نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED)

J. Energy Conversion

Volume: 12, Issue:3, 2025: 39-52

دوره ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴، ص: ۵۲-۳۹

بهینه‌سازی مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی در چهار اقلیم از استرالیا و ایران و تأمین آن با استفاده از یک سیستم خورشیدی تولید چندگانه

بهداد بارانی، علیرضا باهری، احسان‌اله عصاره*

گروه مهندسی مکانیک، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

دریافت: ۱۴۰۴/۴/۱۳، بازنگری: ۱۴۰۴/۶/۲۶، پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۲۰

چکیده

در این پژوهش، یک سیستم تولید چندگانه انرژی مبتنی بر انرژی خورشیدی برای برآوردن انرژی مصرفی یک ساختمان مسکونی در چهار شهر مختلف از کشور ایران و استرالیا پیشنهاد شد. بهینه‌سازی سیستم با روش سطح پاسخ و نرم‌افزار مینی‌تب انجام شد. برای بهینه‌سازی ۶ متغیر تصمیم‌گیری شامل دمای منبع ذخیره گرم، دمای منبع ذخیره سرد، بازده پمپ، بازده توربین، فشار ورودی به توربین و تعداد هلیوستات انتخاب شد که نتایج بهینه‌سازی سیستم نشان داد که سیستم در بهینه‌ترین حالت خود می‌تواند به بازده اگزرژی رفت و برگشتی ۱۹/۴ درصد و نرخ هزینه سیستم ۱۶۹/۹ دلار بر ساعت برسد. عملکرد سیستم در چهار شهر سیدنی، ملبورن، اهواز و اصفهان بررسی شد. هدف اصلی این پژوهش رسیدن به تعریف ساختمان انرژی صفر توسط تأمین انرژی مصرفی ساختمان مسکونی با یک سیستم تولید چندگانه مبتنی بر انرژی خورشیدی است. جهت فرآیند شبیه‌سازی ساختمان و استخراج میزان انرژی مصرفی موردنیاز ساختمان مسکونی در شهرهای مطالعاتی از یک ابزار بهینه‌سازی BEopt استفاده شد. مقایسه نتایج محاسبه انرژی مصرفی ساختمان و تولیدات سیستم در چهار شهر مطالعاتی نشان داد که سیستم پیشنهادی به‌راحتی می‌تواند انرژی مصرفی موردنیاز ساختمان‌های مسکونی در شهرهای مطالعاتی را در طول سال تأمین کند.

* **عهده‌دار مکاتبات:** assareh@iaud.ac.ir

کلمات کلیدی: انرژی خورشیدی، سیستم تولید چندگانه، بهینه‌سازی چندهدفه، روش سطح پاسخ، ساختمان مسکونی

نحوه استناد به این مقاله بهداد بارانی، علیرضا باهری، احسان‌اله عصاره. بهینه‌سازی مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی در چهار اقلیم از استرالیا و ایران و تأمین آن با استفاده از یک سیستم خورشیدی تولید چندگانه. **مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۴; ۱۲ (۳) : ۵۲-۳۹.**

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

۱- مقدمه

ساختمان انرژی صفر ساختمان‌هایی هستند که تأمین انرژی آن‌ها از طریق سوخت فسیلی صورت نمی‌گیرد و تولید و انتشار آلاینده‌های کربنی در آن‌ها صفر است [۱]. امروزه تأمین انرژی ساختمان یک اولویت اصلی برای محققان محسوب می‌شود که سیستم‌های تولید چندگانه گزینه مناسبی برای تأمین انرژی مصرفی ساختمان‌ها است. ساختمان انرژی صفر ساختمان‌هایی است که تأمین انرژی آن‌ها از طریق سوخت فسیلی صورت نمی‌گیرد. تولید آلاینده‌های کربنی در آن‌ها صفر است. این ساختمان‌ها در حقیقت جز ساختمان‌های مدرن محسوب می‌شوند [۲].

سلطانی و همکاران در سال ۲۰۲۳، به بررسی سیستم تبدیل به گاز زیست‌توده با چرخه CO_2 فوق بحرانی برای سوخت هیدروژن و تولید برق پرداختند. استفاده از زباله‌های جامد شهری، چوب و کاغذ به‌عنوان سوخت سیستم در نظر گرفته شد. گاز تولید شده، انرژی موردنیاز برای راه‌اندازی یک ماژول توربین گازی را تأمین می‌کند [۳]. رزمی و همکاران در سال ۲۰۲۱، به بررسی سیستم ذخیره انرژی با هوای فشرده دو نیروگاه بادی در کشور ایران با قدرت اسمی کل ۱۶۲/۵ مگاوات پرداختند. نتایج نشان داد که سرعت باد در ماه جولای در هر دو سایت ابهر و کهک بیش‌تر از ماه‌های دیگر است؛ بنابراین حدود ۹۳، ۷۴ و ۶۰ مگاوات توان ذخیره شده در CAES طی ۵ ساعت اوج تقاضا در ماه‌های جولای، اوت و سپتامبر با بازده رفت‌وبرگشت ۵۲، ۴۷ و ۴۳ درصد به شبکه اضافه شده است [۴]. اوزترک و دینسر در سال ۲۰۲۲، به بررسی سیستم ترکیبی تولید هیدروژن و ترکیب آن با گاز طبیعی پرداختند. نتایج نشان داد که با افزودن ۲۰ درصد هیدروژن حجمی، مصرف گاز ترکیبی سالانه از ۴۶/۵۵ میلیارد مترمکعب به ۵۴/۱۱ میلیارد مترمکعب افزایش می‌یابد، درحالی‌که مصرف گاز طبیعی از ۴۶/۵۵ میلیارد مترمکعب به ۴۳/۲۹ میلیارد مترمکعب کاهش می‌یابد [۵]. مشرواتی و همکاران در سال ۲۰۲۲، به بررسی گازی‌سازی زیست‌توده برای تولید برق و آب شیرین پرداختند. اجزای اصلی این نیروگاه شامل یک گازساز، یک کمپرسور، یک مبدل حرارتی، یک توربین گاز، یک محفظه احتراق و یک واحد نمک‌زدایی چند اثر با فشرده‌سازی بخار حرارتی است [۶]. خان‌محمدی و همکاران در سال ۲۰۲۳، به بررسی سیستم چند تولید چندگانه انرژی مبتنی بر انرژی پرداختند. هلیوستات بالاترین نرخ تخریب اگزرژی را با ۱۸۶۷ کیلووات داشت. واحدهای پمپ و هلیوستات با مقادیر ۵۲/۰۹ درصد و ۶۵/۳۹ درصد کم‌ترین راندمان اگزرژی را داشتند. نتایج نشان داد که افزایش نسبت فشار کمپرسور از ۲ به ۶ باعث کاهش نرخ جریان آب شیرین و COP می‌شود. به‌طور مشابه، افزایش فشار خروجی از ۷۰ به ۸۰ بار باعث کاهش راندمان اگزرژی و تولید آب شیرین شد [۷]. دینگ و همکاران در سال ۲۰۲۳، به ارزیابی سیستم انرژی چند تولید چندگانه پرداختند. در این پژوهش یک سیستم جدید متشکل از سیکل کالینا، سیکل ارگانیک رانکین، سیکل تبرید، الکترولایزر ارزیابی شد. سیستم پیشنهادی می‌تواند به ترتیب ۸۰/۱ کیلووات و ۱۹۳۰ گرم در ساعت برق و سوخت هیدروژن تولید کند [۸]. اکار و همکاران در سال ۲۰۲۳، به بررسی سیستم انرژی هیدروژن خورشیدی برای تأمین انرژی موردنیاز سوخت کار کردند. این سیستم از پنل های فتوولتائیک، الکترولیز غشای تبادل پروتون، مخزن ذخیره‌سازی و واحد پیل سوختی تشکیل شد. نتایج نشان داد که اندازه هر جزء در یک سیستم انرژی هیبرید هیدروژن خورشیدی از نظر توان به‌اندازه هر یک از اجزای دیگر برای برآوردن نیاز بازده کل سیستم بستگی دارد [۹]. عصاره و همکاران در سال ۲۰۲۳، به مطالعه گذرا بر روی یک سیستم انرژی ترکیبی گاز با کمک انرژی خورشیدی برای تولید چند انرژی و در شرایط آب و هوایی دو منطقه گرم و سرد شامل دبی و تورنتو کار کردند [۱۰]. عصاره و همکاران در سال ۲۰۲۳، بر روی پیکربندی بهینه‌شده جدید برای یک سیستم جدید شامل چیلر جذبی، پنل خورشیدی والکترولایزر تولید هیدروژن با استفاده از روش سطح پاسخ کار کردند [۱۱]. عصاره و همکاران در سال ۲۰۲۳، به تجزیه و تحلیل جدید برای یک سیستم تولید هم‌زمان مبتنی بر انرژی خورشیدی متمرکز با ذخیره انرژی نمک مذاب و مولد بخار بازیابی حرارت و بررسی عملکرد سیستم در ایالات متحده آمریکا، فرانسه، کانادا پرداختند [۱۲]. عصاره و همکاران در سال ۲۰۲۳، بر روی ترکیبی جدید از سیستم های تولید چندگانه کار کردند و به بررسی بهینه‌سازی یک سیستم سرمایش، گرمایش و قدرت سه نسل با گرمای اتلاف دمای پایین از دیدگاه انرژی، اگزرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی پرداختند [۱۳].

لیو و همکاران در سال ۲۰۲۲، به استفاده از انرژی زیست‌توده و ترکیب با یک سیستم جدید مبتنی بر سیکل برایتون اصلاح شده

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

برای تولید برق و آب شیرین پرداختند. در این پژوهش از یک سیکل برایتون که جریان خروجی آن توسط بیوگاز تأمین می‌شود و از حرارت خروجی توربین گازی برای تأمین انرژی مورد نیاز واحد نمک‌زدایی چند اثره و واحد گرمایش استفاده می‌شود [۱۴].

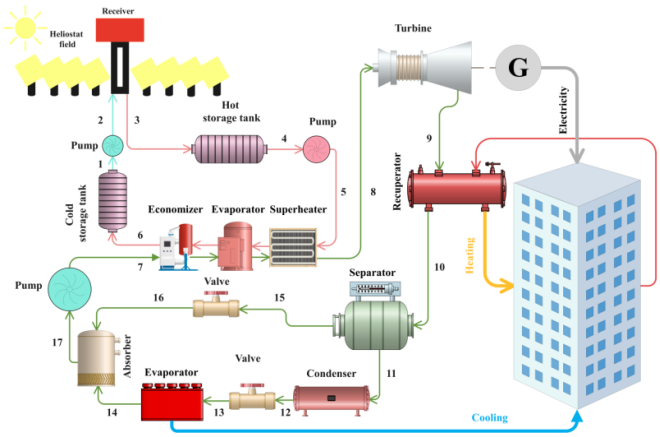
ندائی و همکاران در سال ۲۰۲۲، به بررسی یک سیستم تولید چندگانه مبتنی بر جذب انرژی خورشیدی و استفاده از سیکل برایتون اصلاح شده و واحدهای تولید سرمایش، هیدروژن و آب شیرین تشکیل شد. سیستم قادر به تولید ۸,۳۲ مگاوات، ۳,۱۶ کیلوگرم بر ثانیه آب شیرین، ۸,۳۷ مگاوات سرمایش و ۰,۲۲ کیلوگرم در ساعت هیدروژن در شرایط بهینه است [۱۵].

در این مطالعه به بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان مسکونی تأمین انرژی آن با سیستم تولید چندگانه انرژی متشکل از سیکل رانکین بخار اصلاح‌شده پرداخته شده است. هدف این پژوهش کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و در عین حال افزایش عملکرد سیستم است. یک ساختمان مسکونی ۱۶ واحدی و هر واحد ۹۰ مترمربع ۴ طبقه و با زیربنای در چهار شهر مطالعاتی سیدنی، ملبورن، اهواز و اصفهان در دو کشور ایران و استرالیا شبیه‌سازی می‌شود و با استفاده از BEopt به بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان مسکونی پرداخته می‌شود و سپس سیستم طراحی شده جهت محاسبه انرژی مصرفی موردنیاز ساختمان مسکونی در چهار شهر مطالعاتی آنالیز می‌شود.

۲- تحلیل سیستم

۲-۱- شرح سیستم

در شکل (۱) سیستم پیشنهادی بر مبنای انرژی خورشیدی نشان داده شده است. سیستم تجدیدپذیر تولید چندگانه پیشنهادی شامل واحد خورشیدی و طرحی جدید از سیکل رانکین بخار اصلاح‌شده است. سیستم تجدیدپذیر مورد بررسی در این پژوهش از زیرسیستم‌های هلیوستات یا متمرکزکننده خورشیدی، سیکل رانکین بخار و ذخیره‌ساز با سیال نمک مذاب تشکیل شده است. محصول این سیستم تولید برق پاک، سرمایش و گرمایش است. در این سیستم با بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی و حضور هلیوستات به‌عنوان جذب‌کننده تابش خورشیدی، اقدام به تولید انرژی می‌شود. این سیستم خورشیدی، دارای یک سیستم رسیور است که حرارت خورشید را به هلیوستات منتقل می‌کند و هوای گرم به توربین داده می‌شود و سپس فرآیند تولید برق انجام می‌شود. بخار اشباع با کیفیت یک، از اواپراتور خارج می‌شود وارد سوپرهیتر شده بعد از فرآیند و به توربین سیکل رانکین بخار رفته و تولید برق انجام می‌شود. سپس در نقطه ۹ سیال با فشار و دمای کم‌تر وارد ریکاپراتور یا پیش‌گرم‌کن می‌شود و از حرارت خروجی ریکاپراتور به محیط به‌عنوان انرژی مصرفی گرمایشی جهت تأمین انرژی گرمایشی ساختمان‌های مسکونی استفاده می‌شود. سپس در نقطه ۱۳ وارد اواپراتور می‌شود و از حرارت خروجی اواپراتور برای تأمین انرژی مصرفی سرمایشی ساختمان‌های مسکونی استفاده می‌شود و بعد از عملیات سردشدن در نقطه ۱۴ سیال سرد شده به جریان سیکل باز می‌گردد و در ادامه در نقطه ۱۷ وارد پمپ شده و این سیکل دوباره تکرار می‌گردد.



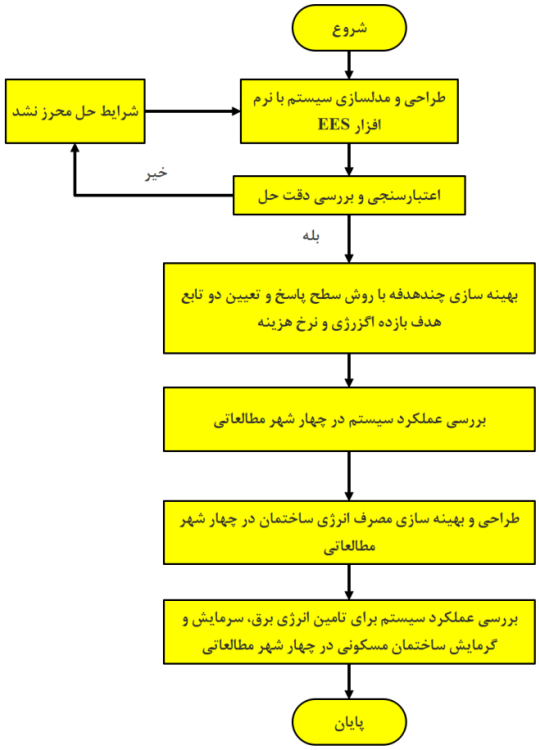
شکل ۱- شماتیک سیستم

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

۲-۲- روش تحقیق

نمایی از روش حل پژوهش در قالب یک فلوچارت روش‌شناسی در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل ۲- روش‌شناسی مدل‌سازی سیستم

۳-۲- آنالیز ترمودنامیکی و اقتصادی

برای تحلیل ترمودینامیکی سیستم کار حاضر، موازنه جرم و انرژی برای هر حجم کنترل ایجاد می‌شود. مفروضات زیر جهت ساده‌سازی حل مسئله می‌شود:

- شرایط حالت پایدار
- توربین‌ها و پمپ‌ها ایزنتروپ هستند
- خروجی کندانسور و اواپراتور ها مایع اشباع شده است [۱۶].
- تغییرات در انرژی جنبشی و پتانسیل ناچیز است [۱۷].

در جدول (۱) داده‌های ورودی جهت آنالیز سیستم تجدیدپذیر آورده شده است.

جدول ۱- مقدار داده‌های ورودی

داده	مقدار	داده	مقدار
T_0	25°C	v	5m/s
P_0	101.3 kPa	$T_{Hot\ tank}$	500°C
N_{hel}	250 (-)	$T_{Cold\ tank}$	300°C
DNI	850 W/m^2	P_8	32 kPa
T_{sun}	6000°C	T_{17}	40°C

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

جهت بالانس انرژی سیستم مورد بررسی در پژوهش حاضر از روابط جدول (۲) استفاده می‌شود.

جدول ۲- بالانس انرژی سیستم

اجزاء سیستم	رابطه
توربین بخار	$\dot{W}_{\text{Steam turbine}} = \dot{m}_8 \times (h_8 - h_9)$
پمپ بخار	$\dot{W}_{\text{Pump}} = \dot{m}_{17} \times (h_{17} - h_7)$
اواپراتور	$Q_{Evaporator} = \dot{m}_{14} \times (h_{14} - h_{13})$
کندانسور	$Q_{Cond} = \dot{m}_{11} \times (h_{12} - h_{11})$
سوپرهیتر	$Q_{ST} = \dot{m}_5 \times (h_5 - h_6)$
اکونومایزر	$Q_{ECO} = \dot{m}_7 \times (h_7 - h_8)$
ابزروبر	$Q_{ABS} = \dot{m}_{14+16} \times (h_{17} - h_{14} + h_{16})$

کار خالص کل سیستم از رابطه (۱) به‌دست می‌آید:

$$\dot{W}_{\text{net}} = \dot{W}_{Tur} - \dot{W}_{pump} \quad (۱)$$

جهت محاسبه بازده اگزرژی رفت و برگشتی ERTE سیستم از رابطه (۲) استفاده می‌شود:

$$\text{ERTE} = \frac{(\dot{W}_{\text{net}} + Ex_{cooling} + Ex_{Heating}) * T_{\text{discharge}}}{\dot{E}_{Sun}} * 100 \quad (۲)$$

در جدول (۳) روابط مربوط به هزینه هر جزء و روابط کمکی موردنظر آورده شده است:

جدول ۳- بالانس هزینه

اجزاء سیستم	رابطه
رسیور	$Z_{rce} = A_{\cdot} \times (79 \times T - 42000) \times Z_{\text{dot}}$
هلیوستات	$Z_{hel} = 150 \times A \times N_{hel} \times Z_{dot}$
توربین	$Z_{\text{Turbine}} = 4750 \times ((\dot{W}_{\text{turbine}}^{\ 0.75}) + 60 \times (\dot{W}_{\text{turbine}}^{\ 0.95})) \times Z_{\text{dot}}$
پمپ	$Z_{\text{Pump}} = 3500 \times (\dot{W}_{\text{Pump}}^{\ 0.41}) \times Z_{\text{dot}}$
کندانسور	$Z_{Cond} = 150 \times (A_{\text{Cond}} \wedge 0.8) \times Z_{\text{dot}}$
اواپراتور	$Z_{\text{Evap}} = 276 \times (A_{\text{Evap}}^{\ 0.88}) \times Z_{\text{dot}}$
منبع ذخیره سرد	$Z_{\text{Cold_Tank}} = 5941.7 \times ((V_{\text{Cold_Tank}}^{\ -0.289}) \times Z_{\text{dot}}$
منبع ذخیره گرم	$Z_{\text{Hot_Tank}} = 5941.7 \times ((V_{\text{Hot_Tank}}^{\ -0.272}) \times Z_{\text{dot}}$
سوپرهیتر	$Z_{ST} = 276 \times (A_{\text{ST}}^{\ 0.88}) \times Z_{\text{dot}}$
اکونومایزر	$Z_{\text{ECO}} = 276 \times (A_{\text{ECO}}^{\ 0.88}) \times Z_{\text{dot}}$
کندانسور	$Z_{cond} = 1173 \times m_{11} \times \dot{Z}_{Total}$
ریکاپراتور	$Z_{\text{Re}c} = 12000 \times (A_{\text{Re}c} / 100)^{0.6} \times Z_{\text{discharge}}$

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

۳- نتایج

۳-۱- اعتبارسنجی

سیستم پیشنهادی یک چارچوب جدید تولید برق است. برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، شبیه‌سازی چرخه رانکین با پژوهش امیری راد و همکاران [۲۰] انجام شد و همان‌طور که نتایج جدول (۴) نشان می دهد، مدل‌سازی مطابقت خوبی داشته است.

جدول ۴- اعتبارسنجی

	Heat source temperature (^{0} C)	Turbine inlet pressure (bar)	Mass flow rate (kg/s)	Turbine power (kW)	Net power (kW)	Total energy efficiency (%)
[۲۰]	300	3.988	0.836	541.3	516.6	14.03
Present paper	300	3.988	0.86	541.2	519.3	14.09
Error (%)	---	---	2.8	0.01	0.52	0.42

۳-۲- بهینه‌سازی

روش بهینه‌سازی سطح پاسخ یک مجموعه از تکنیک‌های آماری و ریاضیات کاربردی برای ساخت مدل‌های تجربی است. هدف در طرح‌های سطح پاسخ، بهینه‌سازی پاسخ است که متأثر از چندین متغیر مستقل است. این روش با کشف میزان سطح پاسخ بهینه هر یک از متغیرهای طراحی به بهترین سطح پاسخ دست می‌یابد [۱۸، ۱۹].

در جدول (۵) متغیرهای بهینه‌سازی و محدوده آن‌ها معرفی شده است.

جدول ۵- متغیرهای تصمیم‌گیری

Parameter	Lower bound	Upper bound
Heliostat number (-)	200	400
P_8 (kPa)	20	40
Cold tank temperature (K)	500	650
Hot tank temperature (K)	750	900
Pump efficiency (%)	0.7	0.95
Turbine efficiency (%)	0.7	0.95

هدف این بهینه‌سازی افزایش عملکرد سیست و هم‌چنین کاهش نرخ هزینه سیستم است. در این پژوهش ۶ متغیر تصمیم‌گیری و ۲ تابع هدف انتخاب شد که نتیجه بهینه برای این پارامترها می‌تواند به افزایش کارایی فنی و بهبود هزینه‌های سیستم کمک کند.

در جدول (۶) نتیجه بهینه‌ترین راه‌حل به‌دست‌آمده از روش RSM برای متغیرهای تصمیم‌گیری و توابع هدف ارائه‌شده است. بهترین جواب دارای نزدیک‌ترین مطلوبیت به عدد یک است به‌همین دلیل میزان مطلوبیت نقطه ۱ مقدار ۰/۹۲ است که به‌عنوان بهینه‌ترین جواب انتخاب می‌شود.

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

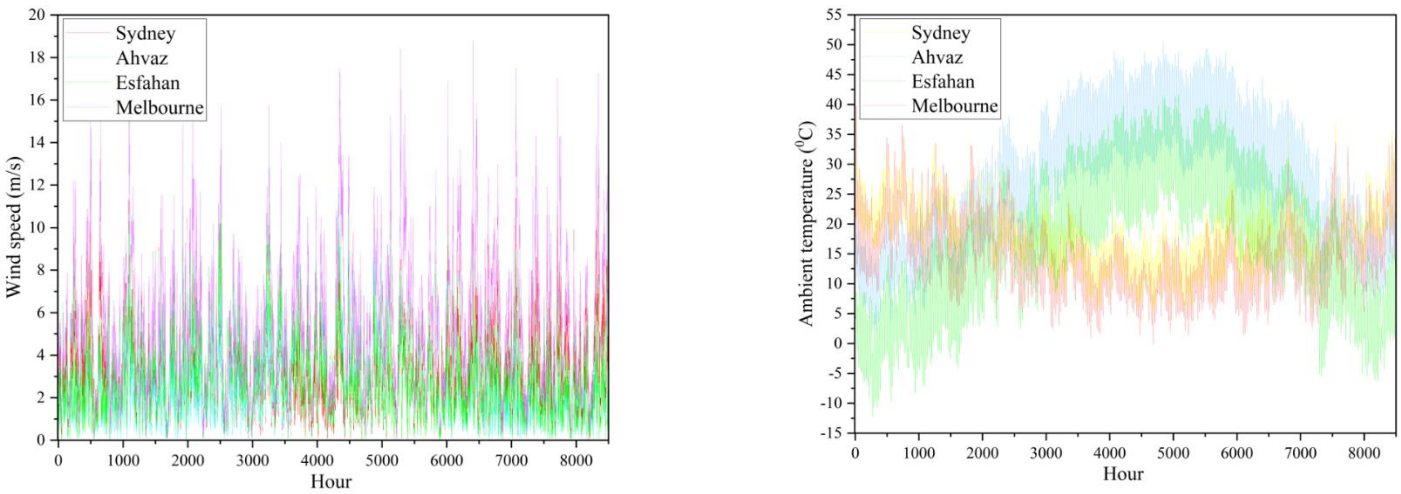
[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

جدول ۶- مقدار بهینه

Solution	Valve
Heliostat number (-)	210
P8 (kPa)	40
Cold tank temperature (^{0}K)	660
Hot tank temperature (^{0}K)	980
Pump efficiency (%)	0.94
Turbine efficiency (%)	0.86
ERTE (%)	19.4
Cost rate ($/h)	169.9

۳-۳- مطالعه موردی

در شکل (۳) تغییرات ساعتی دمای محیط و سرعت باد در طول یک سال شهرهای مطالعاتی رسم شده است و اثرات این پارامترها بر روی عملکرد سیستم بررسی می‌شود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد نرخ تغییرات دمای محیط در طول سال بین ۱۵- تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد تغییرات سرعت باد بین ۰ تا ۲۰ متر بر ثانیه است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد انرژی بادی در این شهر از پتانسیل بالایی برخوردار است.

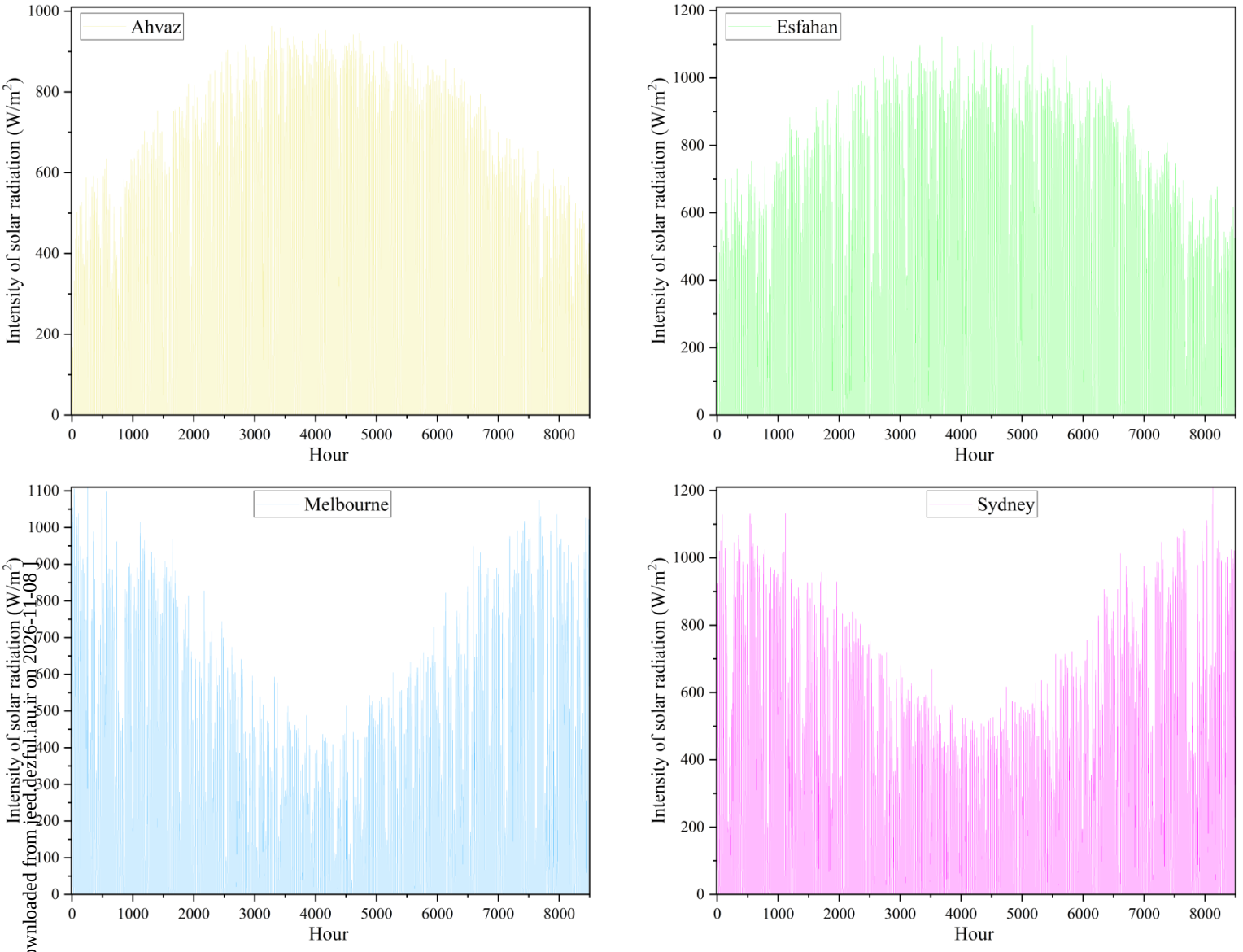


شکل ۳- تغییرات دمای محیط و سرعت باد شهرهای مطالعاتی

در شکل (۴) تغییرات ساعتی میزان شدت تابش خورشیدی شهرهای مطالعاتی در طول یک سال رسم شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد تغییرات تابش خورشیدی بین ۰ تا ۱۰۰۰ وات بر ساعت است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد انرژی خورشیدی در این شهر از پتانسیل بالایی برخوردار است که می‌تواند بر مصرف انرژی ساختمان‌ها تأثیر بالایی داشته باشد. نتایج حاکی از تابش خورشیدی بالاتر در شهرهای اصفهان و سیدنی در طول سال است.

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]



شکل ۴- تغییرات شدت تابش خورشیدی شهرهای مطالعاتی

عملکرد سیستم در چهار شهر اصفهان، اهواز، سیدنی و ملبورن بررسی شد. در جدول ۶ نتایج سالیانه عملکرد سیستم ارائه شده است.

جدول ۷- نتایج سالیانه سیستم

City	Sydney	Ahvaz	Esfahan	Melbourne
Cooling (kWh)	1037909	1180346	1446790	864107.3
Heating (kWh)	7553880	8589600	10527768	6493034
Power (kWh)	1169050	1329422	1629562	1110223

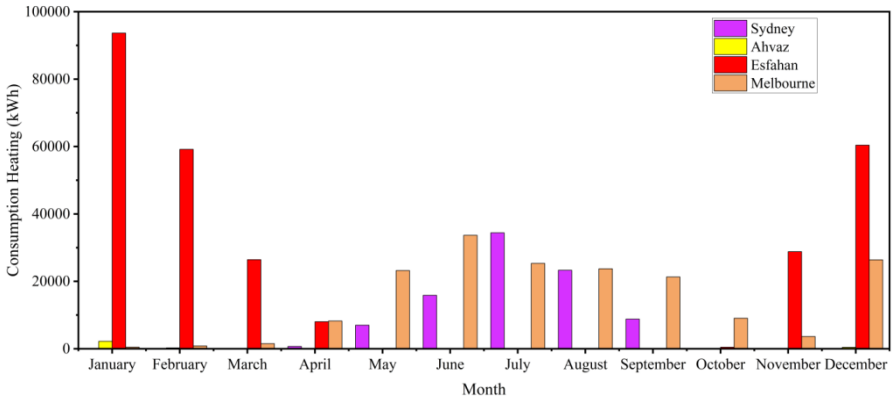
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

۴- طراحی بهینه ساختمان

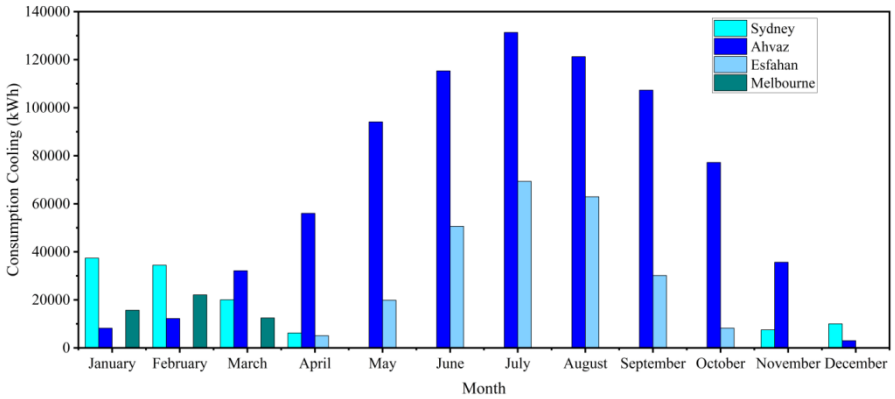
این پژوهش برای تأمین انرژی مصرفی ساختمان ۱۶ واحدی ۴ طبقه و هر واحد ۹۰ مترمربعی به دنبال طراحی یک سیستم تولید چندگانه بر مبنای انرژی حرارتی خورشیدی و تولید سه محصول موردنیاز ساختمان‌ها شامل برق، سرمایش و گرمایش جهت تأمین انرژی مصرفی ساختمان بر اساس پتانسیل منطقه مطالعاتی است. با استفاده از نرم‌افزار BEopt به طراحی و محاسبه انرژی مصرفی برق، گرمایش و سرمایش موردنیاز کل ساختمان در طول سال محاسبه شد.

در شکل (۵) نتایج میزان انرژی مصرفی گرمایش ساختمان مسکونی در چهار شهر مطالعاتی به‌صورت ماهیانه برای یک سال ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در طول سال میزان انرژی مصرفی گرمایشی موردنیاز ساختمان در شهرهای مطالعاتی بین ۰ تا ۱۰۰۰۰۰ کیلووات ساعت است که شهر اهواز به دلیل گرمای هوا دارای کم‌ترین نیاز به انرژی گرمایشی است.



شکل ۵- میزان انرژی گرمایش مصرفی ساختمان در طول سال

در شکل (۶) نتایج میزان انرژی مصرفی سرمایش ساختمان مسکونی در چهار شهر مطالعاتی به‌صورت ماهیانه برای یک سال ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در طول سال میزان انرژی مصرفی سرمایش موردنیاز ساختمان در شهرهای مطالعاتی بین ۰ تا ۱۴۰۰۰۰ کیلووات ساعت است که شهر اهواز به دلیل گرمای هوا دارای بیش‌ترین نیاز به انرژی سرمایش است.

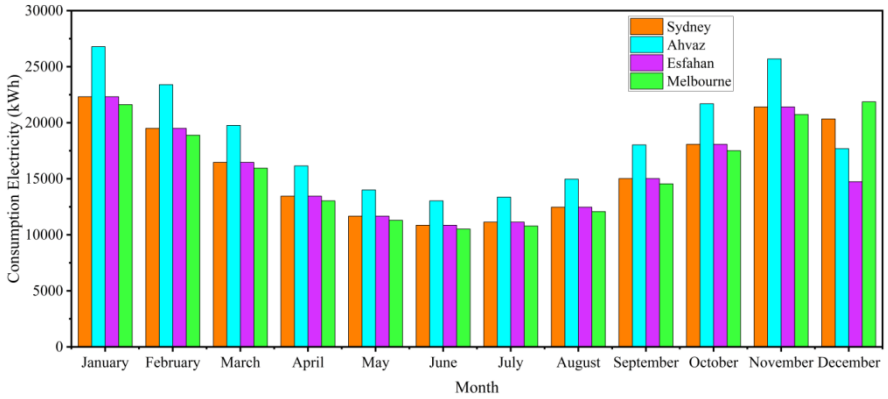


شکل ۶- میزان انرژی سرمایش مصرفی ساختمان در طول سال

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

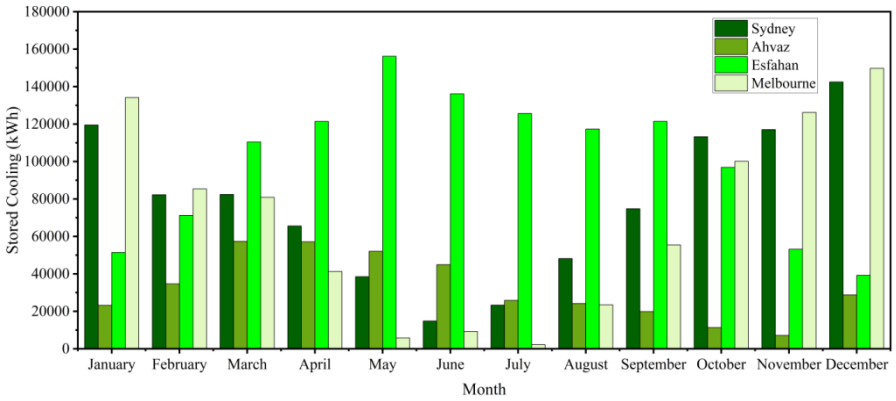
در شکل (۷) نتایج میزان انرژی مصرفی برق ساختمان مسکونی در چهار شهر مطالعاتی به‌صورت ماهیانه برای یک سال ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در طول سال میزان انرژی مصرفی برق موردنیاز ساختمان در شهرهای مطالعاتی بین ۰ تا ۳۰۰۰۰ کیلووات ساعت است.



شکل ۷- میزان انرژی الکتریکی مصرفی ساختمان در طول سال

۵- انرژی ذخیره شده

در شکل (۸) میزان سرمایش ذخیره‌شده در طول سال به‌صورت ماهیانه برای شهرهای مطالعاتی بررسی شده است این محاسبه از اختلاف میزان سرمایش تولیدی سیستم و میزان سرمایش مصرفی ساختمان‌ها به‌دست آمده است که می‌توان از این انرژی مازاد برای مصارف دیگری استفاده کرد.

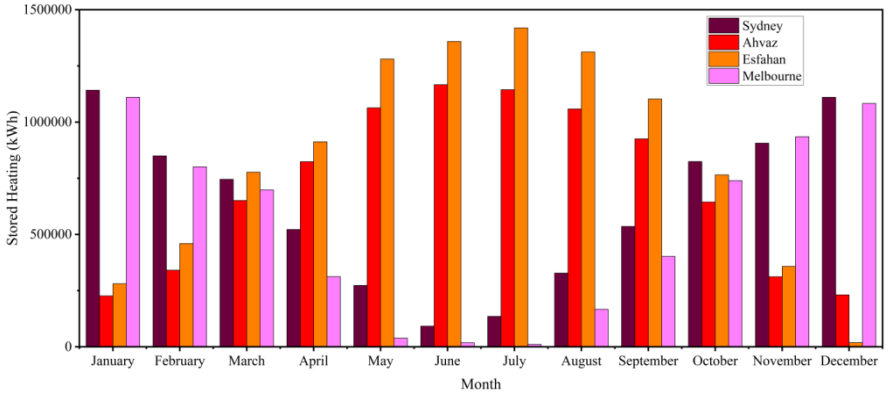


شکل ۸- میزان سرمایش ذخیره‌شده در طول سال

در شکل (۹) میزان گرمایش ذخیره‌شده در طول سال به‌صورت ماهیانه برای شهرهای مطالعاتی بررسی شده است. این محاسبه از اختلاف میزان گرمایش تولیدی سیستم و میزان گرمایش مصرفی ساختمان به‌دست آمده است که می‌توان از انرژی گرمایشی مازاد برای مصارف دیگری استفاده کرد.

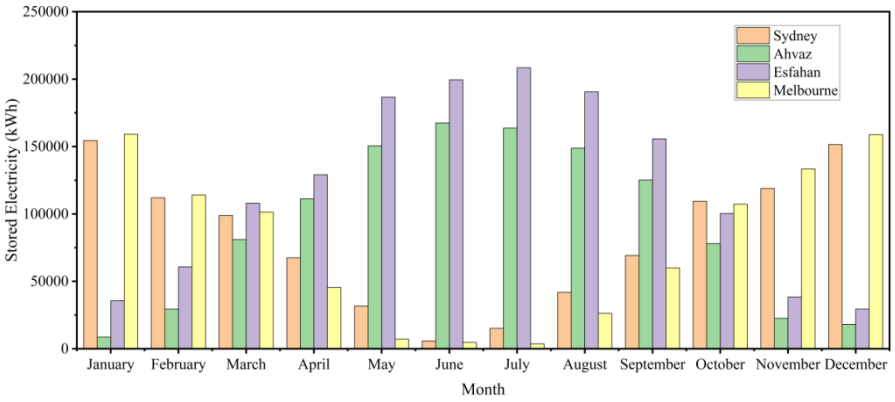
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]



شکل ۹- میزان گرمایش ذخیره‌شده در طول سال

در شکل (۱۰) میزان برق مازاد تولید شده سیستم که به‌عنوان برق ذخیره‌شده در نظر گرفته می‌شود، در طول سال به‌صورت ماهیانه محاسبه شده است. این محاسبه از اختلاف میزان برق تولیدی سیستم توسط توربین و میزان برق مصرفی ساختمان‌ها به دست آمده است که می‌توان از انرژی برق مازاد برای فروش به شبکه توزیع برق و درآمدزایی سیستم استفاده کرد.



شکل ۱۰- میزان برق ذخیره‌شده در طول سال

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش یک ساختمان مسکونی چند واحدی در چهار اقلیم مختلف از کشور استرالیا و ایران با استفاده از نرم‌افزار BEopt طراحی می‌شود و انرژی موردنیاز ساختمان شامل بار گرمایشی، سرمایشی و برق ساختمان مسکونی در حالت بهینه مصرف انرژی که با هدف صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار کربن دی‌اکسید است، تعیین می‌شود. یک ساختمان ۱۶ واحدی و هر واحد ۹۰ متری نسبت به تغییرات آب و هوایی چهار اقلیم مختلف از کشور استرالیا و ایران با انتخاب بهترین مصالح و مواد از مصالح مختلف برای ساختن ساختمان معرفی خواهد شد و میزان بار برق، بار گرمایش و بار سرمایشی در طول سال برای شهرهای مطالعاتی محاسبه خواهد شد. سپس برای تأمین بار انرژی ساختمان یک سیستم تجدید پذیر تولید چندگانه معرفی می‌شود.

در یک سیستم تولید چندگانه انرژی مبتنی بر ترکیب سیکل رانکین بخار اصلاح‌شده و سیستم خورشیدی هلیوستات و رسیور برای برآوردن انرژی مصرفی یک ساختمان مسکونی پیشنهاد شد. طراحی سیستم خورشیدی با استفاده از نرم‌افزار EES انجام شد. بهینه‌سازی سیستم با روش سطح پاسخ انجام شد. برای بهینه‌سازی ۶ متغیر تصمیم‌گیری شامل دمای منبع ذخیره گرم، دمای منبع

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

ذخیره سرد، بازده پمپ، بازده توربین، فشار ورودی به توربین و تعداد هلیوستات انتخاب شد که نتایج بهینه‌سازی سیستم نشان داد که سیستم در بهینه‌ترین حالت خود می‌تواند به بازده اگزرژی رفت و برگشتی ۱۹/۴۱ درصد و نرخ هزینه سیستم ۱۶۹/۹۳ دلار بر ساعت با درصد مطلوبیت بهینه‌سازی ۰/۹۲ برسد. عملکرد سیستم در چهار شهر سیدنی، ملبورن، اهواز و اصفهان بررسی شد. هدف اصلی این پژوهش رسیدن به تعریف ساختمان انرژی صفر توسط تأمین انرژی مصرفی ساختمان مسکونی با یک سیستم تولید چندگانه مبتنی بر انرژی خورشیدی است. جهت فرآیند شبیه‌سازی ساختمان و استخراج انرژی مصرفی موردنیاز ساختمان مسکونی در شهرهای مطالعاتی از یک ابراز بهینه‌سازی به نام BEOPT استفاده شد. مقایسه نتایج انرژی مصرفی ساختمان و تولیدات سیستم در چهار شهر مطالعاتی نشان داد که سیستم پیشنهادی به‌راحتی می‌تواند انرژی مصرفی موردنیاز ساختمان‌های مسکونی در شهرهای مطالعاتی را در طول سال تأمین کند.

مراجع

1. Jaysawal, R. K., et al., Concept of net zero energy buildings (NZEB) - A literature review, Cleaner Engineering and Technology 11: 100582 (2022).

2. Ramadan, H. S. M. and M. Becherif, Introduction to the special section on developments in renewable energy generation and automation, Computers and Electrical Engineering 100: 107905 (2022).

3. Soltani, M. M., et al., Techno-economic optimization of a biomass gasification energy system with Supercritical CO_2 cycle for hydrogen fuel and electricity production, Fuel 333: 126264 (2023).

4. Razmi, A. R., Soltani, M., Ardehali, A., Gharali, K., Dusseault. M.B., Nathwani, J., Design, thermodynamic, and wind assessments of a compressed air energy storage (CAES) integrated with two adjacent wind farms: A case study at Abhar and Kahak sites, Iran, Energy Volume 221, 119902 (2021).

5. Ozturk, M. and I. Dincer, System development and assessment for green hydrogen generation and blending with natural gas, Energy 261: 125233 (2022).

6. Musharavati, F., et al., Multi-objective optimization of a biomass gasification to generate electricity and desalinated water using Grey Wolf Optimizer and artificial neural network, Chemosphere 287: 131980 (2022).

7. Khanmohammadi, S., et al., Thermodynamic modeling and multi-objective optimization of a solar-driven multi-generation system producing power and water, Desalination 545: 116158 (2023).

8. Ding, G.-C., et al., Technical assessment of Multi-generation energy system driven by integrated renewable energy Sources: Energetic, exergetic and optimization approaches, Fuel 331: 125689 (2023).

9. Acar, C., et al., Performance analysis of a stand-alone integrated solar hydrogen energy system for zero energy buildings, International Journal of Hydrogen Energy 48(5) (2023), 1664-1684.

10. Assareh, E., et al., A transient study on a solar-assisted combined gas power cycle for sustainable multi-generation in hot and cold climates: Case studies of Dubai and Toronto, Energy 282: 128423 (2023).

11. Assareh, E., et al., New optimized configuration for a hybrid PVT solar/electrolyzer/absorption chiller system utilizing the response surface method as a machine learning technique and multi-objective optimization, Energy 281: 128309 (2023).

12. Assareh, E., et al., A new analysis for a concentrated solar power-based cogeneration system with molten salt energy storage and heat recovery steam generator – Case study – (USA, France, Canada), Renewable Energy Focus 46 (2023): 256-280.

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

13. Assareh, E., et al., Optimization of a trigeneration cooling, heating, and power system with low-temperature waste heat from 4E points of view, Energy 283: 128675 (2023).

14. Liu, X., et al., Potential of biomass processing using digester in arrangement with a Brayton cycle, a Kalina cycle, and a multi-effect desalination; thermodynamic/environmental/financial study and MOPSO-based optimization, Energy 261: 125222 (2022).

15. Nedaei, N., et al., Performance assessment and multi-objective optimization of a multi-generation system based on solar tower power: A case study in Dubai, UAE, Process Safety and Environmental Protection 161 (2022), 295-315.

16. Mehrpooya M, Raeesi M, Pourfayaz F, Delpisheh M., Investigation of a hybrid solar thermochemical water-splitting hydrogen production cycle and coal-fueled molten carbonate fuel cell power plant. Sustain Energy Technol Assessments;47:101458 (2021).

17. Delpisheh M, Haghghi MA, Athari H, Mehrpooya M. Desalinated water and hydrogen generation from seawater via a desalination unit and a low temperature electrolysis using a novel solar-based setup. Int J Hydrogen Energy; 46 (2021),7211–29.

18. Li, D.-Q., et al., Response surface methods for slope reliability analysis: Review and comparison. Engineering Geology 203 (2016), 3-14.

19. Allaix, D. L, V. I. Carbone, An improvement of the response surface method, Structural Safety 33(2) (2011), 165-172.

20. Amiri Rad, E., Mohammadi, S., Tayyeban, E., Simultaneous optimization of working fluid and boiler pressure in an organic Rankine cycle for different heat source temperatures. 194 (2020), 116856.

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]

Optimizing the energy consumption of a residential building in four climates of Australia and Iran by providing it using a multiple generation solar system

Behdad Barani, Alireza Baheri, Ehsanollah Assareh
Department of Mechanical Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran

Received:summer 2025 Accepted: autumn 2025

Abstract

In this research, a multi energy production system based on solar energy was proposed to meet the energy consumption of a residential building in four different cities of Iran and Australia. The optimization of the system was done with the response surface method and Minitab software. For optimization, 6 decision variables including temperature of hot storage source, temperature of cold storage source, pump efficiency, turbine efficiency, inlet pressure to turbine and number of heliostats were selected. The results of the system optimization showed that the system in its most optimal state can reach a return exergy efficiency of 19.4% and a system cost rate of 169.9 dollars per hour. The performance of the system was investigated in four cities: Sydney, Melbourne, Ahvaz and Isfahan. The main goal of this research is to define a zero energy building by providing the energy consumption of a residential building with a multi production system based on solar energy. A BEopt optimization expression was used for the process of simulating the building and extracting the required energy consumption of the residential building in the study cities. Comparing the results of building energy consumption calculation and system productions in four study cities showed that the proposed system can easily provide the energy consumption required by residential buildings in the study cities throughout the year.

Keywords: Solar Energy, Multi Generation System, Multi-Objective Optimization, Response Surface Method, Residential Building.

Cite this article as: Behdad Barani, Alireza Baheri, Ehsanollah Ashere, Optimizing the energy consumption of a residential building in four climates of Australia and Iran by providing it using a multiple generation solar system, **Journal of Energy Conversion, 2025, 12(3), 39-52**.

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

[DOI: 10.82377/jeed.2025.3.538]