طراحی بهینه سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی مستقل از شبکه با استفاده از الگوریتم ژنتیک

امیر حسین شهیری نیا[۱] سید مسعود مقدس تفرشی[۱] امین حاجی زاده گستج[۱] علیرضا مقدم جو[۲]

۱- دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد دانشکده برق دانشگاه ویسکانسین آمریکا، آمریکا

چکیده : در این مقاله طراحی بهینه یک سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی نمونه مستقل از شبکه شامل منابع بادی، خورشیدی، دیزل ژنراتور و بانک باتری بررسی می گردد. برای این منظور ابتدا روابط اقتصادی مربوط به هر یک از منابع انرژی تشریح گردیده، سپس تابع هزینه با هدف کاهش مصرف سوخت دیزل ژنراتور و برآورده کردن توان درخواستی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان شبکه ارائه خواهدشد. در این تحقیق، برای حل مساله بهینه سازی از روش الگوریتم ژنتیک استفاده می شود و نتایج شبیه سازی برای چندین حالت مختلف نشان داده خواهد شد.

واژه های کلیدی: سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی، الگوریتم ژنتیک، آرایه های خورشیدی، بانک باتری، توربین بادی، دیزل ژنراتور

Abstract : The annals of history are replete challenges over which feelings have been widely ambivalent. Beyond any shadow of doubt clean and reasonable power production based on environmental problems and lack of fossil fuel sources is one of them. This essay takes an in-depth look at the result of an output simulation of a multi sources hybrid power system includes Wind, PV and Diesel generators to show the effectiveness of the proposed method. In this structure a battery bank used to save the excessive power generation by Wind and PV generators and the Diesel generator plays the role of supporter to enhance the network reliability. All of the shown results have been calculated by Genetic Algorithm-based developed software so called HPSD which abbreviates for Hybrid Power System Designer.

Key words: Distributed Generation, Stand-alone system, Genetic Algorithm, Hybrid energy system

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.۳- No.۲- Fall and Winter ۲۰۰۶

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

۱- مقدمه

افزایش هزینه و چالشهای اقتصادی ناشی از استفاده بی رویه سوختهای فسیلی باعث رویکرد بیشتر جهانیان به منابع انرژی تجدیدپذیر گردیده است. استفاده از منابع تولید انرژی خورشیدی و بادی به عنوان راهکاری مناسب جهت تامین انرژی الکتریکی در سیستم های قدرت رو به افزایش می باشد[۱،۲،۳].

امروزه در سراسر دنیا در حدود ۳۰۰۰۰ توربین بادی و بیش از ۱۰۰۰۰۰ سیستم خورشیدی منفصل از شبکه۱ نصب گردیده است[۴]. سیستمهای قدرت ترکیبی شامل منابع تجدیدپذیر عموماً به سه دسته کلی تقسیم می شوند:

- سیستمهای قدرت مستقل۲

شبکه قدرت محلی که به دلیل موقعیت جغرافیایی و دور بودن از شبکه عمومی، به دلیل غیر اقتصادی بودن کشیدن خط انتقال؛ یک سیستم کاملاً مستقل از شبکه می باشد .

اینگونه سیستمها عموماً شامل یک یا چند منبع انرژی تجدیدپذیر (بادی، خورشید، بیوماس و ...) می باشند که معروفترین و کار آمدترین آنها فتو ولتایی مستقل۳ می باشد، سیستم قدرتی شامل یک یا چند منبع تولید انرژی خورشیدی می باشد.

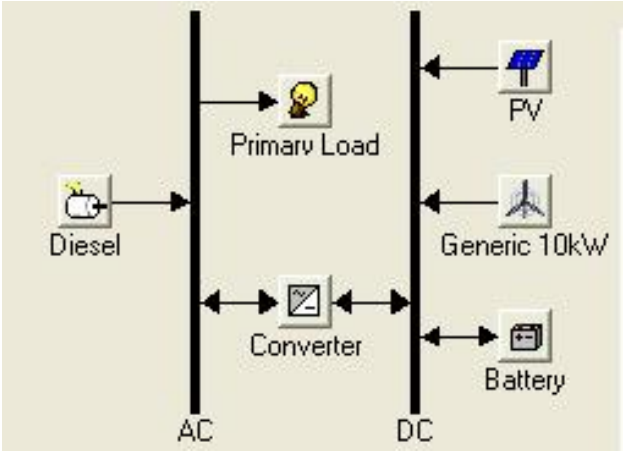
- سیستمهای قدرت متصل به شبکه ۴

در این نوع سیستمهای قدرت از شبکه عمومی به عنوان پشتیبان استفاده می گردد . استفاده از این سیستمها برای مناطقی که پتانسیل تولید انرژی توسط یکی از منابع تجدیدپذیر را داشته باشد بسیار مناسب است.

- سیستمهای قدرت ترکیبی چند منبعی۵

سیستمهای تولید انرژی الکتریکی با ترکیب چند منبع انرژی تجدیدپذیر راه حل مناسبی برای صرفه‌جویی در مصرف سوختهای فسیلی می باشد. منابع تجدیدپذیر منابعی طبیعی با کمترین آلایندگی می باشند که بازگشت آنها نیز نهایتاً به خود طبیعت است.

در این مقاله طراحی بهینه سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی چند منبعی با الگوریتم ژنتیک ارائه می گردد. در بخش بعدی زیر ساختار های سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی بیان می گردد. سپس در بخش سوم ، روابط اقتصادی و تابع هزینه مربوط به این



شکل(۱): ساختار کلی سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی

ساختار تشریح خواهد شد. در بخش چهارم، حل مسئله بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک توضیح داده خواهدشد . در نهایت نتایج شبیه سازی و نتیجه گیری ارائه می شود.

۲- زیر ساختارهای یک سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی

هر سیستم قدرت ترکیبی شامل، واحد منابع تجدیدپذیر، واحد پشتیبان، واحد ذخیره انرژی و واحد مرکزی می باشد. شکل(۱) ساختار کلی سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی را نمایش می دهد.

اینک به بررسی مشخصات کلی هر یک از زیر سیستمها می پردازیم:

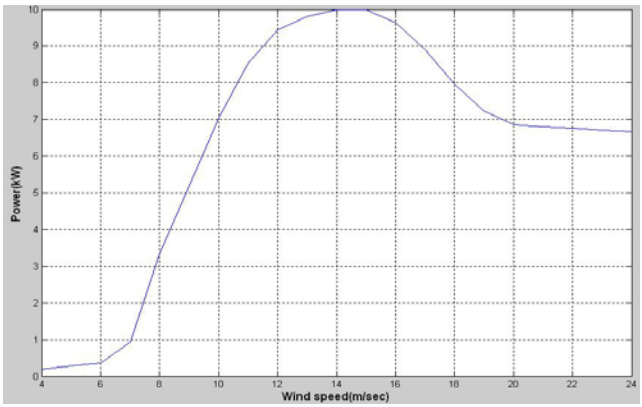
۲-۱- توربین بادی

توربینهای بادی در طول سالهای اخیر پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند و بازده آنها حتی تا ۵۰٪ نیز افزایش یافته است (چندین سال قبل بازده توربینهای بادی بیشتر از ۱۵٪ نبوده است)؛ میزان تولید بسته به سرعت باد متغیر بازمان، توانی **AC** و منقطع تولید می‌کنند. شکل(۲) منحنی مشخصه تولید توربین بادی

---

۱ **off-grid PV system**
۲ **Stand-Alone**
۳ **PV Stand-Alone**
۴ **Connected-Grid**
۵ **Multi Sources Hybrid Power System**

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]



شکل(۲): منحنی مشخصه توربین بادی ۱۰kW (توان برحسب سرعت باد)

برحسب سرعت باد مربوط به روتور **[kW]**۱۰ را نشان می دهد[۵].

۲-۲- آرایه های خورشیدی

روند استفاده از انرژی خورشیدی در طی سالهای اخیر رو به رشد و کاملاً تکاملی بوده است بگونه‌ای که امروزه تکنولوژیهای استفاده از انرژی خورشیدی بسیار پیشرفته و دارای بازده‌های قابل قبول می باشد [۶،۷،۸].

توان سیستمهای خورشیدی به میزان تابش خورشید بستگی دارد. رابطه توان برحسب تابش خورشید به صورت رابطه (۱) می باشد.

$$P=Ax^2+Bx+C \qquad (۱)$$

که

x: تابش خورشید (وات بر متر مربع)

P: توان تولیدی (وات)

A،B و **C** ضرایب ثابت می باشد[۲،۴].

۲-۳-باتری

یکی از عناصر کلاسیک و مرسوم ذخیره سازی انرژی باتریها هستند، که استفاده از آنها با شروع بکارگیری منابع تجدیدپذیر انرژی بیشتر شد.

عملکرد باتریها برای راه‌اندازی و یا مواقع اضطراری می باشد و توان تولیدی آنها **DC** با رنج ولتاژ پایین۶ است که اخیراً بر روی رنج ولتاژمتوسط۷ تحقیقاتی در حال انجام است. مشکل مرتبط با باتریها زمان شارژ مجدد و عمر مفید آنها می باشد. در کل باتریهای مرسوم، به تنهایی قابلیت اطیمنان بالایی ندارند و حداقل هر سال دو بار نیاز به بازدید و هر چهار تا دوازده سال نیاز به تعویض دارند[۶].

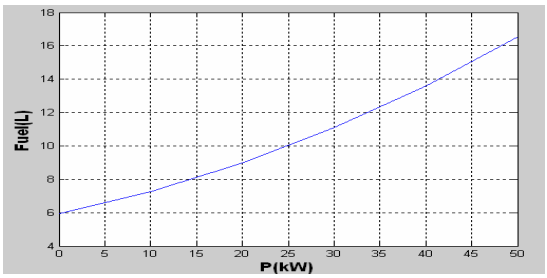
۲-۴-دیزل ژنراتور

سیستم قدرت ترکیبی عموماً دارای یک واحد پشتیبان برای پوشش بار در شرایط حساس و اضطراری۸ می باشد. سیستمهای قدرت ترکیبی عمدتاً برای واحد پشتیبان از دیزل ژنراتور استفاده می کنند[۹].

از مزایای ژنراتور می توان به طراحی و عملکرد بسیار ساده آن اشاره کرد. در ضمن در صورت در دسترس بودن سوخت استفاده از دیزل بسیار اقتصادی بوده و نیز از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار است. دیزل ژنراتورها دارای معایب زیر می باشند:

۱- قابلیت انعطاف پذیری پایین و کمی برای جوابگویی به تغییرات تقاضا دارند.
۲- بازده کل سیستم کم است.
۳- عملکرد آنها باعث تولید آلودگی زیاد می شود.
٤- هزینه و سرمایه اصلی سوخت در برخی از نقاط توجیه اقتصادی ندارد[۱۰].

در سیستمهای قدرت ترکیبی ایزوله و یا دور از شبکه، بهترین واحد پشتیبان دیزل ژنراتور می‌باشد. در اینگونه سیستمها دیزل صرفاً برای جبرانسازی بکار می رود. توان تولیدی دیزل ژنراتور به مقدار سوخت مصرفی بستگی دارد. شکل(۳) منحنی توان بر حسب مقدار سوخت مصرفی در یک دیزل ژنراتور **[kW]**۵۰۰ را نشان می دهد[۲].



شکل(۳)منحنی مصرف سوخت بر حسب توان در دیزل ژنراتور ۵۰۰kW

۶ **Low Voltage**

۷ **Medium Voltage**

۸ **Emergency**

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.۳, No.۲- Fall and Winter ۲۰۰۶
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

۳- آنالیز اقتصادی و مدلسازی تابع هدف[۹]

در این بخش به بررسی روابط اقتصادی و هزینه های حاکم بر منابع توان سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی می پردازیم. هزینه های موجود برای هر یک از منابع به چهار دسته زیر تقسیم می شود:

۱. هزینه سرمایه گذاری[۱۰]
۲. هزینه جایگزینی[۱۱]
۳. هزینه تعمیرات و نگهداری[۱۲]
۴. هزینه سوخت[۱۳]

برای طراحی بهینه سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی باید کل هزینه های سالیانه محاسبه گردد. هزینه های سالیانه بصورت مجموع هزینه سرمایه گذاری سالیانه، هزینه جایگزینی سالیانه، هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه و هزینه سوخت سالیانه(فقط برای دیزل ژنراتور) برای هر یک از منابع تعریف می شود. برای محاسبه هزینه ها با در دست داشتن طول عمر پروژه(**Rproj[yr]**)، روابط زیر تعریف می گردد:

نرخ بهره[۱۴] (**i**)

$$i = \frac{(i' - f)}{(1 + f)} \qquad (۲)$$

که در آن **i'** ، نرخ بهره نامی، **f**، نرخ تورم سالیانه می باشد.

فاکتور برگشت سرمایه[۱۵] با توجه به طول عمر پروژه (**CRF(i,R_{proj})**)

$$CRF(i, R_{proj}) = \frac{i(1+i)^{R_{proj}}}{(1+i)^{R_{proj}} - 1} \qquad (۳)$$

که **Rproj** ، طول عمر پروژه می باشد.

مدت زمان جایگزینی هزینه(Rrep)

$$R_{rep} = R_{comp}.INT(\frac{R_{proj}}{R_{comp}}) \qquad (۵)$$

که **Rcomp**، طول عمر هر یک از منابع می باشد.

باقیمانده طول عمر هر یک از منابع (Rrem)

$$R_{rem} = R_{comp} - (R_{proj} - R_{rep}) \qquad (٦)$$

فاکتور برگشت سرمایه[۱۶] با توجه به مدت زمان جایگزینی ((CRF(i,Rrep))

$$CRF(i, R_{rep}) = \frac{i(1+i)^{R_{rep}}}{(1+i)^{R_{rep}} - 1} \qquad (۷)$$

فاکتور مرتبط با طول عمر(frep)

$$f_{rep} = \begin{cases} \dfrac{CRF(i, R_{proj})}{CRF(i, R_{rep})}; R_{rep} > 0 \\ 0; R_{rep} < 0 \end{cases} \qquad (۸)$$

فاکتور استهلاک سرمایه با توجه به طول عمر منابع((SFF(i,Rcomp))

$$SFF(i, R_{comp}) = \frac{i}{(1+i)^{R_{comp}} - 1} \qquad (۹)$$

اینک به بررسی هزینه های موجود می پردازیم:

هزینه سرمایه گذاری سالیانه(Cacap)

$$C_{acap} = C_{cap}.CRF(i, R_{proj}) \qquad (۱۰)$$

که در آن **Ccap** ، هزینه سرمایه گذاری اولیه مربوط هریک از منابع می باشد.

---

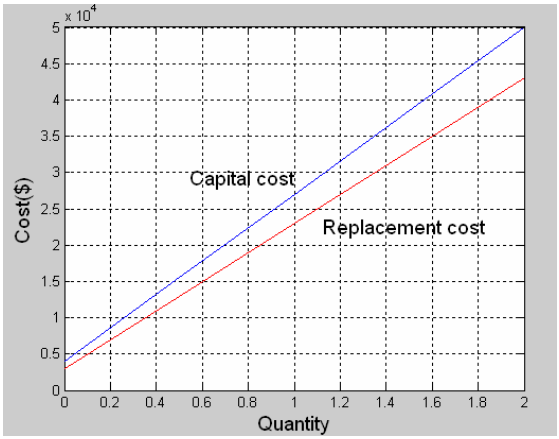
۹ **Objective function**
۱۰ **Capital cost**
۱۱ **Replacement cost**
۱۲ **Operation and maintenance cost**
۱۳ **Fuel cost**
۱۴ **Interest rate**
۱۵ **Capital recovery factor**
۱۶ **Capital recovery factor**

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

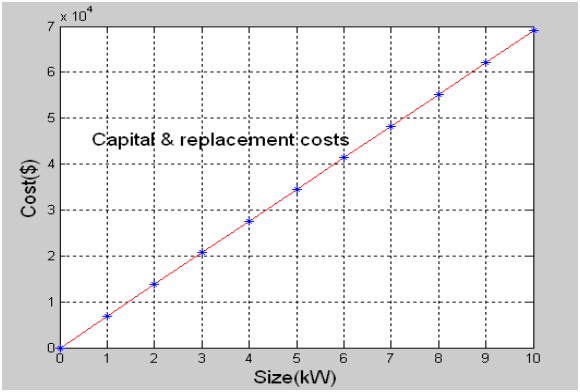
هزینه جایگزینی سالیانه(Carep)

$$C_{arep} = C_{rep}\{f_{rep}.SFF(i,R_{comp}) - (\frac{R_{rem}}{R_{comp}}).SFF(i,R_{proj})\} \quad (۱۱)$$

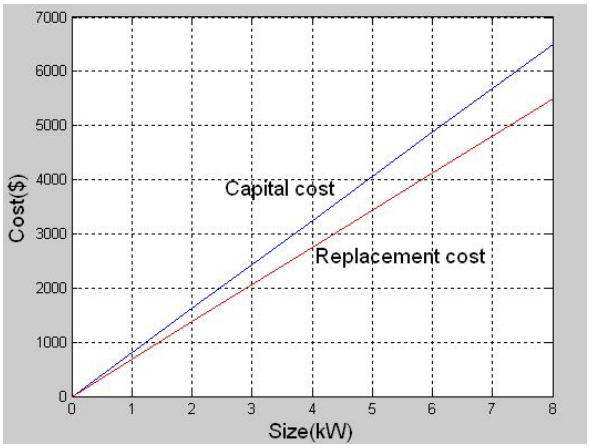
که در آن **Crep**، هزینه جایگزینی هر یک از منابع می باشد[۲،۱۱،۱۲]. در این مقاله از منحنیهای هزینه که در شکلهای (۴)، (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده، برای محاسبه **Crep** و **Ccap** مربوط به هریک از منابع بادی، آرایه های خورشیدی، دیزل ژنراتور و بانک باتری استفاده شده است[۲]. منحنی های هزینه برای منابع بادی و بانک باتری، بر حسب تعداد ماژولها می باشد در حالیکه برای دیزل ژنراتور و آرایه های خورشیدی بر حسب توان لحاظ شده است.



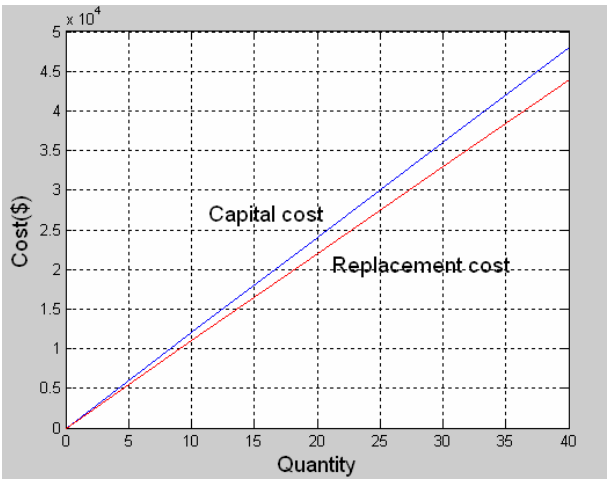
شکل(۴): منحنی هزینه برحسب تعداد ماژول بادی



شکل(۵): منحنی هزینه برحسب توان آرایه خورشیدی



شکل(۶): منحنی هزینه برحسب توان دیزل ژنراتور



شکل(۷): منحنی هزینه برحسب تعداد ماژول بانک باتری

منحنی های هزینه هر یک از مولدها بصورت روابطی خطی، برای جلوگیری از پیچیدگی مسئله بهینه سازی، در نظر گرفته شده است. پس از تعریف هزینه های موجود، اینک به بررسی تابع هدف سیستم که در واقع کمینه سازی کلیه هزینه های موجود می باشد، می پردازیم. تابع هدف بصورت رابطه(۱۲) می باشد.

$$Cost = \sum_{i=1}^{4}(C_{arep_i} + C_{acap_i} + C_{ao\&m_i} + C_{afuel_{dg}}) \quad (۱۲)$$

که **Cao&m** ، هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه بوده و مقدار آن ثابت می باشد. همچنین **Cafueldg** هزینه سوخت مصرفی سالیانه دیزل ژنراتور بوده که براساس منحنی شکل(۳) می توان مقدار سوخت مصرفی را برحسب توان مورد نیاز محاسبه کرد و

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.۳- No.۲- Fall and Winter ۲۰۰۶
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

سپس هزینه سوخت مصرفی با توجه به قیمت واحد سوخت (**$/Lit**) بدست می آید. برای حل مساله بهینه سازی فوق، محدودیتهای ذیل لحاظ شده است:

$$P_{req} = P_{dg} + P_{wind} + P_{pv} + P_{batt} \quad (۱۳)$$

$$P_{base} \le P_{batt} \le P_{req} \quad (۱۴)$$

$$V_{CI} \le V_{wind} \le V_{CO} \quad (۱۵)$$

$$0 \le P_{pv} \le P_{req} \quad (۱۶)$$

$$0 \le P_{dg} \le P_{req} \quad (۱۷)$$

$$0 \le P_{wind} \le P_{req} \quad (۱۸)$$

در روابط (۱۳) تا (۱۸)، **Preq** ، ماکزیمم توان سالیانه که مبنای طراحی سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی جهت بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم می باشد. زیرا در این حالت بایستی تمامی منابع مولد انرژی بتوانند ماکزیمم توان سالیانه را تولید نمایند.

Pbase ، توان پایه که بانک باتری باید توانایی تولید آنرا داشته باشد، که بر حسب نیاز متغیر می باشد.

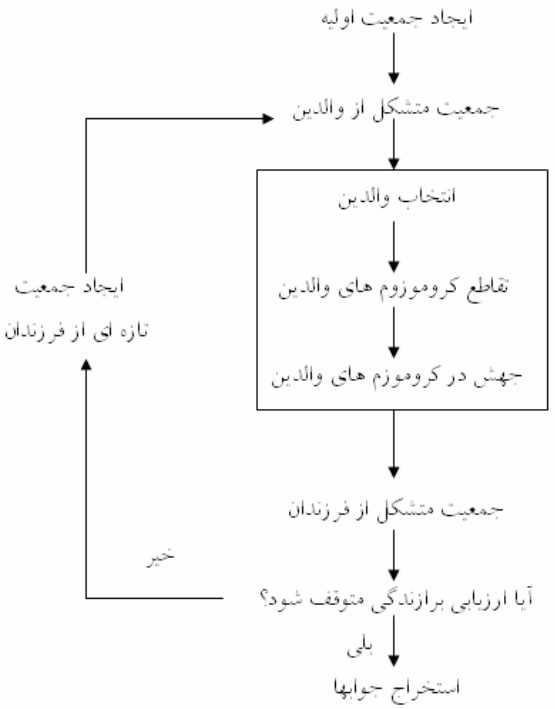
VCI، سرعت قطع پایین توربین بادی، که زیر این سرعت نمی تواند تولید نماید.

VCO، سرعت قطع بالای توربین بادی که اگر سرعت باد بیش از این سرعت باشد، باعث آسیب دیدن توربین بادی می گردد و بنابراین باید تولید توربین بادی متوقف گردد.

باید توجه نمود که سرعت قطع بالا و پایین روتور بادی توسط کارخانه سازنده در اختیار قرار می گیرد.

۴- حل مساله بهینه سازی با استفاده ازالگوریتم ژنتیک

بسیاری از مسائل بهینه سازی در دنیای مهندسی، علی الخصوص سیستم های صنعتی از طبیعت پیچیده ای برخوردار هستند و حل آنها از روشهای معمولی امری دشوار و در پاره ای موارد لاینحل می باشد. اخیراً به الگوریتم ژنتیک به دلیل قابلیت بالای آن به عنوان یک روش بهینه سازی در حل مسائل پیچیده توجه شایانی شده است[۱۳،۱۴]. از الگوریتم ژنتیک در مواردیکه بهینه مطلق مد نظر نباشد و نزدیک شدن به مجموعه نقاط بهینه کافی باشد ، استفاده می گردد[۱۵]. شکل(۸) روند کلی حل یک مساله بهینه سازی با روش الگوریتم ژنتیک را نشان می دهد.



شکل(۸): روند کلی حل مساله بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک

همانور که در شکل (۸) نشان داده شده است، عملگرهای الگوریتم ژنتیک، انتخاب، تقاطع و جهش می باشد. در روش ارائه شده، هر کروموزوم بصورت شکل(۹) انتخاب می شود. در این کروموزوم تعداد ماژولهای توربین بادی، باتری و آرایه های خورشیدی به عنوان متغیرهای طراحی در نظر گرفته شده است.

Nwind	NPV	Nbatt

شکل(۹): کروموزوم روش ارائه شده

با توجه به اینکه روش کد گذاری ارائه شده دودویی بوده، هر یک از مقادیر **Nwind** ، **NPV** و **Nbatt** با توجه به ماکزیمم توان درخواستی به رشته هایی از بیتهای صفر و یک تبدیل می شوند. سپس براساس توان نامی هر یک از ماژولها ، مقادیر توان منابع بادی، بانک باتری و آرایه های خورشیدی بدست می آید. توان دیزل ژنراتور نیز براساس رابطه(۱۹) محاسبه می شود.

$$Pdg=Preq-(Pwind + PPV+Pbatt) \quad (۱۹)$$

در این مقاله عملگر انتخاب براساس روش چرخ رولت۱۷ و براساس میزان برازش هر کروموزم انجام می گردد. برازندگی۱۸

۱۷ **Roulette wheel**

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

هر کرومزوم معکوس مقدار تابع هدف آن می باشد، که بصورت رابطه(۲۰) محاسبه می گردد.

$$Fitness_i = \frac{1}{Cost_i} \qquad (۲۰)$$

از عملگر تقاطع دونقطه ای[۱۹] با احتمال جهش۲۰ برابر با ۰/۲٪ برای هرکرومزوم استفاده شده است. استفاده از عملگر تقاطع دو نقطه ای جهت جلوگیری از انتخاب جوابهای محلی بهینه[۲۱] می باشد.

۵- نتایج شبیه سازی

در این بخش تایج شبیه سازی روش پیشنهادی ارائه می گردد. اطلاعات لازم برای شبیه سازی از پایگاه اینترنتی مرکز تحقیقات بین المللی انرژی های نو[۲۲] استخراج گردیده است[۱۶]. جدول(۱) اطلاعات لازم برای شبیه سازی را نشان می دهد.

جدول (۱): مشخصات منابع تولید توان

نوع منبع	مشخصات	طول عمر
Wind Turbine	۱۰**[kW],DC VCI =۳[m/s],VCO= ۱۵[m/s]**	۱۵**[yrs]**
Photo Voltaic array	۱**[kW],DC**	۲۵**[yrs]**
Diesel Generator	۵۰۰**[kW],AC**	۱۵۰۰۰**[hrs]**
Battery	۱۱۶۵**[Ah],۶V,DC**	۱۲**[yrs]**

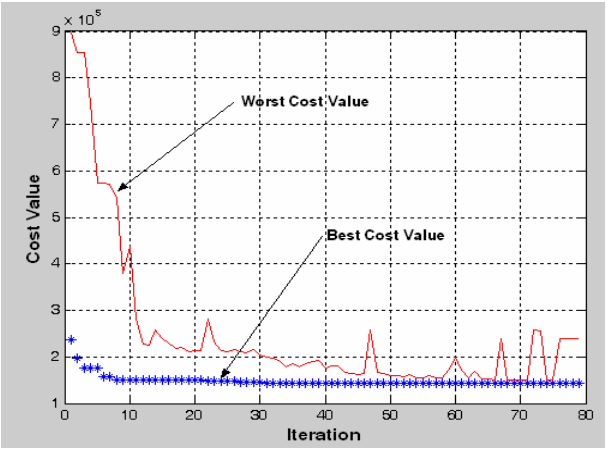
برای شبیه سازی، پیک مصرف توان سالیانه به عنوان معیار برای طراحی و جهت بالابردن قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده است. در اینجا، توان در خواستی **۵۰۰[kW]** و توان پایه **۵۰[kW]** در نظر گرفته شده است. در جدول(۲) نتایج شبیه سازی با نرخ قیمت واحد سوخت **۰,۲[$/Lit]** نشان داده شده است. علاوه بر قیدهای کلی در نظر گرفته شده برای سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی، محدودیتهای زیر نیز لحاظ گردیده است.

۱. دیزل ژنراتور روزانه بیش از ۹ ساعت تولید نداشته باشد.
۲. بانک باتری توانایی ذخیره سازی و تحویل انرژی به مدت ۱۲ ساعت در روز را دارد.
۳. تولید آرایه های خورشیدی از ساعت ۸ صبح تا ۶ بعد از ظهر امکان پذیر است.

جدول(۲): نتایج شبیه سازی با نرخ قیمت واحد سوخت ۰,۲[$/Lit]

هزینه [$]	ظرفیت نهایی دیزل ژنراتور [kW]	ظرفیت بهینه دیزل ژنراتور [kW]	Nwind	Npv	Nbatt
۱۵۲۱۸۰	۵۰۰	۴۵۰	۰	۰	۵۴۴
۱۵۸۷۸۰	۵۰۰	۴۱۰	۱	۰	۵۴۴
۱۹۴۳۸۰	۵۰۰	۱۹۴	۰	۲۵۶	۵۴۴
۲۰۴۸۸۰	۵۰۰	۱۳۰	۳۲	۰	۵۴۴

شکل (۹) هزینه بهینه شده بر حسب تعداد تکرار با نرخ واحد سوخت **۰,۲[$/Lit]** را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، هزینه مبنای محاسبه شده، **۱,۴۳۹۵×۱۰۵[$]** است، که براساس ظرفیت بهینه دیزل ژنراتور می باشد. حال برای حفظ قابلیت اطمینان شبکه، ظرفیت دیزل ژنراتور براساس توان بیشینه درخواستی سالیانه لحاظ می گردد.



شکل(۹): هزینه بهینه شده بر حسب تعداد تکرار با نرخ واحد سوخت ۰,۲[$/Lit]

۱۸ **Fitness**
۱۹ **Two cut-point crossover**
۲۰ **Mutation probability**
۲۱ **Local optimum**
۲۲ **National Renewable Energy Laboratory (NREL)**

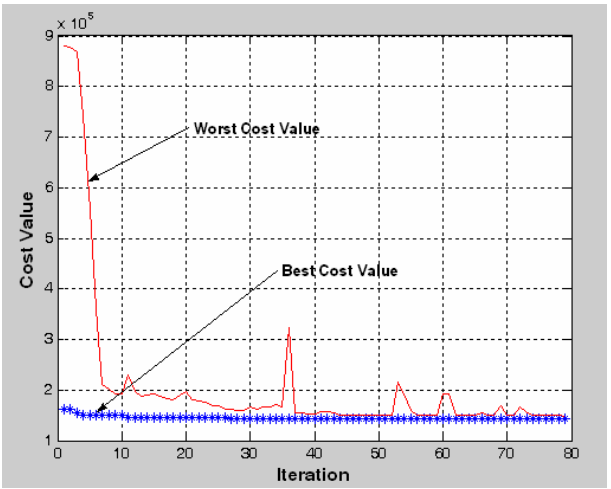
Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers - Vol.۳- No.۲- Fall and Winter ۲۰۰۶
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

اختلاف هزینه سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی براساس ظرفیت بهینه دیزل ژنراتور و ظرفیت نهایی دیزل ژنراتور در جدول(۲) منعکس گردیده است. جدول(۳) نتایج شبیه سازی با نرخ قیمت واحد سوخت **۰٫۵[$/Lit]** نشان داده شده است.

جدول(۳): نتایج شبیه سازی با نرخ قیمت واحد سوخت ۰٫۵[$/Lit]

هزینه [$]	ظرفیت نهایی دیزل ژنراتور [kW]	ظرفیت بهینه دیزل ژنراتور [kW]	Nwind	Npv	Nbatt
۱۵۲۵۰۸	۵۰۰	۴۴۹	۰	۱	۵۴۴
۱۵۸۹۴۹	۵۰۰	۴۱۰	۴	۰	۵۴۴
۱۶۱۷۵۶	۵۰۰	۳۹۳	۴	۱۷	۵۴۴
۱۸۷۱۵۵	۵۰۰	۲۳۹	۲۱	۱	۵۴۴

با مقایسه نتایج شبیه سازی شده جداول(۱) و (۲)، در می یابیم که با افزایش قیمت واحد سوخت، استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر افزایش یافته است. شکل (۱۰) هزینه بهینه شده بر حسب تعداد تکرار با قیمت واحد سوخت **۰٫۵[$/Lit]** را نشان می دهد. هزینه مبنا محاسبه شده، **۱٫۴۴۰۸×۱۰۵[$]** می باشد که با



شکل(۱۰): هزینه بهینه شده بر حسب تعداد تکرار با نرخ واحد سوخت۰٫۵[$/Lit]

افزایش قیمت واحد سوخت، هزینه افزایش یافته است.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله روشی جدید برای طراحی بهینه سیستم قدرت ترکیبی چند منبعی چند منبعی مستقل از شبکه ارائه شده است. کلیه روابط اقتصادی حاکم برسیستم بیان گردیده و بر مبنای آن تابع هزینه با هدف کاهش مصرف سوخت و تقلیل هزینه ها، بهینه گردیده است.

نتایج شبیه سازی ارائه شده گویای این واقعیت می باشد که الگوریتم بهینه سازی پیشنهاد شده توانسته است به میزان قابل توجهی موجب کاهش هزینه ها گردد.

مراجع

[۱] وزارت نیرو-امور انرژی، شورای جهانی انرژی، " منابع انرژی تجدید پذیر نوین" چاپ اول

[۲]Munkund R. Patel, Ph.D., P.E ," Wind and Solar Power Systems" ۱۹۹۹

[۳]Wolfgang Schmitt,"Modeling and Simulation of Photovoltaic hybrid energy systems optimisation of sizing and control" ۲۰۰۲ IEEE

[٤]J.Bhagwan Reddy, D.N.Reddy, "Probabilistic Performance Assessment of a Roof Top Wind, Solar Photovoltaic Hybrid Energy System" ۲۰۰٤ IEEE

[٥] Bergey Windpower, www.bergey.com

[٦]Ahmad Zahedi, SMIEEE, WREN, "Performance Prediction of Photovoltaic Hybrid Power Systems" ۲۰۰۱ IEEE

[۷]Eric W. Smiley, John D. Jones ,"Optimizing Photovoltaic Array Size in a Hybrid Power System" ۲۰۰۰ IEEE

[۸]Ai Bin,Yang Hongxing, Shen Hui, Liao Xianbo, "Computer Aided Design for PV/WIND Hybrid system", ۳rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, May ۱۱-۱۸,۲۰۰۳ Osaka, Japan

[۹]K.E. Yeager, J.R. Willis, "Modeling of Emergency Diesel Generators in an ۸۰۰ Megawatt Nuclear Power Plant" IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. ۸, No. ۳, September ۱۹۹۳

[۱۰]Stanley R. Shilling, "Electrical Transient Stability and Underfrequency Load Shedding Analysis for a Large Pump Station" IEEE Transactions on INDUSTRY APPLICATIONS, Vol. ۳۳, No.۱ , Jan ۱۱۹۷

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]

[۱۱]D. Thirault, Y.Besanger, N. Hadjsaid, "Ecoelectrify A tool to design electric distribution systems for rural areas in developing countries" ۲۰۰۳ IEEE
[۱۲]Chun Che FUNG, Waraporn rattanongphisat, Chem nayar, "A simulation study on the economic aspect of hybrid energy systems for remote islands in Thailand" ۲۰۰۲ IEEE
[۱۳]Goldberg, "GA in search, optimization and machine learning" ۱۹۸۹
[۱٤]Michalewicy, " GA and Data Structure, evaluation Programs" ۱۹۹٦
[۱٥]Gen, "GA and Engineering Design" ۲۰۰۰
[۱٦]National Renewable Energy Laboratory, www.nrel.com

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-19]