استفاده از الگوریتم گرگ خاکستری جهت بهینه سازی میکروتوربین گازی

شجاع قارینی[1*]، دکتر سید علی اشرفی زاده[2]

* ۱- دانشجوی کارشناس ارشد مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی مکانیک
۲- مدرس گروه مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

دریافت: اسفند ۹۸، بازنگری: شهریور ۹۹، پذیرش: شهریور ۹۹

چکیده

در این پژوهش به بهینه سازی میکرو توربین گازی از طریق آنالیز اقتصادی، اکسرژی و زیست محیطی بوسیله الگوریتم گرگ خاکستری پرداخته شده است. ابتدا یک مدل سازی ترمودینامیکی برای هر یک از حالتهای بالا انجام شد و سپس با استفاده از روش گرگ خاکستری نقاط بهینه برای عملکرد سیستم در هر حالت تعیین گردید. برای مدل سازی از کد نوشته شده در نرم افزار MATLAB استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد افزایش دمای ماکسیمم اثر اندکی بر افزایش هزینه خرید و نصب و نگهداری تجهیزات بر سیکل میکرو توربین دارا می‌باشد که نشان دهنده آن است که افزایش دمای احتراق تا جایی که محدودیت متالوژیکی سیکل به ما اجازه دهد عامل خوبی در افزایش بازدهی سیکل با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی می‌باشد. و همچنین افزایش راندمان رکوپراتور بیشترین هزینه را نسبت به عوامل دیگر بر میکرو توربین وارد می‌کند. با افزایش نسبت فشار کمپرسور هزینه سوخت به صورت شکل بالا افزایش یافته است. اثر افزایش دمای ورودی به توربین را بر نرخ هزینه تخریب اکسرژی و مجموع هزینه سوخت مصرفی و خرید ، نصب و نگهداری را نشان می دهد همچنین تطبیق داده های ورودی با مدل به دست آمده از الگوریتم گرگ خاکستری مربوط به هزینه کل خرید، نصب و نگهداری بعلاوه هزینه تخریب اکسرژی بعلاوه هزینه سوخت مصرفی را نشان می دهد.

* **عهده‌دار مکاتبات:** Sh.gharini@gmail.com

کلمات کلیدی: میکرو توربین گازی، اکسرژی، آنالیز اقتصادی

۱- مقدمه

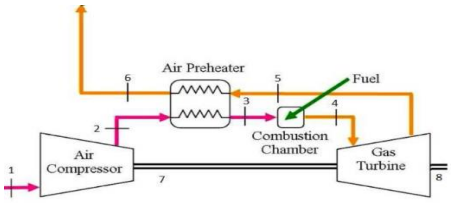
مدل‌سازی ترمودینامیکی سیکل‌های توان از سابقه طولانی در مهندسی برخوردار است. هدف از مدل‌سازی سیکل نمایش اثر بازگشت‌ناپذیری‌های موجود بر عملکرد سیکل و میزان افت خروجی سیستم از حالت ایده ال خود است. مطالعات متعددی درزمینه تحلیل ترمودینامیکی سیکل برایتون صورت گرفته است. در اغلب موارد به منظور کاهش پیچیدگی مسئله، مدل ایده ال سیکل مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین ترتیب با انجام پیش‌فرض‌هایی به مدل‌سازی ترمودینامیکی سیکل پرداخته ، و اثر پارامترهایی اثرگذار بر عملکرد سیکل را به‌طور کیفی موردبررسی قرار می‌دهند. از دلایل این امر می‌توان به پیچیدگی ذاتی تحلیل عملکرد سیکل‌ها اشاره کرد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

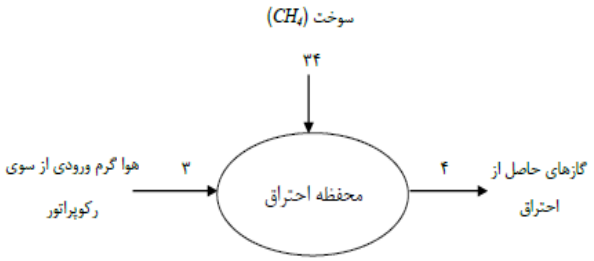
۲- سیکل ایده ال رکوپراتور دار میکرو توربین گازی

در شکل۱ نمای شماتیکی از سیکل میکرو توربین گازی نشان داده شده است. امروزه از این سیکل در توربین‌های گاز و میکرو توربین‌ها استفاده می‌شود. میکرو توربین‌های گاز در سیکل باز کار می‌کند [۲۷]. هوای ورودی در شرایط محیط و یا پس از گذر از فیلتر هوا به داخل کمپرسور مکیده می‌شود و در آنجا دما و فشار آن افزایش می‌یابد. هوای فشرده از قسمت رکوپراتور عبور می‌کند. در این قسمت دمای هوا به‌واسطه دمای گازهای خروجی از توربین افزایش می‌یابد هوا پس از گرم شدن با فشار زیاد وارد محفظه احتراق می‌شود و پس از ترکیب با سوخت مشتعل و داغ می‌شود، سپس گازهای حاصل با دمای و سرعت زیاد وارد توربین، و پس از برخورد با پره‌های توربین باعث به گردش درآوردن آن می‌شوند.



شکل۱ : شماتیکی از سیکل میکرو توربین گازی [۷]

۲-۱- مدل‌سازی محفظه احتراق:



شکل۲: شماتیک محفظه احتراق[۲۸]

شکل۲ محفظه احتراق مدل شده در تحقیق را نشان می‌دهد. نقطه ۳ هوای فشرده به محفظه احتراق بعد از عبور از رکوپراتور ، نقطه ۳۴ سوخت تزریق‌شده به محفظه و نقطه ۴ گازهای حاصل از احتراق را نشان می‌دهد. سوخت مصرفی در مدل مورد بررسی متان خالص می‌باشد. نسبت مولی اجزای هوا به‌صورت ۰/۷۷۴ برای N_2، ۰/۲۰۵ برای O_2، ۰/۰۰۰۳ برای CO_2 و ۰/۰۱۹ برای H_2O می‌باشد.

فرضیات در نظر گرفته جهت بررسی محفظه احتراق به‌صورت زیر می‌باشد :

جریان سیال در محفظه احتراق به‌مانند اجزای دیگر سیکل پایا و تغییرات انرژی و اکسرژی جنبشی و پتانسیل ناچیز فرض شده‌اند.

- احتراق به‌صورت کامل در نظر گرفته‌شده است.
- هدر رفت حرارت در محفظه احتراق به‌اندازه ۲٪ ارزش حرارتی سوخت می‌باشد.

جهت تحلیل محفظه احتراق ابتدا نسبت مولی سوخت به هوا را به‌صورت زیر می‌نویسیم: جرم مولکولی و ضریب ثابت گاز نیز، طبق روابط زیر قابل محاسبه است [۴۹]:

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

$$M = \sum_{i=1}^{n} y_i M_i \quad (۱)$$

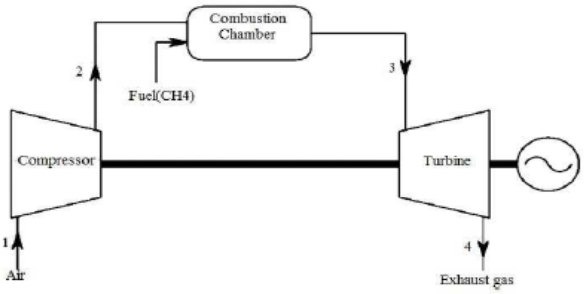
$$R = \frac{R_u}{M} \quad (۲)$$

که:

M: جرم مولکولی مخلوط (kg)، M_i: جرم مولکولی هر جزء(kg)، y_i : درصد مولی هرجزء،

R_u: ثابت جهانی گاز (kJ/kmole K) ، R: ثابت گاز (kJ/kg K) ،

۳-۲- مدل‌سازی توربین گاز



شکل۳: مدل‌سازی توربین گاز[۳۳]

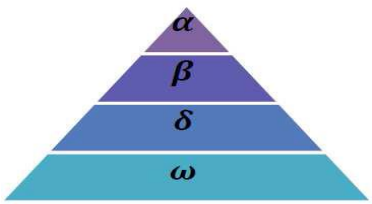
معادلات تحلیل توربین که در این تحقیق به‌صورت زیر در نظر گرفته‌شده است: [۶]

$$r_{p,AGT} = \frac{p_5}{p_4} \quad (۳)$$

$r_{p,AGT}$ نسبت فشار توربین p_4: فشار گاز رودی توربین (pa) p_5 :فشار گاز خروجی توربین (pa)

۳-۳- بهینه ساز گرگ خاکستری(GWO)

گرگ خاکستری(Canis lupus) متعلق به خانواده Canidae است. گرگ های خاکستری شکارچیان در راس هرم غذایی می باشند به این معنی که آن ها در راس زنجیره غذایی می باشند. گرگ های خاکستری عمدتا ترجیح می دهند تا به طور گروهی زندگی کنند. اندازه گروه به طور متوسط ۵-۱۲ است. یک نکته جالب این که آن ها دارای یک سلسله مراتب غالب اجتماعی بسیار دقیق و منظمی می باشند که در شکل ۵-۱ نشان داده می شوند[۱۹].



شکل۴: سلسله مراتب گرگ خاکستری (تسلط کاهش می یابد از بالا به پایین) [۱۹]

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

رهبران شامل یک ماده و یک نر می باشند که به آن ها آلفا می‌گویند. آلفا مسئول اصلی تصمیم گیری ها در مورد شکار، محل خواب، زمان بیدار شدن و از این قبیل موارد است. تصمیمات آلفا به گروه دیکته می شود. با این حال برخی از رفتار های دموکراتیک نیز مشاهده شده است که در آن یک آلفا از سایر گرگ ها در گروه تبعیت می‌کند. در اجتماعات، کل گله با پایبین نگه داشتن خود، آلفا را تایید و تصدیق می کنند.

• رد یابی، تعقیب و نزدیک شدن به شکار

• دنبال کردن، محاصره و خسته کردن شکار تا زمان توقف آن حمله به شکار این مراحل در شکل ۲ نشان داده شده اند.



شکل۵: رفتار شکار گرگ خاکستری: (A) تعقیب، نزدیک، و ردیابی طعمه (B- D) به دنبال، اذیت و آزار، و محاصره (E) وضعیت ثابت و حمله [۱۹]

سلسله مراتب اجتماعی

هنگام طراحی GWO، به منظور مدل سازی ریاضی سلسله مراتب اجتماعی گرگ ها، مناسب ترین راه حل را به صورت آلفا(α) در نظر می گیریم. متعاقبا، دومین و سومین راه مناسب به ترتیب بتا و دلتا نامیده می شوند. در الگوریتم GWO، شکار(بهینه سازی با کمک a- b - c صورت می گیرد. گرگ های X از این سه گرگ تبعیت می کنند.

محاصره شکار

همان طور که در بالا گفته شد، گرگ های خاکستری در هنگام شکار، دور شکار حلقه زده و او را محاصره می کنند. به منظور مدل سازی ریاضی رفتار محاصره، معادلات زیر پیشنهاد می شود: [۱۹]

$$\vec{\mathbf{D}} = \left|\vec{\mathbf{C}}.\overrightarrow{\mathbf{X_p}}(\mathbf{t}) - \vec{\mathbf{X}}(\mathbf{t})\right| \quad (۴)$$

$$\vec{\boldsymbol{X}}(\boldsymbol{t}+\mathbf{1}) = \overrightarrow{\boldsymbol{X_p}}(\boldsymbol{t}) - \vec{\boldsymbol{A}}.\vec{\boldsymbol{D}} \quad (۵)$$

که t نشان دهنده تکرار فعلی، A و C بردار های ضرایب می باشند، XP بردار موقعیت شکار و X بردار موقعیت گرگ خاکستری است.

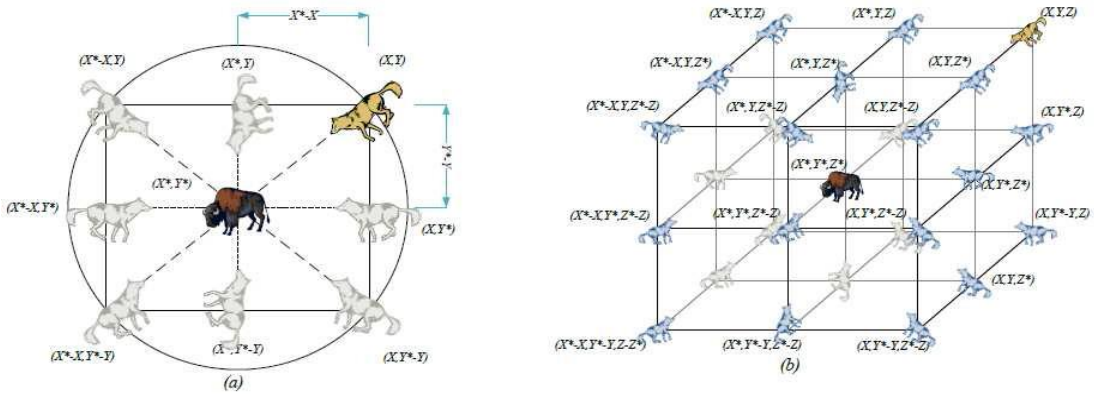
$$\overrightarrow{\boldsymbol{A2}} = \vec{\boldsymbol{a}}.\overrightarrow{\boldsymbol{r_1}} - \vec{\boldsymbol{a}} \quad (۶)$$

$$\vec{\boldsymbol{c}}(\boldsymbol{t}+\mathbf{1}) = \mathbf{2}.\vec{\mathbf{2}} \quad (۷)$$

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

مولفه های a از ۲ تا ۰ در طول تکرار ها به طور خطی کاهش می یابند و r1, r2 بردار های تصادفی در {۰و۱} می باشند. برای مشاهده اثرات معادلات (۵-۳و۵-۴) و (۵-۲و۵-۳)، یک بردار موقعیت دو بعدی و برخی از همسایه های احتمالی در شکل ۵-۳ الف نشان داده شده اند. همان طور که در این شکل دیده می شود، گرگ خاکستری در موقعیت(X , Y_) قادر به به روز سازی موقعیت خود بر اساس موقعیت شکار (X_ , Y) می‌باشد. نقاط مختلف حول بهترین عامل با توجه به موقعیت فعلی با تعدیل مقدار بردار های A و C حاصل می شوند. برای مثال، (X_ X , Y_) را می‌توان با تنظیم موقعیت احتمالی به روز رسانی شده گرگ خاکستری در فضای سه بعدی بدست اورد که در شکل ۵-۳ ب نشان داده شده است. توجه داشته باشید که بردار های r1 و r2 به گرگ ها امکان رسیدن به موقعیت بین نقاط نشان داده شده در شکل ۵-۳ را می دهد. از این روی گرگ خاکستری قادر به به روز رسانی موقعیت خود درون فضای حول شکار در هر موقعیت تصادفی با استفاده از معادلات (۵-۱) و(۵-۲) است[۱۹]



شکل۶: D2 و D3 بردار موقعیت و مکان بعدی خود را ممکن است[۱۹]

شکار

گرگ های خاکستری توانایی تشخیص موقعیت شکار و محاصره آن ها را دارند. شکار معمولا تحت رهبری و راهنمایی گرگ آلفا صورت می گیرد. بتاو دلتا هم چنین به طور گهگاه در شکار مشارکت می کنند. با این حال، در یک فضای جست و جوی انتزاعی، ما ایده ای در مورد موقعیت بهینه (شکاری نداریم. به منظور شبیه سازی ریاضی رفتار شکار گرگ های خاکستری، فرض ما بر این است که آلفالا بهترین راه حل کاندید) بتا، و دلتا در مورد موقعیت بالقوه شکار دانش بهتری دارند. از این روی، ما سه راه حل اول (بهترین راه حل ها) بدست آمده تا کنون را ذخیره کرده و سایر عوامل جست و جوز از جمله امگا) را مجبور به به روز رسانی موقعیت شان بر اساس موقعیت بهترین عوامل جست و جو می کنیم. فرمول های زیر در این رابطه پیشنهاد می شوند[۱۹]

$$\overrightarrow{D_\alpha} = \left|\overrightarrow{C_1}.\overrightarrow{X_\alpha} - \vec{X}\right|.\overrightarrow{D_\beta} = \left|\overrightarrow{C_2}.\overrightarrow{X_\beta} - \vec{X}\right|.\overrightarrow{D_\delta} = \left|\overrightarrow{C_3}.\overrightarrow{X_\delta} - \vec{X}\right| \quad (۸)$$

$$\overrightarrow{X_1} = \overrightarrow{X_\alpha} - \overrightarrow{A_1}.\left(\overrightarrow{D_\alpha}\right).\overrightarrow{X_2} = \overrightarrow{X_\beta} - \overrightarrow{A_2}.\left(\overrightarrow{D_\beta}\right).\overrightarrow{X_3} = \overrightarrow{X_\delta} - \overrightarrow{A_۳}.\left(\overrightarrow{D_\delta}\right) \quad (۹)$$

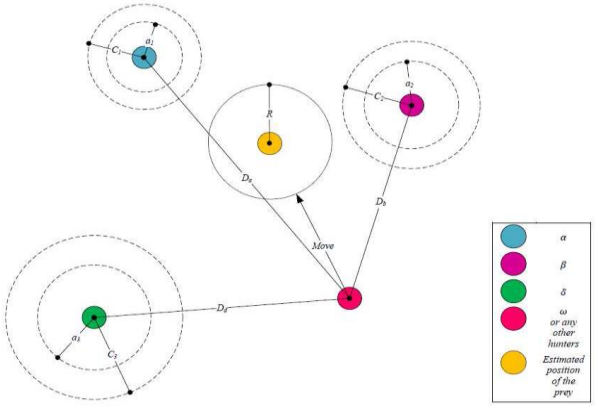
$$\vec{X}(t+1) = \frac{\overrightarrow{X_1} + \overrightarrow{X_2} + \overrightarrow{X_3}}{3} \quad (۱۰)$$

شکل ۷ شیوه به روز رسانی موقعیت عامل جست و جو را بر اساس آلفا، بتا و دلتا در موقعیت جست و جوی دو بعدی نشان می دهد. می‌توان مشاهده کرد که موقعیت نهایی در یک نقطه تصادفی درون یک دایره که توسط موقعیت های الفا، بتا و دلتا در

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

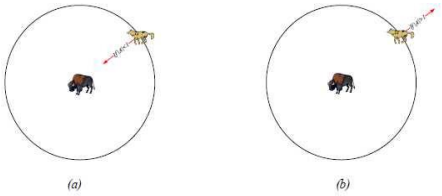
فضای جست و جو تعریف می شود قرار دارد. به عبارت دیگر، بتا الفا و دلتا موقعیت شکار را تخمین می زنند و گرگ های دیگر، موقعیت خود را به طور تصادفی حول شکار به روز رسانی می کنند[۱۹]



شکل۷: موقعیت به روز رسانی در GWO[۱۹]

حمله به شکار (بهره برداری)

همان طور که در بالا گفته شد، گرگ های خاکستری، هنگام از حرکت افتادن و توقف شکار، به آن حمله کرده و فرایند شکار را به پایان می رسانند. به منظور مدل سازی ریاضی نزدیک شدن به شکار ما مقدار a را کاهش می دهیم. توجه کنید که دامنه نوسانی A توسط a کاهش می یابد. به عبارت دیگر A مقدار تصادفی در بازه [-2a, a2] است که در آن a در طول چندین تکرار از ۲ تا ۰ کاهش می یابد. وقتی مقادیر تصادفی A در [۱ ,۱] قرار دارد، موقعیت بعدی عامل جست و جو را می‌توان در هر نقطه بین موقعیت فعلی و موقعیت شکار مشاهده کرد. شکل ۸ الف نشان می دهد که |AI <۱ گرگ ها را ملزم به حمله به شکار می‌کند[۱۹]



شکل۸: حمله به طعمه در مقابل جستجو برای طعمه[۱۹]

جست وجوی شکار(اکتشاف)

گرگ های خاکستری عمدتا بر اساس موقعیت آلفا، بتا و دلتا جست و جو می کنند. آن ها برای جست و جوی شکار از هم جدا شده و برای حمله به شکار به هم نزدیک می شوند. به منظور مدل سازی ریاضی واگرایی و جدایش آن ها، ما از A با مقادیر تصادفی بزرگ تر از ۱ یا کم تر از -۱ برای ملزم کردن جدا شدن عامل جست. و جو از شکار استفاده می کنیم. این بر اکتشاف تاکید داشته و به الگوریتم GWO امکان جست و جوی جهانی را می دهد.

مبنای ریاضی الگوریتم گرگ خاکستری

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

مبنای ریاضی الگوریتم گرگ خاکستری براساس تجزیه ی سری توابع ولترا به چند جمله ای های دو متغیره درجه دوم پایه ریزی شده است[۱۹]

$$G(xi, xj) = a0 + a1xi + a2xj + a3xi^2 + a4xj^2 + a5xixj \quad (۱۱)$$

در این تجزیه ، سری ولترا به مجموعه ای از معادلات بازگشتی زنجیره ای تبدیل می‌گردد ، بگونه ای که مجددا با جایگذاری جبری هر یک از روابط بازگشتی در یکدیگر این رابطه (سری ولترا) برقرار می‌گردد. در صورتی که رابطه نامشخص تابع f را میان متغیرهای و مقادیر متناظر و مانند رابطه

$$yi = f(xi1, xi2, \dots, xim)\ i = 1,2,\dots N$$

توسط تابع $\hat{f}$ تقریب زده شود،[۱۹]

$$\hat{y}i = \hat{f}\ (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$$

و در صورتی که تابع $\hat{f}$ به صورت زیر بیان شود : [۱۹]

$$\hat{y} = a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} a_{ijk} x_i x_j x_k \quad (۱۲)$$

همانطور که در معاملات بالا مشاهده می شود، ترتیب روابط بالا از بالا به پایین نمایی از پروسه ی تجزیه ی رابطه ی (۱۲) به چند جمله ای درجه دوم بوده و از طرفی نیز ترتیب این روابط از پایین به بالا بیانگر تکمیل رابطه (۱۲) توسط معادلات بازگشتی می‌باشد.

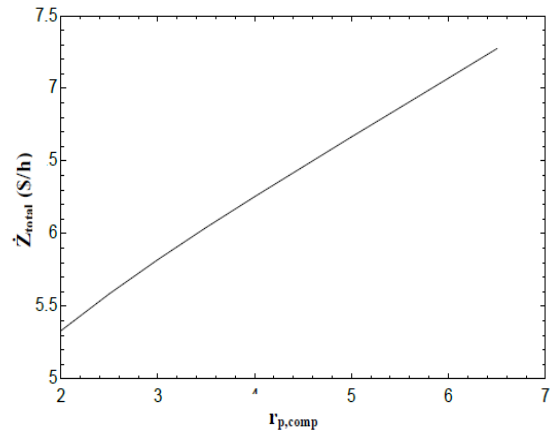
۴- نتایج

در این بخش به بکارگیری توابع اقتصادی و زیست محیطی، بهینه بهینه سازی سیکل میکرو توربین گازی در میکرو توربین مدل شده ، نرخ هزینه سوخت مصرفی در سیستم مورد نظر و بازده قانون دوم پرداخته خواهد شد. اثر متغیر های همچون نسبت فشار کمپرسور ، دمای بیشینه سیکل (دمای ورودی به توربین) و راندمان رکوپراتور بررسی شده و نتایج در شکل های مربوط به آن ارائه گردیده است.

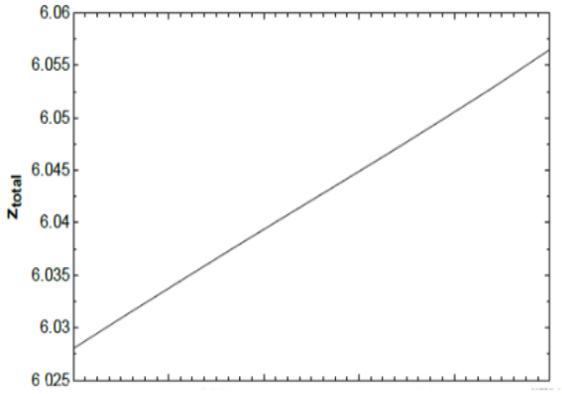
اثر متغیرهای طراحی بر نرخ هزینه خرید، نصب و نگهداری تجهیزات

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

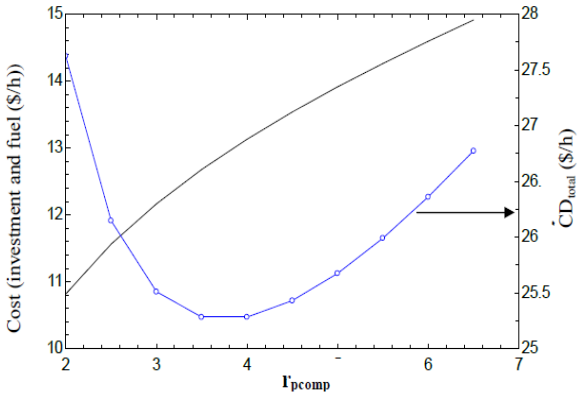
[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]



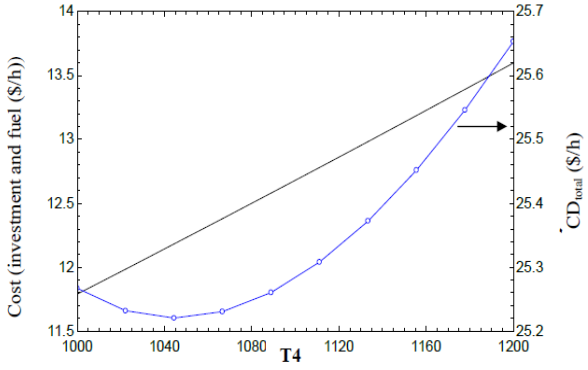
شکل۹: اثر نسبت فشار کمپرسور بر تابع هدف بالا می‌باشد



شکل۱۰: تغییرات هزینه خرید و نصب تجهیزات بر حسب تغییرات دمای ماکسیمم سیکل



شکل۱۱: تغییرات هزینه تخریب اکسرژی و هزینه سوخت و تجهیزات بر حسب تغییرات نسبت فشار



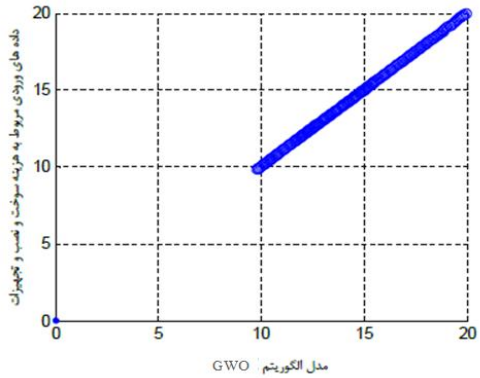
شکل۱۲: تغییرات هزینه تخریب اکسرژی و هزینه سوخت و تجهیزات بر حسب تغییرات دمای ورودی به توربین

صحت سنجی عملکرد گرگ خاکستری

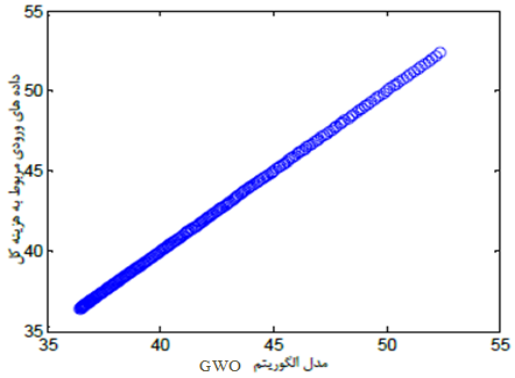
برای هر تابع هدف مدل جداگانه ای بر حسب متغیر های تصمیم گیری انتخابی ارائه گشته است که بازه نسبت فشار کمپرسور از ۲ تا ۶/۵ و دمای ماکسیمم سیکل از ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ کلوین و راندمان رکوپراتور از ۰/۶۵ تا ۰/۹ تغییر می‌کند. همانطور که مشاهده می شود شکلها حاکی از تطبیق خوب مدل بدست آمده با داده های ورودی است.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

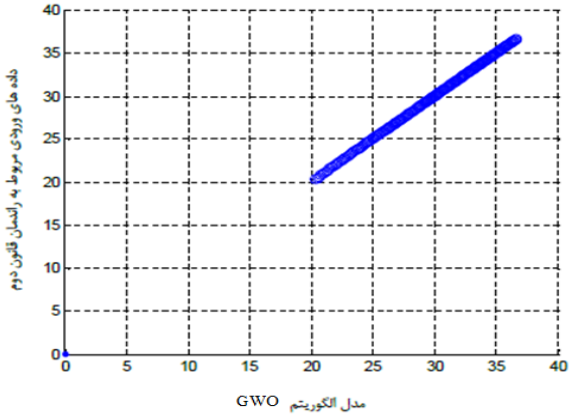
[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]



شکل۱۳: تطبیق داده های ورودی با مدل به دست آمده از الگوریتم گرگ خاکستری



شکل۱۴: تطبیق داده های ورودی با مدل به دست آمده از الگوریتم گرگ خاکستری مربوط به هزینه کل (خرید، نصب و نگهداری بعلاوه هزینه تخریب اکسرژی بعلاوه هزینه سوخت مصرفی)



شکل۱۵: تطبیق داده های ورودی با مدل به دست آمده از الگوریتم گرگ خاکستری مربوط به راندمان قانون دوم

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از مفهوم انرژی و اگزرژی و نیزبکارگیری توابع اقتصادی و زیست محیطی، بهینه بهینه سازی سیکل میکرو توربین گازی پرداخته شده است. در قسمت بهینه سازی ابتدا به منظور تعیین توابع مورد نظر از الگوریتم گرگ خاکستری استفاده گردید و سپس به منظور بررسی همزمان تغییر چندین ورودی بر روی عملکرد سیکل از الگوریتم بهینه گرگ خاکستری برای جهت بهینه سازی چند هدفه استفاده شده است. نتایج بهینه سازی با چند تابع هدف در قالب شکل های پارتو آورده شد.

با توجه به مطالب ذکر شده و بررسی جداول و شکلها می‌توان موارد زیر را نتیجه گرفت.

۱- پس از مدل‌سازی ترمودینامیکی و تحلیل اکسرژی اقتصادی میکرو توربین مدل شده هزینه نهایی واحد تولید انرژی الکتریکی به میزان ۸/۸۱Gj/$ بدست آمده است.

۲- نرخ هزینه جریان ورودی به توربین ($\dot{c}_4$) بیشترین هزینه را در پی خواهد داشت و نرخ هزینه جریان ورودی به محفظه احتراق ($\dot{c}_3$) حایمی‌باشد می باشد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

۳- دیده می شود که افزایش راندمان سیستم توام با افزایش نرخ هزینه تخریب اکسرژی خواهد بود. و کاهش این نرخ هزینه افزایش هزینه سوخت و تجهیزات را طلب می‌کند. این بیان بدین معناست که برای کاهش هزینه تخریب اکسرژی از اجزا و المان های با کیفیت که طبعا میزان هزینه تجهیزات و سوخت را افزایش می دهد باید استفاده گردد.

۴- پس از بررسی نتایج حاصل از بهینه سازی بهترین عملکرد سیکل در (۴۱$/h، ۳۵/۵) بدست آمده است.

کارهای دیگری که در راستای این کار می تواند انجام پذیرد بصورت زیر خواهد بود :

- تحلیل سیستم با اعمال نامعینی بر روی پارامترهایی نظیر دما و فشار
- استفاده از خنک کن میانی در سیکل میکرو توربین و تحلیل اقتصادی آن
- استفاده از مدل های غیر ایده آل برای خواص گازها

مراجع

۱. شرفی, مسعود؛ مهرداد بروشکی و علی قلی زاده، ۱۳۸۹، بهینه سازی سیکل میکرو توربین گازی با کمکالگوریتم ژنتیک، هجدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، تهران، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شریف.

۲. اشرفی زاده, سید علی؛ لک، بابک ، سلیمی، احسان ، ۱۳۹۴، بهینه سازی میکرو توربین گازی از طریق آنالیز اقتصادی،اکسرژی و زیست محیطی بوسیله الگوریتم زنبور عسل و روش Searching Method، اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین و کاربردی در مهندسی مکانیک.

۳. صیفوری. زینب، عامری. مهران، (۱۳۹۱) "بررسی سیستم های تبرید ترکیبی با میکروتوربین و چیلر جذبی"، - .۵۳ نشریه علمی پژوهشی مدیریت انرژی، سال دوم، شمارهٔ سوم.

4. Alizadeh, S.M., Sedighizadeh, M., Optimization of micro-turbine generation control system using genetic algorithm, IEEE, 2010,pp. 589-593
5. Ahmadi. P, Dincer. I, (2011), "Exergoenvironmental analysis and optimization of a cogeneration plant system using Multimodal Genetic Algorithm (MGA)" Energy 35 5161-5172.
6. Al-Sulaiman. F. A, Dincer. I, Hamdullahpur. F, (2012) "Energy and Exergy Analyses of Biomass Trigeneration System using an organic Rankine cycle", Energy, Vol.45, No.1, pp. 975-985.
7. Pedro. M. J, (2013), "Evaluation of the potential use of a combined micro-turbine organic Rankine cycle for different geographic locations", Applied Energy, Vol.102. pp. 1324–1333
8. Andrew Chipperfield and Peter Fleming, Multiobjective Gas Turbine Engine Controller Design Using Genetic Algorithms, lEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 43, No. 5, October 1996, pp. 583-587.
9. Pouraghaie. M, Atashkari. K, Besarati. S. M, Nariman-zadeh. N, (2010), "Thermodynamic performance optimization of a combined power/cooling cycle", Energy Conversion and Management, Vol. 51. pp. 204–211.
10. Gogoi. T. K, Talukdar. K, (2014), "Exergy based parametric analysis of a combined reheat regenerative thermal power plant and water–LiBr vapor absorption refrigeration system", Energy Conversion and Management, Vol.83, pp. 119–132.
11. Zare. V, Mahmoudi. S. M, Yari. M, Amidpour. M, (2012), "Thermoeconomic analysis and optimization of an ammonia-water power/cooling cogeneration cycle", Energy, Vol. 47, pp. 271-283.
12. Shaolin. M, Jiangfeng. W, Zhequan. Y, Yiping. D, Bingheng. L, (2011), "Thermodynamic analysis of a new combined cooling, heat and power system driven by solid oxide fuel cell based on ammonia–water mixture", Journal of Power Sources, Vol.196, pp.8463– 8471

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

13. Camerettia. M. C, Ferrarab. F, Gimellic. A, Tuccillod. R , (2015), "Combined MGT , ORC solar & hybrid system", Energy Procedia, Vol. 81. pp 368 – 378.

14. Basim. M. A, (2017), "An energy and exergy analysis of a microturbine CHP system", School of Mechanical and Systems Engineering.

15. Borzou. B, Sadeghpour. F, (2009), "System design and optimization of a water-lithium bromide double-effect absorption system", International Conference on Heating, Ventilating and Air Conditioning, Tehran, Iran.

16. Kilic. M, Kaynakli. O, (2007), "Second law-based thermodynamic analysis of water-lithium bromide absorption refrigeration system", Energy, Vol.32, pp.1505-1512.

17. Kaushik. S. C, Akhilesh. A, (2009), "Energy and exergy analysis of single effect and series flow double effect water-lithium bromide absorption refrigeration systems", International Journal of Refrigeration, Vol.32, pp.1247-1258.

18. Palacios-Bereche. R, Gonzales. R, Nebra. S. A, (2012), "Exergy calculation of lithium bromide-water solution and its application in the exergetic evaluation of absorption refrigeration systems LiBr-H2O", International Journal of Energy Research, Vol.36, pp.166-181

19. Seyed ali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili,Andrew Lewis(2014), Grey Wolf Optimizer, Advances in Engineering Software Volume 69, March 2014, Pages 46-61

20. A. Toffolo, A. Lazzaretto, Evolutionary algorithms for multi-objective energetic and economic optimization in thermal system design, Energy 27, 2002, pp. 549-567.

21. 21. Catalog of CHP Technologies, U.S. Environmental Protection Agency, Combined Heat and Power Partnership, March 2015.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]

چکیده انگلیسی:

Use of gray wolf algorithm to optimize gas microturbine Use of gray wolf algorithm to optimize gas microturbine

Shoja Gharini[1]*, SeyedAli AshrafiZadeh[1]

[1]Department of Mechanical Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran

Received: September 2020 Accepted: September2020

Abstract

In this research, optimization of gas microturbine through economic, exergy and environmental analysis has been investigated by the gray wolf algorithm. First, a thermodynamic modeling was performed for each of the above modes, and then using the gray wolf method, optimum points were determined for each system's performance. For modeling, the code written in MATLAB software was used. The results of the study showed that the increase in maximum temperature has a small effect on the increase in the cost of purchasing and installing and maintaining equipment on the micro turbine cycle, which indicates that increasing the combustion temperature to the extent that the metallurgical limit of the cycle allows us to be a good factor in increasing the cycle efficiency with Considering economic issues. As well as increasing the efficiency of the recuperator, the greatest cost is borne by other factors on micro turbines. As the compressor compressor ratio increases, the cost of fuel is increased as shown above. The effect of increasing the turbine input temperature on the cost of exergy damage and the total cost of consuming fuel and purchasing, installation, and maintenance, as well as the matching of input data with the model derived from the gray wolf algorithm related to the total purchase, installation, and maintenance costs In addition, the cost of exergy damage plus fuel consumption is shown.

Key words: Gas Microturbine, Exergy, Economic Analysis
*corresponding author: sh.gharini@gmail.com

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1399.7.3.2.3]