آب سد به عنوان منبع مخزن اصلی آن استفاده می‌گردد.

جدول ۶. هزینه میکرو توربین آبی

هزینه اولیه	هزینه جایگزینی	عمیرات و نگهداری
۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰

۵) نتایج حاصل از اجرای آزمایش

با اجرای مسئله مورد نظر بررسی شبکه نمونه توسط الگوریتم GSO نتایج در جدول ارائه شده است. طراحی ترکیب بهینه در حضور واحدهای بادی، خورشیدی، میکرو هیدرو توربین و باتری به روش الگوریتم GSO با استفاده از نرم افزار مطلب و در نظر گرفتن ضرایب وزنی بصورت $a1=0.85$ و $a2=0.15$ (ضرایب وزنی نشان دهنده درصد تاثیر هریک از پارامترهای هزینه و شاخص قابلیت اطمینان می‌باشد). صورت پذیرفته است با جمعیت اولیه‌ای برابر با ۶۰ نفر و ۲۰۰ تکرار انجام گرفت و ترکیب بهینه ارائه شده در جدول (۸) حاصل شد و در ذیل نتایج کار ارائه گردیده است. همچنین در این مسأله نرخ بهره ۰,۰۷ و نرخ تورم ۰,۱۲ می‌باشد. در این مرحله برای بررسی میزان تاثیر میکروتوربین آبی در سیستم یک بار مساله در حضور پنل‌های خورشیدی و بادی و باتری بدون در نظر گرفتن میکروتوربین آبی حل می‌گردد و در آزمایش دوم این مساله در حضور میکروتوربین آبی حل می‌گردد و نتایج به دست آمده مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

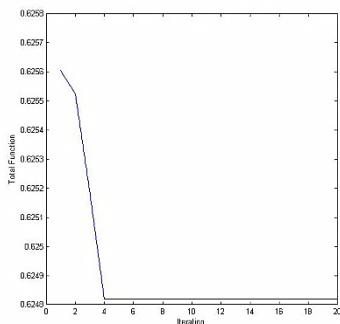
جدول ۷. نتایج به دست آمده توسط الگوریتم GSO حاصله از اجرای آزمایش

ردیف	آیتم	نتایج آزمایش اول	نتایج آزمایش دوم
۱	تعداد توربین‌های بادی انتخاب شده	۱۱	۱۰
۲	تعداد پنل‌های خورشیدی انتخاب شده	۴	۴
۳	تعداد باتری‌های نصب شده در سیستم	۵	۸
۴	هزینه احداث توربین‌های بادی نصب شده (\$)	۱۰۵۰۰	۹۴۵۰۰
۵	هزینه احداث پنل‌های خورشیدی نصب شده (\$)	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
۶	هزینه احداث و بهره برداری از میکرو توربین آبی (\$)	۰	۹۸۴۰
۷	ارتفاع انتخابی برای میکرو توربین آبی (m)	۰	۲۳
۸	توان تولیدی میکرو توربین آبی (KW)	۰	۸,۹۷۵
۹	هزینه احداث باتری‌های نصب شده (\$)	۳۰۰	۴۸۰
۱۰	هزینه احداث مبدل DC به AC نصب شده (\$)	۳۶۲۲۰	۳۶۱۴۷
۱۱	هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات نصب شده (\$)	۲۰۵۰,۴۳	۲۰۷۶,۰۶
۱۲	هزینه جایگزینی تجهیزات نصب شده (\$)	۱۰۹۷۱,۸۶	۹۸۵۰,۳۴
۱۳	هزینه کل تجهیزات در طول دوره برنامه ریزی (\$)	۱۷۴۵۴۲,۹	۱۷۳۰۷۰,۸
۱۴	احتمال تلفات عرضه توان	۰,۰۴۷۹۴	۰,۰۳۷۶۷
۱۵	مدت زمان خاموشی سیستم در سال (ساعت)	۴۲۰	۳۳۰

نتایج ارایه شده در جدول فوق نشان می‌دهد که با حضور باتری و میکروتوربین آبی میزان خاموشی سیستم و شاخص LPSP به شدت کاهش پیدا کرده است. از طرفی در این سیستم ملاحظه می‌گردد در آزمایش اول سیستم با استفاده از منابع بادی و خورشیدی و باتری تغذیه می‌گردد و در این حالت ملاحظه می‌گردد که هزینه از ۱۷۴۵۴۲ کاهش یافته و میزان خاموشی‌ها نیز به شدت کاهش یافته است. در نهایت در آزمایش سوم نیز با افزودن میکروتوربین آبی به سیستم ملاحظه می‌گردد که میزان خاموشی‌ها از ۴۲۰ ساعت به ۳۳۰ کاهش یافته و همچنین هزینه از ۱۷۴۵۴۲ به ۱۷۳۰۷۰,۸

کاهش یافته که این نشان دهنده کارایی میکرو هیدرو توربین در منطقه مذکور می‌باشد و در نتیجه بهترین حالت ممکنه، حالت سوم می‌باشد.

با بکار گیری روش پیشنهادی برای حل مسئله نیروگاه‌های ترکیبی میکرو هیدرو توربین، خورشیدی بادی و باتری و روش جستجوی مبتنی بر GSO، پاسخ‌های کارا در سیستم مورد مطالعه به دست آمدند. در ادامه در شکل ۷ نیز مسیر همگرایی سیستم ارایه گردیده است.



شکل ۹. روند همگرایی الگوریتم GSO

۶) نتیجه گیری

در این مقاله کمینه سازی هزینه‌های مربوط به سیستم ترکیبی میکرو هیدرو توربین، بادی، خورشیدی و باتری و افزایش شاخص LPSP برای حصول نتایج مناسب با استفاده از روش چند منظوره انجام پذیرفت. به دلیل تناقض موجود در اهداف مسئله استفاده از روش چند منظوره امری ضروری می‌باشد بهینه سازی این مسئله به دلیل فاکتورهای بسیار زیاد دخیل در مسئله بسیار پیچیده می‌باشد به این خاطر از الگوریتم توانمند GSO برای بهینه سازی استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بهترین حالت ممکنه برای تامین انرژی منطقه مورد مطالعه در حالتی حاصل می‌گردد که سیستم همیریدی با میکرو هیدرو توربین ترکیب گردد.

منابع

- [1] Maher A. et al. "A critical evaluation of deterministic methods in size optimisation of reliable and cost effective standalone hybrid renewable energy systems," Reliability Engineering and System Safety 130 (2014) 159–174.

- [2] Kashefi Kaviani A., G.H. Riahy, SH.M. Kouhsari, "Optimal design of a reliable hydrogen-based stand-alone wind/PV generating system, considering component outages", Renewable Energy 34 (2009) 2380–2390
- [3] Li Chong et al. "Techno-economic feasibility study of autonomous hybrid wind/PV/ battery power system for a household in Urumqi, China, " Energy 55 (2013) 263-272.
- [4] Erkan Dursun, Osman Kilic "Comparative evaluation of different power management strategies of a stand-alone PV/Wind/PEMFC hybrid power system" Electrical Power and Energy Systems 34 (2012) 81-89.
- [5] Tégani I. et al."Optimal sizing design and energy management of stand alone photovoltaic/wind generator systems, " Energy Procedia 50 (2014) 163 – 170.
- [6] Samaniegoa Jesu's, Francisco Aljaa, Sergio Sanza, Ce'sar Valmasedaa, Fernando Frechosob "Economic and technical analysis of a hybrid wind fuel cell energy system " Renewable Energy 33 (2008) 839-845
- [7] Juhari Ab.Razak, Kamarazzuman Sopian, Yousoff Ali. "Optimization of PV-Wind-Hydro-Diesel Hybrid System by Minimizing Excess Capacity ".European Journal of Scientific Research,2009, I Vol.25 No.4 .
- [8] Kusakana K., J.L. Handa, A.A.Jimoh. " Feasibility study of a hybrid PV-Micro Hydro system for rural electrification "Department of Electrical Engineering Tshwane University of Technology Pretoria, South Africa,IEEE Africon,2009.
- [9] Marwan M. Mahmoud, Imad H. Ibrik "Techno-economic feasibility of energy supply of remote villages in Palestine by PV-systems, diesel generators and electric grid" Renewable energy 36(2011) 2238-2244
- [10]Rezaei A.N., Mansoor Davoodi "Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection" Int J.Production Economics 130 (2011)77-85
- [11]Rodolfo Dufo-Lo'pez, Jose L. Bernal-Agusti'n "Multi-objective design of PV– wind– diesel– hydrogen– battery systems" Renewable energy 33 (2008) 2559-2572.
- [12]Dehghan S., H. Saboori, A.Parizad, B.Kiani"Optimal sizing of a hydrogen-based wind/pv plant considering reliability indices",IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 20, pp. 654–660, Sep. 2009.
- [13]Tomonobu Senjuya, Daisuke Hayashia, Atsushi Yonaa, Naomitsu Urasakia, Toshihisa Funabashib "Optimal configuration of power generating systems in isolated island with renewable energy" Renewable Energy 36(2011) 881-888.