

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های شیمیایی

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



## بهره برداری بهینه از هاب انرژی مسکونی در شبکه های هوشمند

علی شعبانی شیجانی<sup>۱</sup>، رضا عفت نژاد<sup>۲\*</sup>، مهدی هدایتی<sup>۳</sup>

دانشجوی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج گروه مهندسی برق<sup>۱</sup>

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج گروه مهندسی برق<sup>۲</sup>

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج گروه مهندسی برق<sup>۳</sup>

گروه مهندسی برق، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

aishabani56\_1@yahoo.com

rezaeffatnejad@Kiau.ac.ir

m.hedayati@kiau.ac.ir

### چکیده

مدل بهینه ریاضی برای تمامی اجزای یک هاب انرژی مسکونی، شامل عمده وسایل الکتریکی خانگی، سیستم تولید نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی، ذخیره سازی انرژی الکتریکی و واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایو گاز ارائه شده است. مدل می تواند تصمیم گیری های خودکار تولید نماید تا براحتی در فن آوری تصمیم گیری شبکه های هوشمند مانند سیستم های مدیریت انرژی و یا سیستم های اتوماسیون خانگی قرار گیرد. این مدل ریاضی می تواند کنترل تمامی اجزاء هاب انرژی مسکونی را در چارچوب زمان واقعی انجام می دهد تا اهداف مساله تامین شود، مساله بهینه سازی با روش برنامه ریزی مختلط عدد صحیح خطی و هدف کاهش هزینه های مصرف انرژی با توجه به آسایش و سلاقی مشتریان و با استفاده از نرم افزار GAMS حل شده است. از اجزای هاب انرژی خانگی مدل ریاضی سیستم روشنایی، سیستم تولید و ذخیره سازی انرژی الکتریکی و واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایو گاز توسعه داده شده اند. مساله بهینه سازی با استفاده از مدل بهینه ریاضی به دست آمده برای یک مجتمع مسکونی در شهر کرج جهت رسیدن به اهداف تحقیق حل شده است. نتایج بهینه سازی مساله فوق، صرفه جویی ۳۹ درصدی در هزینه های انرژی خانوار را با توجه به سطح آسایش خانواده را نشان می دهد.

**واژه های کلیدی:** پاسخگویی بار، شبکه های هوشمند، مدل بهینه سازی ریاضی، هاب انرژی مسکونی، نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی، واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایو گاز

۱- دانشجوی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج گروه مهندسی برق

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج گروه مهندسی برق

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج گروه مهندسی برق



## ۱- مقدمه

انرژی و در حالت خاص برق، یکی از مهم‌ترین عواملی است که رشد اقتصادی هر کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور سنتی، ارائه انرژی کافی و ایمن برای تامین تقاضای مورد نیاز، به گسترش ظرفیت‌های تولید و انتقال سیستم قدرت احتیاج دارد. ساختمان و امکانات جدید برای گسترش ظرفیت تولید و انتقال شبکه نه تنها خیلی گران است همچنین انواع مسائل زیست محیطی که باید در نظر گرفته شود نیز وجود دارد. در حال حاضر، مسئول نزدیک به ۴۰ درصد از میزان انتشار دی‌اکسید کربن در آمریکا نیروگاه‌ها هستند [۱] و نیاز به ظرفیت تولید جدید برای پاسخگویی به رشد سریع تقاضا وجود دارد. در این زمینه، یافتن راه‌های جدید برای استفاده بهتر از منابع برق و کاهش سرعت رشد تقاضا بسیار حیاتی است.

شبکه‌های هوشمند برای حمایت و پشتیبانی از نفوذ زیاد منابع توزیع شده سمت تقاضا همراه با سیستم گسترده پاسخ تقاضا با تحریک سیگنال‌های اقتصادی و قابلیت اطمینان پیش‌بینی شده اند و شرکت‌ها به دنبال مدیریت سمت تقاضا و سرویس‌های پاسخ به تقاضا برای مدیریت بهتر شبکه‌های خود هستند [۲]. برنامه‌های پاسخ به تقاضا مشتریان را در طول دوره‌هایی از شرایط بحرانی شبکه و یا دوره‌های با هزینه‌های بالای انرژی توسط مشوق‌های پرداخت برای کاهش بار وادار می‌کند. کارهای قابل توجهی در گذشته برای مدیریت مصرف انرژی انجام شده است بنابراین مدیریت بار، حفاظت و مدیریت تقاضا، برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا و پاسخ به تقاضا توسط شرکت‌های برق و دولت‌ها به منظور کاهش تقاضا و یا تعدیل شکل بار، به منظور دستیابی به تطبیق بهتر بین تقاضای مشتریان و منابع فعلی و برنامه ریزی شده شرکت‌های برق در تولید، انتقال و توزیع اجرا و ترویج شده اند [۳].

اثر قیمت‌گذاری پویا در صورت حساب‌های برق مسکونی در مرجع [۴] مطالعه شده است، گزارش آن کاهش قابل توجهی در هزینه‌های متوسط ماهانه و کاهش پیک بار به نصف با استفاده از قیمت‌گذاری زمان استفاده (TOU) نشان می‌دهد. نتایج یک آزمایش میدانی که به منظور مطالعه اثر قیمت‌گذاری زمان واقعی (RTP) در خانوارها در مرجع [۵] گزارش شده است، بیان می‌کند که مشتریان مسکونی به میزان قابل توجهی در قیمت‌الاستیک هستند و مشتریان به صرفه جویی در انرژی در طول ساعات پیک پاسخ می‌دهند. یک روش کنترل مستقیم بار (DLC) برای بارهای تهویه مطبوع در مرجع [۶] ارائه شده است که یک برآورد از میزان راحتی را با آن ترکیب کرده است. در مرجع [۷]، یک رویکرد چند معیاره در برابر مساله گرمایش فضا تحت یک قیمت‌گذاری متغیر برق با زمان ارائه شده است. در مدل برنامه ریزی دینامیکی توسعه یافته، اهداف به حداقل رساندن انحراف از درجه حرارت ایده آل، هزینه‌ها و مصرف انرژی می‌باشند. رویکرد منطبق فازی مبتنی بر DLC بارهای تهویه مطبوع برای کاهش بار پیک در مرجع [۸] ارائه شده است، که در آن سطح راحتی مشتریان توسط مجموعه‌های فازی مدل می‌شوند. روش مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) در مرجع [۹]، برای برنامه ریزی هماهنگ منابع انرژی توزیع شده مسکونی برای به حداقل رساندن منافع شبکه از سرویس‌های انرژی الکتریکی، خانه‌های هوشمند پیشنهاد شده است.

توجه داشته باشید که در بررسی‌های فوق، بسیاری از آثار موجود در بخش مسکونی به شایستگی اولویتها، سلاقی و سطح آسایش کاربران نهایی را به حساب نمی‌آورند و تنها لوازم یا دستگاه خاصی در نظر می‌گیرند. با ظهور تحولات شبکه هوشمند، بهبود تکنیک‌ها و ابزارهای محاسباتی، مترهای هوشمند و زیرساخت ارتباطات دو طرفه در شبکه‌های هوشمند و مزایای ترکیب استفاده از روش‌های ذکر شده در بالا برای رسیدن به برنامه‌های پیشرفته‌ی مدیریت سمت تقاضا (DSM) و پاسخ به تقاضا (DR) برای مشتریان مسکونی عملی خواهد بود. بنابراین استفاده از مدل بهینه‌سازی ریاضی هاب انرژی مسکونی



پیشنهاد می‌شود که می‌تواند به آسانی در فن‌آوری‌های تصمیم‌گیری خودکار مانند سیستم‌های اتوماسیون خانگی (HAS) و سیستم‌های مدیریت انرژی (EMS) در زمینه‌ی شبکه‌های هوشمند، ادغام شوند.

همچنین بر این مساله واقف هستیم که انرژی خورشیدی، مدعی بلامنازع تامین انرژی پاک، پایدار و طبیعی برای آینده است، چرا که میزان انرژی خورشیدی تابیده شده بر کل صحراهای زمین در مدت ۶ ساعت، بیشتر از میزان برق مصرفی کل جمعیت جهان در مدت ۱ سال است. توانایی مهار کردن تنها بخشی از این انرژی، باعث می‌شود که جهان بتواند نیاز برق خود را از یک منبع پاک و پایدار برآورده کند [۱۰]. بنابراین بکار بردن یک نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی به همراه سیستم ذخیره سازی در مدل هاب انرژی مسکونی پیشنهاد شده است

در هاب انرژی مسکونی از یک واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایو گاز از نوع غیر متمرکز به نام DEWATS استفاده شده است. برخی از ویژگی‌های این روش به شرح زیر است: ۱- نوع روش می‌باشد، به جای فقط یک بسته سخت افزار فنی ۲- تصفیه را برای جریان فاضلاب از ۱ تا ۵۰۰ متر مکعب در روز، از منابع خانگی و صنعتی را فراهم می‌کند. ۳- مبتنی بر مجموعه‌ای از اصول تصفیه‌ی می‌باشد به طورگزینشی مانند قابل اعتماد بودن، طول عمر، تحمل نسبت به نوسانات جریان تعیین شده و مهمتر از همه، این اصول تصفیه از نیاز به کنترل پیچیده و تعمیر و نگهداری معاف می‌باشد. ۴- بدون انرژی فنی کار می‌کند و بنابراین نمی‌توان آن را به عمد خاموش نمود. ۵- بهره برداری دائم و مستمر را تضمین می‌کند، با این حال، نوسان در کیفیت پساب ممکن است به طور موقت رخ دهد. ۶- همه جا بهترین راه حل است. هر چند نمی‌تواند مهارت و مسئولیت بهره برداری و تعمیر و نگهداری را تضمین کند [۱۱].

سیستم‌های DEWATS مبتنی بر چهار نوع سیستم تصفیه است:

- رسوب سازی و تصفیه اولیه درحوضچه‌های ته‌نشینی مانند مخازن سپتیک (Septic Tanks) یا مخازن ایموف (Imhoff Tanks)
  - تصفیه‌ی بی‌هوازی ثانویه در بستر فیلترهای ثابت یا مخازن بافل سپتیک (مخازن گندزدائی فاضلاب با صفحه بازدارنده یا منعکس کننده baffled septic tanks)
  - تصفیه بی‌هوازی / هوازی ثانویه و ثالثیه در تالاب یا زمین مرطوب ساخته شده (فیلترهای جریان زیرسطحی)
  - تصفیه بی‌هوازی / هوازی ثانویه و ثالثیه در حوضچه‌ها
- چهار سیستم فوق مطابق با سیال ورودی فاضلاب و کیفیت مورد نیاز پساب (سیال خروجی) می‌توانند ترکیب شوند. سیستم‌های ترکیبی از تصفیه‌ی ثانویه در محل و تصفیه با عملگر ثالث نیز امکان پذیر است. مخازن سپتیک برای فاضلاب با درصد بالای مواد جامد قابل تصفیه به طور معمول برای پساب ناشی از منابع خانگی استفاده می‌شود [۱۱].

فیلترهای بی‌هوازی برای فاضلاب با درصد پایین مواد جامد معلق (به عنوان مثال پس از تصفیه اولیه در مخازن سپتیک) و در نسبت COD/BOD محدود استفاده می‌شوند. همچنین استفاده از بیوگاز در صورتی که غلظت BOD بیشتر از 1.0 mg/l باشد می‌تواند در نظر گرفته شود [۱۱]. (BOD نیاز اکسیژن بیولوژیکی و COD نیاز اکسیژن شیمیایی؛ هر دو شایع‌ترین پارامترها در این زمینه هستند.)

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های نو

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



## ۲- مدل‌سازی هاب انرژی مسکونی

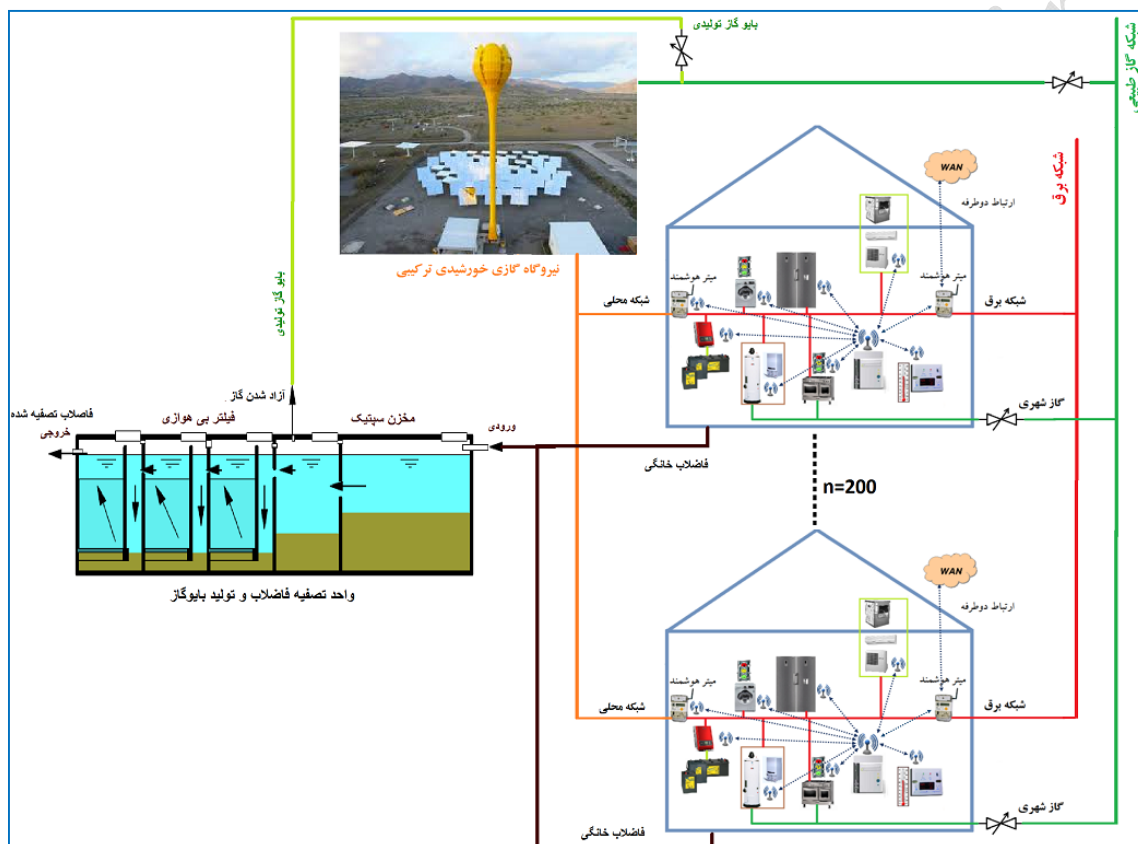
هاب انرژی یک مفهوم نو می‌باشد که به تازگی در زمینه سیستم‌های انرژی یکپارچه با حامل‌های انرژی چند تایی توسعه یافته است. هاب به عنوان یک مرکز فعالیت معنی می‌شود از این رو هاب انرژی هر مکانی است که در آن فعالیت‌های سیستم انرژی یعنی، تولید، تبدیل، ذخیره سازی انرژی، و مصرف حامل‌های انرژی مختلفی اتفاق می‌افتد [۱۲]. در هر سیستم انرژی الکتریکی، هدف مشتریان به حداقل رساندن هزینه انرژی‌شان است، در حالی که برای شرکت‌های برق نه فقط هزینه، بلکه مسائل دیگری مانند شکل بار، پیک بار، کیفیت خدمات و غیره اهمیت دارند.

در حال حاضر، کنترل‌های لوازم خانگی هوشمند در دسترس هستند که به مشتری اجازه وارد کردن برنامه‌های روزانه، هفتگی و همچنین فصلی برای بهره برداری از دستگاه‌های مختلف می‌دهد [۱۳]. این سیستم‌ها معمولاً شامل چندین کنترل کننده اختصاصی می‌باشند که با یک کنترل کننده مرکزی لوازم خانگی که متصل به سوکت‌های برق در خانه هستند ارتباط برقرار می‌کنند و اجازه کنترل On/Off لوازم برقی را می‌دهد. کاربر می‌تواند بدین گونه برنامه‌ها و رویداد‌های مختلف و اجرای تصمیم‌گیری مبتنی بر قانون را در کنترل کننده دستگاه مرکزی برنامه‌ریزی کند. یک هسته تصمیم‌گیری هوشمند که بخشی جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های مدیریت انرژی است به طور بهینه از هاب انرژی بخش مسکونی بر اساس مدل ریاضی آن بهره برداری می‌کند [۱۴].

هاب انرژی مسکونی پیشنهادی شامل وسایل و مصرف‌کننده‌های مختلف، سیستم‌های ذخیره سازی انرژی (باتری، خودرو برقی)، سیستم‌های تولید انرژی (فتوولتائیک خورشیدی، بادی و یا انرژی تولیدی از یک نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی)، واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایو گاز، یک میتر هوشمند و لینک‌های ارتباطی دو طرفه بین این اجزاء می‌باشد.



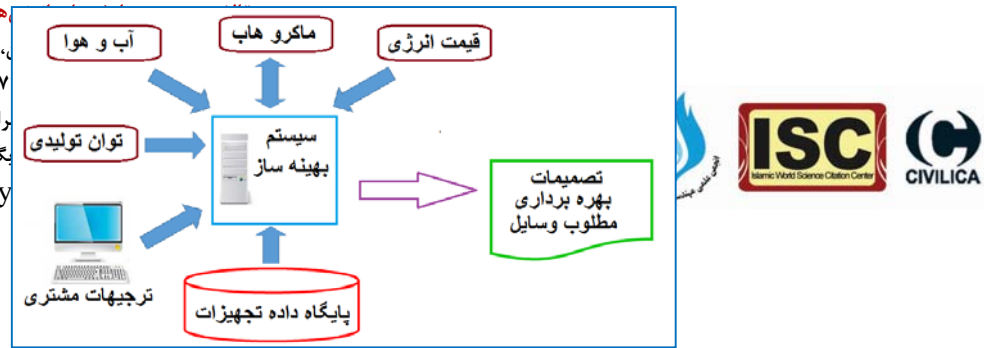
مدل ریاضی پیشنهادی و حل‌کننده بهینه‌سازی وابسته در کنترل‌کننده مرکزی قرار می‌گیرد. در این کار هاب انرژی خانگی از ۲۰۰ واحد مسکونی تشکیل شده است که پیکربندی این هاب انرژی مطابق شکل ۱ پیشنهاد می‌شود که اهداف بهینه‌سازی در این طرح یعنی کاهش هزینه‌های انرژی هر خانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. از فرضیات مساله این است که توان تولیدی توسط نیروگاه محلی به نسبت مساوی بین خانه‌ها تقسیم می‌شود و برای شرایط دیگر میزان توان دریافتی از نیروگاه محلی توسط میتر هوشمند کنترل شده و این قرارداد جزء داده‌های ورودی مساله خواهد بود.



شکل ۱- پیکربندی هاب انرژی مسکونی پیشنهادی

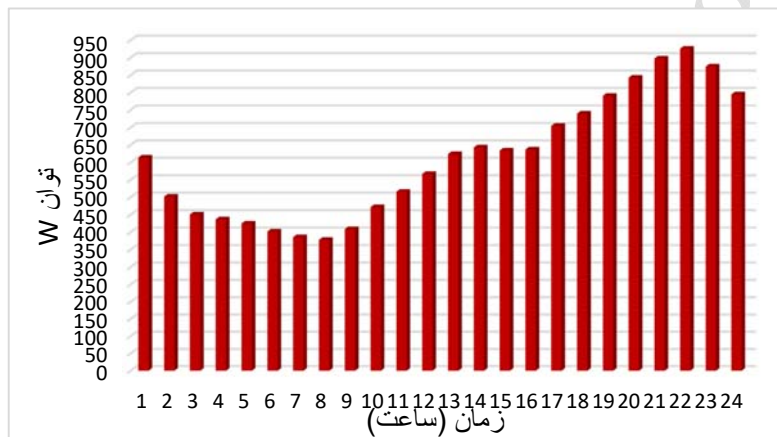
یک تصویر کلی از عملکرد توابع کنترل‌کننده هاب مرکزی در شکل ۲ ارائه شده است. این کنترل‌کننده از مدل ریاضی هر جزء هاب، تنظیمات پارامترها و اطلاعات خارجی همچنین تنظیمات کاربر (تنظیم دما و ساعت کار وسایل) برای ایجاد تصمیم‌گیری بهره‌بردار مورد نیاز برای همه اجزای سازنده در هاب انرژی در طول افق برنامه‌ریزی استفاده می‌کند. پایگاه داده دستگاه شامل تمام ویژگی‌های فنی اجزاء (به عنوان مثال، قدرت مجاز، سطح تولید و ذخیره‌سازی) می‌باشد. اطلاعات خارجی شامل اطلاعات قیمت انرژی، پیش‌بینی وضع هوا و پیش‌بینی‌های تابش خورشید و تولید گازهای گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> می‌باشد. با استفاده از این اطلاعات، ماشین بهینه‌سازی تصمیمات بهره‌بردار مورد نیاز را برای همه اجزای تشکیل‌دهنده هاب انرژی مسکونی در طول افق برنامه‌ریزی ایجاد می‌کند.

های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد  
مرکز همایش‌های صدا و سیما  
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷  
ران و هم اندیشان انرژی کیمیا  
مگاه استنادی جهان اسلام ISC  
www.Renewenergy



شکل ۲- مروری بر عملکرد کنترل کننده مرکزی

مدل های بهره برداری هاب انرژی مسکونی باید به تنظیمات مشتری، اولویت دهند و باید شامل رفتار معمولی مشتری مانند درجه حرارت های مطابق میل مشتری و ساعات کار هر دستگاه باشد. به منظور گنجاندن اثر سکونت و فعالیت خانگی در الگوی مصرف انرژی لوازم، یک شاخص جدید وابسته به زمان به نام سطح فعالیت  $AL(t)$ ، در مرجع [۱۴] پیشنهاد شده است. همچنین از آنجا که سکونت و فعالیت در خانه اثرات متفاوتی بر روی دستگاه های مختلف الکتریکی دارد، یک ضریب مناسب ( $\beta_i$ ) برای هر دستگاه برای بازتاب وزن یا اهمیت اثر سطح فعالیت بر روی عملکرد آن وسیله معرفی شده است. شکل ۳ نمونه ای از مصرف انرژی برق خانگی ساعتی در یک خانه در شهر کرج را نشان می دهد [۱۵] که در آن می توانید اوج مصرف را در ساعاتی از بعد از ظهر و شب ببینید.



شکل ۳ - مثالی از مصرف انرژی الکتریکی خانگی به ساعت [۱۵]

در این مقاله از یک افق برنامه ریزی ۲۴ ساعته با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه ( $T$ ) استفاده شده است همچنین پیش بینی های آب و هوایی، تابش خورشیدی و تلفات حرارتی ساختمان و وسایل اینجا برای تولید برنامه ریزی های بهینه به کار رفته اند. در این کار برای انرژی الکتریکی از روش قیمت گذاری زمان استفاده (TOU) استفاده شده و ساعات مصرف به سه رده میان باری، اوج بار و کم باری تقسیم شده است و برای گاز طبیعی قیمت گذاری نرخ ثابت (FRP) را بکار برده ایم.

### ۳- مدل های ریاضی اجزای هاب مسکونی

در این بخش تمام مجموعه ها، متغیرها و پارامترهای مدل هاب انرژی مسکونی توضیح داده شده است و سپس تابع هدف مدل و محدودیت های عملیاتی مربوط به اجزای هاب توضیح داده شده اند. فرم کلی پیشنهادی مدل بهینه سازی برای هاب انرژی مسکونی به شرح زیر است:

$$\min J = \text{Objective Function} \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i \in A} P_i S_i(t) \leq P^{\max}(t) \quad \forall t \in T \quad (2)$$

$$\text{Device } i \text{ operational constrains } \forall t \in T \quad (3)$$



این مدل شامل سه بخش اصلی می‌باشد: تابع هدف و محدودیت‌ها در پیک تقاضا در هر بازه زمانی و محدودیت‌های بهره‌برداری عملیاتی اجزای هاب. محدودیت ۲ برای اطمینان از حداکثر مصرف توان در یک زمان داده شده تا از یک مقدار مشخص شده تجاوز نکند. علائم و متغیرها، اندیس‌ها در جدولی در انتهای مقاله معرفی شده‌اند. تابع هدف در این مقاله حداقل سازی هزینه‌های مصرف انرژی مشترک می‌باشد.

$$J = \sum_{t \in T} \left[ \sum_{i \in A} C_{ed}(t) P_i S_i(t) + \sum_{z \in Li} C_{ed}(t) P_{i_z} n_z(t) - \sum_{i \in \{esd, Lpp\}} C_{es}(t) P_i S_i(t) \right] \quad (4)$$

دو عبارت اول در این معادله نشان دهنده هزینه مصرف برق، عبارت سوم نشان دهنده درآمد حاصل از فروش برق ذخیره/تولید شده به شبکه برق می‌باشد.

مدل ریاضی عمده وسایل مورد استفاده در واحد مسکونی از قبیل یخچال، فریزر، ماشین ظرفشویی، لباسشویی و خشک کن، گرمایش، تهویه مطبوع (کولر) و روشنایی توسط مجموعه‌ای از معادلات، در مراجع [۱۴] و [۱۶] آورده و به تفصیل شرح داده شده است، در کار حاضر به عنوان نمونه، مدل ریاضی یخچال را شرح می‌دهیم.

مدل ریاضی یخچال (فریزر) توسط مجموعه‌ای از معادلات زیر نشان داده می‌شوند [۱۴] ( $i=fr$ ):

$$S_i(t) = \begin{cases} 0 \text{ or } 1 & \text{if } t \in T_i \\ 0 & \text{if } t \notin T_i \end{cases} \quad (5)$$

$$S_i(t=1) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta_{fr}(t=0) > \theta_{fr}^{max} \\ 0 & \text{if } \theta_{fr}(t=0) < \theta_{fr}^{max} \end{cases} \quad (6)$$

$$\theta_{fr}^{min} \leq \theta_{fr}(t) \leq \theta_{fr}^{max} \quad \forall t \in T_i \quad (7)$$

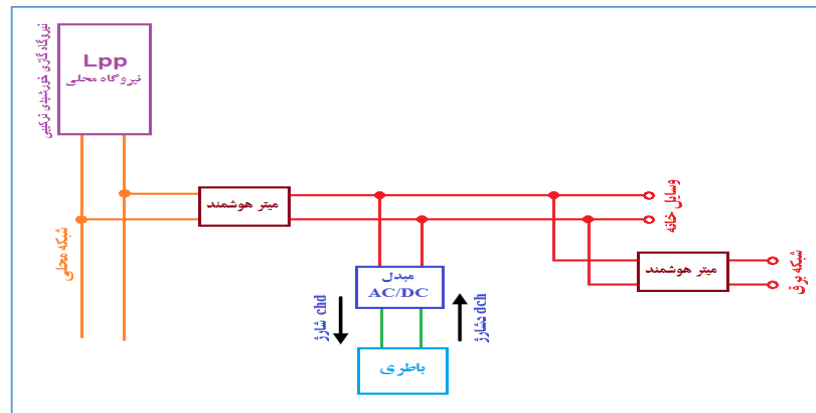
$$\theta_{fr}(t) = \theta_{fr}(t-1) + \tau [\beta_{fr} AL_{fr}(t) - \alpha_{fr} S_i(t) + \gamma_{fr}] \quad \forall t \in T \quad (8)$$

$T_i$  محدوده زمانی است که توسط کاربر تعیین شده و دستگاه در آن بازه مجاز به روشن شدن می‌باشد محدودیت ۷ برای بیان محدودیت دمای بالا و پایین یخچال می‌باشد. معادله ۸ دمای یخچال در زمان  $t$  را نسبت به دمای یخچال در زمان  $t-1$ ، سطح فعالیت یخچال در زمان  $t$ ، حالت روشن یا خاموش بودن یخچال در زمان  $t$  و تلفات حرارتی آن بیان می‌کند. برای تعیین سطح فعالیت یخچال، بار پایه ۵۰ درصد متوسط مصرف خانگی، می‌تواند فرض شود. بنابراین، هر باری که کمتر از پایه بار است در فعالیت یخچال مشارکت نخواهد کرد با توجه به آن، سطح فعالیت یخچال می‌تواند با معادلات زیر محاسبه کرد [۱۴].

$$AL_{fr}(t) = EEC1(t) \div \sum_{t=1}^{t=T} EEC1(t) \quad (9)$$

$$EEC1(t) = EEC(t) - \frac{0.5 \sum_{t=1}^{t=T} EEC(t)}{T} \quad (10)$$

مدل نیروگاه گازی خورشیدی (نیروگاه محلی  $Lpp$ ) در این مقاله ارائه شده و مورد بحث قرار می‌گیرد. شکل ۴ یکی از راه‌های ممکن برای اتصال یک سیستم تولید توان محلی به شبکه خانگی و سیستم ذخیره ساز را نشان می‌دهد. مبدل AC/DC می‌تواند در دو حالت عملیاتی باشد: حالت مبدل (converter) برای شارژ باتری با یک قدرت محدود که توسط تولید کننده باتری توصیه شده و حالت اینورتر (inverter) برای تخلیه انرژی ذخیره شده قبلی به سیستم. مقدار قدرت تخلیه مبدل AC/DC توسط مقدار قدرت مبدل AC/DC تعیین می‌شود. قدرت AC تولید شده توسط اینورتر DC/AC می‌تواند توسط لوازم خانه مصرف شود و یا در حالت تقاضای برق کم در خانه به شبکه برق تزریق شود.



شکل ۴- دیاگرام اتصال سیستم تولید توان الکتریکی محلی به خانه مسکونی

معادلات مدل عمومی سیستم تولید محلی Lpp و وضعیت شارژ یا دشارژ سیستم ذخیره ساز به صورت زیر توسعه داده شده اند.

$$S_i(t) = \begin{cases} 0 \text{ or } 1 & \text{if } t \in T_i \\ 0 & \text{if } t \notin T_i \end{cases} \quad (11)$$

$$chd_{Lpp}(t) = \begin{cases} P_{chd} & \text{if } P_{Lpp}(t) \geq P_{chd} \\ P_{Lpp} & \text{if } P_{Lpp}(t) \leq P_{chd} \end{cases} \quad (12)$$

$$ESL_{Lpp}(t) = ESL_{Lpp}(t-1) + \tau [S_{Lpp,chd}(t)chd_{Lpp}(t) - S_{Lpp,dch}(t)dch_{Lpp}] \quad \forall t \in T \quad (13)$$

$$ESL_{Lpp}^{min} \leq ESL_{Lpp}(t) \leq ESL_{Lpp}^{max} \quad \forall t \in T_i \quad (14)$$

معادله ۱۲ بهره برداری شارژ ثابت باتری‌ها را شبیه سازی می‌کند. برای ساده سازی مدل، ولتاژ باتری در طول مدت عملیات‌های شارژ / دشارژ ثابت است بنابراین، یک شارژ باتری جریان ثابت فرض شده است تا اینکه فرآیند شارژ قدرت ثابت بماند. قید ۱۳ اثر تصمیمات شارژ/ دشارژ را در سطح ذخیره سازی باتری را نشان می‌دهد و قید ۱۴ برای محافظت از باتری در برابر تخلیه شدید و شارژ بیش از حد استفاده شده و راندمان تبدیل ۱۰۰ درصد فرض شده است.

یک نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی در این مقاله به عنوان بخشی از هاب انرژی مسکونی در نظر گرفته شده است. جهت پیش بینی توان تولیدی ساعتی نیروگاه محلی که به عنوان داده ورودی برای مساله بهینه سازی در مطالعه موردی مورد نظر مان جهت بهره برداری بهینه از وسایل خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت زیر عمل می‌کنیم. نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی مورد استفاده در این مقاله با مطابق با مشخصات نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی مرجع [۱۷] می‌باشد.

ابتدا منحنی تابش خورشیدی با استفاده از رابطه [۱۸] ۱۵ و داده‌های گرفته شده از سایت سازمان ناسا [۱۹] و سازمان هوا شناسی [۲۰] برای شهر کرج و برای روز مورد نظر در مطالعه موردی به دست می‌آوریم. (شکل ۵)





$$I(t) = I_{noon} \sin \left[ \frac{180 \times (t - t_{sunrise})}{t_{sunset} - t_{sunrise}} \right] \frac{W}{m^2} \quad (15)$$

شکل ۵ - منحنی تابش خورشید در روز مطالعه

با استفاده از روابط زیر [۱۷] برای یک حوزه خورشیدی نرمالی سایز و داشتن تابش مستقیم خورشید، توان تولیدی نیروگاه گازی خورشیدی نمونه را در هر بازه زمانی به تفکیک میزان توان تولیدی سهم خورشید و گاز قابل محاسبه می‌باشد مجموع توان حرارتی خورشیدی در حوزه خورشیدی با استفاده از رابطه ۱۶ محاسبه می‌شود

$$Q_{total\ solar}(t) = \text{Heliostat Area} \times \text{DNI}(t) \quad (16)$$

توان حرارتی خالص خورشیدی که توسط گیرنده خورشیدی دریافت و وارد محفظه احتراق شده، با رابطه ۱۷ محاسبه می‌شود.

$$Q_{net\ solar}(t) = Q_{total\ solar}(t) \times \eta_{Field} \times \eta_{Receiver} \quad (17)$$

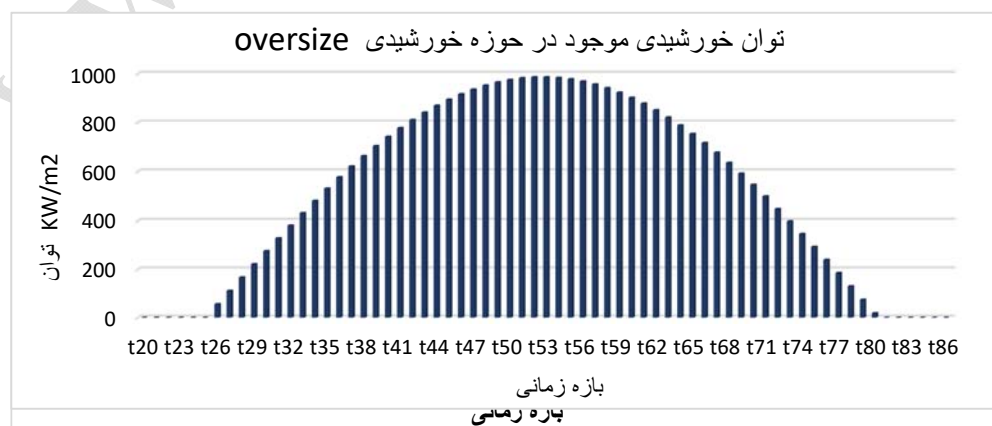
توان حرارتی که توسط سوختن گاز طبیعی در محفظه احتراق ایجاد شده با فرمول زیر محاسبه می‌شود

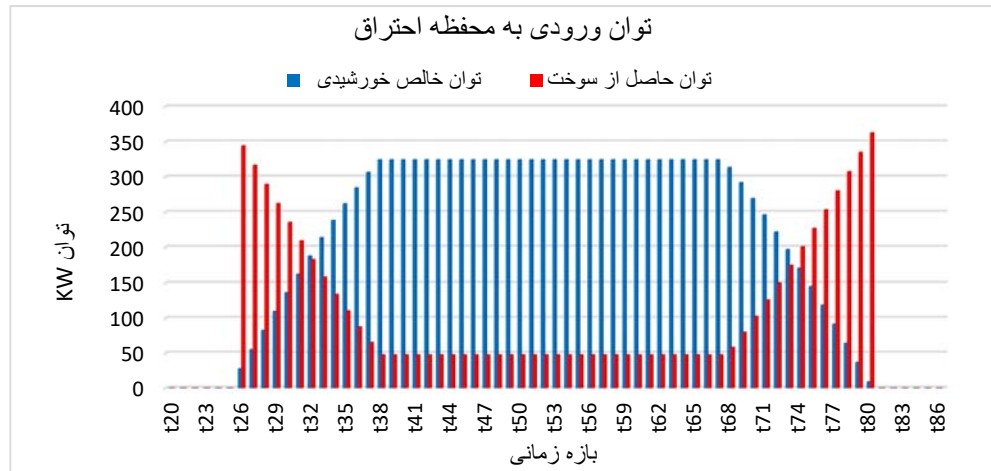
$$Q_{natural\ gas}(t) = \frac{100\ \text{KWe}}{\eta_{electric}} - Q_{net\ solar}(t) \quad (18)$$

اندازه حوزه کلکتور خورشیدی می‌تواند در دوره‌های متعدد خورشیدی (ترم‌های از Solar Multiple-SM) بیان و به این صورت تعریف شود: میزان توان حرارتی نامی تحویلی به وسیله حوزه  $Q_{field}$  به توان نامی دریافت شده توسط گیرنده  $Q_{rec}$  را سایز حوزه خورشیدی گویند و با رابطه ۱۳ نشان می‌دهند [۱۹].

$$SM = \frac{Q_{field}}{Q_{rec}} \quad (19)$$

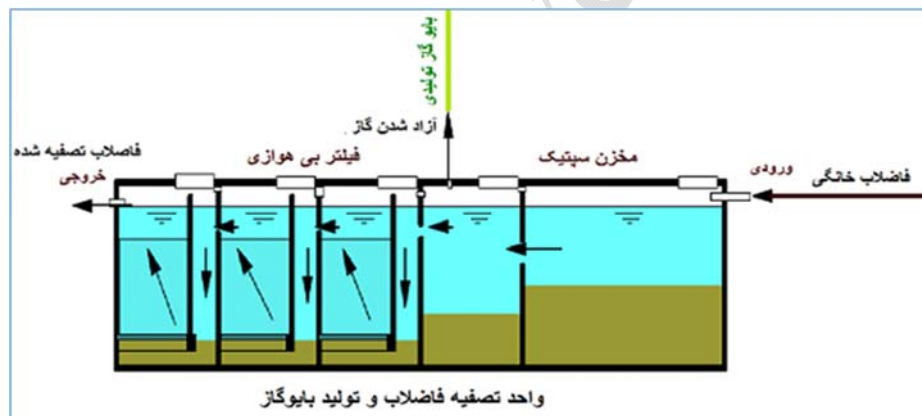
با یک حوزه خورشیدی در اندازه نرمال ( $SM=1$ )، قدرت حرارتی تحویل شده به گیرنده تنها در ظهر روز طراحی به مقدار نامی گیرنده می‌رسد، در زمان‌های دیگر، وقتی تابش خورشید ضعیف‌تر است دمای خروجی گیرنده کمتر از مقدار طراحی است. بنابراین در طول سال، تعداد ساعات بهره‌برداری خورشیدی بار کامل نسبتاً کم است. وقتی میدان کلکتور خورشیدی بزرگ است ( $SM > 1$  (Oversize)) توان حرارتی تحویلی به وسیله حوزه به گیرنده خورشیدی خیلی زودتر به مقدار نامی مورد نیاز گیرنده در طی روز می‌رسد، و به گیرنده اجازه می‌دهد تا در شرایط نامی برای یک مدت زمان طولانی‌تر بهره‌برداری انجام شود. در این روش معادل تعداد ساعات بهره‌برداری خورشیدی بار کامل می‌تواند افزایش یابد و سهم خورشیدی سالانه نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی افزایش یابد. با این حال در غیاب واحد ذخیره‌سازی، توان حرارتی بالاتر از تقاضای نامی نمی‌تواند مهار و استفاده شود (چون دمای گیرنده محدود است) و بعنوان مثال این انرژی بیش از حد، نیاز دارد تا از سیستم به وسیله عدم تمرکز یک بخش خاصی از حوزه کلکتور مسدود شود [۱۰]. افزایش Solar Multiple اجازه می‌دهد تا زمان بهره‌برداری





نامی گیرنده افزایش یابد. در کار حاضر از یک حوزه Oversize با مقدار  $SM=1.5$  استفاده نموده ایم. در این حالت توان کل موجود حوزه خورشیدی (شکل ۶) و توان حرارتی ورودی به محفظه احتراق میکروتوربین (شکل ۷) که شامل توان خالص خورشیدی دریافت شده توسط گیرنده خورشیدی و توان حاصل از سوخت است به صورت زیر خواهد بود.

شکل ۶ - توان کل موجود در حوزه خورشیدی Oversize ( $SM=1.5$ )



شکل ۷ - توان حرارتی ورودی به محفظه احتراق میکروتوربین در حوزه خورشیدی Oversize ( $SM=1.5$ )

با استفاده از توان حرارتی مورد نیاز در هر بازه زمانی می‌توان میزان گاز مصرفی نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی را محاسبه نموده و در میزان پرداخت هزینه‌های انرژی توسط مشتری و همچنین سهم هر مشترک خانگی محاسبه نمود. واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایوگاز در نظر گرفته شده برای هاب انرژی مسکونی، یک سیستم هیبرید متشکل از مخزن سپتیک و تصفیه بی‌هوازی با بستر فیلترهای ثابت می‌باشد (شکل ۸) [۱۱]. سرانه تولید فاضلاب در صفحه گسترده (فایل excell) جدول ۱ با تعریف فاضلاب خانگی بر اساس تعداد افراد و فاضلابی که آنها تخلیه می‌کند، آورده شده است. مقدار BOD و شکل‌های مصرف آب به طور گسترده‌ای از جایی به جای متفاوت است بنابراین باید با دقت زیادی در این زمینه تحقیق شود.

شکل ۸ - واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایوگاز هیبرید متشکل از مخزن سپتیک و تصفیه فیلتر بی‌هوازی [۱۱]



جدول ۱ - سرانه تولید فاضلاب در هاب مسکونی پیشنهادی [۱۱]

سرانه تولید فاضلاب در هاب انرژی مسکونی 200 واحدی											
صفحه	Extra	طراحی	ظرف تصفیه	فیلترهای وزانه	بایوگاز	لستون	فیلتر	بیهوای (AE)	بهره (BOD)	سپتیک (ST)	یکپارچه
ضریب حذف BOD/COD	حذف COD	حذف BOD	حذف COD	حذف BOD	حذف COD	حذف BOD	حذف COD	حذف BOD	حذف COD	حذف BOD	حذف COD
محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده
ratio	633.33%	33.33%	633.33%	132	9	1.9	165	55	800	12	132
1.06	25.97%	24.50%	36	2	0.42	25	50-300	40-65	12	12	132
داده های تصفیه											
درصد حذف COD از کل سیستم	خروجی COD از AF	درصد حذف COD فقط در AF	ضرایب برای محاسبه میزان حذف COD در فیلتر بی هوای				HRT داخل رآکتور AF	میزان حفره ها در جرم فیلتر	سطح ویژه فیلتر متوسط	جریان BOD در مخزن سپتیک	جریان COD در مخزن سپتیک
محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده بر طبق نمودار ها و گراف ها				انتخاب شده	داده شده	داده شده	محاسبه شده	محاسبه شده
%	mg/l	%	f-temp	f-strenght	f-surface	f-HRT	h	%	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	mg/l	mg/l
81.43%	117.57	75.40%	1	0.91	1	0.69	30	35.00%	100	246.52	477.92
80-100 30-45 24-48 h											
داده ها و ابعاد مخزن سپتیک											
حجم واقعی برای مخزن سپتیک	حجم تضمینی برای لجن	تجمع لجن	طول داخلی دومین مخزن		طول داخلی اولین مخزن		حداقل عمق آب در نقطه ورودی	عرض داخلی سپتیک تانک	خروجی BOD از AF	درصد حذف BOD از کل سیستم	ضریب حذف COD/BOD
محاسبه شده	مورد نیاز	محاسبه شده	انتخاب شده	انتخاب شده	انتخاب شده	انتخاب شده	انتخاب شده	انتخاب شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	l/Kg BOD	m	m	m	m	m	m	mg/l	%	ratio
53.16	52.82	0.00	4.5	4.47	8.94	9	2.25	1.75	45.38	86.37%	1.06
sludge 1/g BODrem.											
بررسی ۱				تولید بایوگاز				داده ها و ابعاد فیلتر بی هوای			
مکانیزم جریان سرعت داخل حفره فیلتر	بار اگزائیک بر روی حجم فیلتر COD	مجموع	خروجی از فیلتر بی هوای	خروجی از مخزن سپتیک	ارتفاع فیلتر - بالای ۴۰ سانتی متر زیر سطح آب	فضای زیر فیلتر (سنگهای بزرگ)	عرض مخزن فیلتر بی هوای	تعداد مخازن فیلتر بی هوای	طول هر مخزن	عمق مخازن فیلتر بی هوای	حجم مخازن فیلتر بی هوای
محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	انتخاب شده	مورد نیاز	انتخاب شده	انتخاب شده	انتخاب شده	محاسبه شده
m/h	kg/m <sup>3</sup> *d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m	m	m	No.	m	m	m <sup>3</sup>
1.89	1.11	17.01	11.89	5.12	1.95	0.6	5.55	5	3	3	165
< 2.0 < 4.5											

داده های واجب فاضلاب برای محاسبه و انتخاب صحیح برای طراحی واحد DEWATS عبارتند از: جریان روزانه فاضلاب بر حسب متر مکعب در روز، زمان بیشترین جریان فاضلاب بر حسب ساعت یا داده های دیگر برای توصیف نوسانات، مقدار میانگین COD بر حسب میلی گرم بر لیتر و دامنه نوسان، مقدار متوسط BOD بر حسب میلی گرم بر لیتر و یا متوسط نسبت COD/BOD، مقدار مواد جامد معلق (SS) بر حسب میلی گرم بر لیتر، درصد مواد جامد قابل حل بر حسب میلی گرم بر لیتر، زمان ماند هیدرولیک (HRT) و دمای محیط و دمای فاضلاب در منبع [۱۱]

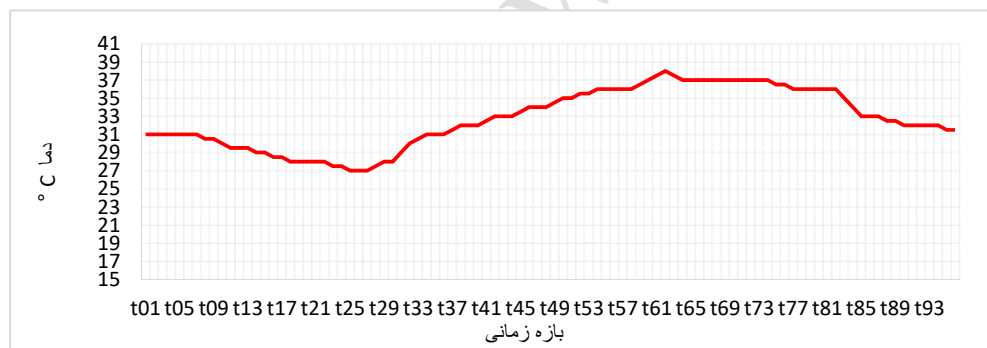
جدول ۲ - داده ها ورودی و اصلاحات خروجی حاصل از طراحی واحد تصفیه فاضلاب [۱۱]



پس از بررسی و مطالعه مرجع [۱۱] و روابط داده شده و همچنین در نظر گرفتن سرانه تولید فاضلاب در هاب انرژی مورد مطالعه، واحد تصفیه فاضلاب مورد نظر طراحی و میزان بایوگاز بدست آمده از آن واحد محاسبه شده است. داده‌ها و اصلاحات بدست آمده از محاسبات در صفحه Excel (جدول ۲) آورده شده است. مشاهده می‌شود که در مجموع ۱۷ متر مکعب بایوگاز از واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایوگاز روزانه استحصال می‌شود که در نیروگاه گازی خورشیدی مصرف می‌شود.

#### ۴- شبیه‌سازی و تحلیل نتایج

در این بخش تحلیل و بررسی نتایج شبیه‌سازی مربوط به مدل ریاضی هاب انرژی خانگی ارائه می‌شود. قبلاً مطالعات وسیعی در مراجع [۱۴]، [۲۱] و [۲۲] برای معتبر ساختن مدل ریاضی و بررسی و آزمایش عملکرد آن برای هاب انرژی خانگی انجام شده است. مطالعه موردی انجام شده در این پایان‌نامه برای مشتری مسکونی در شهر کرج با پارامترها و مقادیر دستگاه‌های خانگی که به درستی انتخاب شده و با استفاده از ورودی داده‌های واقعی برای درجه حرارت خارجی، سطوح روشنایی، قیمت‌های انرژی و توان تولید نیروگاه گازی خورشیدی ترکیبی نمونه انجام شده است. وسایل خانگی در نظر گرفته شده در شبیه‌سازی شامل یخچال، فریزر، ماشین ظرفشویی، لباسشویی و خشک‌کن، گرمایش، تهویه مطبوع (کولر)، روشنایی (سیستم روشنایی خانه به پنج ناحیه تقسیم شده است، ناحیه ۱ سالن، ناحیه ۲ آشپزخانه، ناحیه ۳ اتاق مستر، ناحیه ۴ اتاق ۱، ناحیه ۵ اتاق ۲)، سیستم تولید / ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی و همچنین واحد تولید بایوگاز می‌باشد. به منظور انجام شبیه‌سازی مدل برای هاب انرژی مسکونی، انتخاب مناسب مقادیر پارامترهای مدل که نزدیک به مقادیر واقعی باشد، بسیار مهم است. بسیاری از این پارامترها برای سیستم‌های عملی نیاز دارند که با برآورد مناسب، لوازم تست



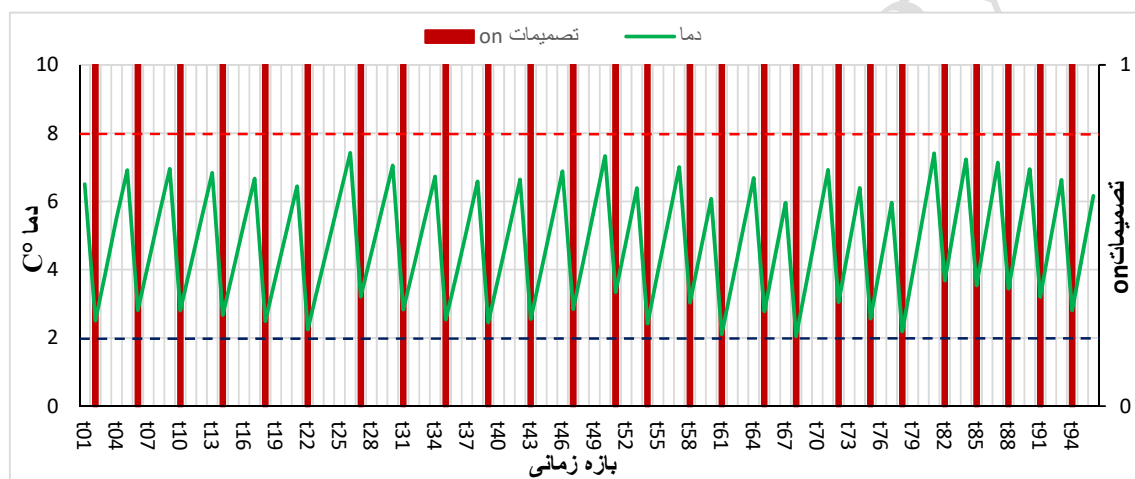
اجرائی و ترجیحات مشتریان تعیین شده باشند. ورودی‌های خارجی و داده‌ها و تنظیمات فرضی پارامترهای دستگاه‌ها برای استفاده در این مقاله را می‌توان در [۲۲] پیدا نمود.

مساله بهینه‌سازی با روش برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح خطی و هدف کاهش هزینه‌های مصرف انرژی با توجه به آسایش و سلاقی مشتریان و با استفاده از نرم‌افزار GAMS مدل‌سازی شد و توسط حل‌کننده CPLEX حل شده است. برنامه‌های بهره‌برداری از وسایل مختلف برای حداقل نمودن هزینه مصرف انرژی با در نظر گرفتن آسایش و سلاقی مشتریان در یک روز معمولی در مرداد ماه ایجاد شده و در قیمت‌گذاری انرژی الکتریکی از روش زمان استفاده TOU و قیمت‌گذاری گاز طبیعی روش قیمت‌گذاری ثابت FRP در نظر گرفته شده است. دمای هوا محیط در روز مطالعه مطابق با منحنی شکل ۹ بوده است [۲۰]. در نتایج ارائه شده محدودیت‌های بالایی و پایینی هر متغیر توسط خط چین پر نشان داده شده است.

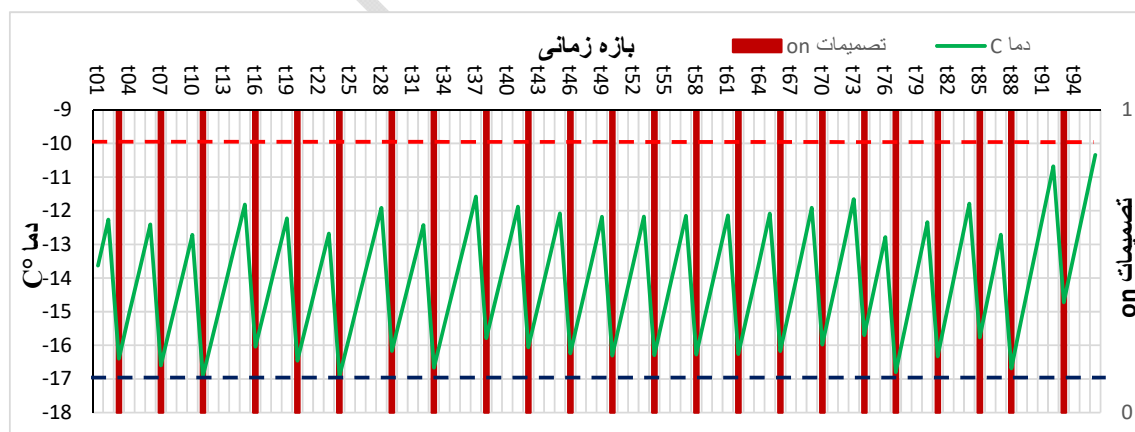


شکل ۹- منحنی تغییرات دما در روز مطالعه

نتایج شبیه‌سازی به دست آمده از مدل در شکل‌های ۱۰ الی ۱۷ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که درجه حرارت داخل خانه، آبگرمکن، یخچال و فریزر بین نقاط تنظیمی تعریف شده توسط کاربر برای رسیدن به هدف حداقل‌سازی هزینه مصرف انرژی با در نظر گرفتن راحتی و سلیقه مشتریان دنبال می‌شود در این حالت، ماشین ظرفشویی و لباسشویی، خشک‌کن و جاروبرقی با توجه پنجره‌های زمانی بهره‌برداری تعریف شده توسط کاربر برنامه‌ریزی شده‌اند. برای سیستم‌های روشنایی در هر بازه زمانی با توجه به اولویت‌های مشتری، حداقل سطوح روشنایی مورد نیاز ایجاد شده است. همچنین سطح ذخیره‌سازی ESD در داخل محدوده بالا و پایین تغییر می‌کند و برنامه‌ریزی مدل بهینه، دشارژ انرژی ذخیره‌شده در سیستم ذخیره‌سازی در دوره قیمت بالای انرژی انجام داده است.



شکل ۱۰- تغییرات دمای یخچال و تصمیمات بهره‌برداری بهینه آن



شکل ۱۱- تغییرات دمای فریزر و تصمیمات بهره‌برداری بهینه آن

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

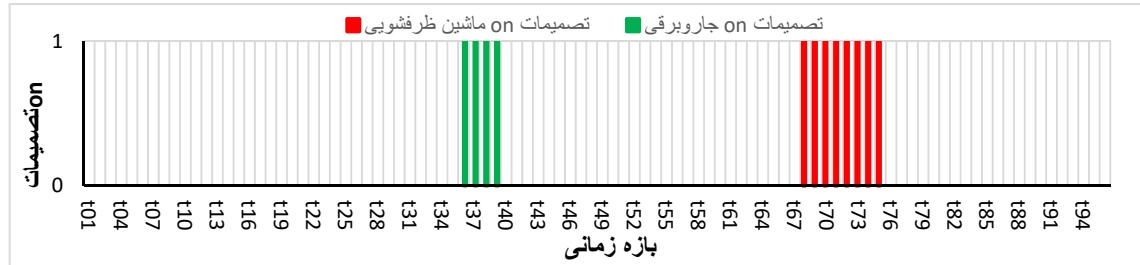
دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

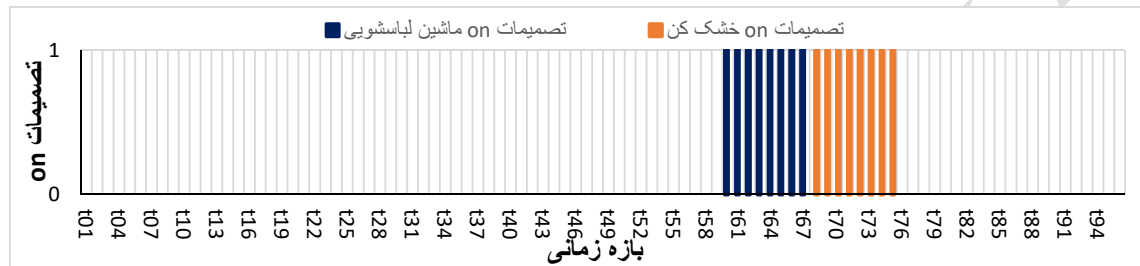
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir

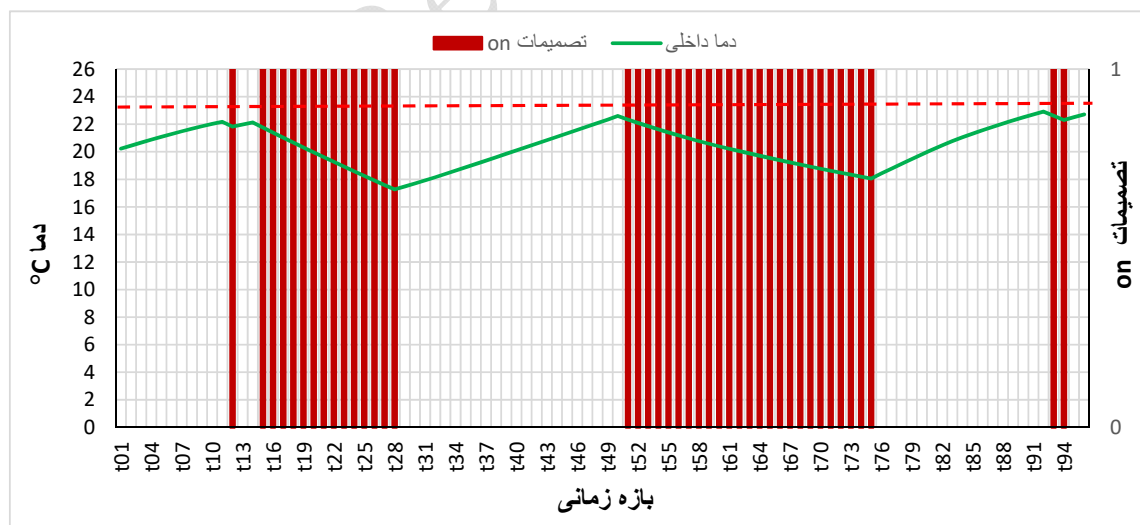


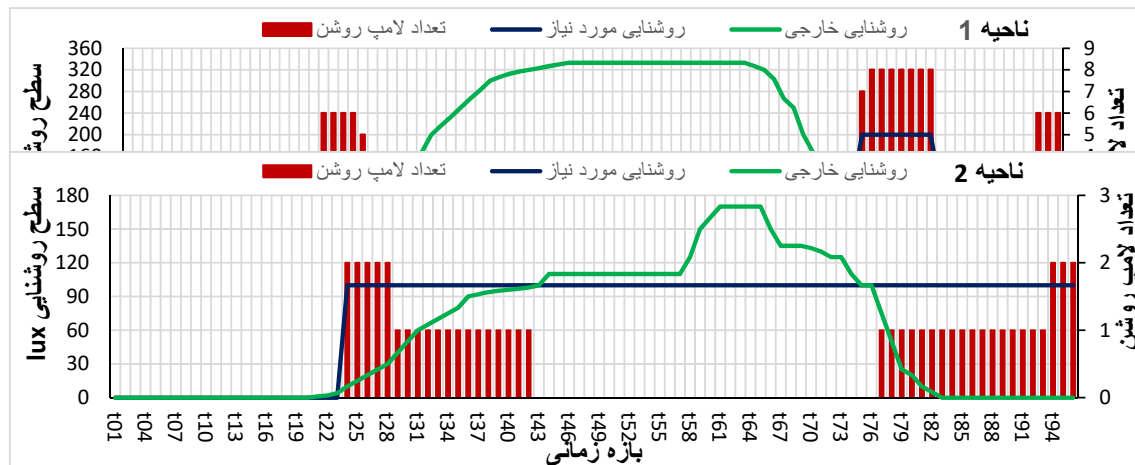
شکل ۱۲- تغییرات دما داخلی و تصمیمات بهره برداری بهینه کولر



شکل ۱۳- تصمیمات بهره برداری بهینه ماشین ظرفشویی و جاروبرقی

شکل ۱۴- تصمیمات بهره برداری بهینه ماشین لباس شویی و خشک کن

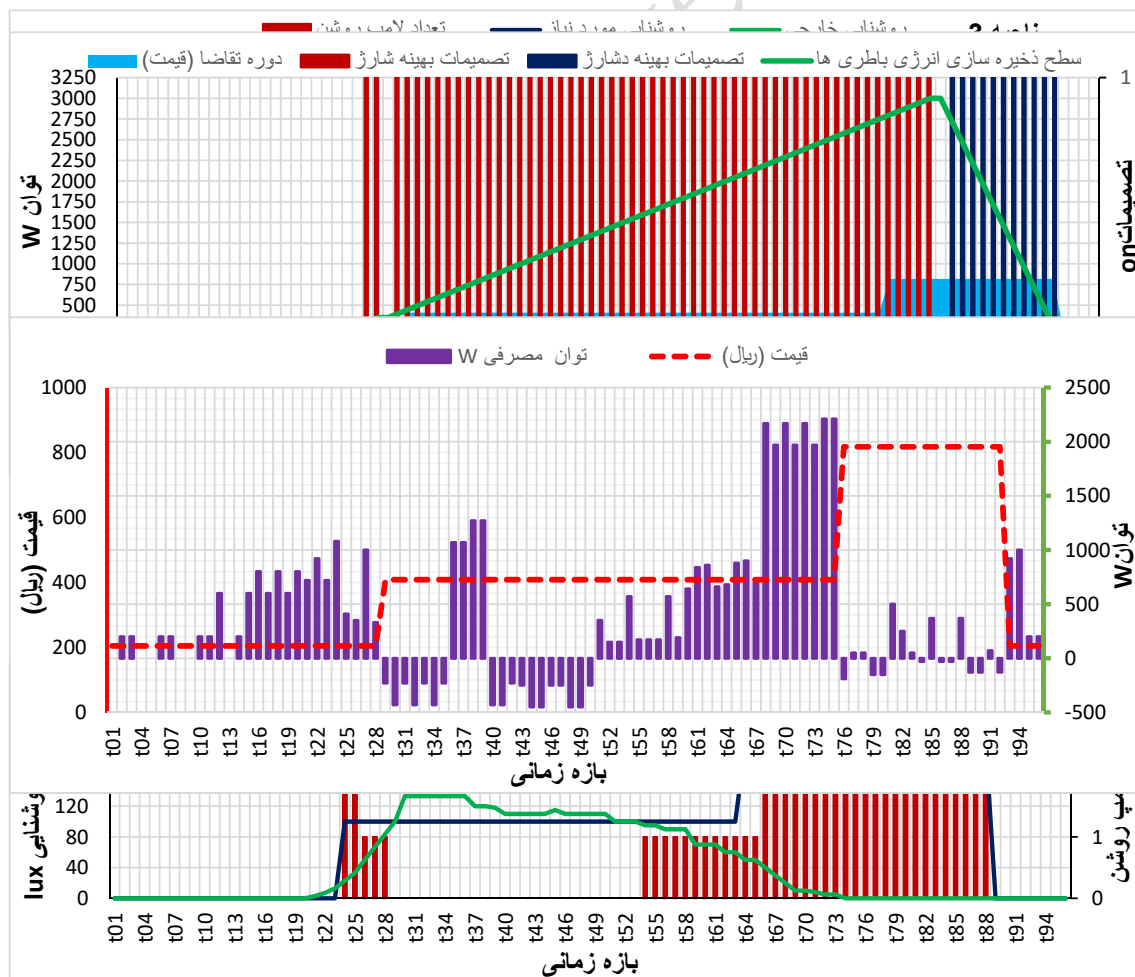




شکل ۱۵- تصمیمات بهره برداری بهینه شارژ و دشارژ و سطح ذخیره سازی باتری ها

شکل ۱۶- میزان مصرف انرژی الکتریکی واحد مسکونی

شکل ۱۷- سطوح روشنایی و تصمیمات تعداد لامپ روشن نواحی ۱ تا ۵





## ۵- نتیجه‌گیری

در کار حاضر نسبت به کار قبلی واحد تصفیه فاضلاب و تولید بایوگاز را به هاب انرژی مسکونی اضافه نمودیم و از بایوگاز تولیدی این واحد به عنوان سوخت در ترکیب با گاز طبیعی در نیروگاه گازی خورشیدی هیبریدی استفاده نموده ایم. با انجام برنامه ریزی بهینه در هاب انرژی مسکونی، هزینه‌های انرژی مشترک تا ۳۹ درصد بابت جابه‌جایی تقاضا به ساعات غیر پیک کاهش یافته است در حالی که به راحتی و آسایش مشتریان توجه شده است. نتیجه این جابه‌جایی یک پیک تقاضای ۲۲۱۰ وات برای مشترک در ساعت ۱۸:۱۵ تا ۱۸:۴۵ بعد از ظهر می‌باشد (شکل ۱۶). خلاصه‌ای از نتایج بهینه‌سازی مساله در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- خلاصه‌ای از نتایج بهینه‌سازی مساله

مجموع هزینه انرژی الکتریکی قبل از بهینه‌سازی	۶۷۱۰ ریال
مجموع هزینه انرژی الکتریکی بعد از بهینه‌سازی	۳۳۳۲ ریال
درصد کاهش هزینه انرژی الکتریکی	۵۰/۳ درصد
هزینه گاز مصرفی در نیروگاه محلی سهم مشتری	۷۸۹ ریال
مجموع هزینه‌های انرژی الکتریکی و گاز مصرفی	۴۱۲۱ ریال
درصد کاهش کل هزینه‌های پرداختی انرژی توسط مشتری	۳۹ درصد

## مراجع

- [1] "Emissions of greenhouse gases in the united states 2006," U.S. Department of Energy: Energy Information Administration, Tec. Rep DOE/EIA 0573, Nov. 2007.
- [2] F. Rahimi and A. Ipakchi, "Demand response as a market resource under the smart grid paradigm," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 1, no. 1, pp. 82 - 88, 2010.
- [3] F. Rahimi and A. Ipakchi, "Overview of demand response under the smart grid and market paradigms," in Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2010, pp. 1-7.
- [4] A. Moholkar, P. Klinkhachorn, and A. Feliachi, "Effects of dynamic pricing on residential electricity bill," in Proc. IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, vol. 2, 2004, pp. 1030-1035.
- [5] H. Allcott, "Rethinking real time electricity pricing," MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, Tech. Rep. MIT-CEEPR-2009-015, Oct. 2009. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1721.1/51713>
- [6] C. M. Chu and T. L. Jong, "A novel direct air-conditioning load control method," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 23, no. 3, pp. 1356-1363, Aug. 2008.
- [7] R. P. Hamalainen and J. Mantysaari, "Dynamic multi-objective heating optimization," European Journal of Operational Research, vol. 142, no. 1, pp. 1-15, 2002.
- [8] K. Bhattacharyya and M. L. Crow, "A fuzzy logic based approach to direct load control," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 11, no. 2, pp. 708-714, May 1996.
- [9] M. A. A. Pedrasa, T. D. Spooner, and I. F. MacGill, "Coordinated scheduling of residential distributed energy resources to optimize smart home energy services," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 1, no. 2, pp. 134-143, 2010.
- [10] James D. Spelling, Hybrid Solar Gas-Turbine Power Plants, KTH Royal Institute of Technology, School of Industrial Engineering and Management Department of Energy Technology, pp. 62-71, 2013.
- [11] Ludwig Sasse, "DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries", 1998, BORDA-Bremen Overseas Research and Development Association



مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های شیمیایی

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



[12] M. Geidl and G. Andersson, "Optimal power ow of multiple energy carriers," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 22, no. 1, pp. 145-155, Feb. 2007.

[13] J. Han, H. Lee, and K. R. Park, "Remote-controllable and energy-saving room architecture based on zigbee communication," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 55, no. 1, pp. 264-268, 2009.

[14] M. Ch. Bozchalui, S. A. Hashmi, H. Hassen "Optimal Operation of Energy Hubs in Smart Grids", IEEE Transactions On Smart Grid, Vol. 3, No. 4, December 2012

[۱۵] گروه انرژی و مدیریت مصرف انرژی، آذر ماه ۱۳۸۷، تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از بارگیری فیدهای شرکت توزیع شهرستان کرج، کد پروژه PENDE14، پژوهشگاه نیرو، فصل هفدهم ص ۷۶۰ - ۷۷۵

[۱۶] شعبانی شیجانی علی، عفت نژاد رضا، هدایتی مهدی، "بهره برداری بهینه از هاب انرژی مسکونی در شبکه های هوشمند"، بیست و یکمین کنفرانس ملی شبکه های توزیع نیروی برق، اردیبهشت ۱۳۹۵

[17] Daniel James Murray, "Small-Scale Solar Central Receiver System Design and Analysis", the Faculty at California Polytechnic State University San Luis Obispo, pp 42-49, June 2012

[۱۸] آزاد عزت اله، قائم مقامی سید جلال، انرژی خورشیدی، ۱۳۶۷، انتشارات دانشگاه تهران

[19] <http://www.photovoltaic-software.com/solar-radiation-database.php>

[20] [http://www.wunderground.com/history/airport/OIII/2007/8/5/DailyHistory.html?req\\_city=Karaj++Payam&req\\_state=&req\\_statename=Iran&reqdb.zip=00000&reqdb.magic=1&reqdb.wmo=WOIIP](http://www.wunderground.com/history/airport/OIII/2007/8/5/DailyHistory.html?req_city=Karaj++Payam&req_state=&req_statename=Iran&reqdb.zip=00000&reqdb.magic=1&reqdb.wmo=WOIIP)

[21] S. A. Hashmi, "Evaluation and improvement of the residential energy hub management system," Master's thesis, University of Waterloo, Sept. 2010.

[22] H. Hassen, "Implementation of energy hub management system for residential sector," Master's thesis, University of Waterloo, April 2010.

A	مجموعه وسایل	A={ AC, HT, FR, LI, LPP, ESD, PMP, STV, WH, DW, WR, DRY, VM}
T	مجموعه ی اندیس ها در افق برنامه ریزی	Pdch
Ti	مجموعه دوره زمانی که دستگاه ا در آن ممکن است بهره برداری شود	$\theta_i^{max}$
$\tau$	طول بازه زمانی	$\theta_i^{min}$
i	اندیس وسایل (لوازم)	AC
t	اندیس فاصله زمانی	HT
z	اندیس زون ها	FR
J	تابع هدف	LI
AL(t)	سطح فعالیت در زمان t	Lpp
ALfr(t)	سطح فعالیت یخچال در زمان t	ESD
$\alpha_i$	اثر سرمایش / گرمایش حالت روشن دستگاه ا بر روی متغیر متناظر $\frac{^{\circ}C}{interval}$	DW
$\beta_i$	اثر سرمایش / گرمایش حالت خاموش دستگاه ا بر روی متغیر متناظر $\frac{^{\circ}C}{interval}$	WR
$\gamma_i$	اثر سرمایش / گرمایش سطح فعالیت بر روی متغیر متناظر $\frac{^{\circ}C}{unit\ of\ AL}$	DRY
Ced(t)	قیمت تقاضای برق در زمان t	VM
Ces(t)	قیمت عرضه برق در زمان t	Inoon
$S_i(t)$	وضعیت دستگاه ا در زمان t، متغیر باینری On / Off	tsunrise
chdi(t)	انرژی شارژ شده در دستگاه ا در بازه زمانی t ام	tsunset
dchi	انرژی شارژ شده از دستگاه ا در طول یک بازه زمانی	I(t)
ESL <sub>LPP</sub> (t)	سطح ذخیره سازی انرژی نیروگاه محلی در زمان t	Q <sub>total solar</sub> (t)

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی کیمیا

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



متغیر باینری ، وضعیت شارژ انرژی نیروگاه در سیستم ذخیره ساز	Heliostat Area	مساحت حوزه خورشیدی	$S_{Lpp,chi}(t)$
متغیر باینری ، وضعیت دشارژ انرژی نیروگاه در سیستم ذخیره ساز	DNI(t)	میزان تابش مستقیم خورشید	$S_{Lpp,dch}(t)$
دمای داخل یخچال در زمان $t$	$Q_{net\ solar}(t)$	توان حرارتی خالص خورشیدی	$\Theta_{it}(t)$
میزان توان دستگاه $i$	$\eta_{field}$	راندمان حوزه خورشیدی	$P_i$
مصرف انرژی الکتریکی خانه در زمان $t$	$\eta_{Receiver}$	راندمان گیرنده خورشیدی	EEC(t)
متغیر ساختگی برای محاسبه $AL_{fr}(t)$ سطح فعالیت یخچال	$Q_{natural\ gas}(t)$	توان حرارتی که توسط سوختن گاز طبیعی ایجاد شده	EEC1(t)
تعداد لامپ روشن شده در ناحیه $z$ در زمان $t$	$\eta_{electric}$	راندمان سیستم الکتریکی	$nz(t)$
میزان توان مصرفی توسط سیستم روشنایی ناحیه $z$	SM	اندازه حوزه کلکتور خورشیدی	$P_{Liz}$
توان تولیدی نیروگاه محلی	$Q_{field}$	توان حرارتی نامی تحویلی به وسیله حوزه	$P_{Lpp}$
سطح توان قابل شارژ از سیستم ذخیره ساز	$Q_{rec}$	توان نامی دریافت شده توسط گیرنده	Pchd