سال پنجم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۷۴ - ۸۹
دو فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
renemag.ir
مقاله
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۲

مروری بر مدلسازی و بهینه‌سازی سیستم‌های تولید توان هیبریدی بر پایه توربین بادی با استفاده از نرم‌افزار HOMER در ایران

محمد امین عباس‌زاده[۱*]، جاماسب پیرکندی[۲]، عباس طربی[۳]، حمید پرهیزکار[۳]

۱- کارشناس ارشد، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
۲- دانشیار، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
۳- استادیار، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
* تهران، کدپستی ۱۶۷۳۹۷۸۵۱۳، M_A_Abbaszadeh@mut.ac.ir

چکیده

کاهش منابع فسیلی، رشد روز افزون قیمت نفت و گاز طبیعی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای موجب استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان منبعی نامحدود، رایگان، تمیز و سازگار با محیط زیست شده است. با توجه به وسعت مناطق بادخیز در ایران بستر مناسبی جهت بهره‌مندی از انرژی باد به عنوان منبعی در دسترس، نامحدود و سازگار با محیط زیست فراهم می‌باشد. متغیر بودن سرعت وزش باد و به تبع آن تصادفی بودن ماهیت توان تولیدی توربین‌های بادی، متخصصان این حوزه را بر آن داشته است که با هیبرید انرژی بادی با سایر منابع انرژی به تأمین پایدار و دائمی بار مصرفی بپردازند. در این راستا از سال ۱۳۸۶ تا کنون مطالعات بسیاری پیرامون مدلسازی و بهینه‌سازی سیستم‌های تولید توان هیبریدی بر پایه توربین بادی در ایران انجام شده و نرم‌افزار HOMER به عنوان یکی از اصلی‌ترین ابزارهای مدلسازی این نوع سیستم‌ها مورد اقبال وسیع طراحان ایرانی قرار گرفته است. تحقیق حاضر به مرور و واکاوی مطالعات بومی مذکور می‌پردازد. بررسی‌ها حاکی از آن است که بیش از نیمی از پژوهش‌های منتشر شده، به چگونگی تأمین توان مصرفی با استفاده از سیستم هیبریدی بادی، خورشیدی و ژنراتور پرداخته‌اند.

کلیدواژگان: انرژی تجدیدپذیر، سیستم انرژی هیبریدی، توربین بادی، پنل فتولتاییک، HOMER

Optimal Planning Hybrid Renewable Energy Systems Based on Wind Turbine Using HOMER in Iran: A Review

Mohammad Amin Abbaszadeh[1*], Jamasb Pirkandi[1], Abbas Tarabi[1], Hamid Parhizkar[1]

1- Department of Aerospace Engineering, Malek-Ashtar University of Technology, Tehran, Iran*
* P.O.B. 1673978513 Tehran, Iran, M_A_Abbaszadeh@mut.ac.ir
Received: 13 December 2017 Accepted: 3 March 2018

Abstract

Reduction of fossil resources, significant growth of oil and natural gas price and greenhouse gases release enhancement have caused more usage of renewable energies as an unlimited, free, clean and environmentally friendly resources. Due to the vast expanses of wind farms in Iran, there is a good basis for using wind energy as an accessible, unlimited and environmentally friendly source. The variable wind speed and the randomness of the nature of the power generated by wind turbines have made it possible for energy experts to provide sustained and permanent load with wind energy hybrid with other renewable sources. In this regard, since 2007, many studies have been done in Iran on modeling and optimizing hybrid power generation systems based on wind turbines. HOMER software is considered as one of the main tools for modeling these systems by Iranian designers. The present study reviews and analysis these indigenous studies. Reviews show that more than half of the research has been published on how to provide power through the use of the hybrid wind, PV, and generator systems.

Keywords: Renewable Energy, Hybrid Energy System, Wind Turbine, Solar Photovoltaic, HOMER

۱- مقدمه

رشد روز افزون مصرف انرژی در جهان و کاهش میزان ذخایر سوخت‌های فسیلی از یک سو و افزایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای از دیگر سو، موجب اقبال جهانی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شده و مطالعه پیرامون انرژی باد (به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدپذیر) و مکانیزم‌های بهره‌برداری از آن، گسترش وسیعی یافته است. بزرگترین مشکل بر سر راه استفاده از این انرژی، تغییرات سرعت باد و در پی آن نوسانات توان تولیدی است. تصادفی بودن ماهیت تولید انرژی در توربین‌های بادی به طور چشمگیری از قابلیت اطمینان سیستم می‌کاهد. این در حالیست که ترکیب این توربین‌ها با سایر منابع مولد انرژی سبب افزایش قابلیت اطمینان شده و توان خروجی را پایدار می‌کند. برای حل این مسئله ترکیب توربین بادی با انرژی حاصل از پنل‌های خورشیدی، پیل‌سوختی و منابع هیدروژنی، زیست‌توده، منابع آبی و ژنراتورهای سوخت فسیلی و میکروتوربین‌ها و نهایتاً ذخیره‌سازی آن به وسیله باتری به عنوان یکی از روش‌های نوین تولید توان (الکتریکی و حرارتی) مطرح است. از سوی دیگر، تولید توان مستقل از شبکه سراسری برق، روشی برای تأمین انرژی در مجتمع‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و مناطق دور افتاده و یا روستایی بوده که در اغلب موارد به دلیل موقعیت جغرافیایی صعب العبور و هزینه سرسام آور انتقال توان، اتصال به شبکه غیر ممکن می‌نماید. در این گونه موارد بهره‌گیری از انرژی‌های بومی (و تجدیدپذیر) می‌تواند فرایند توسعه این مناطق را تسهیل نماید. استفاده از گزینه‌های با حداقل هزینه عرضه، جهت توسعه خدمات نوین انرژی در این مناطق یک راه حل پایدار و منطقی محسوب می‌شود. روش مرسوم و رایج تولید توان (الکتریکی یا حرارتی) مستقل از شبکه، بهره‌گیری از ژنراتور است؛ اما ظهور فناوری‌های جدید قابلیت‌هایی را ایجاد کرده تا با بهره‌مندی از یک سیستم هیبریدی با مشارکت منابع تجدیدپذیر در کنار ژنراتور، اقدام به تأمین بار مورد نیاز با حداقل هزینه، نمود [۱]. به بیان ساده فناوری هیبریدی با ترکیب منابع چندگانه انرژی همانند تجدیدپذیرها و ژنراتور و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، منجر به افزایش قابلیت اطمینان تولید انرژی شده و توان خروجی را پایدار می‌کند [۲].

تا کنون تحقیقات گسترده‌ای در زمینه مدلسازی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر هیبریدی[۱] صورت گرفته است. به منظور اقتصادی بودن و بازدهی بالای سیستم‌های تجدیدپذیر، روش اندازه‌دهی مناسب سیستم لازم است. اندازه‌دهی بهینه تضمین می‌کند تا با حداقل سرمایه‌گذاری، از حداکثر توان سیستم‌های هیبریدی به خوبی استفاده شود، در نتیجه سیستم طراحی شده می‌تواند در بهترین شرایط از نظر هزینه و توان خروجی، عمل کند، به طوریکه انتظارات پیرامون تمامی پارامترهای مورد نیاز در سیستم را بر آورده سازد [۳] و [۴]. نرم‌افزارهایی نظیر HOMER[۲]، Hybrids، HOGA، Hyabrid2 برای شبیه‌سازی، اندازه‌یابی و بهینه‌سازی سیستم‌های هیبریدی طراحی شده‌اند؛ اما در این میان، تنها نرم‌افزار هومر به دلیل کاربری آسان، قابلیت بالا و شبیه‌سازی و بهینه‌سازی دقیق مورد اقبال وسیع طراحان قرار گرفته است. هومر توسط آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر ایالات متحده آمریکا[۳] تولید شده و توسعه یافته است. این نرم‌افزار وظیفه طراحی و ساده‌سازی در ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم تولید توان کوچک را در دو حالت مستقل و متصل به شبکه، بر عهده دارد.

هدف تحقیق حاضر مرور مطالعاتی است که در کشور ایران پیرامون طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌های تولید توان هیبریدی متکی به توربین بادی با استفاده از نرم‌افزار هومر صورت گرفته است. از این رو، پس از تقسیم‌بندی کلی و معرفی سیستم‌های هیبریدی بر پایه توربین بادی و توصیف نحوه عملکرد نرم‌افزار هومر به ارائه مشخصات پژوهش‌های انجام شده در این زمینه پرداخته می‌شود.

۲- تقسیم‌بندی و معرفی سیستم‌های هیبریدی متکی به توربین بادی

ترکیب انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در قالب یک سیستم هیبریدی سبب تولید پایدار انرژی می‌شود. توربین‌های بادی در سیستم‌های تولید توان، قابلیت هیبرید با پنل‌های خورشیدی، پیل‌سوختی، ژنراتور (گازی، دیزلی، زیست‌توده)، توربین آبی را دارند.

برای کاهش نوسانات توان تولیدی توربین باد، به دلیل تغییرات سرعت وزش باد، از بانک‌های ذخیره‌ساز (باتری و ...) استفاده می‌شود. بدین صورت که هر زمان توان تولیدی توربین بادی از توان مصرفی کمتر باشد، باتری اختلاف توان را جبران می‌کند و هر زمان که توان تولیدی از توان مصرف‌کننده بیشتر باشد، توان مازاد صرف شارژ باتری می‌شود. در این نوع از سیستم‌ها اغلب از یک کنترلر برای جلوگیری از دشارژ کامل یا شارژ بیش از حد باتری استفاده می‌شود. معمولاً این نوع از سیستم‌های هیبریدی به صورت مستقل از شبکه و در مناطق دور دست استفاده می‌شوند [۵] ظرفیت ذخیره‌سازی یک باتری، در واقع مقدار انرژی الکتریکی است که می‌تواند در خود نگه دارد. اصولاً یک باتری در سیستم هیبرید باید ظرفیت ذخیره‌سازی مناسب را داشته باشد تا انرژی مورد نیازی را بدون اینکه بیشتر از ۸۰٪ دشارژ شود، در بیشینه زمان ممکن، تأمین نماید. ظرفیت باتری‌خانه باید بیشتر از نیاز مصرف‌کنندگان باشد که این مسئله جهت حفاظت باتری و جلوگیری از کاهش طول عمر و افزایش راندمان باتری در نظر گرفته می‌شود [۶].

استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان منبعی فناناپذیر و کاربرد آن در سیستم‌های فتوولتاییک برای تبدیل به انرژی الکتریکی کاملاً فراگیر شده است. یکی از سیستم‌های هیبریدی، ترکیب توربین باد و صفحات خورشیدی است. در طول شبانه‌روز، در زمان‌هایی که وزش باد و تابش خورشید به اوج خود می‌رسد، استفاده هیبریدی از دو انرژی مورد اشاره بسیار منطقی‌تر است. انرژی بادی بر عکس انرژی خورشیدی در ساعات پایانی روز به حداکثر مقدار خود می‌رسد؛ یعنی وقتی خورشید غروب می‌کند و مصرف برق به اوج خود می‌رسد. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید این دو منبع انرژی مکمل یکدیگرند و در ساعات اوج مصرف می‌توان از آنها بهره برد [۷]. با توجه به طول عمر ۲۰ الی ۲۵ سال سیستم‌های فتوولتاییک، این فناوری به عنوان یک ابزار کارآمد می‌تواند پاسخگوی مناسبی برای تأمین انرژی الکتریکی در مناطق دور از شبکه باشد [۸]. وقتی توان تولیدی سیستم هیبریدی پاسخگوی نیاز مصرف‌کننده‌ها نباشد، شبکه سراسری برق به عنوان سیستم پشتیبانی عمل کرده، اختلاف توان را جبران می‌کند؛ اما زمانیکه توان تولیدی سیستم هیبریدی از توان مصرفی بیشتر باشد، توان مازاد به شبکه فروخته می‌شود. اگر امکان انتقال توان مازاد به شبکه وجود نداشته باشد، توان الکتریکی اضافی می‌تواند صرف فرایندهای جایگزین مثل گرمایش و سرمایش، پمپاژ آب و ... شود. در این سیستم‌ها با استفاده از مبدل جریان مستقیم به متناوب امکان استفاده از برق

[۱] Hybrid Renewable Energy Systems (HRESs)
[۲] Hybrid Optimization Model for Electric Renewable Energy
[۳] National Renewable System Modeling (NREL)

تولیدی برای مصارف خانگی وجود دارد. خروجی واحدها به یک واحد باس‌بار DC مشترک متصل می‌شوند [۹]. باتری در ترکیب توربین بادی و صفحات خورشیدی جایگزین شبکه برق‌رسانی برای پشتیبانی سیستم در مواقع کمبود توان می‌شود. به بیان دیگر، این نوع سیستم هیبریدی در کاربردهای مستقل از شبکه استفاده می‌شود. در اغلب پروژه‌ها، توان خروجی توربین بادی و صفحات خورشیدی از نوع مستقیم است، لذا این توان به منظور استفاده توسط مصرف‌کننده‌های گوناگون، به وسیله مبدل‌های الکتریکی به جریان متناوب تبدیل می‌گردد. مازاد برق تولیدی نیز در بانک‌های باتری سیستم هیبریدی ذخیره می‌شود. با شارژ کامل باتری‌ها، مازاد برق تولیدی توسط یک کنترلر هوشمند صرف سایر سیستم‌های جانبی مانند گرمایش هوا یا تولید آب گرم مصرفی می‌شود [۱۰]. به علت مشخصه منقطع وزش باد و تابش آفتاب، مهم‌ترین مسئله در طراحی این‌گونه سیستم‌ها تأمین مطمئن بار (قابلیت اطمینان)، تحت هر شرایط جوی، با توجه به هزینه‌های مربوطه است.

علی رغم بهره‌مندی از منابع تجدیدپذیر در تأمین توان الکتریکی همچنان ژنراتورها اصلی‌ترین منابع موجود برای تغذیه شبکه‌های جزیره‌ای‌اند. قابلیت اطمینان بالا، هزینه نسبتاً پایین و سادگی نصب از جمله مزایای استفاده از ژنراتورها است [۱۱]. با وجود این، هزینه بالای تأمین و انتقال سوخت، نیاز به تعمیرات زیاد و نصب مخازن ذخیره‌ساز سوخت، منجر به بروز مشکلاتی در استفاده از ژنراتورها به صورت مستقل از شبکه می‌شود. بدین منظور، برای کاهش مصرف سوخت و آلایندگی ناشی از عملکرد آن، می‌توان از منابع انرژی نو در دسترس مانند انرژی بادی و خورشیدی استفاده کرد [۱۲]. نیاز اندک به هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری، عملکرد بی سر و صدا، نصب و راه‌اندازی آسان و وجود فراوان و رایگان انرژی باد و خورشید (بخصوص در جغرافیای ایران) از جمله مزایای هیبرید توربین‌های بادی و پنل‌های فتوولتاییک با ژنراتور است [۱۳]. اما به دلیل ماهیت تولید تصادفی و کنترل نشده‌ی سیستم‌های بادی و فتوولتاییک و همچنین تغییرات شدید بار در شبکه‌های جزیره‌ای، استفاده از آنها در کنار ژنراتورها دارای پیچیدگی‌های به خصوصی است [۱۴]. سیستم تولید توان متشکل از توربین بادی، صفحات خورشیدی و ژنراتور (به عنوان مولد)، مدلی رایج در طراحی سیستم‌های هیبریدی می‌باشد. توربین‌های بادی، به دلیل نوسانات زیاد سرعت باد در ساعات مختلف سال، قابلیت اطمینان بالایی در تأمین انرژی مصرف کنندگان دائمی ندارند. از سوی دیگر سامانه‌های فتوولتاییک مستقل از شبکه به دلیل عدم دسترسی به نور خورشید به هنگام شب و کاهش توان تولیدی در مواقع ابری، نمی‌توانند به عنوان یک منبع انرژی پیوسته و دائمی مطرح باشند. برای حل این مسئله، باید از ظرفیت‌های بسیار بزرگ‌تر برای توربین بادی، سیستم فتوولتاییک و ژنراتور استفاده شود که مستلزم هزینه‌های زیادی است. بنابراین برای بهبود عملکرد سیستم و کاهش ظرفیت منابع، استفاده از سیستم ذخیره‌سازی انرژی (بانک باتری)، در کنار تولید کننده‌ها، ضروری است [۱۵] و [۱۶]. چنانکه گفته شد، این سیستم‌ها، به منظور کاهش هزینه‌های ناشی از مصرف و آلودگی سوخت‌های فسیلی پیشنهاد می‌شوند. انرژی الکتریکی تولیدی در ژنراتور این مدل‌های هیبریدی، از نوع AC و همسان با بار مصرفی می‌باشد. ژنراتورهای گازی در سیستم‌های هیبریدی مذکور، اغلب در ساعات انتهایی و ابتدایی روز و زمانی که پنل‌های خورشیدی توانی تولید نمی‌کنند، روشن می‌شوند. در وضعیتی که ژنراتور روشن است، باتری با جذب انرژی از سیستم، منجر به فعالیت ژنراتور در توان نامی با بیشترین راندمان می‌شود. همچنین هنگامی که باتری کاملاً شارژ شود، ژنراتور از مدار خارج شده و تأمین بار توسط توربین بادی و سیستم فتوولتاییک (و همچنین انرژی ذخیره‌شده در بانک باتری) صورت می‌گیرد [۱۷] و [۱۸].

عملکرد ژنراتور بین بار نامی با بیشترین راندمان و حالت خاموش، کمترین ساعت کاری و در نتیجه کمترین مصرف سوخت را به ارمغان می‌آورد.

لازم به ذکر است که سیستم‌های هیبریدی نیز وجود دارند که در آنها از انرژی موجود در زیست‌توده برای تأمین سوخت ژنراتورها استفاده می‌شود. منابع زیست‌توده از طریق تبدیل زیست‌توده به انرژی برق، مدل می‌شوند. دو عامل، زیست‌توده را نسبت به سایر منابع انرژی متمایز کرده است. نخست اینکه مقدار آن با توجه به وابستگی به کوشش بشر برای قطع درختان، انتقال و جابجایی و ذخیره‌سازی معمولاً متناوب نبوده بلکه قسمتی است، این در حالیست که سوخت مورد استفاده در منابع انرژی زیست‌توده نیز مجانی نیست. عامل دوم اینکه در ژنراتورهای غیر مرسوم، ممکن است سوخت مصرفی ابتدا به صورت گازی یا مایع در آید و بعد مصرف شود. بنابراین مدلسازی زیست‌توده شباهت‌های بسیاری با مدلسازی سایر انواع سوخت‌های فسیلی دارد [۱۹].

چنانچه اشاره شد بانک‌های باتری‌ها مناسب‌ترین گزینه برای ذخیره‌ی انرژی تولیدی در کوتاه مدت هستند اما برای ذخیره‌سازی در بلند مدت پیشنهاد نمی‌شوند [۲۰]. امروزه پیل‌های سوختی به دلیل دمای کارکرد پایین و در نتیجه زمان راه‌اندازی کوتاه و چگالی توان بالا، مورد توجه بسیاری از محققان و صنعتگران هستند. با توجه به ویژگی‌های ذکر شده، پیل‌های سوختی برای استفاده در کنار انواع انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی باد و خورشید قابلیت بالایی دارند [۲۱]. هدف از طراحی سیستم هیبریدی توربین بادی و پیل‌سوختی، کاهش نوسانات توان خروجی توربین بادی توسط پیل‌سوختی است. انرژی بادی توسط روتور توربین بادی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و در ساعاتی از روز که سرعت باد به اندازه کافی زیاد است، توسط مبدل الکتریکی صرف تأمین تقاضای مصرف‌کننده می‌شود. مازاد انرژی تولیدی در این ساعات وارد الکترولایزر شده و توسط فرایند الکتروشیمیایی، آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌کند. در ادامه، گازهای تولید شده از الکترولایزر خارج و در دو مخزن مناسب ذخیره می‌شوند. در ساعاتی که سرعت باد پایین است و توربین به تنهایی قادر به تولید انرژی الکتریکی نیست، پیل‌سوختی وارد مدار می‌شود و با استفاده از هیدروژن و اکسیژن ذخیره شده در مرحله‌ی قبل، تقاضای الکتریکی را تأمین می‌کند [۲۲]. نکته مهم دیگر در استفاده از این سیستم آن است که مازاد برق تولیدی می‌تواند به شبکه‌ی برق شهری فروخته شود. یکی از اجزای مهم این سیستم هیبریدی الکترولایزر است. وظیفه‌ی الکترولایزر تأمین هیدروژن و اکسیژن از طریق الکترولیز آب است و در صورتیکه الکتریسیته مورد نیاز آن جهت تجزیه آب از منابع تجدیدپذیر تأمین گردد، یک سوخت پاک تلقی می‌شود [۲۲]. ذخیره‌سازی هیدروژن دارای مزایای اقتصادی نسبت به باتری‌های سربی جهت ذخیره‌سازی در طولانی مدت است. دانسیته انرژی هیدروژن در واحد جرم بسیار بالاست و به علت دانسیته پایین گاز، دانسیته انرژی آن در واحد حجم بسیار کم است. جهت دستیابی به حداکثر مقدار انرژی، لازم است تا مقدار زیادی از هیدروژن ذخیره گردد. هیدروژن به صورت جامد، مایع و گازی ذخیره‌سازی می‌شود و ذخیره‌سازی هیدروژن گازی یکی از ساده‌ترین، متداول‌ترین و ارزان‌ترین روش‌ها است [۶]. مهم‌ترین ویژگی هیدروژن، امکان استفاده از آن در پیل‌های سوختی و تولید الکتریسیته بدون ایجاد آلودگی زیست محیطی و راندمان بالا است. به عبارت ساده‌تر پیل‌سوختی یک سیستم الکتروشیمیایی است که انرژی شیمیایی سوخت را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند و در آن سوخت به طور مداوم به الکترود آند و اکسیژن به الکترود کاتد تزریق می‌گردد و واکنش‌های الکتروشیمیایی در الکتروکاتدها انجام شده و با ایجاد پتانسیل الکتریکی، جریان الکتریکی برقرار می‌گردد [۶]. در سیستم‌های هیبریدی توربین بادی، پنل فتوولتاییک و

پیل‌سوختی می‌توان از باتری نیز استفاده کرد. در این حالت، اغلب پیل‌سوختی نیز به طور کامل از مدار خارج می‌شود. با افزایش تابش خورشید و شدت گرفتن وزش باد، صفحات خورشیدی و توربین بادی توان الکتریکی مورد نیاز سیستم را به همراه شارژ باتری بر عهده می‌گیرند. پس از شارژ باتری‌ها توان مازاد مورد نیاز توسط کنترلر به الکترولایزر ارسال می‌شود. این کار تا پر شدن تانک اکسیژن و هیدروژن ادامه خواهد یافت. با پر شدن تانک هیدروژن الکترولایزر خاموش شده، توان الکتریکی مازاد توسط کنترلر در اختیار سایر تجهیزات جانبی قرار داده می‌شود. در اواخر روز به دلیل کاهش تولید توان توربین بادی و صفحات خورشیدی، باتری مجدداً روشن می‌شود و بار الکتریکی مجموعه را تأمین می‌کند [۲۳]. بیشتر الکترولایزرها هیدروژن را در حدود فشار ۳۰ بار تولید می‌کنند و بنابراین نیازی به کمپرسور ندارند [۲۴].

لازم به ذکر است که علاوه بر سیستم‌های هیبریدی مورد اشاره می‌توان از هیبرید توربین باد و توربین آبی و سایر مولفه‌ها نیز بهره برد. این مسئله اغلب در مناطقی که به رودخانه‌های دائمی و یا سدهای آب دسترسی دارند به صرفه است. همچنین میزان وزش باد و جغرافیای منطقه نیز در انتخاب این نوع سیستم‌های هیبریدی حائز اهمیت می‌باشد. برای مدلسازی سیستمی شامل توربین آبی، باید مقدار شار آب موجود در هر ساعت از سال را معین کرد. می‌توان با فرض ثابت ماندن شار آب رودخانه در طول ماه، میانگین شار عبوری آب را به عنوان منبع تأمین توان در نظر گرفت. در هر صورت، باید با در نظر داشتن مقداری از شار آب عبوری از رودخانه، که به دلایل زیست محیطی نباید از توربین عبور کند و با کم کردن آن از شار آب عبوری رودخانه، شاری که برای توربین فراهم است را به دست آورد [۲۵] و از این طریق میزان تولید توان به وسیله توربین آبی را تخمین زد.

۳- معرفی نرم‌افزار مدلسازی هومر

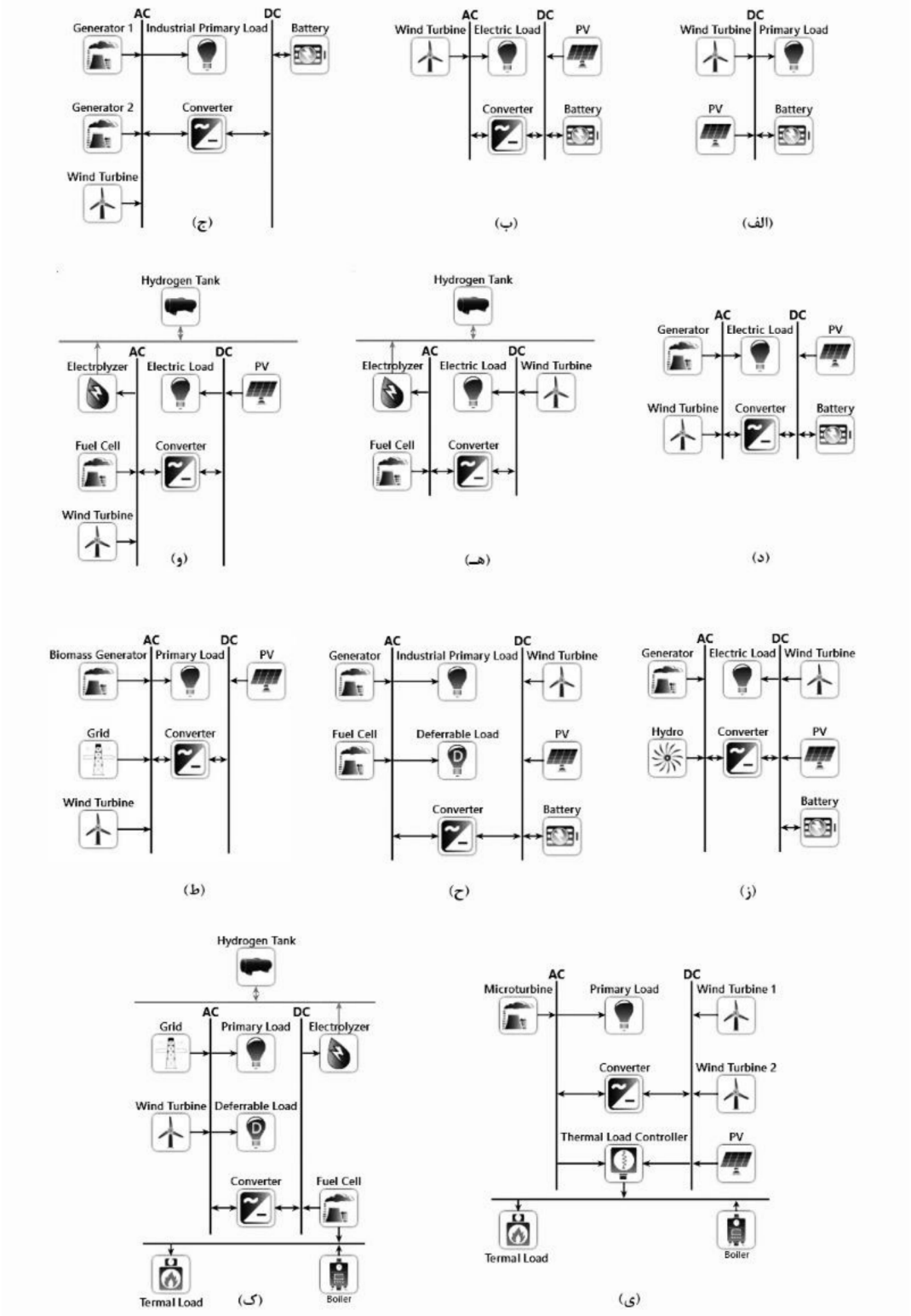
به طور کلی برای انتخاب مدل هیبریدی بهینه، ارزیابی سیستم باید بر اساس دو فاکتور مهم قابلیت اطمینان توان و هزینه سیستم انجام گیرد. به منظور اقتصادی بودن و کارکرد با بازدهی بالا، اندازه‌دهی مناسب سیستم هیبریدی امری ضروری به نظر می‌رسد. به عبارت ساده در یک سیستم هیبریدی بر پایه توربین بادی، چنانچه اندازه و ظرفیت تجهیزات تشکیل‌دهنده بیش از میزان مورد نیاز باشد، عملاً از تعدادی از اجزاء استفاده نخواهد شد و این کار باعث سرمایه‌گذاری بیهوده شده و توجیه اقتصادی ندارد. از سوی دیگر اگر انتخاب اجزاء و توان تولیدی آن‌ها، کمتر از مقدار مورد نیاز مصرفی باشد، همواره بخشی از بار از دست خواهد رفت و این به معنی قابلیت اطمینان پایین سیستم است. اندازه‌دهی بهینه تضمین می‌کند تا با حداقل سرمایه‌گذاری، از حداکثر توان سیستم‌های هیبریدی به خوبی استفاده شود. با وجود اینکه قابلیت اطمینان سیستم نقش مهمی در بهینه‌سازی سیستم ایفا می‌کند، هزینه‌ی سیستم، پروژه را مدیریت می‌کند، مگر آنکه منابع مالی نامحدود باشد. بنابراین رابطه بین قابلیت اطمینان سیستم و هزینه باید به طور نزدیکی مطالعه شود تا روش مناسب بهینه‌سازی به دست آید [۲۶] و [۲۷]. به خاطر ماهیت تناوبی تابش خورشید و سرعت باد که به طور اساسی بر تولید انرژی توسط سیستم هیبریدی تأثیرگذار است، آنالیز قابلیت اطمینان توان، به عنوان گامی مهم در فرایند طراحی مورد بررسی قرار می‌گیرد. چندین روش برای محاسبه قابلیت اطمینان سیستم هیبریدی به کار می‌رود که مهم‌ترین روش مورد استفاده، روش اتلافات احتمالی توان تولیدی (LPSP) است. همچنین برای تحلیل اقتصادی در سیستم‌های هیبریدی، چندین معیار اقتصادی نظیر معیار هزینه جاری، معیار هزینه سطح بندی انرژی و معیار هزینه طول عمر وجود دارد. هزینه جاری به عنوان ارزش کلی اقتصادی در یک دوره زمانی جریان نقدی تعریف می‌شود که شامل هزینه‌های اولیه و تعمیر و نگه‌داری هر قسمت از پروژه در طول عمر آن است [۲۸].

نرم‌افزار هومر، سه امر اساسی شبیه‌سازی، بهینه‌سازی و تحلیل حساسیت در فرایند مدلسازی را اجرا می‌کند. هومر عملکرد آرایش خاص سیستم انرژی را برای هر ساعت از سال با تعیین روش‌های ممکن تأمین انرژی مورد نیاز و هزینه چرخه عمر آن مدلسازی می‌کند. در فرایند بهینه‌سازی این نرم‌افزار، تمام آرایش‌های مختلف تأمین قدرت که محدودیت‌های تکنیکی را ارضا می‌کنند جهت دستیابی به اقتصادی‌ترین حالت برای هزینه چرخه عمر، جستجو می‌شود [۲۹]. هومر از معادله هزینه شبکه[۱]NPC (هزینه خالص جاری) برای چرخه عمر استفاده می‌کند که شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، جایگزینی (تعویض)، تعمیر و نگه‌داری، سوخت، خرید برق از شبکه، جریمه‌های ناشی از آلودگی هوا و درآمد فروش برق به شبکه است. در محاسبه NPC هزینه‌ها، مثبت و درآمدها منفی در نظر گرفته می‌شوند. هومر تمام هزینه‌ها و درآمدها را با یک نرخ بهره ثابت در طول سال ارزیابی می‌کند. برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی یک سیستم هیبریدی با استفاده از نرم‌افزار هومر می‌بایست پس از وارد کردن اطلاعات پارامترهای بار و منابع انرژی در طول سال با درج قیمت تجهیزات، به تحلیل فنی و اقتصادی در انتخاب منابع و اندازه آنها پرداخت [۲۵].

هومر قابلیت مدلسازی بارهای مختلف از جمله بار اولیه، بار قابل تعویق، بار حرارتی و بار هیدروژنی را در اختیار دارد. لازم به ذکر است که در این نرم‌افزار مولفه‌های متفاوتی وجود دارد که به طور کلی می‌توان به چهار دسته‌ی تولیدکننده‌ها، ارائه‌دهنده‌ها، تبدیل‌کننده‌ها و ذخیره‌کننده‌های انرژی تقسیم‌بندی کرد. این چهار دسته هر کدام شامل مولفه‌های متعددی هستند. در هومر، بیش از ۱۰ نوع مولفه وجود دارد. تمامی این مولفه‌ها، انواع تجاری و متنوعی دارند که در کتابخانه هومر [که قابلیت اضافه و کم کردن و تعریف تجهیزات جدید (همراه با پارامترهای آن) را در اختیار دارد] به صورت پیش فرض تعریف شده‌اند. سه مولفه‌ی آرایه‌های فتوولتایی، توربین‌های بادی و توربین‌های آبی در دسته‌ی تولیدکننده‌ها قرار دارند. به عبارت دیگر این سه مولفه از طریق منابع متناوب انرژی تجدیدپذیر، برق تولید می‌کنند. انرژی تولیدی توربین‌های بادی و آبی می‌تواند DC یا AC باشد. اما برق تولید شده توسط آرایه‌های فتوولتایی، DC است. توربین‌های آبی هومر، توانایی ذخیره آب را در اختیار ندارند [۱۹]. سه مولفه دیگر که در دسته‌ی ارائه‌دهنده‌ها قرار می‌گیرند، ژنراتورها، شبکه و بویلرها هستند. این منابع قابل دیسپاچ[۲]هستند؛ یعنی در صورت لزوم، سیستم می‌تواند عملکرد آنها را کنترل کند. ژنراتور از طریق مصرف سوخت می‌تواند برق DC یا AC تولید کند و می‌توان از طریق بازیابی حرارت دفعی از آن، بار حرارتی مورد نیاز را تأمین کرد. سوخت مصرفی در ژنراتور می‌تواند انواع متفاوتی (دیزل، گاز و ...) داشته باشد. از این رو، هومر پیل‌های سوختی و میکروتوربین‌ها را در ردیف انواع ژنراتورها قرار می‌دهد (که می‌توانند از سوخت هیدروژنی و گازی استفاده کنند). شبکه، ارائه دهنده برق AC به سیستم متصل به شبکه است؛ ضمن اینکه توانایی خرید برق از سیستم قدرت کوچک را نیز دارد. بویلرها نیز، با سوزاندن سوخت، در صورت لزوم حرارت مورد نیاز برای بارهای حرارتی را تأمین می‌کنند.

[۱] Net Persent Cost

[۲] Dispatch



شکل ۱ بلوک دیاگرام سیستم‌های تولید توان هیبریدی متکی به توربین بادی در نرم‌افزار هومر؛ (الف) و (ب) سیستم هیبریدی توربین بادی و پنل فتوولتاییک همراه و بدون مبدل الکتریکی؛ (ج) سیستم هیبریدی توربین بادی و دو ژنراتور همراه با باتری و مبدل به منظور تأمین بار صنعتی؛ (د) سیستم هیبریدی توربین بادی، پنل فتوولتاییک و ژنراتور؛ (هـ) سیستم بادی، پیل‌سوختی همراه با الکترولایزر، تانک هیدروژن و مبدل الکتریکی؛ (و) سیستم بادی، خورشیدی، پیل‌سوختی به همراه الکترولایزر، تانک هیدروژن و مبدل الکتریکی؛ (ز) سیستم هیبریدی توربین بادی، توربین آبی، پنل فتوولتاییک، ژنراتور به همراه باتری و مبدل الکتریکی؛ (ح) سیستم بادی، خورشیدی، پیل‌سوختی و ژنراتور به منظور تأمین بارهای مختلف؛ (ط) سیستم بادی، خورشیدی، زیست‌توده همراه با مبدل الکتریکی و به صورت متصل به شبکه سراسری برق؛ (ی) سیستم هیبریدی توربین‌های بادی، پنل فتوولتاییک، میکروتوربین و مبدل الکتریکی به منظور تأمین بارهای الکتریکی و حرارتی (با استفاده از بویلر)؛ (ک) سیستم هیبریدی متشکل از توربین بادی، پیل‌سوختی (همراه با الکترولایزر و تانک هیدروژن) و مبدل الکتریکی به صورت متصل به شبکه سراسری برق به منظور تأمین بار الکتریکی و حرارتی (با استفاده از بویلر)

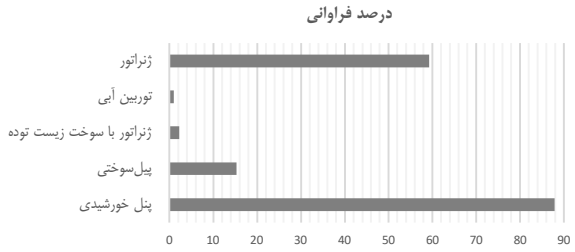
دو نوع مولفه‌ی دیگر، یعنی مبدل‌ها[1] و الکترولایزرها[2] انرژی الکتریکی را به صورت دیگری از انرژی مبدل می‌سازند؛ از این رو در دسته تبدیل‌کننده‌ها قرار می‌گیرند. مبدل‌ها، انرژی الکتریکی DC را به AC یا بالعکس تبدیل می‌کنند. الکترولایزر هم انرژی الکتریکی مازاد DC یا AC را از طریق ذخیره هیدروژن و سپس استفاده از آن به عنوان یک سوخت در مراحل بعدی مورد نظر قرار می‌دهد [۲۸].

نهایتاً، باتری‌ها [که انواع مختلف دارند]، تانک‌های ذخیره هیدروژن و فلایویل[3] به عنوان انواع ذخیره‌کننده در هومر وجود دارند. باتری، انرژی الکتریکی DC را ذخیره می‌کند. ذخیره‌ساز هیدروژن نیز، هیدروژن را ذخیره کرده و ترتیب استفاده از آن به عنوان سوخت توسط ژنراتورها را فراهم می‌آورد. فلایویل به عنوان یک ذخیره‌ساز عملیاتی که در باس‌های AC به کار می‌رود، می‌تواند با جذب و ذخیره‌سازی انرژی‌های متناوب و ناگهانی ایجاد شده توسط سیستم تولید توان، کاهش ناگهانی تولید برق تجدیدپذیر در ساعات دیگر را مدیریت و تنظیم نماید. همچنان که پیشتر نیز به آن اشاره شد، هدف اصلی برنامه هومر، آنالیز فنی و اقتصادی بهینه‌ترین سیستم‌های تولید توان در گستره وسیعی از کاربردهاست [۳۰]. هومر کاربر را قادر می‌سازد تا گزینه‌های متفاوت طراحی بسیاری طبق اصول تکنیکی و اقتصادی را با هم مقایسه کند. همچنین امکان اعمال تغییرات و عدم قطعیت‌های فراوانی در ورودی‌ها را فراهم می‌آورد [۲]. شکل ۱ بلوک دیاگرام سیستم‌های تولید توان هیبریدی متکی به توربین بادی را در نرم‌افزار هومر نشان می‌دهد.

۴- مروری بر مدلسازی سیستم تولید توان هیبریدی

تا کنون تحقیقات گسترده‌ای در زمینه سیستم‌های هیبریدی انرژی تجدیدپذیر صورت گرفته است. در این بخش به بررسی مطالعاتی که پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی متکی به توربین بادی با استفاده از نرم‌افزار هومر در کشور ایران انجام شده، اشاره می‌گردد. جدول ۱ مشخصات تمامی پژوهش‌های مذکور که از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ و در بازه زمانی ۱۰ ساله منتشر شده‌اند را نشان می‌دهد. در این بخش با تفکیک میان سیستم‌های هیبریدی بر اساس مولفه‌های مولد حاضر در مدلسازی، به توصیف مقالات پرداخته می‌شود. علاوه بر نام محققان، سال انتشار مقالات نیز در این جدول درج شده و حتی المقدور به موقعیت و کاربری سیستم‌های مورد مطالعه و خصوصیات نوین پژوهش‌های صورت گرفته نیز اشاره می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد ۵۰٪/۵ مطالعات بومی، پیرامون هیبرید سیستم بادی، خورشیدی، ژنراتور (دیزلی یا میکروتوربین گازی) صورت گرفته است. سیستم هیبریدی بادی و خورشیدی ۲۳٪ و سیستم هیبریدی بادی، خورشیدی و پیل‌سوختی ۱۰/۹٪ از پژوهش‌های مبتنی بر توربین بادی را به خود اختصاص داده‌اند و در رده‌های بعدی از نظر فراوانی قرار دارند. شکل ۲، درصد فراوانی بهره‌مندی از منابع انرژی (تجدیدپذیر و فسیلی) به صورت هیبریدی در پژوهش‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. در ۸۷/۹٪ سیستم‌های هیبریدی مورد مطالعه از پنل خورشیدی و در ۵۹٪/۳ از ژنراتور در کنار توربین بادی استفاده شده است. این در حالیست که پیل‌سوختی با ۱۵/۳٪ در رتبه بعدی قرار دارد و تنها ۱٪ از پژوهش‌های داخلی شامل انرژی آبی بوده است (شکل ۳).

شکل ۲ درصد فراوانی هیبرید منابع انرژی در پژوهش‌های مورد بررسی



شکل ۳ درصد فراوانی مولفه‌های مولد توان در پژوهش‌های مورد بررسی

لازم به ذکر است که ۶۴/۸٪ از مطالعات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار هومر، به صورت مستقل از شبکه بوده و تنها ۱۸/۷٪ از سیستم‌های هیبریدی مورد بررسی به صورت متصل به شبکه بوده‌اند. ۱۶/۵٪ از پژوهش‌های مورد مطالعه نیز مدل‌های هیبریدی پیشنهادی همزمان به طور متصل به شبکه و مستقل از آن بررسی شده است (شکل ۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب مطالعات مذکور، به منظور تأمین توان مصرفی مورد نیاز روستایی، مسکونی شهری (خانگی، هتل، دانشگاه، بیمارستان)، صنعتی و کشاورزی بوده است. هدف از انجام برخی از مطالعات نیز امکان‌سنجی احداث نیروگاه‌های تولید پراکنده یا نیروگاه‌های تجدیدپذیر بزرگ (همچون مزرعه‌های بادی و خورشیدی) در مناطق مختلف ایران بوده است.

شکل ۴ درصد فراوانی اتصال به شبکه و استقلال از آن در پژوهش‌های مورد بررسی

[1] Converter
[2] Electrolyzer
[3] Flywheel

جدول ۱ مشخصات پژوهش‌های منتشر شده پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی در داخل کشور (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶)

ردیف	محققان	سال انتشار	عنوان پژوهش و توضیحات
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی
۱	مهران عامری و همکاران [۳۱]	۱۳۸۶	«امکان‌سنجی استفاده از سیستم بادی-خورشیدی (هیبریدی) برای تأمین انرژی الکتریکی در استان کرمان»؛ مصرف روستایی، شهر رفسنجان، مستقل از شبکه
۲	جهانبانی اردکانی و همکاران [۳۲]	۱۳۸۸	«امکان‌سنجی سیستم‌های ترکیبی متصل و مجزا از شبکه در منطقه شمال غرب ایران با استفاده از نرم‌افزار هومر»؛ نمونه موردی: تأمین بار خانگی، متصل و مستقل از شبکه (همزمان)، اعمال زاویه چینش آرایه‌های خورشیدی و ارتفاع دکل توربین بادی به عنوان متغیر حساسیت در سیستم
۳	زیدآبادی‌نژاد و همکاران [۳۳]	۱۳۹۰	«امکان‌سنجی اقتصادی برق‌رسانی به روستاهای دور از شبکه سراسری با استفاده از سیستم هیبرید فتوولتاییک-توربین بادی به همراه ردیاب ماکزیمم نقطه توان»؛ نمونه موردی: استان خراسان، مستقل از شبکه
۴	محمدرضا جوادی و همکاران [۳۴]	۱۳۹۰	«طراحی بهینه و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید مستقل از شبکه برای مناطق روستایی»؛ نمونه موردی: بار مصرفی روستایی، شهر جلفا، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الگوریتم رقابت استعماری
۵	بازیار و همکاران [۳۵]	۱۳۹۰	«طراحی بهینه، ارزیابی اقتصادی و مدیریت انرژی سیستم هیبرید فتوولتاییک-بادی برای مصارف خانگی مستقل از شبکه توسط الگوریتم رقابت استعماری»؛ نمونه موردی: بار مصرفی یک منزل مسکونی، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الگوریتم رقابت استعماری
۶	امینی‌کیا و همکاران [۳۶]	۱۳۹۰	«طراحی و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید شامل نیروگاه تلمبه‌ای، بادی و خورشیدی برای نواحی مستقل از شبکه»؛ نمونه موردی: شهر جلفا، بهره‌مندی از روش‌های ژنتیک، PSO و استعماری، هیبرید بادی-خورشیدی-نیروگاه تلمبه‌ای
۷	سالم نیا و همکاران [۳۷]	۱۳۹۱	«امکان‌سنجی تغذیه‌ی یک خانه مسکونی با تراز انرژی صفر در یک منطقه کویری»؛ نمونه موردی: خانه مسکونی با تراز انرژی صفر، شهر طبس، مستقل از شبکه
۸	دانشگر مقدم و همکاران [۳۸]	۱۳۹۱	«بهره‌وری انرژی در ساختمان هتل با بکارگیری نرم‌افزار ECOTECT و HOMER»؛ نمونه موردی: تأمین بار مورد نیاز هتل، شهر همدان، متصل به شبکه، محدود نمودن نیاز کلی ساختمان به انرژی و تحلیل حرارتی آن با استفاده از نرم‌افزار ECOTECT، مقایسه آلترناتیوهای مختلف طراحی
۹	شهبازی و آرش [۳۹]	۱۳۹۳	«مقایسه اقتصادی سیستم هیبرید باد و خورشید مستقل و متصل به شبکه سراسری جهت تأمین بار شهرستان نمین»؛ نمونه موردی: تأمین بار منطقه نمین، مدلسازی در دو حالت متصل و مستقل از شبکه (همزمان) و مقایسه آنها با شاخص بازگشت سرمایه
۱۰	رحیمی و حیدری [۴۰]	۱۳۹۳	«مدیریت تولید و مصرف بهینه انرژی الکتریکی با استفاده از سیستم‌های ترکیبی فتوولتاییک، بادی و سیستم ذخیره باتری»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی در مناطق دور افتاده از شهر سنندج، مستقل از شبکه، مقایسه نتایج سیستم بهینه با دو شاخص LPSP و DPSP در متلب
۱۱	حیدری و همکاران [۴۱]	۱۳۹۳	«طراحی و اندازه‌یابی سیستم ترکیبی فتوولتاییک/ باد/ باتری برای کاربردهای مستقل از شبکه با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: تأمین بار مسکونی، شهر تاکستان، مستقل از شبکه
۱۲	گلبو و فخاری‌زاده [۴۲]	۱۳۹۴	«طراحی سیستم بهینه ترکیبی توربین بادی، آرایه‌های خورشیدی در منطقه یزد»؛ مستقل از شبکه
۱۳	هنرمند و روحانی [۴۳]	۱۳۹۴	«طراحی بهینه سیستم تولید همزمان برق و گرما مبتنی بر منابع تجدیدپذیر برای ریز شبکه‌ها»؛ نمونه موردی: تأمین بار الکتریکی و حرارتی روستا، شهر بیضا در استان فارس، در دو حالت متصل و مستقل از شبکه (همزمان)، بهره‌مندی از بویلر و TLC جهت تأمین نیاز حرارتی، استفاده از استراتژی مدیریت انرژی در تحلیل سیستم
۱۴	وحیدیان اردکانی و نجاتی [۴۴]	۱۳۹۴	«تحلیل فنی و اقتصادی یک نمونه هتل با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر»؛ نمونه موردی: خراسان رضوی (مشهد)، متصل به شبکه
۱۵	اشرفی و همکاران [۴۵]	۱۳۹۴	«پتانسیل‌سنجی استفاده از انرژی‌های نو و طراحی یک نمونه با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی خانگی، شهر اصفهان، متصل به شبکه
۱۶	مهدی‌پور و همکاران [۴۶]	۱۳۹۴	«طراحی سیستم تولید توان به کمک روش هیبرید باد و خورشید و ذخیره‌سازی آن برای مصارف مسکونی»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی یک خوابگاه، مستقل از شبکه
۱۷	باباخانی و باغرامیان [۴۷]	۱۳۹۵	«طراحی بهینه و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید مستقل از شبکه برای مناطق روستایی»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی روستایی با ۸۰ خانوار در منطقه دوهزار تنکابن، مستقل از شبکه
۱۸	عیسی‌زاده و همکاران [۴۸]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم های هیبرید جهت حفاظت خطوط انتقال نفت و گاز»؛ نمونه موردی: تأمین بار مورد نیاز در سه منطقه جهت حفاظت از خطوط نفت و گاز در اطراف اهواز، گچساران و مناطق دور از شبکه

ادامه جدول ۱ مشخصات پژوهش‌های منتشر شده پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی در داخل کشور (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶)

ردیف	محققان	سال انتشار	عنوان پژوهش و توضیحات
			ادامه سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی
۱۹	غیرتمند و همکاران [۴۹]	۱۳۹۵	«طراحی سیستم ترکیبی بادی و خورشیدی با ذخیره‌ساز باتری به صورت مستقل از شبکه با استفاده از شبیه‌ساز HOMER»؛ نمونه موردی: تأمین بار مورد نیاز کانکس‌های امداد و مراکز فوریت‌های پزشکی شهر تبریز، مستقل از شبکه
۲۰	رحمانی‌فر [۵۰]	۱۳۹۶	«ارزیابی فنی- اقتصادی استفاده از تولید پراکنده برق خورشیدی-بادی در صنایع نفتی»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی تجهیزات ابزار دقیق شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مسجد سلیمان، بحث پیرامون شیب بهینه پنل‌های خورشیدی در ماه‌های مختلف، مستقل از شبکه
۲۱	جهانگیری و میرعباسی [۵۱]	۱۳۹۶	«ارزیابی و طراحی نیروگاه بادی-خورشیدی به عنوان یک ریز شبکه»؛ نمونه موردی: تأمین توان مورد نیاز شهر زابل، متصل به شبکه، استفاده از توربین نوین بادی Invelox در سیستم هیبریدی
			سیستم هیبریدی بادی + پیل‌سوختی
۱	علایی [۵۲]	۱۳۹۱	«شبیه‌سازی سیستم تولید توان با هیبرید باد و پیل‌سوختی و باتری»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی روستایی، شهر نمین، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن
۲	حسن‌زاده و همکاران [۵۳]	۱۳۹۲	«تحلیل و بررسی شرایط عملکردی مختلف در تعیین اندازه اجزاء سیستم تولید توان ترکیبی بادی-پیل‌سوختی-ذخیره‌ساز انرژی»؛ نمونه موردی: بار صنعتی، مستقل از شبکه، بررسی بهره‌مندی از توربین بادی به عنوان مولد اصلی یا پشتیبان
			سیستم هیبریدی بادی + زیست‌توده
۱	راکی‌پور [۵۴]	۱۳۹۱	«پتانسیل‌سنجی فنی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر بادی و زیست‌توده در شهرهای استان خوزستان با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ بررسی احداث نیروگاه هیبریدی بادی و زیست‌توده در ۱۲ شهر استان خوزستان، مستقل از شبکه
			سیستم هیبریدی بادی + شبکه
۱	آل‌بویه و همکاران [۵۵]	۱۳۹۰	«ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی»؛ نمونه موردی: منطقه معلمان استان سمنان، متصل به شبکه، مقایسه دو توربین مختلف (وستاس و صبانیرو) جهت استفاده در نیروگاه مورد نظر، بررسی صرفه اقتصادی احداث نیروگاه
۲	علی اصغری و احمدی [۵۶]	۱۳۹۵	«بررسی اقتصادی نیروگاه بادی با در نظر گرفتن تغییرات احتمالی تعرفه خرید تضمینی برق به همراه مطالعه موردی»؛ نمونه موردی: منطقه معلمان، بهره‌مندی از نرم‌افزار Digsilent به منظور بررسی و تحلیل فنی روی فیدری که در منطقه‌ای بادخیز واقع گردیده، بررسی حضور شبکه توزیع در منطقه مورد نظر، بررسی امکان استفاده از دو نوع توربین بادی بومی در فرایند انجام پروژه
			سیستم هیبریدی بادی + ژنراتور
۱	شاهسوندی و همکاران [۵۷]	۱۳۹۰	«ارزیابی فنی و بهینه‌سازی اقتصادی استفاده از سیستم‌های ترکیبی دیزل-توربین بادی در منطقه آذربایجان شرقی با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: بار مصرفی روستایی دور افتاده در آذربایجان شرقی، مستقل از شبکه
۲	میرحسینی و همکاران [۵۸]	۱۳۹۱	«امکان‌سنجی استفاده از نیروگاه برق-بادی در مقیاس خانگی در اصفهان به کمک نرم‌افزارهای هومر و RETscreen»؛ نمونه موردی: تأمین انرژی منزل مسکونی، شهر اصفهان، مستقل از شبکه، نوآوری‌هایی در زمینه برآورد مالی و صرفه‌جویی‌های اقتصادی ناشی از احداث سیستم تولید توان هیبریدی مستقل از شبکه بسته به فاصله از آن و نحوه محاسبه قیمت برق شبکه در طول عمر پروژه
۳	جهانگیری و همکاران [۵۹]	۱۳۹۱	«بررسی اقتصادی تأمین برق مصرفی خانگی توسط انرژی باد و مقایسه با هزینه شبکه برق»؛ نمونه موردی: شهرستان بهبهان، استان مازندران، مستقل از شبکه، بحثی پیرامون فاصله سیستم از شبکه، منظور نمودن هزینه تأمین توان از شبکه در طول عمر پروژه
۴	مکتب‌دار و همکاران [۶۰]	۱۳۹۳	«بررسی فنی- اقتصادی و طراحی بهینه سیستم ترکیبی بادی، میکروتوربین و باتری جهت تأمین تقاضای بار»؛ نمونه موردی: میرجاوه در استان سیستان و بلوچستان، دو حالت متصل و مستقل از شبکه (همزمان)، بهره‌مندی از میکروتوربین در سیستم
۵	تلاوت و همکاران [۶۱]	۱۳۹۴	«ارائه روشی به منظور بهینه‌سازی یک سیستم تولیدی ترکیبی بادی-دیزلی»؛ نمونه موردی: شهر تبریز، پیش‌بینی سرعت باد با استفاده از شبکه عصبی در نرم‌افزار SPSS، بهره‌مندی از دو دیزل ژنراتور در فرایند مدلسازی، مستقل از شبکه

ادامه جدول ۱ مشخصات پژوهش‌های منتشر شده پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی در داخل کشور (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶)

ردیف	محققان	سال انتشار	عنوان پژوهش و توضیحات
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + پیل‌سوختی
۱	شیرودی و همکاران [۶]	۱۳۸۸	«مدلسازی و آنالیز فنی- اقتصادی سیستم هیبریدی فتوولتاییک-باد با ذخیره هیدروژن در سایت طالقان»؛ نمونه موردی: تأمین انرژی ساختمان مستقل از شبکه و روشنایی بلوار، شهر طالقان، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن
۲	رشیدی و شیرودی [۶۲]	۱۳۸۸	«بررسی فنی سیستم انرژی هیبرید فتوولتاییک-باد-پیل‌سوختی و مدلسازی آن با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: تأمین انرژی کانکس هلال احمر، شهر طالقان، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن
۳	جهانگیری و صداقت [۶۳]	۱۳۹۱	«طراحی سیستم ترکیبی پنل خورشیدی، توربین بادی، سیستم هیدروژنی»؛ مطالعه موردی: تأمین بار مصرفی منزل مسکونی، شهر الیگودرز، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن، تمامی باس‌های سیستم از نوع DC بدون وجود مبدل
۴	خراسانی و همکاران [۶۴]	۱۳۹۲	«بررسی و سایز بندی اقتصادی بهینه سیستم هیبرید تجدیدپذیر در شبکه‌های الکتریکی هوشمند با استفاده از نرم‌افزار هومر»؛ نمونه موردی: تأمین بار امامزاده علی، شهر سیرجان، مستقل از شبکه، تأثیر سیستم هیبریدی بر کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ توان
۵	ملکی و همکاران [۶۵]	۱۳۹۲	«طراحی و بهینه‌سازی سیستم هیبرید فتوولتاییک-بادی-پیل‌سوختی برای کاربردهای مستقل از شبکه»؛ نمونه موردی: مصرف روستایی، شهر یزد، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن
۶	صفائی و همکاران [۶۶]	۱۳۹۲	«مدیریت و بهره‌وری منابع انرژی در سیستم‌های پست توزیع»، نمونه موردی: تأمین بار الکتریکی و حرارتی میکروگرید، بهره‌مندی از نرم‌افزار GAMS در فرایند آنالیز، متصل به شبکه
۷	روحانی و همکاران [۶۷]	۱۳۹۳	«ارزیابی استراتژی مدیریت توان در سیستم هیبرید PV/Wind/FC برای کاربردهای مستقل از شبکه»؛ نمونه مطالعاتی: تأمین بار گلخانه، شهر شیراز، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن، ارزیابی بازده باتری با توجه به حالت شارژ در سه استراتژی مدیریت توان
۸	آزاد [۶۸]	۱۳۹۳	«راهکار انرژی هیبرید برای مصارف مسکونی در نواحی روستایی و دور از شبکه برق»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی خانگی، شهر نائین، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر، رفورمر و تانک هیدروژن، محاسبه حداقل فاصله از شبکه سراسری به منظور صرفه اقتصادی سیستم، استفاده از نرم‌افزار RETscreen در منابع انرژی
۹	رضایی نصیر آبادی و همکاران [۶۹]	۱۳۹۳	«امکان‌سنجی سیستم ترکیبی پنل خورشیدی و توربین بادی در ساختمان مسکونی در کلانشهر تهران جهت گسترش فرهنگ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر»؛ مستقل از شبکه
۱۰	محمودآبادی و همکاران [۷۰]	۱۳۹۵	«تحلیل اقتصادی تأمین بار توسط انرژی تجدیدپذیر ترکیبی با تأکید بر تحلیل حساسیت آلاینده‌ها»؛ نمونه موردی: روستای قوشه‌ی شهر دامغان، مستقل از شبکه، تحلیل دقیق حساسیت سیستم به آلاینده‌های CO_2 و NO_2
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + زیست‌توده
۱	ابراهیمی میمند و همکاران [۷۱]	۱۳۹۳	«مطالعه امکان‌سنجی استفاده از یک سیستم هیبرید باد-خورشید-زیست‌توده مستقل از شبکه برای تأمین بخشی از برق مصرفی مجتمع مس سرچشمه»؛ نمونه موردی: تأمین بخشی از برق مصرفی اداره آبرسانی خاتون آباد، مستقل از شبکه
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + ژنراتور
۱	غنی و کاظم‌زاده [۹]	۱۳۸۸	«بررسی اقتصادی و بهینه‌سازی سیستم هیبرید تولید انرژی مستقل از شبکه»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی خانگی، مستقل از شبکه
۲	حامدی و همکاران [۷۲]	۱۳۸۸	«امکان‌سنجی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در تأمین انرژی بار مستقل از شبکه در منطقه‌ی شمال‌غرب کشور»؛ نمونه موردی: بار مصرفی یک منزل مسکونی، مستقل از شبکه
۳	شاهسوندی و همکاران [۷۳]	۱۳۹۱	«طراحی و مدلسازی سیستم بهینه قدرت ترکیبی در منطقه شمال غرب ایران با استفاده از نرم‌افزار VisSim و HOMER»؛ نمونه موردی: آذربایجان شرقی، مستقل از شبکه، بررسی تأثیر تغییرات بار، شارژ، دشارژ باتری و لحظه ورود توربین بادی بر توان تولیدی دیزل ژنراتور، ولتاژ و فرکانس سیستم
۴	عبدالعلی‌پور عدل و مختاری [۷۴]	۱۳۹۲	«بررسی و شبیه‌سازی سیستم انرژی هیبرید خورشیدی با بادی- مورد مطالعه: عینالی تبریز»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی واحد تفریحی، شهر تبریز، مستقل از شبکه

ادامه جدول ۱ مشخصات پژوهش‌های منتشر شده پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی در داخل کشور (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶)

ردیف	محققان	سال انتشار	عنوان پژوهش و توضیحات
			ادامه سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + ژنراتور
۵	راضی و همکاران [۷۵]	۱۳۹۲	«آنالیز فنی و اقتصادی سیستم‌های ترکیبی مستقل از شبکه با در نظر گرفتن جریمه برای گازهای آلاینده»؛ نمونه موردی: تأمین بار منطقه‌ای دور افتاده، شهر مشهد، مستقل از شبکه، لحاظ نمودن جریمه تولید گازهای آلاینده در محیط در فرایند تعیین ترکیب بهینه سیستم، آنالیز حساسیت سوخت با چهار قیمت متفاوت
۶	مظفری‌نیا و همکاران [۷۶]	۱۳۹۲	«بررسی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم‌های ترکیبی دیزل-توربین بادی-سلول‌های خورشیدی برای مناطق محروم و روستایی با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ مستقل از شبکه، آنالیز حساسیت با قیمت جهانی سوخت و قیمت سوخت در ایران
۷	دهنوی و کاظم‌زاده حنانی [۷۷]	۱۳۹۳	«ارزیابی تکنیکی اقتصادی هیبرید توربین بادی، فتوولتاییک و دیزل ژنراتور برای توان‌های مختلف در مشکین شهر»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی روستاهای اطراف شهر مشکین شهر با جمعیت ۲۰، ۴۰، ۶۰ خانواری، مستقل از شبکه، بررسی اقتصادی فاصله مصرف‌کنندگان از شبکه برق در اجراء سیستم هیبریدی
۸	ندیمی [۷۸]	۱۳۹۳	«مدلسازی و آنالیز فنی و اقتصادی سیستم هیبرید فتوولتاییک-باد برای دانشگاه رازی با نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: یک ریز شبکه مبتنی بر انرژی بادی، دانشگاه رازی کرمانشاه، متصل و مستقل از شبکه (همزمان)
۹	شاهرخی و خوشخو [۷۹]	۱۳۹۳	«طراحی بهینه‌ی ریز شبکه بر اساس ارزیابی‌های اقتصادی و زیست محیطی برای کوی دانشگاه تهران»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی مجموعه خوابگاه‌های دانشجویی دانشگاه تهران، متصل و مستقل از شبکه (همزمان)
۱۰	فیروزی و همکاران [۸۰]	۱۳۹۳	«مقایسه اقتصادی و امکان‌سنجی سیستم ترکیبی پنل خورشیدی و توربین بادی در مجتمع تجاری در کلاشهر تهران»؛ مستقل از شبکه
۱۱	رضایی و همکاران [۸۱]	۱۳۹۳	«طراحی یک ریز شبکه هوشمند با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی»؛ متصل به شبکه، بهره‌مندی از آنالیز سلسله مراتبی و در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها در طراحی پیکره ریز شبکه، ارزیابی نتایج به دست آمده از هومر در نرم‌افزار Expert Choice و اعمال هزینه‌های ناشی از جرایم انتشار آلاینده‌ها
۱۲	رئیسی و رضایی [۸۲]	۱۳۹۳	«طراحی نیروگاه ترکیبی تجدیدپذیر مستقل شامل CHP مبتنی بر اقلیم جغرافیایی سیستان و بلوچستان»؛ نمونه موردی: شهرهای زاهدان، سراوان و چابهار، تأمین بار الکتریکی و حرارتی با استفاده از بویلر تعبیه شده در سیستم، مستقل از شبکه
۱۳	رضایتی و همکاران [۸۳]	۱۳۹۳	«بررسی فنی و اقتصادی به کارگیری انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان»؛ نمونه موردی: ساختمان مسکونی، شهر تهران، مستقل از شبکه، استفاده از ضریب همزمانی برای محاسبه بار مصرفی در منزل مسکونی
۱۴	صلاحی و همکاران [۸۴]	۱۳۹۴	«طراحی و شبیه‌سازی یک ریز شبکه هیبرید برای روستای بیشه؛ بخش اول: برنامه‌ریزی بهینه»؛ نمونه موردی: تأمین بار روستای بیشه از توابع خرم‌آباد، دو حالت متصل و مستقل از شبکه (همزمان)، بهره‌مندی از میکروتوربین گازی به جای ژنراتورهای دیزلی رایج، مقایسه ۶ توربین بادی جهت انتخاب در سیستم، بررسی مبادله توان ریز شبکه با شبکه سراسری با استفاده از نرخ خرید و فروش به شبکه در حالات مختلف کم باری / میان باری / اوج بار
۱۵	طائل [۸۵]	۱۳۹۴	«طراحی سیستم ترکیبی انرژی خانگی به کمک نرم‌افزار HOMER در شهر محلات»؛ نمونه موردی: تأمین توان مصرفی خانگی، شهر محلات، مستقل از شبکه
۱۶	حسنی سعدی و همکاران [۸۶]	۱۳۹۴	«تعیین سایز منابع و اجزاء نیروگاه ترکیبی توربین بادی، دیزلی، آرایه‌های خورشیدی مستقل از شبکه جهت تأمین انرژی بار در سه شهر استان کرمان»؛ نمونه موردی: تأمین توان جهت برپایی نیروگاه تولید پراکنده در شهرهای کرمان، راور و شهر بابک
۱۷	ندیمی و آدابی [۸۷]	۱۳۹۴	«برنامه‌ریزی بهینه و استراتژی بهره‌برداری از یک ریز شبکه هیبرید با حضور منابع تجدیدپذیر»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی صنعتی، کارخانه سیمان غرب کرمانشاه، دو حالت متصل و مستقل از شبکه (همزمان)، استفاده همزمان از نرم‌افزار هومر و نرم‌افزار GAMS برای سهم ساعتی تولید هر یک از تجهیزات موجود در طرح انتخابی
۱۸	ندیمی و آدابی [۸۸]	۱۳۹۴	«برنامه‌ریزی بهینه ریز شبکه هیبرید به منظور کاهش هزینه‌ها و انتشار آلاینده‌ها»؛ نمونه موردی: بار مصرفی روستایی، کرمانشاه، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الگوریتم ژنتیک در حل مسئله و مقایسه نتایج با نرم‌افزار هومر

ادامه جدول ۱ مشخصات پژوهش‌های منتشر شده پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی در داخل کشور (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶)

ردیف	محققان	سال انتشار	عنوان پژوهش و توضیحات
			ادامه سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + ژنراتور
۱۹	سلمرودی و حدادی [۸۹]	۱۳۹۴	«بررسی و آنالیز اقتصادی استفاده از منابع تجدیدپذیر در شهرستان رامسر»؛ نمونه موردی: امکان‌سنجی تأمین بار شهرستان رامسر با استفاده از نیروگاه زباله‌سوز، بهره‌مندی از سوخت بیوماس در تأمین انرژی ژنراتور، مستقل از شبکه
۲۰	حسنی سعدی و همکاران [۹۰]	۱۳۹۴	«انتخاب بهینه سیستم قدرت ترکیبی و تأثیر خروجی دیزل ژنراتور بر ولتاژ و فرکانس سیستم»؛ نمونه موردی: تأسیس نیروگاه تولید پراکنده در سه شهر کرمان، راور و شهر بابک، بهره‌مندی از نرم‌افزار VisSim به منظور بررسی تأثیر خروج دیزل ژنراتور بر ولتاژ و فرکانس سیستم، مستقل از شبکه
۲۱	همتیان و همکاران [۹۱]	۱۳۹۴	«امکان‌سنجی و طراحی سیستم ترکیبی انرژی تجدیدپذیر به کمک نرم‌افزار هومر در جزیره کیش»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرف کننده خانگی، مستقل از شبکه
۲۲	سانبلی و بهرام‌آرا [۹۲]	۱۳۹۴	«امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از انرژی تجدیدپذیر در تأمین بار یک مجتمع مسکونی»؛ نمونه موردی: شهرستان ایلام، مستقل از شبکه
۲۳	دخت شمس‌طلب و باباجانی [۹۳]	۱۳۹۴	«ارزیابی فنی و اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی تصفیه خانه آب شهید نظری کرمانشاه»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی صنعتی، مستقل از شبکه
۲۴	ندیمی و همکاران [۹۴]	۱۳۹۴	«ارزیابی امکان تأمین برق مصرفی یک منزل مسکونی با استفاده از انرژی‌های نو به کمک نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: شهر کیان در استان چهار محال و بختیاری، مستقل از شبکه، محاسبه هزینه‌ی تأمین انرژی از شبکه با سیستم تولید پراکنده هیبریدی مورد مطالعه در طول عمر پروژه، وارد نمودن جریمه انتشار گازهای آلاینده به محیط در مدلسازی اقتصادی
۲۵	اسدی و بهرام‌آرا [۹۵]	۱۳۹۴	«ارزیابی اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی تجدیدپذیر برای یک دانشگاه»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی دانشگاه در شهر مریوان، متصل به شبکه، ارائه توابع هدف و معیارهای اقتصادی
۲۶	عباسی و اعرابی [۹۶]	۱۳۹۵	«امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین مصارف داخلی نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌های استان فارس»؛ نمونه موردی: تأمین مصارف داخلی پالایشگاه، تحلیل اقتصادی پروژه در نرم‌افزار کامفار، مستقل از شبکه
۲۷	عموپور و همکاران [۹۷]	۱۳۹۵	«تعیین مدل سیستم ترکیبی با نرم‌افزار هومر»؛ نمونه موردی: شهر منجیل، استان گیلان، مستقل از شبکه، استفاده از میکروتوربین گازی به عنوان ژنراتور سیستم
۲۸	صادقی و همکاران [۹۸]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های مختلط انرژی در شرکت صنایع سیمان غرب استان کرمانشاه»؛ نمونه موردی: دپارتمان سنگ‌شکن، متصل به شبکه
۲۹	ذهبی‌زاده و همکاران [۹۹]	۱۳۹۵	«طراحی و عملکرد بهینه سیستم تولید پراکنده در ریز شبکه‌ها مبتنی بر انرژی تجدیدپذیر در یک شبکه روستایی با هدف کاهش هزینه و آلایندگی با استفاده از الگوریتم رقابتی»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی روستا، بهره‌مندی از بویلر جهت تأمین بار حرارتی مورد نیاز، مقایسه حالت‌های ریز شبکه وابسته به دیزل ژنراتور، ریز شبکه متصل به شبکه سراسری، ریز شبکه بر مبنای منابع تجدیدپذیر، اعمال نتایج به الگوریتم رقابت استعماری (متلب) جهت معرفی طرح بهینه
۳۰	ناصری و همکاران [۱۰۰]	۱۳۹۵	«طراحی یک سیستم مختلط انرژی مبتنی بر منابع تجدیدپذیر برای یک روستا»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی روستایی با ۷۰ خانوار، روستای گزگزه از توابع شهر دهگلان، مدلسازی سیستم به صورت جزیره‌ای ریز شبکه (مستقل از شبکه) و در حالت متصل به شبکه با ارائه کامل قیمت‌های خرید و فروش از شبکه برق سراسری
۳۱	نجفی و همکاران [۱۰۱]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی- اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه کردستان»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی یک دانشکده، مستقل از شبکه
۳۲	عبدالحکیمی و بهرام‌آرا [۱۰۲]	۱۳۹۵	«طراحی ریز شبکه جهت بهینه‌سازی اقتصادی تأمین انرژی الکتریکی تأسیسات نفت سنندج»؛ نمونه موردی: تأمین بار صنعتی، دو حالت متصل و مستقل از شبکه
۳۳	شاهی و بهرام‌آرا [۱۰۳]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده از سیستم‌های مختلط انرژی تجدیدپذیر برای تأمین انرژی مورد نیاز کارخانه قند صبا»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی صنعتی، متصل به شبکه
۳۴	جبرئیلی و همکاران [۱۰۴]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی و اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی در پست سنگ‌شکن کارخانه سیمان کردستان»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی صنعتی، مستقل و متصل به شبکه
۳۵	فرهادی و بهرام‌آرا [۱۰۵]	۱۳۹۵	«طراحی سیستم‌های مختلط انرژی با هدف انتخاب بهینه و بهترین نوع آرایش برای تأمین انرژی یک مزرعه کشاورزی»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی جهت پمپاژ شناور و آبیاری مزرعه کشاورزی، دهگلان استان کردستان، متصل به شبکه

ادامه جدول ۱ مشخصات پژوهش‌های منتشر شده پیرامون سیستم‌های تولید توان هیبریدی در داخل کشور (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶)

ردیف	محققان	سال انتشار	عنوان پژوهش و توضیحات
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + ژنراتور
۳۶	حسینی و همکاران [۱۰۶]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های مختلط انرژی در یک مجتمع مسکونی ۸۸ واحدی»؛ نمونه موردی: مجتمع مسکونی شامل ۸۸ واحد در شهر سنندج استان کردستان، حالت متصل به شبکه و مستقل از آن
۳۷	مفاخری و بهرام‌آرا [۱۰۷]	۱۳۹۵	«راهبردهای عملیاتی و سایز بندی بهینه سیستم انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از نرم‌افزار HOMER در یک بیمارستان»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی بیمارستان شهید بهشتی واقع در شهر قروه، متصل به شبکه
۳۸	شیخ احمدی و همکاران [۱۰۸]	۱۳۹۵	«ارزیابی فنی- اقتصادی نصب سیستم‌های ترکیبی انرژی در یک منطقه روستایی»؛ نمونه موردی: روستای قلیان، استان کردستان، مستقل از شبکه
۳۹	رضایی و تقی‌زاده [۱۰۹]	۱۳۹۵	«بررسی امکان تأسیس نیروگاه‌های مقیاس کوچک هیبریدی با توانایی ذخیره‌سازی انرژی در باطری برای استفاده در مناطق روستایی فارس»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی روستایی با ۹۶ خانوار در بخش سرچهان، بهره‌مندی از نرم‌افزار COMFAR، استخراج تمامی هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری با شاخص‌های اقتصادی داخلی، مستقل از شبکه
۴۰	شعبان‌زاده و همکاران [۱۱۰]	۱۳۹۵	«امکان‌سنجی و ارزیابی اقتصادی سیستم الکتریکی ترکیبی در شهر بندر انزلی با استفاده از نرم‌افزار HOMER»؛ نمونه موردی: تأمین بار خانگی، مستقل از شبکه
۴۱	نیکو رزم و قنبری [۱۱۱]	۱۳۹۵	«برنامه‌ریزی بهینه و بررسی اقتصادی یک ریز شبکه هیبرید در حالت متصل به شبکه»؛ نمونه موردی: تأمین بار مصرفی شهرک بعثت کرمانشاه، متصل به شبکه
۴۲	مرادی و چمن‌دوست [۱۱۲]	۱۳۹۵	«طراحی یک سیستم انرژی هیبریدی برای بیمارستان امام رضا کرمانشاه»؛ متصل به شبکه
۴۳	جوکار و همکاران [۱۱۳]	۱۳۹۵	«امکان‌سنجی و آنالیز فنی و اقتصادی استفاده از سیستم هیبریدی در تأمین انرژی برق مصرفی دانشگاه خلیج فارس»؛ مستقل از شبکه
۴۴	ایزدی کلانتری و همکاران [۱۱۴]	۱۳۹۵	«تحلیل اقتصادی تأمین بار یک سیستم ترکیبی مبتنی بر آنالیز حساسیت شدت تشعشع خورشیدی، سرعت باد و قیمت سوخت»؛ نمونه موردی: روستای مزرعه کلانتر در استان یزد، مستقل از شبکه
۴۵	اسماعیلی و همکاران [۱۱۵]	۱۳۹۶	«بررسی عملکرد استفاده از سیستم‌های مختلط انرژی تجدیدپذیر در بارگیرخانه سیمان خمسه»؛ نمونه موردی: استان زنجان، متصل به شبکه
۴۶	افسوس و مرتضوی بنی [۱۱۶]	۱۳۹۶	«مدلسازی نیروگاه هیبریدی خورشیدی-بادی در شمال ایران»؛ نمونه موردی: بار مصرفی ۱۰ خانوار در شهر رشت، متصل به شبکه
			سیستم هیبریدی بادی + پیل‌سوختی + ژنراتور
۱	زرگین و هجران‌کش [۱۱۷]	۱۳۹۳	«پتانسیل‌سنجی و شبیه‌سازی سیستم تولید توان با هیبرید باد، پیل‌سوختی، ژنراتور و باتری»؛ نمونه موردی: تأمین برق مورد نیاز شهرک صنعتی، استان اردبیل، مستقل از شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + پیل‌سوختی + ژنراتور
۱	شمسی‌فرد و همکاران [۱۱۸]	۱۳۹۴	«طراحی بهینه ریز شبکه شامل منابع تجدیدپذیر و منابع تجدیدناپذیر جهت تأمین بار الکتریکی و حرارتی متصل به شبکه»؛ نمونه موردی: اردبیل، متصل به شبکه، بهره‌مندی از الکترولایزر و تانک هیدروژن، استفاده از بویلر جهت تأمین بار حرارتی، مقایسه نتایج به دست آمده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات PSO در محیط متلب با نتایج حاصل از نرم‌افزار هومر
			سیستم هیبریدی بادی + خورشیدی + آبی + ژنراتور
۱	مولودی و همکاران [۱۱۹]	۱۳۹۵	«آنالیز اقتصادی و فنی طراحی ریز شبکه برای روستایی در استان کردستان»؛ نمونه موردی: روستای دیوزنلو از توابع سروآباد، مستقل از شبکه، تعبیه میکروتوربین آبی در کنار پر آب‌ترین رودخانه استان کردستان (رودخانه سیروان)

۵- جمع‌بندی

در مقاله حاضر به مرور مطالعات انجام شده در کشور ایران پیرامون طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌های تولید توان هیبریدی متکی به توربین بادی با استفاده از نرم‌افزار پرداخته شده است؛ به بیان دیگر مرور جامع مطالعات داخلی انجام شده در حوزه سیستم‌های تولید توان هیبریدی متکی به توربین بادی هدف اصلی تحقیق حاضر است. بدین منظور، پس از معرفی کلی و

تقسیم‌بندی سیستم‌های هیبریدی و تبیین نحوه عملکرد نرم‌افزار هومر به عنوان یکی از اصلی‌ترین ابزارهای مدلسازی این نوع سیستم‌ها (در فرایند شبیه‌سازی و بهینه‌سازی فنی و اقتصادی)، تمامی پژوهش‌های منتشر شده از سال ۱۳۸۶ تا کنون (۱۳۹۶) در کشور ایران که شامل ۹۱ مقاله می‌باشد، به تفکیک مولفه‌های مولد موجود در سیستم هیبریدی، مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی مقالات، علاوه بر نام محققان، سال انتشار مقالات و موقعیت و کاربری سیستم‌های مورد مطالعه و خصوصیات نوین پژوهش‌های صورت گرفته ذکر گردید. نتایج حاصل حاکی از آن است که ۵۰/۵٪ از این مطالعات، پیرامون هیبرید سیستم‌های بادی، خورشیدی و ژنراتور صورت گرفته است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که مولفه پنل‌های خورشیدی در ۸۸٪ مطالعات، با توربین بادی ترکیب شده است. پس از مولفه پنل خورشیدی، بیشترین سهم از مطالعات صورت گرفته به ترتیب به مولفه‌های ژنراتور و پیل سوختی اختصاص یافته است. این در حالیست که مولفه توربین آبی تنها در ۱٪ پژوهش‌های داخلی مورد مدلسازی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که اغلب مطالعات مورد بررسی به صورت مستقل از شبکه و در مناطق روستایی و دور افتاده و به منظور تأمین بار مصرفی خانگی بوده است.

۶- مآخذ

[1] J. Ding, M. Kamgarpour, S. Summers, A. Abate, J. Lygeros, C. Tomlin, A Stochastic Games Framework for Verification and Control of Discrete Time Stochastic Hybrid Systems, *Automatica*, Vol. 49, No. 9, pp. 865-874, 2013.

[۲] محمد امین عباس‌زاده، *مدلسازی و آنالیز فنی- اقتصادی سیستم تولید توان هیبریدی بر پایه توربین بادی*، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۹۶.

[3] W. Zhou, H. Yang, Z. Fang, Battery Behavior Prediction and Battery Working States Analysis of a Hybrid Solar–Wind Power Generation System, *Renew Energy*, Vol. 33, No. 6, pp. 1413-23, 2008.

[4] S. Diafa, M. Belhamelb, M. Haddadic, A. Louchea, Technical and Economic Assessment of Hybrid Photovoltaic/Wind System with Battery Storage in Corsica Island, *Energy Policy*, Vol. 36, No. 2, pp. 743-54, ۲۰۰۸.

[5] R. Sarrias, L. M. Femandez, C. A. Garcia, F. Jurado, Coordinate Operation of Power Sources in a Doubly-Fed Induction Generator Wind Turbine/Battery Hybrid Power System, *Journal of Power Sources* Vol. ۲۰۵, □□. ۱۲۴-۳۶۶, ۲۰۱۲.

[۶] ا. شیرودی، ا. شفیعی و ا. صادقیان، مدلسازی و آنالیز فنی- اقتصادی سیستم هیبریدی فتوولتاییک-باد با ذخیره هیدروژن در سایت طالقان، *هفتمین همایش ملی انرژی*، ایران، ۱۳۸۸.

[۷] م. س. هاشمی، ع. دیدبان و ر. کی‌پور، مدلسازی و کنترل سیستم‌های هیبرید بادی-فتوولتاییک با استفاده از شبکه‌های پتری، *چهارمین کنفرانس نیروگاه‌های برق*، انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

[۸] م. یعقوبی، بررسی کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی در ایران با توجه به میزان تابش تخمینی، *اولین کنگره بین‌المللی اکوانرژی*، تهران، ایران، ۱۳۸۳.

[۹] پ. غنی و ر. کاظم‌زاده، بررسی اقتصادی و بهینه‌سازی سیستم هیبرید تولید انرژی مستقل از شبکه، *دوازدهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران، ۱۳۸۸.

[۱۰] ج. پیرکندی و ر. حربی‌منفرد، بررسی کاربرد توربین‌های بادی در سیستم‌های هیبریدی نوین، *مجله علمی ترویجی مهندس مکانیک*، جلد ۱۰۰، صفحات ۱۶-۲۴، ۱۳۹۴.

[11] C. Nayar, Innovative Remote Micro-Grid Systems, *International Journal of Environment and Sustainability*, Vol. 1, No. 3, pp. 53-65, 2012.

[12] M. Datta, T. Senjyn, A. Yona, T. Funabashi, C. Kim, A Frequency - Control Approach by Photovoltaic Generator in a PV–Diesel Hybrid Power System, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. ۲۶, □□. ۲, □□. ۵۵۹-۵۷۱, ۲۰۱۱.

[۱۳] ر. غفارپور، س. ب. مظفری و ع. رنجبر، طراحی و بهینه‌سازی یک سیستم ترکیبی فتوولتاییک باتری دیزل ژنراتور به منظور تغذیه یک شبکه دور افتاده جزیره‌ای، *نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی*، جلد ۲، صفحات ۱۴-۲۵، ۱۳۹۶.

[14] S. Pelland, D. Turcotte, G. Colgate, A. Swingler, Nemiah Valley Photovoltaic-Diesel Mini-Grid: System Performance and Fuel Saving Based on one Year of Monitored Data, *Sustainable Energy*, Vol. ۳, □□. ۱۶۷-۱۷۵, ۲۰۱۲.

[15] M. Dalal-Bachi, *Economic Dispatch and Demand Side Management in Diesel Hybrid*, Master's thesis, Concordia University, ۲۰۱۲.

[16] B. Kroposki, K. Burman, J. Keller, A. Kandt, *Integrating High Levels of Renewables into the Lanai Electric Grid*, *NREL*, 2012.

[17] A. Pradhan, S. Kar, M. Mohanty, Modeling, Simulation and Economic Analysis of off-Grid Hybrid Renewable Power System for an Un Electrified Village in Odisha, *Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO)*, pp. 1-6, 2015.

[18] B. Tudu, K. Mandal, N. Chakraborty, I. Mukherjee, Stand-alone Hybrid Renewable Energy System-An Alternative to Increased Energy Demand, *Control, Instrumentation, Energy & Communication*, 2014.

[19] HOMER Online Help, 2017, Available: https://www.homerenergy.com/pdf/HOMER2_2.8_HelpManual.pdf

[۲۰] س. احمدی، م. رضایی میر قائد و ر. روشندل، مدلسازی سیستم ترکیبی توربین بادی- پیل‌سوختی و سهم پیل‌سوختی در تأمین تقاضای الکتریکی در یک منطقه نمونه، *نشریه علمی پژوهشی مدیریت انرژی*، جلد ۲، شماره ۳، صفحات ۱۲-۱۹، ۱۳۹۱.

[21] S. Rahimi, M. Meratizaman, S. Monadizadeh, M. Amidpour, Techno-Economic Analysis of Wind Turbine–PEM (Polymer Electrolyte Membrane) Fuel Cell Hybrid System in Stand Alone Area, *Energy*, Vol. 67, pp. 381-396, 2014.

[22] A. Askarzadeh و A. Maleki, Comparative Study of Artificial Intelligence Techniques for Sizing of a Hydrogen-Based Stand-Alone Photovoltaic/Wind Hybrid System, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 39, No. 19, pp. 9973-9984, 2014.

[۲۳] ا. جلیلوند، ا. روحانی و ح. کرد، طراحی، کنترل و مدیریت انرژی سیستم هیبریدی فتوولتاییک-بادی-پیل‌سوختی برای کاربردهای مستقل از شبکه، *چهاردهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق*، کرمان، ایران، ۱۳۸۸.

[24] N. A. Ahmed, M. Miyatake, A. Al-Othman, Power Fluctuations Suppression of Stand-Alone Hybrid Generation Combining Solar Photovoltaic/Wind Turbine and Fuel Cell Systems, *Energy Conversion and Management*, Vo. 49, No. 10, pp. 2711-2719, 2008.

[25] HOMER Help, 2017.

[26] A. N. Celik, Techno-Economic Analysis of Autonomous PV–Wind Hybrid Energy Systems Using Different Sizing Methods, *Energy Conversion and Management*, Vo. 44, No. 12, pp. 1951-68, 2003.

[27] G. Bakos, N. Tsagas, Techno-economic Assessment of a Hybrid Solar/Wind Installation for Electrical Energy Saving, *Energy Build*, Vol. 35, No. 2, p. 139–45, 2003.

[۲۸] ص. نوری‌زاده و م. فتوحی فیروز آباد، شبیه‌سازی سیستم‌های قدرت کوچک؛ بخش دوم: شبیه‌سازی، *ششمین همایش ملی انرژی*، تهران، ایران، ۱۳۸۶.

[29] T. Lambert, P. Gilman, P. Lilienthal, Micro power system modeling with HOMER, Integration of Alternative Sources of Energy, *Integration of Alternative Sources of Energy*, pp. 379-418, John Wiley & Sons, 2005.

[30] A. Farret, M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, pp. 379-418, Wiley-IEEE Press, 2006.

[۳۱] م. عامری، ا. بنی اسد عسگری، ا. جهانشاهی و ا. یزدانی، امکان‌سنجی استفاده از سیستم بادی-خورشیدی (هیبریدی) برای تأمین انرژی الکتریکی در استان کرمان، *ششمین همایش ملی انرژی*، ایران، ۱۳۸۶.

[۳۲] ف. جهانبانی اردکانی، غ. ریاحی دهکردی و م. عابدی، امکان‌سنجی سیستم‌های ترکیبی متصل و مجزا از شبکه در منطقه شمال غرب ایران با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *دوازدهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق*، تبریز، ایران، ۱۳۸۸.

[۳۳] ا. زید آبادی نژاد، م. محمدیان و غ. شاهقلیان، امکان‌سنجی اقتصادی برق‌رسانی به روستاهای دور از شبکه سراسری با استفاده از سیستم هیبرید فتوولتاییک-

توربین بادی به همراه ردیاب ماکزیمم نقطه توان، *نخستین همایش ملی انرژی باد و خورشید*، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

[۳۴] م. جوادی، ا. جلیلوند، ر. نوروزیان و م. ولی‌زاده، طراحی بهینه و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید مستقل از شبکه برای مناطق روستایی، *هشتمین همایش ملی انرژی*، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، تهران، ایران، ۱۳۹۰ .

[۳۵] ر. بازیار، خ. ولی‌پور، م. ولی‌زاده و م. ر. جوادی، طراحی بهینه، ارزیابی اقتصادی و مدیریت انرژی سیستم هیبرید فتوولتاییک-بادی برای مصارف خانگی مستقل از شبکه توسط الگوریتم رقابت استعماری، *دومین کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی*، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

[۳۶] م. امینی‌کیا و م. ولیزاده، طراحی و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید شامل نیروگاه تلمبه‌ای، بادی و خورشیدی برای نواحی مستقل از شبکه، *اولین کنفرانس بی المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برق آبی*، تهران، ایران، ۱۳۹۰ .

[۳۷] ا. سالم‌نیا و س. م. طالبی، امکان‌سنجی تغذیه‌ی یک خانه مسکونی با تراز انرژی صفر در یک منطقه کویری (مطالعه‌ی موردی شهرستان طبس)، *هفدهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق*، تهران، ایران، ۱۳۹۱.

[۳۸] گ. دانشگر مقدم، م. ر. عراقچیان و ف. سمائی، بهره‌وری انرژی در ساختمان هتل با بکارگیری نرم‌افزار ECOTECT و HOMER، *دومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*، تهران، ایران، ۱۳۹۱.

[۳۹] م. شهبازی جله کران و ا. آرش، مقایسه اقتصادی سیستم هیبرید باد و خورشید مستقل و متصل به شبکه سراسری جهت تأمین بار شهرستان نمین، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*، تهران، ایران، ۱۳۹۳.

[۴۰] آ. رحیمی و ف. حیدری گندمان، مدیریت تولید و مصرف بهینه انرژی الکتریکی با استفاده از سیستم‌های ترکیبی فتوولتاییک، بادی و سیستم ذخیره باتری، *کنفرانس ملی بهینه‌سازی مصرف انرژی در علوم و مهندسی*، مازندران، ایران، ۱۳۹۳.

[۴۱] ع. حیدری، ع. عسگرزاده و م. ایرانمنش، طراحی و اندازه‌یابی سیستم ترکیبی فتوولتاییک/ باد/ باتری برای کاربردهای مستقل از شبکه با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *چهارمین کنفرانس سالانه انرژی پاک*، کرمان، ایران، ۱۳۹۳.

[۴۲] ح. گلبو و ح. فخاری‌زاده، طراحی سیستم بهینه ترکیبی توربین بادی، آرایه‌های خورشیدی در منطقه یزد، *هفتمین کنفرانس ملی مهندسی برق و الکترونیک ایران*، گناباد، ایران، ۱۳۹۴.

[۴۳] س. هنرمند و ا. روحانی، طراحی بهینه سیستم تولید همزمان برق و گرما مبتنی بر منابع تجدیدپذیر برای ریز شبکه‌ها، *پنجمین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

[۴۴] م. وحیدیان اردکانی و و. نجاتی، تحلیل فنی و اقتصادی یک نمونه هتل با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، *نخستین همایش ملی انرژی، ساختمان و شهر*، ساری، ایران، ۱۳۹۴.

[۴۵] ر. اشرفی و ا. اشرفی، پتانسیل‌سنجی استفاده از انرژی‌های نو و طراحی یک نمونه با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق با محوریت انرژی‌های نو*، گلستان، ایران، ۱۳۹۴.

[۴۶] ر. مهدی‌پور، ه. فلاح، ع. هاشم‌زاده و س. ستار، طراحی سیستم تولید توان به کمک روش هیبرید باد و خورشید و ذخیره‌سازی آن برای مصارف مسکونی، *فصلنامه علمی-ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، سال دوم، شماره اول، صفحات ۳۵-۴۰، تابستان ۱۳۹۴.

[۴۷] س. باباخانی و آ. باغرامیان، طراحی بهینه و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید مستقل از شبکه برای مناطق روستایی، *اولین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی برق و کامپیوتر*، تهران، ایران، ۱۳۹۵.

[۴۸] م. عیسی‌زاده، ا. رسولی و م. عزیزی، ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم‌های هیبرید جهت حفاظت خطوط انتقال نفت و گاز، *اولین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی برق و کامپیوتر*، تهران، ایران، ۱۳۹۵.

[۴۹] ع. غیرتمند، ر. عفت‌نژاد و م. هدایتی، طراحی سیستم ترکیبی بادی و خورشیدی با ذخیره‌ساز باتری به صورت مستقل از شبکه با استفاده از شبیه‌ساز HOMER، *دومین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در مهندسی کامپیوتر و برق*، تهران، ایران، ۱۳۹۵.

[۵۰] ع. رحمانی‌فر، ارزیابی فنی اقتصادی استفاده از تولید پراکنده برق خورشیدی-بادی در صنایع نفتی، *اولین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین در علوم و تکنولوژی*، تهران، ایران، ۱۳۹۶.

[۵۱] آ. جهانگیری و د. میر عباسی، ارزیابی و طراحی نیروگاه بادی- خورشیدی به عنوان یک ریزشبکه، *کنفرانس بین‌المللی تحقیقات بنیادین در مهندسی برق*، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، ۱۳۹۶.

[۵۲] ر. علایی، شبیه‌سازی سیستم تولید توان با هیبرید باد و پیل‌سوختی و باتری، *دومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*، منطقه ویژه اقتصاد انرژی پارس جنوبی، تهران، ایران، ۱۳۹۱.

[۵۳] ف. حسن زاده، ا. حاجی زاده و ف. عباسی، تحلیل و بررسی شرایط عملکردی مختلف در تعیین اندازه اجزا سیستم تولید توان ترکیبی بادی-پیل‌سوختی-ذخیره‌ساز انرژی، *سومین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران*، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، ۱۳۹۲.

[۵۴] د. راکی‌پور، پتانسیل‌سنجی فنی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر بادی و زیست‌توده در شهرهای استان خوزستان با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *پنجمین کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق*، اهواز، ایران، ۱۳۹۱.

[۵۵] م. آل بویه، ع. سلامتی و ر. کی‌پور، ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه بادی (مطالعه موردی: منطقه معلمان استان سمنان)، *اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی*، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

[۵۶] ر. علی اصغری و ح. احمدی، بررسی اقتصادی نیروگاه بادی با در نظر گرفتن تغییرات احتمالی تعرفه خرید تضمینی برق به همراه مطالعه موردی، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۵۷] ا. شاهسوندی، ر. ا. فدایی‌نژاد و م. رشیدی‌نژاد، ارزیابی فنی و بهینه‌سازی اقتصادی استفاده از سیستم‌های ترکیبی دیزل-توربین بادی در منطقه آذربایجان شرقی با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی*، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

[۵۸] س. م. میرحسینی، م. جهانگیری و ص. شیخی، امکان‌سنجی استفاده از نیروگاه برق-بادی در مقیاس خانگی در کلانشهر اصفهان به کمک نرم‌افزارهای HOMER و RETSCREEN، *دومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*، تهران، ۱۳۹۱.

[۵۹] م. جهانگیری، ص. شیخی و ا. آقایی، بررسی اقتصادی تأمین برق مصرفی خانگی توسط انرژی باد و مقایسه با هزینه شبکه برق، *ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست*، دانشگاه تهران، ایران، ۱۳۹۱.

[۶۰] ا. مکتب‌دار، ح. بدرسیمایی، م. جلیلی‌زاده، م. پاکدل و آ. رفیعی، بررسی فنی-اقتصادی و طراحی بهینه سیستم ترکیبی بادی، میکروتوربین و باتری جهت تأمین تقاضای بار، *نهمین سمپوزیوم پیشرفت‌های علوم و تکنولوژی*، مشهد، ایران، ۱۳۹۳.

[۶۱] و. تلاوت، ف. نظری هریس، ا. پاک‌نژاد و م. نظری هریس، ارائه روشی به منظور بهینه‌سازی یک سیستم تولیدی ترکیبی بادی-دیزلی و مطالعه موردی در شهر تبریز، *دومین کنفرانس ملی انجمن انرژی ایران*، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

[۶۲] ر. رشیدی و ا. شیرودی، بررسی فنی سیستم انرژی هیبرید فتوولتاییک-باد-پیل‌سوختی و مدلسازی آن با استفاده از نرم‌افزار Homer، *اولین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران*، دانشگاه بیرجند، ایران، ۱۳۸۸.

[۶۳] م. جهانگیری و ا. صداقت، طراحی سیستم ترکیبی پنل خورشیدی، توربین بادی، سیستم هیدروژنی با مطالعه موردی: الیگودرز، *ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست*، تهران، ایران، ۱۳۹۱.

[۶۴] ه. خراسانی، م. رشیدی‌نژاد و ا. عبداللهی، بررسی و سایزبندی اقتصادی بهینه سیستم هیبرید تجدیدپذیر در شبکه‌های الکتریکی هوشمند، *سومین کنفرانس انرژی و محیط زیست*، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

[۶۵] ا. ملکی، ف. کی‌نیا و م. عامری، طراحی و بهینه‌سازی سیستم هیبرید فتوولتاییک-بادی-پیل‌سوختی برای کاربردهای مستقل از شبکه، *سومین کنفرانس سالانه انرژی پاک*، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ۱۳۹۲.

[۶۶] م. صفائی، ن. ریاحی و ح. ر. گشایشی، مدیریت و بهره‌وری منابع انرژی در سیستم‌های پست توزیع، *اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی*، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

[۶۷] ا. روحانی، ا. روحانی و م. الهی، ارزیابی استراتژی مدیریت توان در سیستم هیبرید PV/Wind/FC برای کاربردهای مستقل از شبکه، *اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی*، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

[۶۸] ح. آزاد، راهکار انرژی هیبرید برای مصارف مسکونی در نواحی روستایی و دور از شبکه برق، *نهمین سمپوزیوم پیشرفت‌های علوم و تکنولوژی*، مشهد، ایران، ۱۳۹۳.

[۶۹] پ. رضایی نصیرآبادی، پ. بیات و م. رامزی، امکان‌سنجی سیستم ترکیبی پنل خورشیدی و توربین بادی در ساختمان مسکونی در کلانشهر تهران جهت گسترش فرهنگ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران*، ایران، ۱۳۹۳.

[۷۰] ا. محمودآبادی، م. عظیمیان، ش. پی سوره، ب. جعفری و ف. فقیهی، تحلیل اقتصادی تأمین بار توسط انرژی تجدیدپذیر ترکیبی با تأکید بر تحلیل حساسیت آلاینده‌ها، *چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم مهندسی*، تربت حیدریه، ایران، ۱۳۹۵.

[۷۱] م. ابراهیمی میمند، م. خوارزمی، ف. کی‌نیا، س. اسماعیلی و س. سمیع‌زاده، مطالعه امکان‌سنجی استفاده از یک سیستم هیبرید باد-خورشید-زیست‌توده مستقل از شبکه برای تأمین بخشی از برق مصرفی مجتمع مس سرچشمه، *کنفرانس ملی بهینه‌سازی مصرف انرژی در علوم و مهندسی*، بابل، ۱۳۹۳.

[۷۲] م. حامدی، ع. شولایی و ه. آقازاده، امکان‌سنجی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در تأمین انرژی بار مستقل از شبکه در منطقه‌ی شمالغرب کشور، *نخستین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران*، بیرجند، ایران، ۱۳۸۸.

[۷۳] ا. شاهسوندی، ر. ا. فدایی‌نژاد و م. رشیدی‌نژاد، طراحی و مدلسازی سیستم بهینه قدرت ترکیبی در منطقه شمالغرب ایران با استفاده از نرم‌افزار VisSim و HOMER، *هفدهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق*، تهران، ایران، ۱۳۹۱.

[۷۴] م. عبدالعلی‌پور عدل و ب. مختاری، بررسی و شبیه‌سازی سیستم انرژی هیبرید خورشیدی با بادی- مورد مطالعه: عینالی تبریز، *اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک*، همدان، ایران، ۱۳۹۲.

[۷۵] ر. راضی، م. ر. برازش، س. سید مهدوی و م. ح. جاویدی، آنالیز فنی و اقتصادی سیستم‌های ترکیبی مستقل از شبکه با در نظر گرفتن جریمه برای گازهای آلاینده در حومه شهر مشهد، *سومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*، تهران، ایران، ۱۳۹۲.

[۷۶] م. مظفری‌نیا و م. مظفری‌لقا، بررسی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم‌های ترکیبی دیزل-توربین بادی-سلول‌های خورشیدی برای مناطق محروم و روستایی با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *چهارمین همایش منطقه‌ای چالش‌ها و راهکارهای توسعه در مناطق محروم*، کهنوج، ایران، ۱۳۹۲.

[۷۷] م. صدقی دهنوی و س. کاظم‌زاده حنانی، ارزیابی تکنیکی اقتصادی هیبرید توربین بادی، فتوولتاییک و دیزل ژنراتور برای توان‌های مختلف در مشکین شهر، *کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد*، تهران، ایران، ۱۳۹۳.

[۷۸] ا. ندیمی، مدلسازی و آنالیز فنی و اقتصادی سیستم هیبرید فتوولتاییک-باد برای دانشگاه رازی با نرم‌افزار HOMER، *دومین همایش داخلی برق*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نطنز، ۱۳۹۳.

[۷۹] س. شاهرخی و م. خوشخو، طراحی بهینه‌ی ریز شبکه بر اساس ارزیابی‌های اقتصادی و زیست محیطی برای کوی دانشگاه تهران، *اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود*، گیلان، ایران، ۱۳۹۳.

[۸۰] م. فیروزی، پ. بیات و م. رامزی، مقایسه اقتصادی و امکان‌سنجی سیستم ترکیبی پنل خورشیدی و توربین بادی در مجتمع تجاری در کلانشهر تهران، *اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار*، دانشگاه تهران، ایران، ۱۳۹۳.

[۸۱] م. ر. رضایی، م. ا. بینا، ن. محمد شریفی و م. بیاتی، طراحی یک ریز شبکه هوشمند با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی، *اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود*، گیلان، ایران، ۱۳۹۳.

[۸۲] پ. رئیسی مهدی‌آبادی و م. رضایی، طراحی نیروگاه ترکیبی تجدیدپذیر مستقل شامل CHP مبتنی بر اقلیم جغرافیایی سیستان و بلوچستان، *اولین همایش مهندسی و کامپیوتر شمال کشور*، تبریز، ایران، ۱۳۹۳.

[۸۳] م. رضایتی، م. م. محمودی و ب. باغبانیان، بررسی فنی و اقتصادی به کارگیری انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان، *نخستین همایش ملی دستاوردهای نوین در مهندسی برق*، ساوه، ایران، ۱۳۹۳.

[۸۴] س. صلاحی، ب. مظفری و ف. آدابی، طراحی و شبیه‌سازی یک ریز شبکه هیبرید برای روستای بیشه؛ بخش اول: برنامه‌ریزی بهینه، *دومین همایش ملی و مدیریت انرژی‌های نو و پاک*، همدان، ایران، ۱۳۹۴.

[۸۵] ب. طائل، طراحی سیستم ترکیبی انرژی خانگی به کمک نرم‌افزار HOMER در شهر محلات، *اولین کنفرانس بین‌المللی شهرسازی، مدیریت و توسعه شهری*، شیراز، ایران، ۱۳۹۴.

[۸۶] ن. حسنی سعدی، م. خواجه حسنی، آ. رضایی و م. زینلی کرمانی، تعیین سایز منابع و اجزاء نیروگاه ترکیبی توربین بادی، دیزلی، آرایه‌های خورشیدی مستقل از شبکه جهت تأمین انرژی بار در سه شهر استان کرمان، *کنفرانس بین‌المللی علوم و مهندسی*، دبی، امارات، ۱۳۹۴.

[۸۷] ا. ندیمی و ف. آدابی، برنامه‌ریزی بهینه و استراتژی بهره‌برداری از یک ریز شبکه هیبرید با حضور منابع تجدیدپذیر، *کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۴.

[۸۸] ا. ندیمی و ف. آدابی، برنامه‌ریزی بهینه ریز شبکه هیبرید به منظور کاهش هزینه‌ها و انتشار آلاینده‌ها، *کنفرانس بین‌المللی مهندسی و علوم کاربردی*، دبی، امارات، ۱۳۹۴.

[۸۹] م. قاسم سلمرودی و ل. حدادی، بررسی و آنالیز اقتصادی استفاده از منابع تجدیدپذیر در شهرستان رامسر، *دومین کنفرانس انجمن علمی انرژی ایران (کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی)*، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

[۹۰] ن. حسنی سعدی، آ. رضایی، م. زینلی کرمانی و م. ص. زینلی کرمانی، انتخاب بهینه سیستم قدرت ترکیبی و تأثیر خروجی دیزل ژنراتور بر ولتاژ و فرکانس سیستم، *کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۴.

[۹۱] ر. همتیان، م. جهانگیری، ر. ریاحی و م. زمانی، امکان‌سنجی و طراحی سیستم ترکیبی انرژی تجدیدپذیر به کمک نرم‌افزار هومر در جزیره کیش، *دومین همایش بین‌المللی و چهارمین همایش ملی معماری، شهرسازی و محیط زیست پایدار*، همدان، ایران، ۱۳۹۴.

[۹۲] ش. سانبلی و ص. بهرام‌آرا، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از انرژی تجدیدپذیر در تأمین بار یک مجتمع مسکونی، *هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق با محوریت انرژی‌های نو*، گلستان، ایران، ۱۳۹۴.

[۹۳] ا. دخت شمس‌طلب و م. باباجانی، ارزیابی فنی و اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی تصفیه خانه آب شهید نظری کرمانشاه، *سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی*، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

[۹۴] ز. ندیمی، ر. ندیمی، آ. علیخانی، م. جهانگیری و ر. قادری، ارزیابی امکان تأمین برق مصرفی یک منزل مسکونی با استفاده از انرژی‌های نو به کمک نرم‌افزار HOMER، *کنفرانس بین‌المللی مهندسی و علوم کاربردی*، دبی، امارات، ۱۳۹۴.

[۹۵] ش. اسدی و ص. بهرام‌آرا، ارزیابی اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی تجدیدپذیر برای یک دانشگاه، *کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد و علوم انسانی*، استانبول، ترکیه، ۱۳۹۴.

[۹۶] آ. عباسی و م. اعرابی، امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین مصارف داخلی نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌های استان فارس، *اولین همایش بین‌المللی و دومین همایش ملی کشاورزی و محیط زیست*، دانشگاه جیرفت، ۱۳۹۵.

[۹۷] ا. عموپور، ف. مستشاری‌راد، ر. خانه زرین و ع. نورمحمدی، تعیین مدل سیستم ترکیبی با نرم‌افزار هومر، *دومین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در مهندسی کامپیوتر و برق*، رودسر، ایران، ۱۳۹۵.

[۹۸] ر. ا. صادقی، ص. بهرام‌آرا و ع. راستگو، ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های مختلط انرژی در شرکت صنایع سیمان غرب استان کرمانشاه، *سومین کنفرانس بین‌المللی نوآوری‌های اخیر در مهندسی برق*، تهران، ایران، ۱۳۹۵.

[۹۹] م. ذهبی‌زاده، م. جورابیان و س. ا. مرتضوی، طراحی و عملکرد بهینه سیستم تولید پراکنده در ریز شبکه‌ها مبتنی بر انرژی تجدیدپذیر در یک شبکه روستایی با هدف کاهش هزینه و آلایندگی با استفاده از الگوریتم رقابتی، *هشتمین کنفرانس ملی برق و الکترونیک ایران*، گناباد، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۰] س. ناصری، ص. بهرام‌آرا و ح. بیورانی، طراحی یک سیستم مختلط انرژی مبتنی بر منابع تجدیدپذیر برای یک روستا، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، سنندج، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۱] ش. نجفی، ص. بهرام‌آرا و ح. بیورانی، ارزیابی فنی- اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه کردستان، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، سنندج، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۲] م. عبدالحکیمی و ص. بهرام‌آرا، طراحی ریز شبکه جهت بهینه‌سازی اقتصادی تأمین انرژی الکتریکی تأسیسات نفت سنندج، *اولین کنفرانس ملی رویکردهای نو در مهندسی برق و کامپیوتر*، خرم آباد، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۳] ا. شاهی و ص. بهرام‌آرا، ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده از سیستم‌های مختلط انرژی تجدیدپذیر برای تأمین انرژی مورد نیاز کارخانه قند صبا، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۴] م. جبرئیلی، ص. بهرام‌آرا و ح. بیورانی، ارزیابی فنی و اقتصادی نصب سیستم‌های مختلط انرژی در پست سنگ‌شکن کارخانه سیمان کردستان، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۵] ک. فرهادی و ص. بهرام‌آرا، طراحی سیستم‌های مختلط انرژی با هدف انتخاب بهینه و بهترین نوع آرایش برای تأمین انرژی یک مزرعه کشاورزی، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۶] ز. حسینی، ح. بیورانی، ا. قریشی، ص. بهرام‌آرا و ه. هوشیاری، ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های مختلط انرژی در یک مجتمع مسکونی ۸۸ واحدی، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۷] ر. مفاخری و ص. بهرام‌آرا، راهبردهای عملیاتی و سایز بندی بهینه سیستم انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از نرم‌افزار HOMER در یک بیمارستان، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۸] پ. شیخ احمدی، ص. بهرام‌آرا و ح. بیورانی، ارزیابی فنی- اقتصادی نصب سیستم‌های ترکیبی انرژی در یک منطقه روستایی، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۰۹] ر. ا. رضایی و ع. تقی‌زاده، بررسی امکان تأسیس نیروگاه‌های مقیاس کوچک هیبریدی با توانایی ذخیره‌سازی انرژی در باطری برای استفاده در مناطق روستایی فارس، *سومین همایش ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع*، تهران، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۱۰] ا. شعبان‌زاده، پ. محمدی و س. وهابی، امکان‌سنجی و ارزیابی اقتصادی سیستم الکتریکی ترکیبی در شهر بندر انزلی با استفاده از نرم‌افزار HOMER، *اولین کنفرانس ملی مدیریت مهندسی*، گیلان، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۱۱] ا. م. نیکو رزم و م. قنبری، برنامه‌ریزی بهینه و بررسی اقتصادی یک ریز شبکه هیبرید در حالت متصل به شبکه، *سومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق*، کنترل و الکترونیک، خراسان، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۱۲] ح. ر. مرادی و ح. چمن‌دوست، طراحی یک سیستم انرژی هیبریدی برای بیمارستان امام رضا کرمانشاه، *دومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین پژوهشی در علوم، مهندسی و فناوری*، استانبول، ترکیه، ۱۳۹۵.

[۱۱۳] ع. جوکار، ا. آذری و ف. ایوبیان‌زاده، امکان‌سنجی و آنالیز فنی و اقتصادی استفاده از سیستم هیبریدی در تأمین انرژی برق مصرفی دانشگاه خلیج فارس، *اولین همایش ملی دانشگاه سبز*، بوشهر، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۱۴] پ. ایزدی کلانتری، ر. کشکول، ح. مراد عباسی و ف. فقیهی، تحلیل اقتصادی تأمین بار یک سیستم ترکیبی مبتنی بر آنالیز حساسیت شدت تشعشع خورشیدی، سرعت باد و قیمت سوخت، *سومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی*، قم، ایران، ۱۳۹۵.

[۱۱۵] م. اسماعیلی، ح. محمد و ح. بیورانی، بررسی عملکرد استفاده از سیستم‌های مختلط انرژی تجدیدپذیر در بارگیرخانه سیمان خمسه، *دومین کنفرانس ملی تحقیقات کاربردی در مهندسی برق و کامپیوتر*، شیراز، ایران، ۱۳۹۶.

[۱۱۶] پ. افسوس و ح. ر. مرتضوی بنی، مدلسازی نیروگاه هیبریدی خورشیدی- بادی در شمال ایران، *دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی مکانیک و هوافضا*، تهران، ایران، ۱۳۹۶.

[۱۱۷] ا. زرگین و ت. هجران‌کش، پتانسیل‌سنجی و شبیه‌سازی سیستم تولید توان با هیبرید باد، پیل‌سوختی، ژنراتور و باتری، *ششمین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد*، تهران، ایران، ۱۳۹۳.

[۱۱۸] ح. شمسی‌فرد، ب. منتظری و س. و. حیدری، طراحی بهینه ریز شبکه شامل منابع تجدیدپذیر و منابع تجدیدناپذیر جهت تأمین بار الکتریکی و حرارتی متصل به شبکه، *دومین کنفرانس ملی انجمن انرژی ایران (کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی)*، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

[۱۱۹] پ. مولودی، ح. بیورانی و ص. بهرام‌آرا، آنالیز اقتصادی و فنی طراحی ریز شبکه برای روستایی در استان کردستان، *دومین کنفرانس ملی فناوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه، ایران، ۱۳۹۵.