DOI : 10.52547/jrenew.10.2.134

Research Article
Received: 21/01/28
Accepted: 21/12/28

Volume 10, Issue 2, Autumn & Winter 2023, p. p. 134-148
Journal of Renewable and New Energy
jrenew.ir
Online ISSN 2676-2994 Print ISSN 2423-4931

Technical-economic feasibility of designing a 10 MW solar power plant of KavirTire Company in Birjand city of South Khorasan province using RET Screen software

Rahim Zahedi[1], Siavash Gitifar[2], Abolfazl Ahmadi[3*],
1- PhD Candidate, Energy Systems Engineering, Department of New Energies and Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
2- PhD Candidate, Department of Mechanical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Energy Systems Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
*Corresponding Author: a_ahmadi@iust.ac.ir, 13114-16846, Tehran, Iran

Received: 10 May 2022 Revised: 25 September 2022 Accepted: 8 November 2022

Abstract
The sun is one of the primary sources of renewable energy. Due to the lack of pollution and availability of solar radiation in different parts of the globe and the tropics, the production of electrical power through solar radiation has been highly regarded by researchers. Photovoltaic systems are one of the most comprehensive systems in electricity generation from sunlight because by using solar cells, direct production of electricity from sunlight is possible. In this study, the trend of increasing the share of renewable energy, including solar energy in electricity production globally, has been investigated for the first time. Then, while analyzing the potentials of Iran and the city of Birjand for the construction of photovoltaic power plants, its components, and technical considerations have been considered. The following options for using the photovoltaic power plant in the KavirTire factory located in Birjand city are examined Develops. With the existing hypotheses, the model results indicate that according to the calculated internal rate of return and the positive balance of net present value, the current project is entirely financially justifiable. The risk of return on investment equals 7.3 years and return on investment time of investor 8.4 years, and the project risk is 10%.

Keywords: Solar power plant, photovoltaic, economic analysis of the power plant, construction feasibility, RET Screen software, Birjand, South Khorasan

1. Introduction

The electricity industry is a dynamic industry due to its infrastructural role and the extraordinary impact on all factors affecting economic growth and social welfare. The dependence of human growth and development on this kind of valuable energy and its role in setting up the industrial cycle and the systems needed by society is an undeniable fact. The energy produced from renewable energy sources has grown significantly [1-3]. For example, there has been a growing trend towards the use of renewable energy throughout Iran in recent years. Total electricity consumption in Iran over the past 30 years has grown by about 10 percent annually and has increased eleven times [4]. Renewable energy currently accounts for only 11% of the world's primary energy and is expected to increase to 60% by 2070 [5]. Even in the Middle East, known world's fossil resources heart, the share of renewable energy in electricity generation is estimated to increase from 1% in 2008 to 16% in 2035 [6].

RET Screen software can be used worldwide to calculate energy production, life cycle easily, costs, and reduce greenhouse gas emissions for three main photovoltaic applications: in-grid. Off-grid; and water pumping. Analyzes performed with RET Screen software can perform energy production analysis, financial analysis, and greenhouse gas emission analysis. RET Screen software details such as on-site energy source, equipment performance, initial project costs, initial credits, ongoing and periodic project costs, financing, equipment and revenue tax, environmental features, subsidies Consider decision makers' definition of cost-effectiveness [7].

2. Material and Method

Iran is one of the most prone countries to solar energy, benefiting from an average of 280 sunny days per year and 2100 kWh per square meter of average radiation. Meanwhile, the Birjand region with radiant energy equal to 2465 kWh per square meter, according to the solar map prepared by the Renewable Energy and Energy Efficiency Organization of Iran, is one of the most potential regions of the country. Birjand is approximately 1450 meters above sea level, and according to meteorological information, its average, maximum and minimum air temperatures are approximately 16.5, 24, and 8 degrees Celsius, respectively. Its average relative humidity is 34%.
In this research, the economic potential of the 10 MW

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Kavir Tire solar power plant project in Birjand, technical, financial, and economic analysis has been investigated.

The primary purpose of financial analysis in feasibility studies is to determine, analyze and interpret all the financial consequences of an investment that can be useful for decision-makers and financiers and based on the desirability of the plan to determine the stakeholders. According to formula 1, net present value is used to deduct the difference between the cash inflows and outflows resulting from the discount rate based on the time of these flows during the entire project planning period:

$$NPV = -P + \sum_{m=1}^{n} \frac{A}{(1+i)^m} \quad (1)$$

The internal rate of return is the discount rate at which the costs and benefits of the project are equal to each other and is obtained from Equation 2:

$$-P + A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right) = 0 \quad (2)$$

Payback period, which is an approximate method for comparing the economics of projects, is the period of time that initial capital is offset by net income stream and is obtained from Equation 3:

$$P.P. = \frac{P}{A} \quad (3)$$

According to preliminary estimates, the required investment in engineering, equipment supply, and project implementation is $ 5.9 million. It is also estimated that $ 0.1 million is required outside the scope of engineering, procurement, and execution of the investment.

3. Results and Discussion

According to the type of operation of solar power plants during the power plant operation, production costs include water consumption, spare parts, periodic services, maintenance costs, personnel costs, and other miscellaneous costs. According to similar projects and the current project studies, operating costs have been estimated based on the assumptions.

Due to the lack of cash effect of depreciation on the financial model of the project, but in calculating the tax, the estimated depreciation cost of the current project assets based on the Ministry of Economy and Finance notification for the leading equipment The linear method has been applied in 20 years without considering the residual value after the operation period. In addition, since the power plant is built and operated in a very deprived (less privileged) area, it is exempt from income tax.

Annual capital flow for the first 20 years of power plant construction can be seen each year separately according to Figure 1 for the photovoltaic power plant designed by Kavir Tire Company. Also, the project's cumulative capital flow for the first 20 years can be seen in Figure 2.

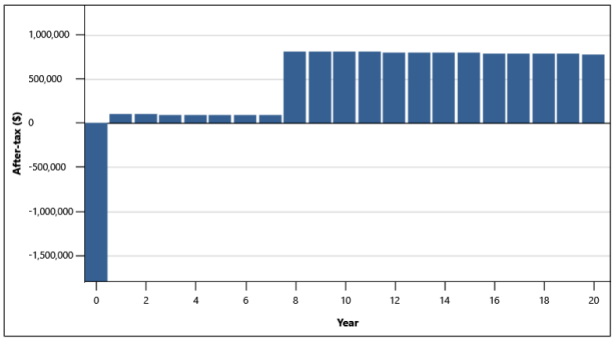


Figure 1 Annual cash flow

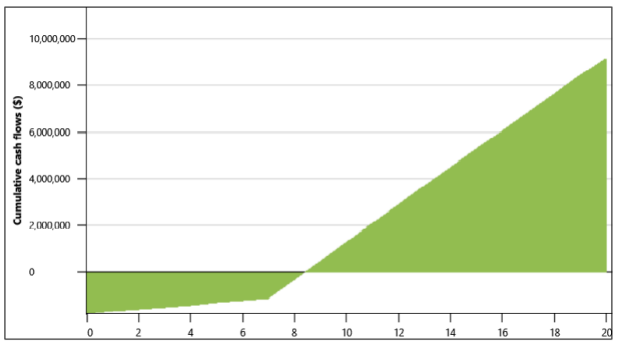


Figure 2 Cumulative capital flow

In the baseline scenario examined in the previous section, the most probable values were examined. For a complete study in this section, the sensitivity of these baseline values is analyzed. This sensitivity analysis is intended to consider the risk and uncertainty of the mentioned estimates. In order to investigate the effect of mentioned parameters, their effect on the financial indicators presented based on the scenario has been studied. Also, the effect of each item on the plan rate of return an investor rate of return is presented especially. The impact factor of the investor's stock repayment is shown in Figure 3.

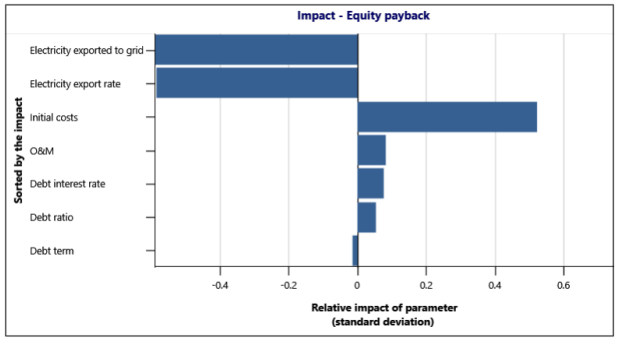


Figure 3 Stock repayment impact factor

4. Conclusions

According to the described estimates and defaults, the model was modeled in RET Screen software version 8.01. Based on the existing hypotheses, the model results indicate that the current project is entirely financially justifiable according to the calculated internal rate of return and the positive balance of net present value. The risk of return on investment is 7.3 years return on investment 8.4. The year and the risk of the project are 10%.

Considering the natural potential of sunlight in the Birjand region and the technical-financial and economic assumptions of the model, according to the internal rate of return calculated and the positive balance of net present value, with financing and technical design, the current project Is justifiable.

5. References

[1] S. K. Sahoo, Renewable and sustainable energy reviews solar photovoltaic energy progress in India: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 59, pp. 927-939, 2016.

[2] A. Foley and A. G. Olabi, Renewable energy technology developments, trends and policy implications that can underpin the drive for global climate change, Vol. 68, ed: Elsevier, 2017, pp. 1112-1114.

[3] S. Thapar, S. Sharma, and A. Verma, Economic and environmental effectiveness of renewable energy policy instruments: Best practices from India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 66, pp. 487-498, 2016.

[4] A. Mazandarani, WITHDRAWN: Investigating the need of nuclear power plants for sustainable energy in Iran, ed: Elsevier, 2011.

[5] A. K. Hossain and O. Badr, Prospects of renewable energy utilisation for electricity generation in Bangladesh, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 11, No. 8, pp. 1617-1649, 2007.

[6] Y. Li, X. Wang, Y. Jin, and Y. Ding, An integrated solar-cryogen hybrid power system, *Renewable energy,* Vol. 37, No. 1, pp. 76-81, 2012.

[7] M. Moore, A Proposal to Create a Pan-Canadian Energy Information Organization (CEIO), *SPP Research Paper,* No. 12-11, 2012.

سال دهم، شماره دوم، پاییز و زمستان 1402، ص ص 134- 148
فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
jrenew.ir
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: 01/02/20
تاریخ پذیرش: 01/08/17

امکان‌سنجی فنی- اقتصادی احداث نیروگاه خورشیدی 10 مگاواتی شرکت کویرتایر در شهرستان بیرجند استان خراسان جنوبی با استفاده از نرم‌افزار رتسکرین

رحیم زاهدی[1]، سیاوش گیتی‌فر[2]، ابوالفضل احمدی[3*]
1- دانشجوی دکترای مهندسی سیستم های انرژی، گروه انرژی های نو و محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
2- دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
3- استادیار، گروه سیستم های انرژی، دانشکده فناوری های نوین ، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
* تهران، ۱۳۱۱۴- ۱۶۸۴۶، a_ahmadi@iust.ac.ir

چکیده

با توجه به عدم تولید آلودگی و در دسترس بودن تابش خورشید در نقاط مختلف کره زمین و مناطق استوایی، تولید انرژی الکتریکی از طریق تابش خورشید، بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته‌است. در این پژوهش ابتدا روند افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی در تولید انرژی الکتریکی در دنیا مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس ضمن تحلیل پتانسیل‌های کشور ایران و شهر بیرجند برای احداث نیروگاه‌های فتوولتاییک، اجزا و ملاحظات فنی آن مورد توجه قرارگرفته‌است. درادامه نیز گزینه‌های پیش‌رو جهت بهره‌گیری از نیروگاه فتوولتاییک در کارخانه کویرتایر واقع در شهر بیرجند بررسی‌می‌شود، در ادامه مدل فنی و اقتصادی جهت احداث یک نیروگاه 10 مگاواتی فتوولتاییک برای تامین برق موردنیاز کارخانه کویرتایر توسط نرم‌افزار رتسکرین[1] طراحی و توسعه می‌یابد. سپس با درنظر گرفتن فرضیات موجود، به تحلیل اقتصادی پروژه به روش‌های معمول پرداخته می‌شود و نتایج تحلیل اقتصادی حاکی از آن است که با توجه به نرخ بازده داخلی محاسبه‌شده و تراز مثبت ارزش حال خالص، پروژه حاضر از لحاظ مالی کاملا توجیه‌پذیر است و ریسک زمان بازگشت سرمایه طرح برابربا 7/3 سال و زمان بازگشت آورده سرمایه‌گذار 8/4 سال و میزان ریسک پروژه10 درصد است.

کلیدواژگان: نیروگاه خورشیدی، فتوولتائیک، تحلیل اقتصادی نیروگاه، امکان‌سنجی احداث، نرم‌افزار رتسکرین، بیرجند، خراسان جنوبی.

Technical-economic feasibility of designing a 10 MW solar power plant of KavirTire Company in Birjand city of South Khorasan province using RET Screen software

Rahim Zahedi[1], Siavash Gitifar[2], Abolfazl Ahmadi[3*],
1-PhD Candidate, Energy Systems Engineering, Department of New Energies and Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
2-PhD Candidate, Department of Mechanical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Energy Systems Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
*a_ahmadi@iust.ac.ir, 13114-16846, Tehran, Iran.
Received: 10 May 2022 Accepted: 8 November 2022

Abstract

Due to the absence of pollution and the availability of sunlight in different parts of the globe and tropical regions, the production of electrical energy through solar radiation has received much attention from researchers. In this research, first, the trend of increasing the share of renewable energies, including solar energy, in the production of electrical energy in the world has been investigated. Then, while analyzing the potential of Iran and the city of Birjand for the construction of photovoltaic power plants, its components and technical considerations have been taken into consideration. In the following, the future options for using the photovoltaic power plant in the Kavirtire factory located in Birjand city are examined, in the following, the technical and economic model for the construction of a 10MW photovoltaic power plant to supply the electricity required by the Kavirtire factory by RETscreen software is designed and developed. Then, considering the existing assumptions, the economic analysis of the project is done in the usual ways, and the results of the economic analysis indicate that according to the calculated internal rate of return and the

1.RET Screen

مالکیت معنوی این مقاله تحت گواهی بین المللی تخصیص 4 کریتیو کامنز محفوظ است

positive balance of the net present value, the present project is financially It is completely justifiable and the risk of the investment return time of the project is equal to 7.3 years and the return time of the investor is 8.4 years and the project risk is 10%.

Keywords: Solar power plant, photovoltaic, economic analysis of the power plant, construction feasibility, RET Screen software, Birjand, South Khorasan

1- مقدمه

صنعت برق به علت نقش زیربنایی و تاثیر فوق‌العاده‌ای که به کلیه عوامل موثر در رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی دارد، صنعتی پویا است. وابستگی رشد و توسعه بشر به این نوع انرژی و نقش آن در راه‌اندازی چرخه‌ی صنعت و سیستم‌های مورد نیاز جامعه، حقیقتی غیرقابل انکار است. انرژی تولیدشده از منابع انرژی تجدیدپذیر در سال‌های اخیر شاهد رشد چشمگیری بوده‌است [1-3]. کل مصرف برق در کشور ایران طی 30 سال گذشته سالانه حدود 10 درصد رشد داشته و یازده برابر شده‌است [4]. در حال حاضر انرژی‌های تجدیدپذیر تنها ۱۱ درصد از انرژی اولیه جهان را تشکیل‌می‌دهند و انتظار می‌رود این میزان تا سال ۲۰۷۰ به ۶۰ درصد افزایش‌یابد [5]. حتی در منطقه خاورمیانه، که به عنوان قلب منابع فسیلی دنیا شناخته می‌شود، محققان تخمین‌زده‌اند که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق از 1 درصد در سال 2008 به 16 درصد در سال 2035 می‌رسد [6].

در سال‌های اخیر با بالا رفتن نرخ تبدیل ارز و تعرفه‌های واردات تایر خودرو، قیمت تمام‌شده برای مصرف‌کننده، افزایش قابل‌توجهی داشته‌است و فرصت خوبی برای بومی‌سازی و تولید داخلی انواع تایرهای خودروها در کشور مهیا شده‌است. با توجه به افزایش شتاب در روند توسعه کارخانه‌های تولید تایر، این صنعت به لحاظ کیفیت و قیمت کاملا رقابت‌پذیر شده‌است. در این راستا ظرفیت‌های تولیدی این صنعت در کشور افزایش‌یافته و تنوع محصولات نیز به تبع آن توسعه یافته‌است. یکی از مهمترین زیرساخت‌های این طرح‌ها، تامین انرژی‌الکتریکی مطمئن برای این دسته از کارخانه‌ها و خطوط فرآیندی آن‌ها است.

متاسفانه، روند افزایش مصرف انرژی در سال‌های اخیر رشد بیشتری به خود گرفته‌است و این در حالی است که سرمایه‌گذاری در احداث پالایشگاه-های گازی، نیروگاه‌های برق و خطوط انتقال و پست‌های برق روند کاهشی داشته‌است که نتیجه این عدم توازن به کمبود شدید برق و گاز به ترتیب در پیک‌های دمایی تابستان و زمستان بوده‌است و شبکه برق تا 12000 مگاوات کمبود عرضه مواجه‌شده‌است. به سبب کمبود عرضه و افزایش تقاضا، به اجبار شبکه با اعمال محدودیت‌ها یا خاموشی‌های اجباری برای بخش‌های صنعتی و کارگاهی توام شده‌است که سبب ضرر و زیان فراوان در خطوط تولیدی فرآیندی و اتلاف میزان قابل توجهی از انرژی شده‌است. پیش‌بینی می‌شود ادامه این وضعیت، حیات اقتصادی کارخانه‌های تولیدی را تهدید جدی می کند، بنابراین شرکت‌های تولیدی به سمت راهکاری جهت تامین برق خود حتی با هزینه بالاتر حرکت‌کرده‌اند.

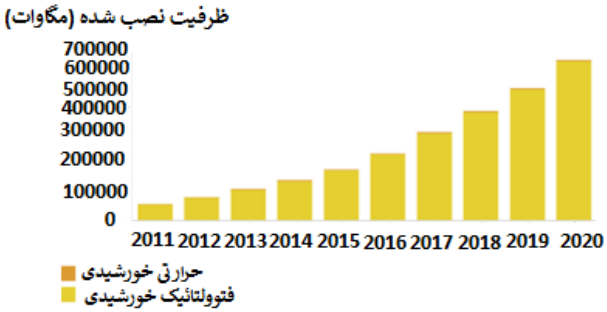
1-1- انرژی خورشیدی در جهان

با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و اتفاق‌نظر جهانی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاربردهای انرژی تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه و صنعتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گردیده‌است. امروزه با استفاده از بهینه‌سازی روش‌های تولید، کاستن هزینه‌های تولید و بالابردن بازدهی سیستم‌های برق خورشیدی در کنار واقعی‌کردن هزینه مصرف سوخت‌های فسیلی، سیستم‌های خورشیدی جایگاه منحصر به‌فردی در بین دیگر روش‌های تأمین انرژی در دنیا بدست‌آورده‌اند. برای نمونه، بزرگترین مشکلات زیست محیطی ایران در حال حاضر آلودگی هوا و انتشار کربن است. انتشار کربن مرتبط با انرژی ایران با افزایش 452/46درصدی در 30 سال گذشته پیوسته در حال افزایش بوده است [7].

انرژی خورشیدی یک منبع انرژی تجدیدپذیر است که پتانسیل آن تا حد زیادی استفاده‌نشده‌است. متوسط تابش خورشید در کل ایران حدود 19/23 مگاژول بر مترمربع است و در بخش مرکزی ایران حتی بیشتر از آن است. توزیع تابش بین 2/8 کیلووات‌ساعت در متر مربع در قسمت جنوب شرقی تا 5/4 کیلووات ساعت در متر مربع در منطقه مرکزی متغیر است. محاسبه‌ها نشان‌می‌دهد که میزان تابش عملی خورشید در ایران از 2800 ساعت در سال فراتر می‌رود [8].

اگرچه پتانسیل خورشیدی ایران عالی است، اما کاربردهای محدودی برای انرژی خورشیدی در ایران وجود داشته‌است. یکی از دلایل آن قیمت سوخت برای تولید برق و صادرات بوده‌است، زیرا 80 درصد درآمد ایران از صادرات نفت و گاز است.در سراسر جهان تمایل به افزایش نرخ اجرای سیستم‌های فتوولتائیک وجود دارد، از جمله مزیت‌های اصلی آن‌ها عملکرد بی‌صدا و عدم نیاز به نگهداری طولانی مدت است [9, 10]. یکی از نقاط ضعف سیستم‌های فتوولتائیک هزینه‌های اولیه بالای آنها است [11]. از سال 1970 قیمت سیستم‌های فتوولتائیک به طور مداوم کاهش یافته‌است. همچنین، در دهه گذشته صنعت فتوولتائیک دارای نرخ رشد سالانه بسیار بالایی بوده‌است (رشد 7برابری) [12].

در بررسی آمارهای جهانی، در سال 2020، ظرفیت فتوولتائیک نصب-شده در سراسر جهان حدود 700000 مگاوات بوده‌است که با افزایش 17 درصدی نسبت به سال 2019 همراه بوده‌است. لازم به ذکر است که ظرفیت عملیاتی سیستم‌های فتوولتائیک در انتهای سال 2020 در حدود 7برابر میزان کل فتوولتائیک‌های نصب‌شده جهانی درسال 2011 بوده‌است، کشورهای پیشرو در تامین انرژی از طریق این روش تا سال 2020 به ترتیب کشورهای چین، آمریکا، ژاپن، آلمان، هند، استرالیا، ویتنام، کره جنوبی، برزیل و هلند بوده‌اند. در شکل 1 میزان توسعه ظرفیت جهانی سیستم‌های فتوولتائیک از سال2011 تا سال 2019 به تفکیک سال قابل‌مشاهده‌است.



شکل 1 روند توسعه جهانی ظرفیت انرژی خورشیدی در سالهای 2011 تا 2019 بر اساس ظرفیت نسب شده [13]

1-2- نرم‌افزار رتسکرین

نرم‌افزار رتسکرین می‌تواند در سراسر جهان برای محاسبه تولید انرژی، هزینه‌های چرخه عمر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سه کاربرد اصلی فتوولتائیک استفاده شود: در شبکه. خارج از شبکه؛ و پمپاژ آب [8]. نرم افزار رتسکرین جزئیاتی مانند منبع انرژی موجود در محل پروژه، عملکرد تجهیزات، هزینه‌های اولیه پروژه، اعتبارات اولیه، هزینه‌های پروژه در حال انجام و نگهداری‌های دوره‌ای، تأمین مالی، مالیات بر تجهیزات و درآمد، ویژگی‌های زیست محیطی، یارانه‌ها و تعریف تصمیم‌گیرندگان از مقرون به-صرفه‌بودن را درنظر می‌گیرد. [8].

نرم‌افزار شبیه‌سازی رتسکرین در بسیاری از مطالعات برای ارزیابی قابلیت حیات فتوولتائیک خورشیدی به عنوان منبع تولید برق استفاده‌شده‌است. در تحقیقی برای محاسبه پتانسیل فنی فتوولتائیک در کشور بنگلادش استفاده-شد. سیستم پیشنهادی شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار رتسکرین، میانگین تولید برق سالانه سیستم پیشنهادی را 1729 مگاوات ساعت پیش‌بینی کرده‌بود، همچنین سیستم پیشنهادی از انتشار سالانه حداقل 1423 تن گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌کرد [14].

در مطالعه دیگر، مدلسازی یک نیروگاه فتوولتائیک 10 مگاواتی در ابوظبی با استفاده از نرم‌افزار رتسکرین مورد بررسی قرارگرفت، نتایج اولیه نشان‌داد که این نیروگاه پتانسیل تولید 24 گیگاوات ساعت انرژی را دارد و سالانه از انتشار بیش از 10000 تن گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌کند [15]. در مطالعه دیگر، در کشور مصر پتانسیل‌سنجی جهت ساخت یک نیروگاه فتوولتائیک 10 مگاواتی از دیدگاه فنی-اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از رتسکرین ارزیابی‌شد. این شبیه‌سازی تجزیه و تحلیل مالی و سودآوری نیروگاه فتوولتائیک را برای تمام محل‌های درنظر گرفته‌شده در مصر تضمین کرد [16]. عتابی و همکاران [17]، سیستم آبگرمکن خورشیدی در شهر یزد را با استفاده از بوسیله نرم‌افزار رتسکرین بررسی‌کردند. نتایج نشان‌داد که میزان صرفه‌جویی سالیانه در مصرف گاز طبیعی در ساختمان-های مسکونی ویلایی و مجتمع‌های آپارتمانی شهر یزد به ترتیب برابر 66960000 متر مکعب و 168240000متر مکعب، میزان صرفه‌جویی اقتصادی سالیانه به ترتیب برابر 16560000 دلار و 41520000 دلار است.

در مطاله موردی انجام‌گرفته در یک مجتمع مسکونی در کشور فرانسه [18]، به کمک نرم‌افزار رتسکرین مشخص‌گردید که حدود 40 ٪ از انرژی مصرفی برای گرمایش آب را می‌توان از طریق سیستم آب‌گرمکن خورشیدی تامین‌کرد. عبدالرحمن و السلیمان [19]، امکان‌سنجی جایگزینی آبگرمکن-های الکتریکی با سیستم آب‌گرمکن‌های خورشیدی را در بخش خانگی توسط نرم افزار رتسکرین بررسی نمودند. شبیه‌سازی برای پنج شهر عربستان سعودی (جده ، ظهران ، تبوک، ریاض و بیشه) انجام‌شد که نشان‌داد، شهر بیشه مناسب‌ترین مکان و شهر تبوک نامناسب‌ترین مکان از میان پنج شهر انتخابی برای اجرای سیستم آبگرمکن خورشیدی در کشور عربستان سعودی است.

بنابراین، برای ارزیابی امکان‌سنجی مالی یک پروژه، نرم‌افزار رتسکرین مقایسه‌ای بین یک پروژه پیشنهادی و یک پروژه پایه انجام‌می‌دهد. رتسکرین مزیت‌ها و هزینه‌های افزایشی پروژه پیشنهادی را با پروژه موردی مقایسه می‌کند [20]. با توجه به اینکه یکی از ریسک‌های مهم در فعالیت‌های اقتصادی، ریسک انرژی است لذا با توجه به تقاضای روزافزون انرژی، تأمین منابع آن یکی از موضوعات مهم کشورها به‌شمار می‌رود [21-24]. به‌وسیله نرم‌افزار رتسکیرین می‌توان تجزیه و تحلیل‌های مالی شامل تحلیل حساسیت و ریسک یک پروژه را محاسبه‌کرد و تخمین‌زد. همچنین به کمک این نرم-افزار می‌توان نشان‌داد که چگونه تغییرات در ورودی‌ها بر قابلیت اجرای پروژه تأثیر می‌گذارد.

در این پژوهش ابتدا روند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی در تولید انرژی الکتریکی در کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس ضمن تحلیل پتانسیل‌های کشور ایران و شهر بیرجند برای احداث نیروگاه‌های فتوولتاییک، اجزای مدلسازی و ملاحظات فنی آن مورد توجه قرار گرفته‌است. درادامه نیز گزینه‌های پیش‌رو جهت بهره‌گیری از نیروگاه فتوولتاییک در کارخانه کویرتایر واقع در شهر بیرجند بررسی‌می‌شود، در ادامه مدل فنی و اقتصادی جهت احداث یک نیروگاه 10 مگاواتی فتوولتاییک برای تامین برق موردنیاز کارخانه کویرتایر توسط نرم‌افزار رتسکرین طراحی می‌شود.

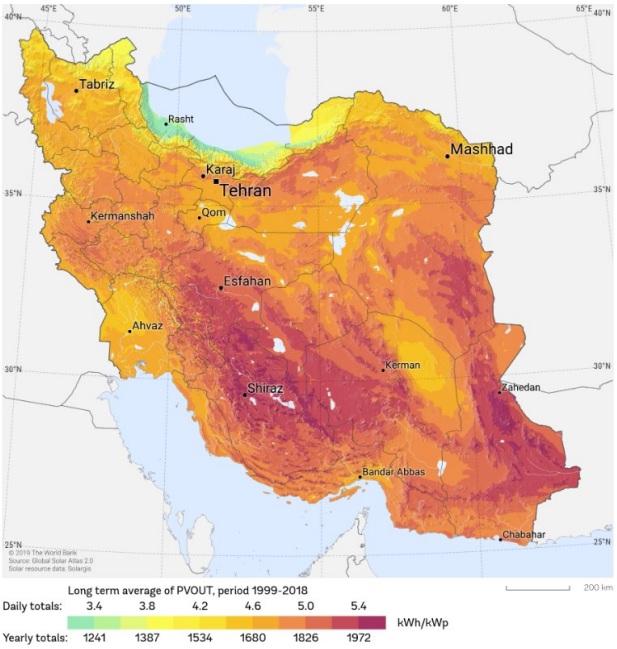
در این تحقیق در بخش 2 به بررسی وضعیت انرژی خورشیدی کشور ایران و شهر بیرجند و پتانسیل احداث نیروگاه خورشیدی در این شهر پرداخته‌می‌شود. در بخش 3 به بررسی اجزا و ملاحظه‌های فنی احداث نیروگاه فتوولتائیک در کارخانه کویرتایر شهر بیرجند پرداخته‌شده‌است. در بخش 4 تجربه احداث نیروگاه‌های خورشیدی در ایران و استان خراسان جنوبی بررسی‌خواهدشد. بخش 5 وضعیت مصرف انرژی در شرکت کویرتایر آنالیز خواهدشد. بخش 6 گزینه‌های تامین برق و احداث نیروگاه خورشیدی برای شرکت کویر تایر را بررسی‌می‌کند. در بخش 7 فرض‌های مدل فنی، مالی و اقتصادی بیان‌می‌شود. در بخش 8 به تحلیل نتایج فنی، مالی و اقتصادی طرح پرداخته‌می‌شود و در بخش پایانی به نتیجه‌گیری کلی پرداخته‌می‌شود.

2- وضعیت انرژی خورشیدی در ایران و شهرستان بیرجند

در این بخش به بررسی پتانسیل انرژی خورشیدی در کشور ایران، ظرفیت نصب‌شده و تولید انرژی خورشیدی ایران پرداخته‌می‌شود و در نهایت به ظرفیت شهرستان بیرجند جهت احداث نیروگاه خورشیدی بررسی می‌گردد.

2-1- پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران

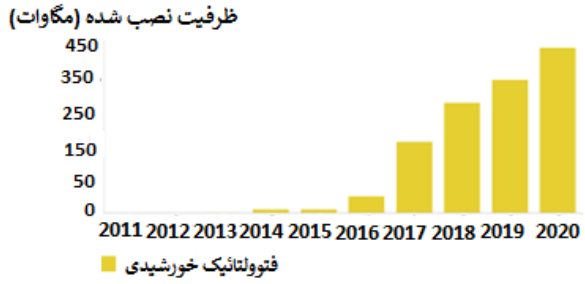
ایران با داشتن حدود 300 روز آفتابی در سال جزو برترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل انرژی‌خورشیدی است. با توجه به استانداردهای بین‌المللی، اگر میانگین انرژی‌تابشی‌خورشید در روز، بالاتر از 3/5 کیلووات ساعت (3500 وات ساعت) بر متر مربع باشد، استفاده از مدل‌های انرژی خورشیدی، نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سیستم‌های فتوولتائیک بسیار اقتصادی و مقرون به‌صرفه‌است. در بسیاری از نقاط ایران، انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از این میانگین بین‌المللی است و در برخی از نقاط حتی بالاتر از 7 تا 8 کیلووات ساعت بر متر مربع اندازه‌گیری‌شده‌است، بنابراین با توجه به موقعیت جغرافیای ایران و وضعیت مناسب آب‌وهوایی آن، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین عواملی است که باید موردتوجه قرار گیرد. در شکل 2 پتانسیل تابش خورشیدی در ایران ارائه شده‌است.



شکل 2 نقشه پتانسیل تابش خورشیدی در نقاط مختلف ایران

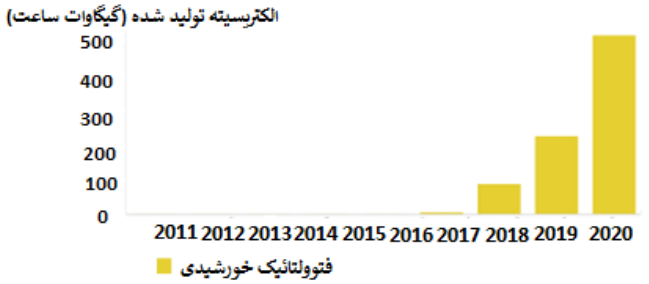
2-2- بررسی ظرفیت نصب شده و تولید انرژی خورشیدی در ایران

استفاده از پنل‌های خورشیدی فتوولتاییک جهت تولید برق سال‌هاست که در ایران مورد توجه قرارگرفته‌است. باتوجه به تاکید قوانین بالادستی بر ایجاد تنوع در سبد انرژی کشور، مکانیزم حمایتی «خرید تضمینی بلندمدت برق تجدیدپذیر» توسط وزارت نیرو جهت گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ازجمله نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتاییک بکارگرفته‌شده‌است. ظرفیت نصب‌شده برق تجدیدپذیر در کشور در حال حاضر حدود ۹۰۳ مگاوات است که از این میزان بیش از ۴۵۵ مگاوات به نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتاییک اختصاص دارد. در شکل 3 روند توسعه نصب فتوولتائیک‌ها در کشور ایران از سال 2011 تا 2020 نشان داده‌شده‌است.



شکل 3 روند توسعه ظرفیت نصب شده انرژی خورشیدی از سال 2011 تا 2020 در ایران[13]

براساس قانون برنامه پنجساله ششم توسعه کشور، ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی الکتریکی کشور باید به 5٪ می‌رسید. در حال‌حاضر، نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر با ظرفیتی معادل ۹۰۵ مگاوات (در دی ۱۴۰۰) فقط یک درصد از سبد انرژی الکتریکی کشور را در اختیار دارند. باتوجه به این نکته که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر براساس اسناد بالادستی بایستی با اولویت سرمایه‌گذاری توسط بخش خصوصی انجام‌پذیرد، بهبود فضای کسب‌وکار در این حوزه جهت دستیابی به اهداف کلان کشور ضروری به‌نظر می‌رسد. در شکل 4 روند تولید انرژی خورشیدی از سال 2011 تا 2019 در کشور ایران قابل مشاهده‌است.



شکل 4 روند تولید انرژی خورشیدی از سال 2011 تا 2019 در ایران [13]

اولین سایت فتوولتائیک در ایران با ظرفیت 5 کیلووات جریان مستقیم در منطقه مرکزی ایران در روستای دوربید یزد در سال 1372 تاسیس‌شد و به‌دنبال آن در سال 1377 دومین سایت فتوولتائیک با ظرفیت 27 کیلووات جریان متناوب در منطقه مرکزی ایران نصب‌شد. ظرفیت نیروگاه‌های احداث‌شده در روستاهای حسینیان و معلمان استان سمنان در فاصله 450 کیلومتری تهران، اخیراً به ترتیب به 10 مگاوات و 92 مگاوات جریان متناوب افزایش‌یافته‌است. نیروگاه نصب‌شده در دوربید به طور مستقل از سیستم شبکه (سیستم خارج از شبکه) کار می‌کند و نیروگاه نصب‌شده در حسینیان و معلمان به شبکه متصل است. شایان ذکر است تمامی تجهیزات این سایت‌ها ساخت کشور ایران است [25].

2-3- بررسی ظرفیت شهرستان بیرجند برای احداث نیروگاه خورشیدی

یکی از عوامل مهم در میزان تولید برق نیروگاه های خورشیدی شرایط آب و هوایی محل احداث نیروگاه است. جدول 1 شرایط تابش نور خورشید برای چند شهر ایران را با هم مقایسه‌کرده‌است. همانگونه که مشاهده‌می‌شود شهر بیرجند دارای مناسب‌ترین شرایط برای احداث نیروگاه خورشیدی است. برای شهر بیرجند میزان تولید سالیانه برق به ازای هرکیلووات نیروگاه احداث‌شده برابر 2043 کیلووات ساعت است.

جدول 1 شرایط تابش نور خورشید برای شهرهای مختلف ایران

ردیف	شهر	بررسی تابش ایران برای یک کیلووات تابش کل مطلق تابش در یک سال (KWh/m^2)	بازده ٪ بر اساس شرایط اقلیمی	تولید سالیانه یک کیلووات کیلووات ساعت بر کیلووات
1	بیرجند	2465	83.4	2043.390
2	کرمان	2355	79.7	1876.935
3	زاهدان	2457	77.7	1909.089
4	شیراز	2393	78.1	1868.933
5	بروجن	2329	78.5	1828.265
6	اصفهان	2260	78.3	1769.58
7	یزد	2242	78.1	1751
8	سمنان	2187	79.7	1742
9	اراک	2186	79.1	1729.126
10	همدان	2156	80.02	1725.2312
11	ابهر	2139	80.02	1711.6278
12	زنجان	2109	80.8	1704.072
13	خرم آباد	2195	77.4	1698.93
14	قزوین	2138	79.1	1691.158
15	تهران	2110	79.1	1673.23
16	تبریز	2055	80.4	1652.22
17	قم	2082	78.3	1630.206
18	بجنورد	2025	79.2	1603.8
19	اهواز	2088	74.4	1559.736

3- اجزا و ملاحظه‌های فنی احداث نیروگاه‌های خورشیدی

نیروگاه‌های خورشیدی به صورت عمده از پنل‌ها، اینورترها، استراکچر، ترانسفورماتور، تابلو برق، سیم، کابل و اتصالات تشکیل‌شده‌است. عمر مفید نیروگاه خورشیدی به صورت معمول بین 25 تا 30 سال برآورد می‌شود و معمولاً پنل‌ها دارای گارانتی 20 تا 25 ساله هستند. عوامل متنوعی بر بازده پنل‌های خورشیدی اثر می‌گذارند. مهم‌ترین عوامل عبارتند از:

1. میزان تابش خورشید: عملکرد و بازده پنل‌های خورشیدی بیشتر از هر عامل دیگری به میزان تابش خورشید بستگی دارد

2. دمای محیط: هر چقدر دمای محیط سلول‌های خورشیدی زیاد شود، میزان رسانایی کریستال‌ها کاهش‌یافته و بازده آن‌ها تا حدود 25 درصد کاهش‌می‌یابد.

3. میزان گرد و غبار: وجود گرد و غبار روی پنل‌های خورشیدی از شفافیت آن‌ها کم‌کرده‌است بنابراین میزان نور خورشید دریافت‌شده توسط پنل‌های خورشیدی کاهش‌خواهدیافت.

4. میزان رطوبت: با افزایش میزان رطوبت منطقه، میزان جذب نور توسط پنل‌ها کاهش‌یافته‌است و در نتیجه میزان راندمان آن‌ها کم خواهدشد.

4- بررسی تجربه احداث نیروگاه‌های خورشیدی در ایران و استان خراسان جنوبی

در جدول 2 اطلاعات برخی نیروگاه‌های خورشیدی احداث‌شده در ایران در سال‌های اخیر ارائه‌شده‌است. لازم به ذکر است نیروگاه 10 مگاواتی شهرستان خوسف با سرمایه گذاری 15 میلیون یورو در زمینی به وسعت 15 هکتار در 25 کیلومتری شهر بیرجند در سال 1397 احداث‌شده‌است.

جدول 2 اطلاعات برخی نیروگاه های احداث شده در ایران

ردیف	نام نیروگاه شرکت احداث کننده/ منطقه	تاریخ بهره	ظرفیت (مگاوات)	میزان سرمایه گذاری

	احداث	برداری		(میلیون یورو)
1	شرکت نیروی مرکزی صبا/ کرمان/ قلعه گنج	1398	4	2
2	شرکت پارس انرژی تخت جمشید/ فارس/ لارستان (کورده)	1398	10	12
3	شرکت توسعه انرژی های نو مکسان دهشیر/ یزد/ دهشیر	1397	3/5	4/5
4	نیروگاه خورشیدی خلیج فارس شرکت آفتاب ماد راه ابریشم/ همدان/ قهاوند	1395	7	7/5
5	نیروگاه خورشیدی امیرکبیر شرکت آفتاب ماد راه ابریشم/ همدان/ آق بلاغ لتگاه	1395	7	7/5
6	نیروگاه خورشیدی شهدا شرکت آفتاب ماد راه ابریشم/ همدان/ کردآباد	1396	7	7/4
7	نیروگاه خورشیدی بابا طاهر شرکت آفتاب ماد راه ابریشم/ همدان/ فامنین	1396	8/5	6/8
8	شرکت سرمایه گذاری برق و انرژی غدیر/ اصفهان/ جرقویه	1395	10	18/5
9	مجتمع نیروگاه های خورشیسدی مکران شرکتهای توسعه فراگیر جاسک و سولار انرژی آرکا/ کرمان/ ماهان	1396	20	27

5- بررسی وضعیت مصرف انرژی در شرکت کویرتایر

کارخانه کویرتایر در زمینی به وسعت تقریبی 110 هکتار در کیلومتر 11 جنوب جاده درمیان- بیرجند واقع شده و از سال 1377 شروع به تولید تایر ماشین‌های سواری و باری کرده‌است. تامین برق آن از سه خط 20 کیلوولت برق آن تامین‌می‌شود. خط اول از پست 132/20 کیلوولت بیرجند واقع در 10 کیلومتری شرق کارخانه تامین‌می‌شود. خط دوم از پست 132/20 کیلوولت شهرک صنعتی واقع در 3 کیلومتری جنوب کارخانه و خط سوم از پست 20 / 132 کیلوولت خوسف واقع در 20 کیلومتری غرب کارخانه تامین می‌شود. امکان اتصال به سه پست در سطح ولتاژ 20 کیلوولت و شبکه توزیع استان، مانند حلقه است و موجب پایداری برق کارخانه می‌شود.

لازم به‌ذکر است که باتوجه به طولانی بودن خطوط 20 کیلولت در استان و مشکلات آب و هوایی نظیر گرد و غبار، طوفان و بادهای شدید، صاعقه و گرما عملا بخش قابل‌توجهی از خاموشی‌های برق در منطقه ناشی از مشکلات شبکه توزیع است. میزان مصرف برق کارخانه به ازای تولید در سال 1399 بالغ بر 1077 کیلووات ساعت در تن بوده‌است که با اعمال مدیریت مصرف انرژی مناسب نسبت به سال‌های گذشته کاهش‌داشته‌اتس و در مقایسه با میانگین کارخانجات تولید تایر در کشور از وضعیت برتری برخوردار است.

کارخانه در اسفندماه سال گذشته با کاهش 50 ٪ توان برق مواجه‌شده- است و در سال جاری علی‌رغم تعامل مناسب و مطلوب با شرکت توزیع برق استان، از 9 خردادماه سال 1400 عملا با کاهش 1 تا 1/5 مگاواتی برق مواجه‌شده‌است که با ادامه روند گرمای هوا در ماه های گرم سال 1400، این میزان افزایش پیدا کرده و موجب توقف روند تولید در کارخانه شده‌است. از طرفی نیز در ماه‌های سرد سال و با افزایش مصرف سوخت در کشور و سوخت‌رسانی به نیروگاه‌های برق، کاهش تولید برق در سال مالی جاری منتهی به خردادماه امسال (پنج ماهه) موجب عدم تولید 400 تن محصول با ارزش حدود 268 میلیارد ریال و عدم تحقق 53 میلیارد ریال سود بوده‌است. بنابر بررسی‌های انجام‌شده از سوی مدیران کارخانه پیش‌بینی‌می‌شود این زیان در ماه‌های آتی با ادامه‌دار شدن روند کاهش توان افزایش‌یابد.

6- گزینه‌های تامین برق و احداث نیروگاه خورشیدی برای شرکت کویر تایر

در این بخش احداث نیروگاه خورشیدی با درنظرگرفتن چهار گزینه مورد امکان‌سنجی قرار گرفته‌است. در هر گزینه ضمن بررسی جنبه‌های حقوقی و اقتصادی نظر کارشناسی ارائه‌شده‌است. در گزینه اول فرض بر آن است که برق تولید شده در این نیروگاه قرار است به صورت کامل به شبکه فروخته- شود. در گزینه دوم بهره‌گیری از برق نیروگاه به عنوان برق اضطراری موردبررسی قرارگرفته‌است. در گزینه سوم با فرض افزایش هزینه انرژی در ده سال آینده میزان اثربخش‌بودن بهره‌گیری از نیروگاه خورشیدی به عنوان منبع تأمین انرژی الکتریکی موردنیاز کارخانه موردبحث قرار گرفته‌است. در گزینه چهارم نیز جذب سرمایه‌گذار به منظور مشارکت در احداث نیروگاه بررسی‌شده‌است.

جدول 3 بررسی گزینه‌های مختلف

گزینه‌های پیش رو	توصیف
فروش برق به شبکه	ساتبا برق تولیدی را بر اساس یک قرارداد تضمینی با قیمت پایه 8918 ریال به ازای هر کیلووات ساعت و ضرب تعدیل سالیانه خریداری می‌نماید.
استفاده از نیروگاه به	به لحاظ قانونی در شرایط فروش برق با قرارداد تضمینی

عنوان برق اضطراری	همچنان امکان استفاده از برق تولیدی نیروگاه در شرایط اضطراری توسط کارخانه وجود دارد با این حال تنها حدود 30درصد زمان تولید کارخانه (6/5ساعت) توسط این ظرفیت پوشش‌داده‌می‌شود.
استفاده از برق نیروگاه برای مصارف و طرح‌های تولیدی در آینده	با توجه روند قابل مشاهده در کمبود برق و سوخت در کشور و افزایش خاموشی‌ها در پیک‌های تابستان و زمستان در کشور و تقاضای برق برای پروژه‌های آتی شرکت، بحران تأمین انرژی از شبکه سراسری کشور در آینده وجود دارد لذا حرکت به سمت انجام اقداماتی در راستای کاهش ریسک تأمین انرژی و تنوع بخشی انرژی توصیه می‌گردد.
جذب سرمایه‌گذار خارجی به منظور احداث نیروگاه	اگرچه در حال حاضر سرمایه گذاری جهت احداث نیروگاه به صورت مشارکتی و با سرمایه‌گذاری خارجی تقریباً دور از ذهن به نظر می‌رسد اما با گشایش‌های سیاسی و به سبب روند گذشته این رویکرد مشارکتی به منظور تأمین زمین مناسب و نزدیک به شبکه توزیع برق وجود دارد.

7- مبانی و فرض‌های مدل فنی، مالی و اقتصادی

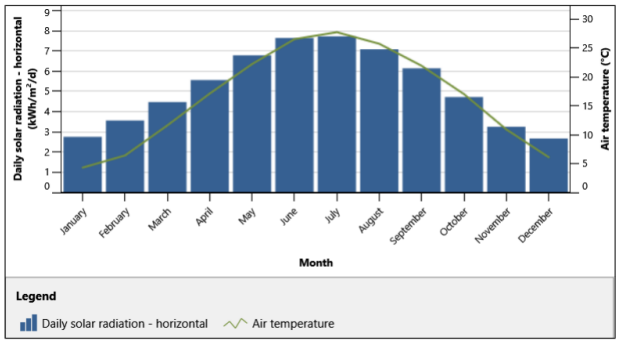
با توجه به برنامه‌ریزی صورت‌گرفته، پس از 2 ماه دوره پیش‌برد، و پس از آغاز دوره ساخت در نهایت 10 ماه پس از آن نیروگاه وارد مدار تولید گردیده و از این تاریخ به مدت 20 سال زمان بهره‌برداری سرمایه‌گذار از پروژه با کل ظرفیت نصب‌شده‌است. بعد از این تاریخ نیز امکان بهره‌برداری سرمایه‌گذار از نیروگاه میسر است ولی در این مدل مبنای بهره برداری 20 سال دیده‌شده‌است.

7-1- موقعیت جغرافیایی طرح

کشور ایران با بهره‌مندی از متوسط سالانه 280 روز آفتابی و با تابش متوسط 2100 کیلووات ساعت بر مترمربع از کشورهای بسیار مستعد در زمینه انرژی‌خورشیدی به شمار می‌آید. در این میان، منطقه بیرجند با انرژی تابشی معادل 2465 کیلووات ساعت بر مترمربع، مطابق نقشه خورشیدی تهیه‌شده توسط سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)، یکی از مستعدترین مناطق کشور محسوب می‌شود. بیرجند تقریبا1450 متر بالاتر از سطح دریا بوده و با توجه به اطلاعات هواشناسی، میانگین، بیشینه و کمینه دمای هوای آن به ترتیب تقریبا 16.5، 24 و 8 درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی آن 34 درصد است. ساختگاه این طرح مطابق شکل 5، زمینی است به مساحت تقریبی 20 هکتار در شهرک صنعتی بیرجند از توابع شهرستان بیرجند و در مجاورت کارخانه لاستیک سازی کویر تایر و پست برق شهرک صنعتی بیرجند درنظر گرفته‌شد.

شکل 5 موقعیت جغرافیایی احداث نیروگاه خورشیدی

مشخصات آب و هوایی از قبیل دما و میزان تابش ماهانه موقعیت موردنظر جهت احداث نیروگاه خورشیدی موردنظر در شکل 6 آورده‌شده‌است. در این شکل نمودارهای آبی بیانگر میزان تابش عمودی در هر روز از ماه و نمودار سبز نشان‌دهنده میانگین دمای هوا در هر ماه است.



شکل 6 مشخصات آب و هوایی محل احداث نیروگاه خورشیدی

7-2- مشخصات فنی، مالی و اقتصادی طرح

به منظور معرفی پتانسیل اقتصادی ویژه طرح نیروگاه‌خورشیدی 10 مگاواتی کویر تایر شهرستان بیرجند، تحلیل فنی، مالی و اقتصادی طرح انجام‌شده که خلاصه‌ای از فرض‌های درنظرگرفته‌شده را می‌توان در جدول 4 مشاهده‌نمود.

جدول 4 مشخصات مدل فنی، مالی و اقتصادی

ردیف	عنوان	توضیحات
1	نام پروژه	احداث نیروگاه 10 مگاواتی خورشیدی کویر تایر
2	محل جغرافیایی	شهرک صنعتی بیرجند، شهرستان بیرجند، استان خراسان جنوبی
3	موقعیت چغرافیایی	32.9 شمالی و 59.1 شرقی
4	ارتفاع از سطح دریا	1457 متر در ساختگاه

5	ظرفیت اسمی	10 مگاوات
6	کل سرمایه گذاری اولیه	6،000،000 دلار
7	میزان تسهیلات بانکی- وام	4،200،000 دلار
8	میزان آورده سرمایه گذار	1،800،000 دلار
9	نرخ وام	5% ارزی- از صندوق توسعه ملی
10	نرخ استهلاک	مستقیم- 20 ساله
11	دوره بازپرداخت	7 سال- 84 ماه
12	نرخ فروش تضمینی برق	0.05 دلار به ازای هر کیلووات ساعت
13	نرخ مالیات بر درآمد	منطقه محروم، معاف از مالیات
14	سازنده و مدل ماژول	JUST Solar- JST105P (18)
15	تکنولوژی ماژول	پلی کریستال
16	راندمان الکتریکی ماژول	19.93 درصد
17	تعداد ماژول	95240 واحد
18	راندمان الکتریکی اینورتر	98 درصد

8- تحلیل نتایج فنی، مالی و اقتصادی طرح

هدف اصلی تحلیل مالی در مطالعه‌های امکان‌سنجی، تعیین، تحلیل و تفسیر کلیه جنبه‌های مالی یک سرمایه‌گذاری است که جهت تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران و تأمین‌کنندگان مالی می‌تواند مفید واقع‌گردد و بر آن اساس میزان مطلوب بودن طرح برای ذی‌نفعان مشخص‌گردد. باید توجه داشت که به همان میزان که تکنولوژی‌های صنعتی گسترش می‌یابند، تصمیم‌گیری‌های اقتصادی برای ایجاد شرایط مطلوب‌تر مالی و اقتصادی نیز مشکل‌تر و حساس‌تر می‌گردند. از این‌رو مطالعه‌های امکان‌سنجی دقیق در نکات مختلف سرمایه‌گذاری، محیط را برای انتخاب مناسب‌تر هموار می‌سازد. این موضوع باتوجه به جدید بودن حیطه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر در کشور عزیزمان ایران از اهمیت به‌سزایی برای سرمایه‌گذاران برخوردار است. از این رو در این بخش، از دیدگاه مالی، تعریف‌ها، مقدمات و اصول بررسی احداث نیروگاه‌های بادی سایز بزرگ باتوجه به یافته‌های بخش فنی، ذکر گردیده‌است.

بر این اساس بخش ارزیابی مالی طرح شامل برآورد مواردی همچون هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری، هزینه‌های بهره‌برداری، برنامه فروش سالیانه، سرمایه در گردش و منابع تامین مالی است که منجر به محاسبه شاخص‌هایی مانند دوره بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی و همچنین ارزش حال خالص در کنار سایر پارامترها می‌گردد و نهایتا می توان با توجه به شاخص‌های مالی بدست‌آمده در مورد توجیه‌پذیری طرح اظهارنظر کرد.

8-1- روش شناسی بررسی مالی و اقتصادی

در شیوه‌های معمول تحلیل مالی، به منظور ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها، لازم‌است که کلیه ورودی‌های مورد نیاز و خروجی‌های ایجادشده در یک دوره زمانی خاص (دوره زمانی برنامه‌ریزی پروژه)، پیش‌بینی و ارزیابی گردد. گردش وجه یا جریان‌های نقدی، اساسا شامل دریافت‌های نقدی (جریان‌های ورودی) و پرداخت‌های نقدی (جریان‌های خروجی) می‌گردد. فرض اساسی در مفهوم گردش وجه نقد این است که پول دارای ارزش زمانی است. این فرض به معنای آن است که پولی که امروز در دست ما است، در آینده ارزش واقعی کمتری دارد و به عبارت دیگر با ثابت‌ماندن مبلغ اسمی پول، ارزش واقعی آن با گذشت زمان رو به کاهش است. این تفاوت در قالب درصدهایی که ارزش یک سال را نسبت به سال دیگر می‌سنجد، نمایش‌داده‌می‌شود که این درصد، نرخ تنزیل[1] مطلوب سرمایه‌گذار است.

اساسا نرخ تنزیل، هزینه فرصت سرمایه را منعکس می‌سازد که نشانگر نرخی است که اگر سرمایه‌گذاران و یا اعتباردهندگان، سرمایه‌های خود را (مساوی همان سرمایه‌ها) در جایی غیر از پروژه فعلی، سرمایه‌گذاری می‌کردند، بدست می‌آوردند. به عبارت دیگر، نرخ تنزیل از دیدگاه موسس‌های یک پروژه یا سرمایه‌گذاران آن، حداقل بازده‌ای است که از یک پروژه انتظار دارند و کمتر از آن را نمی‌پذیرند. بر این اساس انتخاب نرخ تنزیل برای یک پروژه را می‌توان تابعی از پارامترهای زیر درنظر گرفت:

الف-براساس نرخ هزینه تامین منابع مالی

ب-ریسک‌های بیرونی

ج- عرف صنعت

بر این اساس حداقل نرخ تنزیل می‌تواند برابر نرخ هزینه تامین منابع مالی یعنی نرخ هزینه تسهیلات انتخاب‌گردد. بر اساس همین مفهوم (ارزش زمانی پول) دو پارامتر اصلی زیر برای مقایسه گزینه‌های مختلف تعریف شده و قابل‌محاسبه هستند:

1. ارزش حال خالص

1. Discounting Rate

ارزش حال خالص پروژه[1] برابر با اختلاف بین منافع و هزینه‌های پروژه و خالص اثرات هر گزینه با درنظرگرفتن توزیع زمانی آنها براساس نرخ تنزیل موردنظر است. در این روش، ارزش حال خالص از کاستن تفاوت جریان‌های نقدی ورودی و خروجی حاصل از نرخ تنزیل براساس زمان این جریان‌ها، طی کل دوره برنامه‌ریزی پروژه استفاده‌می‌شود. چنانچه فرایند مالی پروژه از سرمایه اولیه (P)، درآمد خالص سالیانه (A) و عمر مفید (n) تشکیل شده‌باشد، با فرض نرخ تنزیل i ارزش حال خالص بصورت زیر مطابق فرمول 1 محاسبه‌می‌گردد:

$$NPV = -P + \sum_{m=1}^{n} \frac{A}{(1+i)^m} \quad (1)$$

بر اساس فرمول 1 اگر ارزش حال خالص پروژه محاسبه‌شده مثبت باشد، سوددهی پروژه بیش از نرخ تنزیل است و بنابراین می‌توان پروژه را پذیرفت و اگر ارزش حال خالص پروژه منفی شد، عکس این حالت صادق‌است. با توجه به اینکه محاسبه شاخص ارزش حال خالص پروژه وابسته به انتخاب نرخ تنزیل است که عموما انتخاب آن با توجه به نظرات کارشناسی مختلف متفاوت است، شاخص نرخ بازده داخلی که مستقل از چنین شرایطی بوده و در عین حال واجد مفهوم ارزش زمانی پول است، می‌تواند به عنوان شاخصی کلیدی موردتوجه قرارگیرد. در ادامه این شاخص معرفی‌شده‌است.

2. نرخ بازده داخلی

نرخ بازده داخلی[2] نرخ تنزیلی است که براساس آن هزینه‌ها و منافع پروژه با هم برابر می‌گردند، بدین معنی که در این نرخ، ارزش حال خالص پروژه برابر با صفر می‌گردد. این نرخ نشانگر سوددهی واقعی پروژه است. بر این اساس نرخ بازده داخلی از حل رابطه غیرخطی فرمول 2 و با محاسبه i بدست‌می‌آید:

$$-P + A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right) = 0 \quad (2)$$

در هنگام انتخاب یک پروژه برای سرمایه‌گذاری، با توجه به این شاخص پروژه‌ای انتخاب‌می‌گردد که نرخ بازده داخلی محاسبه‌شده آن، بالاتر از نرخ تنزیل موردنظر باشد. در تحلیل حاضر برای مقایسه گزینه‌ها علاوه بر محاسبه ارزش حال خالص و نرخ بازده داخلی به محاسبه دوره بازگشت سرمایه[3] نیز پرداخته‌شده‌است. دوره بازگشت سرمایه (P.P) که یک روش تقریبی برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها است، دوره یا مدت زمانی است که سرمایه اولیه توسط جریان درآمد خالص جبران می‌شود. براین اساس مطابق فرمول 3 خواهیم داشت:

$$P.P. = \frac{P}{A} \quad (3)$$

علی‌رغم آنکه در این روش، ارزش زمانی پول مورد توجه قرار نمی‌گیرد اما با توجه به مفهوم ساده و سادگی محاسبه آن مورد توجه تصمیم‌گیران است. براساس روش ارائه شده، ورودی‌های مدل مالی طراحی‌شده در نرم‌افزار اکسل و مقدار شاخص‌های استخراج‌شده از آن در ادامه ارائه‌گردیده‌است. در ابتدا در بخش بعدی به مفروضات و ارقام مرجع مورد استفاده در تحلیل مالی پرداخته‌شده‌است.

در این پروژه پارامترهای کلی اقتصادی جهت انجام محاسبات در نرم‌افزاربصورت زیر درنظر گرفته شده‌است. نرخ تورم 20٪، نرخ تنزیل 5٪، نرخ سرمایه‌گذاری 5٪ و زمان حیات پروژه 20سال درنظر گرفته شده‌است.

8-2- برآورد تولید و فروش سالیانه

براساس مشخصات ساختگاه و تکنولوژی انتخابی، میزان تولید طرح به شرح زیر برآورد می‌گردد. در این محاسبات به زمان‌بندی تولید تجاری نیروگاه، پیری سالیانه پنل‌ها و تجهیزات و زمان در دسترس حسب برنامه‌های تعمیراتی نیروگاه توجه‌گردیده‌است. برنامه فروش طرح نیز واگذاری 100٪ برق تولیدی به مبلغ 50 یورو به ازای هرمگاوات‌ساعت به سرمایه‌پذیر پروژه جهت تامین برق برنامه‌های تولید و توسعه پروژه‌های شرکت کویر تایر درنظر گرفته‌شده‌است.

8-3- هزینه سرمایه‌گذاری

براساس برآورد اولیه، حجم سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش مهندسی، تامین تجهیزات (تدارک) و اجرای طرح[4] برابر 5.9 میلیون دلار است. همچنین برآورد می‌گردد مبلغ 0.1 میلیون دلار در خارج از محدوده مهندسی، تدارک و اجرا سرمایه‌گذاری مورد نیاز باشد.

جدول 5 هزینه های سرمایه‌گذاری طرح [26، 27]

شرح	مقدار (دلار)
مطالعه اولیه و امکان‌سنجی	11800
بخش تحقیق و توسعه	11800
واحد مهندسی	11800
هزینه خرید پنل خورشیدی، اینورتر و...	4153600
هزینه نصب و اجرای طرح و خریداری زمین	1416000
مجموع هزینه‌های مهندسی، تامین تجهیزات (تدارک) و اجرای طرح هزینه	5900000
هزینهn-EPC (خارج از برنامه)	100000
مجموع هزینه اولیه موردنیاز	6000000

1. Engineering, Procurement and Construction (EPC)

2. Net Present Value (NPV)
3. IRR
4. Payback Period (P.P.)

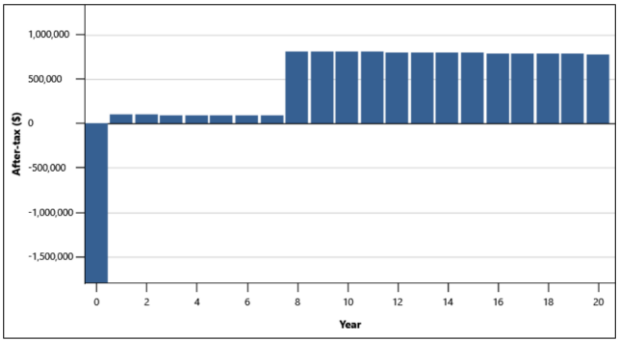
همانطور که اشاره‌شد، 70٪ کل هزینه پروژه بصورت تسهیلات ارزی با نرخ سود 5٪ سالیانه و از محل صندوق توسعه ملی با بازپرداخت 7 ساله در 7 قسط از سال 1402 تامین مالی خواهدگردید و الباقی آن توسط سهام-داران به پروژه تزریق‌خواهدشد. این هزینه‌ها بر مبنای توزیع زمانی در 12 ماه برای پروژه تامین خواهند گردید.

8-4- هزینه‌های تولید

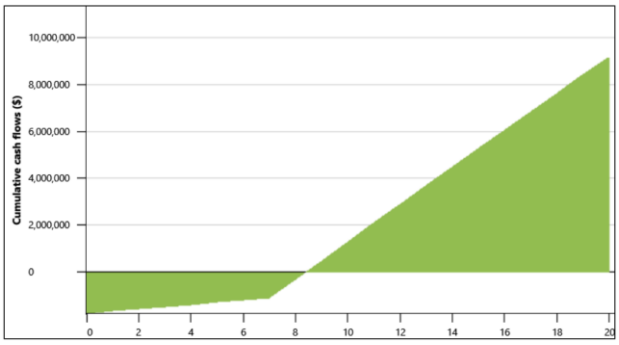
در مدت زمان بهره‌برداری از نیروگاه، با توجه به نوع عملکرد نیروگاه‌های خورشیدی، هزینه‌های تولید شامل آب مصرفی، هزینه قطعات یدکی و سرویس‌های دوره‌ای، هزینه تعمیر و نگهداری، هزینه‌های پرسنلی و سایر هزینه‌های متفرقه است. با توجه به مطالعات طرح‌های مشابه و ابعاد طرح حاضر، هزینه‌های بهره برداری براساس مفروضات برآورد گردیده‌است.

با عنایت به عدم اثر نقدی استهلاک بر مدل مالی پروژه از ارائه آن در این بخش صرف‌نظر گردیده‌است، اما در محاسبه مالیات، برآورد هزینه استهلاک دارایی‌های طرح حاضر براساس ابلاغیه وزارت اقتصاد و دارایی در رابطه با صنعت برق، برای تجهیزات اصلی به روش خطی در 20 سال بدون درنظر گرفتن ارزش باقی‌مانده پس از دوره بهره برداری اعمال گردیده‌است. ضمناً با توجه به اینکه نیروگاه در منطقه بسیار محروم (کمتر برخوردار) ساخته و بهره‌برداری می‌شود معاف از مالیات بر درآمد است.

جریان سرمایه سالانه برای 20 سال اول احداث نیروگاه به تفکیک هر سال مطابق شکل 7 برای نیروگاه فتوولتائیک طراحی شده شرکت کویرتایر قابل‌مشاهده است، همچنین جریان سرمایه بصورت تجمعی برای 20 سال اول طرح در شکل 8 قابل مشاهده‌است. در ادامه، به بررسی درآمدهای سالیانه پرداخته خواهد شد. ابتدا به بررسی درآمد حاصل از فروش و صادرات برق بررسی می‌گردد. برق مازاد مصرف کارخانه که به شبکه صادر شده‌است برابر 18529مگاوات بر ساعت می‌باشد. نرخ فروش برق به شبکه برابر با 0.05 دلار به ازای هر کیلووات ساعت درنظر گرفته می‌شود در نتیجه پس از انجام محاسبات مشخص می‌شود که سالیانه 926455 دلار سود خالص از فروش برق بدست‌می‌آید.



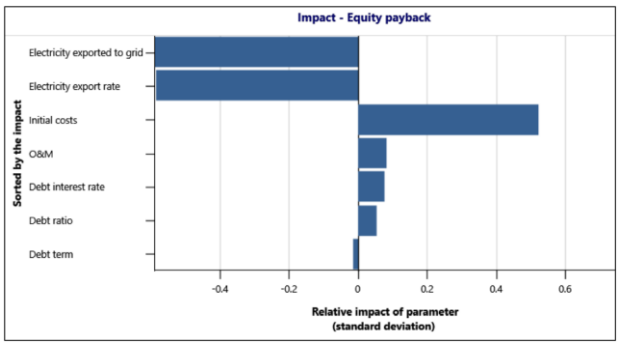
شکل 7 جریان سرمایه بصورت سالانه



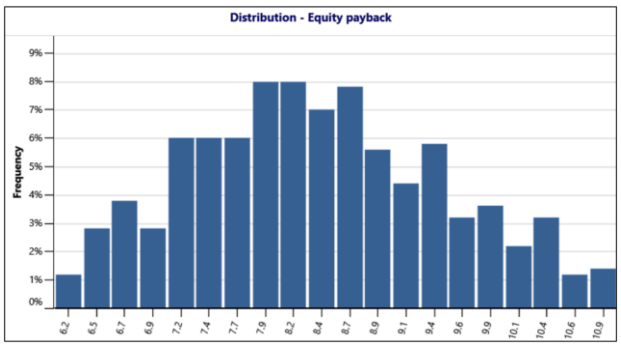
شکل 8 جریان تجمعی سرمایه

8-5- آنالیز حساسیت

در سناریوی پایه بررسی‌شده در بخش قبلی، محتمل‌ترین مقادیر موردبررسی قرار گرفتند، که برای بررسی کامل‌تر در این بخش به تحلیل حساسیت این مقادیر پایه پرداخته‌شده‌است. این تحلیل حساسیت برای درنظر گرفتن ریسک و بی‌اطمینانی نسبت به برآوردهای اشاره‌شده درنظر گرفته‌شده‌اند. برای بررسی میزان تاثیر پارامترهای اشاره‌شده بر وضعیت طرح، میزان تأثیر کاهش یا افزایش این پارامترها بر روی شاخص‌های مالی ارائه شده در سناریو پایه موردبررسی قرار گرفته‌است. همچنین بصورت ویژه تاثیر هریک از موارد بر روی شاخص نرخ بازده طرح و نرخ بازده سرمایه‌گذار ارائه گردیده‌است. ضریب تاثیر بازپرداخت سهام سرمایه‌گذار و توزیع بازپرداخت سهام به ترتیب در شکل‌های 9 و 10 نمایش داده‌شده‌اند.



شکل 9 ضریب تاثیر بازپرداخت سهام



شکل 10 توزیع بازپرداخت سهام

9- نتیجه‌گیری

با توجه به برآوردها و پیش‌فرض‌های شرح‌داده‌شده، مدلسازی طرح در نرم‌افزار رتسکرین ورژن 8.01 صورت پذیرفت که نتایج آن در جدول زیر ارائه‌شده‌است.

جدول 6 خلاصه نتایج مدل فنی – اقتصادی طرح نیروگاه

ردیف	عنوان	محاسبات مدل
1	متوسط تولید سالیانه الکتریسیته	18،529،104 کیلووات ساعت
2	متوسط ضریب ظرفیت نیروگاه	21.2 درصد
3	کاهش سالیانه انتشار GHG طبیعی بعنوان سوخت تولید برق	8768.1 تن CO_2، استفاده از گاز
4	درآمد سالیانه فروش برق	926،455 دلار
5	متوسط هزینه سالیانه O&M	100،000 دلار
6	اقساط سالیانه وام	725،843 دلار
7	نرخ بازگشت آورده سرمایه گذار (IRRE)	16.5 درصد
8	نرخ بازگشت داخلی طرح (IRR)	4/8درصد
9	ارزش فعلی خالص جریان نقدی (NPV)	4،049،808 دلار
10	زمان بازگشت سرمایه طرح	7.3 سال
11	زمان بازگشت سرمایه آورده	8.4 سال
12	میزان ریسک پروژه	10 درصد
13	ماکزیمم بازگشت آورده سرمایه گذار	11 سال

با فرضیات موجود نتایج مدل حاکی از آن است که با توجه به نرخ بازده داخلی محاسبه‌شده و تراز مثبت ارزش حال خالص، پروژه حاضر از لحاظ مالی کاملا توجیه‌پذیر است و ریسک زمان بازگشت سرمایه طرح برابربا 7.3 سال و زمان بازگشت آورده سرمایه‌گذار 8.4 سال و میزان ریسک پروژه10 درصد است. با عنایت به پتانسیل‌های طبیعی تابش نور خورشید در منطقه بیرجند از طرفی و فرضیات فنی- مالی و اقتصادی مدل، با توجه نرخ بازده داخلی محاسبه‌شده و تراز مثبت ارزش حال خالص، با تامین مالی پیش‌بینی- شده و طراحی فنی انجام‌شده، پروژه حاضر توجیه پذیر و امید است در آینده مورد توجه سیاست گذاران، دولت و سرمایه گزاران قرار گیرد.

10- فهرست علائم

A	درآمد خالص سالیانه($)
EPC	مهندسی، ندارکات و ساخت‌وساز
I	نرخ تنزیل($)
IRR	نرخ بازده داخلی($)
N	عمر مفید(سال)
NPV	ارزش حال خالص($)
P	سرمایه اولیه($)
P.P.	دوره بازگشت سرمایه(سال)

11- منابع

[1] S. K. Sahoo, Renewable and sustainable energy reviews solar photovoltaic energy progress in India: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 59, pp. 927-939, 2016.

[2] A. Foley and A. G. Olabi, Renewable energy technology developments, trends and policy implications that can underpin the drive for global climate change, Vol. 68, ed: Elsevier, 2017, pp. 1112-1114.

[3] S. Thapar, S. Sharma, and A. Verma, Economic and environmental effectiveness of renewable energy policy instruments: Best practices from India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 66, pp. 487-498, 2016.

[4] A. Mazandarani, WITHDRAWN: Investigating the need of nuclear power plants for sustainable energy in Iran, ed: Elsevier, 2011.

[5] A. K. Hossain and O. Badr, Prospects of renewable energy utilisation for electricity generation in Bangladesh, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 11, No. 8, pp. 1617-1649, 2007.

[6] Y. Li, X. Wang, Y. Jin, and Y. Ding, An integrated solar-cryogen hybrid power system, *Renewable energy,* Vol. 37, No. 1, pp. 76-81, 2012.

[7] M. Moore, A Proposal to Create a Pan-Canadian Energy Information Organization (CEIO), *SPP Research Paper,* No. 12-11, 2012.

[8] A. H. Mirzahosseini and T. Taheri, Environmental, technical and financial feasibility study of solar power plants by RETScreen, according to the targeting of energy subsidies in Iran, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 16, No. 5, pp. 2806-2811, 2012.

[9] P. Agnolucci, Renewable electricity policies in The Netherlands, *Renewable Energy,* Vol. 32, No. 5, pp. 868-883, 2007.

[10] B. Ruiz, V. Rodríguez-Padilla, and J. Martínez, Renewable energy sources in the Mexican electricity sector, *Renewable Energy,* Vol. 33, No. 6, pp. 1346-1353, 2008.

[11] T. Markvart and L. Castañer, Principles of solar cell operation, in *McEvoy's Handbook of Photovoltaics*: Elsevier, 2018, pp. 3-28.

[12] V. Šály, M. Ružinský, and S. Baratka, Photovoltaics in Slovakia—status and conditions for development within integrating Europe, *Renewable energy,* Vol. 31, No. 6, pp. 865-875, 2006.

[13] Mehdi Goudarzi. Solar radiation map in Iran / radiation potential of different parts of Iran, Accessed 11 September 2016; barghnews.com/fa/news/17483/.
[14] M. A. H. Mondal and A. S. Islam, Potential and viability of grid-connected solar PV system in Bangladesh, *Renewable energy,* Vol. 36, No. 6, pp. 1869-1874, 2011.
[15] E. Harder and J. M. Gibson, The costs and benefits of large-scale solar photovoltaic power production in Abu Dhabi, United Arab Emirates, *Renewable Energy,* Vol. 36, No. 2, pp. 789-796, 2011.
[16] M. El-Shimy, Viability analysis of PV power plants in Egypt, *Renewable Energy,* Vol. 34, No. 10, pp. 2187-2196, 2009.
[17] F. K. N. Atabi, A. Musazadeh Namini, A, Technical, economic and environmental analysis of the use of solar water heaters in residential buildings., *Iranian Journal of Energy,* Vol. 14, No. 4, 2012.
[18] B. van der Ree *et al.*, SolTherm Europe-Campaign Guidelines, *Online unter: http://www. solarthermalworld. org/node/1330, Abrufdatum,* Vol. 2, p. 2010, 2003.
[19] H. M. Abd-ur-Rehman and F. A. Al-Sulaiman, Techno-economic evaluation of different types of solar collectors for water heating application in domestic sector of Saudi Arabia, in *2014 5th International Renewable Energy Congress (IREC)*, 2014: IEEE, pp. 1-6.
[20] G. J. Leng, RETScreen™ international: a decision support and capacity building tool for assessing potential renewable energy projects, *INDUSTRY AND ENVIRONMENT-PARIS-,* Vol. 23, No. 3, pp. 22-23, 2000.
[21] Y. Chen, T. Hong, and M. A. Piette, Automatic generation and simulation of urban building energy models based on city datasets for city-scale building retrofit analysis, *Applied Energy,* Vol. 205, pp. 323-335, 2017.
[22] Q. Chen, R.-H. Fu, and Y.-C. Xu, Electrical circuit analogy for heat transfer analysis and optimization in heat exchanger networks, *Applied Energy,* Vol. 139, pp. 81-92, 2015.
[23] R. Cowart, Unlocking the promise of the Energy Union:efficiency first is key, *The Regulatory Assistance Project, Montpelier, VT,* 2014.
[24] J. Rosenow, E. Bayer, Q. Genard, M. Toporek, and B. Rososińska, Efficiency First: From principle to practice. Real world examples from across Europe, *Energy Union Choices,* 2016.
[25] G. Najafi, B. Ghobadian, R. Mamat, T. Yusaf, and W. Azmi, Solar energy in Iran: Current state and outlook, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 49, pp. 931-942, 2015.
[26] R. Zahedi, S. F. Moosavian, and A. Aslani, Environmental and damage assessment of transparent solar cells compared with first and second generations using the LCA approach, *Energy Science & Engineering*, 2022.
[27] M. H. Ghodusinejad, A. Ghodrati, R. Zahedi, and H. Yousefi, Multi-criteria modeling and assessment of PV system performance in different climate areas of Iran, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 53, p. 102520, 2022.