

## تعیین اندازه بهینه یک سیستم قدرت هیبرید (ترکیبی) مستقل ، از

## طریق بهینه سازی اجتماع ذرات برای منطقه کهنوج واقع در جنوب

### شرق ایران :

#### چکیده :

در این مقاله یک روش هوشمند جدید ، به مسئله اندازه در یک سیستم قدرت هیبرید اعمال شده است به طوریکه تقاضای مناطق مسکونی برآورده شود. این مطالعه برای منطقه کهنوج در جنوب شرق ایران انجام شده است. قابل ذکر است که بسیاری از مناطق مشابه در سراسر جهان با این وضعیت نوعی وجود دارد که می تواند بسط داده شود. این سیستم از پیل های سوختی ، تعدادی واحد بادی ، تعدادی الکترولایزر ، یک بهساز (reformer) ، یک راکتور بی هوازی و تعدادی مخزن هیدروژن تشکیل شده است. این سیستم در نظر گرفته شده است که مستقل (مستقل از شبکه) باشد و از انرژی زیست توده (بیومس) به عنوان یک منبع انرژی در دسترس استفاده می کند. در این سیستم هیدروژن تولید شده توسط بهساز به طور مستقیم به پیل های سوختی تحویل داده می شود. زمانی که توان تولید شده توسط توربین بادی به علاوه توان تولیدی توسط پیل سوختی (تغذیه شده توسط بهساز) بیشتر از تقاضا است ، باقیمانده به الکترولایزر تحویل داده می شود. در مقابل زمانیکه توان تولیدی توسط توربین بادی به علاوه توان تولیدی توسط پیل سوختی (تغذیه شده توسط بهساز) کمتر از تقاضا است ، تعداد پیل های سوختی بیشتری به کار گرفته می شود و توسط هیدروژن ذخیره شده تغذیه خواهد شد. هدف ما حداقل کردن هزینه های کلی سیستم به شرط برآورده شدن تقاضا ، می باشد. الگوریتم PSO برای تعیین اندازه بهینه اجزا سیستم مورد استفاده قرار گرفته است.

#### ۱- مقدمه :

کاربرد اصلی سیستم قدرت مستقل در مناطق دور افتاده است ، جاییکه نصب خطوط شبکه برق به خاطر شرایط زمین ، مشکلات حق عبور از روی ملک دیگران و یا نگرانی های محیطی ، غیر اقتصادی است. با توجه به بانک جهانی بیش از ۲ میلیارد نفر در روستاها زندگی می کنند که هنوز به شبکه برق متصل نشده اند[1]. این روستاها بزرگترین بازار بالقوه سیستم مستقل هیبرید که از پیل سوختی و باد برای تامین نیازهای انرژی استفاده می کند ، می باشد.

در مطالعات پیشین ، مسئله تعیین اندازه بهینه برای سیستم هیبرید پیل سوختی-بادی در [2] ، و برای سیستم هیبرید پیل سوختی-بادی-خورشیدی در [3] حل شده است. علاوه بر این تعیین اندازه بهینه سیستم هیبرید بادی-خورشیدی-باتری بوسیله الگوریتم ژنتیک انجام شده است [4]. در این مطالعات تعیین اندازه بهینه سیستم قدرت هیبرید با استفاده از الگوریتم ژنتیک [5] و تعیین اندازه بهینه سیستم قدرت هیبرید متصل به شبکه [6] مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. در این مقاله تعیین اندازه بهینه یک سیستم هیبرید بادی-پیل سوختی بررسی شده است. این سیستم برای تولید هیدروژن مورد نیازش از بیومس استفاده می کند.

این بهینه سازی بوسیله الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات PSO انجام شده است. تولید هیدروژن توسط بهساز باعث یک قابلیت اطمینان بالاتر برای سیستم می شود. در این مقاله ما ابتدا سیستم قدرت هیبرید و هزینه سیستم نشان داده شده توسط یک تابع هدف را بررسی می کنیم. سپس الگوریتم PSO را بررسی می کنیم . و در نهایت برخی از نتایج شبیه سازی ارائه شده است. این مطالعه برای ناحیه کهنوج در جنوب شرقی ایران انجام شده است. روستای مورد نظر دارای یک جمعیت ۲۰۰۰ نفری می باشد. برای تولید هیدروژن از زباله استفاده شده است. این روستا از شبکه برق فاصله زیادی دارد.

## ۲ – تشریح اجزا سیستم هیبرید :

### ۱-۲ : توربین بادی :

انرژی خروجی یک توربین از منحنی سرعت-قدرت توربین قابل محاسبه است. چنین منحنی در شکل (۱) نشان داده شده است [4]. توان توربین بادی بر حسب سرعت باد در مرجع [7] شرح داده شده است.

$$\begin{cases} 0 & V < V_{\text{cut-in}}, V > V_{\text{cut-off}} \\ P_{\text{wg-max}} \times ((V - V_{\text{cut-in}}) / (V_{\text{rated}} - V_{\text{cut-in}}))^3 & V_{\text{cut-in}} \leq V < V_{\text{rated}} \\ P_{\text{wg-max}} \times \frac{P_{\text{furl}} - P_{\text{rated}}}{V_{\text{cut-off}} - V_{\text{rated}}} \times (V - V_{\text{rated}}) & V_{\text{rated}} \leq V \leq V_{\text{cut-off}} \end{cases} \quad (1)$$

که در آن  $V_{\text{cut-in}}$  سرعت باد شکافته (m/s) و  $V_{\text{cut-off}}$  سرعت باد قطع (m/s) ،  $V$  سرعت باد ،  $V_{\text{rated}}$  سرعت باد نامی (m/s) و  $P_{\text{wg-max}}$  ماکزیمم توان توربین بادی (kw) و  $V_{\text{furl}}$  توان توربین بادی در سرعت باد قطع (kw) می باشد. در این تحلیل ها BWC Excel – R/48 توان باد برگی مورد استفاده قرار گرفته است. ظرفیت نامی آن ۷/۵ کیلو وات است و ولتاژ خروجی آن 48 V DC می باشد. هزینه یک واحد \$K 19.4 در نظر گرفته شده است در حالیکه هزینه

تعویض و تعمیر و نگهداری به ترتیب 15\$K و 75\$K در نظر گرفته شده است. طول عمر یک توربین ۲۰ سال در نظر گرفته شده است. [7]

## ۲-۲- پیل سوختی :

غشا تبادل پروتون [PEM] پیل سوختی یک ژنراتور برق سازگار با محیط زیست تمیز می باشد که برای تولید برق سوخت هیدروژن را با اکسیژن ترکیب می کند. بازده پیل سوختی به عنوان ورودی به برنامه داده شده است. مقدار گرمای احتراق معادل در شرایط استاندارد برابر ۳/۴ کیلووات ساعت بر مترمکعب و چگالی آن در حدود ۰/۰۹ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. بنابراین مقدار انرژی بدست آمده توسط هیدروژن برابر است با :

$$\frac{3.4(\text{kwh/m}^3)}{0.09(\text{kg/m}^3)} = 37.8(\text{kwh/kg}) \quad (2)$$

### Nomenclature

$P_{wg\_conv}$	Power delivered from wind turbines to converter (kw)
$P_{wg\_el}$	Power delivered from wind turbines to electrolyzer (kw)
$P_{el\_tank}$	Power delivered from electrolyzer to hydrogen tank (kw)
$P_{tank\_fc}$	Power delivered from hydrogen tank to fuel cell (kw)
$P_{fc\_conv}$	Power delivered from fuel cell to converter (kw)
$P_{conv\_load}$	Power delivered from converter to load(kw)
$P_{ref\_fc}$	Power delivered from reformer to fuel cell (kw)
$P_{comp\_tank}$	Power delivered from compressor to hydrogen tank(kw)
$P_{wt}$	Power generated by wind turbines(kw)
$P_{load}$	Load power(kw)
$E_{tank}$	Stored energy in the hydrogen tank(kwh)
$\eta_{fc}, \eta_{el}, \eta_{conv}$	Efficiency of fuel cell, electrolyzer, converter
$NPC_{index}$	Net present cost (the index shows the corresponding component)
$K$	Single-payment present worth factor
$R$	Lifetime of project (year)
$L$	Lifetime of each components (year)
$Ir$	Interest rate
$F_{opt}$	Optimal cost (\$)
$N_{index}$	Optimal number (the index shows the corresponding component)

بنا براین :

$$\begin{aligned} & \text{Electricity produced by the fuel cell (kwh)} \\ & = \text{consumed hydrogen(kg)} \times \eta_{fc} \times 37.8 \end{aligned}$$

که  $\eta_{fc}$  راندمان ( بازده) پیل سوختی می باشد.

هزینه سرمایه ، هزینه تعویض (جایگزینی) و هزینه عملکرد به ترتیب برای یک سیستم ۱ کیلو وات 3\$K ، 2.5 \$K ، 0.02 \$/h در نظر گرفته شده است. طول عمر پیل سوختی و بازده به ترتیب ۵ سال و ۵۰٪ در نظر گرفته شده است [7]. در این تجزیه و تحلیل ها پیل سوختی بالارد در نظر گرفته شده است [8].

### ۲-۳: الکترولایزر :

الکترولایزر برای تجزیه کردن آب به اجزا تشکیل دهنده اش است که در درجه اول برای برآورده کردن نیازهای مواد شیمیایی صنعتی می باشد. با در نظر گرفتن بازده ۹۰٪ برای الکترولایزر ، مقدار انرژی استفاده شده برای تولید ۱ کیلوگرم هیدروژن به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} & \text{Energy consumed by the electrolyzer} \\ & = \left( \frac{3.4(\text{kwh/m}^3)}{0.09(\text{kg/m}^3)/90} \right) \times 100 = 41.97 \text{ kwh/kg} \end{aligned} \quad (3)$$

وزن هیدروژن تولید شده بر ساعت ، توسط تقسیم مقدار انرژی عبوری از توربین بادی بر 41.97 محاسبه می شود.

$$\text{Hydrogen produced (kg)} = \frac{1 \times P_{wg\_el}(\text{kwh})}{41.97(\text{kwh/kg})} \quad (4)$$

در این تجزیه و تحلیل الکترولایزر آوالنس در نظر گرفته شده است [9]. در این تجزیه و تحلیل ، یک سیستم ۱ کیلو وات با هزینه سرمایه 2\$K و هزینه تعویض 1.5\$K و هزینه تعمیر و نگهداری 20 \$/year و راندمان ۹۰٪ در نظر گرفته شده است. [7]

### ۲-۴: راکتور بی هوازی :

راکتور بی هوازی یک فرایند طبیعی است که در غیاب اکسیژن صورت می پذیرد. راکتور بی هوازی هضم دو مرحله ای موثر از زیست توده مرطوب را ارائه می دهد. شکل (۲) این فرایند را نشان می دهد. زباله های شهری به طور روزانه جمع آوری می شود و برای تولید متان به راکتور بی هوازی اعمال (تغذیه) می شود.

## ۲-۵: بهساز (Reformer) :

هیدروژن می تواند با استفاده از بخار دما بالا از متان تولید شود. این فرایند، تبدیل بخار متان نامیده می شود [25]. در این مطالعه ، بهساز ماهر در نظر گرفته شده است [11].

فرض شده است که مناطق مسکونی یک جمعیت ۲۰۰۰ نفری دارد و هر نفر به طور روزانه ۶۰۰ گرم زباله تولید می کند. علاوه بر این ، هیدروژن تولید شده توسط زباله ۵۰ کیلوگرم است که معادل ۱۸۹۰ کیلووات ساعت می باشد.

در این مطالعه ، راکتور بی هوازی و بهساز به عنوان یک سیستم در نظر گرفته شده است به طوریکه زباله ورودی سیستم و هیدروژن خروجی سیستم می باشد. رابطه بین وزن زباله و وزن هیدروژن منتهی به صورت زیر می باشد.

$$H_2(\text{kg}) = 0.0454(\text{waste}(\text{kg})) \quad (5)$$

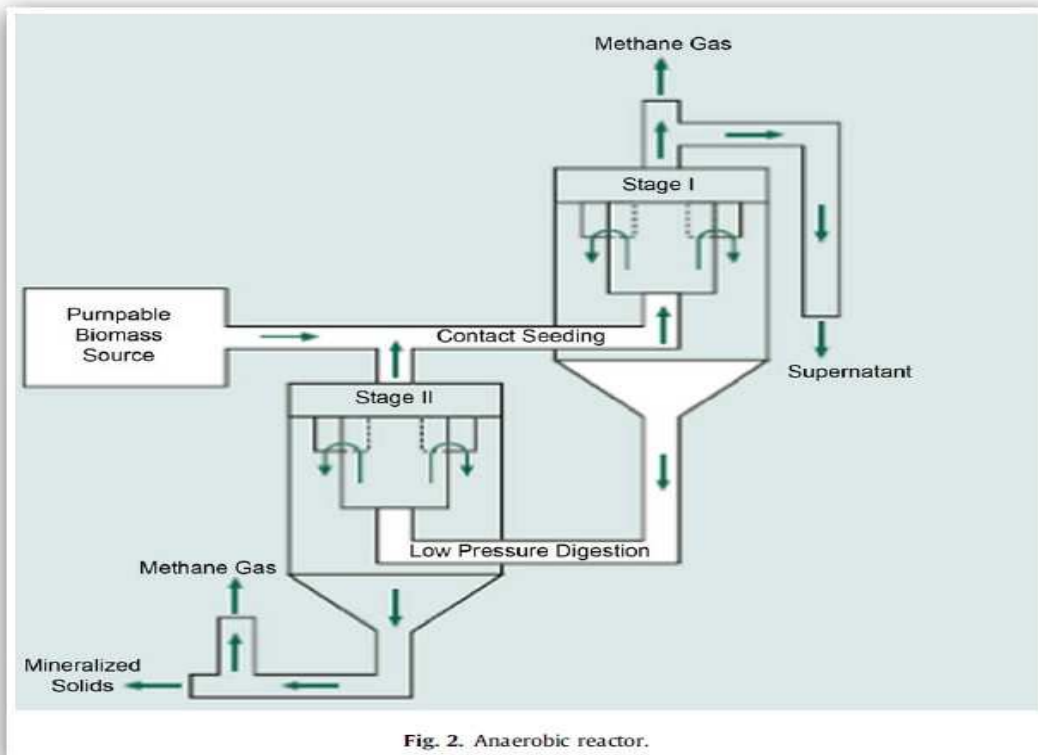


Fig. 2. Anaerobic reactor.

هزینه های سرمایه ، تعویض ، عملکرد و تعمیر و نگهداری برای ۱ کیلوگرم هیدروژن به ترتیب برابر  $1.3 \$K$  ،  $1.45 \$K$  و  $100 \$$  می باشد. طول عمر بهساز و راکتور بی هوازی ۲۰ سال می باشد

## ۲-۶: مخزن هیدروژن :

عمدتا سه روش مختلف با مشخصه های متغیر برای ذخیره سازی هیدروژن وجود دارد : هیدریدهای فلزی ( هیدرید= ترکیب شیمیایی شامل هیدروژن) ، میعان و فشرده سازی فشار بالا. [12]

در این مطالعه ، بسته به اندازه کاربرد از  $CH_2$  استفاده می کنیم.

هزینه یک مخزن با ۱ کیلوگرم ظرفیت ،  $1.3 \$K$  در نظر گرفته شده است. هزینه های تعویض و عملکرد به ترتیب 1.2  $\$K$  و  $15 \$/year$  در نظر گرفته شده است. طول عمر یک واحد ۲۰ سال در نظر گرفته شده است. [7]

## ۲-۷: مبدل توان :

مدار الکترونیکی که برای تبدیل DC به AC مورد استفاده قرار گرفته است اینورتر نامیده می شود. ورودی DC اینورتر می تواند از یکی از منابع زیر فراهم گردد.

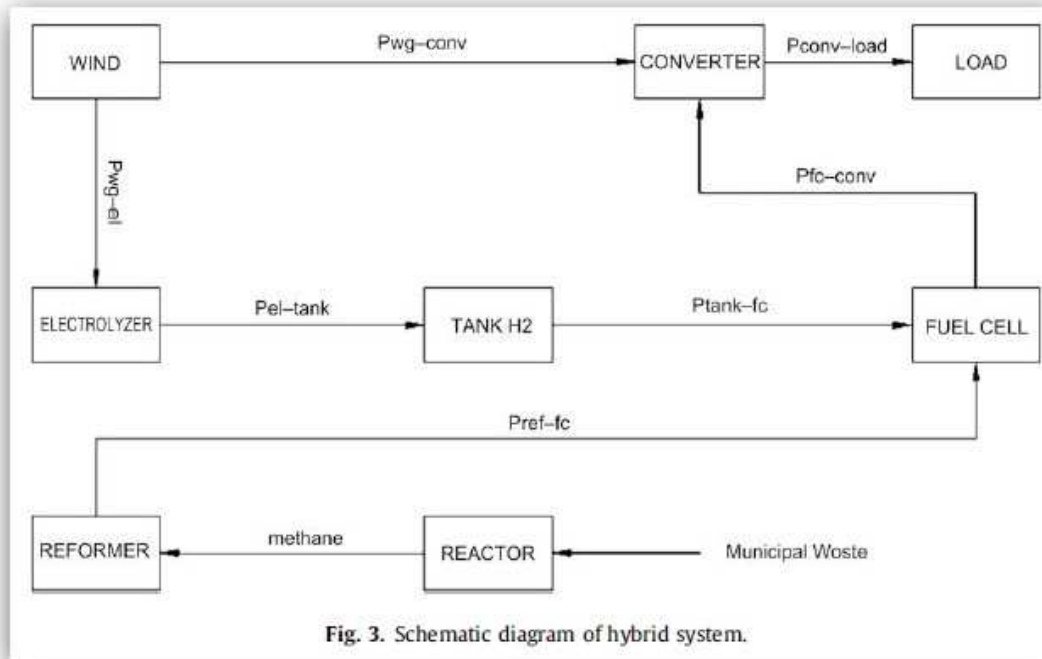
۱- خروجی DC سیستم قدرت بادی سرعت متغیر

۲- خروجی DC سیستم قدرت پیل سوختی

برای یک سیستم ۱ کیلو وات هزینه های جایگزینی و نصب به ترتیب  $750 \$$  و  $800 \$$  در نظر گرفته شده است. طول عمر یک واحد ۱۵ سال با راندمان ۹۰٪ در نظر گرفته شده است. [7]

## ۲-۸: تشریح سیستم هیبرید :

سیستم هیبرید از تعدادی توربین بادی ، پیل سوختی ، الکترولایزر ، مخازن هیدروژن ، یک راکتور بی هوازی و یک بهساز تشکیل شده است.



مطلوب این است که سیستم تقاضا را برآورده کند ، هزینه ها حداقل گردد و اجزا ، اندازه بهینه ای داشته باشند.

ما سه وضعیت را برای سیستم بررسی می کنیم:

الف) تولید ، تقاضا را برآورده کند.

ب) اضافه تولید.

ج) اضافه تقاضا [13]

۲-۸-۱: تولید ، تقاضا را برآورده کند

پیکربندی سیستم شکل (۳) در این وضعیت ، توان تولیدی توسط پیل سوختی ( که ناشی از هیدروژن تولید شده توسط بهساز است) به علاوه توان تولیدی توسط توربین های بادی برابر تقاضا می باشد.

$$(P_{wt} + \eta_{fc} \times P_{ref\_fc}) = (\bar{P}_{load} / \eta_{conv})$$

از اینرو :

$$\begin{aligned}
 P_{wg\_conv} &= P_{wt} \\
 P_{wg\_el} &= 0 \\
 P_{fc\_conv} &= \eta_{fc} \times P_{ref\_fc} \\
 P_{el\_tank} &= 0 \\
 P_{tank\_fc} &= 0 \\
 E_{tank(i)} &= E_{tank(i-1)}
 \end{aligned} \tag{6}$$

قابل توجه که در این مقاله گام های زمانی ۱ ساعته در نظر گرفته شده است.

۲-۸-۲: اضافه تولید :

توان تولیدی پیل سوختی ( هیدروژن توسط بهساز تولید شده است) به علاوه توان توربین های بادی از تقاضا بیشتر است [14].

$$\begin{aligned}
 P_{wt} + (\eta_{fc} \times P_{ref\_fc}) &> (P_{load}/\eta_{conv}) \\
 P_{wg\_conv} &= (P_{load}/\eta_{conv}) - (\eta_{fc} \times P_{ref\_fc}) \\
 P_{wg\_el} &= P_{wt} - P_{wg\_conv} \\
 P_{el\_tank} &= \eta_{el} \times P_{wg\_el} \\
 P_{tank\_fc} &= 0 \\
 P_{fc\_conv} &= \eta_{fc} \times P_{ref\_fc} \\
 E_{tank(i)} &= E_{tank(i-1)} + P_{el\_tank(i)}
 \end{aligned} \tag{7}$$

۳-۸-۲: اضافه تقاضا :

تقاضا بیشتر از توان تولیدی توسط پیل سوختی به علاوه توان تولیدی توربین های بادی می باشد.

$$(P_{wt} + \eta_{fc} \times P_{ref\_fc}) < (P_{load}/\eta_{conv}).$$

بنابراین پیل سوختی توسط مخزن هیدروژن تغذیه می شود.

$$\begin{aligned}
 P_{wg\_conv} &= P_{wt} \\
 P_{wg\_el} &= 0 \\
 P_{el\_tank} &= 0 \\
 P_{fc\_conv} &= (P_{load}/\eta_{conv}) - P_{wg\_conv} \\
 P_{tank\_fc} &= (P_{fc\_conv}/\eta_{fc}) - P_{ref\_fc} \\
 E_{tank(i)} &= E_{tank(i-1)} - P_{tank\_fc(i)}
 \end{aligned} \tag{8}$$



زباله به طور روزانه راکتور بی هوازی را تغذیه می کند . راکتور یک حجم ثابتی متان در هر ساعت تولید می کند. متان توسط بهساز به هیدروژن تبدیل می شود ، حجم هیدروژن تولید شده توسط زباله تولید شده تعیین می شود و اندازه راکتور بی هوازی و بهساز ثابت می باشد.

## ۹-۲: هزینه سیستم :

راه های زیادی برای محاسبه کارایی اقتصادی تولید توزیع شده و پروژه های بهره وری انرژی وجود دارد. هزینه های سرمایه و جایگزینی ، هزینه های عملکرد و تعمیر و نگهداری باید به روش هایی ترکیب شود، به طوریکه ممکن است یک مقایسه با هزینه های عدم انجام پروژه انجام شود . در این پروژه به هزینه سوخت نیازی نداریم زیرا از سوخت استفاده نمی کنیم.

ما هزینه جاری خالص (NPC) را برای محاسبه هزینه سیستم انتخاب می کنیم.

## ۱-۹-۲: هزینه جاری خالص :

هزینه جاری خالص (NPC) هر جز به صورت زیر تعریف می شود.

$$NPC = N \times \left( \text{capital cost} + \text{replacement cost} \times K + \text{operation maintenance cost} \times \frac{1}{CRF(ir, R)} \right)$$

$$CRF(ir, R) = \frac{ir(1 + ir)^R}{(1 + ir)^R - 1} \quad (10)$$

$$K = \sum_{n=1}^Y \frac{1}{(1 + ir)^{L \times n}} \quad (11)$$

$$Y = \left[ \frac{R}{L} \right] - 1 \text{ if } R \text{ is dividable to } L \quad (12)$$

$$Y = \left[ \frac{R}{L} \right] \text{ if } R \text{ is not dividable to } L \quad (13)$$

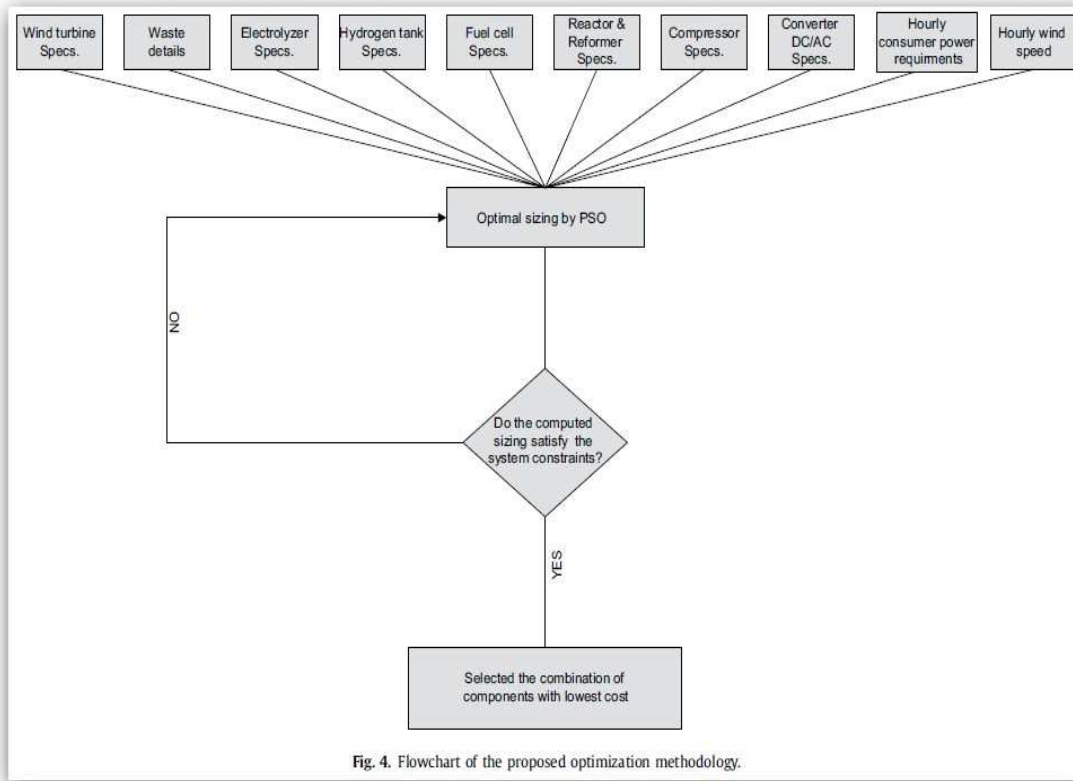


Fig. 4. Flowchart of the proposed optimization methodology.

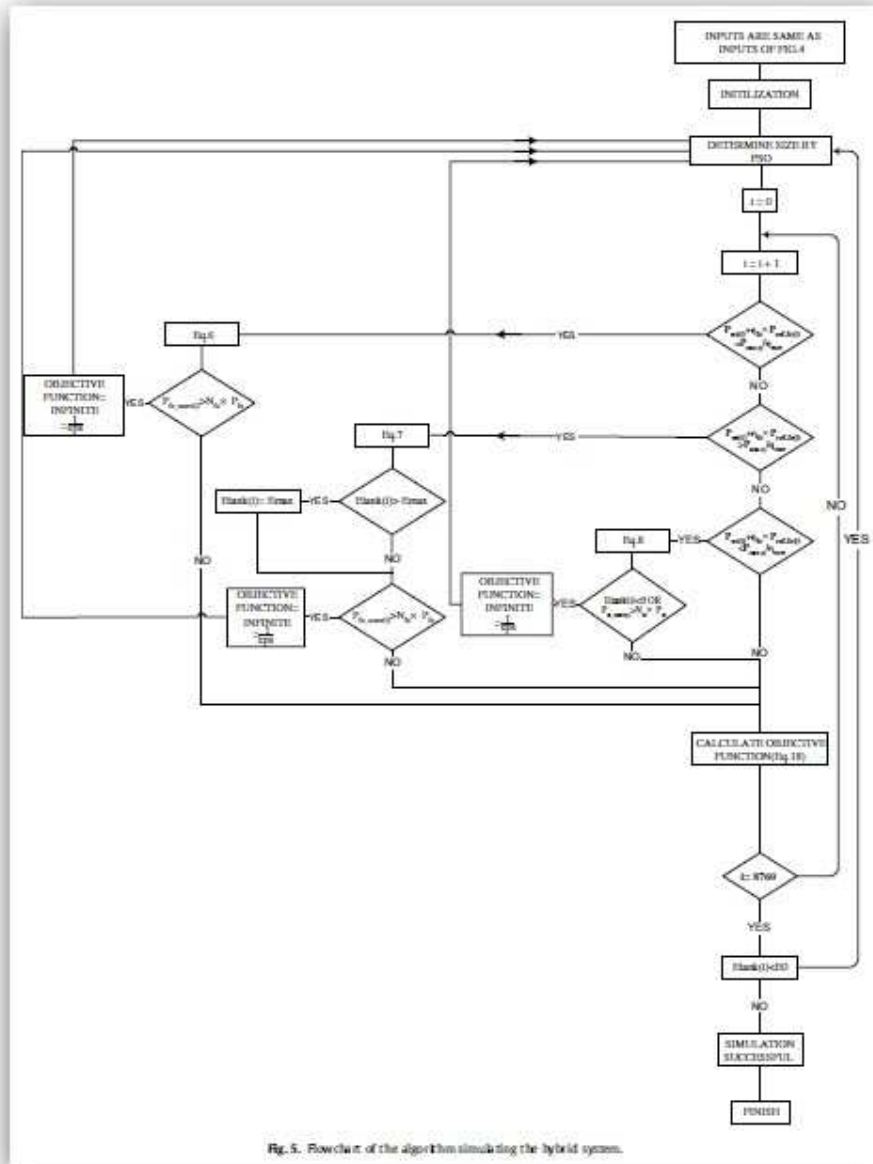


Fig. 5. Flowchart of the algorithm simulating the hybrid system.

۲-۹-۲: تابع هدف :

تابع هدف ، مجموع تمام هزینه های جاری خالص می باشد.

$$NPC = NPC_{wg} + NPC_{el} + NPC_{tank} + NPC_{fc} + NPC_{refreactor} + NPC_{conv} \quad (14)$$

تابع هدف باید کمینه گردد. چنین کمینه سازی در این مقاله توسط الگوریتم PSO انجام می شود.

## ۲-۱۰: بهینه سازی اجتماع ذرات :

بهینه سازی اجتماع ذرات در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و ابرهات معرفی شد. اگر چه چندین تصحیح بر روی الگوریتم اصلی به منظور بهبود عملکردش انجام شد [11-21] و با انواع خاص مسئله ها سازگار شد [22-24] ، یک ورژن موازی پیش از این پیاده سازی و اجرا نشده است.

در زیر به معرفی مختصری از عملکرد الگوریتم PSO پرداخته شده است. در نظر بگیرید اجتماع ذرات P با موقعیت هر ذره نشان دهنده یک نقطه حل ممکن در فضای مسئله طراحی D می باشد. برای هر ذره i کندی و ابرهات پیشنهاد دادند که موقعیتش  $X^i$  به روش زیر بروز گردد.

$$X_{k+1}^i = X_k^i + V_{k+1}^i \quad (15)$$

به همراه یک شبه سرعت  $V_{k+1}^i$  که به صورت زیر محاسبه می شود.

$$V_{k+1}^i = w_k V_k^i + c_1 r_1 (P_k^i - X_k^i) + c_2 r_2 (P_k^g - X_k^i) \quad (16)$$

در اینجا زیر نویس K نشان دهنده یک افزایش شبه زمانی ( زمان کاذب) ،  $P_k^i$  نشان دهنده بهترین موقعیت ذره i در زمان k و  $P_k^g$  نشان دهنده بهترین موقعیت سراسری در اجتماع در زمان k می باشد.  $r_1$  و  $r_2$  ، اعداد تصادفی یکنواخت بین ۰ و ۱ را نشان می دهند . برای اجازه دادن به اینکه ضریب  $r_1 c_1$  یا  $r_2 c_2$  یک متوسط ۱ داشته باشد ، کندی و ابرهات پیشنهاد دادند که پارامترهای مقیاس شناختی و اجتماعی  $c_1$  و  $c_2$  به صورت  $c_1 = c_2 = 2$  انتخاب گردد. نتیجه استفاده از این مقادیر پیشنهادی این است که ذرات در نیمی از زمان از هدف خارج شده اند ، بنابراین حفظ می کند جدایی و تفکیک را در گروه و اجازه می دهد برای یک منطقه بزرگتر جست و جو انجام شود تا اینکه از حد خارج شدن اتفاق نیفتد. ذرات قدرت خود را در تعاونی شان می کشند و موثرترین هستند زمانیکه شناختی ( $c_1$ ) و اجتماعی ( $c_2$ ) با هم در یک تعادل خوبی هستند ، یعنی  $c_1 \approx c_2$ . اگر  $c_1 \gg c_2$  هر ذره بیشتر به بهترین موقعیت شخصی اش جذب می شود که باعث می شود ذرات باعجله قبل از موعد مقرر به سمت بهینه حرکت کند. برای یک مسائل یک نمایی ، با فضای جست و جوی هموار ، یک جزئی اجتماعی بزرگتری موثر خواهد بود در حالیکه فضاهای جست و جوی چند نمایی ناهموار ممکن است از پیدا کردن یک جز شناختی بزرگتر با صرفه تر باشد.

ما فرض کردیم  $c_1 = c_2 = 2$  ،  $W = 0.7$  و اندازه جامعه  $P = 60$  و تعداد تکرارهای الگوریتم  $g = 500$  باشد.

الگوریتم PSO سریعتر و ساده تر از دیگر الگوریتم ها یعنی الگوریتم ژنتیک یا الگوریتم مورچگان در مقایسه با تصادفی بودن دیگر روش ها می باشد.

### ۳- روش بهینه سازی :

ورودی های روش بهینه سازی هزینه های سرمایه ، هزینه های جایگزینی ، هزینه های عملکرد و تعمیر و نگهداری تمام اجزا ، راندمان و طول عمر اجزا و طول عمر پروژه ، خصوصیات تمام اجزا و داده های جمعیت مناطق و زباله تولید شده می باشد. در این مطالعه ، اندازه های توربین های بادی ، پیل های سوختی ، الکترولایزر و مخزن هیدروژن بهینه شده اند. با این حال مقادیر متغیرهای ذکر شده در زیر ثابت می باشد.

سرعت باد شکافته ( $V_{cut-in}$ ) ، سرعت باد قطع ( $V_{cut-off}$ ) ، سرعت باد نامی ( $V_{rated}$ ) راندمان ، طول عمر اجزا و طول عمر پروژه ، نرخ بهره ، زباله تولید شده ، هیدروژن تولید شده ، از زباله و اندازه های بهساز ، راکتور بی هوازی و کمپرسور.

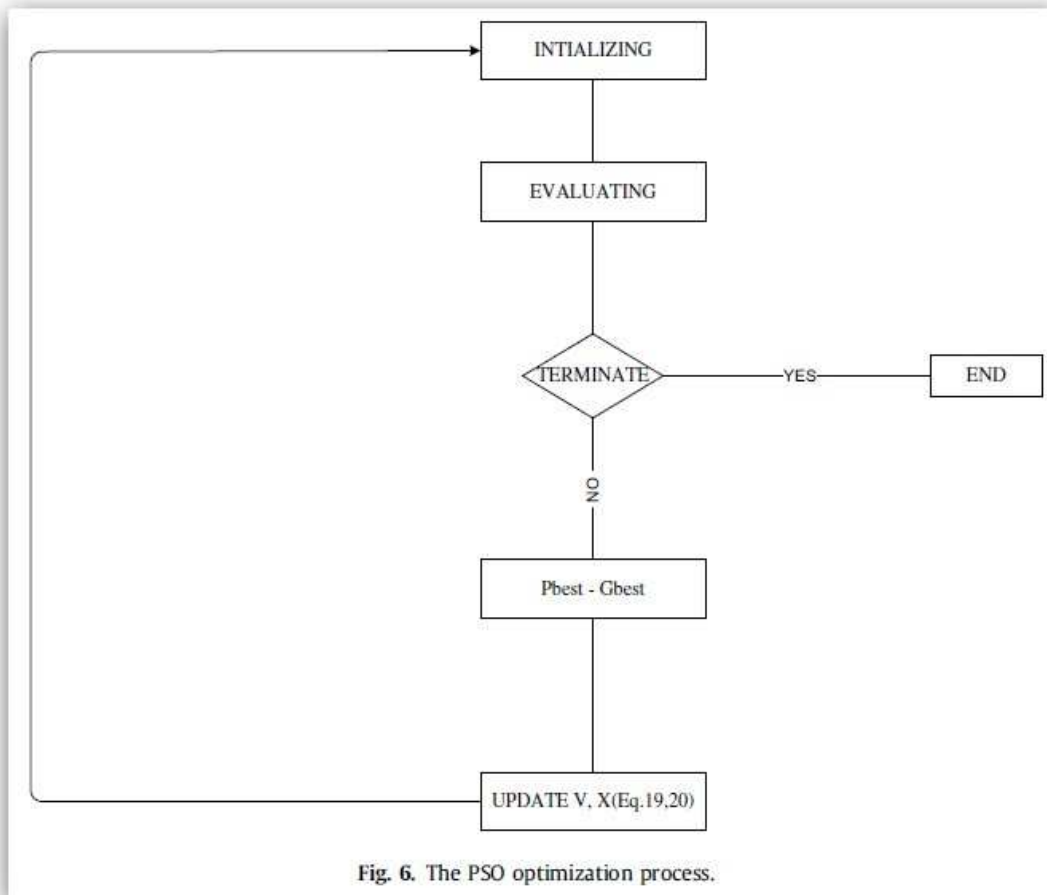


Fig. 6. The PSO optimization process.

برای سادگی ، متوسط هفتگی اطلاعات ورودی در شبیه سازی را در نظر گرفته ایم. داده ها ، سرعت باد و تقاضا در هر یک از ساعات روز می باشد. بنابراین یک متوسط اطلاعات ورودی در هر ساعت در طول یک هفته محاسبه شده است. در یک سال ما ۱۲۴۸ (24 × 52) داده در مورد سرعت باد و تقاضا داریم. الگوریتم PSO با دو بردار تصادفی  $X_0$  و  $X_1$  که موقعیت های اولیه ذرات هستند ، مقدار دهی اولیه شده است. این روش برای تمام ذرات انجام شده است ( که در این مطالعه تعدادشان ۶۰ عدد می باشد). اینجا  $X_0$  و  $X_1$  اندازه های سیستم هستند یعنی متغیر های تابع هدف. آنها باید قیود مسئله را ارضا کنند ، در غیر این صورت آنها دوباره انتخاب خواهند شد تا زمانیکه قیود مسئله را ارضا کنند. حالا ، تابع هدف را در  $X_0$  و  $X_1$  محاسبه می کنیم و یکی از آنها که به تابع هدف کوچکتری منجر می شود را به عنوان بهترین موقعیت ذره و بهترین موقعیت گروه انتخاب می کنیم. موقعیت بعدی و سرعت ذره مطابق معادلات (۱۵) و (۱۶) تعیین می گردد.

در هر تکرار ، بهترین موقعیت ذره و بهترین موقعیت گروه تا آن تکرار به صورت زیر محاسبه می شود. در هر تکرار ، تابع هدف برای هر ذره تعیین می شود و با مقادیر قبل مقایسه می شود . بنابراین بهترین موقعیت هر ذره ارزیابی می شود و بهترین موقعیت گروه توسط مقایسه بهترین موقعیت های ذرات تعیین می شود. توسط معادلات (۱۵) و (۱۶) سرعت و موقعیت بعدی محاسبه می شود و در نهایت بهترین موقعیت گروه جواب حل مسئله می باشد.

این روش علاوه بر هزینه های سیستم ، به عملکرد سیستم نیز بستگی دارد. این بدان معنی است که اگر اندازه های بدست آمده قیود را ارضا نکنند به عنوان اندازه های بهینه انتخاب نمی شوند. برخی از قیود باید به خوبی ارضا گردند. زمانیکه توان تولید شده توسط توربین های بادی کمتر از تقاضا است ، قیود به صورت زیر می باشد

توان پیل سوختی به صورت زیر می باشد.

$$P_{fc\_conv} = (P_{load}/\eta_{conv}) - P_{wg\_conv}$$

اگر توان بدست آمده بیشتر از اندازه بهینه باشد .

$$(P_{fc\_conv} > (N_{fc} \times P_{fc})).$$

در این مطالعه ، پیل سوختی نمی تواند توان مورد نیاز را فراهم کند .

انرژی مخزن هیدروژن در این مطالعه برابر است با :

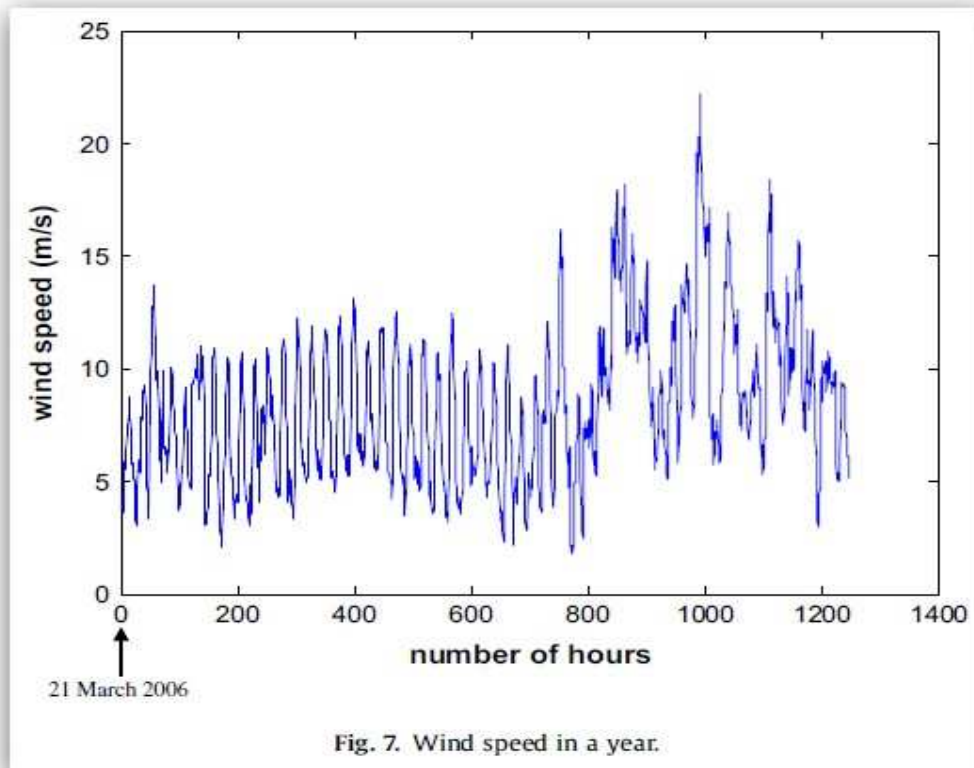
$$E_{tank(i)} = E_{tank(i-1)} + P_{comp\_tank(i)} - P_{tank\_fc(i)}$$

اگر انرژی مخزن بدست آمده توسط معادله بالا کمتر از صفر باشد ، بدین معنی است که انرژی هیدروژن مخزن برای برآورده کردن تقاضا کافی نیست و اندازه های بدست آمده قابل قبول نیستند. زمانی که قیود برآورده (ارضای) نمی شوند تابع هدف برابر  $1/\epsilon$  می شود که  $\epsilon \ll 1$  می باشد.

شکلهای (۴) تا (۶) به ترتیب ، فلوجارت سیستم ، شبیه سازی سیستم و فلوجارت الگوریتم PSO را نشان می دهند.

### ۳-۱: نتایج شبیه سازی :

توان نامی برای هریک از توربین های بادی  $7/5$  کیلووات است ، در حالیکه برای هر الکتروایزر و پیل سوختی  $1$  کیلووات می باشد. اندازه هر مخزن هیدروژن  $1$  کیلوگرم و طول عمر پروژه  $20$  سال می باشد. در این مطالعه ، داده های بار سالانه و سرعت باد متعلق به منطقه کهنوج واقع در قسمت جنوب شرقی ایران در نظر گرفته شده است. سرعت باد در شکل (۷) نشان داده شده است.

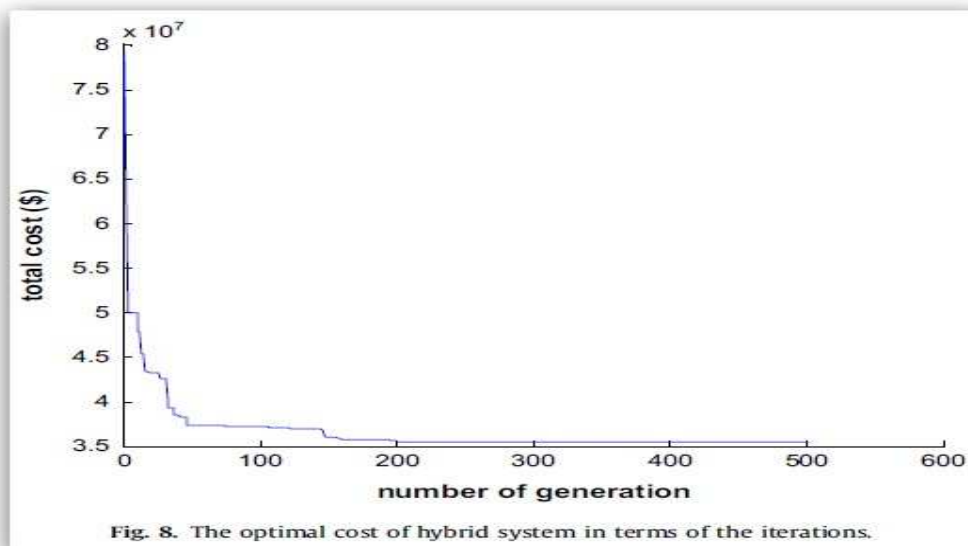


توان توربین بادی می تواند توسط معادله (۱) از داده های سرعت باد بدست آید. در حقیقت توان خروجی توربین بادی ثابت نیست و به سرعت باد بستگی دارد. اندازه بهینه توربین های بادی ، الکتروایزر ، مخزن هیدروژن و پیل سوختی به

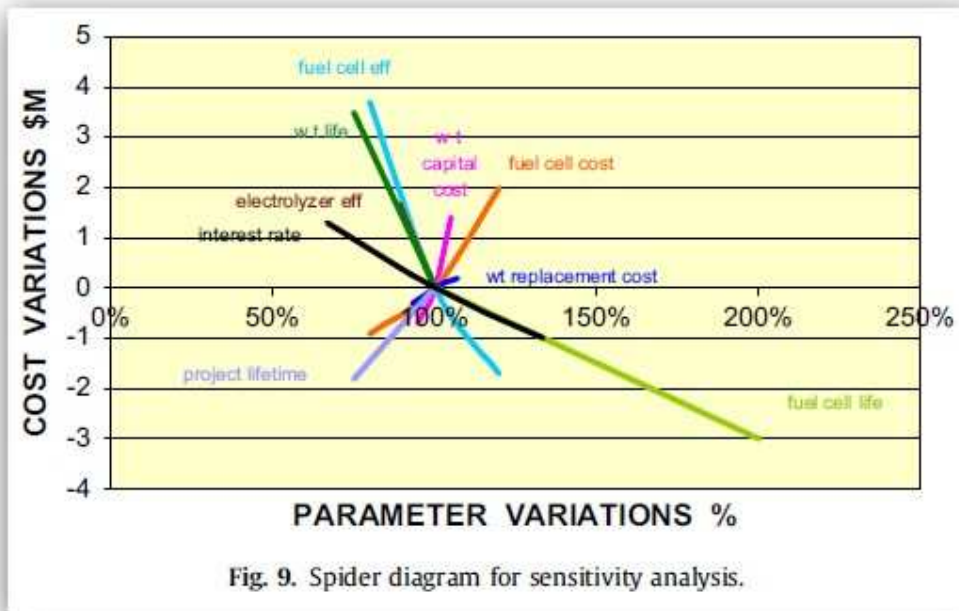
ترتیب برابر ۶۸۷ و ۲۵۰۴ و ۲۸۱۰ و ۱۲۲۲ و هزینه بهینه برابر 35.5 \$M می باشد. شکل (۸) هزینه های سیستم بر حسب تکرارها را نشان می دهد.

اندازه های راکتور ، بهساز و کمپرسور ثابت هستند و به ترتیب برابر  $750 \text{ kg/day}$  و  $31.2 \text{ kg H}_2/\text{day}$

و 50 KW می باشند. نتایج سناریوهای مختلف در شکل (۹) نشان داده شده است . همانطور که قابل مشاهده است (شکل ۹) ، افزایش نرخ بهره باعث کاهش هزینه های سیستم می شود که معقول به نظر می رسد. در واقع ، با در نظرگیری معادله (۱۰) در می یابیم که افزایش نرخ بهره به یک کاهش در هزینه های جاری پرداخت های سالانه یکنواخت ، منجر خواهد شد. علاوه بر این مطابق معادله (۱۱) ، یک افزایش در نرخ بهره باعث می شود که ارزش جاری پرداخت منفرد ، کاهش یابد. در نتیجه ما انتظار داریم که یک افزایش در نرخ بهره منجر شود به یک کاهش در آن قسمت هایی از هزینه های سیستم که شامل پرداخت سالانه و دوره ای می باشد (نظیر هزینه های تعمیر و نگهداری و هزینه های جایگزینی اجزا سیستم) و از اینرو هزینه های جاری خالص کل سیستم کاهش می یابد. این به هیچ چیز نمی ارزد که افزایش نرخ بهره بیشتر به تعویق افتادن سرمایه گذاری ها را توجیه و تصدیق کند. این مطابق واقعیت است ، هرچه نرخ بهره بیشتر افزایش یابد ، توجیه پذیری اقتصادی بیشتری برای سرمایه گزار برای کاهش پول سرمایه گذاری شده و به تعویق انداختن پرداختهای آینده فراهم خواهد شد.







مطابق شکل (۹)، افزایش راندمان پیل سوختی و الکترولیزر باعث می شود که هزینه های سیستم کاهش یابد. علاوه بر این، حساسیت هزینه ها نسبت به راندمان پیل سوختی و الکترولیزر تقریباً برابر است (شیب ها تقریباً برابرند).

یک نکته دیگر که در شکل (۹) قابل رویت است، این است که یک افزایش در هزینه های توربین بادی و پیل سوختی، باعث می شود که هزینه های سیستم افزایش یابد، اما حساسیت هزینه های سیستم نسبت به افزایش هزینه های توربین بادی بیشتر هستند. نرخ میزان تغییرات در مقدار هزینه های سیستم نسبت به تغییرات در هزینه های توربین بادی بیشتر است. از آنجاییکه تعداد توربین های بادی بیشتر است افزایش در هزینه های آن، اثرات قابل مشاهده تری در هزینه های سیستم دارد.

همانگونه که قابل مشاهده است، اگر طول عمر توربین بادی و پیل سوختی کاهش یابد، هزینه های سیستم افزایش می یابد. به هر حال، به خاطر تعداد بیشتر توربین های بادی، حساسیت هزینه های سیستم نسبت به طول عمر توربین بادی بیشتر می باشد. (شیب متناظر بیشتر است). علاوه بر این کاهش طول عمر پروژه، هزینه های سیستم را به طور قابل توجهی کاهش می دهد، زیرا هیچ نیازی برای تعویض توربین های بادی وجود ندارد.

در میان متغیرهای در نظر گرفته شده حساسیت هزینه های سیستم نسبت به هزینه های سرمایه توربین های بادی بالاتر است ، زیرا تعداد آنها بیشتر است و هزینه های آنها مشارکت بیشتری در هزینه های سیستم دارد.

#### ۴- نتیجه گیری :

در این مقاله ، تعیین اندازه بهینه و استراتژی عملکرد سیستم هیبرید بررسی شده است . این سیستم تشکیل شده است از توربینهای بادی ، پیل های سوختی ، یک الکترولایزر ، مخازن هیدروژن ، یک راکتور ، یک بهساز و مبدل های DC به AC . این سیستم هیبرید که در این مطالعه استفاده شده است قابلیت اطمینان بالایی دارد زیرا ، پیل های سوختی به عنوان پشتیبان توربین های بادی در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر مخزن هیدروژن توسط الکترولایزر و بهساز تغذیه می شود ، که باعث افزایش قابلیت اطمینان در فراهم کردن تقاضای بار می شود. مشکل اصلی منبع انرژی تجدیدپذیر وابستگی شان به شرایط محیطی می باشد. بنابراین آنها نمی توانند تقاضا را به طور کامل پوشش دهند. ورود اجزا ذخیره سازی به طور قابل توجهی این مشکل را حل می کند. در این مطالعه ذخیره سازی هیدروژن برای پوشش دادن به تقاضا به طور مطلوب مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم هیبرید بادی پیل-سوختی به دلایل زیر برای کهنوج مناسب می باشد.

۱- سرعت باد مناسب در طول سال

۲- یک مقدار عظیمی از زباله های کشاورزی در دسترس می باشد

۳- هزینه های بالای انتقال سوخت و آلودگی