Journal of Urban Management & Environmental Engineering

Journal homepage: https://jumee.kgut.ac.ir
Vol.2, No.3; 2024.pp: 28-42

Research paper

(Received July. 17, 2024 Accepted Sep. 5, 2024)

Prioritizing new energies based on technical, economic, and environmental aspects using analytic hierarchy process method

Ali Baniasad[1], Reza Fattahi*[2]

[1] *Master's Student, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran*
[2] *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Higher Education Complex of Bam, Bam, Iran*

Abstract

With the ever-increasing world population and limited energy resources, all countries are facing the problem of energy consumption, the limitation of non-renewable energy resources, as well as the increase in environmental pollution caused by the high consumption of fossil fuels, the basic and often catastrophic effects, including the effects of the greenhouse effect, Acid rains have increased the amount of carbon dioxide emissions, all of which necessitate the use of renewable energy sources. Today, these energies, including solar, wind, and thermal energies, have been considered as a sustainable alternative to fossil energy sources This article examines and prioritizes the use of new energies in improving technical performance, reducing production costs, and protecting the environment. The statistical population of this research is all the personnel of the Energy and Fluids Unit who are directly related to the energy issues of the organization, and their number is 35 people. Expert Choice 11 software was used for data analysis. By using the hierarchical analysis method, the prioritization of solar, wind, and thermal energy was evaluated from technical, economic, and environmental points of view, and the results showed that the use of solar thermal and wind energy has priority, respectively. Finally, this article emphasizes the importance of developing and using new energies in industries and shows that the use of these energy sources can help improve technical performance, reduce costs, and protect the environment in industries.

Keywords: New energies, Environment, Energy consumption, Analytic hierarchy process (AHP) method.

* Corresponding Author: Reza Fattahi
Email: *r.fattahi@bam.ac.ir*
Phone: +989131997640

DOI: 10.48306/jumee.2024.468277.1051

نشریه علمی مدیریت شهری و مهندسی محیط زیست

آدرس نشریه:https://jumee.kgut.ac.ir

سال دوم/شماره سوم/پاییز ۱۴۰۳/صفحه ۲۸-۴۲

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۷/۱

اولویت‌بندی انرژی‌های نو بر اساس جنبه‌های فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

علی بنی اسد[۱]، رضا فتاحی*[۲]

[۱] *دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران*

[۲] *استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، مجتمع آموزش عالی بم، بم، ایران*

چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت جهان و محدود بودن منابع انرژی، کلیه‌ی کشورها با مشکل مصرف انرژی روبرو هستند. محدودیت منابع انرژی‌های تجدید ناپذیر و همچنین افزایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، آثار اساسی و اغلب فاجعه آمیزی اعم از اثرات پدیده گلخانه‌ای، باران‌های اسیدی، افزایش میزان انتشار گاز دی اکسیدکربن به همراه داشته است که همگی ضرورت توجه به استفاده ازمنابع انرژی تجدیدپذیر را ایجاب می‌کنند. امروزه این انرژی‌ها، از جمله انرژی‌های خورشیدی، بادی و حرارتی، به عنوان جایگزینی پایدار برای منابع انرژی فسیلی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این مقاله به بررسی و اولویت‌بندی استفاده از انرژی‌های نو در بهبود عملکرد فنی، کاهش هزینه‌های تولید و حفاظت از محیط زیست می‌پردازد. جامعه آماری این پژوهش کلیه پرسنل واحد انرژی و سیالات که مستقیم با مسائل انرژی سازمان در ارتباط هستند، می‌باشند که تعداد آن‌ها ۳۵ نفر است. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار Expert choice 11 استفاده شده است. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به اولویت‌بندی سه انرژی خورشیدی، بادی و حرارتی به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد به ترتیب استفاده از انرژی خورشیدی حرارتی و بادی دارای اولویت است. در نهایت، این مقاله به اهمیت توسعه و استفاده از انرژی‌های نو در صنایع تأکید می‌کند و نشان می‌دهد که استفاده از این منابع انرژی می‌تواند به بهبود عملکرد فنی، کاهش هزینه‌ها و حفاظت از محیط‌زیست در صنایع کمک کند.

کلمات کلیدی: انرژی‌های نو، محیط‌زیست، مصرف انرژی، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.

* نویسنده مسئول: رضا فتاحی

ایمیل: *r.fattahi@bam.ac.ir*

شماره تماس: ۰۹۱۳۱۹۹۷۶۴۰

DOI: 10.48306/jumee.2024.468277.1051

۱-مقدمه

تقاضای برق در سراسر جهان به سرعت در حال رشد است. به دلیل هزینه‌های بالای افزایش ظرفیت تولید و گسترش سیستم انتقال/ توزیع، بخش تأمین برق ممکن است نتواند با افزایش تقاضا همگام شود. در نتیجه، کمبود انرژی و بیش از حد تقاضا ممکن است در شرایط اوج بحرانی رخ دهد و مشتریان با کاهش غیرارادی بار مواجه شوند [۱]. مدیریت سمت تقاضا را می‌توان به عنوان یک تکنیک مؤثر و قابل اجرا برای غلبه بر این کمبودها در نظر گرفت. برنامه پاسخ به تقاضا، به عنوان یکی از رویکردهای مدیریت سمت تقاضا[۱] بر کاهش بار مشتریان در ساعات اوج مصرف در پاسخ به سیگنال‌های قیمت یا مشوق‌های مالی متمرکز است. به منظور تشویق مصرف‌کنندگان به مشارکت فعال در DR[۲]، سیاست‌های تشویقی مختلفی توسط اپراتورهای سیستم در کشورهای مختلف اتخاذ می‌شود. اثربخشی این سیاست‌ها برای انواع مختلف مصرف‌کنندگان باید مورد بررسی قرار گیرد.

مصرف انرژی الکتریکی توسط بارهای صنعتی بخش عمده‌ای از کل انرژی تولید شده را تشکیل می‌دهد. در اکثر کشورها، حدود ۴۱ درصد از کل انرژی الکتریکی توسط بخش صنعت مصرف می‌شود [۲]. بنابراین، DR ارائه شده توسط این مصرف کنندگان دارای پتانسیل قابل توجهی برای اهداف حداکثر اصلاح است که می‌تواند توسط تأسیسات برقی استفاده شود. علاوه بر این، اکثر کارخانه‌های صنعتی در حال حاضر مجهز به زیرساخت‌های کنترل، اندازه گیری و ارتباطی هستند که برای اجرای برنامه‌های DR ضروری هستند. علاوه بر این، بسیاری از بارهای صنعتی می‌توانند تنظیمات قدرت بزرگ را به روشی سریع و دقیق ارائه دهند. با این حال، اتخاذ برنامه‌های DR برای کارخانه‌های صنعتی ممکن است به دلیل نگرانی‌های فنی و اقتصادی مانند پیچیدگی و بحرانی بودن یک فرآیند، هدف تولید مورد نیاز، فرآیند تولید بدون وقفه، تعداد خطوط تولید موجود و غیره چالش‌برانگیز باشد.

مشارکت مصرف کنندگان صنعتی در برنامه‌های DR در موارد کمبود انرژی، DR ارائه شده توسط مشتریان صنعتی ممکن است از ریزش غیر ارادی بار سیستم جلوگیری کند. علاوه بر این، مدیریت بار می‌تواند تلفات برق و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد و همچنین استفاده از تجهیزات را بهبود بخشد [۳]. از طرفی انرژی‌های نو، یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در حال حاضر در حوزه صنایع مختلف بررسی و مورد توجه قرار گرفته است. انرژی های نو به انرژی‌هایی گفته می‌شود که از منابع طبیعی و قابل تجدید استفاده می‌کنند، مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی و بیومس[۳]این انرژی‌ها به عنوان جایگزینی برای منابع انرژی فسیلی مانند نفت، گاز و ذغال سنگ مطرح شده‌اند، زیرا استفاده از انرژی‌های نو باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست، کاهش وابستگی به منابع انرژی خارجی و ایجاد فرصت‌های اقتصادی می‌شود [۴].

در حوزه صنایع فولاد، استفاده از انرژی‌های نو می‌تواند تأثیرات قابل توجهی در جنبه‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی داشته باشد. از جمله اثرات مثبت استفاده از انرژی‌های نو در صنایع فولاد می‌توان به کاهش هزینه‌های انرژی، افزایش کارایی و بهره وری، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و حفاظت از محیط‌زیست اشاره کرد [۵]. از جمله روش‌های استفاده از انرژی‌های نو در صنایع تولیدی می‌توان به استفاده از پنل‌های خورشیدی برای تأمین برق، استفاده از بادگیرها برای تولید انرژی بادی، استفاده از سیستم‌های گرمایشی خورشیدی برای تأمین گرمایش و یا استفاده از بیوگاز برای تأمین انرژی اشاره کرد [۶]. این روش‌ها باعث کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی، کاهش هزینه‌های انرژی و حفاظت از محیط‌زیست می‌شوند.

با توجه به اهمیت انرژی‌های نو در صنایع فولاد، لازم است که توجه بیشتری به این موضوع شود و سیاست‌ها و برنامه‌های مناسب برای ترویج استفاده از انرژی‌های نو در این صنعت اتخاذ شود. اقداماتی همچون تسهیل در اخذ مجوزهای لازم برای نصب و راه‌اندازی تجهیزات مربوط به انرژی‌های نو، اعطای تسهیلات مالی و مالیاتی به کسب و کارهایی که از انرژی‌های نو استفاده می‌کنند و تشویق به تحقیق و توسعه در این حوزه می‌تواند به ترویج استفاده از انرژی‌های نو در صنایع فولاد کمک کند. در نهایت، استفاده از انرژی‌های نو در صنایع فولاد نه تنها به بهبود عملکرد فنی و اقتصادی این صنعت کمک می‌کند، بلکه به حفاظت از محیط‌زیست و کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی نیز کمک می‌کند. بنابراین، ترویج استفاده از انرژی‌های نو در صنایع فولاد از اهمیت بالایی برخوردار است و نیازمند توجه و پشتیبانی‌های لازم از سوی مراجع ذیربط و تصمیم‌گیران است.

---

[۱] Demand side management (DSM)

[۲] Demand Response

[۳] BIOMASS

ابونوری و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی اقتصادی برق خورشیدی (فتوولتائیک) بر اساس فضای موجود در ساختمان در اقلیم‌های مختلف آب و هوایی ایران» بیان داشتند: انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین انواع انرژی‌های تجدیدپذیر برای توسعه است. افزایش جمعیت و سطح اشغال زمین و مشکلات اقتصادی در احداث نیروگاه‌ها، از موانع تولید گسترده برق خورشیدی هستند. هدف اساسی در این پژوهش، طراحی و ارزیابی نیروگاه‌های خانگی برق فتوولتائیک متصل به شبکه در بام ساختمان ها است. برای این منظور از شرایط سه اقلیم مختلف؛ آب هوایی سرد و کوهستانی (تبریز)، معتدل و شرجی (ساری) و گرم و خشک (سمنان) با نرم افزار کامفار استفاده شده است. با توجه به اصول طراحی، عوامل اقلیمی نظیر اثر افزایش دما بر سطح صفحه خورشدی، اثر آلودگی، دمای متوسط شهرها و میزان دریافت نور خورشید اعمال شده است. نرخ تنزیل ۱۷. ۳ درصد و نرخ تورم ۲۰. ۷ درصد برآورد و به کار گرفته شده است. سمنان با نرخ بازده داخلی ۳۲. ۱۳ درصد بیشترین بازده اقتصادی و ساری با متوسط دمای بالاتر نسبت به تبریز کم بازده‌ترین شهر است. دوره بازگشت سرمایه عادی طرح در سال ششم و دوره بازگشت خالص سرمایه شهر سمنان در سال نهم ولی تبریز و ساری در سال دهم است. در تحلیل حساسیت برای افزایش نرخ بازده داخلی، اثر کاهش هزینه‌های ثابت (شامل هزینه خرید تجهیزات) نسبت به افزایش قیمت فروش برق فتوولتائیک محسوس‌تر است. بنابراین، گسترش تولید برق خورشیدی نیازمند به حمایت گسترده دارد [۲].

فاطمی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان «نگاهی نو به کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در صنایع کشاورزی» بیان داشتند: نتایج پژوهش نشان داد که با بهره‌گیری از منابع متنوع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان از دستگاه‌هایی نظیر آب‌شیرین‌کن خورشیدی، خشک‌کن خورشیدی، ربات بذرکار خورشیدی، تلمبه بادی تأمین آب، نیروگاه بادی، سوخت جامد زیستی، سامانه‌های تولید بیوگاز و بیودیزل، سیستم‌های گرمایش گلخانه با منابع آب زمین‌گرمایی و پمپ حرارتی زمین‌گرمایی بهره جست. نتیجه استفاده از این سیستم‌ها، کاهش قابل‌توجه در مصرف انرژی‌های فسیلی، کاهش آلاینده‌های هوا، رشد و توسعه شغل‌های وابسته به آن و نیز تأمین امنیت انرژی و کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد. این نتایج می‌تواند در طراحی و مدیریت سیستم‌های مختلف انرژی در صنایع کشاورزی مورد استفاده فراوان قرار بگیرد [۷].

مختاری و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «بررسی فنی و اقتصادی سامانه خورشیدی برای گرمایش گلخانه‌های جنوب کرمان» بیان داشتند: در این پژوهش، کاربرد سامانه خورشیدی از لحاظ فنی و اقتصادی برای گرمایش گلخانه بررسی شده است. بدین منظور در ابتدا، تناسب اقلیمی منطقه جنوب کرمان برای توسعه گلخانه‌های متناسب با اقلیم تعیین و سپس با توجه به نتایج به دست آمده و محاسبه نیاز گرمایشی گلخانه، ظرفیت آبگرمکن خورشیدی از نوع صفحه تخت تعیین و در کنار یک واحد گلخانه تولید خیار نصب شد. در ادامه با استفاده از آزمون t جفت شده، نتایج به دست آمده در این گلخانه با نوع مرسوم در منطقه، که دارای بخاری گازوئیلی بود، مقایسه شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که از نظر میزان کربن دی‌اکسید، متوسط دما و رطوبت نسبی اختلاف معنی‌داری میان دو گلخانه وجود ندارد ولی از منظر شاخص کلروفیل و عملکرد محصول میان دو گلخانه، به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت که گلخانه گازوئیلی از میانگین بالاتری برخوردار بود. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات در نرم‌افزار کامفار نیز نشان داد که از منظر شاخص‌های اقتصادی، کاربرد آبگرمکن خورشیدی برای گرمایش گلخانه‌ها از سال پنجم توجیه‌پذیر است و بازگشت سرمایه‌ای معادل ۵/۳۲ سال دارد [۸].

شیریجیان و سراج (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان «آینده‌پژوهی انرژی‌های نو در جهان به منظور تحلیل و ارائه راهبردهای مناسب جهت ارتقاء امنیت انرژی ایران» بیان داشتند: در این پژوهش تلاش شده است تا با تکیه بر اصول علم آینده‌پژوهی، استفاده از ابزار برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو و به کار بستن روش جی‌بی‌اِن، به مقوله آینده انرژی‌های تجدیدپذیر و نو در بازار جهانی انرژی و ارائه راهکارهای مناسب در راستای ارتقاء امنیت انرژی کشور پرداخته شود. روش جی‌بی‌اِن با تولید و توسعه ماتریس سناریو، از تقابل دو عدم قطعیت بسیار مهم درباره یک موضوع مشخص، چندین چارچوب باورشدنی اما چالش برانگیز برای آن موضوع بدست می‌دهد. بدین منظور سه سناریو مختلف طراحی شده‌اند؛ در سناریو اول نیروهای بازار و توسعه فناوری، در سناریو دوم سیاست‌های اعمال شده برای مبارزه با تغییرات اقلیمی و در سناریو سوم رقابت‌ها و تنش‌های ژئوپلتیک به عنوان محرک‌های اصلی بازار انرژی در نظر گرفته می‌شوند. در انتها نیز راهکارهای ارتقاء امنیت انرژی کشور در فضای هر یک از این سناریوها و منطبق بر سند ملی راهبردی انرژی پیشنهاد شده‌اند؛ همچنین به‌منظور افزایش کارآیی راهبردها، افق کوتاه مدت و بلندمدت برای اعمال آن‌ها در نظر گرفته می‌شود [۴].

مروج (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان «بررسی آثار تخریبی استفاده از فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر بر محیط‌زیست» بیان داشت: تولید و مصرف انرژی، هر دو چالش‌هایی را برای محیط‌زیست فراهم کرده و بسته به نوع تولید یا مصرف اثرات تخریبی بر محیط‌زیست جانوری، گیاهی و یا انسانی می‌گذارد. یکی از راهکارهای کاهش این آثار تخریبی، استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر است. در این مقاله، بررسی آثار و عوامل تخریب محیط‌زیست توسط نیروگاه‌ها و صنایع وابسته به انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، آبی و زیست‌توده مورد مطالعه قرار گرفته است. برای دستیابی به این منظور، طبقه‌بندی میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر اساس نوع انرژی و اثرات مختلف آن بر روی محیط‌زیست از جمله تولید گازهای مخرب و گلخانه‌ای، آلاینده‌های سمی اعم از جامد، مایع و گاز برای جانوران، گیاهان و انسان‌ها و تغییر در اکوسیستم و محیط زندگی بوده است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که اگرچه همه انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با تولید و مصرف انرژی‌های فسیلی بسیار پاک‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست هستند ولی بسته به نوع تأثیر، هرکدام از این انواع انرژی دارای مضراتی نیز هستند. در مجموع، می‌توان انرژی بادی را کم خطرترین نوع انرژی تجدیدپذیر برای محیط‌زیست قلمداد کرد [۹].

عالم[۱] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی یکپارچه‌سازی سیستم‌های حرارتی خورشیدی در سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای موجود تحت شرایط آب و هوایی اردن» بیان داشتند: نتایج نشان دهنده مزایای امیدوارکننده در تمام سطوح است. از نظر فنی، کسر خورشیدی بالای ۰. ۸۴ را می‌توان بدون نیاز به ذخیره انرژی به دست آورد. از نظر زیست محیطی، کاهش بالقوه انتشار دی اکسید کربن سالانه ۱۶۰۰ تن می‌تواند محقق شود. از نظر اقتصادی، دوره بازپرداخت تخفیف برای هر مورد مورد مطالعه محاسبه شد. معلوم شد که بهترین ارزش ۳. ۴ سال برای مورد کلکتور لوله تخلیه شده ۴۰۰۰ مترمربعی بود و فناوری کلکتور فرورفتگی سهموی نسبت به فناوری کلکتور لوله تخلیه شده برتری دارد اگرچه هزینه اولیه بالاتری دارد [۱۰].

پادی[۲] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «تجزیه و تحلیل اقتصادی و زیست محیطی ادغام انرژی زیستی مبتنی بر زباله در فرآیندهای نشاسته کاساوا صنعتی در آفریقا» بیان داشتند: در سطح جهانی، CWB ها[۳] می‌توانند پروفایل‌های زیست محیطی خالص CSF ها[۴] را از طریق استراتژی اقتصاد دایره‌ای گنجانده شده برای بازیابی منابع ضایعات (انرژی CS ؛[۵] مواد هضم مایع و خاکستر دیگ) برای استفاده مجدد در صنایع کشت و فرآوری کاساوا در مقابل طرح مدیریت زباله فعلی افزایش دهند. (یعنی هضم بی‌هوازی CWW ؛[۶] برای بیوگاز برای تولید TESD ؛[۷] در حالی که هضم مایع در جریان آب ریخته می‌شود و CS در مزارع سوزانده می‌شود). بنابراین، اجرای CWBs و سیاست‌های سختگیرانه انرژی پایدار می‌تواند برای افزایش پایداری در صنایع کاساوا امیدوارکننده باشد [۱۱].

داس[۸] و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی یک سیستم انرژی تجدیدپذیر ترکیبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه: مطالعه موردی برای جزیره دور افتاده در بنگلادش» بیان داشتند: نتایج حاصل از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک نشان داد اگرچه هزینه انرژی بین توابع هدف در نظر گرفته شده نسبتاً قابل مقایسه است، رویکرد چند هدفه مزایای زیست‌محیطی بهتری نسبت به سیستم بهینه‌سازی تک هدف ارائه می‌کند. نتایج تحلیل‌شده همچنین نشان می‌دهد که تکنیک‌های هوشمند از بهینه‌سازی ترکیبی ابزار منابع انرژی چندگانه از نظر هزینه‌ها و دیدگاه زیست‌محیطی برتری دارند. علاوه بر این، هزینه برق واحد پیکربندی سیستم هیبریدی پیشنهادی با منبع برق شبکه در احتمال از دست دادن منبع تغذیه بیش از ۸٪ با انتشار چرخه عمر به طور قابل توجهی کمتر است [۱۲].

---

[۱] Alemam

[۲] Padi

[۳] Cassava Waste Bioenergy

[۴] Cassava Starch Facilities

[۵] Cassava Stems

[۶] Cassava Starch Wastewater

[۷] Thermal energy for starch drying

[۸] Das

لیانگ[۱] و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی اقتصادی، زیست‌محیطی و بهینه‌سازی چند هدفه سیستم انرژی خورشیدی متمرکز برج مرکزی مبتنی بر CO_2 فوق بحرانی با ذخیره‌سازی حرارتی» بیان داشتند: مطالعات عددی همچنین نشان می‌دهد که در حالی که چرخه برایتون تنها بخش کوچکی از کل سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص می‌دهد، صرف هزینه بیشتر برای افزایش کارایی تجهیزات آن برای بهبود عملکرد کلی اقتصادی و زیست‌محیطی سیستم مقرون‌به‌صرفه است [۱۳]. کامپوس[۲] و همکاران (۲۰۱۹) به تجزیه و تحلیل چرخه حیات با تصمیم‌گیری چند معیاره و بررسی روش‌های ارزیابی انرژی تجدیدپذیر پرداختند. این تحقیق طی سالهای ۲۰۰۷-۲۰۱۷ در اسپانیا انجام شده است. هدف از این مقاله آینده تولید و مصرف با انتخاب مناسب‌ترین فناوری با بالاترین درجه پایداری با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد و نتیجه این شد که با بررسی مجموع‌های از شاخص‌ها، سه شاخص اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست در اولویت قرار گرفتند [۱۴].

مورات کولک[۳] و ایحسان کایا (۲۰۱۷) در مطالعه خود با عنوان" بررسی و اولویت‌بندی جایگزین‌های انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از یک مدل MCDM [۴]فازی یکپارچه" پرداختند. این تحقیق در مورد نیاز انرژی کشور ترکیه در مقابل افزایش روز به روز جمعیت است. مدل پیشنهادی متشکل از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۵](AHP) بر اساس مجموعه‌های فازی نوع ۲ و روش تاپسیس[۶](TOPSIS) است. در نتیجه مدل MCDM مبتنی بر فاز پیشنهاد شده نشان می‌دهد که جایگزین (انرژی باد) به عنوان بهترین جایگزین انرژی تجدیدپذیر با ارزش نسبی ۰/۶۹۳ برای ترکیه تعیین شده است [۱۵]. پیتر وارن[۷] و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان"شناخت عوامل تعین کننده سرمایه گذاری خصوصی مرزی در انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه" با استفاده از داده های پانلی که ۶۲ کشور را پوشش می‌دهد و در یک دوره هفت ساله، بر اساس مدل‌های ثابت خطی و لجستیک به این نتیجه رسیدند که تأمین منابع مالی بین المللی، اقدامات پشتیبانی نظارتی همراه با ثبات سیاسی محرک مالی قدرتمند سرمایه گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه می‌باشد [۱۶].

با بررسی ادبیات پژوهش مشخص می‌شود در ایران، بخش صنعتی حدود ۳۶ درصد از کل انرژی الکتریکی تولیدی را مصرف می‌کند. صنایع بزرگ ایران، عمدتاً کارخانه های فولاد، کارخانه های سیمان و کارخانه های ذوب آلومینیوم، حدود ۵۰ درصد انرژی مصرفی در بخش صنعت را مصرف می‌کنند. تقاضا برای انرژی الکتریکی در ایران در سال های اخیر رشد قابل توجهی داشته است. پیک تقاضا که در تابستان ۱۳۹۶ رخ داد، ۵۵۴۴۲ مگاوات بود که نسبت به سال قبل ۵ درصد افزایش داشت (شرکت توانیر ۱۳۹۶). با ظرفیت تولید نصب شده موجود، سیستم برق ایران در دوره پیک سال ۱۳۹۶ با ۳ درصد کمبود انرژی مواجه شد[۱۷]. با توجه به هزینه‌های سرمایه گذاری بسیار بالای افزایش ظرفیت تولید، دولت ایران به برنامه های DSM توجه بیشتری دارد تا بتواند جبران کند. کمبود انرژی در ساعات اوج مصرف در این راستا، برنامه ذخیره عملیاتی صنعتی (IORP[۸]) توسط وزارت نیرو برای تشویق مشتریان صنعتی به مشارکت در برنامه‌های DR تدوین شده است. در این برنامه، زمانی که پیک بار نزدیک به ظرفیت تولید افزایش می‌یابد، شرکت مدیریت شبکه ایران (IGMC[۹]) از صنایع همکار می‌خواهد برای جلوگیری از بارگذاری بیش از حد برای مدت زمان اوج بار، بارهای خود را کاهش دهند. در سال های اخیر، IORP در برخی از صنایع بزرگ ایران مانند کارخانه‌های سیمان به کار گرفته شده است. اما کارخانه‌های فولاد به‌عنوان بزرگ‌ترین صنایع مصرف‌کننده انرژی الکتریکی در ایران، به دلیل فرآیند تولید بی‌وقفه، تمایل کمتری به شرکت در این برنامه از خود نشان داده‌اند [۱۸].

---

[۱] Liang

[۲] Campos

[۳] Murat Çolak

[۴] Multi-Criteria Decision-Making

[۵] Analytic Hierarchy Process (AHP)

[۶] The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

[۷] Peter Warren

[۸] Industrial Operational Reserve Program

[۹] Iran Grid Management Company

۲-مواد و روش‌ها

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره یک چارچوب نویدبخش برای ارزیابی مسایل چند بعدی و متناقض محسوب می‌شوند که مسائل تصمیم‌گیری را تحت تعدادی از معیارهای تصمیم بررسی می‌کند. معیارهایی که در این تصمیم‌گیری‌ها برای سنجش استفاده می‌شوند می‌توانند کمی یا کیفی یا ترکیبی باشند [۱۸]. تحقیق مورد نظر از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود و روش بکار رفته در آن توصیفی و از نوع پیمایشی است. داده های استفاده شده در این پژوهش به روش پرسشنامه جمع‌آوری شده‌اند. به منظور شناسایی عوامل اثرگذار (معیارها) بر ارزیابی از روش مصاحبه با خبرگان انرژی استفاده شده است. همچنین برای انجام مقایسات زوجی و دریافت نظر خبرگان به منظور اولویت‌بندی انرژی‌های نو (خورشیدی، بادی و حرارتی) به لحاظ جنبه‌های مالی، اقتصادی و زیست‌محیطی از روش پرسشنامه استفاده گردید. در تهیه پرسشنامه از سؤالات بسته استفاده شده که مطابق نظر خبرگان و کارشناسان تهیه و تدوین گردید. در پرسشنامه های تحلیل سلسله مراتبی یا روش AHP موضوعی به نام پایایی، آن‌طوری که در پرسشنامه های معمول نرم افزار SPSS (که معمولا گزینه های ۵ تایی طیف لیکرت دارد)، مطرح است وجود ندارد. بلکه به جای مفهوم پایایی در پرسشنامه های AHP، از مفهوم نرخ ناسازگاری استفاده می‌شود. در نتیجه برای تحلیل نتایج از نرم افزار Expert choice 11 استفاده شده است. نرخ ناسازگاری پرسشنامه کمتر از ۰,۱ محاسبه شدند که نشان می‌دهد سازگاری ماتریس مقایسات مورد تأیید بوده و نتایج قابل قبول می باشند. جامعه آماری این پژوهش کلیه پرسنل واحد انرژی و سیالات که مستقیم با مسائل انرژی در ارتباط هستند، می‌باشند که تعداد آن‌ها ۳۵ نفر است.

۳-یافته‌ها

براساس یافته‌های به‌دست‌آمده، از مجموع ۳۵ نفر شرکت‌کننده در این پژوهش ۵۷ درصد مرد و ۴۳ درصد زن می‌باشند. سایر آمار توصیفی مربوط به متغیرهای جمعیت شناختی به شرح ذیل می‌باشند.

جدول ۱- توزیع فراوانی پاسخ دهندگان بر حسب تحصیلات

سطح تحصیلی	تعداد	درصد فراوانی
لیسانس	۸	۲۳
فوق لیسانس	۱۶	۴۵
دکترا و بالاتر	۱۱	۳۱
مجموع	۳۵	۱۰۰

همانطور که مشاهده می شود، تحصیلات ۸ نفر (۲۳ درصد) در سطح لیسانس، ۱۶ نفر (۴۵ درصد) در سطح فوق‌لیسانس و ۱۱ نفر (۳۱ درصد) در سطح دکترا و بالاتر می‌باشد.

جدول ۲- توزیع فراوانی پاسخ دهندگان بر حسب سن

سن	تعداد	درصد فراوانی
کمتر از ۳۵ سال	۳	۹
۳۵ تا ۴۵ سال	۸	۲۳
۴۵ تا ۵۵ سال	۶	۱۷
بیشتر از ۵۵ سال	۱۸	۵۱
مجموع	۳۵	۱۰۰

از دیگر یافته های توصیفی نمونه مورد مطالعه می توان به چگونگی توزیع افراد بر مبنای گروه های سنی اشاره کرد که نتایجش در جدول (۲) آمده است. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین فراوانی مربوط به بازه سنی بیشتر از ۵۵ سال با تعداد ۱۸ نفر معادل ۵۱ درصد می باشد.

جدول ۳- توزیع فراوانی پاسخ دهندگان بر حسب سوابق کاری

سوابق کاری	تعداد	درصد فراوانی
کمتر از ۱۰ سال	۶	۱۷
۱۰ تا ۲۰ سال	۱۲	۳۴
بیشتر از ۲۰ سال	۱۷	۴۸
مجموع	۳۵	۱۰۰

جدول (۳) مربوط به وضعیت سابقه کار نمونه آماری انتخاب شده را نشان می‌دهند.

۳-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

مراحل اجرای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به شرح ذیل می‌باشد:

۱- ساختن نمودار سلسله مراتبی: مسأله را باید به‌طور شفاف بیان کرده و به یک سیستم منطقی (شبکه) تجزیه نمود. ابتدا باید عوامل پژوهش را از منابع مختلف استخراج نمود و یا از افراد خبره سوال کرد. بعد از استخراج عوامل و گزینه ها، مسأله را به سطوح معیار و در صورت وجود زیرمعیار و گزینه تقسیم کرد. وجود معیار در مدل AHP ضروری است یعنی مدل سلسله مراتبی بدون وجود معیار ایجاد نخواهد شد [۶].

۲- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: در این مرحله عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس های مقایسات زوجی تشکیل می شوند. جهت تعیین اهمیت و ترجیح در مقایسات زوجی از طیف ۱ تا ۹ استفاده می‌شود. امتیاز ۱ نشان‌دهنده‌ی اهمیت یکسان دو معیار نسبت به هم و امتیاز ۹ نشان‌دهنده‌ی بالاترین اهمیت جهت مقایسه دو معیار بکار می‌رود.

۳- محاسبه نرخ ناسازگاری: نرخ ناسازگاری نشان دهنده این است که مقایسات از ثبات و پایداری برخوردار هستند یا خیر. چنانچه این نرخ از ۰,۱ کمتر باشد نشان از سازگاری ماتریس است و اگر از ۰,۱ بیشتر باشد باید در مقایسات زوجی تجدید نظر نمود. در ماتریس مقایسه‌ی زوجی a_{ij} نشان دهنده‌ی i امین عنصر در مقایسه با j امین عنصر است.

$$A \times W = \lambda max \times w \quad (۱)$$

به‌طوری که A ماتریس مقایسات زوجی، Wبردار ویژه، λmax بزرگ‌ترین مقدار ویژه A است سازگاری مقایسات را با استفاده از شاخص سازگاری (C.I) و نرخ سازگاری (CR) نشان داد.

$$C.I = \frac{\lambda max - n}{n-1} \quad (۲)$$

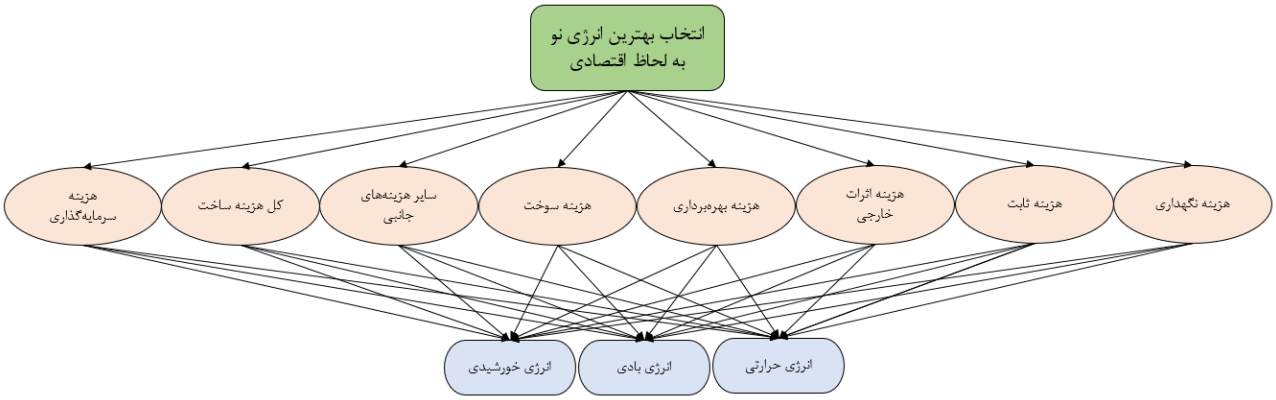
$$CR = \frac{C.I}{R.I} \quad (۳)$$

جدول۴- شاخص سازگاری تصادفی (R.I)

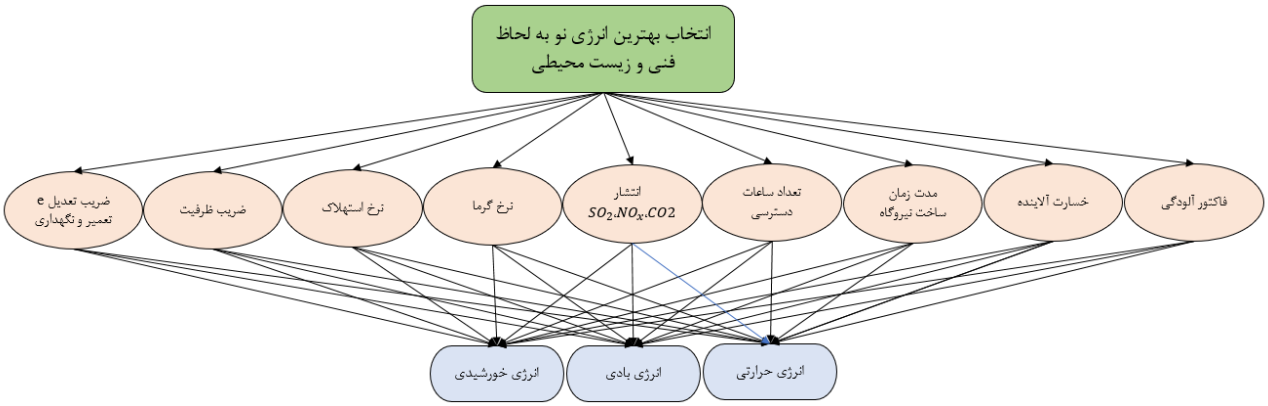
n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
R.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

چنانچه نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد سازگاری ماتریس پذیرفته می‌شود و اگر بزرگتر از ۰/۱ باشد باید در قضاوت‌های مقایسه‌ای تجدید نظر شود [۱۹]. در این پژوهش تمام محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Expert choice11 انجام می‌شود.

هدف تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب بهترین گزینه بر اساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است. این تکنیک برای وزن‌دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. چون افزایش تعداد عناصر هر خوشه مقایسه زوجی را دشوار می‌کند؛ بنابراین معمولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به زیرمعیارهایی تقسیم می‌کنند که در این تحقیق با استفاده از پرسشنامه خاص روش سلسله مراتبی سه انرژی خورشیدی، بادی و حرارتی به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفت. که امتیازات خبرگان در جداول (۵) و (۶) و نمودار سسلسله مراتبی به لحاظ اقتصادی، فنی و زیست محیطی با توجه به معیارهای مربوطه در شکل‌های (۱) و (۲) آورده شده است.



شکل ۱- نمودار سلسله مراتبی جنبه اقتصادی



شکل ۲- نمودار سلسله مراتبی جنبه فنی و محیط‌زیست

جدول ۵- نظرات کارشناسان برای مقایسه زوجی مشخصات اقتصادی در انرژی خورشیدی، بادی و حرارتی

معیارها	هزینه سرمایه‌گذاری	هزینه بهره‌برداری	هزینه اثرات خارجی	هزینه نگهداری	هزینه سوخت	سایر هزینه های جانبی	هزینه ثابت	کل هزینه ساخت
هزینه سرمایه‌گذاری	۱	۷	۶	۵	۳	۹	۹	۸
هزینه بهره‌برداری	۰/۱۴	۱	۱	۲	۲	۵	۳	۵
هزینه اثرات خارجی	۰/۱۶	۱	۱	۱	۲	۵	۹	۶
هزینه نگهداری	۰/۲	۰/۵	۱	۱	۵	۹	۸	۲
هزینه سوخت	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۱	۵	۲	۳
سایر هزینه‌های جانبی	۰/۱۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱۱	۰/۲	۱	۱	۰/۵
هزینه ثابت	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۱۱	۰/۱۲۵	۰/۵	۱	۱	۰/۵
کل هزینه ساخت	۰/۱۲۵	۰/۲	۰/۱۶	۰/۵	۰/۳۳	۲	۲	۱

نرخ سازگاری=۰/۰۷<۰/۱

جدول ۶- نظرات کارشناسان برای مقایسه زوجی مشخصات فنی و زیست محیطی در انرژی خورشیدی، بادی و حرارتی

معیارها	ضریب تعدیل e تعمیر و نگهداری	ضریب ظرفیت	نرخ استهلاک	نرخ گرما	تعداد ساعات دسترسی	مدت زمان ساخت نیروگاه	خسارت آلاینده	فاکتور آلودگی	انتشار SO_2،NO_x،$CO2$
ضریب تعدیل e تعمیر و نگهداری	۱	۵	۴	۶	۷	۷	۸	۵	۹
ضریب ظرفیت	۰/۲	۱	۱	۱	۴	۳	۱	۵	۶
نرخ استهلاک	۰/۲۵	۱	۱	۲	۷	۴	۳	۲	۵
نرخ گرما	۰/۱۶	۱	۰/۵	۱	۷	۲	۲	۱	۷
تعداد ساعات دسترسی	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۳
مدت زمان ساخت نیروگاه	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵	۲	۱	۲	۲	۶
خسارت آلاینده	۰/۱۲۵	۱	۰/۳۳	۰/۵	۲	۰/۵	۱	۳	۲
فاکتور آلودگی	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۱	۲	۰/۵	۰/۳۳	۱	۲
انتشار SO_2،NO_x،$CO2$	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۵	۰/۳۳	۱

نرخ سازگاری=۰/۰۸<۰/۱

پس از ثبت نظرات خبرگان در نرم افزار Expert choice11، وزن هریک از انرژی‌های خورشیدی، بادی و حرارتی با توجه به معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی محاسبه گردیده که به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۷- وزن نهایی انرژی‌های خورشیدی، بادی و حرارتی با توجه به معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی

نوع انرژی	وزن (درصد)	اولویت
خورشیدی	۵۷	۱
حرارتی	۳۳/۳	۳
بادی	۳۹/۷	۲

با توجه به نتایج فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده از انرژی‌های نو در در این سازمان به ترتیب انرژی خورشیدی، حرارتی و بادی است.

۳-۲-برق حرارتی و برق خورشیدی به عنوان انرژی نو

با توجه به اینکه استفاده از انرژی‌های نو در صنایع می‌تواند هزینه‌های تولید را کاهش دهد و همچنین به حفظ محیط‌زیست کمک کند، موضوع استفاده از برق خورشیدی و برق حرارتی در صنایع بسیار مهم است. استفاده از برق خورشیدی و برق حرارتی می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید منجر شود. انرژی خورشیدی به صورت رایگان و بی نهایت ارائه می‌شود و اگر از آن به عنوان منبع انرژی برای تولید برق و حرارت استفاده شود، هزینه‌های مربوط به خرید سوخت‌های فسیلی و تولید انرژی از آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین، با توجه به اینکه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سیستم‌های خورشیدی و حرارتی نسبت به سیستم های مکانیکی کمتر است، می‌تواند به توسعه پایدار صنایع کمک کند. علاوه بر این، استفاده از انرژی‌های نو می‌تواند به حفظ محیط‌زیست کمک کند. تولید برق از منابع فسیلی باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌شود، در حالی که استفاده از انرژی خورشیدی و حرارتی این اثرات منفی را کاهش می‌دهد. با انتقال به سیستم‌های انرژی نو، صنایع می‌توانند به حفظ محیط‌زیست و کاهش تاثیرات منفی آن‌ها بر زمین کمک کنند. در نتیجه، با توجه به مزایای استفاده از برق خورشیدی و برق حرارتی، این روش‌ها می‌توانند به بهبود عملکرد و حفظ محیط‌زیست کمک کنند. بنابراین، توسعه و استفاده از این فناوری ها باید توسط صنایع به عنوان یک راه حل پایدار برای تولید انرژی مورد توجه قرار گیرد.

۳-۳- هزینه تراز شده برای برق حرارتی

نیروگاه انتخاب شده دارای ظرفیتی معادل ۳۰۰۰۰ کیلووات می‌باشد. در ادامه در جداول (۸) و (۹) هزینه‌های لازم برای تأسیس (هزینه‌های ثابت) آورده شده است.

جدول ۸ - هزینه‌های سرمایه گذاری طرح (ارقام به ریال)

ردیف	شرح	هزینه کل
۱	زمین، محوطه سازی و ساختمان	۹/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۲	ماشین آلات خارجی مورد نیاز و هزینه‌های مربوطه	۹۳/۱۹۲/۰۰۰/۰۰۰
۳	ماشین آلات و تجهیزات جانبی داخلی مورد نیاز	۵/۵۲۰/۰۰۰/۰۰۰
۴	تأسیسات عمومی	۲/۲۸۸/۰۰۰/۰۰۰
۵	وسایل نقلیه	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۶	تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
	جمع سرمایه گذاری ثابت	۱۱۱/۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۷	هزینه‌های قبل از بهره برداری	۱/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۸	هزینه‌های احتمالی	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
	جمع کل سرمایه گذاری	۲۲۳/۸۰۰/۰۰/۰۰۰

منبع:تراز نامه انرژی [۲۰]

- زمین طرح: زمین مورد نیاز برای این طرح حدود ۲۰۰۰ متر برآورد می‌شود.
- محوطه سازی وساختمان: این بخش شامل هزینه های مربوط به تسطیح زمین، حصارکشی، آسفالت و پیاده‌رو سازی، احداث ساختمان‌های تولید، اداری، نگهبانی و نیز ایجاد فضای سبز و روشنایی محوطه می‌باشد.
- ماشین آلات: ماشین آلات مورد نیاز طرح به دو دسته ماشین‌آلاتی که بایستی از خارج کشور وارد شوند و ماشین‌آلاتی که قابل تهیه از داخل کشور می‌باشند، تقیسیم می‌گردند.
- تأسیسات عمومی: شامل هزینه‌های مربوط به احداث و برقراری تأسیسات عمومی طرح شامل سیستم گازرسانی، آبرسانی به همراه لوله کشی، سیستم سرمایش و گرمایش و برای ساختمان‌های نگهبانی و اداری، سیستم آتش نشانی و مخابرات بیان شده است.
- وسائل نقلیه
- تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی: تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی لوازم کامل دفتری، کامپیوتر و پرینتر، تلویزیون، کمد بایگانی، فکس، تلفن، یخچال، گاوصندوق.
- هزینه‌های قبل از بهره‌برداری: هزینه‌های قبل از بهره‌برداری شامل هزینه‌های مربوط به مطالعات پیش از سرمایه‌گذاری، مدیریت و سازماندهی پروژه در طول فاز ساخت، دستمزد و حقوق پرسنل در طول فاز ساخت، مشاوره و نظارت بر اجرای طرح و همچنین سایر هزینه‌های احتمالی.
- هزینه های متفرقه و پیش بینی نشده : هزینه های احتمالی برابر ۵٪ کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری (به جز هزینه‌های مربوط به ماشین آلات خارجی) لحاظ شده است.

جدول ۹- طول عمر قطعات سیستم فتوولتاییک

نام قطعه	طول عمر مفید	دوره های بالینی و سرویس
سلول‌های خورشیدی	سلول‌های خورشیدی با تکنولوژی قدیمی ۱۰ تا ۱۲ سال و سلول‌های با تکنولوژی جدیدتر تا ۱۵ سال	بازدید از اتصالات جهت عدم قطعی اتصالات یا شکستگی سلول‌ها
پانل‌ها	با توجه به شرایط محیطی و نوع پنل از ۱۰ تا ۱۵ سال	هر ۶ ماه یکبار از لحاظ ترک خوردگی شیشه و نفوذ رطوبت بازبینی و غبارروبی شوند
باطری اسیدی	در صورت رعایت نکات شارژ و دشارژ تا ۵ سال	هر ۴ ماه یکبار از لحاظ اسید موجود باید بازبینی شود
اینورتر	در شرایط استفاده طبق استاندارد بالای ۱۰ سال	نیاز به سرویس ندارد

محاسبه هر قطعه بکار رفته در سیستم فتوولتاییک است به صورت جدول (۱۰) می‌باشد :

جدول ۱۰- قیمت قطعات سیستم فتوولتاییک

نام قطعه	قیمت
سلول‌های خورشیدی	سلول‌های خورشیدی سیلیکونی قیمتی بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ تومان به ازای هر وات دارند
باطری	هر باطری اسیدی HA ۶۰ ولت قیمتی بین ۵۵/۰۰۰ تا ۶۰/۰۰۰ تومان دارد
اینورتر	با توجه به توان خروجی و کشور سازنده قیمت متفاوتی دارد
	مدل تایوانی با خروجی ۱۵۰۰ وات ۱۲۰/۰۰۰ تا ۱۵۰/۰۰۰ تومان قیمت دارد
مدار کنترل و دیود	بطور تخمینی ۵۰/۰۰۰ تومان

جدول ۱۱- میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای بخش نیروگاهی بر اساس نوع نیروگاه (تن)

نوع نیروگاه	Nox	SO2	SO3	CO	SPM	CO2	CH4	N2O
بخاری	۲۴۰/۲۵۷	۵۵۶/۴۶۷	۲/۲۹۳	۱۳۸/۱۳۶	۱۳/۱۳۶	۷۱/۳۰۵/۹۸۰	۱/۷۶۹	۲۹۷
گازی	۹۲/۶۳۶	۱۹/۶۰۲	۴۵۷	۳/۶۹۸	۴/۰۳۰	۲۷/۲۸۳/۴۳۸	۵۶۱	۷۸
سیکل ترکیبی	۱۷۲/۰۴۱	۱۷/۹۴۶	۴۳۵	۵/۶۶۶	۴/۸۸۷	۳۰/۲۰۳/۶۹۹	۷۰۲	۹۱

منبع:تراز نامه انرژی [۲۰]

۴-نتیجه‌گیری

در دوره‌های اخیر، نیاز به استفاده از منابع انرژی نو و پاک در صنایع مختلف اهمیت بسیاری پیدا کرده است. از جمله این منابع انرژی می‌توان به انرژی‌های حرارتی و برقی اشاره کرد که به عنوان منابع انرژی نو و پاک مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش نقش انرژی‌های حرارتی و برقی به عنوان انرژی نو در جنبه‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی(مطالعه موردی: یک شرکت تولیدی) مورد بررسی قرار داده شده است. از جنبه فنی، استفاده از انرژی‌های حرارتی و برقی می‌تواند به بهبود عملکرد و کارایی صنایع کمک کند. این منابع انرژی، امکان ایجاد فرآیندهای تولیدی پیشرفته و مدرن را فراهم می‌کنند که منجر به افزایش کیفیت محصولات و کاهش هزینه‌های تولید می‌شود. همچنین، استفاده از انرژی‌های حرارتی و برقی می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست کمک کند. از جنبه اقتصادی نیز، استفاده از انرژی‌های حرارتی و برقی به عنوان منابع انرژی نو می‌تواند به افزایش سودآوری و رقابت‌پذیری این صنایع کمک کند. در این پژوهش بررسی وضعیت تحصیلات پاسخگویان نشان داد تحصیلات ۸ نفر (۲۳ درصد) در سطح لیسانس، ۱۶ نفر (۴۵ درصد) در سطح فوق‌لیسانس و ۱۱ نفر (۳۱ درصد) در سطح دکترا و بالاتر می‌باشد. از دیگر یافته های توصیفی نمونه مورد مطالعه میتوان به چگونگی توزیع افراد بر مبنای گروه های سنی اشاره کرد که نتایج نشان داد بیشترین فراوانی مربوط به بازه سنی بیشتر از ۵۵ سال با تعداد ۱۸ نفر معادل ۵۱ درصد می‌باشد. همچنین وضعیت سابقه کار پاسخگویان نشان داد سابقه کاری ۱۷ درصد از افراد کمتر از ۱۰ سال بوده و سابقه کاری ۳۴ درصد از افراد نیز بین ۱۰ تا ۲۰ سال و سابقه کاری ۴۸ درصد از افراد نیز بیشتر از ۲۰ سال ثبت شده است. همچنین ۲۰ نفر(معادل ۵۷ درصد) مرد و ۱۵ نفر (معادل ۴۳ درصد) زن می باشند. نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی حاکی از آن بود که به ترتیب انرژی خورشیدی، حرارتی و بادی در اولویت قرار دارند. از جنبه زیست محیطی، استفاده از انرژی‌های حرارتی و برقی به عنوان منابع انرژی نو در صنایع تولیدی می‌تواند به کاهش گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا کمک کند. با استفاده از این منابع انرژی پاک، سازمان می‌تواند به حفظ محیط‌زیست و کاهش اثرات منفی تولیدات خود کمک کند. به طور کلی، نقش انرژی‌های حرارتی و برقی به عنوان انرژی نو در جنبه‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی صنایع بسیار مهم و اساسی است. استفاده از این منابع انرژی نو می‌تواند به بهبود عملکرد و کارایی سازمان‌ها، افزایش سودآوری و رقابت‌پذیری آن‌ها، و حفظ محیط زیست کمک کند. بنابراین، توسعه و استفاده از انرژی‌های حرارتی و برقی در صنایع تولیدی باید به عنوان یک اولویت مهم در برنامه‌ها و استراتژی‌های این صنایع مدنظر قرار گیرد.

۵-منابع

۱- منظور.، داوود، نیاکان.، لیلی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور: موانع و راهبردها، نشریه انرژی ایران، ۱۵(۳)، ۱۳۹۱.

۲- ابونوری.، اسمعیل، قلی زاده ارات بنی. ارزیابی اقتصادی برق خورشیدی (فتوولتائیک) بر اساس فضای موجود در ساختمان در اقلیم‌های مختلف آب و هوایی ایران. دو فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، ۱۴۰۱، دوره۹، شماره ۲، ۱۵۰-۱۵۷، 20.1001.1.24234931.1401.9.2.16.9.

3-Darde, P. N. Detrimental effects of tiny silt particles on large hydro power stations and some remedies. Perspectives in Science, 2016, 8, 142-145. DOI: 10.1016/j.pisc.2016.04.018.

۴-شیریجیان.، محمد، سراج.، حمیدرضا، آینده‌پژوهی انرژی‌های نو در جهان به منظور تحلیل و ارائه راهبردهای مناسب جهت ارتقاء امنیت انرژی ایران. فصلنامه اقتصاد دفاع،۱۳۹۹، ۵(۱۶)، ۱۱۵-۱۵۰، 20.1001.1.25382454.1399.5.16.5.1.

5-Hamzeh., Y , Ashori., A , Mirzaei., B, Abdulkhani., A, Molaei., M. Current and potential capabilities of biomass for green energy in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15(9), 4934-4938, doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.060.

6- Herbert., G. J, Krishnan., A. U. Quantifying environmental performance of biomass energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 59, 292-308, doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.254.

۷- فاطمی.، سیدحسام الدین و همکاران. نگاهی نو به کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در صنایع کشاورزی، دو فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو،۱۴۰۱، ۹(۱)، ۲۹-۳۹، 20.1001.1.24234931.1401.9.1.3.4.

۸- مختاری‌ستائی.، معین و همکاران. بررسی فنی و اقتصادی سامانه‌ی خورشیدی برای گرمایش گلخانه‌های جنوب کرمان. تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی،۱۴۰۰، ۲۲(۷۹)، ۶۳-۸۰.

۹-مروج.، مجتبی. بررسی آثار تخریبی استفاده از فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر بر محیط‌زیست. مجله علمی ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران،۱۳۹۹، ۲۹(۳)، ۶۶-۷۰.

10- Alemam, A, Al-Widyan, M. I. Technical, economic, and environmental assessment of integrating solar thermal systems in existing district heating systems under Jordanian climatic conditions. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, 10(3), 1-16, DOI:10.13044/j.sdewes.d9.0395.

11- Padi, R. K. , Chimphango, A, Roskilly, A. P. Economic and environmental analysis of waste-based bioenergy integration into industrial cassava starch processes in Africa. Sustainable production and consumption, 2022, 31, 67-81, doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.002.

12- Das, B. K. , Hassan, R. , Tushar, M. S. H. , Zaman, F. , Hasan, M, Das, P. Techno-economic and environmental assessment of a hybrid renewable energy system using multi-objective genetic algorithm: A case study for remote Island in Bangladesh. Energy Conversion and Management, 2021, 230, 113-82, doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113823.

13- Liang, Y. , Chen, J. , Yang, Z. , Chen, J. , Luo, X , Chen, Y. Economic-environmental evaluation and multi-objective optimization of supercritical CO2 based-central tower concentrated solar power system with thermal storage. Energy Conversion and Management,2021, 238, 114-140, doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114140.

14- Campos-Guzmán, V. , García-Cáscales, M. S. , Espinosa, N. , Urbina, A. Life Cycle Analysis with Multi-Criteria Decision Making: A review of approaches for the sustainability evaluation

of renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,2019, *104*, 343-366, doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.031.

15- Murat Çolak., İhsan Kaya. Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews,2017, 80, P 840-853, doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.194.

16- Peter, W., Giulia, R .Unpacking the determinants of cross-border private investment in renewable energy in developing countries, Journal of Cleaner Production, 2019,235, p. 854-865. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.166.

۱۷- قائد، ابراهیم.، دهقانی، علی.،فتاحی، محمد، فصلنامه علمی پژوهشی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی،۱۳۹۸، سال نهم، شماره سی و پنجم، صفحات ۱۳۷-۱۴۸.

۱۸-هادیان.، ابراهیم، مجدزاده طباطبایی.، شراره، سیاست‌های توسعه انرژیهای تجدیدپذیر: مقایسه و کاربرد ابزارهای سیاستگذاری، سومین کنفرانس بین المللی اقتصاد سبز، بابلسر، شرکت پژوهشی صنعتی طرود شمال، ۱۳۹۵.

19- Ahmad., F.Kilic., K. Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A performance analysis of various algorithms, Fuzzy Sets and Systems, 2019, 362, 110-128, doi.org/10.1016/j.fss.2018.08.009.

۲۰-وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف.