



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 Zahedi¹, Siavash Gitifar², 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. 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

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.

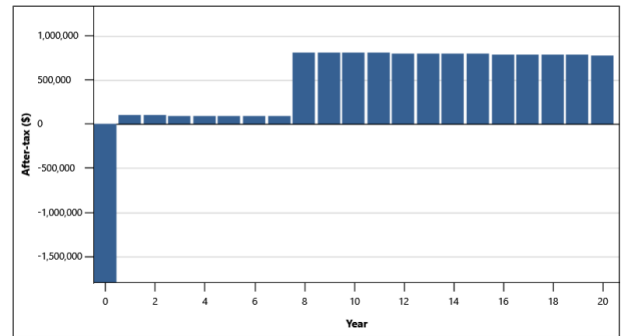


Figure 1 Annual cash flow

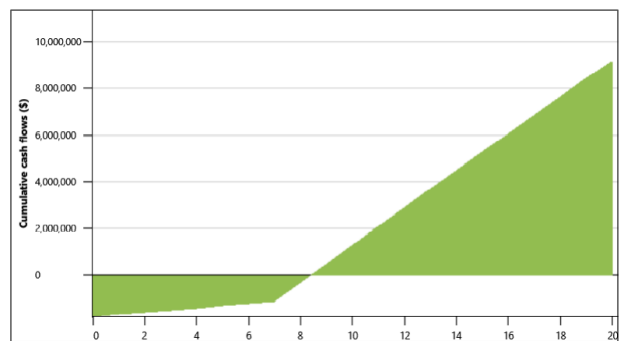


Figure 2 Cumulative capital flow

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.

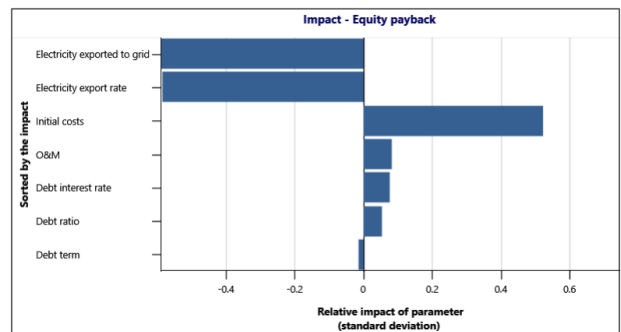


Figure 3 Stock repayment impact factor

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.

امکان سنجی فنی - اقتصادی احداث نیروگاه خورشیدی 10 مگاواتی شرکت کویرتایر در شهرستان بیرجند استان خراسان جنوبی با استفاده از نرم افزار رتسکرین

رحیم زاهدی¹، سیاوش گیتی فر²، ابوالفضل احمدی^{3*}

1- دانشجوی دکتری مهندسی سیستم های انرژی، گروه انرژی های نو و محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

2- دانشجوی دکتری 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 گرفته است. در این پژوهش ابتدا روند افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی در تولید انرژی الکتریکی در دنیا مورد بررسی قرار گرفته است. سپس ضمن تحلیل پتانسیل های کشور ایران و شهر بیرجند برای احداث نیروگاه های فتوولتاییک، اجزا و ملاحظات فنی آن مورد توجه قرار گرفته است. در ادامه نیز گزینه های پیش رو جهت بهره گیری از نیروگاه فتوولتاییک در کارخانه کویرتایر واقع در شهر بیرجند بررسی می شود. در ادامه مدل فنی و اقتصادی جهت احداث یک نیروگاه 10 مگاواتی فتوولتاییک برای تامین برق مورد نیاز کارخانه کویرتایر توسط نرم افزار رتسکرین¹ طراحی و توسعه می یابد. سپس با در نظر گرفتن فرضیات موجود، به تحلیل اقتصادی پروژه به روش های معمول پرداخته می شود و نتایج تحلیل اقتصادی حاکی از آن است که با توجه به نرخ بازده داخلی محاسبه شده و تراز مثبت ارزش حال خالص، پروژه حاضر از لحاظ مالی کاملاً توجیه پذیر است و ریسک زمان بازگشت سرمایه طرح برابر با 7/3 سال و زمان بازگشت آورده سرمایه گذار 8/4 سال و میزان ریسک پروژه 10 درصد است.

کلیدواژگان: نیروگاه خورشیدی، فتوولتاییک، تحلیل اقتصادی نیروگاه، امکان سنجی احداث، نرم افزار 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 Zahedi¹, Siavash Gitifar², 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

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

با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و اتفاق نظر 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 واقعی کردن هزینه مصرف سوخت‌های فسیلی، سیستم‌های خورشیدی جایگاه منحصر به فردی در بین دیگر روش‌های تأمین انرژی در دنیا بدست آورده‌اند. برای نمونه، بزرگترین مشکلات زیست محیطی ایران در حال حاضر آلودگی هوا و انتشار کربن است. انتشار کربن مرتبط با انرژی ایران با افزایش 452/46 درصدی در 30 سال گذشته پیوسته در حال افزایش بوده است [7].

انرژی خورشیدی یک منبع انرژی تجدیدپذیر است که پتانسیل آن تا حد زیادی استفاده نشده‌است. 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 کیلووات ساعت در متر مربع در قسمت جنوب شرقی تا 5/4 کیلووات ساعت در متر مربع در منطقه مرکزی متغیر است. محاسبه‌ها نشان می‌دهد 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 7 برابری) [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 7 برابر میزان کل فتوولتائیک‌های نصب شده جهانی در سال 2011 بوده‌است، کشورهای پیشرو در تأمین 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 سال 2011 تا سال 2019 به تفکیک سال قابل مشاهده‌است.

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 [3-1]. 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 11 درصد از انرژی اولیه جهان را تشکیل می‌دهند و انتظار می‌رود این میزان تا سال 2070 به 60 درصد افزایش یابد [5]. حتی در منطقه خاورمیانه، که به عنوان قلب منابع فسیلی دنیا شناخته می‌شود، محققان تخمین زده‌اند 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 قابل توجهی 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 کاملاً رقابت‌پذیر شده‌است. در این راستا ظرفیت‌های تولیدی این صنعت در کشور افزایش یافته و تنوع محصولات نیز به تبع آن توسعه یافته‌است. یکی از مهمترین زیرساخت‌های این طرح‌ها، تأمین انرژی الکتریکی مطمئن برای این دسته از کارخانه‌ها و خطوط فرآیندی آن‌ها است.

متأسفانه، روند افزایش مصرف انرژی در سال‌های اخیر رشد بیشتری به خود گرفته‌است و این در حالی است که سرمایه‌گذاری در احداث پالایشگاه‌های 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 مواجه شده‌است. به سبب کمبود عرضه و افزایش تقاضا، به اجبار شبکه با اعمال محدودیت‌ها یا خاموشی‌های اجباری برای بخش‌های صنعتی و کارگاهی توأم 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 می‌کند، بنابراین شرکت‌های تولیدی به سمت راهکاری جهت تأمین برق خود حتی با هزینه بالاتر حرکت کرده‌اند.

1-1- انرژی خورشیدی در جهان

مصرفی برای گرمایش آب را می‌توان از طریق سیستم آب‌گرمکن خورشیدی تامین کرد. عبدالرحمن و السلیمان [19]، امکان‌سنجی جایگزینی آب‌گرمکن‌های 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 بيشه) انجام شد که نشان داد، شهر بيشه 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 انجام می‌دهد. 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 رتسکرین می‌توان تجزیه و تحلیل‌های مالی شامل تحلیل حساسیت و ریسک یک پروژه را محاسبه کرد و تخمین زد. همچنین به کمک این نرم‌افزار می‌توان نشان داد که چگونه تغییرات در ورودی‌ها بر قابلیت اجرای پروژه تأثیر می‌گذارد.

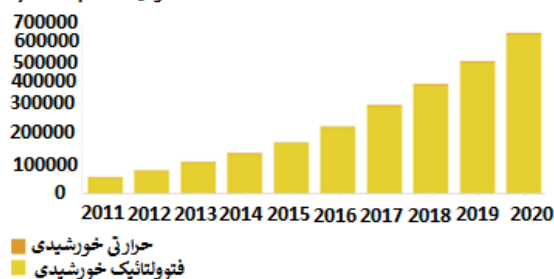
در این پژوهش ابتدا روند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی در تولید انرژی الکتریکی در کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس ضمن تحلیل پتانسیل‌های کشور ایران و شهر بیرجند برای احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک، اجزای مدل‌سازی و ملاحظات فنی آن مورد توجه قرار گرفته‌است. در ادامه نیز گزینه‌های پیش‌رو جهت بهره‌گیری از نیروگاه فتوولتائیک در کارخانه کوپرتایر واقع در شهر بیرجند بررسی می‌شود، در ادامه مدل فنی و اقتصادی جهت احداث یک نیروگاه 10 مگاواتی فتوولتائیک برای تامین برق موردنیاز کارخانه کوپرتایر 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 پرداخته می‌شود. در بخش 3 به بررسی اجزا و ملاحظه‌های فنی احداث نیروگاه فتوولتائیک در کارخانه کوپرتایر شهر بیرجند پرداخته شده‌است. در بخش 4 تجربه احداث نیروگاه‌های خورشیدی در ایران و استان خراسان جنوبی بررسی خواهد شد. بخش 5 وضعیت مصرف انرژی در شرکت کوپرتایر آنالیز خواهد شد. بخش 6 گزینه‌های تامین برق و احداث نیروگاه خورشیدی برای شرکت کوپرتایر را بررسی می‌کند. در بخش 7 فرض‌های مدل فنی، مالی و اقتصادی بیان می‌شود. در بخش 8 به تحلیل نتایج فنی، مالی و اقتصادی طرح پرداخته می‌شود و در بخش پایانی به نتیجه‌گیری کلی پرداخته می‌شود.

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 پرداخته می‌شود و در نهایت به ظرفیت شهرستان بیرجند جهت احداث نیروگاه خورشیدی بررسی می‌گردد.

ظرفیت نصب شده (مگاوات)



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

1-2- نرم‌افزار رتسکرین

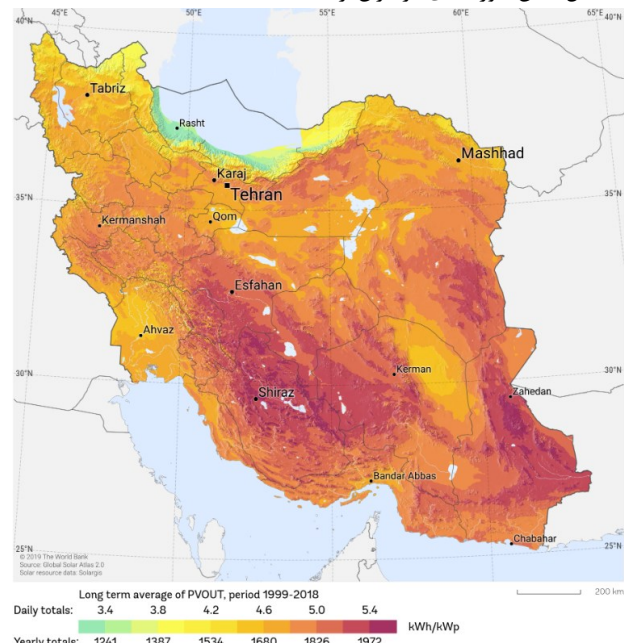
نرم‌افزار رتسکرین می‌تواند در سراسر جهان برای محاسبه تولید انرژی، هزینه‌های چرخه عمر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سه کاربرد اصلی فتوولتائیک استفاده شود: در شبکه، خارج از شبکه؛ و پمپاژ آب [8]. نرم‌افزار رتسکرین جزئیاتی مانند منبع انرژی موجود در محل پروژه، عملکرد تجهیزات، هزینه‌های اولیه پروژه،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

نرم‌افزار شبیه‌سازی رتسکرین در بسیاری از مطالعات برای ارزیابی قابلیت حیات فتوولتائیک خورشیدی به عنوان منبع تولید برق استفاده شده‌است. 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 کرده بود، همچنین سیستم پیشنهادی از انتشار سالانه حداقل 1423 تن گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌کرد [14].

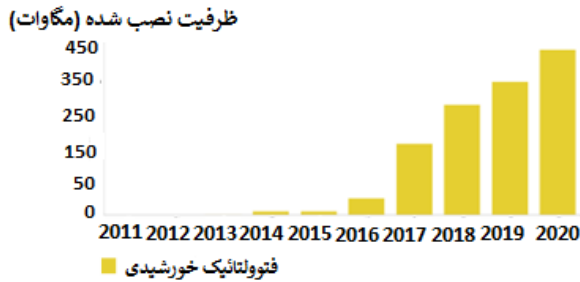
در مطالعه دیگر، مدل‌سازی یک نیروگاه فتوولتائیک 10 مگاواتی در ابوظبی با استفاده از نرم‌افزار رتسکرین مورد بررسی قرار گرفت، نتایج اولیه نشان داد که این نیروگاه پتانسیل تولید 24 گیگاوات ساعت انرژی را دارد و سالانه از انتشار بیش از 10000 تن گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌کند [15]. در مطالعه دیگر، در کشور مصر پتانسیل سنجی جهت ساخت یک نیروگاه فتوولتائیک 10 مگاواتی از دیدگاه فنی-اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از رتسکرین ارزیابی شد. این شبیه‌سازی تجزیه و تحلیل مالی و سودآوری نیروگاه فتوولتائیک را برای تمام محل‌های در نظر گرفته شده در مصر تضمین کرد [16]. عتایی و همکاران [17]، سیستم آب‌گرمکن خورشیدی در شهر یزد را با استفاده از بوسیله نرم‌افزار رتسکرین بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان صرفه‌جویی سالیانه در مصرف گاز طبیعی در ساختمان‌های مسکونی ویلایی و مجتمع‌های آپارتمانی شهر یزد به ترتیب برابر 66960000 متر مکعب و 168240000 متر مکعب، میزان صرفه‌جویی اقتصادی سالیانه به ترتیب برابر 16560000 دلار و 41520000 دلار است. در مطالعه موردی انجام گرفته در یک مجتمع مسکونی در کشور فرانسه [18]، به کمک نرم‌افزار رتسکرین مشخص گردید که حدود 40٪ از انرژی

1-2- پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران

ایران با داشتن حدود 300 روز آفتابی در سال جزو برترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل انرژی خورشیدی است. با توجه به استانداردهای بین‌المللی، اگر میانگین انرژی تابشی خورشید 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 به صرفه است. 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 اندازه‌گیری شده است، بنابراین با توجه به موقعیت جغرافیای ایران و وضعیت مناسب آب‌وهوایی آن، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در شکل 2 پتانسیل تابش خورشیدی در ایران ارائه شده است.

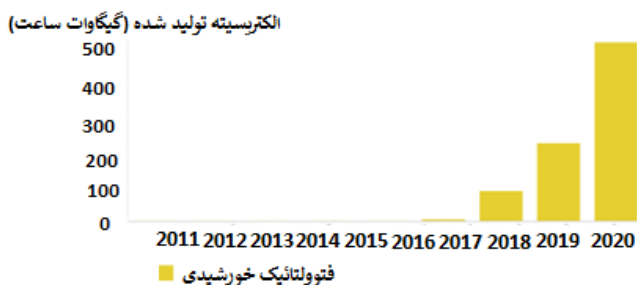


شکل 2 نقشه پتانسیل تابش خورشیدی در نقاط مختلف ایران



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٪ می‌رسد. در حال حاضر، نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر با ظرفیتی معادل ۹۰۵ مگاوات (در دی ۱۴۰۰) فقط یک درصد از سبد انرژی الکتریکی کشور را در اختیار دارند. با توجه 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 به نظر می‌رسد. در شکل 4 روند تولید انرژی خورشیدی از سال 2011 تا 2019 در کشور ایران قابل مشاهده است.



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 تاسیس شد و به دنبال آن در سال 1377 دومین سایت فتوولتائیک با ظرفیت 27 کیلووات جریان متناوب در منطقه مرکزی ایران نصب شد. ظرفیت نیروگاه‌های احداث شده در روستاهای حسینیان و معلمان استان سمنان در فاصله 450 کیلومتری تهران، اخیراً به ترتیب به 10 مگاوات و 92 مگاوات جریان متناوب افزایش یافته است. نیروگاه نصب شده در دوربید به طور مستقل از سیستم شبکه (سیستم خارج از شبکه) کار می‌کند و نیروگاه نصب شده در حسینیان و معلمان به شبکه متصل است. شایان ذکر است تمامی تجهیزات این سایت‌ها ساخت کشور ایران است [25].

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

استفاده از پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک جهت تولید برق سال‌هاست که در ایران مورد توجه قرار گرفته است. با توجه 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 از جمله نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک بکار گرفته شده است. ظرفیت نصب شده برق تجدیدپذیر در کشور در حال حاضر حدود ۹۰۳ مگاوات است که از این میزان بیش از ۴۵۵ مگاوات به نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک اختصاص دارد. در شکل 3 روند توسعه نصب فتوولتائیک‌ها در کشور ایران از سال 2011 تا 2020 نشان داده شده است.

1698.93	77.4	2195	خرم آباد	13
1691.158	79.1	2138	قزوین	14
1673.23	79.1	2110	تهران	15
1652.22	80.4	2055	تبریز	16
1630.206	78.3	2082	قم	17
1603.8	79.2	2025	بجنورد	18
1559.736	74.4	2088	اهواز	19

3- اجزا و ملاحظه‌های فنی احداث نیروگاه‌های خورشیدی

نیروگاه‌های خورشیدی به صورت عمده از پنل‌ها، اینورترها، استراکچر، ترانسفورماتور، تابلو برق، سیم، کابل و اتصالات تشکیل شده‌است. 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 کاهش یافته و بازده آن‌ها تا حدود 25 درصد کاهش می‌یابد.

3. میزان گرد و غبار: وجود گرد و غبار روی پنل‌های خورشیدی از شفافیت آن‌ها کم کرده‌است بنابراین میزان نور خورشید دریافت شده توسط پنل‌های خورشیدی کاهش خواهد یافت.

4. میزان رطوبت: با افزایش میزان رطوبت منطقه، میزان جذب نور توسط پنل‌ها کاهش یافته‌است و در نتیجه میزان راندمان آن‌ها کم خواهد شد.

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

در جدول 2 اطلاعات برخی نیروگاه‌های خورشیدی احداث شده در ایران در سال‌های اخیر ارائه شده‌است. 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 احداث شده‌است.

جدول 2 اطلاعات برخی نیروگاه‌های احداث شده در ایران

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

2-3- بررسی ظرفیت شهرستان بیرجند برای احداث نیروگاه خورشیدی یکی از عوامل مهم در میزان تولید برق نیروگاه‌های خورشیدی شرایط آب و هوایی محل احداث نیروگاه است. جدول 1 شرایط تابش نور خورشید برای چند شهر ایران را با هم مقایسه کرده‌است. همانگونه که مشاهده می‌شود شهر بیرجند دارای مناسب‌ترین شرایط برای احداث نیروگاه خورشیدی است. برای شهر بیرجند میزان تولید سالیانه برق به ازای هر کیلووات نیروگاه احداث شده برابر 2043 کیلووات ساعت است.

جدول 1 شرایط تابش نور خورشید برای شهرهای مختلف ایران

ردیف	شهر	تابش کل	بازده %	تولید سالیانه یک کیلووات	بررسی تابش ایران برای یک کیلووات	
					مطلق تابش در یک سال	بر اساس شرایط اقلیمی
1	بیرجند	2465	83.4	2043.390	کیلووات ساعت بر کیلووات	(KWh/m ²)
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		

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 به ذکر است که باتوجه به طولانی بودن خطوط 20 کیلوولت در استان و مشکلات آب و هوایی نظیر گرد و غبار، طوفان و بادهای شدید، صاعقه و گرما عملاً بخش قابل توجهی 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 کاهش داشته‌اتس و در مقایسه با میانگین کارخانجات تولید تابر در کشور از وضعیت برتری برخوردار است.

کارخانه در اسفندماه سال گذشته با کاهش 50٪ توان برق مواجه شده- است و در سال جاری علی‌رغم تعامل مناسب و مطلوب با شرکت توزیع برق استان، از 9 خردادماه سال 1400 عملاً با کاهش 1 تا 1/5 مگاواتی برق مواجه شده‌است که با ادامه روند گرمای هوا در ماه‌های 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 انجام شده از سوی مدیران کارخانه پیش‌بینی می‌شود این زیان در ماه‌های آتی با ادامه دار شدن روند کاهش توان افزایش یابد.

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

در این بخش احداث نیروگاه خورشیدی با در نظر گرفتن چهار گزینه مورد امکان‌سنجی قرار گرفته‌است. در هر گزینه ضمن بررسی جنبه‌های حقوقی و اقتصادی نظر کارشناسی ارائه شده‌است. 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 مورد بررسی قرار گرفته‌است. در گزینه سوم با فرض افزایش هزینه انرژی در ده سال آینده میزان اثربخش بودن بهره‌گیری از نیروگاه خورشیدی به عنوان منبع تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز کارخانه مورد بحث قرار گرفته‌است. در گزینه چهارم نیز جذب سرمایه‌گذار به منظور مشارکت در احداث نیروگاه بررسی شده‌است.

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

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

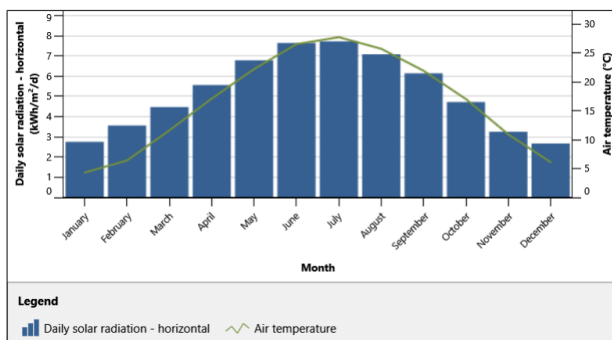
5- بررسی وضعیت مصرف انرژی در شرکت کویر تابر

کارخانه کویر تابر در زمینی به وسعت تقریبی 110 هکتار در کیلومتر 11 جنوب جاده درمیان- بیرجند واقع شده و از سال 1377 شروع به تولید تابر ماشین‌های سواری و باری کرده‌است. تامین برق آن از سه خط 20 کیلوولت برق آن تامین می‌شود. خط اول از پست 132/20 کیلوولت بیرجند واقع در 10 کیلومتری شرق کارخانه تامین می‌شود. 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



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 آورده شده است. 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

2-7- مشخصات فنی، مالی و اقتصادی طرح

به منظور معرفی پتانسیل اقتصادی ویژه طرح نیروگاه خورشیدی 10 مگاواتی کویر تابر شهرستان بیرجند، تحلیل فنی، مالی و اقتصادی طرح انجام شده که خلاصه‌ای از فرض‌های در نظر گرفته شده را می‌توان در جدول 4 مشاهده نمود.

جدول 4 مشخصات مدل فنی، مالی و اقتصادی

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

عنوان برق اضطراری همچنان امکان استفاده از برق تولیدی نیروگاه در شرایط اضطراری توسط کارخانه وجود دارد با این حال تنها حدود 30 درصد زمان تولید کارخانه (6/5 ساعت) توسط این ظرفیت پوشش داده می‌شود.

استفاده از برق 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 اگرچه در حال حاضر سرمایه‌گذاری جهت احداث نیروگاه خارجی به منظور احداث نیروگاه 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 نصب‌شده است. بعد از این تاریخ نیز امکان بهره‌برداری سرمایه‌گذار از نیروگاه میسر است ولی در این مدل مبنای بهره‌برداری 20 سال دیده شده است.

1-7- 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 انرژی خورشیدی به شمار می‌آید. در این میان، منطقه بیرجند با انرژی تابشی معادل 2465 کیلووات ساعت بر مترمربع، مطابق نقشه خورشیدی تهیه شده توسط سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)، یکی از مستعدترین مناطق کشور محسوب می‌شود. بیرجند تقریباً 1450 متر بالاتر از سطح دریا بوده و با توجه به اطلاعات هواشناسی، میانگین، بیشینه و کمینه دمای هوای آن به ترتیب تقریباً 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 تابر و پست برق شهرک صنعتی بیرجند در نظر گرفته شد.

5	ظرفیت اسمی	10 مگاوات	اقتصادی برای ایجاد شرایط مطلوب تر مالی و اقتصادی نیز مشکل تر و حساس تر می گردند. از این رو مطالعه های امکان سنجی دقیق در نکات مختلف سرمایه گذاری، محیط را برای انتخاب مناسب تر هموار می سازد. این موضوع باتوجه به جدید بودن حیطه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر در کشور عزیزمان ایران از اهمیت به سزایی برای سرمایه گذاران برخوردار است. از این رو در این بخش، از دیدگاه مالی، تعریفها، مقدمات و اصول بررسی احداث نیروگاه های بادی سایز بزرگ باتوجه به یافته های بخش فنی، ذکر گردیده است.
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	

8-1- روش شناسی بررسی مالی و اقتصادی

در شیوه های معمول تحلیل مالی، به منظور ارزیابی سرمایه گذاری ها، لازم است که کلیه ورودی های مورد نیاز و خروجی های ایجاد شده در یک دوره زمانی خاص (دوره زمانی برنامه ریزی پروژه)، پیش بینی و ارزیابی گردد. گردش وجه یا جریان های نقدی، اساسا شامل دریافت های نقدی (جریان های ورودی) و پرداخت های نقدی (جریان های خروجی) می گردد. 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 ثابت ماندن 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 می سنجد، نمایش داده می شود که این درصد، نرخ تنزیل¹ مطلوب سرمایه گذار است.

اساسا نرخ تنزیل، هزینه فرصت سرمایه را منعکس می سازد که نشانگر نرخی است که اگر سرمایه گذاران و یا اعتباردهندگان، سرمایه های خود را (مساوی همان سرمایه ها) در جایی غیر از پروژه فعلی، سرمایه گذاری می کردند، بدست می آوردند. به عبارت دیگر، نرخ تنزیل از دیدگاه موسس های یک پروژه یا سرمایه گذاران آن، حداقل بازدهی است که از یک پروژه انتظار دارند و کمتر از آن را نمی پذیرند. بر این اساس انتخاب نرخ تنزیل برای یک پروژه را می توان تابعی از پارامترهای زیر در نظر گرفت:

الف- براساس نرخ هزینه تامین منابع مالی

ب- ریسک های بیرونی

ج- عرف صنعت

بر این اساس حداقل نرخ تنزیل می تواند برابر نرخ هزینه تامین منابع مالی یعنی نرخ هزینه تسهیلات انتخاب گردد. بر اساس همین مفهوم (ارزش زمانی پول) دو پارامتر اصلی زیر برای مقایسه گزینه های مختلف تعریف شده و قابل محاسبه هستند:

1. ارزش حال خالص

8- تحلیل نتایج فنی، مالی و اقتصادی طرح

هدف اصلی تحلیل مالی در مطالعه های امکان سنجی، تعیین، تحلیل و تفسیر کلیه جنبه های مالی یک سرمایه گذاری است که جهت تصمیم گیری سرمایه گذاران و تأمین کنندگان مالی می تواند مفید واقع گردد و بر آن اساس میزان مطلوب بودن طرح برای ذی نفعان مشخص گردد. باید توجه داشت که به همان میزان که تکنولوژی های صنعتی گسترش می یابند، تصمیم گیری های

1. Discounting Rate

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 نرم-افزار بصورت زیر در نظر گرفته شده‌است. نرخ تورم 20٪، نرخ تنزیل 5٪، نرخ سرمایه‌گذاری 5٪ و زمان حیات پروژه 20 سال در نظر 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 هر مگاوات ساعت به سرمایه‌پذیر پروژه جهت تامین برق برنامه‌های تولید و توسعه پروژه‌های شرکت کویر تاینر در نظر گرفته شده‌است.

8-3- هزینه سرمایه‌گذاری

براساس برآورد اولیه، حجم سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش مهندسی، تامین تجهیزات (تدارک) و اجرای طرح⁴ 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 هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح [26، 27]

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

ارزش حال خالص پروژه¹ برابر با اختلاف بین منافع و هزینه‌های پروژه و خالص اثرات هر گزینه با در نظر گرفتن توزیع زمانی آنها براساس نرخ تنزیل مورد نظر 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 استفاده می‌شود. چنانچه فرایند مالی پروژه از سرمایه اولیه (P)، درآمد خالص سالیانه (A) و عمر مفید (n) تشکیل شده-باشد، با فرض نرخ تنزیل i ارزش حال خالص بصورت زیر مطابق فرمول 1 محاسبه می‌گردد:

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

بر اساس فرمول 1 اگر ارزش حال خالص پروژه محاسبه شده 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 صادق است. با توجه به اینکه محاسبه شاخص ارزش حال خالص پروژه وابسته به انتخاب نرخ تنزیل است که عموماً 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 شاخص کلیدی مورد توجه قرار گیرد. در ادامه این شاخص معرفی شده‌است.

2. نرخ بازده داخلی

نرخ بازده داخلی² 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 بدست می‌آید:

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

در هنگام انتخاب یک پروژه برای سرمایه‌گذاری، با توجه به این شاخص پروژه‌ای انتخاب می‌گردد که نرخ بازده داخلی محاسبه شده آن، بالاتر از نرخ تنزیل مورد نظر باشد. در تحلیل حاضر برای مقایسه گزینه‌ها علاوه بر محاسبه ارزش حال خالص و نرخ بازده داخلی به محاسبه دوره بازگشت سرمایه³ نیز پرداخته شده‌است. 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:

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

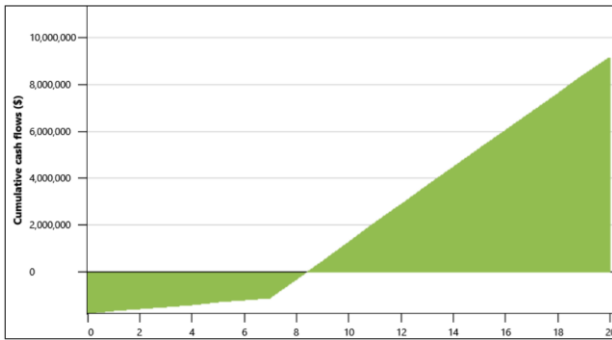
علی‌رغم آنکه در این روش، ارزش زمانی پول مورد توجه قرار نمی‌گیرد اما با توجه به مفهوم ساده و سادگی محاسبه آن مورد توجه تصمیم‌گیران است. براساس روش ارائه شده، ورودی‌های مدل مالی طراحی شده در نرم‌افزار

2. Net Present Value (NPV)

3. IRR

4. Payback Period (P.P.)

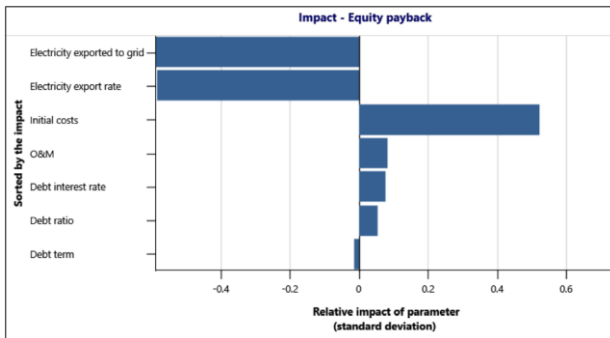
1. Engineering, Procurement and Construction (EPC)



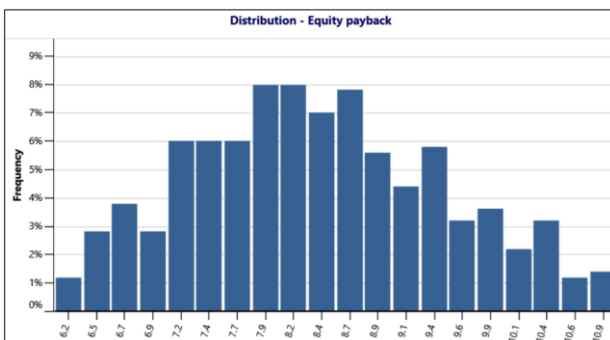
شکل 8 جریان تجمعی سرمایه

8-5- آنالیز حساسیت

در سناریوی پایه بررسی شده در بخش قبلی، محتمل ترین مقادیر مورد بررسی قرار گرفتند، که برای بررسی کامل تر در این بخش به تحلیل حساسیت این مقادیر پایه پرداخته شده است. این تحلیل حساسیت برای در نظر گرفتن ریسک و بی‌اطمینانی نسبت به برآوردهای اشاره شده در نظر گرفته شده‌اند. برای بررسی میزان تاثیر پارامترهای اشاره شده بر وضعیت طرح، میزان تأثیر کاهش یا افزایش این پارامترها بر روی شاخص‌های مالی ارائه شده در سناریو پایه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین بصورت ویژه تأثیر هر یک از موارد بر روی شاخص نرخ بازده طرح و نرخ بازده سرمایه‌گذار ارائه گردیده است. ضریب تاثیر بازپرداخت سهام سرمایه‌گذار و توزیع بازپرداخت سهام به ترتیب در شکل‌های 9 و 10 نمایش داده شده‌اند.



شکل 9 ضریب تاثیر بازپرداخت سهام



شکل 10 توزیع بازپرداخت سهام

9- نتیجه‌گیری

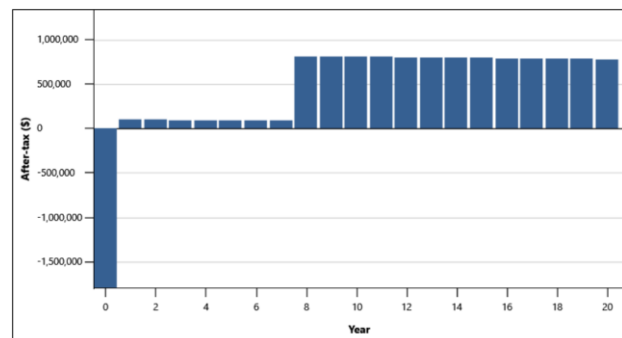
همانطور که اشاره شد، 70٪ کل هزینه پروژه بصورت تسهیلات ارزی با نرخ سود 5٪ سالیانه و از محل صندوق توسعه ملی با بازپرداخت 7 ساله در 7 قسط از سال 1402 تامین مالی خواهدگردید و الباقی آن توسط سهام-داران به پروژه تزریق خواهدشد. این هزینه‌ها بر مبنای توزیع زمانی در 12 ماه برای پروژه تامین خواهند گردید.

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 بهره‌برداری براساس مفروضات برآورد گردیده است.

با عنایت به عدم اثر نقدی استهلاک بر مدل مالی پروژه از ارائه آن در این بخش صرف‌نظر گردیده است، 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 در نظر گرفتن ارزش باقی‌مانده پس از دوره بهره‌برداری اعمال گردیده است. 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 قابل مشاهده است، همچنین جریان سرمایه بصورت تجمعی برای 20 سال اول طرح در شکل 8 قابل مشاهده است. 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 شده است برابر 18529 مگاوات بر ساعت می‌باشد. نرخ فروش برق به شبکه برابر با 0.05 دلار به ازای هر کیلووات ساعت در نظر گرفته می‌شود در نتیجه پس از انجام محاسبات مشخص می‌شود که سالیانه 926455 دلار سود خالص از فروش برق بدست می‌آید.



شکل 7 جریان سرمایه بصورت سالانه

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 کاملاً توجیه‌پذیر است و ریسک زمان بازگشت سرمایه طرح برابر با 7.3 سال و زمان بازگشت آورده سرمایه‌گذار 8.4 سال و میزان ریسک پروژه 10 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 تأمین مالی پیش‌بینی - شده و طراحی فنی انجام‌شده، پروژه حاضر توجیه‌پذیر و امید است در آینده مورد توجه سیاست‌گذاران، دولت و سرمایه‌گذاران قرار گیرد.

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

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	8768.1 تن CO ₂ . استفاده از گاز طبیعی بعنوان سوخت تولید برق
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)	4/8 درصد
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

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. Mirzahassemi 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. Barátka, 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, Montpellier, 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.