DOR: 20.1001.1.24234931.1400.8.2.10.6
Archive of SID
مقاله ترویجی
سال هشتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ص ۹۱- ۱۰۰
فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
jrenew.ir
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۰

ارزیابی نقش سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بر توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهرستان بروجرد)

میثم حداد [۱*]، مهسا مهرابی [۲]

۱- دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گرایش اقتصادسنجی و اقتصاد انرژی دانشگاه اصفهان و کارشناس آمار کشوری مرکز آمار ایران، تهران، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، اقتصاد انرژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
* تهران، ۱۴۱۴۶۶۳۱۱۱، Email: m_hadad@sci.org.ir

چکیده

به اعتقاد متخصصین اقتصاد انرژی، افزایش کارایی و بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر انرژی به ویژه انرژی خورشیدی، موثرترین راه‌حل برای رسیدن به اهداف توسعه پایدار، تأمین منافع اقتصادی، افزایش امنیت انرژی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی می‌باشد. در پژوهش حاضر به ارزیابی فنی و اقتصادی نقش سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بر توسعه پایدار شهرستان بروجرد با استفاده از روش اقتصاد مهندسی و روش تحلیل اقتصادی و نرم افزار RETScreen پرداخته شد. نتایج حاکی از آن است که نیروگاه فتوولتائیک یک مگاواتی مفروض، با دوره بازگشت سرمایه ۴/۳ سال، نرخ بازدهی داخلی ۲۸/۱ درصد، ارزش خالص فعلی ۶۴۵/۲۴ میلیارد ریال و نسبت منفعت به هزینه ۹/۸ دارای توجیه اقتصادی است. این نیروگاه ۲۱۹۷ مگاوات ساعت در سال برق تولید خواهد کرد (حدود ۰/۳۹ درصد از کل برق مورد نیاز شهرستان) و برای تأمین کل مصرف برق شهرستان بروجرد به ۲۵۷ نیروگاه مشابه نیاز است. با احداث این نیروگاه کاهش انتشار سالیانه گازهای گلخانه‌ای معادل با ۳۶۵۴/۲ بشکه نفت خام مصرف نشده، است. همچنین این نیروگاه یک مگاواتی در هر سال ۸/۵ میلیارد ریال صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. این مقدار معادل ۱۱/۷ درصد از هزینه‌های اولیه احداث این نیروگاه است که علاوه بر فروش برق تولیدی، اثرات اجتماعی مثبت بر جامعه دارد. با تعمیم تقریبی این نیروگاه به نیروگاهی که کل مصرف شهرستان بروجرد را تأمین کند، در هر سال معادل ۲۱۹۵/۶۵ میلیارد ریال در موارد فوق صرفه جویی می‌شود. پیشنهاد می‌شود دولت و وزارت نیرو با اعطای اعتبارات و تسهیلات لازم برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی (فتوولتائیک) با ظرفیت یک مگاوات، از پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های خورشیدی موجود در این شهرستان حمایت کند. همچنین با انجام این کار در مصرف منابع انرژی فسیلی، آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای صرفه‌جویی زیادی انجام می‌شود و منافع نسل‌های آینده حفظ و توسعه پایدار انرژی در این شهرستان تحقق می‌یابد.

کلیدواژگان: سرمایه‌گذاری، فتوولتائیک، توسعه پایدار، شهرستان بروجرد، نرم افزار RETScreen V:6.0.7.55 b31679.

www.SID.ir
مالکیت معنوی این مقاله تحت گواهی بین المللی تخصیص ۴ کریتیو کامنز محفوظ است

Archive of SID

Evaluating the Role of Investment in Solar (Photovoltaic) Power Plant on Sustainable Development (Case Study: Boroujerd City)

Meisam Haddad [1*], Mahsa Mehrabi [2]

1- PhD student, Department of Economic, Faculty of administrative Sciences and Economics, University of Isfahan and National Statistics Expert, Statistics Center of Iran, Tehran, Iran
2- Master student, Department of Economic, Faculty of administrative Sciences and Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran
* P.O.B. 1414663111 Tehran, Iran, Email: m_hadad@sci.org.ir

Received: 18 July 2020 Accepted: 10 November 2020

Abstract

According to energy economists, increasing efficiency and utilizing renewable energy sources, especially solar energy, is the most effective way to achieve sustainable development goals, provide economic benefits, increase energy security and reduce environmental pollution. In the present study, technical and economic evaluation of the role of investment in the construction of solar power plants (photovoltaics) on sustainable development of Boroujerd city was used using engineering economics method and economic analysis method and RETScreen software. The results show that the assumed photovoltaic power plant has an economic justification with an assumed megawatt period with a return on investment of 4.3 years, an internal rate of return of 28.1%, a net present value of 645.24 billion rials and a profit-to-cost ratio of 9.8. This power plant will produce 2197 MWh of electricity per year (about 0.39% of the total electricity required by the city) and 257 similar power plants are needed to provide the total electricity consumption of Boroujerd city. With the construction of this power plant, the annual emission of greenhouse gases equal to 365.2 barrels of crude oil has not been reduced. Also, this one-megawatt power plant saves 8.5 billion rials per year in fossil fuel, water and greenhouse gas emissions. This amount is equal to 11.7% of the initial construction costs of this power plant, which in addition to selling electricity generated, has positive social effects on society. With the approximate extension of this power plant to a power plant that provides the total consumption of Boroujerd city, 21955.65 billion Rials will be saved in the above cases every year. It is proposed that the government and the Ministry of Energy support the existing solar potentials in the city by providing the necessary funds and facilities for the construction of solar power plants (photovoltaics) with a capacity of one megawatt. Also, by doing this, a lot of savings will be made in the consumption of fossil energy resources, water and greenhouse gas emissions, and the interests of future generations of sustainable energy conservation and development in this city will be realized.

Keywords: Investment, Photovoltaic, Sustainable Development, Boroujerd City, RETScreen Software V:6.0.7.55 b31679.

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه توسعه پایدار یکی از اهداف اساسی سیاست‌گذاری‌های کلان در همه کشورها است. توسعه پایدار یک مفهوم کلی و در ارتباط با ابعاد مختلف زندگی و همچنین رابطه این ابعاد با محیط پیرامون می‌باشد. از مهمترین عناصر موثر در توسعه پایدار، منابع انرژی است. داشتن انرژی مناسب عمده‌ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی پس از نیروی انسانی می‌باشد. انرژی نیازی برای استمرار توسعه اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه است. اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه انسانی را در بلندمدت در تمامی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تأمین نماید، مفهوم انرژی پایدار تحقق خواهد یافت. لذا تأمین انرژی پایدار ضرورت توسعه پایدار است. توسعه‌ای که نیازهای کنونی جهان را تأمین کند، بدون اینکه توانایی نسل‌های آتی را در برآوردن نیازهای خود به مخاطره افکند. این توسعه پایدار رابطه متقابل انسان‌ها و طبیعت در سراسر جهان است [۱].

عواملی نظیر سهم بخش نیروگاهی در انتشار گازهای آلاینده، هزینه‌های زیست محیطی ناشی از تولید برق مبتنی بر سوخت‌های فسیلی و پایان‌پذیر بودن این منابع انرژی، نبود شبکه برق سراسری در مناطق دور افتاده، هزینه‌ی بالای احداث خط انتقال جدید به دلیل مسافت طولانی، افزایش نرخ مصرف انرژی برق و وجود تعداد زیادی مصرف کننده دور از هم، باعث توجه به انرژی-های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و به خصوص سیستم فتوولتائیک شده است [۲]. استفاده از سیستم فتوولتائیک به دلیل‌هایی از قبیل راندمان بالا، منتشر نشدن گازهای آلاینده و ساختار انعطاف پذیر، پتانسیل بسیار زیادی در تبدیل به منابع انرژی سبز در آینده‌ای نزدیک خواهد داشت [۳].

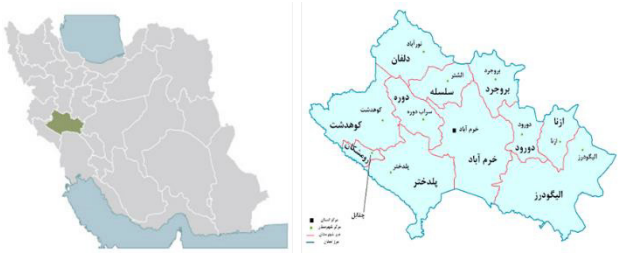
نیروگاه‌های حرارتی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند، با چالش‌هایی رو به رو هستند. از این قبیل چالش‌ها می‌توان به محدودیت منابع سوخت، مخاطرات زیست محیطی ناشی از احتراق، نوسان روزانه قیمت سوخت و عدم برخورداری تمام کشورها از این منابع اشاره کرد. به همین جهت، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر، به شدت مورد توجه قرارگرفته است [۴]. بطوری‌که براساس گزارش سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) در سال ۱۳۹۷، کشورهای چین، آمریکا و ژاپن به ترتیب با تولید ۱۳۰/۴، ۸۵/۳ و ۶۳/۳ گیگاوات ساعت، رتبه‌های اول تا سوم تولید انرژی خورشیدی را در سال ۲۰۱۸ دارا هستند.

در ایران نیز، باتوجه به سرعت بالای استفاده از منابع انرژی فسیلی، افزایش آلودگی هوا در مناطق شهری، محدودیت‌های برق رسانی و تأمین سوخت برای روستاها و نقاط دوردست، استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک می‌تواند جایگاه ویژه‌ای داشته باشد. بخش قابل توجهی از تولید ناخالص داخلی کشور از طریق صادرات حامل‌های انرژی فسیلی تأمین می‌شود. بنابراین با افزایش کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان علاوه بر تولید انرژی به تداوم صادرات حامل‌های انرژی کمک کرد و موجبات حفظ منابع فسیلی را برای نسل‌های آینده فراهم آورد [۵]. در سال ۱۳۹۷ تعداد ۱۷۱ پروژه نیروگاه تجدیدپذیر برنامه‌ریزی شده با سرمایه‌گذاری به ارزش ۱۵۸۳ میلیون دلار با ظرفیت ۱۶۳۹ مگاوات و ۳۲ پروژه نیروگاه تجدیدپذیر جذب شده با سرمایه‌گذاری به ارزش ۲۲۰/۳ میلیون دلار با ظرفیت ۲۲۸ مگاوات در کشور انجام شده‌است.

در سال‌های اخیر ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور به شکل قابل توجهی افزایش یافته‌است. براساس گزارشات منتشر شده توسط معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت نیرو، ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در سال ۱۳۹۷ (۷۰۰ مگاوات) نسبت به سال ۱۳۹۶ (۵۶۲ مگاوات)، بیش از ۲۴ درصد افزایش داشته است. که از این مقدار، ظرفیت نیروگاه‌های فتوولتائیک در سال ۱۳۹۷ (۳۰۲/۶ مگاوات) نسبت به سال ۱۳۹۶ (۱۸۷/۴ مگاوات)، بیش از ۶۱ درصد افزایش داشته است، که بیشترین ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر را به خود اختصاص داده‌است. همچنین در سال ۱۳۹۷ برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر ۲۹۲۴ میلیون کیلووات ساعت بوده‌است. بنابراین به‌دلیل نصب نیروگاه‌های تجدیدپذیر به جای توسعه نیروگاه‌های حرارتی، از انتشار ۲۰۱۸ هزار تن گازهای گلخانه‌ای، مصرف ۸۳۰ میلیون متر مکعب گاز طبیعی و ۶۴۳ میلیون لیتر آب در کشور اجتناب شده‌است.

با توجه به اهمیت نیروگاه‌های خورشیدی در پیک سایی، کاهش تلفات و همچنین سرعت نصب آن‌ها از یک سو و دارا بودن متوسط ۳۰۰ روز آفتابی در کشور از سوی دیگر، تولید انرژی از مولدهای خورشیدی دارای ضرورت است. یکی از شهرستان‌هایی که تاکنون با وجود ظرفیت‌های بالا در تولید برق خورشیدی به آن توجه نشده‌است، شهرستان بروجرد می‌باشد. در سال ۱۳۹۷ تعداد کل مشترکین برق شهرستان بروجرد ۱۴۱۲۲۵ مشترک و کل برق فروخته شده توسط دو شرکت توزیع شهرستان، ۵۶۴ هزار مگاوات ساعت بوده-است. باتوجه به مطالعه موردی شهرستان بروجرد در این تحقیق، در ادامه شرایط جغرافیایی و محیطی منطقه مورد مطالعه بیان شده‌است.

شهرستان بروجرد با وسعت ۱۷۱۰ کیلومتر مربع، دارای دو بخش مرکزی و اشترینان، دو شهر بروجرد و اشترینان و هفت دهستان است. براساس سرشماری ۱۳۹۵، این شهرستان با جمعیت ۳۳۷۶۳۱ نفر و تعداد ۹۹۳۰۸ خانوار بعد از شهر خرم‌آباد دومین شهرستان پرجمعیت استان لرستان به حساب می‌آید. شهر بروجرد در شمال دشت حاصلخیز سیلاخور قرار گرفته و قله‌های مرتفع گرین از مجموعه رشته کوه‌های زاگرس، شمال غربی تا جنوب شرقی آن را دربرگرفته‌اند. سراب‌های دائمی متعددی که از دامنه این کوه‌ها جاری است در اقتصاد منطقه و توسعه شهرستان بروجرد نقش دارد. شهرستان بروجرد از گذشته‌های دور، دارای موقعیت ویژه ارتباطی بوده‌است و امروزه نیز قرارگیری این شهر بر سر شاه‌راه تهران- جنوب یکی از عوامل رونق اقتصادی آن به‌شمار می‌رود. شکل (۱)، موقعیت جغرافیایی و نسبی شهرستان بروجرد در استان لرستان را نشان می‌دهد.



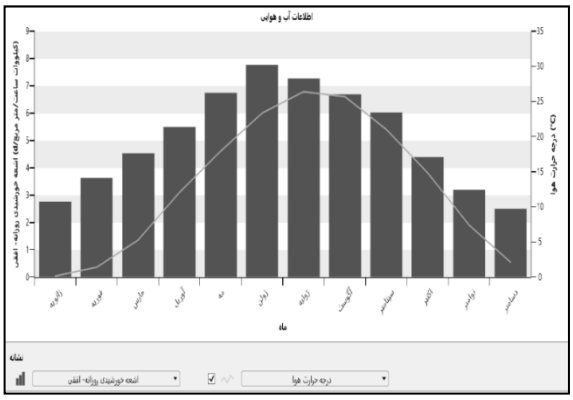
شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان لرستان و شهرستان بروجرد

شهرستان بروجرد دارای آب و هوای معتدل کوهستانی با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد است. حداکثر دما این شهرستان ۴۰ و حداقل دمای آن منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. میانگین سالیانه درجه حرارت هوای این شهرستان ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالیانه تابش اشعه خورشید ۵/۱۰ کیلووات ساعت/ مترمربع/ روز می‌باشد. میانگین میزان بارندگی این شهرستان ۳۸۸ میلی‌متر در سال است که در فصول سرما بارش‌ها بیشتر به صورت برف می‌باشند. شهرستان بروجرد بین عرض‌های شمالی حد اقل ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه و حداکثر ۳۴ درجه و ۶ دقیقه و طول شرقی و حداقل ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه و حداکثر ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه قرار دارد. بلندترین نقطه شهرستان

www.SID.ir

Archive of SID

بروجرد قله ولاش با ارتفاع ۳۹۸۷ متر در غرب شهر بروجرد و پست‌ترین ناحیه در دشت سیلاخور با ارتفاع تقریبی ۱۵۰۰ متر قرار دارد. در نمودار (۱)، میانگین اطلاعات آب و هوایی شهرستان بروجرد در ماه‌های مختلف طی سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۰ نشان داده شده است. باتوجه به اطلاعات آب و هوایی و شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه، پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در این منطقه وجود دارد. بنابراین نتایج این پژوهش قابل استناد برای طرح‌های بعدی است و نیازی به امکان‌سنجی نمی‌باشد.



نمودار ۱ میانگین اطلاعات آب و هوایی شهرستان بروجرد در ماه‌های مختلف طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۹

منبع: NASA

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی نقش سرمایه‌گذاری در این انرژی‌ها با تأکید بر انرژی خورشیدی (فتوولتائیک) بر توسعه پایدار این شهرستان است. در نظر گرفتن امکان استفاده از این نوع نیروگاه‌ها در این منطقه به دلیل شرایط آب و هوایی متفاوت در فصول مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهش مشابه از نظر نوع نگاه واقع بینانه و تحلیل از دیدگاه توسعه پایدار در این شهرستان تاکنون صورت نگرفته است. همچنین در این پژوهش سعی شده‌است از نرم افزار RETScreen به جای نرم افزارهای دیگر ارزیابی اقتصادی، در تحلیل دقیق‌تر عوامل فنی، جغرافیایی و اقلیمی استفاده شود. در ادامه ابتدا در قسمت دوم پژوهش به مبانی نظری و پیشینه پژوهش پرداخته می‌شود. سپس در قسمت سوم روش پژوهش، در قسمت چهارم بحث و نتایج و در قسمت پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ارائه می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این قسمت ابتدا مبانی نظری مربوط به توسعه پایدار انرژی، استفاده از انرژی خورشیدی (سیستم‌های فتوولتائیک) و مالیات‌ها و اعتبارات سبز به عنوان منبع انرژی پایدار در سه بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس در بخش چهارم به پیشینه تحقیق و پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه پرداخته می‌شود.

۲-۱- توسعه پایدار انرژی

توسعه پایدار انرژی نوعی از توسعه پایدار است که در آن مفاهیم تساوی و برابری در کنار توجهات زیست‌محیطی، اقتصادی و ژئوپلیتیکی وجود داشته‌باشد. انرژی به‌منزله موتور توسعه اقتصادی، اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی انسان تلقی می‌شود. از سوی دیگر، توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست در گرو استفاده درست و بهینه از منابع انرژی به‌خصوص انرژی‌های تجدیدناپذیر است. بدون تردید منابع انرژی و به‌طور خاص سوخت-های فسیلی امروزه از مهمترین منابع در چرخه تولید صنعتی به‌شمار می‌روند، به‌طوری که به هیچ وجه امکان کنار گذاشتن این منابع با تکیه بر هر منبع انرژی دیگری قابل تصور نیست [۶].

یکی از معیارهای تشخیص میزان موفقیت کشورها در دستیابی به توسعه پایدار، تأمین تقاضای انرژی با لحاظ استانداردهای مربوط به تولید و مصرف انرژی است. از سوی دیگر، تولید و مصرف منابع و سوخت‌های فسیلی به عنوان تهدید و چالشی اساسی برای محیط زیست و توسعه پایدار قلمداد می‌شوند. در این راستا، توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند از جمله راهکارهای تولید پایداری انرژی باشد که سبب تأثیرگذاری قابل توجه بر بخش های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی شود [۷]. افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و لزوم اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت کاهش آن و همچنین ضرورت دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر در کشورهای در حال توسعه، توجه اکثر کشورها را به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده‌است. در واقع انرژی‌های تجدیدپذیر یک راه حل مناسب برای دستیابی به توسعه پایدار تلقی می‌شود [۸]. اکنون به منظور ارزیابی ارتباط توسعه پایدار با انرژی‌های تجدیدپذیر باتوجه به درک مفهوم توسعه پایدار در زمینه منابع انرژی، در ادامه به معرفی مختصری از سیستم‌های فتوولتائیک پرداخته می‌شود.

۲-۲- معرفی سلول خورشیدی و سیستم‌های فتوولتائیک

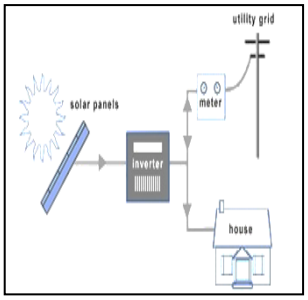
خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشأ تمام انرژی‌های دیگر نیز می‌باشد. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد. میزان دما در مرکز خورشید حدود ۱۰ تا ۱۴ میلیون درجه سانتیگراد است که از سطح آن با حرارتی نزدیک به ۵۶۰۰ درجه و به صورت امواج الکترومغناطیسی در فضا منتشر می‌شود [۳۹].

یکی از تجهیزات تولید برق از انرژی خورشیدی، سیستم فتوولتائیک است. سلول‌های فتوولتائیک یا سلول‌های خورشیدی-کریستال‌هایی هستند که از لایه‌های نازک از جنس نیمه هادی (سیلیکون و آرسینورگالیم) ساخته شده‌اند. اهمیت استفاده از تکنولوژی این است که مستقیماً و بدون بهره‌گیری از مکانیسم‌های متحرک و شیمیایی، نور خورشید را به برق تبدیل می‌کند [۹].

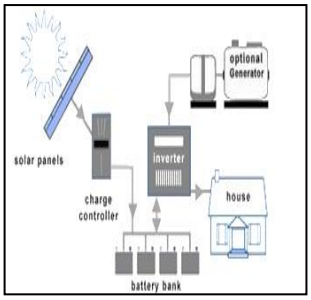
سیستم‌های فتوولتائیک دارای دو نوع می‌باشند. نوع اول متصل به شبکه سراسری برق است. با استفاده از نیروگاه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری بصورت متمرکز و یا غیرمتمرکز (ضمن تقویت انرژی جاری در شبکه توزیع)، بدلیل تزریق ولتاژ و جریان مانع افت ولتاژ شبکه توزیع شده و در نتیجه از فشار بر روی نیروگاه‌ها در طی روز جلوگیری نمود. شکل (۲)، سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه را نشان می‌دهد. نوع دوم مستقل از شبکه سراسری برق است. تأمین انرژی الکتریکی ایستگاه‌های مخابراتی و تلویزیونی، خانه‌های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه‌های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز انرژی الکتریکی مناطقی که فاقد شبکه سراسری برق می باشند. این بخش سهم بالایی از سیستم‌های مستقل ازشبکه را در جهان به خود اختصاص داده است [۱۰]. شکل (۳)، سیستم‌های فتوولتائیک مستقل از شبکه را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ سیستم متصل به شبکه



شکل ۳ سیستم مستقل از شبکه

۳-۲- مالیات‌ها و اعتبارات سبز

دسترسی به منابع بیشتر انرژی موجب افزایش رفاه اجتماعی می‌شود. نیاز روز افزون به انرژی و محدودیت منابع انرژی فسیلی، انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق این منابع، گرم شدن کره زمین و بارش باران‌های اسیدی نگرانی‌های زیادی را در سطح بین المللی ایجاد کرده‌است. در نیم قرن اخیر مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی جهت تأمین انرژی مورد نیاز توسعه صنعتی، باعث افزایش بیش از حد گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2 که سبب بروز پدیده تغییر آب و هوا و افزایش دمای کره زمین شده‌است، لذا از بعد جهانی حائز اهمیت می‌باشد. انتشار برخی دیگر از گازهای آلاینده مانند SO_x، NO_x و CO سبب بارش باران‌های اسیدی، بروز مخاطرات بهداشتی و سلامتی برای انسان و سایر موجودات شده‌است و عمدتاً از دیدگاه منطقه‌ای و ملی مورد توجه قرار می‌گیرند [۱۱،۱۲].

گسترش پایه‌های مالیاتی بهترین گزینه برای افزایش درآمدهای مالیاتی به ویژه از طریق مالیات زیست محیطی است. در واقع، استفاده از مالیات‌های زیست محیطی روشی نوین برای تخصیص منابع در راستای افزایش رفاه اجتماعی است [۱۳]. مالیات‌های زیست محیطی به سه دسته کلی مالیات بر انتشار آلاینده‌ها (مالیات پیگویی)، مالیات بر نهادهای نهادی تولیدی یا مصرفی کاربرد آن‌ها با آسیب‌های زیست محیطی همراه است و مقررات زیست محیطی در سایر مالیات‌ها تقسیم می‌شوند. مالیات بر انتشار آلودگی جزء مالیات‌های مستقیم و دو نوع دیگر جزء مالیات‌های غیرمستقیم است. همچنین، در بین سه نوع مالیات مطرح شده، مالیات پیگو بیشترین تأثیرگذاری را از نظر کارایی دارد [۱۴].

در مقابل این نوع مالیات، در برخی از کشورهای توسعه‌یافته و در حال-توسعه، اعتباراتی به برخی از صنایع که در مقایسه با هم نوع خود، آلودگی ایجاد نمی‌کنند، پرداخت می‌شود. به این نوع اعتبارات، اعتبار سبز گفته می‌شود. یک مثال در مورد اعتبار سبز، مشوق‌ها و اعتبارات مالی در بهره برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر است. اگر صنعت برق مشوق‌های مالی به تولید کنندگان برق در مقیاس کوچک اعطا کند، تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر توجیه اقتصادی پیدا می‌کند. همچنین اینکه تولید کننده‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر مالیات سبز نمی‌پردازد، خود یک نوع افزایش درآمد بخاطر تولید بدون آلودگی است.

۴-۲- پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام شده در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی خورشیدی حداقل در چهار زمینه قابل دسته بندی است. ارزیابی‌های اقتصادی و مالی، بازاریابی و بررسی اندازه احتمالی بازار، بررسی پارامترهای اقتصادی (مانند اشتغال، محیط زیست و ذخیره انرژی) و تدوین برنامه‌ها و سیاست‌های دولت در زمینه انرژی (شامل تشویق‌ها و جریمه‌ها، قوانین و مقررات و تخصیص اعتبارات پژوهشی و بودجه‌های تحقیقاتی)، چهار محور اصلی موضوعاتی هستند که در زمینه اقتصاد انرژی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر قابل بحث و بررسی می‌باشد.

در دسته اول یعنی ارزیابی اقتصادی و مالی پروژه‌های خورشیدی، سوالات زیر می‌تواند جهت فعالیت‌های پژوهشی را مشخص نماید. آیا سیستم‌های انرژی خورشیدی استعداد مقرون به صرفه بودن را دارد؟ قیمت تولید این سیستم‌ها چگونه تعیین می‌شود و هزینه استفاده از این سیستم‌ها به چه میزان است؟ آیا مصرف کنندگان شخصی متقاضی آن‌ها می‌باشند و اگر چنین است تحت چه شرایطی؟ چه طرح و اندازه‌هایی بیشتر مقرون به صرفه است؟ و آیا این سیستم-ها توسط دولت تأمین مالی و یا حمایت می‌شوند؟ از مهمترین پژوهش‌های صورت گرفته در این دسته می‌توان به پژوهش‌های [۱۵-۲۰] اشاره کرد.

در دسته دوم یعنی مسایل بازاریابی، سئوالات کلیدی که می‌تواند مطرح نمود عبارت است از: عوامل مهم و موثر در تقاضای سیستم‌های خورشیدی و موانع بازاری در بالا بودن میزان پذیرش آن‌ها چه هستند؟ و چگونه می‌توان اندازه بازارهای متفاوت را با توجه به منطقه جغرافیایی، نوع سرمایه گذاری، نوع ساختمان سازی تخمین زد؟ از مهمترین پژوهش‌های صورت گرفته در این دسته می‌توان به پژوهش‌های [۲۱-۲۴] اشاره کرد.

در دسته سوم، تأثیر بازار انرژی خورشیدی بر پارامترهای اقتصادی منطقه-ای و ملی مانند اشتغال، محیط زیست و رفاه اجتماعی و هزینه‌های مربوط به آن‌ها بررسی می‌گردد. در این دسته می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط [۲۵-۳۵] اشاره کرد.

در دسته چهارم نیز موضوعاتی در زمینه تدوین برنامه‌ها و سیاست‌های دولت به منظور ایجاد سیاست عمومی مناسب در رابطه با انرژی خورشیدی و ایجاد زیرساخت‌های اقتصادی و فرهنگی در پذیرش و توسعه این فناوری، قابل بررسی می‌باشند. در این دسته می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط [۳۶-۴۱] اشاره کرد.

همانطور که ملاحظه شد اکثر پژوهش‌ها در چهار دسته مجزا قرار دارند. وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی صورت گرفته این است که، در این پژوهش ابتدا به ارزیابی فنی و اقتصادی یک نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) در شهرستان بروجرد استان لرستان پرداخته و سپس نقش سرمایه‌گذاری در این نیروگاه را بر توسعه پایدار در این شهرستان ارزیابی می-شود. از دیگر تفاوت‌های پژوهش حاضر، وارد کردن متغیرهای زیست‌محیطی و جغرافیایی در مدل‌سازی، ارزیابی فنی و اقتصادی است.

۳- روش تحقیق

در مدل تعادل عمومی، بنگاه‌ها از طریق مکانیزم قیمت‌ها بر فعالیت و رفتار یکدیگر تأثیر می‌گذارند. هر زمانی که اقدامات یک بنگاه از طریقی به غیر از قیمت‌ها بر منفعت، هزینه و به طور کلی رفاه جامعه تأثیر گذارد، در این صورت گویند اثرات خارجی[1] وجود دارد. این تأثیر می‌تواند مثبت (منفعت خارجی[2]) یا منفی (هزینه خارجی[3]) باشد. مفهوم هزینه اجتماعی[4] را می‌توان بدین صورت تعبیر کرد؛ یک بنگاه تولیدی که به تولید محصولی مشغول است، همه هزینه‌ها و منافع حاصل از فعالیت خود را الزاما جذب نمی‌کند. آن بخش از هزینه‌ها را

1- Externality
2- External Benefit
3- External Cost
4- Social Cost

www.SID.ir

Archive of SID

که بنگاه تولیدی خود پرداخت می‌کند، هزینه‌های خصوصی[1] و هزینه‌هایی را که به محیط خارج از خود تحمیل می‌کند، اما بابت آن مبلغی پرداخت نمی‌کند را هزینه‌های خارجی گویند. به مقدار هزینه‌های ریالی ناشی از اثرات خارجی منفی اصطلاحاً میزان تخریب نامیده می‌شود. بنابراین در ارزیابی اقتصادی طرح‌ها، علاوه بر محاسبه هزینه‌ها و منافع خصوصی، باید اثرات خارجی را نیز مورد توجه قرار داد. به عبارت دیگر باید به جای محاسبه قیمت‌های دفتری و حسابداری از هزینه فرصت‌ها استفاده کرد، زیرا در غیر این صورت، سیستم ارزیابی به جای عوامل موثر برای تصمیم‌گیری درست، عوامل غیر موثر را در نظرگرفته و بر اساس آن، به جای پروژه‌های اقتصادی و با هزینه اجتماعی، پروژه‌های غیر اقتصادی را انتخاب خواهد کرد.

در این پژوهش، ابتدا با استفاده از روش‌های ارزیابی فنی و اقتصادی، با مفروض بودن هزینه‌های واقعی نیروگاه برق خورشیدی (فتوولتائیک) فاکتورها و شرایط مقرون به صرفه بودن استفاده از این نیروگاه در شهرستان بروجرد بررسی خواهد شد. برای این منظور از معیارهای ارزیابی پروژه شامل معیارهای NPV، IRR و PP استفاده می‌شود.

۳-۱- معیار ارزش خالص فعلی[2] (NPV)

معیار ارزش خالص فعلی سعی دارد تا با در نظر گرفتن تعدیل زمانی پول، تعادلی میان پرداخت‌های سرمایه گذاری و درآمدهای حاصل از اجرای سرمایه-گذاری پیدا نماید. ارزیابی این تعادل در مقایسه با نرخ بهره استانداردی است که مدیریت طرح برای سرمایه‌گذاری و به کارگیری وجوه، از قبل تعیین نموده است. به این بهره، حداقل بهره قابل جذب یا هزینه سرمایه می‌گویند. ارزش خالص فعلی مجموعه‌ای از جریانات وجوه نقد آینده را می‌توان از طریق رابطه (۱) محاسبه کرد.

$$NPV = NCF_0 + \frac{NCF_1}{(1+i)} + \frac{NCF_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \qquad (۱)$$

NPV = ارزش خالص فعلی

NCF = خالص وجوه نقد

i = نرخ تنزیل

t = دوره مالی

NPV ممکن است یک عدد منفی، مثبت یا صفر باشد. هرچه نرخ تنزیل بیشتر باشد مقادیر آینده ارزش کمتری در زمان حال خواهند داشت. رابطه (۲) حالت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

$NPV < 0$ پروژه غیر اقتصادی (۲)

$NPV \geq 0$ پروژه اقتصادی

۳-۲- نسبت فایده – هزینه

نسبت فایده – هزینه نیز نسبت مجموع ارزش فعلی درآمدهای حاصل از اجرای پروژه را به مجموع ارزش فعلی هزینه‌های حاصل از آن نشان می‌دهد که بیان دیگری از ارزش فعلی خالص پروژه‌ها می‌باشد.

۳-۳- معیار نرخ بازده داخلی[3] (IRR)

معیار نرخ بازده داخلی معیار مشهوری در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها است. این معیار شرط پذیرش پروژه را بزرگ‌تر بودن IRR از هزینه سرمایه می‌داند. IRR نرخ تنزیل است که براساس آن، ارزش خالص فعلی پروژه برابر صفر می-شود. اگر NPV پروژه‌ای مثبت باشد، IRR آن پروژه از نرخ بازدهی که برای سرمایه‌گذاری به کار برده شده، بیشتر است. در محاسبه NPV فرض بر این است که نرخ تنزیل مشخص است و NPV پروژه تعیین می‌شود. در محاسبه IRR، NPV پروژه معادل صفر قرار گرفته و نرخ تنزیل که همان IRR پروژه است، تعیین می‌شود.

۳-۴- معیار دوره بازگشت خالص سرمایه[4] (PP)

تحلیل‌گر با استفاده از معیار دوره خالص بازگشت سرمایه، در جستجوی دوره‌ای است که در آن مجموع درآمدهای سالیانه با هزینه سرمایه گذاری برابر شود. PP روش تقریبی و ساده‌ای برای مقابله با ریسک بوده و به نفع پروژه‌هایی است که در سال‌های اولیه عایدات بیشتری دارند. هرچه این شاخص کوچک‌تر باشد بیانگر سرعت بیشتر جبران جریانات نقدی خروجی به وسیله جریانات نقدی ورودی می‌باشد و لذا پروژه از جذابیت بیشتری برای سرمایه گذاری برخوردار است. دوره بازگشت خالص سرمایه شامل دوره بازگشت خالص سرمایه عادی و متحرک می‌باشد. مفهوم دوره بازگشت خالص سرمایه عادی عبارتست از: خالص جریانات نقدی تجمعی طرح در مدت بهره برداری و منظور از دوره بازگشت خالص سرمایه متحرک، این است که ارزش زمانی پول در محاسبه PP مدنظر قرار گرفته و محاسبات براساس داده‌های تنزیل شده صورت می‌گیرد.

۳-۵- هزینه‌های سیستم‌های فتوولتائیک

هزینه سرمایه گذاری اولیه سیستم‌های فتوولتائیک شامل هزینه ماژول-های فتوولتائیک و هزینه‌های BoS[5] می‌باشد. هزینه ماژول فتوولتائیک با هزینه مواد خام، به ویژه هزینه‌های سیلیکون، پردازش، ساخت سلول و هزینه‌های مونتاژ آن مشخص می‌شود. هزینه‌های ساخت (از جمله نصب و راه اندازی سازه، آماده سازی سایت و سایر متعلقات می‌باشد)، هزینه‌های BoS هزینه سیستم-های الکتریکی (شامل اینورتر، ترانسفورماتور، سیم کشی و دیگر هزینه‌های نصب و راه اندازی الکتریکی می باشد) و هزینه‌های باتری و یا سیستم‌های ذخیره سازی دیگر در صورت نیاز که برای موارد مستقل از شبکه کاربرد دارد (گزارش سازمان انرژی‌های نو، ۱۳۹۲). هزینه‌های BoS تا حد زیادی به نوع نصب و راه اندازی آن مربوط می باشد، به طوری که برای پروژه های مقیاس بزرگ به طور معمول ارزان‌تر از سیستم‌های تجاری بزرگ نصب شده بر روی زمین و یا سیستم‌های خانگی خواهد بود، که این‌ها نیز به نوبه خود ارزان تر از سیستم‌های پشت بامی کوچک برای مصارف مسکونی خواهند بود.

۴- بحث و نتایج

در این پژوهش از سیستم متصل به شبکه سراسری برق برای ارزیابی نقش سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی بر توسعه پایدار شهرستان بروجرد استفاده شد. از مهمترین دلایل انتخاب سیستم متصل این است که در این شهرستان شبکه سراسری برق وجود دارد و نیازی به سیستم منفصل نیست. دلیل دیگر این است که با ایجاد طرح‌های تشویقی وزارت نیرو در سال‌های اخیر و افزایش تعرفه‌ی خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر، دارندگان سیستم متصل به شبکه با فروش مازاد برق به شبکه ایجاد درآمد می‌کنند و این پروژه دارای صرفه اقتصادی می‌شود.

1- Private Cost
2- Net Present Value
3- Internal Rate of Return
4- Payback Period
5- Balance of System

www.SID.ir

Archive of SID

در بخش اول ابتدا برای ارزیابی و شبیه‌سازی نقش سرمایه‌گذاری در نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بر توسعه پایدار شهرستان بروجرد، مشخصات نیروگاه و مفروضات فنی و اقتصادی یک نیروگاه فتوولتائیک یک مگاواتی به عنوان نمونه و برای ارزیابی فنی و اقتصادی معرفی می‌شود. در بخش دوم نتایج ارزیابی اقتصادی نیروگاه فتوولتائیک مورد پژوهش بیان می‌شود. سپس در بخش سوم نتایج ارزیابی سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتائیک از دیدگاه توسعه پایدار مورد بحث قرار می‌گیرد.

۴-۱- مشخصات نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) مورد پژوهش و مفروضات فنی و اقتصادی

براساس شرایط جغرافیایی و محیطی منطقه مورد مطالعه، موجودی بازار و صرفه اقتصادی محصول، باید پنل مناسب را انتخاب کرد. براساس موارد مذکور در این پژوهش از پنل STP315-24/Vem، تولید شده توسط شرکت Suntech استفاده شد. ابعاد پنل ۱۹۶۰*۹۹۲*۴۰ میلی‌متر، تعداد سلول ۷۲ و وزن آن ۲۲/۱ گرم می‌باشد. به منظور احداث نیروگاه یک مگاواتی، تعداد ۳۱۷۵ عدد از این نوع پنل مورد نیاز است. مساحت مورد نیاز برای این تعداد سلول همراه با تجهیزات و اتاق کنترل حدود ۶۰۶۱ مترمربع است. مشخصات پنل‌های مورد استفاده برای ارزیابی نیروگاه خورشیدی را در قالب جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱ مشخصات پنل‌های یک مگاواتی مورد نظر در پژوهش (Suntech / STP315-24/Vem)

مشخصات	کمیت
حداکثر توان (Pmax)	۳۱۵ W
حداکثر جریان (Imp)	۹/۰۲ A
حداکثر ولتاژ (Vmp)	۴۵/۱ V
بازدهی (درصد)	٪۱۶/۲

منبع: www.suntech-power.com IEC-STP-Wem-NO1.01-Rev 2015

علاوه بر انتخاب پنل مناسب برای ارزیابی نیروگاه خورشیدی مورد پژوهش، پژوهشگر باتوجه به مشخصات فنی و اقتصادی باید به محاسبه‌ی و بررسی وضعیت تعقیب خورشید، شیب پنل، بازدهی اینورتور، ضریب ظرفیتی، مخارج اولیه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری سالیانه، نرخ تورم، نرخ افزایش قیمت انرژی، عمر پروژه و دیگر پارامترهای موثر بپردازد. برای محاسبه این پارمترها باید تا حد امکان شرایط جغرافیایی و محیطی منطقه مورد نظر باشد. در جدول (۲)، پارامترهای فنی و اقتصادی مفروض برای نیروگاه فتوولتائیک آورده شده است. مخارج اولیه و هزینه‌های سالیانه تعمیر و نگهداری بر حسب ریال وارد شده است. برای این منظور از نرخ ارز بازار (۱۳۰۰۰۰ ریال) استفاده شده است. هزینه‌های سالیانه تعمیر و نگهداری برابر یک درصد هزینه اولیه در نظر گرفته شده است. دلیل این امر می‌تواند وجود گرد و غبارهای پیاپی در فصل بهار و تابستان در این منطقه باشد که منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری می‌شود. عمر مفید نیروگاه برق خورشیدی ۲۰ سال در نظر گرفته شد و دلیل این امر کاهش دما در فصل زمستان و بارش برف سنگین در این منطقه که موجب کاهش عمر مفید سلول‌ها می‌شود.

جدول ۲ پارامترهای فنی و اقتصادی مفروض در نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) یک مگاواتی مورد پژوهش

پارامترهای فنی		پارامترهای اقتصادی	
وضعیت تعقیب خورشید	تک محوری	مخارج اولیه (میلیون ریال)	۷۳۰۳۰
نوع سلول	سیلیکون تک	هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری (ریال)	۷۳۰
شیب پنل (درجه)	۴۰	قیمت تضمینی فروش برق (ریال/ کیلووات ساعت)[۱]	۶۷۳۰
دمای اسمی سلول (درجه سانتیگراد)	۴۵	اعتبار سبز (هزار ریال)	۵۲۰
ضریب دما (درصد)	۰/۴	نرخ تورم (درصد)	۲۰
مساحت کلکتور (متر مربع)	۶۰۶۱	نرخ تنزیل (درصد)	۱۵
بازدهی اینورتر (درصد)	۹۵	نرخ افزایش قیمت انرژی (درصد)	۱۰
ضریب ظرفیتی (درصد)	۲۵/۱	عمر پروژه	۲۰
قیمت سوخت نیروگاه (ریال/ مترمکعب)	۸۰۰	قیمت واقعی آب (ریال/ متر مکعب)	۲۵۰۰۰

منبع: www.suntech-power.com IEC-STP-Wem-NO1.01-Rev 2015، بانک مرکزی، [۱۵].

پرداخت یارانه و قیمت ارزان انرژی در کشور موجب مصرف بی‌رویه انرژی و عدم تلاش برای بهینه‌سازی مصرف آن شده‌است. در صورت حذف کامل یارانه‌های دولتی و واقعی شدن قیمت سوخت نیروگاه‌های سوخت فسیلی، هزینه تمام شده برخی نیروگاه‌های تجدیدپذیر نظیر نیروگاه فتوولتائیک از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کمتر خواهدبود و حتی نیروگاه‌های فتوولتائیک که نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارند به لحاظ هزینه با نیروگاه‌های گازی برابری خواهند کرد. اما در طی سال‌های اخیر وزارت نیرو برای حمایت از تولید برق از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر با اتخاذ طرح‌های تشویقی خرید تضمینی برق با نرخ بالاتر از نیروگاه‌های فسیلی، سرمایه‌گذاری در پروژه‌های تجدیدپذیر را اقتصادی‌تر کرده‌است.

۴-۲- نتایج ارزیابی اقتصادی نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) مورد پژوهش

به منظور ارزیابی اقتصادی پارامترهای نیروگاه برق خورشیدی از نرم افزار RETScreen ورژن 6.0.7.55 b31679 استفاده شد. نرم افزار پروژه انرژی پاک RETScreen نرم افزار برتر در زمینه‌ی تصمیم گیری در رابطه با انرژی پاک می‌باشد. این نرم افزار به صورت رایگان توسط دولت کانادا و به عنوان بخشی از نیاز کشور برای بکارگیری رویکردی یکپارچه در رابطه با تغییرات آب و هوایی و کاهش آلودگی در اختیار عموم قرار گرفته است. RETScreen به عنوان ابزاری که اجرای پروژه‌های انرژی پاک را امکان پذیر می‌سازد، در دنیا مورد تایید قرار گرفته است. این نرم افزار به میزان قابل توجهی هزینه‌های (مالی و زمانی) مرتبط با شناسایی و ارزیابی پروژه‌های بالقوه انرژی را کاهش می‌دهد. این هزینه‌ها که در مرحله‌ی پیش امکان سنجی، امکان سنجی، طراحی و مهندسی تحمیل می‌گردد، می‌تواند موانع بزرگی بر سر طراحی تکنولوژی‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و کارآمد نمودن انرژی باشد. این محصول جامع‌ترین

۱- براساس مصوبه ۱۳۹۸/۷/۲۰ وزارت نیرو.

www.SID.ir

Archive of SID

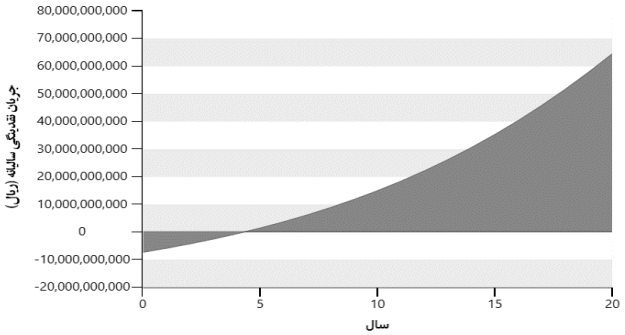
محصول در نوع خود است و به مهندسین، معماران و طراحان مالی اجازه می‌دهد تا هرگونه پروژه‌ی انرژی پاک را مدلسازی نموده و تحلیل نمایند. تکنولوژی‌ها شامل مدل‌های پروژه RETScreen همگی در این نرم افزار گنجانده شده و دارای منابع سنتی و غیرسنتی انرژی پاک و منابع انرژی معمول و تکنولوژی‌های آن می‌باشد. بانک‌های اطلاعاتی آب و هوا، هیدرولوژی و محصول به طور کامل در این ابزار تحلیلی درآمیخته شده است (۶۷۰۰ ایستگاه آب و هوایی در زمین به علاوه داده‌های ماهواره‌ای ناسا که کل زمین را تحت پوشش قرار می‌دهد، موجود می‌باشد). همچنین نقشه‌های منابع انرژی در دنیا نیز در این ابزار قرار داده شده است. همانطور که در بخش روش پژوهش به آن اشاره شد، معیارهای اقتصادی ارزش خالص فعلی، دوره خالص بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی و نسبت فایده به هزینه برای ارزیابی نیروگاه خورشیدی به کمک نرم افزار RETScreen محاسبه شد. در جدول (۳)، نتایج ارزیابی اقتصادی مربوط به نیروگاه برق خورشیدی (فتوولتائیک) آورده شده است. با توجه به جدول (۳) برق تولید شده توسط نیروگاه فتوولتائیک یک مگاواتی مورد پژوهش، ۲۱۹۷ مگاوات ساعت در سال است که حدود ۰/۳۹ درصد برق مصرفی شهرستان بروجرد را در سال تأمین می‌کند. درآمد حاصل از فروش برق تولیدی به شبکه ۱۳/۹۹ میلیارد ریال در سال است. همچنین در این نیروگاه کاهش انتشار سالیانه گازهای گلخانه‌ای معادل با ۳۶۵۴/۲ بشکه نفت خام مصرف نشده، است. نرخ بازده داخلی (IRR) در این نیروگاه ۲۸/۱ درصد محاسبه شد. دوره بازگشت سرمایه که از ملاک‌های مهم در ارزیابی اقتصادی به شمار می‌رود، ۴/۳ سال محاسبه شده است. این معیار نشان دهنده‌ی بازگشت سرمایه‌گذاری انجام شده در ۵۱ ماه بعد از راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک در شهرستان بروجرد است. نسبت فایده به هزینه ۹/۸ است، که این ملاک نشان می‌دهد که فایده احداث این نیروگاه ۹/۸ برابر بیشتر از هزینه آن است. ارزش خالص فعلی (NPV) نیروگاه مثبت است و این نشان دهنده‌ی اقتصادی بودن هر پروژه است.

جدول ۳ نتایج ارزیابی اقتصادی نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) مورد پژوهش

پارامترها	نتایج نیروگاه فتوولتائیک
برق صادر شده به شبکه (مگاوات ساعت در سال)	۲۱۹۷
کاهش انتشار سالیانه گازهای گلخانه‌ای (بشکه نفت خام مصرف نشده)	۳۶۵۴/۲
IRR نرخ بازدهی داخلی (درصد)	۲۸/۱
دوره بازگشت سرمایه (سال)	۴/۳
PP دوره بازگشت خالص سرمایه یا نقطه سر به سر (سال)	۳/۴
نسبت فایده- هزینه	۹/۸
درآمد صادرات برق (میلیارد ریال در سال)	۱۳/۹۹
NPV ارزش خالص فعلی (میلیارد ریال)	۶۴۵/۲۴
چرخه عمر پس انداز سالیانه (میلیارد ریال/سال)	۳۲/۲۶

منبع: خروجی نرم افزار

دلیل اصلی توجیه اقتصادی نیروگاه خورشیدی در شهرستان بروجرد، این است که اعتبارات و مالیات‌های سبز که مربوط به ترتیب مربوط به عدم انتشار و انتشار گازهای گلخانه‌ای است در مدل وارد شد. دیگر دلیل این است که قیمت خرید تضمینی برق از نیروگاه خورشیدی زیر ۱۰ مگاوات، هر کیلووات ساعت ۶۷۳۰ ریال می‌باشد، درحالی که در نیروگاه گازی هر کیلووات ساعت ۱۱۹۶ ریال است. نیروگاه خورشیدی هزینه‌ی سوخت ندارد، اما در نیروگاه گازی به ازای هر مترمکعب گاز باید ۸۰۰ ریال پرداخت شود. نمودار (۲) درک بهتری از روند دوره بازگشت سرمایه مربوط به نیروگاه خورشیدی را نشان می‌دهد.



نمودار ۲ دوره بازگشت خالص سرمایه (نقطه سر به سر) نیروگاه فتوولتائیک مورد پژوهش

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۳- نتایج ارزیابی سرمایه‌گذاری در نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) از دیدگاه توسعه پایدار

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و آب از مهمترین معیارهای توسعه پایدار برای ارزیابی احداث نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر است. باتوجه به نتایج ارزیابی اقتصادی نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) در بخش قبلی، میزان برق تولید شده توسط این نیروگاه متصل به شبکه سراسری برق ۲۱۹۷ مگاوات در سال می‌باشد. اکنون باتوجه به معیارهایی که به کمک آمار و اطلاعات منتشر شده توسط وزارت نیرو محاسبه شد به برآورد میزان کاهش انتشار آلاینده‌ها، صرفه‌جویی در مصرف سوخت و آب پرداخته شد[1]. جدول (۴)، نتایج ارزیابی سرمایه‌گذاری در نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بر معیارهای توسعه پایدار شهرستان بروجرد را نشان می‌دهد.

جدول ۴ نتایج ارزیابی سرمایه‌گذاری در نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بر توسعه پایدار شهرستان بروجرد

		پارامترها		
	مقیاس	عدم انتشار گاز گلخانه‌ای (تن/ CO_2 در سال)	صرفه جویی در سوخت (هزار متر مکعب در سال)	صرفه جویی در آب (مترمکعب در سال)
برآورد مقداری	یک مگاواتی	۱۵۳۷/۹	۶۵۹/۱	۷۶۸/۹
	کل مصرف شهرستان	۳۹۵۲۴۰/۳	۱۶۹۳۸۸/۷	۱۹۷۶۰۷/۳
برآورد مالی (میلیون ریال)	یک مگاواتی	۷۹۹۷	۵۲۷/۲	۱۹/۲
	کل مصرف شهرستان	۲۰۵۵۲۲۹	۱۳۵۴۹۰/۴	۴۹۳۴/۴

منبع: خروجی نرم افزار

۱- براساس آمار منتشر شده توسط وزارت نیرو در سال ۱۳۹۷، به‌طور میانگین به ازای تولید هریک کیلووات ساعت انرژی تجدیدپذیر، معادل ۰/۳ مترمکعب گاز طبیعی در مصرف سوخت‌های فسیلی، حدود ۰/۷ کیلوگرم در انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 و حدود ۰/۳۵ لیتر در مصرف آب کاسته می‌شود. از اینرو از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، می‌توان به طور قابل توجهی در انتشار آلاینده‌ها، مصرف سوخت و آب صرفه‌جویی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

باتوجه به جدول (۴)، با احداث یک نیروگاه یک مگاواتی در هر سال ۸/۵ میلیارد ریال صرفه‌جویی در مصرف سوخت فسیلی، آب و انتشار گاز گلخانه‌ای خواهد شد. با تعمیم تقریبی نیروگاه یک مگاواتی به نیروگاه‌هایی که کل مصرف شهرستان بروجرد را تأمین کند، در هر سال معادل ۲۱۹۵/۶۵ میلیارد ریال در موارد فوق صرفه‌جویی می‌شود. همانطور که قبلا بیان شد این نیروگاه تنها ۰/۳۹ درصد از برق مصرفی شهرستان بروجرد را تأمین می‌کند. بنابراین با توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه احداث نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک)، علاوه بر تأمین برق مورد نیاز، با صرفه‌جویی در مصرف سوخت-های فسیلی، آب و عدم انتشار گازهای گلخانه‌ای نه‌تنها انرژی مورد نیاز نسل حاضر تأمین شده‌است، بلکه به نیاز نسل‌های آینده توجه شده و توسعه پایدار انرژی را توجیه پذیر می‌کند.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی نقش سرمایه‌گذاری در نیروگاه فتوولتائیک بر توسعه پایدار شهرستان بروجرد است، که این امر با نشان دادن اثرات اجتماعی حاصل از صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای قابلیت درک بیشتری دارد. در این پژوهش ابتدا به ارزیابی فنی و اقتصادی نیروگاه برق خورشیدی (فتوولتائیک) در شهرستان بروجرد پرداخته شد. سپس نقش سرمایه‌گذاری در احداث یک نیروگاه یک مگاواتی بر معیارهای توسعه پایدار در حوزه انرژی و محیط‌زیست ارزیابی شد. برای این منظور ابتدا نیروگاه خورشیدی با تعداد ۳۱۷۵ پنل از نوع STP315-24/Vem و با ظرفیت یک مگاوات (با توجه به مصرف ۵۶۴ هزار مگاوات ساعت در سال شهرستان بروجرد، حدود $1/257$ مصرف برق سالیانه را تأمین می‌کند) با مشخصات و مفروضات فنی و اقتصادی شبیه‌سازی و سپس مدل‌سازی شد. نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی پارامترها نشان دهنده‌ی اقتصادی بودن پروژه است. از دلایل مهم توجیه اقتصادی نیروگاه برق خورشیدی، وارد کردن مالیات و اعتبار سبز در مدل و همچنین افزایش قیمت خرید تضمینی برق تولیدی توسط وزارت نیرو است. در ادامه پژوهش، نتایج ارزیابی توسعه پایدار نشان دهنده‌ی صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل ۸/۵ میلیارد ریال در سال است. این مقدار معادل ۱۱/۷ درصد از هزینه‌های اولیه احداث این نیروگاه است که علاوه بر فروش برق تولیدی، اثرات اجتماعی مثبت بر جامعه دارد.

براساس نتایج پژوهش حاضر، دولت و وزارت نیرو با اعطای اعتبارات و تسهیلات لازم برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی (فتوولتائیک) با ظرفیت یک مگاوات، از پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های خورشیدی موجود در این شهرستان حمایت کند. همچنین با انجام این کار در مصرف منابع انرژی فسیلی، آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای صرفه‌جویی انجام شده و منافع نسل‌های آینده حفظ و توسعه پایدار انرژی در این شهرستان تحقق می‌یابد.

برای تکمیل و جامعیت پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود ترکیبی از انرژی‌های تجدیدپذیر که در شهرستان بروجرد دارای پتانسیل تولیدی هستند، مورد ارزیابی و مدل‌سازی قرار گیرند و یک ترکیب بهینه‌ای از این نوع انرژی‌ها برای شهرستان ارائه شود. همچنین با ارزیابی اثرات اجتماعی، فرهنگ توسعه و بکارگیری این نوع انرژی‌ها افزایش می‌یابد.

۶- مراجع

[1] UNISCO, *Educating for a sustainable future*, The ssanloniki: UNISCO/ The Government of Greece, 1997.

[2] W, Caisheng, M, Nehrir, Power management of a stand-alone wind/photovoltaic/fuel cell energy system, *IEEE Trans, on Energy Conversion*, vol. 23, 2008.

[3] S, Bhattacharyya, Review of alternative methodologies for analysing off-grid electricity supply, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp. 677– 694, 2012.

[4] P, Iodice, M, Dentice, C, d'Accadia, M Cardone, Energy, economic and environmental performance appraisal of a trigeneration power plant for a new district: Advantages of using a renewable fuel, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 95, pp. 330-338, 2016.

[5] Renewable Energy and Energy Efficiency Organization, The need to develop renewable energy in Iran, *Ministry of Energy*, Tehran, 2016. (in Persian)

[6] A, Sabet, Sh, Janat, Assessing the trend of energy consumption from the perspective of sustainable development in Iran, *Journal of Economic Research and Policies*, Vol. 1, No.1, pp. 9-29, 2018. (in Persian)

[7] H, Jangavar, A, Emami Maybodi, Y Noorollahi, M Satarifar, M, Khorsandi, The Investigation and Analysis of the Renewable Energy Development on Macroeconomic Indicators. *Strategic Studies of public policy*, Vol. 7, No.24, 137-158, 2017. (in Persian)

[8] K, Sadeghi, S, Sojodi, F, Ahmadzadeh, Renewable Energy, Economic Growth and Quality of the Environment in Iran (1980 – 2012), *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, Vol. 3, No.1 pp. 171-202, 2017. (in Persian)

[9] J.B, Lesourd, Solar Photovoltaic Systems: the Economics of a Renewable Energy Resource, *Environmental Modeling & Software*, Vol. 16, pp. 147-156, 2001.

[10] A, Forghani, and A, Ahkondi, An introduction to the compilation of the roadmap of the solar power plant in Iran, *Industrial Technology Development* , Vol. 11, No. 21, pp. 87-106, 2013. (in Persian)

[11] S. A, Kalogirou, Solar Thermal Collectors and Applications, *Prog Energy Combust Science*, Vol. 30, pp. 231- 291, 2004.

[12] J.F, Li, R.Q, Hu, Sustainable Biomass Production for Energy in China, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 25, pp. 483– 499, 2006.

[13] https://www.civilica.com/Paper-IAEC06-IAEC06_120.html. (in Persian)

[14] R.T, McMorran, C.L, David, *Tax Policy and the Environment theory and Practice*, Fiscal Affairs Department, IMF, 1994.

[15] M, Taki, M, Mardani Najafabadi, Technical and economic evaluation of solar power plant (photovoltaic) grid-connected (Case study: 1 MW power plant in Ahvaz city). *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 6, No. 1, pp. 91-102, 2019. (in Persian)

[16] B, Nahafi, Study of photovoltaic systems to determine the most important factors affecting the optimal location of solar power plants in Iran, *Journal of Science and Engineering Elites*, Vol. 2, No. 5, pp. 57-71, 2017. (in Persian)

[17] M, Mahdavi Adeli, R, Khaje Naeini, Financial Evaluation of Electricity Generation Using Solar Energy in Iran. *Monetary & Financial Economics*, Vol. 21, No. 7, pp. 105-126, 2014. (in Persian)

[18] M, Hatami, A, Nazemi, A, Dowlatabadi, M, Mostafapour, Economic Evaluation of Using off Grid Photovoltaic System in Rural Areas with Monte Carlo Simulations (Case Study of Tehran). *Journal of Rural Development Strategies*, Vol. 1, No. 2, pp. 19-33, 2014. (in Persian)

[19] https://civilica.com/doc/135756.

[20] A, Asrari, A Ghasemi, M, Javidi, Economic evaluation of hybrid renewable energy systems for rural electrification in iran a case study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp. 3123– 3130, 2012. (in Persian)

[21] Z, Akbari, F, Dargahian, M N, Hashemi, Solar Energy Potentials and Radiation Map of Lorestan Province, *Iranian Journal of Energy*, Vol. 21, No. 1, pp.75-98, 2018. (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

[22] M, Bahmani, N, Behradmehr, Economic analysis of solar energy system for southern Iran's villages : Case Study Baghtaj Village (Dashtestan Bushehr), *Journal of Economic Research (Tahghighat- E-Eghtesadi)*, Vol. 51, No. 2, pp. 307-426, 2016. (in Persian)

[23] M, Barimani, A, Kabinejad, Renewable energy and sustainable development in Iran, *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 1, No. 1, pp. 21-26, 2014. (in Persian)

[24] K, Islamluian, A, Ostadzad, Optimal Share of Renewable Energy in a Sustainable Growth Model: The Case of Iran, *Iranian Energy Economics*, Vol. 2, No. 5, pp. 1-48, 2013. (in Persian)

[25] M, Aghaei, M, rezagholizadeh, Y, abdi, Financial Development and Renewable Energy Technology Development in Different Sectors: Application of Panel Tobit Model", *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, Vol. 54, No. 2, pp. 253-284, 2019. (in Persian)

[26] M, Haddad, S, Mortazavi, Estimation investment costs of wind energy and photovoltaic in provincial centers of Iran, *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 3, No. 2, pp. 57-64, 2016. (in Persian)

[27] A, Asakereh, M, Soleymani, M J, Sheikh Davoodi, The Role of Solar Power Generation in Energy Security: Case of Ahwaz County, *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, Nol. 2, No. 3, pp.105-142, 2016. (in Persian)

[28] Tahami Pour, M., Abedi, S., Karimi Baba Ahmadi, R., Ebrahimi Zadeh, M. (2016). "The Investigation of Renewable Energy Effects on Iranian Per Capita Real Economic Growth". *Iranian Energy Economics*, 5(19), 53-77. (in Persian)

[29] A, Sharifi, G H, Kiani, R, Khosh Akhlagh, M, Bagheri, The Assessment of Renewable Energy Substitution in Iran: An Optimal Control Approach, *Journal of Economic Modeling Research*, Vol. 3, No. 11, pp. 123-140, 2013. (in Persian)

[30] M, Abbaspour, A, Mirzahosseini, T, Taheri, Technical, Environmental and Financial Feasibility Study of Solar Power Plants by Retscreen, according to the Targeting of Energy Subsidies, *Man and the environment*, Vol. 9, No. 3, pp. 9-16, 2011. (in Persian)

[31] R, Ohlan, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in India, *Energy Sources*, Vol. 11, pp. 1050-1054, 2016.

[32] R, Inglesi-Lotz, The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application", *Energy Economics*, No. 53, pp. 58–63, 2016.

[33] I.K, Maji, Does Clean Energy Contribute to Economic Growth? Evidence from Nigeria, *Energy Reports*, Vol. 1, No. 1, PP. 145–150, 2015.

[34] H, Pao, Y, Li, Clean energy, non-clean energy, and economic growth in the MIST countries", *Energy Policy*, Vol. 67, pp. 932–942, 2014.

[35] N, Apergis, J, Payne, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model, *Energy Economics*, 2011.

[36] Z, Zomorodian, M, Tahsildoost, Capacities, Barriers and Incentives for Developent of Renewable Energies in Iran's Rural Areas, *Journal of Housing and Rural Environment*, Vol. 38, No. 165, pp. 17-32, 2019. (in Persian)

[37] A, Rahmanifar, Technical and Financial Analysis of Photovoltaeic Power in Oil Industries Using RETSCREEN Software", *Iranian Journal of Energy*; Vol. 14, No. 1, pp. 93-103, 2011. (in Persian)

[38] https://civilica.com/doc/244017/.

[39] R, Khoshakhlagh, A, Sharifi, M, Kouchek Zadeh, An Economic Evaluation of Photovoltaic Power Plant, Diesel Power Plant, and Connection to the Power Grid for Electricity Utilization in the Central Rural Regions in Iran, *Iranian Journal of Economic Research*, Vol. 7, No. 24, pp. 171-192, 2005. (in Persian)

[40] E, Dugoua, R, Liu, J, Urpelainen, Geographic and Socio-Economic Barriers to Rural Electrification: New Evidence from Indian Villages, *Energy Policy*, Vol. 106, pp. 278–287, 2017.

[41] M, Zhang, B, Su, Assessing China's Rural Household Energy Sustainable Development Using Improved Grouped Principal Component Method, *Energy*, Vol. 113, pp. 509–514, 2016.

www.SID.ir