



امکان سنجی احداث یک نیروگاه متصل به شبکه فتوولتائیک بارویکرد پایداری محیط زیست شهری (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران)

هانیه توکلی

دانشجوی دکترا گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد،

ایران (نویسنده مسئول)

Email www.tavakoli.h67@gmail.com

احمد خادم الحسینی، دانشیار گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف

آباد، ایران

امیرگندمکار، استادیار گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد،

ایران

مهری اذانی، استادیار گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۶

دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۲

چکیده

رشد و توسعه جوامع انسانی همواره موازی با تولید و مصرف انرژی بوده است وابستگی به انرژی و به تبع آن رشد مصرف انرژی فسیلی، موجب افزایش مشکلات زیست محیطی می شود. بطوری که امروزه حفظ سلامت اتمسفر از مهمترین پیش شرطهای توسعه اقتصادی پایدار جهانی به شمار می آید از این رو است که دهه های آینده بعنوان سالهای تلاش مشترک جامعه انسانی برای کنترل انتشار کربن، کنترل محیط زیست و در واقع تلاش برای تداوم انسان بر روی کره زمین خواهد بود. از این رو در این تحقیق، هدف اصلی امکانسنجی یک نیروگاه متصل به شبکه با استفاده از انرژی خورشیدی بوده که علاوه بر تأمین برق مورد نیاز، باعث کاهش آلودگی زیست محیطی میشود. در این مقاله، ابتدا شرایط اقلیمی و تابش محل احداث نیروگاه مورد بررسی قرار میگیرد سپس مازول و اینورتر مناسب انتخاب شده مطالعات فنی نیروگاه صورت میپذیرد در این بررسی، آرایش بهینه پنلها و اثر سایه اندازی آنها روی یکدیگر با استفاده از نرم افزار PVSyst انجام گرفت نتایج به دست آمده این نیروگاه ۲۰ پنل در هشتاد و دو ردیف با اشغال مساحتی حدود ۱۰۷۵۸ متر مربع طراحی گردید خروجی سالانه این نیروگاه با استفاده از نرم افزار PVSyst در حدود ۳۵۴۷ مگاوات ساعت است در نهایت، گزارش شبیه سازیهای انجام شده ارائه میشود.

کلیدواژه ها: انرژی - نیروگاه فتوولتائیک - پنل خورشیدی - اینورتر - نرم افزار PVSYST

مقدمه

رشد و توسعه جوامع انسانی همواره موازی با تولید و مصرف انرژی بوده است وابستگی به انرژی و به تبع آن رشد مصرف انرژی فسیلی، موجب افزایش مشکلات زیست محیطی می شود هم اکنون مصرف بی رویه انرژی های تجدیدناپذیر مانند زغال سنگ، گاز و نفت باعث تهدیدات جدی زیست محیطی از جمله تغییر آب و هوا و افزایش آلودگی هوا پدیدار شده. روند کنونی افزایش مصرف انرژی در جهان، بشر را با دو بحران بزرگ روبه رو نموده است. نخست، آلودگی محیط زیست در اثر سوزاندن سوخت های سنگواره ای و دوم شتاب در جهت پایان بردن این منابع است (فطرس و براتی، ۱۳۹۰، ص ۵۰). طبق آمارهای به ثبت رسیده طی ۳۰ سال گذشته احتیاجات انرژی جهان به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش یافته است. در سال ۱۹۶۰ مصرف انرژی جهان معادل $Gtoe$ $3/3$ بوده است. در سال ۱۹۹۰ این رقم به $Gtoe$ $8/8$ بالغ گردید، که دارای رشد متوسط سالانه $3/3$ درصد می باشد و در مجموع ۱۶۶ درصد افزایش نشان می دهد و در حال حاضر مصرف انرژی جهان $Gtoe/Year$ 10 بوده و پیش بینی می شود این رقم در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ۱۲ و $Gtoe/Year$ ۱۴ افزایش یابد (زارعی محمودآبادی، ۱۳۹۳). این ارقام نشان می دهند که میزان مصرف انرژی جهان در قرن آینده بالا می باشد. مسایل و مشکلات زیست محیطی بطوری که امروزه حفظ سلامت اتمسفر از مهمترین پیش شرطهای توسعه اقتصادی پایدار جهانی به شمار می آید از این رو است که دهه های آینده بعنوان سالهای تلاش مشترک جامعه انسانی برای کنترل انتشار کربن، کنترل محیط زیست و در واقع تلاش برای تداوم انسان بر روی کره زمین خواهد بود بنابراین استفاده از منابع جدید انرژی به جای منابع فسیلی امری الزامی است. سیستمهای جدید انرژی در آینده باید متکی به تغییرات ساختاری و بنیادی باشد که در آن منابع انرژی بدون کربن نظیر انرژی خورشیدی و بادی و زمین گرمایی و کربن خنثی مانند انرژی بیوماس مورد استفاده قرار می گیرند. (نصراصفهانی، ۱۳۹۴) بدون تردید انرژی های تجدیدپذیر با توجه به سادگی فن آوریشان در مقابل فن آوری هسته ای از یک طرف و نیز بدلیل عدم ایجاد مشکلاتی نظیر زباله های اتمی از طرف دیگر نقش مهمی در سیستمهای جدید انرژی در جهان ایفا می کنند. در هر حال باید اذعان داشت محدودیت هایی نیز در ایران وجود دارد که می توان به هزینه اولیه و قیمت تمام شده بالا، عدم سرمایه گذاری کافی برای بومی نمودن و بهبود کارایی تکنولوژیهای مربوطه، به حساب نیامدن هزینه های خارجی در معادلات اقتصادی، نبود سیاستهای حمایتی در سطح جهانی، منطقه ای و محلی، نفوذ و توسعه انرژی های تجدیدپذیر را بسیار کند و محدود ساخته است اشاره کرد. (محمدی نژاد، ۱۳۹۳) ولی پژوهشگران و صنعتگران همواره تلاش خود را جهت رفع این مشکلات مبذول می دارند. بطور کلی عمده فعالیت های مربوط به احداث پایلوت های سازگار با محیط زیست با بکار بردن منابع انرژی های تجدیدپذیر علی الخصوص انرژی خورشیدی باعث شده که سیستم فتوولتائیک به عنوان یک منبع تأمین انرژی مناسب در نظر گرفته شود. فتوولتائیک یا به اختصار PV، یکی از انواع سامانه های تولید برق از انرژی خورشیدی می باشد. در این روش با بکارگیری سلول های خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان پذیر می شود. سلول های خورشیدی از نوع نیمه رسانا می باشند که از سیلیسیوم یعنی



دومین عنصر فراوان پوسته زمین ساخته می‌شوند. وقتی نور خورشید به یک سلول فتوولتائیک می‌تابد، بین دو الکترود منفی و مثبت اختلاف پتانسیل بروز کرده و این امر موجب جاری شدن جریان بین آن‌ها می‌گردد. از سری و موازی کردن سلولهای آفتابی می‌توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول های سری و موازی شده پنل فتوولتائیک می‌گویند. امروزه اینگونه سلول ها عموماً از ماده سیلیسیم تهیه می‌شود و سیلیسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود که در مناطق کویری کشور به فراوانی یافت می‌گردد. (احمدپور، ۱۳۹۳). بنابراین از نظر تأمین ماده اولیه این سلول ها هیچگونه کمبودی در ایران وجود ندارد. کشورمان در منطقه ای واقع شده که با داشتن حدود ۳۰۰ روز آفتابی از نظر دریافت انرژی خورشیدی در میان نقاط مختلف جهان در بالاترین رده ها قرار دارد؛ لذا استفاده از انرژیهای خورشیدی و بادی به دلایل مختلفی مانند دسترسی آسان و سهولت تبدیل شدن به انرژی الکتریکی، سازگاری با محیط زیست و تجدید پذیری، از مطلوبیت زیادی برخوردار است. محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، خارج شدن کشورمان از جرگه صادرکنندگان نفت از اواخر قرن حاضر و بالطبع قطع درآمد های ناشی از صدور نفت سبب می‌شود که در صورت عدم برنامه ریزی و پیشرفت های لازم، روند توسعه کشور به طور جدی تحت تاثیر قرار گیرد. عدم کارایی فنی و اقتصادی و هدر رفتن حدود ۵۵ درصد از کل انرژی در فرآیندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت مصرف و بالا بردن بازده و بهره وری انرژی را بیش از پیش آشکار می‌کند.

این مساله به ضرورت وجود یک الگوی بهینه جهت توسعه استفاده از انرژیهای تجدیدپذیربالاخص انرژی خورشیدی تأکید میکند. از این رو در این تحقیق، هدف اصلی طراحی الگوی بهینه نیروگاه فتوولتائیک با استفاده از انرژی خورشیدی بوده که علاوه بر تأمین برق مورد نیاز، باعث کاهش آلودگی زیست محیطی میشود فرضیه های اصلی تحقیق به قرار زیر است:

_ منطقه ۲۲ شهر تهران پتانسیل احداث نیروگاه فتوولتائیک را دارد.

_ احداث نیروگاه فتوولتائیک در منطقه ۲۲ تهران در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند.

پس از بیان ضرورت استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر و بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه، به ارائه الگوی بهینه تولید برق از انرژی خورشیدی پرداخته شده است در راستای این هدف، بعد از بیان ضرورت توسعه انرژیهای تجدیدپذیر و مروری بر ادبیات تحقیق، روش تحقیق بیان شده، سپس امکانسنجی و طراحی نیروگاه به وسیله نرم افزار PVSY، شبیه سازی شده و در پایان مقاله، تجزیه و تحلیل نتایج صورت گرفته است.

احمدی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه ای در استان ایلام مکان مناسب نیروگاه خورشیدی را با توجه به معیار و گزینه های مختلف از قبیل اقلیمی (دما، تابش، بارش، ساعت آفتابی، تبخیر)، توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل)، محیطزیست (کاربری اراضی، رودخانه ها) و محیط انسانی (محدوده مسکونی، راهها) در محیط سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از فرآیند مدل سلسله مراتبی تعیین کرده اند.



موقری و طاووسی (۱۳۹۲) تحقیقی را باهدف پهنه بندی و مکانیابی نقاط مستعد برای استقرار صفحات خورشیدی با تکیه بر متغیرهای اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان انجام داده اند. داده های مورد استفاده در این تحقیق به صورت نقشه های رستر از مجموع ساعات آفتابی سالانه، تعداد روزهای ابری در سال، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای گردوغباری، میانگین سالانه رطوبت نسبی، ارتفاع و مجموع بارندگی سالانه به عنوان مهمترین عوامل اقلیمی مؤثر بر میزان تابش خورشیدی در محیط نرم افزاری وارد شده است و با استفاده از مدل همپوشانی، نقشه موردنظر به دست آمده است.

فرجی سبک بار و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی مطالعه جامعی را در رابطه با شناسایی مناطق مستعد و پتانسیل بالا برای احداث نیروگاههای فتوولتائیک در ایران ارائه کرده اند. برای انجام این پژوهش، در گام نخست پس از تعیین محدوده موردبررسی، معیارهای مؤثر در پتانسیل سنجی به کمک مطالعات پیشین و روش دلفی استخراج شده است. در گام بعد، از روش تصمیم گیری آزمایشی و تحلیلی برای پیادهسازی ساختار شبکه و ازمدل فرآیند تحلیل شبکه ای نیز، برای وزندهی معیارها استفاده شده است. در ادامه، روش فرا ابتکاری اره ماهی برای تلفیق نتایج به کار گرفته شده است. نتایج همچنین نشان داد سه استان یزد، کرمان، خراسان جنوبی، به ترتیب دارای بهترین پتانسیل برای احداث نیروگاههای فتوولتائیک هستند.

نوراللهی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به پتانسیل سنجی کشور ایران از لحاظ اماکن مناسب جهت تأسیس نیروگاههای خورشیدی پرداختند. آنها در مرحله اول، نقشه ناحیه های نامناسب بر اساس محدودیتهای تعریف شده را استخراج کردند. در مرحله بعدی، به منظور شناسایی مناطق مناسب، ۱۱ معیار تعریف شده، از جمله تابش خورشیدی، دمای متوسط سالانه، فاصله از خطوط انتقال قدرت، فاصله از جادههای اصلی، فاصله از مناطق مسکونی، ارتفاع، شیب، کاربری زمین، متوسط سالیانه روزهای ابری، رطوبت متوسط سالیانه و میانگین سالیانه روزهای گردوغباری را شناسایی شده است. آنها وزن نسبی معیارهای تعریف شده را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی تعیین کردند.

راسی و علاءالدین (۱۳۹۶) بهم منظور مکانیابی نیروگاه خورشیدی، متغیرهای اقلیمی استان قزوین را به کمک روش تاپسیس ۱ بررسی نمودند. آنان ۵ ایستگاه (قزوین، آوج، معلم کلایه، تاکستان، بوئین زهرا) و هشت شاخص (عرض و طول جغرافیایی، ارتفاع، بارندگی، رطوبت نسبی، ساعت آفتابی، روز ابری، روز غبارناکی) را بررسی سپس اقدام به مقایسه و اولویتبندی مناطق پیشنهادی نمودند. در آخر، یک ایستگاه به عنوان اولویت اول انتخاب شد.

گندمکار و رحیمی ۱۳۹۳ نیز با استفاده از GIS پتانسیل سنجی احداث نیروگاههای خورشیدی را با بررسی پارامترهای اقلیمی در سطح استان اصفهان بررسی نموده اند. در این پژوهش با تحلیل ساعات آفتابی به عنوان مهمترین پارامتر در بهره برداری از انرژی خورشیدی و پارامترهای مؤثر بر ساعات آفتابی شامل ابرناکی، روزهای گردوخاک، رطوبت نسبی، ارتفاع و بارش سالانه مکان های مناسب برای احداث نیروگاه مشخص شده است.



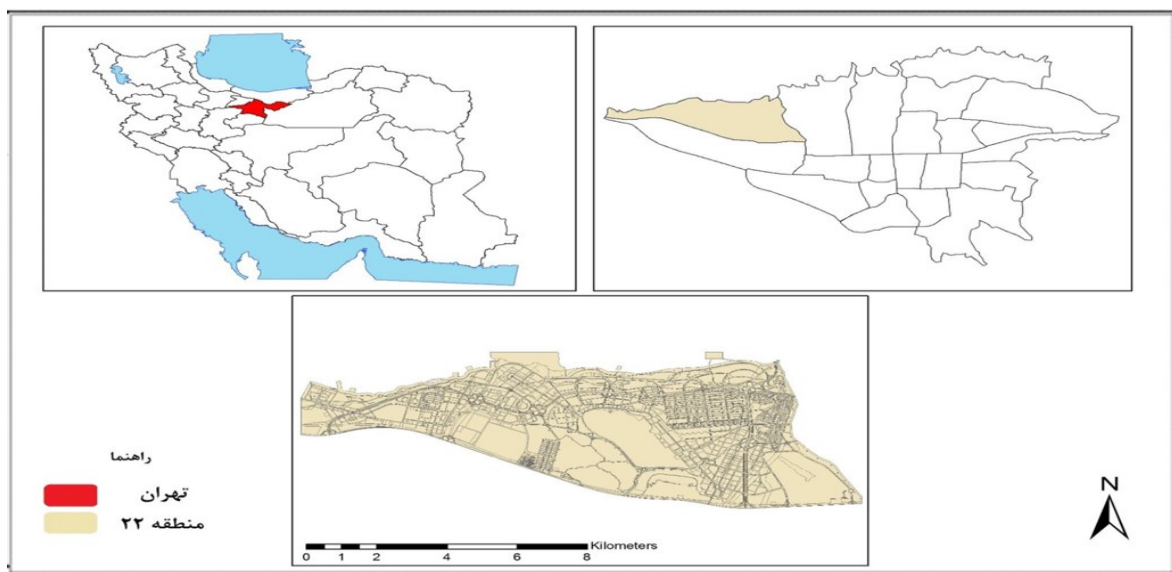
خواجه صالحانی و همکاران ۱۳۹۰ در مقاله ای با عنوان "تأمین برق مبتنی بر انرژی خورشیدی با استفاده از صفحات فتوولتائیک و کاربردهای جدید آن" با اشاره به اینکه سلولهای خورشیدی قادرند معادل ۵ تا ۲۰ درصد انرژی خورشیدی را مستقیماً به الکتریسته تبدیل کنند، به اهمیت نورخورشید در جایگزینی انرژی اشاره کرده اند. محققان استفاده از سلولهای فتوولتائیک و صفحات نوری در ساخت قطعات جاده ای را مناسب دانسته اند، به طوریکه استفاده از این صفحات علاوه بر مزایای ارزشمندی که در زمینه الکتریسته دارد، باعث افزایش مقاومت آسفالت سطح جاده ها مخصوصاً در زمان فشار ترافیک میشود.

مهدیزاده و فرزاد ۱۳۸۶ در مطالعه خود به توجیه فنی - اقتصادی احداث یک نیروگاه به روش برج خورشیدی در ایران پرداخته اند. بار خورشیدی یکی از روش های تولید برق از انرژی خورشید میباشد. مطالعات انجام شده در این مقاله نشان داد که احداث این نیروگاه در ایران از نظر فنی و اقتصادی امکانپذیر میباشد. مناطق مرکزی و جنوبی ایران با توجه به میزان کافی تشعشع خورشیدی کاملاً مناسب بوده و قیمت تمام شده برق این نیروگاه برای مقیاسهای بزرگ با توجه به نرخ آزاد برق مندرج در قانون بودجه سال ۱۳۸۷ کل کشور و همچنین افزایش نرخ خرید برق برای سالهای آتی از نیروگاههای تجدیدپذیر، در ایران مقرون به صرفه میباشد. اشرودر و چاپمن ۲۰۱۴ در مقاله ای با عنوان انرژی تجدیدپذیر خزننده در توسعه شهری چین در وضعیت فعلی و چشم انداز بیان می کنند که استفاده از فن آوری برق تجدیدپذیر در شهرستانها به عنوان یک عنصر حیاتی نتایج قابل توجهی بویژه از لحاظ انتشار کربن شهری در محیط زیست شهری دارد.

شنگ چانگ ۲۰۱۱ در مقاله خود پتانسیل انرژی خورشید در مصارف خانگی را برای کشور تایوان مورد ارزیابی قرار داده است. در این مقاله مزایا و موانع استفاده از انرژی تجدیدپذیر مدنظر قرار گرفته و این نتیجه به دست آمده که بازار و مشوق های سرمایه گذاری از فاکتورهای تأثیرگذار بر مولدهای برقی خورشیدی در تایوان هستند.

روش پژوهش

فرصت ها و زمینه های بالقوه رشد، تقاضای بالا برای توسعه زیر ساخت ها و سابقه نسبتاً "کوتاه، منطقه ۲۲ تهران را در پهنه پایتخت از موقعیت خاصی برخوردار نموده است. این شرایط تصویری از محدوده شمال غربی تهران در نقشه جامع شهر ترسیم کرده که در آن منطقه به عنوان آخرین فرصت شهر تهران برای ایجاد الگوی مناسب و بهینه زندگی شهری معرفی شده است. منطقه ۲۲ شهرداری تهران بین طولهای شرقی "۱۰ ۵۱ تا "۴۰ ۵۱ و عرضهای شمالی "۱۶ ۳۵ تا "۱۹ ۳۵ در قسمت شمال غربی شهر تهران و با وسعتی ۶ هزار هکتار محدوده شهری و ۱۸۰۰۰ هکتار حریم شهر است، بعبارتی یک هفتم مساحت شهر تهران را تشکیل می دهد. در پایین دست حوضه آبریز رودخانه کن و وردیج واقع شده است. این منطقه در شمال با کوهستان البرز مرکزی، در شرق با حریم رودخانه کن، در جنوب با آزاد راه تهران- کرج و در غرب با محدوده جنگل های دست کاشت و ردآورد محدود می گردد و با مناطق ۵ و ۲۱ شهرداری تهران همجوار است به این ترتیب مرز شمالی منطقه ۲۲ شهرداری تهران تا منتهی الیه دامنه های جنوبی البرز تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری توسعه یافته است.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه منطقه ۲۲ تهران

منبع: نگارندگان

همانگونه که از آمار ارائه شده توسط مرکز آمار ایران مشخص می باشد، خانوارهای ساکن در منطقه ۲۲ در فعالیت های مختلف مصرف کننده سوخت در بخش خانگی و ساختمان ۲۹۳۸۹ خانوار از مجموع ۲۲۶۸۷۴۲ خانوار تهران میباشند که حدود ۱/۳٪ کل خانوارهای مصرف کننده سوخت بخش خانگی تهران را تشکیل میدهند. اما در بین منابع سوخت تامین کننده انرژی جایی برای انرژی های تجدیدپذیر در نظر گرفته نشده است.

جدول ۱. مصرف برق در طی ۴ فصل در منطقه ۲۲ تهران

فصل	مصرف خانگی	مصرف خانگی منطقه ۲۲ تهران
تابستان	۷۶۴ کیلووات ساعت	۴۲۱۰۵ کیلووات ساعت
پاییز	۶۱۵ کیلووات ساعت	۳۳۸۹۴ کیلووات ساعت
زمستان	۴۹۰ کیلووات ساعت	۲۷۰۰۵ کیلووات ساعت
بهار	۵۵۴ کیلووات ساعت	۳۰۵۳۲ کیلووات ساعت

تشریح روند شبیه سازی

سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه شامل مجموعه ای از اجزای متشکل از آرایه فتوولتائیک، اینورتر و تجهیزات ارتباط با شبکه تعریف شده است. قانون اول در این سیستم آن است که همه رشته ماژولهای متصل به ورودی اینورتر یا ورودی ردیاب نقطه بیشینه توان (MPPT) باید همگن باشند.

گام اول: امکان سنجی انتخاب مکان نیروگاه خورشیدی است مهم ترین پارامتر میزان تابش سالانه بر حسب کیلو وات ساعت در هر متر مربع است با توجه به خروجی نرم افزار Meteosyn تهران با تابش ۱۸۱۶ و منطقه ۲۲ تهران با تابش ۱۸۱۴ شرایط مناسبی را دارد. برای طراحی دقیق از اطلاعات جغرافیایی منطقه ۲۲

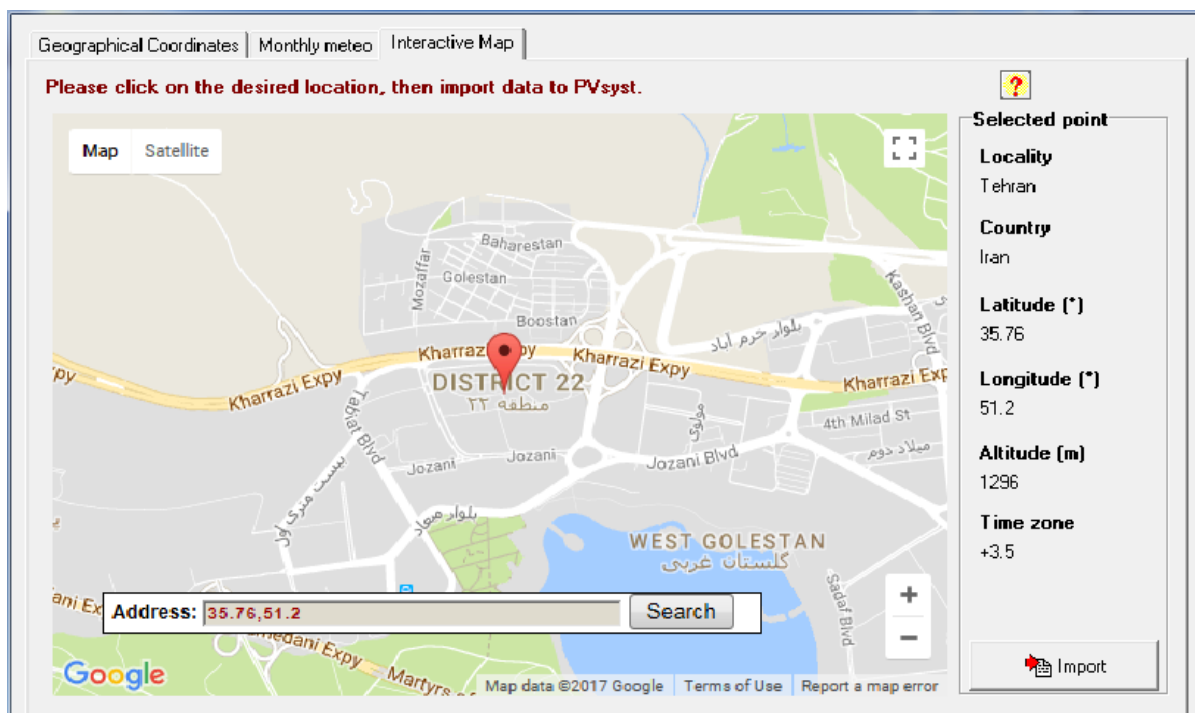


تهران (طول و عرض و ارتفاع از سطح) در شکل ۲- استفاده شده است. نیروگاه خورشیدی مورد نیاز که برای این منطقه در نظر گرفتیم، ۲ مگاواتی دو آرایه ۵۰۰ کیلوواتی تعریف شده است پس از انتخاب سایت جغرافیایی نصب سیستم مورد بررسی قرار می گیرد.

The screenshot shows the MeteoSyn software interface. At the top, there are tabs for 'Map', 'List', and 'Options'. Below these, a 'Country' dropdown menu is set to 'Iran'. A 'Filter' input field is also present. The main area contains a table with the following columns: Location, [kWh/m], [°C], From, Until, Latitude, Longitude, Source, and File. The table lists various locations in Iran, with 'tehran,region22' highlighted in blue. Below the table, there is a button labeled 'Create climate data for new location'.

Location	[kWh/m]	[°C]	From	Until	Latitude	Longitude	Source	File
SABZEVAR	1742	17	1986	2005	36.21	57.66	Meteonorm 7	
SANANDAJ	1884	14	1986	2005	35.33	47.00	Meteonorm 7	
SARAB	1851	8	1986	2005	37.93	47.53	Meteonorm 7	
Semnan	1924	18	1986	2005	35.55	53.55	Meteonorm 7	
SHAHRE-KORD	1863	11	1986	2005	32.31	50.85	Meteonorm 7	
Shahrud	1902	15	1986	2005	36.42	55.03	Meteonorm 7	
Shiraz	1879	18	1986	2005	29.55	52.60	Meteonorm 7	
Tabriz	1883	13	1986	2000	38.13	46.28	Meteonorm 7	
Teheran	1816	18	1986	2005	35.68	51.20	Meteonorm 7	C:\ProgramData\Valentin EnergieSoftw...
tehran,region22	1814	18	1986	2005	35.75	51.22	Meteonorm 7 (1)	C:\ProgramData\Valentin EnergieSoftw...
TORBAT-HEYDARIEH	1777	14	1986	2005	35.26	59.21	Meteonorm 7	
YASOGE	1817	15	1986	2005	30.83	51.68	Meteonorm 7	
Yazd	1958	20	1986	2005	31.90	54.40	Meteonorm 7	
Zahedan	2062	20	1986	2005	29.47	60.88	Meteonorm 7	
Zanjan	1861	11	1982	2000	36.68	48.45	Meteonorm 7	

شکل ۲. اطلاعات تابش منطقه ۲۲ تهران



شکل ۳. اطلاعات جغرافیایی منطقه ۲۲ تهران

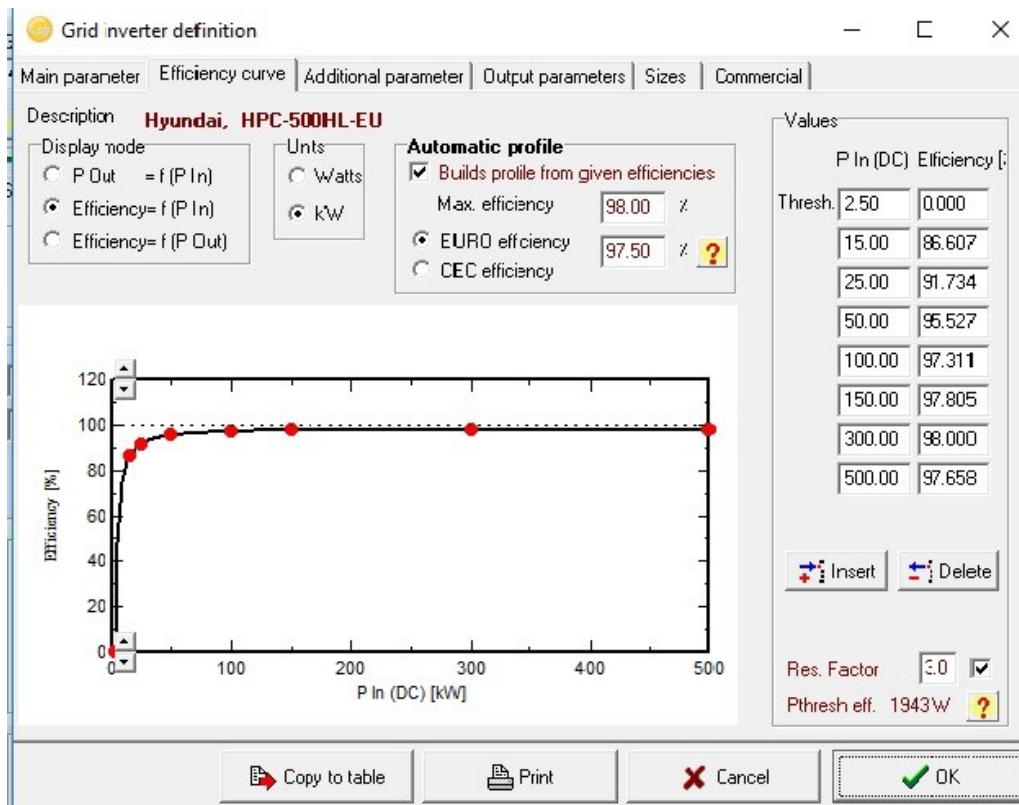
گام دوم: انتخاب مدل ماژول

برند ماژول با توجه به بررسی های بعمل آمده، از یک شرکت آلمانی انتخاب شده است. اما درباره توان انتخابی پنل ها باید توجه داشت که بنا به دلایلی نظیر کاهش قیمت برای هر وات ماژول، کاهش مساحت اشغال شده، سهولت تعمیر و نگهداری و عیب یابی، کاهش اتصالات ماژولها، کاهش وزن ماژولها و روند انتخاب نیروگاههای جهان، توان بالاتر از ۳۰۵ وات منوکریستالی انتخاب شده است.

جدول ۲. اطلاعات پنل ها

نام شرکت و مدل	LG305N1C-B3
بازده	۱۵.۱۶
ماکزیم توان	۲۵۰.۱
ماکزیم ولتاژ	۳۰.۹
ماکزیم جریان	۸.۱۰
ولتاژ مدار باز	۳۷.۸۰
جریان اتصال کوتاه	۸.۶۰

برای هر کدام از آرایه های سلول خورشیدی از یک اینورتر مشابه (Bosch Power Tec GmbH) ۵۰۰ کیلوواتی انتخاب شده است که نمودار راندمان این اینورتر به صورت شکل ۳ است.



شکل ۴. نمودار راندمان اینورتر (SMA)

گام سوم بررسی اثر سایه:

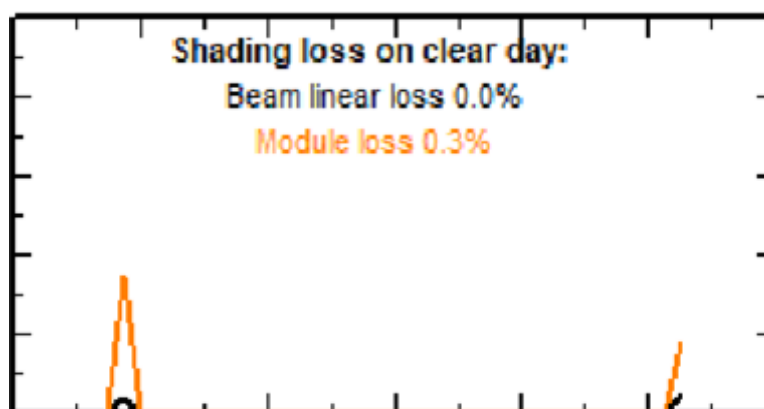
جدول ۳ زیر مقادیر سایه برای سیستم طراحی شده را نشان می دهد. این نتایج مربوط به روز ۲۱ دسامبر می باشد همانگونه که مشاهده می شود اثر سایه تقریباً تا ۱۰ درجه برابر صفر بوده که دلیل آن انتخاب بهینه فاصله ها می باشد.

جدول ۳. مقادیر مختلف سایه برای موقعیت های مختلف

Azimuth Height	۰۱۸۰	۰۱۶۰	۰۱۴۰	۰۱۲۰	۰۱۰۰	۰۸۰	۰۶۰	۰۴۰	۰۲۰	۰	۰۲۰	۰۴۰	۰۶۰	۰۸۰	۰۱۰۰	۰۱۲۰	۰۱۴۰	۰۱۶۰	۰۱۸۰
۰۹۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۰۸۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۰۷۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۰۶۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۰۵۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
۰۴۰	۰.۰۲۸	۰.۰۳۰	۰.۰۰۳	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۷	۰.۰۲۸	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۳	۰.۰۲۸	۰.۰۲۸
۰۳۰	۰.۰۵۶	۰.۰۶۰	۰.۰۲۸	۰.۰۰۴	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۳۵	۰.۰۳۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۴	۰.۰۰۴۵	۰.۰۲۶	۰.۰۵۶	۰.۰۵۶
۰۲۰	Behind	Behind	۰.۰۹۳	۰.۰۴۷	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۹	۰.۰۴۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۰	۰.۰۰۲	۰.۰۰۴	۰.۰۰۰	۰.۰۲۲	۰.۰۸۰	Behind	Behind
۰۱۰	Behind	Behind	Behind	۰.۰۹۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۶	۰.۰۴۲	۰.۲۳۸	۰.۴۱۱	۰.۲۳۸	۰.۰۴۲	۰.۰۰۶	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۴۱	Behind	Behind	Behind

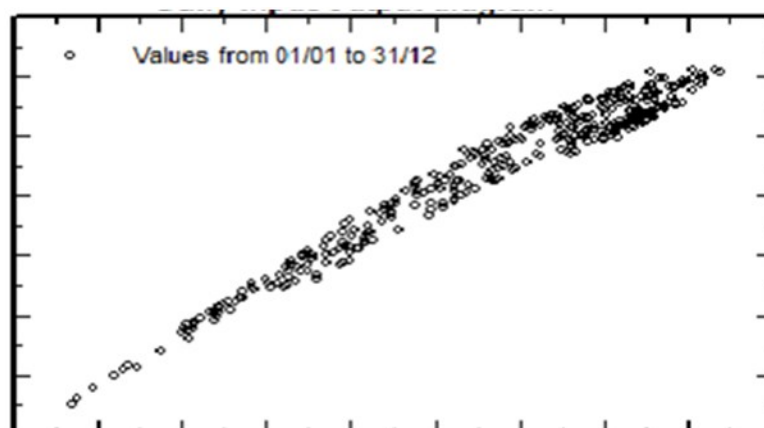
۹۲	Behind	Behind	Behind		۰.۰۰۰	۰.۰۴۷	۰.۳۴۸	۰.۳۳۶	۰.۸۰۶	۰.۸۰۶	۰.۵۲۳	۰.۳۳۶	۰.۳۴۸	۰.۰۴۷	۰.۰۰۰		Behind	Behind	Behind
----	--------	--------	--------	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--------	--------	--------

اثر سایه این روز نیز به صورت نمودار شکل ۵ می باشد می توان دریافت که از ساعت ۸ صبح تا ۱۶ بعدظهر مقدار سایه تقریباً صفر می باشد.



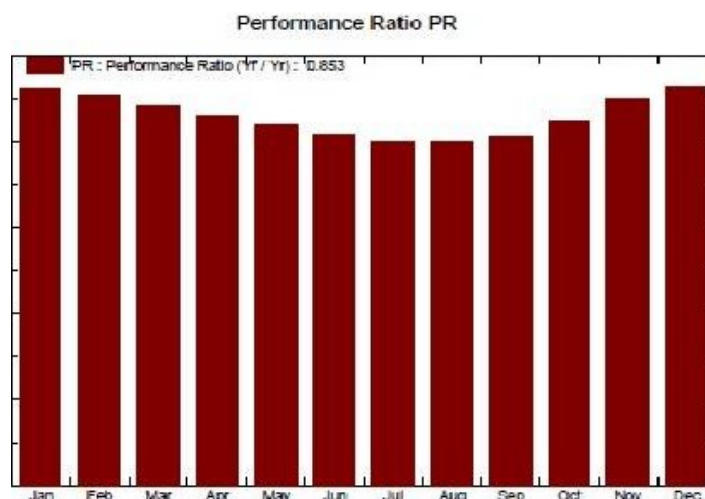
شکل ۵. اثر سایه در ساعات مختلف روز

گام چهارم: نمودار پراکندگی که نشان دهنده میزان کیفیت سیستم و عناصر به کاررفته را نشان می دهد به صورت تقریباً خطی درآمده و با وجود سایه کمترین اثر پراکندگی در آن مشاهده می شود.

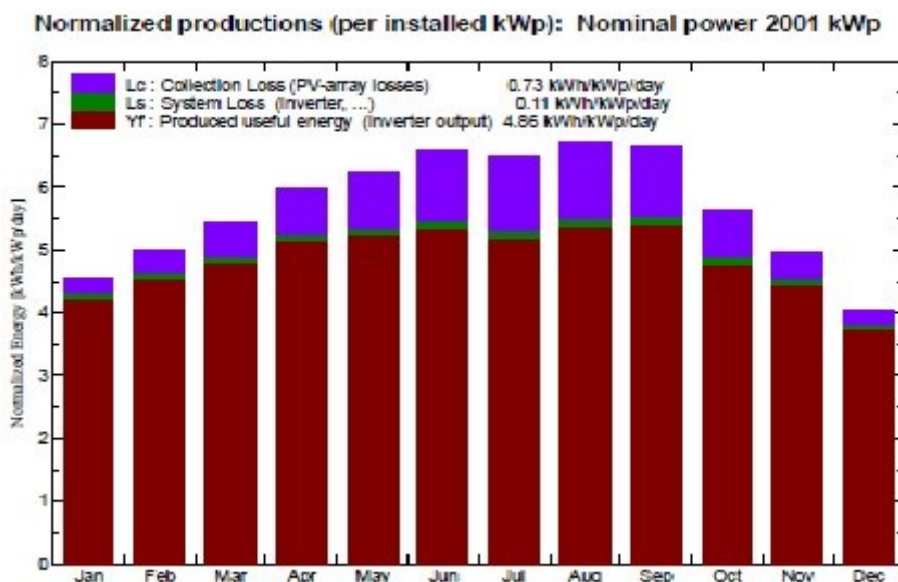


شکل ۶. پراکندگی ورودی خروجی سیستم طراحی شده

به منظور این که درک بهتری از میزان تلفات سیستم خورشیدی وجود داشته باشد نمودار ضریب عملکرد و انرژی تولیدی در زیر ارائه شده است. در نمودار ۵ ضریب عملکرد سیستم برای ماه های مختلف سال نمایش و محاسبه شده است و شکل ۷ نیز بازده مفید و مقدار تلفات و انرژی تولیدی سیستم را نشان می دهد.



شکل ۷. ضریب عملکرد سیستم برای ماه های مختلف سال



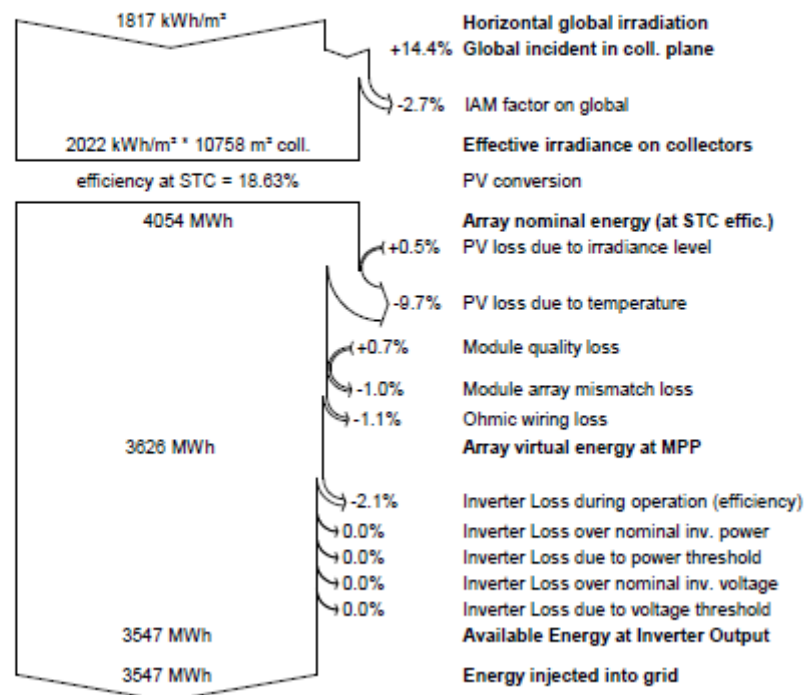
شکل ۸. انرژی تولیدی تلفات در قسمت های مختلف سیستم در ماه های مختلف سال

جدول ۴. ضریب عملکرد و انرژی تولیدی

	GolbHor Kwh/m ²	T Amb °C	Golblnc Kwh/m ²	GolbEff Kwh/m ²	EArray MWh	E-Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	۸۶.۳	۴.۱۵	۱۴۱.۴	۱۳۸.۳	۲۶۷.۳	۲۶۱.۶	۱۷.۵۸	۱۷.۲۰
February	۹۹.۲	۷.۱۳	۱۴۰.۰	۱۳۶.۹	۲۵۹.۸	۲۵۴.۲	۱۷.۲۵	۱۶.۸۸
March	۱۳۹.۴	۱۲.۷۹	۱۶۸.۳	۱۶۳.۸	۳۰۴.۵	۲۹۸.۰	۱۶.۸۲	۱۶.۴۶
April	۱۷۰.۳	۱۷.۴۷	۱۷۹.۹	۱۷۴.۶	۳۱۵.۶	۳۰۸.۹	۱۶.۳۱	۱۵.۹۶
May	۲۰۶.۵	۲۳.۲۱	۱۹۳.۹	۱۸۷.۴	۳۳۲.۴	۳۲۵.۲	۱۵.۹۴	۱۵.۵۹
June	۲۲۱.۵	۲۸.۱۸	۱۹۷.۶	۱۹۰.۹	۳۲۸.۸	۳۲۱.۶	۱۵.۴۷	۱۵.۱۳
July	۲۲۰.۳	۳۱.۱۲	۲۰۱.۴	۱۹۴.۸	۳۲۹.۹	۳۲۲.۷	۱۵.۲۲	۱۴.۸۹
August	۲۰۶.۰	۳۰.۶۲	۲۰۸.۶	۲۰۲.۵	۳۴۱.۱	۳۳۳.۸	۱۵.۲۰	۱۴.۸۷
September	۱۷۰.۷	۲۵.۹۸	۱۹۹.۶	۱۹۴.۴	۳۳۱.۵	۳۲۴.۵	۱۵.۴۴	۱۵.۱۱
October	۱۲۷.۳	۲۰.۲۶	۱۷۴.۸	۱۷۰.۸	۳۰۳.۳	۲۹۶.۹	۱۶.۱۳	۱۵.۷۹
November	۹۴.۱	۱۱.۵۴	۱۴۹.۰	۱۴۵.۷	۲۷۳.۸	۲۶۸.۰	۱۷.۰۸	۱۶.۷۲
December	۷۵.۶	۵.۸۴	۱۲۴.۹	۱۲۲.۱	۲۳۷.۰	۲۳۱.۸	۱۷.۶۴	۱۷.۲۶
year	۱۸۱۷.۱	۱۸.۲۵	۲۰۷۹.۳	۲۰۲۲.۲	۳۶۲۵.۰	۳۵۴۷.۲	۱۶.۲۱	۱۵.۸۶

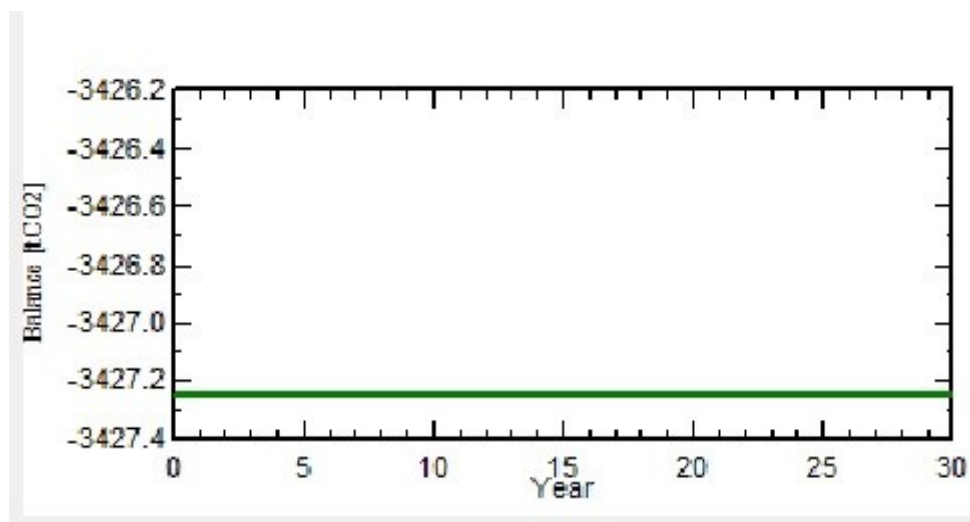
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
T Amb Ambient Temperature
Golblnc Global incident in coll. plane
GolbEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray Effective energy at the output of the array
E_Grid Energy injected into grid
EffArrR Effic. Eout array / rough area
EffSysR Effic. Eout system / rough area

Loss diagram over the whole year



شکل ۹. نمودار تلفات کل نیروگاه از تابش تا تزریق انرژی به شبکه

گام پنجم: شکل ۹ تلفات کل سیستم از زمان دریافت انرژی تابشی بر واحد سطح افق در محل نیروگاه تا میزان تزریق انرژی به شبکه را در طول یک سال نشان می دهد که بیشترین تلفات به علت راندمان پانل ها در شرایط استاندارد و درجه حرارت محیط می باشد. دریافت انرژی مجموعه پانل ها ۴۰۵۴ مگاوات ساعت در مجموعه نیروگاه بوده که پس از کسر تلفات سیستمی ۳۵۴۷ مگاوات ساعت در زمان تزریق به شبکه رسیده است. در حال حاضر در ایران ۷۰۰ گرم دی اکسید کربن به ازای تولید هر کیلووات ساعت برق تولید می شود که ۱۰۰ گرم بیشتر از استانداردهای بین المللی است و طبق نظر اژانس بین المللی انرژی ۶۰۰ گرم نرمال نیز باید تا سال ۲۰۵۰ باید به ۲۰۰ گرم کاهش یابد. به ازاء تولید یک مگاوات ساعت انرژی از طریق سوختهای فسیلی در روز ۵۶۵ کیلو گرم گاز CO₂ تولید می شود. که با توجه به عدم تولید هر گونه آلاینده توسط نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک در سال حداقل به میزان ۱۲۳۷ تن از تولید این آلاینده جلوگیری به عمل می آید.



شکل ۱۰. میزان دی اکسید کربن save شده

نتیجه گیری

استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی میتواند به اهداف مدیریت شهری از جمله تنوع بخشی از انرژی، استفاده از منابع انرژی محلی، کاهش اثرات زیست محیطی و در نهایت توسعه پایدار بخش انرژی کمک کند. با توجه به روند رو به رشد سرمایه گذاری در نیروگاههای خورشیدی، شناسایی بهترین مکان برای بهره برداری از انرژی خورشیدی میتواند مهمترین گام در توسعه این صنعت باشد. هدف اصلی طراحی الگوی بهینه نیروگاه فتوولتائیک با استفاده از انرژی خورشیدی بوده است. در این مقاله اقلیم جغرافیایی و تابشی منطقه ۲۲ تهران مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج، حاکی از تابش و شاخص وضوح مساعد منطقه جهت احداث نیروگاه بودروشی اجرایی برای انتخاب ابعاد بهینه اجزای نیروگاه فتوولتائیک با در نظر گرفتن قیود حاکم بر اجزای نیروگاه نظیر ولتاژ و توان خروجی ماژول، محدوده ولتاژ و جریان ورودی اینورتر پیشنهاد شد. باطراحی



این نیروگاه می‌توان این انرژی مصرفی را تامین کرد. انرژی خورشیدی مقدار قابل توجهی صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های تولید انرژی کرده است. زمین به موجب چرخه طبیعی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی در حال گرم شدن است. سوزاندن سوخت‌های فسیلی، دی‌اکسیدکربن را به عنوان یک محصول جانبی احتراق منتشر می‌کند. دی‌اکسیدکربن اغلب به دلیل اینکه یکی از گازهای اتمسفر است که مانع انتقال انرژی گرمایی نزدیکی سطح زمین به سطوح بالاتر می‌شود، به عنوان یک عامل مداخله گراثر گلخانه‌ای را افزایش داد و دما را بالا می‌برد نیروگاه‌های فتوولتائیک در کاهش CO_2 بسیار موثر هستند که هم باعث صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی علاوه بر کاهش در هزینه‌های حاصل از تولید و انتقال آن‌ها باعث کاهش آلاینده‌های هوا مانند CO_2 , SO_2 ، و غیره می‌گردند. در طراحی این نیروگاه رقم قابل چشمی ۳۴۲۷ تن CO_2 ذخیره می‌شود. با توجه به اینکه توسعه پایدار، توسعه‌ای است کیفی و متوجه کیفیات که هدف از آن بالا بردن سطح کیفیت زندگی شهروندان می‌باشد می‌توانیم با طراحی نیروگاه‌های خورشیدی، بادی، زیست توده به پایداری محیط زیست شهری کمک فراوانی کنیم.



References (in Persian)

- Ahmadi, H., Morshedzade, J., and Azimi, F. (2016). "Solar Photovoltaic Power Planet locating Using Climatic Data and Spatial Information Systems – A Case Study of Ilam Province." *Remote Sensing and Geographic information Systems in Natural Sources*. Vol.7, No.10, PP. 41-55.
- Ahmadpour, A. (2014), introducing the kinds of renewable energies and studying use advantages of it. The sixth conference of renewable, pure, and efficient energies.
- Pir haghshenas, V, Motazedi, A, (2011), use of renewable energies in the buildings. First national congress of wind and solar energies.
- Zarei Mahmudabadi, H, (2014), new energies and environment, edited by Yazdi Mahdi, Islamic azad university, Meibod branch.
- Sharestan Consultant engineers (2011)
- Adebi, S, Rahmani Dizagah, M, Zahedian, R, (2015), relationship between CO2 Emission, renewable energies, fossil energy, and economic growth in Iran, third general congress of environment, energy, and biological defense, high education institute of Mehre Arvand, promotion group of environment supporters. Tehran. Iran.
- Fetros, M, Aghazadeh, A, Gebrieli, S, (2010), effect of economic growth on renewable energy consumption, comparative comparison of selected member countries of economic cooperation and development of outsider (included Iran) organization, economic researches and policies quarterly periodical, 19th year, 60 no, pp 81-98.
- Faraji Sabkbar, Hassan Ali, Pak Tint Mehdi Abadi, Hadi, Rahimikian, Ashkan, Ashournejad, Ghadir, (2013), Land proportionality for the construction of photovoltaic farms by combining simple weight collection systems and fuzzy inference research in Iran.
- Gandomkar A, Rahimi A, (2014), potentiometric of solar power plants construction by studying the regional parameters in Isfahan province, first international conference of environment engineering.
- Iran statistical center, (2011), detailed results of population and housing census 2011, Tehran: Iran statistical center
- Muhammadi Nezhad, Y, (2014), pure energy necessity and requirement of third millennium, first edition, Tehran, knowledge writer (Negarandeye Danesh).
- Moghari, Alireza, Tavousi, Taghi, (2013), Feasibility and zoning of places prone to the establishment of solar panels based on climatic parameters in Sistan and Baluchestan province, *Journal of Energy Planning and Policy Research*, Year 1, No. 1.
- Noorollahi, E., Fadayi, D. Akbarpoor, M. and Ghodsipoor, S.H. (2016). "Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) - A Case Study of Iran" *Energies*. Vol.643, No.9, PP. 124-136.
- Nasr Isfahani, A, (2015), measure examination of renewable and nonrenewable energies consumption on Iran provinces economic growth, Islamic Azad university, Isfahan (khorasegan) branch, M.A of economics sciences.
- Rasi, A., & Alaedin, F. (2017). Location of Solar Power Plant by Investigating Climate Parameters in Qazvin Province Using TOPSIS, 4th International Conference on Environmental Planning and Management, (2,3), 1-9. (in Farsi).



Zehtab Yazdi Y, Zehtab Yazdi H, (2013), the role of renewable energies on social sustainable development, first national congress of planning, protect of environment and sustainable development.

References (in English)

- Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 237-247
- Chandrasekar. B, Tara. C. Kandpal. (2010). "An Opinion Survey Based Assessment of Renewable Energy Technology Development in India". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (11): 688-701.
- Kasman, A., & Duman, Y. S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis. *Economic Modelling*, 44, 97-103
- nglesi-Lotz, Roula(2016), "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application", *Energy Economics*, Vol. 53, pp 58-63.
- Ohlan, R. 2016. Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in India. *Energy Sources*. No.11.pp: 1050-1054.
- Pao, H.; Li, Y. (2014). Clean energy, non-clean energy, and economic growth in the MIST countries. *Energy Policy*. No. 67. pp: 932-942.
- Reinsberger,K.:Brudermann,T.:Hatzl,S.:Fleib,E.andA.POSCH(2015),"Photovoltaic Diffusion from the bottom-up:Analytical Investigation of Critical Factors",*Applied Energy*,Vo1.159,pp.178_178.
- Sbia, R., Shahbaz, M., & Hamdi, H. (2014). A contribution of foreign direct investment, clean energy, trade openness, carbon emissions and economic growth to energy demand in UAE. *Economic Modelling*, 36, 191-197.
- Wolde-Rufael,yemane(2014),"Electricity consumption and Growth in Transition countries:A Revisit Using Bootstrap panel Granger causality Analysis",*energy economic*,NO.44,PP.325-330.