DOR: 20.1001.1.24234931.1399.7.2.10.9

سال هفتم، شماره دوم، پائیز و زمستان ۱۳۹۹، ص ص ۸۱- ۸۶

فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۹

مروری بر جایگاه و نقش انرژی‌های تجدید پذیر در توسعه سیستم‌های انرژی هوشمند

امین‌عباس گلشن‌فرد[۱]، یونس نوراللهی[*۲،۳]، حسین یوسفی[۲]، شیوا انصاری پور[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مهندسی سیستم‌های انرژی، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، گروه مهندسی انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۳- آزمایشگاه تحقیقاتی مدلسازی انرژی و توسعه سیستمهای انرژی پایدار (متساپ)، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

* تهران، صندوق پستی:۱۴۳۹۹۵۷۱۳۱، Noorollahi@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به اهمیت و اثرات توسعه سیستم‌های انرژی بر روی پارامترهای زیست محیطی و به طور کلی زندگی مردم، لازم است تغییراتی در این سیستم‌ها به وجود آید تا علاوه بر کاهش مصرف انرژی ، فواید زیست محیطی، ارتقاءِ امنیت انرژی، تنوع در سبد انرژی، انعطاف در تبادلات انرژی بین اجزای یک سیستم انرژی و ... حاصل شود. بدین منظور جوامع ملزم به حرکت به سمت توسعه سیستم‌های انرژی هوشمند تعاملی خواهند بود، این سیستم‌ها مجموعه‌ای از شبکه‌های هوشمند گاز، حرارت و الکتریسیته و همچنین ذخیره‌کننده‌ها با تکنولوژی متفاوت هستند که در کنار یکدیگر با بهینه ترین حالت مدیریت و برنامه‌ریزی می‌شوند علاوه بر این انرژی های تجدید پذیر در نقش تولید کننده حرارت و الکتریسیته می توانند ایفای نقش کنند. یکی از مهم‌ترین ویژگی سیستم‌های انرژی هوشمند تمایل استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در این سیستم‌ها می‌باشد. در مقالات بررسی شده در این حوزه معیار اصلی مقدار توان ورودی‌ها و هزینه بر واحد آن‌ها بوده است که عمدتا با هدف کاهش هزینه‌ها و کاهش انتشار کربن دی اکسید و یا بیشینه کردن سهم تجدید پذیرها از روش‌های معمول برنامه‌ریزی ریاضی و یا استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری فرموله و بهینه‌سازی شده‌اند. همچنین با توجه به اهمیت این سیستم‌ها، مفاهیم ۱۰۰٪ انرژیهای تجدید پذیر مطرح شده اند که طی چشم انداز ۳۰ساله تعدادی از کشورهای توسعه یافته، برای تحقق این امر تلاش می‌کنند.

کلیدواژگان: سیستم‌های انرژی هوشمند، انرژی تجدیدپذیر، بهینه‌سازی، برنامه‌ریزی و مدیریت

The role of renewable energies on smart energy systems - A review

Aminabbas Golshanfard[1], Younes Noorolahi[2,3*], Hosein Yousefi[2] and Shiva Ansaripour[1]

1- Master of Science (MSc) Student, Energy systems Engineering, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Energy Modelling and Sustainable Energy Systems Research Lab., Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

* P.O.B. 1439957131, Tehran, Iran, Noorollahi@ut.ac.ir

Received: 17 September 2019 Accepted: 10 December 2019

Abstract

Due to the importance and effects of energy systems planning on environmental parameters and living standards, it is necessary to change these systems to achieve environmental benefits, improve the energy security, diversifying the energy basket, flexibility in energy exchanges between energy system components and etc. For this purpose, the energy supply of the society requires to move toward the smart energy system. These systems are a set of smart gas, heat and electricity grids with different technologies and accessibility that are planned and managed to work together. One of the most important features of smart energy systems is to use and increase the share of renewable energy sources. In the literature investigated in this field revealed that, the main criteria are the amount of power inputs and its cost per unit, mainly with the aim of reducing costs and decreasing the carbon dioxide emissions, maximizing the share of renewable resources. For formulating and modelling of such systems the conventional mathematical programming methods or metaheuristic methods are used. As well as the importance of these systems and the concepts of 100 % renewables are proposed by most of the developed countries next 30 - years.

Keywords: Smart energy systems; Renewable energy; Optimization; Planning and management

۱- مقدمه

با نگاهی به معضلات جوامع امروزی که از مهم‌ترینِ آن‌ها می‌توان به آلودگی هوا و به دنبال آن گرم شدن زمین اشاره کرد، می‌توان دریافت که بشر ناچار است به سمتی حرکت کند تا مقدار آلاینده‌ای که به فعالیت‌های او مرتبط می‌شود را به حداقل رسانیده و روز به روز سایه‌ی این تهدید را از روی ساکنین این کره خاکی دور کند. طبق گزارش مجمع تغییر اقلیم در رابطه با یک و نیم درجه افزایش دمای کره زمین بعد از انقلاب صنعتی، حاکی از تاثیر بسزای احتراق سوخت های فسیلی در انتشار گازهای گلخانه ای می‌باشد. امروزه مشکلات تغییر اقلیم، گرمایش زمین و بالارفتن شمار بیماری های تنفسی، قلبی و ... نگرانی کشورهای جهان را برانگیخته است. معاهده پاریس در سال ۲۰۱۵، برای ایجاد تعادل بین میزان تولید آلاینده های حاصل از فعالیت های انسانی و رشد توسعه پایدار در نیمه دوم این قرن و کنترل افزایش دما زمین برای حفظ آن زیر دو درجه، منعقد گردید [۱]. با انعقاد چنین پیمان‌هایی استفاده هر چه بیشتر از انرژی‌های تجدید پذیر جهت تثبیت و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی مطرح گردیده است [۲] به طوری که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، حدود ۱۰۲۰۰ میلیارد کیلووات ساعت انرژی الکتریکی از منابع انرژی‌های تجدید پذیر حاصل شود [۳].

با توجه به اهمیت تولید، توزیع و مصرف منابع انرژی در انتشار آلاینده ها، برنامه‌ریزی و مدیریت عرضه و تقاضای انرژی در قالب سیستم‌های انرژی با قابلیت مدیریت پذیری و برنامه ریزی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. لذا با عنایت به اثرات سیستم‌های انرژی بر روی موارد بیان شده، لازم است تغییراتی در این سیستم‌ها به وجود آید تا علاوه بر فواید زیست محیطی، بهبود امنیت انرژی، تنوع در سبد انرژی، انعطاف در تبادلات انرژی بین اجزای سیستم‌های انرژی و ... حاصل شود. به بیانی دیگر سیستم‌های انرژی هوشمند، مقصد این حرکت رو به جلو خواهند بود [۴]. پس می‌توان گفت، سیستم‌های هوشمند انرژی شامل شبکه‌های هوشمند گاز، حرارت و الکتریسیته و همچنین ذخیره‌کننده‌ها با تکنولوژی متفاوت هستند که با یکدیگر ترکیب شده و در بهینه‌ترین موقعیت برای هر بخش و همچنین کل سیستم به فعالیت می‌پردازند، به این اجتماع هوشمندانه، سیستم‌های هوشمند انرژی می‌گویند.

۲- مفهوم سیستم‌های انرژی هوشمند

در سال‌های اخیر اصطلاحات "انرژی هوشمند" و یا " سیستم‌های انرژی هوشمند" برای بیان رویکردی گسترده تر از "شبکه هوشمند" مورد استفاده قرار گرفته است. شبکه هوشمند عمدتاً تنها بر روی بخش الکتریسیته متمرکز شده است اما سیستم‌های انرژی هوشمند بر روی تلفیق بخش‌های مختلف انرژی از جمله برق، گرمایش، سرمایش، صنعت و حمل و نقل تمرکز و مدیریت کلان دارد. به عبارتی دیگر شبکه های هوشمند زیر مجموعه‌ای از سیستم‌های انرژی هوشمند هستند. به طور کلی بهره‌گیری از منابع انرژی پایدار و انرژی‌های تجدید پذیر نقش بسیار مهمی در سیستم‌های انرژی هوشمند ایفا کرده و در بهبود عملکرد آن‌ها تاثیر گذار است. مفهوم سیستم های انرژی هوشمند بیان‌گر همکاری‌ها، تبادل و هماهنگی بین منابع و مصارف بخش‌های مختلف انرژی برای تامین تمام تقاضای انرژی سیستم با مصرف حداقلی منابع اولیه انرژی، حداقل انتشار آلاینده ها و قیمت مناسب است. این ارتباط و هماهنگی در قالب شکل ۱ نشان داده شده است. به طور کلی سیستم‌های انرژی دارای سه بخش اصلی شامل منابع عرضه (تولید)، مبدل‌ها و تقاضا (مصارف) می‌باشد. محوریت سیستم‌های انرژی مرسوم بر پایه سوخت‌های فسیلی بوده و در قسمت منابع تولید بزرگترین سهم مربوط به سوخت‌های فسیلی می‌باشد. تقاضا در سیستم‌های انرژی به سه دسته حمل و نقل، الکتریسیته و گرمایش تقسیم می‌شود که در سیستم‌های انرژی معمول، بخش گرمایش از بویلرها یا به صورت الکتریکی، سرمایش نیز به صورت الکتریکی، برق با استفاده از نیروگاه‌های مبتنی بر سوخت فسیلی و حمل و نقل نیز توسط خودروهای احتراق داخلی تامین می‌شود [۵] و همین تمرکز زیاد بر بخش سوخت فسیلی باعث کاهش امنیت انرژی و مسائل مرتبط با کاهش قابلیت اطمینان، آلودگی‌های محیط زیست و ... می‌شود [۶].

در شکل ۱، یک سیستم انرژی هوشمند نوعی را مشاهده می‌کنید با توجه به این شکل، در سیستم‌های انرژی هوشمند شاهد تغییرات اساسی در هر سه بخش تولید و تبدیل و تقاضا هستیم. از آن جا که این سیستم‌ها با محوریت منابع انرژی پایدار و منابع تجدیدپذیر شکل گرفته‌اند، مشاهده می‌شود که در قسمت عرضه، سوخت‌های زیستی، انرژی باد و خورشید سهم عمده‌ای از منابع تولید را تشکیل داده و در قسمت مبدل‌ها نیز از سیستم‌های ترکیبی مانند سیستم‌های تولید همزمان[1] و پمپ حرارتی استفاده شده است یا به عبارتی دیگر تعاملات و تبادلات در این سیستم‌ها به مراتب از سیستم‌های انرژی معمول و سنتی بیشتر شده است [۵]. علاوه بر این اجزا، ذخیره‌کننده‌ها نیز نقش بسزایی در پایداری و افزایش قابلیت اطمینان این سیستم‌ها ایفا می‌کنند. تغییر اساسی دیگری که در سیستم‌های انرژی هوشمند ایجاد شده است، اضافه شدن خودروهای الکتریکی[2] به سیستم است که اضافه شدن این دسته از خودروها نه تنها باعث کاهش انتشار آلاینده‌های محیط زیستی شده است بلکه در مسائل فنی شبکه همانند تسطیح منحنی بار، ذخیره انرژی الکتریکی یا به عنوان رزرو چرخان و ابزاری به منظور تنظیم ولتاژ و فرکانس در شبکه می‌توانند بسیار کارآمد باشند [۷].

۳- مرور تحقیقات گذشته

در این بخش به مرور پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه پرداخته شده و آن ها در دو دسته برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی هوشمند و بیشینه‌سازی سهم تجدید پذیرها در این سیستم‌ها بررسی شده‌اند. اگر چه این دو دسته دارای همپوشانی نیز هستند اما برای افزایش تمرکز تحقیق بر روی منابع تجدیدپذیر این طبقه‌بندی صورت گرفته است.

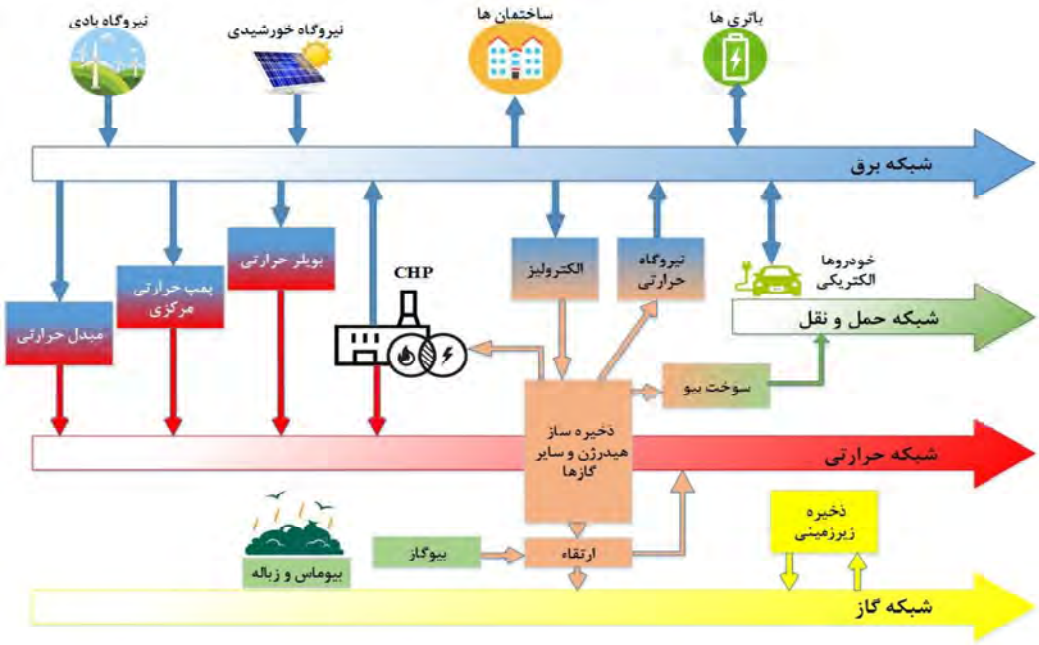
۳-۱-برنامه ریزی و مدیریت انرژی در سیستم‌های هوشمند انرژی

همان طور که در قسمت‌های قبلی بیان شد، سیستم‌های انرژی هوشمند، سیستم‌های چند بخشی هستند که با درنظر گرفتن الگوی ویژه ای که دارند باعث افزایش راندمان تولید و مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های تغذیه انرژی می‌شوند. اما با وجود ذخیره‌سازها و مبدل‌ها با ویژگی‌های گوناگون، انتخاب تجهیز مناسب و چگونگی اتصال و ارتباط بین اجزای مختلف سیستم برای رسیدن به ساختار بهینه از اهمیت بسزایی برخوردار است [۸].

دو هدفی که در برنامه ریزی و مدیریت انرژی در سیستم‌های هوشمند انرژی بسیار حائز اهمیت است و در بسیاری از تحقیقات دانشمندان مورد توجه قرار گرفته است، ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی است [۹]. با نگاهی عمیق‌تر، ملاحظات اقتصادی شامل هزینه‌های تجهیزات و سرمایه گذاری، هزینه‌های انرژی اولیه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ... می‌باشد که هر سیستم

[1] CHP, CCHP, ...

[2] EV



شکل ۱ بخش‌های مختلف یک سیستم انرژی هوشمند

انرژی مطابق با اهدافی که باید برآورده کند، هزینه‌های منحصر به خودش را دارد. از دیدگاهی دیگر ملاحظات زیست محیطی بیشتر مرتبط با انتشار کربن دی اکسید بوده که در تعدادی از مقالات مثل [۱۰] و [۸] مباحث زیست محیطی به عنوان یک پارامتر اقتصادی با نام هزینه انتشار آلاینده مطرح شده است تا نسبت به پارامترهای تاثیرگذار بر روی سیستم قابل مقایسه و قابل تحلیل باشد.

در تحقیق آقای Ma و همکاران [۸]، به مقایسه سه طرح از سیستم‌های انرژی پرداخته شده است که در طرح۱ تنها ورودی سیستم برق است و این ورودی با استفاده از یک ترانسفورماتور به تامین هر سه نیاز برق، گرمایش و سرمایش می‌پردازد. در طرح۲، یک سیستم تولید همزمان برق، حرارت و برودت به مجموعه اضافه می‌شود که در تامین نیاز برق و حرارت یاری رسانده و با استفاده از چیلرهای جذبی و الکتریکی در تامین بار سرمایش اقدام می‌کند و در نهایت در طرح۳ با یک سیستم انرژی هوشمند روبرو هستیم که علاوه بر مزایای تامین توان طرح۲ مزایای ذخیره‌سازی و تنوع در تولید و استفاده از تجدید پذیرها را نیز فراهم آورده است. در این مقایسه معیار اصلی، کمینه‌سازی هزینه کل سالیانه بوده که شامل هزینه سرمایه گذاری، هزینه انرژی، هزینه تعمیر و نگه‌داری و هزینه انتشار کربن می‌باشد. به منظور انجام برنامه‌ریزی و مدیریت انرژی در این طرح‌ها معیار هایی مثل توان تولیدکننده‌ها و هزینه بر واحد هر یک از ورودی‌های برق و گاز در نظر گرفته شده است و برای رسیدن به هدف مورد نظر که کمینه‌سازی هزینه کلی سالیانه است، از روش برنامه ریزی خطی اعداد صحیح مختلط (MILP) استفاده شده است. با بررسی و انجام محاسبات در هر یک از سیستم‌های مذکور می‌توان دریافت که طرح۳ با وجود این که هزینه سرمایه‌گذاری و تعمیر و نگه‌داری بالاتری دارد اما در هزینه‌های انرژی و انتشار کربن این هزینه‌ها جبران شده و در نهایت مقرون به صرفه ترین طرح در بین طرح‌های موجود می‌باشد. در توضیح هزینه‌های بیان شده در این تحقیق، لازم است این نکته بیان گردد که هزینه انرژی، هزینه‌ای است که اپراتور سیستم باید به جهت خرید حامل‌های انرژی اولیه به شبکه بالادست پرداخت کند و همچنین هزینه انتشار، معادل هزینه ناشی از انتشار کربن برای تولید برق و یا گاز خریداری شده از شبکه بالادست می باشد [۸].

همانطور که در قسمت‌های قبل بر روی منابع تجدیدپذیر در سیستم‌های انرژی هوشمند تاکید شد، Dincer و Acar در تحقیق [۱۱] به بررسی منابع تجدیدپذیر و پتانسیل و ویژگی‌های آن ها در سیستم‌های هوشمند انرژی پرداخته اند. این مقاله به سیستم‌های انرژی هوشمند به عنوان یک راه‌حل برای معضلات مرتبط با انرژی نگاه می‌کند. نتایج حاصل شده در این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش تعداد تولیدات از یک منبع انرژی مشخص، باعث کاهش انتشار بر واحد تولید و افزایش راندمان می‌شود. همچنین در این تحقیق، منابع انرژی با استفاده از چهار معیار سنجیده شده اند که این شاخص‌ها در کنار پتانسیل سنجی منطقه، می‌تواند کمک شایانی در جهت انتخاب مناسب‌ترین منبع انرژی داشته باشد. این معیارها عبارت اند از:

- انتشار[۱]: این پارامتر مربوط به بخش محیط زیستی شده و انتشار آلاینده های نیروگاه را بیان می‌دارد.
- راندمان[۲]: فعالیت مفید نیروگاه را نشان می‌دهد.
- قابلیت تجدید[۳]: این پارامتر نشان می‌دهد که نیروگاه چقدر می‌تواند خاصیت تجدیدپذیری داشته باشد به عنوان مثال سوخت‌های فسیلی سوخت‌های غیر قابل تجدید هستند بدین معنا که نمی‌توانند دوباره احیا شوند.
- چند تولیدی بودن[۴]: این پارامتر به معنای افزایش تعداد تولیدات از یک منبع می‌باشد.

[۱] emissions
[۲] efficiencies
[۳] renewability
[۴] multigeneration

در این بین، منابع انرژی زمین گرمایی دارای بیشترین پتانسیل در استفاده از تکنولوژی‌های پاک، قابلیت تجدید بالا و امکان چند تولیدی بودن را دارا می‌باشد.

۲-۳-بیشینه‌سازی سهم تجدیدپذیرها در سیستم‌های انرژی هوشمند

امروزه منابع تجدید پذیر جزءِ بسیار مهم در سیستم‌های انرژی هوشمند، می‌باشند. این منابع به دلایل زیر از دارای اهمیت ویژه‌ای هستند:

- ایجاد تنوع در سبد عرضه انرژی
- افزایش قابلیت اطمینان سیستم
- توسعه پایدار و دستیابی به منابع تولید دوستدار محیط زیست [۱۲]
- نزدیک کردن منابع عرضه به تقاضا که به موجب این کار، تلفات شبکه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

با توجه به اهمیت قابل توجه این مبحث بسیاری از مقالات درصدد افزایش سهم تجدید پذیر در سیستم‌های انرژی هستند. در مرجع [۱۳]، طبق شکل شماره ۲ یک مدل برای بهینه‌سازی سیستم[۱] RE-CHP درنظر گرفته شده است. که نیاز الکتریسیته و حرارت با استفاده از پنل‌های حرارتی فتوولتائیک (PVT)، توربین‌های بادی (WT)، ذخیره‌سازهای حرارتی(TES)، ذخیره‌سازهای الکتریکی (EES) و هیتر الکتریکی (EH) برآورده می‌شوند. در این سیستم یک سیستم مدیریت انرژی به نام EMS وجود دارد که با توجه به بازخوردی که از اجزای سیستم می‌گیرد و محاسبات مربوط به امکان پذیری ارایه هر یک از اجزا تصمیم می‌گیرد که کدام یک از اجزا باید در مدار باشد و یا این که کدام یک از اجزا در چه زمانی وارد مدار شده و یا از آن خارج شوند.

معیارهای در نظر گرفته شده شامل توان منابع تولید و ظرفیت ذخیره‌سازها می‌باشد. این مجموعه یک سیستم جزیره ای بوده و مستقل از شبکه بالادست بهره‌برداری شده است.

در [۱۳]، یک پارامتر اقتصادی و یک پارامتر مرتبط با قابلیت اطمینان نیز به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده اند. حداقل سازی هزینه کلی سالانه[۲] و حداقل سازی انرژی توزیع نشده[۳] تابع هدف مورد نظر در این تحقیق می‌باشند. هزینه کلی سالانه در بخش‌های قبل توضیح داده شده است در نتیجه در این بخش به توضیح هدف قابلیت اطمینانی مقاله می‌پردازیم.

LPS مقدار باری است که به دست مصرف کننده نرسیده و E_{load} مقدار کل باری است که باید ارضا شود. در نتیجه LPSP که در رابطه (۱) مشاهده می‌کنید، یک متغیر بدون واحد می‌باشد که نرخ خاموشی در هر لحظه را می‌تواند به اپراتور ارائه دهد.

$$LPSP = \frac{\sum_{t=1}^{T} LPS(t)}{\sum_{t=1}^{T} E_{load}(t)} \qquad (۱)$$

در این مقاله دو مقایسه کلی داریم که یکی با تغییر در اجزای سیستم که تمرکز بیشتر بر روی منابع تجدید پذیر می‌باشد، مزیت بودن یا نبودن منابع تجدید پذیر را بیان می‌کند و مقایسه دیگر به بررسی روش استفاده شده در این مسیر می‌پردازد. همان طور که در جدول۱ مشاهده می‌کنید، مقرون به صرفه ترین طرح مربوط به حالت اول می‌باشد.

جدول۱ مقایسه طرح‌های مختلف موجود در مقاله [۱۳]

سیستم ها با اجزای مختلف	درصد افزایش TAC	LPSP
PVT-WT-EES-TES-EH	-----	۰/۰۱
PV-WT-EES-EH	۶۷/۷۸	۰/۰۲
WT-EES-EH	۸۲	۰/۰۲
PVT-EES-TES-EH	۴۲/۷۱	۰/۰۲
PVT-WT-EES-TES	۷۷/۸	۰/۰۲

در حالت۱ کلیه اجزای تجدیدپذیر که در قسمت قبل توضیح داده شد، در آن حضور داشته باشند و همچنین از لحاظ قابلیت اطمینان نیز سیستم حالت اول دارای کمترین مقدار خاموشی و در نتیجه بیشترین رضایت مشتری می‌باشد.

در مبحث بهینه‌سازی در این تحقیق از روش‌های PSO[۴]،GA[۵] و E-PSO[۶] استفاده شده است ، این روش‌ها با دو معیار جمعیت ورودی و زمان محاسبه ارزیابی شده و طبق نتایجی که حاصل شده است، روش E-PSO هم از نظر جمعیت ورودی و هم از نظر زمان محاسبه نسبت به سایر روش‌ها بهتر می‌باشد. همچنین استفاده از این روش‌ها که به روش‌های فراابتکاری معروفند در بهینه‌سازی سیستم‌های انرژی امری متداول است. کما این که Ericson و همکاران در [۱۰] و آقاجانی و همکاران در [۱۴] نیز از روش‌های فراابتکاری مثل PSO استفاده کرده‌اند. در [۱۰]، تمرکز بر روی قسمت برق بوده و در قسمت تولید از پنل‌های فتوولتائیک، توربین بادی، دیزل ژنراتور، باتری و پیل سوختی و تانک ذخیره هیدروژن به همراه الکترولایزر در بخش پیل سوختی استفاده شده است. اهداف این مقاله در چهار دسته جدا از یکدیگر قرار گرفته و بررسی می‌شوند. از لحاظ فنی پارامترهای قابلیت اطمینان، از لحاظ اقتصادی هزینه انرژی، از لحاظ محیط زیستی رد پای کربن و در نهایت از نظر اجتماعی-سیاسی نیز بررسی شده اند. در مورد آخر تعدادی از پارامترهای کیفی همانند میزان اشتغال، مباحث زیبایی شناسی منطقه و ... مورد تحقیق قرار گرفته‌اند و با استفاده از نمره‌دهی و ارزش‌گذاری برای هر یک از آن‌ها از یک تا پنج دارای مقدار کمی می‌شوند.

اهداف [۱۴] نیز کمینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی و کمینه‌سازی انتشار کربن بوده که برای رسیدن به این هدف از الگوریتم‌های PSO و الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است. ابزار محاسباتی در این مقاله، به مانند تحقیق [۸] نرم‌افزار MATLAB می‌باشد.

همچنین در جهت بهره گیری هر چه بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر،

[۱] سیستم‌های تولید همزمان مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر

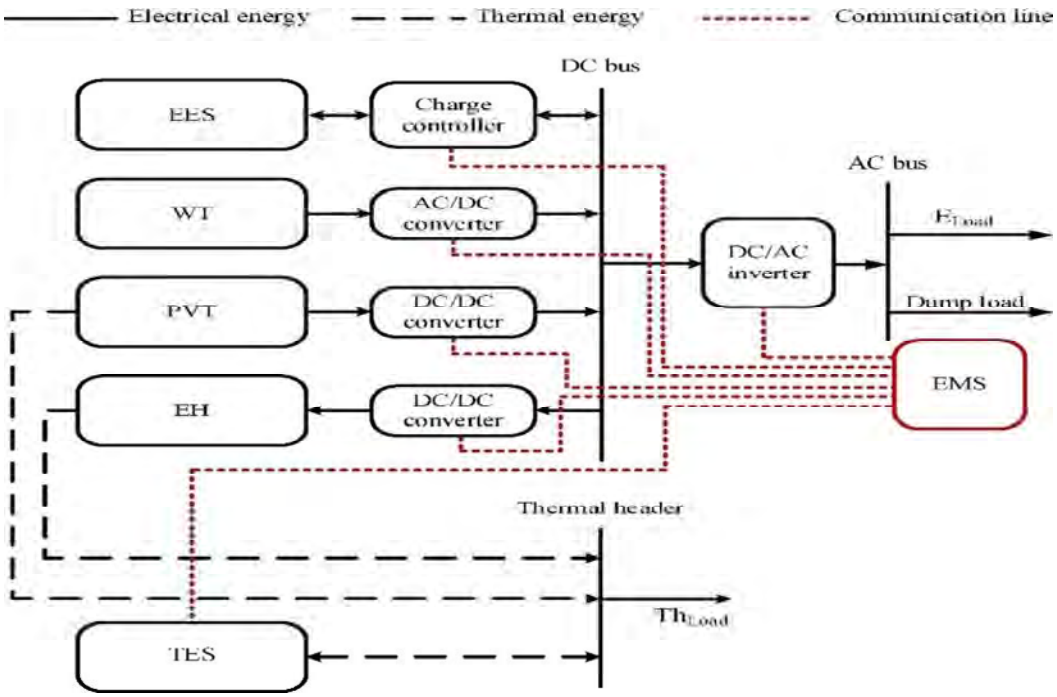
[۲] TAC

[۳] LPSP

[۴] الگوریتم ازدحام ذرات

[۵] الگوریتم ژنتیک

[۶] الگوریتم ازدحام ذرات تکامل یافته



شکل ۲ بخش‌های مختلف یک سیستم انرژی هوشمند [۱۳]

نوراللهی و همکاران در جهت بیشینه‌سازی سهم تجدیدپذیرها در مقاله خود [۱۵]، از نرم‌افزار انرژی‌پلن استفاده کرده‌اند تا علاوه بر بالا بردن امنیت انرژی و کاهش ریسک‌های زیست محیطی وابستگی به منابع فسیلی را نیز کم کنند. این مقاله یکی از شهرهای ژاپن را مورد مطالعه قرار داده است تا تقاضای انرژی را برای سال ۲۰۲۰ برای این منطقه پیش بینی کند.

طبق کاهش جمعیتی که در این منطقه وجود دارد، هر سال تقاضای انرژی حدود ۲٪ کاهش می‌یابد. در قسمت ورودی پتانسیل هر یک از سیستم‌های باد، خورشید، زمین گرمایی و آبی ارزیابی شده که سناریوهای این مقاله بیشتر بر روی خورشید و باد متمرکز شده اند.

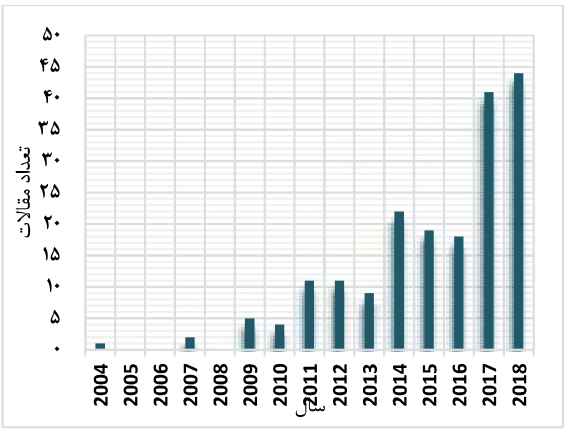
شش سناریو به قرار زیر برای این مقاله متصور شده است:

۱. سیستم انرژی پایه و کنونی
۲. نصب ۲ مگاوات بادی در هر سال
۳. نصب ۲ مگاوات خورشیدی در هر سال
۴. نصب ۱ مگاوات بادی و ۱ مگاوات خورشیدی در هر سال
۵. نصب ۲ مگاوات بادی و ۲ مگاوات خورشیدی در هر سال
۶. نصب ۲۰ مگاوات بادی و ۲۰ مگاوات خورشیدی در هر سال

در این مقاله هر قسمت و سناریو در نرم‌افزار انرژی‌پلن مدل شده و در نهایت سهم تجدید پذیرها برای سال ۲۰۲۰ برآورد شده است. طبق نتایج حاصل از این تحقیق سهم تجدید پذیرها در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ برای سناریو ۵ حدود ۳ برابر و برای سناریو ۶ حدود ۵ برابر می‌شود حتی در سناریو ۶ امکان صادرات برق برای این منطقه به وجود آمده و می‌توان به عنوان یک سود اقتصادی نیز به آن نگاه کرد.

در تعدادی از مقالات، همان طور که در [۱۶] به آن اشاره شده است بیشینه‌سازی سهم تجدید پذیر با الزام به کمینه کردن هزینه‌های خرید برق از شبکه بالا دست صورت می‌گیرد. از دیگر اهداف این تحقیق کمینه-سازی هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری نیروگاه بادی است. بدین منظور با استفاده از برنامه ریزی غیر خطی اعداد صحیح مختلط و محدودیت‌های تحت آن با استفاده از نرم‌افزار GAMS به انجام محاسبات بهینه‌سازی پرداخته شده است. در این مقاله تنها بر روی توربین‌های بادی مانور داده شده است و از دیگر منابع تجدید پذیر استفاده نشده است.

در سال‌های اخیر با توجه به موضوعات محیط زیستی و اهمیت تجدیدپذیرها، محققان بسیاری، در زمینه حرکت سیستم‌های انرژی به سمت ۱۰۰٪ تجدیدپذیر تحقیق کرده‌اند و همان طور که در شکل ۳ می‌بینید روز به روز اهمیت این موضوع بزرگتر و تحقیقات پیرامون آن به صورت جدی‌تر دنبال می‌شود. در [۱۷]، با در نظر گرفتن توان و هزینه‌های تجدیدپذیرها در قسمت صنعت، حرارت، حمل و نقل و نیروگاهی با استفاده از نرم‌افزار انرژی‌پلن مطالعاتی صورت گرفته تا سال ۲۰۵۰ آلمان را به کشوری با ۱۰۰٪ انرژی تجدید پذیر مبدل کند.



شکل ۳ تعداد مقالات منتشر شده در رابطه با سیستم‌های ۱۰۰٪ تجدید پذیر[۱]

همچنین شهرها یا کشور های دیگری نیز چنین چشم اندازهایی برای خود متصور شده اند که در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم [۱]:

- کپنهاگن در دانمارک برای سال ۲۰۵۰
- فرانکفورت و هامبورگ در آلمان برای سال ۲۰۵۰
- وکشو و مالمو در سوئد برای سال ۲۰۳۰
- ونکوور در کانادا برای سال ۲۰۵۰
- لاهه در هلند برای سال ۲۰۵۰

و علاوه بر شهرها و کشورها، این مهم در بعضی از شرکت‌های بزرگ همانند BMW، IKEA، Google، Apple، Sonyو ... مورد توجه جدی است.

۴- نتیجه گیری

امروزه به دلیل اهمیت مباحث انرژی محور، جوامع بیش از پیش به فکر اصلاح ساختار سیستم کنونی و تبدیل آن به یک سیستم هوشمند می باشند. در این سیستم ها، انرژی‌های تجدید پذیر، دارای اهمیت قابل توجه‌ای بوده و بدین وسیله، ویژگی‌هایی از جمله بالابودن قابلیت اطمینان، نرخ پایین انتشارآلایندگی، رضایت مشتری و ... را دارا می باشد از این رو جوامع به سمت این سیستم‌ها سوق پیدا کرده اند. طبق مطالعات انجام شده، دریافتیم که بسیاری از کشورهای توسعه یافته به دنبال دستیابی به سیستم‌های انرژی ۱۰۰٪ تجدیدپذیر هستند و قصد دارند با درنظر گرفتن چشم اندازهای سی ساله به این مهم دست یابند و بیش از پیش منابع فسیلی را از سبد انرژی خود حذف و انرژی‌های تجدید پذیر را جایگزین سازند.

با کنار هم قرار دادن منابع تولید مختلف، به وجود آمدن یک سیستم، مدیریت و برنامه‌ریزی برای فعالیت هر یک از منابع الزامی بوده که این مدیریت مرکزی نیز در سیستم انرژی هوشمند در نظر گرفته شده است تا بهینه ترین حالت برنامه‌ریزی را برای مجموعه فراهم آورد. پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه، نشان از اهمیت بحث بهینه سازی در سیستم‌های انرژی دارند، حال آن که پیدا کردن نقطه بهینه در تعدادی از مقالات مرتبط با پارامتری با اثر منفی است، مثل انتشار آلاینده و یا هزینه کلی سیستم، که کمینه‌سازی آن‌ها ملاک بوده و یا در دسته‌ای دیگر از مقالات، با پارامتری مثل سود حاصل از صادرات انرژی و یا افزایش سهم تجدیدپذیرها رو به رو هستیم که در این موارد به بیشینه‌سازی پارامترهای ذکر شده می‌پردازیم. محاسبات بهینه‌سازی نیز با استفاده از روش‌های معمول مثل برنامه ریزی اعداد صحیح مختلط و یا با استفاده از روش‌های فراابتکاری مثل الگوریتم ژنتیک صورت می‌پذیرد.

۵- مراجع

[1] K. Hansen, C. Breyer, and H. Lund, “Status and perspectives on 100% renewable energy systems,” *Energy*, vol. 175, pp. 471–480, 2019.

[۲] ک. بخرد؛ ح. یوسفی؛ ی. نوراللهی؛ ص.کردکوی؛ س.رومی، “مقایسه تولید دی اکسید کربن در ایران و کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی با رویکرد استفاده از انرژی های تجدیدپذیر،” *فصل نامه علمی-ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو*”، جلد ۴، ش۲، ص۱-۸,۱۳۹۶.

[۳] ا. شهسواری؛ ح.یوسفی؛ ی؛ ا. شاهورن، “سهم انرژی خورشیدی از سبد انرژی جهان در سال ۲۰۳۰،” *فصل نامه علمی-ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو*”، جلد ۵، ش۲، ص۱۱۶-۱۲۱, ۱۳۹۷.

[4] M. Mohammadi, Y. Noorollahi, and B. Mohammadi-Ivatloo, “Demand Response Participation in Renewable Energy Hubs,” in *Operation, Planning, and Analysis of Energy Storage Systems in Smart Energy Hubs*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 129–161.

[5] B. Vad and D. Connolly, “From a Heat Roadmap to an Energy System Road Map,” 2015.

[6] I. Ridjan Skov, “Integrated electrofuels and renewable energy systems,” no. February, 2015.

[7] D. Fischer, A. Harbrecht, A. Surmann, and R. McKenna, “Electric vehicles’ impacts on residential electric local profiles – A stochastic modelling approach considering socio-economic, behavioural and spatial factors,” *Appl. Energy*, vol. 233–234, no. May 2018, pp. 644–658, 2019.

[8] T. Ma, J. Wu, L. Hao, W. J. Lee, H. Yan, and D. Li, “The optimal structure planning and energy management strategies of smart multi energy systems,” *Energy*, vol. 160, pp. 122–141, 2018.

[9] A. Najafi-ghalelou, S. Nojavan, K. Zare, and B. Mohammadi-ivatloo, “Robust scheduling of thermal , cooling and electrical hub energy system under market price uncertainty,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 149, no. April 2018, pp. 862–880, 2019.

[10] E. L. V Eriksson and E. M. Gray, “Optimization of renewable hybrid energy systems e A multi-objective approach,” *Renew. Energy*, vol. 133, pp. 971–999, 2019.

[11] I. Dincer and C. Acar, “Smart energy systems for a sustainable future,” *Appl. Energy*, vol. 194, pp. 225–235, 2016.

[۱۲] م. شفائی؛ ی.نوراللهی؛ ا.سلطانی‌نژاد؛ ا. رضائیان قبه‌باشی؛ ح.یوسفی و ع.رضائیان، " امنیت انسانی و چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، با تاکید بر امنیت زیست محیطی"،" *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، جلد۱۸، ص۱۶۷-۱۸۰ ، ۲۰۱۶.

[13] A. Lorestani and M. M. Ardehali, “Optimization of autonomous combined heat and power system including PVT, WT, storages, and electric heat utilizing novel evolutionary particle swarm optimization algorithm,” *Renew. Energy*, vol. 119, pp. 490–503, 2018.

[14]G.Aghajani and N. Ghadimi, “Multi-objective energy management in a micro-grid,” *Energy Reports*, vol. 4, pp. 218–225, 2018.

[15] Y. Noorollahi, R. Itoi, H. Yousefi, M. Mohammadi, and A. Farhadi, “Modeling for diversifying electricity supply by maximizing renewable energy use in Ebino city southern Japan,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 34, no. July, pp. 371–384, 2017.

[16] A. Rabiee and S. M. Mohseni-Bonab, “Maximizing hosting capacity of renewable energy sources in distribution networks: A multi-objective and scenario-based approach,” *Energy*, vol. 120, pp. 417–430, 2017.

[17] K. Hansen, B. V. Mathiesen, and I. R. Skov, “Full energy system transition towards 100% renewable energy in Germany in 2050,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 102, no. November 2018, pp. 1–13, 2019.