نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۱۶۴-۱۴۷

ارزیابی فنی و اقتصادی نیروگاه ۱ مگاواتی: مطالعه موردی شهرک صنعتی ششدار

[۱] منا فرهادیان، [۲] مجتبی نوراللهی* ، [۳] امین مرادخانی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۶/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۷/۵/۲۵

کلمات کلیدی:
انرژی‌های تجدید پذیر،
نیروگاه فتوولتائیک،
شهرک صنعتی،
ششدار،
نرم‌افزار.

چکیده

انرژی خورشیدی از منابع انرژی تجدید پذیر مناسب جهت تأمین برق است. مهم‌ترین موضوعی که امروزه مانع اصلی استفاده از انرژی خورشیدی می‌شود توجیه‌پذیری اقتصادی آن در مقایسه با سایر روش‌های برق‌رسانی است. هدف از نگارش این مقاله امکان‌سنجی احداث یک نیروگاه فتوولتائیک ۱ مگاوات متصل به شبکه به‌منظور تأمین بخشی از بار الکتریکی موردنیاز شهرک صنعتی ایلام واقع در منطقه ششدار می‌باشد. برای این منظور، آنالیز فنی – اقتصادی استفاده از این سیستم با استفاده از نرم‌افزار RetScreen انجام‌گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از این سیستم در شهرک صنعتی با استفاده از ۴۰۰۰ پانل‌های خورشیدی با توان ۲۵۰ واتی و ۲ اینورتر ۵۰۰ کیلوواتی به‌اندازه ۱۶۲۸.۸ مگاوات ساعت در سال تولید انرژی‌خواهیم داشت نرخ بازده داخلی ۱۲.۷٪ و بازگشت سرمایه برابر ۸.۸ سال خواهد بود. در طی این مدت، از انتشار ۹۶۰ تن گازهای گلخانه‌ای جلوگیری شده است.

۱. کارشناسی ارشد،گروه معماری، معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام ، ایران m.f_arch@student.Ilam-Iau.Ac.ir
۲. استادیار، گروه معماری، معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران (نویسنده مسئول)
mojtaba.noorollahi@ Ilam-Iau.Ac.ir
۳. استادیار، گروه برق قدرت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران a.moradkhani@ilam.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

۱. مقدمه

نیروگاه‌های خورشیدی به دلیل عدم انتشار (یا بسیار کم) مواد آلاینده، کمترین اثر منفی را بر محیط‌زیست دارند. بزرگ‌ترین مانع احداث نیروگاه‌های خورشیدی در حال حاضر هزینه ویژه سرمایه‌گذاری نسبتاً بالای این نیروگاه‌هاست که البته اگر هزینه‌های خارجی سوخت‌های فسیلی که ناشی از اثرات مخرب آن‌ها بر محیط‌زیست است، به قیمت آن‌ها اضافه شود، هزینه تولید برق در برخی از نیروگاه‌های خورشیدی کمتر از هزینه تولید برق در نیروگاه‌های سوخت فسیلی خواهد بود [۱۳].

قیمت انرژی خورشیدی نسبت به سال ۱۹۷۰ به میزان یک به ۱۵۰ کاهش‌یافته و این در حالی است که در طول این مدت‌زمان ظرفیت سامانه‌های فتوولتائیک نصب‌شده ۱۱۵۰۰۰ برابر شده است.

آژانس بین‌المللی انرژی از سال ۲۰۰۰، افزایش استفاده از انرژی خورشیدی را ۱۴ برابر و انرژی باد را ۵ برابر پیش‌بینی کرده است. به گزارش این آژانس، افزایش استفاده دو برابری از انرژی خورشیدی به میزان ۲۴ درصد و افزایش دو برابری استفاده از انرژی باد به کاهش ۱۹ درصدی هزینه نصب این نیروگاه‌ها می‌انجامد [۱۹].

با بررسی نمودارها و اطلاعات روز دنیا می‌توان به این نتیجه رسید که نیروگاه فتوولتائیک باوجود هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه، به دلیل عدم نیاز به هزینه‌های جاری مانند سوخت و ... در طول دوره‌ی استفاده، هزینه‌ی واحد کمتری نسبت به هزینه‌های مولد دیزلی و گسترش شبکه برق دارد [۱۰].

در این تحقیق با استفاده از معیارهای اقتصاد مهندسی و ارزیابی طرح، هزینه واحد انرژی تولیدشده توسط سیستم برق خورشیدی از روش تحلیل هزینه چرخه به‌دست‌آمده و تأثیر آن‌ها کاهش گازهای گلخانه‌ای موردبررسی قرارگرفته تا درنهایت میزان اقتصادی بودن سیستم خورشیدی مشخص گردد.

مطالعاتی در مورد ارزیابی اقتصادی سیستم‌های خورشیدی در مقیاس خرد و کلان با نرم‌افزار RETScreen انجام‌گرفته است؛ چند نمونه از این مطالعات به شرح زیر هست:

عباس پور، حاجی سید میرزای حسینی و طاهری (۱۳۹۰) در یک تحقیق به ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی نیروگاه‌های خورشیدی ۱۲ کیلوواتی واحد علوم و تحقیقات به‌وسیله نرم‌افزار RETScreen با توجه به قانون هدفمندسازی یارانه‌ها پرداخته‌اند و نتایج نشان داد کاهش انتشار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

دی‌اکسید کربن در هرسال فعالیت نیروگاه قابل‌توجه است و استفاده از تأییدیه کاهش انتشار (CERs) می‌توان زمان بازگشت سرمایه اولیه را کاهش داد [۳].

جعفری موغاری، فتحی و پورمنافی (۱۳۹۵) با استفاده از نرم‌افزار RETScreen به ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی ایجاد نیروگاه فتوولتائیک با توان 1 مگاوات در دانشگاه صنعتی اصفهان پرداخته‌اند. نتایج حاکی از مساعد بودن منطقه جهت احداث نیروگاه می‌باشد. زمان بازگشت سرمایه ۵.۹ سال است و با استفاده از این نیروگاه سالیانه از انتشار ۱۴۲۲ تن کربن دی‌اکسید جلوگیری خواهد شد [۴].

رحمانی فر (۱۳۹۰) در یک تحقیق سعی کرده مصارف یک واحد نفتی در مسجدسلیمان توسط سیستم‌های فتوولتائیک را جایگزین کند. این آنالیز با استفاده از نرم‌افزار RETScreen انجام شد که کاهش انتشار ۱.۳ تن دی‌اکسید کربن در سال از نتایج استفاده از این سیستم است. زمان بازگشت سرمایه اولیه ۱۲.۱ سال است. در ضمن با آزادی قیمت‌های حامل‌های انرژی قابلیت سودهی در این پروژه افزایش می‌یابد و بازگشت سرمایه اولیه زودتر حاصل می‌شود [۷].

حکمت و کلانتر (۱۳۹۳) با استفاده از نرم‌افزار RETScreen در شهر بافق و در مطالعه موردی در شرکت ملی سنگ‌آهن مرکزی بافق به این نتیجه رسیدند که پروژه‌ای با عمر ۲۵ سال دارای قابلیت سوددهی مالی ۱۸،۸ درصد است و مقرون‌به‌صرفه بوده به‌طوری‌که بعد از ۹،۵ سال هزینه کل پروژه برمی‌گردد [۵].

فقیه خراسانی و ایروانی (۱۳۹۲) در پژوهشی در دانشگاه این یزد به این نتیجه رسیدند که احداث این نیروگاه باعث کاهش ۱۸۸۸ تن کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن در سال می‌گردد و بازگشت سرمایه اولیه طی ۹.۴ سال صورت می‌گیرد [۱۱].

زارعی محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از نرم‌افزار Retscreenدر شهرک‌ها و نواحی صنعتی (مطالعه موردی :شرکت نیروکلر) به ارزیابی استقرار سلول‌های فتوولتائیک پرداختند و نشان دادند که استفاده از برق خورشیدی در مورد این پروژه ازنظر اقتصادی توجیه‌پذیر است [۸].

با توجه به چشم‌انداز سند ملی ۱۴۰۴ در راستای توسعه انرژی‌های تجدید پذیر و تأمین انرژی سه‌درصدی از عرضه انرژی اولیه کشور، توجه به پتانسیل‌های بسیاری بالای ایران در حوزه انرژی بادی و خورشیدی، بند ۱۳ سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه توسط مقام معظم رهبری و افزایش سهم انرژی‌های تجدید پذیر و گسترش نیروگاه‌های پراکنده و کوچک‌مقیاس، تعهد ایران در توافق‌نامه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

تغییرات آب و هوایی پاریس (COP21) مبنی بر کاهش ۱۲ درصدی (۴٪ نامشروط، ۸٪ مشروط) گازهای گلخانه‌ای و با توجه به تمدید تحریم‌های ISA[1] علیه ایران، سعی در ترویج و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. معرفی محدوده موردمطالعه

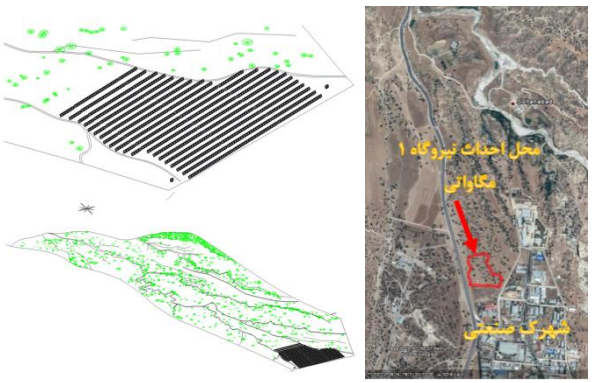
شهرک صنعتی ایلام که در سال ۱۳۷۰ تأسیس‌شده از توابع بخش چوار شهرستان ایلام و در کیلومتر ۱۱ جاده ایلام – کرمانشاه نزدیک به منطقه تفریحی ششدار با عرض جغرافیایی ۳۳/۶۵۹۹ و طول جغرافیایی ۴۶/۳۱۰۸ قرار دارد [۱۶].

مصرف برق بخش صنعتی تأمین‌شده توسط وزارت نیرو طی سال ۱۳۹۱ طبق ترازنامه ۳۴٪ است [۱۴]. هرچند طبق اطلاعات به‌دست‌آمده از امور مشترکین اداره برق شهرستان ایلام در سال ۱۳۹۴ برق مصرفی در بخش صنعتی ۲/۱۳٪ کل مصرف ناحیه ایلام بوده [۱]؛ و در مقایسه با سهم کشوری اندک است؛ اما تأمین آن مشکلاتی را برای شهرک صنعتی به وجود می‌آورد؛ بنابراین به‌کارگیری ظرفیت استفاده از منابع تجدید پذیر در واحدهای صنعتی فعال در کشور، به‌منظور تقویت شبکه سراسری برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارده بر نیروگاه‌ها در طی روز، رفع مشکل قطعی برق و استفاده از برق مطمئن و پایدار در ساعات پیک شبکه، جلوگیری از تعطیلی سالانه صنایع و با رویکرد افزایش درآمد و کاهش ریسک‌های اقتصادی می‌تواند مفید باشد.

مکانی برای احداث مزرعه خورشیدی ۱ مگاواتی (با امکان توسعه در آینده) در نظر گرفته شد. این مکان در قسمت شمالی شهرک و در نزدیک‌ترین مکان جانمایی شد (شکل ۱). سایت پوشیده از جنگل‌های بلوط است لذا کم تراکم‌ترین قسمت را انتخاب کرده که پس از انتقال و جابجایی اصله‌های بلوط به سایر نقاط سایت زمین را تسطیح و آماده احداث نماییم.

1. Iran Sanction Act

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



شکل ۱. سایت در نظر گرفته‌شده برای نیروگاه. منبع: [۲۰].

۲-۲. معرفی نرم‌افزار RetScreen

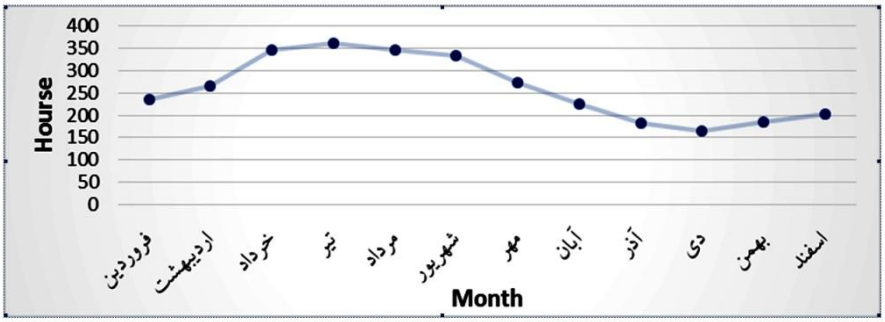
نرم‌افزار RETScreen می‌تواند در سرتاسر جهان برای ارزیابی تولید انرژی، هزینه‌های چرخه عمر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای انواع مختلف فناوری‌های انرژی تجدید پذیر به کار رود. نرم‌افزار RETScreenبه‌منظور غلبه بر موانع استفاده از فناوری انرژی پاک در مرحله شدنی بودن اولیه طراحی شد. این نرم‌افزار یک متدولوژی اثبات‌شده برای مقایسه فناوری‌های متداول و انرژی پاک ایجاد می‌کند، لذا تحلیلگر می‌تواند بیش از توسعه یک متدولوژی، بر مطالعات ابتدایی امکان‌پذیری تمرکز کند. بعلاوه، نیاز حداقل این نرم‌افزار به داده‌های ورودی و پایگاه داده‌های درون ساز آب‌وهوا و محصولات، موجب سهولت و تحلیل‌های دقیق‌تر می‌شود .RETSceen نه‌تنها برای کمک به تحلیل یک پروژه، بلکه برای ایجاد اطلاعات مفید درباره فناوری‌های انرژی پاک و ایجاد آگاهی در مورد توانایی‌ها و کاربردهایشان طراحی‌شده است. پایه نرم‌افزار RETScreen یک مقایسه بین یک حالت پایه (معمولاً فناوری‌های متداول) و یک حالت پیشنهادشده (فناوری انرژی پاک) است. برای این نرم‌افزار هزینه‌های خالص اهمیت چندانی ندارند بلکه هزینه‌های افزایشی (هزینه‌هایی که در حالت پیشنهادی بیش از حالت پایه هستند) دارای اهمیت هستند. کاربر می‌تواند هزینه‌های افزایشی را مستقیماً و یا هزینه‌های حالت‌های پایه و پیشنهادی را به‌صورت مجزا وارد [۱۲].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

۳. انجام پروژه

۳-۱. ابزار و داده‌های تحقیق

طبق نتایج به‌دست‌آمده از بررسی میانگین آمار ۲۰ ساله متوسط کل ساعات آفتابی در ایستگاه ایلام (۱۳۹۴-۱۳۷۴) که در شکل (۲) نشان داده‌شده است؛ این منطقه دارای ظرفیت مناسبی جهت کاربرد انواع سامانه‌های خورشیدی است.



شکل ۲. میانگین آمار ۲۰ ساله متوسط کل ساعات آفتابی در ایستگاه ایلام (۱۳۹۴-۱۳۷۴). منبع: نگارنده

۳-۲. بررسی استفاده از انرژی خورشیدی بر مبنای مدل

با توجه به بالا بودن پتانسیل تابش خورشید در شهر ایلام و پاک بودن و در دسترس بودن انرژی خورشیدی در محدوده شهرک صنعتی ایلام با استفاده از مدل Retscreen موردبررسی قرار گرفت .در شکل (۳) داده‌های ورودی نشان داده‌شده است .در این بخش و طبق شکل نام پروژه (نیروگاه فتوولتائیک ششدار)، محل پروژه (ایلام، ششدار، شهرک صنعتی) تهیه‌شده برای (دانشگاه آزاد اسلامی)، تهیه‌شده توسط (منا فرهادیان) وارد می‌کنیم. در قسمت بعدی نوع پروژه را برق، تکنولوژی فتوولتائیک، شبکه مرکزی و نوع تجزیه‌وتحلیل را روش ۲ و مرجع مقدار گرمایشی را از نوع انرژی گرمایشی پایین انتخاب می‌کنیم.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



شکل ۳. اطلاعات آب و هوایی، کشور جمهوری اسلامی ایران و محل داده‌های آب و هوایی ششدار. منبع: نگارنده

در شکل شماره (۴) بخش دیگری از اطلاعات ورودی نشان داده‌شده است. اطلاعات استفاده‌شده در این قسمت پس از مشخص کردن منطقه موردمطالعه از پایگاه اطلاعات آب و هوایی ناسا استخراج‌شده است که نرم‌افزار RETScreen این امکان را فراهم کرده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

محل داده های آب و هوایی			
	واحد	هوایی	محل پروژه
عرض جغرافیایی	°N	33.6	33.6
طول جغرافیایی	°E	46.4	46.4
ارتفاع	متر	1,101	1,101
درجه حرارت طرح گرمایش	°C	1.3	
ه حرارت سرمایش در شرایط طراحی	°C	38.6	
دامنه نوسان دمای زمین	°C	27.6	

ماه	درجه حرارت هوا	رطوبت نسبی	تشعشع خورشیدی روزانه افقی	فشار اتمسفر	سرعت باد	دمای زمین	گرمایشی درجه ،روزها	روز ، درجه های سرمایشی
	°C	%	کیلووات ساعت/متر مربع/	کیلو پاسکال	متر/ثانیه	°C	d-°C	d-°C
ژانویه	6.3	65.6%	2.96	92.4	3.5	6.8	363	0
فوریه	7.6	56.9%	3.85	92.3	3.7	8.8	291	0
مارس	12.1	47.0%	4.80	92.1	3.8	14.0	183	65
آوریل	19.0	34.8%	5.48	92.0	4.0	22.0	0	269
مه	25.1	23.5%	6.65	91.8	4.3	29.2	0	469
ژوئن	30.1	16.4%	7.68	91.4	4.6	34.7	0	603
ژوئیه	33.1	15.7%	7.24	91.1	4.4	38.3	0	716
آگوست	32.7	16.0%	6.73	91.3	4.3	37.4	0	702
سپتامبر	28.5	18.4%	5.70	91.7	4.2	32.0	0	555
اکتبر	22.4	28.6%	3.93	92.2	4.0	24.4	0	383
نوامبر	14.2	46.6%	2.95	92.4	3.7	15.1	114	126
دسامبر	8.2	61.4%	2.62	92.5	3.6	8.6	304	0
سالیانه	20.0	35.8%	5.05	91.9	4.0	22.7	1,256	3,889
اندازه‌گیری شده در	متر				10.0	0.0		

شکل ۴. اطلاعات برداشت‌شده از پایگاه اطلاعات آب و هوایی ناسا. منبع: نگارنده

۳-۳. سیستم برق پیشنهادی (مدل انرژی)

این سیستم فتوولتائیک به‌صورت ثابت و با زاویه ۳۰ درجه و رو به جنوب (با آزیموت صفر) نصب می‌شود که با چنین زاویه‌ای با توجه به ساعت آفتابی میزان برق صادرشده به شبکه در ماه‌های مختلف در شکل(۵) مشاهده می‌شود. کل انرژی تولیدشده در سال طبق محاسبات ۱۶۲۸۸ مگاوات ساعت است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

ماه	اشعه خورشیدی روزانه افقی کیلووات ساعت/متر مربع/d	اشعه خورشیدی روزانه مایل کیلووات ساعت/متر/d	نرخ صادرات برق /مگاوات ساعتIRR	برق صادر شده به شبکه مگاوات ساعت
ژانویه	2.96	4.34	3,138,900.0	117.1
فوریه	3.85	5.03	3,138,900.0	121.3
مارس	4.80	5.49	3,138,900.0	143.6
آوریل	5.48	5.58	3,138,900.0	137.7
مه	6.65	6.24	3,138,900.0	154.2
ژوئن	7.68	6.89	3,138,900.0	160.3
ژوئیه	7.24	6.63	3,138,900.0	157.5
آگوست	6.73	6.65	3,138,900.0	157.8
سپتامبر	5.70	6.29	3,138,900.0	147.2
اکتبر	3.93	4.85	3,138,900.0	121.9
نوامبر	2.95	4.12	3,138,900.0	104.3
دسامبر	2.62	3.95	3,138,900.0	106.0
سالیانه	5.05	5.51	3138900.00	1,628.8

تشعشع خورشیدی سالیانه - افقی	مگاوات ساعت / متر مربع	1.84
تشعشع خورشیدی سالیانه - مایل	مگاوات ساعت / متر مربع	2.01

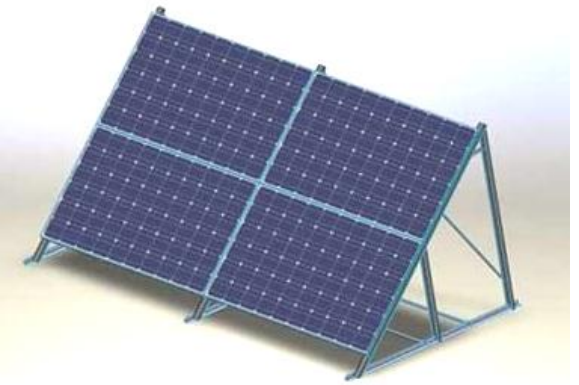
شکل ۵. برق صادرشده به شبکه. منبع: نگارنده

در این نیروگاه با ظرفیت ۱ مگاوات ۴۰۰۰ پانل W ۲۵۰ پلی کریستال از برند Yingli Solar و دو عدد اینورتر SMA با توان kw ۵۰۰ سه فاز استفاده‌شده که طبق شکل (۶) در نرم‌افزار وارد می‌کنیم. در جدول (۱ و ۲) مشخصات فنی تجهیزات موردنیاز برای طراحی و اجرای سیستم‌های فتوولتائیک را مشاهده می‌کنیم. فضای موردنیاز جهت نصب این میزان پانل ۷۱۶۸ مترمربع است که با استفاده از استراکچر دوطبقه این میزان تقریباً به نصف کاهش میابد (شکل ۷).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

فتوولتائیک			
نوع		سیلیسیم - چندتایی	
ظرفیت تولید برق	کیلو وات	1,000.00	
تولید کننده		Yingli Solar	
مدل		سیلیسیم - چندتایی - YL250P-32b	۴۰۰۰ واحد(ها)
کارایی - راندمان	٪	14.0%	
دمای اسمی عملیاتی سلول خورشیدی	°C	45	
ضریب دما	درجه سانتیگراد / ٪ (% / °C)	0.40%	
مساحت کلکتور خورشیدی	متر مربع	7,168	
افت‌های دیگر	٪	9.0%	
معکوس کننده			
کارایی - راندمان	٪	98.0%	
ظرفیت	کیلو وات	1000.0	
افت‌های دیگر	٪	2.0%	
خلاصه			
عامل ظرفیت	٪	18.6%	
برق صادر شده به شبکه	مگاوات ساعت	1,628.8	

شکل ۶. نوع سیستم تولیدکننده برق در نیروگاه موردمطالعه. منبع: نگارنده



شکل ۷. استراکچر نصب پانل خورشیدی ۱ کیلوواتی. منبع: [۲۱]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جدول ۱. پارامترهای مشخصه ماژول پلی کریستال Yingli. منبع: [۲۲]

مدل	YL 250 P-29b
توان بیشینه در شرایط استاندارد	250 W
ولتاژ یکسو شده بیشینه در شرایط استاندارد	1000 VDC
ولتاژ در نقطه توان بیشینه در شرایط استاندارد	29.8 V
ولتاژ مدارباز در شرایط استاندارد	37.6 V
جریان در نقطه توان بیشینه در شرایط استاندارد	8.39 A
جریان اتصال کوتاه در شرایط استاندارد	8.92 A
بیشینه جریان مجاز در شرایط استاندارد	15 A
محدوده دمای مجاز	۴۰- تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد
بازده	15.3%
خطای مقدار توان خروجی	+5 W
تعداد سلول	60**عدد**
ابعاد ماژول	1650×990×40 mm
وزن	18.5 kg

جدول ۲. پارامترهای مشخصه مبدل SMA. منبع: [۲۳]

عنوان	Sunny Central 500CP-US	عنوان	واحد محاسبه
ولتاژ **AC**	270 V	فرکانس	50 Hz, 60 Hz
محدوده مجاز ولتاژ	243 V – 297 V	نوع موج	سینوسی
جریان نامی متناوب	1069 A	نمایشگر	LED
محدوده مجاز جریان		بازده	98.0%
توان نامی	500 kVA	ابعاد	2562 / 2272 / 956 mm
بیشینه جریان یکسو شده	1176 A	وزن	1870 kg

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

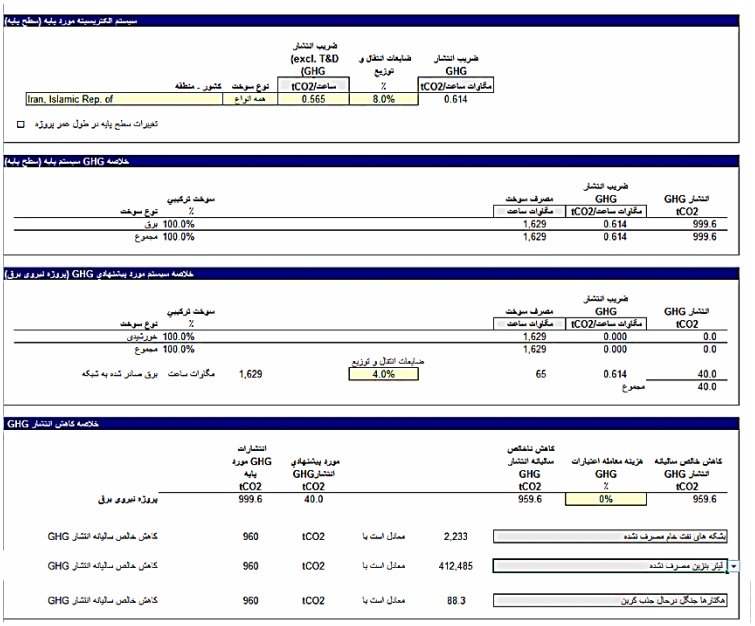
۳-٤. تجزیه‌وتحلیل هزینه

گام اول در اجرای پروژه، خرید سیستم خورشیدی است که درواقع هزینه ثابت سرمایه‌گذاری است. طبق تحقیقات به‌عمل‌آمده و اطلاعات واردشده هزینه اولیه سرمایه‌گذاری نیروگاه فتوولتائیک حدوداً ۴میلیارد ۷۰۰ میلیون تومان (با دلار ۳۱۳۸.۹ تومان)، هزینه سیستم برق (ماژول‌های فتوولتائیک و پست فرعی) ۵۸.۸٪ هزینه کل و تعادل سیستم و متفرقات (اینورتر و استراکچر و کابل و...) ۳۹.۶٪ هزینه کل است و مابقی هزینه‌ها غیر تجهیزاتی می‌باشد.

۳-۵. تجزیه‌وتحلیل انتشار

در این قسمت طبق شکل (۸) با توجه به اینکه ایلام فاقد نیروگاه است و انرژی الکتریکی آن از شبکه سراسری تأمین می‌شود و نمی‌توان دقیقاً نوع سوخت نیروگاهی آن را مشخص کرد بنابراین در نرم‌افزار نوع سوخت را همه نوع انتخاب می‌کنیم که ضریب انتشار هر تن کربن دی‌اکسید در ساعت ۰,۵۶۵، درصد ضایعات انتقال و توزیع را ۸٪ و ضریب انتشار GHG را ۰,۶۱۴ مگاوات ساعت در نظر می‌گیریم. در این صورت میزان کاهش ناخالص انتشار سالیانه GHG برابر با ۹۶۰ تن است که حاصل کاهش خالص سالیانه انتشار کربن دی‌اکسید معادل با ۲۲۳۳ بشکه نفت خام مصرف نشده (۴۱۲۴۸۵ لیتر بنزین مصرف نشده یا ۸۸.۳ هکتار جنگل در حال جذب کربن) می‌باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



شکل ۸. اطلاعات مربوط به تجزیه‌وتحلیل انتشار. منبع: نگارنده

۳-۶. تجزیه‌وتحلیل مالی

- برنامه تولید: به‌طورکلی محصول تولیدی این پروژه، برق است که شهرک صنعتی به‌اندازه ظرفیت تولیدی سیستم خورشیدی (میانگین ۱۳۵ مگاوات ساعت در ماه) برق تولید می‌کند و به شبکه برق سراسری منتقل می‌کند.
- طول دوران ساخت: زمان پیش‌بینی‌شده جهت عملیات مربوط به فاز ساخت پروژه (شامل خرید و نصب تجهیزات) نیروگاه خورشیدی ۱۵ ماه در نظر گرفته می‌شود [۹].
- طول دوران بهره‌برداری: عمر مفید سیستم خورشیدی معادل ۲۰ سال است [۹].
- نرخ تورم: طبق آمار بانک مرکزی ایران در سال ۱۳۹۵ نرخ تورم برابر ۹٪ است [۱۸].
- نرخ افزایش بهای سوخت: بر اساس مصوبه مجلس قیمت هر لیتر فرآورده‌های نفتی شامل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز مایع و سوخت هواپیما در سال ۱۳۹۵، ۵٪ افزایش می‌یابد [۳].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

- نرخ تخفیف: طبق آمار بانک مرکزی بالاترین نرخ سود سپرده‌گذاری (سپرده‌های دیداری) در سال ۱۳۹۵ حداکثر ۱۸٪ تعیین‌شده که در این تحقیق به‌عنوان نرخ تخفیف معیار در نظر گرفته‌شده است [۲].
- نرخ ارز: طبق گزارش بانک مرکزی ایران در بازه زمانی ۱۳۹۵/۱/۱–۱۳۹۵/۱۲/۳۰ حداقل نرخ دلار آمریکا (USD) ۳۰۲۴۰ ریال، حداکثر ۳۲۴۲۴ ریال و میانگین آن ۳۱۳۸۹ ریال است [۱۷].
- نرخ صادرات برق: قیمت برق صادراتی ایران به کشورهای مختلف متفاوت است بنابراین برق صادراتی برای برخی از کشورها در هر کیلووات ساعت بالاتر از ۱۰ سنت و برای بعضی از کشورها زیر ۱۰ سنت است؛ بنابراین به‌طور متوسط نرخ برق صادراتی را ۱۰ سنت در نظر می‌گیریم [۶].
- اطلاعات درباره قیمت: در این بررسی ارزش‌گذاری اقلام هزینه و فایده بر پایه قیمت‌های بازار صورت گرفته و فرض شده که این قیمت‌ها مبین ارزش اجتماعی هزینه‌ها و فایده‌های پروژه هستند و اقلام فایده نیز شامل قیمت فروش برق تجدید پذیر می‌باشد که تشکیل‌دهنده درآمد طرح مذکور است.

با توجه به قیمت برق صادراتی که در حال حاضر هر کیلووات ساعتی ۱۰ سنت (۳۱۳ تومان) است، طبق شکل (۹) این نیروگاه ۱ مگاواتی در طول یک سال حدود ۵۱۱ میلیون تومان درآمد حاصل خواهد شد؛ بنابراین دوره بازگشت سرمایه ۸٫۸ سال خواهد بود (شکل ۱۰). ضمناً در صورت افزایش نرخ برق در طول ۵ سال مدت‌زمان بازگشت سرمایه کاهش خواهد یافت. بعد از بازگشت سرمایه هم نیروگاه دارای ارزش‌افزوده خواهد بود و هم‌سود حاصله افزایش می‌یابد؛ به‌نحوی‌که در ۲۰ سال بعد از بازگشت سرمایه ۱۲ میلیارد تومان درآمد کسب خواهد شد (نمودار ۲). هرچند که با افزایش قیمت برق این رقم بیش از این خواهد بود اما فرض را بر این بگذاریم که افزایش درآمد حاصله خرج هزینه‌های سیستم شود. هرچند یک سیستم خوب فتوولتائیک هزینه‌های نگه‌داری کمی دارد. ضمناً عمر یک نیروگاه خورشیدی بیش از ۲۰ سال است و تنها طی ۲۵ سال راندمان آن به ٪۸۰ افت می‌کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

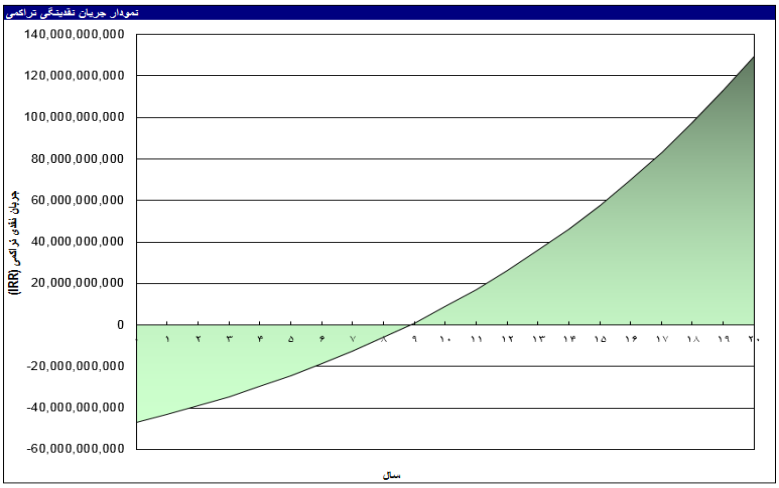
هزینه ها و صرفه جویی های پروژه/خلاصه وضعیت درآمد			
مخارج اولیه			
مطالعات امکان سنجی	0.4%	IRR	182,000,000
توسعه	0.5%	IRR	229,000,000
مهندسی	0.8%	IRR	380,000,000
سیستم برق	58.8%	IRR	27,700,000,000
تعادل سیستم و متفرقات	39.6%	IRR	18,645,526,705
کل هزینه اولیه	**100.0%**	**IRR**	**47,136,526,705**
مشوقها و جوایز		IRR	100,289,868
مخارج سالیانه و پرداخت بدهیها			
O&M		IRR	363,600,000
هزینه سوخت - حالت پیشنهادی		IRR	0
کل هزینه‌های سالانه		**IRR**	**363,600,000**
هزینه دوره ای (اعتبارات)			
درآمد و پس انداز سالیانه			
هزینه سوخت - حالت پایه		IRR	0
درامد صادرات برق		IRR	5,112,536,138
درآمد و پس‌انداز کلی سالانه		**IRR**	**5,112,536,138**

شکل ۹. هزینه‌ها و صرفه‌جویی‌های پروژه. منبع: نگارنده

قابلیت سوددهی مالی		
قبل از مالیات IRR- سهام	٪	16.5%
قبل از مالیات IRR- دارایی	٪	16.5%
نرخ بازده داخلی بعد از احتساب مالیات - ارزش ؛	٪	12.7%
نرخ بازده داخلی بعد از احتساب مالیات - ارزش د	٪	12.7%
بازپرداخت ساده	سال	9.9
برگشت سرمایه	سال	8.8
ارزش خالص فعلی (NPV)	IRR	############
عمر چرخه ي پس انداز سالیانه	IRR/سال	-2,811,965,066
نسبت هزینه - فایده (B-C)		0.68
هزینه تولید انرژی	گاوات ساعت/R؟	4,503,934.87
هزینه کاهش GHG	IRR/tCO2	2,930,272

شکل ۱۰. قابلیت سوددهی مالی. منبع: نگارنده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



شکل ۱۱. جریان نقدینگی تجمعی. منبع: نگارنده

٤. نتیجه‌گیری

در طراحی سیستم فتوولتائیک عوامل اقتصادی نقش مهم و پررنگی را بر عهده‌دارند. اگرچه استفاده از سیستم فتوولتائیک هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بیشتری برای دولت در بر خواهد داشت اما به‌طور مسلم صرفه‌جویی‌های حاصل در طول عمر استفاده از سیستم (عدم نیاز به ارائه تولید نیروگاه‌ها به‌منظور تأمین بار، عدم اتلاف انرژی در شبکه توزیع، عدم آلودگی‌های زیست‌محیطی و بحث پدافند غیرعامل و...) نیاز خود مزید بر علت خواهند بود.

برای این منظور آنالیز فنی–اقتصادی استفاده از این سیستم با استفاده از نرم‌افزار RETScreen مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست‌آمده فعالیت مزرعه خورشیدی ۱ مگاواتی متصل به شبکه سالیانه منجر به تولید ۱۶۲۸.۸ مگاوات ساعت انرژی الکتریکی و کاهش ۹۶۰ تن گاز گلخانه‌ای می‌شود. این میزان کاهش گازهای گلخانه‌ای معادل است با ۴۱۲۴۸۵ لیتر کاهش مصرف بنزین، یا ۲۲۳۳ بشکه کاهش مصرف نفت خام، یا ۸۸.۳ هکتار کاشت جنگلی که جذب کربن کند و یا ۳۳۱ تن مواد زائدی که بازیافت می‌شود. هزینه کاهش GHG برای هر تن کربن دی‌اکسید ۲۹۳۰۲۷۲ ریال است. نرخ بازده داخلی ۱۲.۷٪ است و با توجه به درآمد فروش برق خورشیدی طبق مصوبه مجلس دوره بازگشت سرمایه اولیه ۸.۸ سال می‌باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

منابع

[۱] امور مشترکین اداره برق شهرستان ایلام (۱۳۹۵)، فروش انرژی کیلووات ساعت به تفکیک ناحیه و دوره و تعرفه در سال، ایلام.
[۲] بانک مرکزی (۱۳۹۵). نرخ‌های جدید سود تسهیلات بانکی ابلاغ شد. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
[۳] تین نیوز (۱۳۹۴). افزایش پنج‌درصدی بهای بنزین و گازوئیل در سال ۹۵. http://www.tinn.ir/
[۴] جعفری موغاری، حمیدرضا؛ فتحی، محسن و سعید پورمنافی (۱۳۹۵)، بررسی فنی و اقتصادی استفاده از برق فتوولتائیک در دانشگاه صنعتی اصفهان با استفاده از نرم‌افزار RETScreen، دومین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.
[۵] حکمت، واحد و ولی کلانتری (۱۳۹۳). بررسی فنی و اقتصادی استفاده از برق فتوولتائیک در شهر بافق با استفاده از نرم‌افزار RETscreen. ششمین همایش علمی تخصصی انرژی‌های تجدید پذیر، پاک و کارآمد. doi:WINDCONF06_050
[۶] دنیای اقتصاد (۱۳۹۵). نرخ برق صادراتی مورد تأیید وزارت نفت است. سایت خوان روزنامه دنیای اقتصاد. http://donya-e-eqtesad.com/SiteKhan/851400
[۷] رحمانی فر، عبدالرضا (۱۳۹۰)، بررسی فنی- اقتصادی بر روی سیستم‌های فتوولتائیک در صنایع نفتی استفاده از نرم‌افزار RETScreen، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۴, شماره ۱، صفحات ۱-۱۰.
[۸] زارعی محمودآبادی، هادی؛ معطر، فرامرز؛ طالبی، محمدصادق و سمیرا فدائی (۱۳۹۲)، ارزیابی استقرار سلول‌های فتوولتائیک با استفاده از تکنیک RTScreen در شهرک‌ها و نواحی صنعتی (مطالعه موردی: شرکت نیرو کلر)، سومین همایش سلامت، محیط‌زیست و توسعه پایدار، صفحات ۱-۱۰. https://www.civilica.com/Paper-HESD03-HESD03_130.html
[۹] سیاست‌های تشویقی در حوزه تجدید پذیرها در ایران. (۱۳۹۵)، سازمان انرژی‌های نو ایران، سال نهم، شماره ۴۵, صفحات ۸-۹.
[۱۰] عباس پور، مجید؛ حاجی سید میرزای حسینی، سید علی و ترانه طاهری (۱۳۹۰)، ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی نیروگاه‌های خورشیدی به‌وسیله نرم‌افزار RETScreen با توجه به قانون هدفمندسازی یارانه‌ها (مطالعه موردی نیروگاه خورشیدی واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی)، انسان و محیط‌زیست، دوره ۹، شماره ۳ (۱۸-پیاپی ۲۹)، صفحات ۹-۱۶.
[۱۱] فقیه خراسانی، احمدرضا و محمد رضا ایروانی (۱۳۹۲)، آنالیز فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی نیروگاه فتوولتائیک دانشگاه یزد، سومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی. https://www.civilica.com/Paper-ETEC03-ETEC03_341.html

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

[۱۲] کاظمی، عالیه؛ شکوری گنجوی، حامد؛ شکیبا، شیوا و مهناز حسین‌زاده (۱۳۹۲)، انتخاب مدل مناسب برای تخصیص منابع انرژی در ایران با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۴، شماره ۱, صفحات ۱-۱۰.

[۱۳] کاظمی کارگر، حسین و مهدی نوروزی (۱۳۸۹)، پنلهای فتوولتائیک آشنایی، اصول و طراحی، انتشارات آراد کتاب، تهران.

[۱۴] معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق (۱۳۹۳)، ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱، وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، تهران.

[۱۵] وزارت نیرو (۱۳۹۰)، انرژی خورشیدی، معاونت امور انرژی، سازمان انرژی‌های نو ایران، تهران.

[۱۶] هواشناسی ایران (۱۳۹۵)، بازیابی از هواشناسی شهرک صنعتی ایلام: www.havairan.com

[۱۷] ----- (۱۳۹۶). نرخ ارز. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
http://www.cbi.ir/exrates/rates_fa.aspx

[۱۸] ----- (۱۳۹۶). نرخ تورم و شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. http://www.cbi.ir/Inflation/Inflation_FA.aspx

[19] Randall T. (2016, 04 06). *Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels*. Retrieved from Bloomberg: http://www.bloomberg.com

[20] www.noursun.com. (n.d).

[21] www.SMA-America.com. (2016).

[22] WWW.YINGLISOLAR.COM. (2016).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]