

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره دهم، شماره سی و نهم، بهار ۱۳۹۹

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

صص ۸۳-۶۶

بررسی تطبیقی شهرهای شش گانه منطقه سیستان از لحاظ پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی

غلامعلی خمر*، استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری-دانشگاه زابل

سمانه زینلی، دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری-دانشگاه زابل

نبی جهانتیغ، استادیار مکانیک و تبدیل انرژی-دانشگاه زابل

اکبر کیانی، دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری-دانشگاه زابل

چکیده

امروزه با توجه به افزایش روزافزون جمعیت شهری، میزان مصرف حامل‌های انرژی و در رأس آن برق شهری روزبه‌روز افزایش می‌یابد که این مسئله می‌تواند در درازمدت باعث ایجاد مشکلاتی در تأمین این نوع از زیرساخت‌های شهری نیز شود. از این‌رو، ایجاد تمهیدات لازم در زمینه تأمین بهینه‌ی برق شهری یکی از اولویت‌های اساسی برنامه‌ریزان شهری محسوب می‌شود. در این‌بین، انرژی خورشیدی به دلیل ویژگی‌های عمده‌ی آن از جمله پاک بودن و مقرون‌به‌صرفگی در بلندمدت، یکی از گزینه‌های اصلی پیش روی مناطق عمده‌ای از ایران مانند سیستان است. منطقه‌ی سیستان از طرفی به دلیل وضعیت جغرافیایی خاص خود مانند ساعات آفتابی زیاد و دمای بالای هوا و از طرف دیگر به دلیل موقعیت مرزی خود جهت صادرات انرژی الکتریسیته به کشورهای هم‌جوار، شرایط مطلوبی برای سرمایه‌گذاری در این زمینه دارد. هدف از این پژوهش، بررسی تطبیقی شش شهر عمده‌ی سیستان از نظر میزان مطلوبیت استقرار پنل‌های خورشیدی و مقدار برق تولید شده است. بدین منظور از نرم‌افزار Metenorm 7.2 برای جمع‌آوری داده‌های اقلیمی و از نرم‌افزار PVSYST 6.4.3 به منظور شبیه‌سازی میزان انرژی تولیدی نهایی از پنل‌های خورشیدی و برآورد درآمد حاصل از آن استفاده شد. یافته‌های نهایی تحقیق حاکی از آن است که در بین شهرهای مورد بررسی، سیستان از نظر استقرار پنل‌های خورشیدی در زمینه تولید الکتریسیته (با فرض استقرار نیروگاه‌های ۱ کیلوواتی)، شهر محمدآباد با تولید انرژی سالانه ۱۶۴۴ کیلووات در سال در محیطی به وسعت ۶٫۵ مترمربع، دارای وضعیت مناسب‌تری نسبت به بقیه شهرهاست که با فرض تورم ثابت ۰٫۱ و نرخ خرید تضمینی هر کیلووات به مبلغ ۹۳۱۷ ریال از سوی وزارت نیرو درآمدی بالغ بر ۱۵ میلیون تومان در سال برای هر واحد را در پی دارد که طبیعتاً می‌تواند مبلغ قابل توجهی برای خانوارهای شهری باشد.

واژگان کلیدی: انرژی خورشیدی، سیستان، Metenorm، PVSYST.

۱- مقدمه

مقدار انرژی که از طریق فعالیت رادیواکتیو یا سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، در مقایسه با تابش خورشید بسیار ناچیز است (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۹۱: ۵۷)؛ از این‌رو انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان بهترین جایگزین سوخت‌های فسیلی طی دهه‌های گذشته برای تأمین انرژی سرتاسر جهان مورد توجه قرار گرفته‌اند (شفیعی‌نژاد، ۱۳۹۲: ۱۲ و FAO 36: 1984). در واقع مقدار کل انرژی که زمین از خورشید دریافت می‌کند، بسیار زیاد و در هر ثانیه معادل انرژی حاصل از سوختن ۳ میلیون تن بنزین است (پورقاضی و شیوایی، ۱۳۹۲: ۳) که از این مقدار انرژی خورشیدی به هنگام تابش بر کره‌ی زمین، حدود ۳۰ درصد بدون تغییر به فضای بیرونی بازتابش، حدود ۴۶/۸ درصد توسط زمین جذب و به انرژی گرمایی تبدیل، حدود ۲۳ درصد صرف چرخه‌ی آب و کم‌تر از ۰/۲ درصد صرف انرژی لازم برای تولید باد و فتوسنتز می‌شود (ارشدی، ۱۳۹۲: ۲)؛ بنابراین، اگر از انرژی تابشی خورشید به‌طور مستقیم استفاده شود، سهم بیشتری از انرژی در اختیار خواهد بود. تابش خورشید بزرگ‌ترین منبع تجدیدپذیر کره‌ی زمین است؛ به‌گونه‌ای که اگر فقط یک درصد از تابش صحراهای جهان توسط نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی به کار گرفته شود، می‌توان کل تقاضای برق سالانه جهان را تأمین کند (صابری‌فر، ۱۳۸۹: ۴۴)؛ به‌طوری‌که امروزه سهم استفاده از این‌گونه انرژی‌ها در سبد منابع تأمین انرژی کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته در حال افزایش است (Boroumand et al, 2013: 89). در چند دهه‌ی اخیر، روش‌های جدید برای بهره‌برداری از تابش خورشید معمول شده است. راحت‌ترین راه، آب گرمکن‌هایی با دمای کم است که از صفحه‌های خورشیدی برای تبدیل نور خورشید به انرژی گرمایی استفاده می‌شود (Jun Remud et al, 2011: 3)؛ اما برای تولید دماهای زیاد، از آینه‌های مقعر بزرگ (کوره خورشیدی) برای متمرکز کردن پرتوهای خورشیدی به‌کاربرده می‌شود (Malczewski & Rinner, C, 2015: 199). روش دیگر بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، به کار بردن سلول‌های خورشیدی است که نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کنند و با اتصال تعداد زیادی از این سلول‌ها برای تولید انرژی الکتریکی لازم برای دستگاه‌های الکتریکی در مقیاس کوچک و همچنین برای تولید برق در مقیاس بزرگ (نیروگاه برق) بهره گرفته می‌شود (پورقاضی و شیوایی، ۱۳۹۲: ۶).

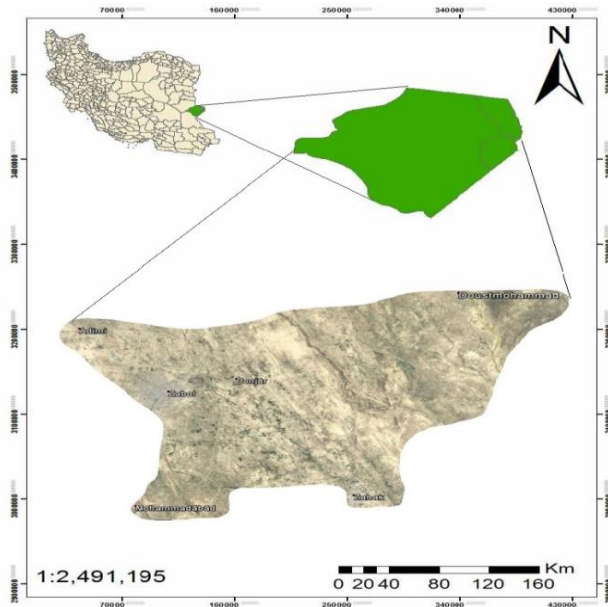
یکی از کاربردهای مهم انرژی خورشیدی، تبدیل آن به انرژی الکتریکی به کمک سامانه‌های حرارتی و سامانه‌های فتوولتائیک است. در سامانه‌ی فتوولتائیک انرژی خورشیدی بدون بهره‌گیری از مکانیزم‌های متحرک، به صورت مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود (کاوایانی، ۱۳۸۱: ۵۹ و William, 1983: 80). امروزه نصب سیستم‌های فتوولتائیک (PV) در محیط‌های شهری، هم از بعد پیاده‌سازی و هم از بعد سوددهی و مقرون‌به‌صرفگی به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه برنامه‌ریزان شهری قرار گرفته است. ساده‌ترین ارزیابی از جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی این نوع از پروژه‌های شهری قابلیت و به‌صرفه بودن برق تولیدی نسبت به هزینه‌های استقرار و نگهداری آن را نشان می‌دهد (Peronato et al, 2018: 871)؛ از این‌رو، در زمینه‌ی استقرار این نوع از تأسیسات در پهنه‌های مناسب شهری، برنامه‌ریزان شهری موظفند تا بر اساس قابلیت‌های تکنیکی و تجاری مناطق بالقوه، عمل اولویت‌بندی پهنه‌ها را انجام داده تا به بالاترین بازدهی لازم دست یابند.

کشور ایران به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده قرار دارد (ریاحی، ۱۳۹۳: ۲۵)، اما مسئله‌ی مهم این است که مقدار انرژی تابشی دریافت‌شده در واحد سطح زمین، در نقاط مختلف از سطح زمین یکسان نیست و به پارامترهای اقلیمی هر منطقه (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، ساعات آفتابی، ابرناکی، رطوبت نسبی، بارندگی و...) بستگی دارد (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۹۱: ۶۱)؛ بنابراین اگر بخواهیم نهایت بهره‌وری و صرفه‌جویی را در استفاده از انرژی تابشی خورشید داشته باشیم، ابتدا باید سراغ مناسب‌ترین مکان که حداکثر دریافت تابش خورشیدی را داشته باشد، بگردیم.

به همین دلیل می‌توان گفت منطقه‌ی سیستان به دلیل قرارگیری در عرض جغرافیایی خاص با زاویه‌ی تابشی قوی شرایط مناسبی را برای استقرار پنل‌های خورشیدی و دریافت انرژی تابشی خورشیدی در سطح زمین فراهم می‌سازد. رویکرد اصلی این مقاله نیز ایجاد تسهیل‌گری در زمینه‌ی اولویت‌بندی و انتخاب این نوع از پهنه‌ها با تکیه بر عمل شبیه‌سازی تحت شرایط غیرقطعی است. بداین منظور شش مورد از مهم‌ترین شهرهای منطقه‌ی سیستان شامل (زابل، زهک، دوست‌محمد، بنجار، محمدآباد و ادیمی) مورد استفاده قرار گرفته است تا به صورت تطبیقی و با استفاده از نرم‌افزار Metonorm ورژن ۷,۲ داده‌های مختلف اقلیمی آن‌ها (مانند دما، وزش باد و شدت تابش آفتاب) استخراج شده و در ادامه با کمک نرم‌افزار PVSyst ورژن 6.4.3 عمل شبیه‌سازی استقرار پنل‌های خورشیدی انجام گیرد تا در نهایت، پهنه‌های مورد بررسی از لحاظ میزان برق تولیدی نهایی اولویت‌بندی شوند.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرقی ایران قرار دارد. مساحت این استان، ۱۸۱۷۸۵/۲۸ کیلومتر مربع است. طبق آخرین تقسیمات سیاسی کشور در سال ۱۳۹۱ این استان به ۱۹ شهرستان تقسیم شده است. این استان در شرق هم‌مرز کشور پاکستان و در شمال شرق با افغانستان هم‌مرز است. منطقه‌ی سیستان در منتهی‌الیه شرقی کشور ایران و در شمالی‌ترین قسمت استان خود؛ یعنی سیستان و بلوچستان واقع شده است. این منطقه‌ی بین ۳۰ درجه و ۷ دقیقه الی ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۵۸ دقیقه الی ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد. جمعیت این استان طبق سرشماری سال ۱۳۹۰، ۲۵۳۴۳۲۷ نفر است. متوسط رشد سالانه‌ی جمعیت در این استان ۱/۰۵ درصد بوده و سهم آن از جمعیت کشور ۳/۳۷ درصد است، طبق نتایج سرشماری سال ۱۳۹۰ میزان شهرنشینی در این استان ۰/۴۹ است، نرخ باسوادی ۷۱/۶، بعد خانوار ۴/۳ نفر در هر خانواده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). بزرگ‌ترین شهر سیستان، شهر زابل است. زابل به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شهرستان‌های استان سیستان و بلوچستان با مساحت ۳۴۴ کیلومتر مربع در ضلع شمال شرقی استان با مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. زابل در فاصله‌ی ۲۱۰ کیلومتری زاهدان، ۱۵۳۸ کیلومتری تهران، ۳۳۶ کیلومتری بیرجند و ۸۳۴ کیلومتری مشهد قرار دارد و بدین طریق با مراکز استان‌های هم‌جوار ارتباط پیدا می‌کند (بزی و رضایی، ۱۳۹۱: ۲۶). شهرستان زابل از شمال به شهرستان نیمروز، از شرق به شهرستان هیرمند و از جنوب به شهرستان‌های هامون و زهک و از غرب به شهرستان هامون محدود می‌شود. فاصله‌ی مرکز شهرستان تا مرکز استان ۲۰۷ کیلومتر است. شهرستان زابل دارای دو شهر (زابل و بنجار) و به‌عنوان مرکز سیستان ۱۷۱۹۴۰ نفر جمعیت که از این تعداد ۱۳۷۷۲۲ نفر آن در شهر زابل، ۴۰۸۸ نفر آن در شهر بنجار و ۳۰۱۳۰ نفر آن در ۷۸ آبادی بزرگ و کوچک در بخش مرکزی استقرار دارند. مسافت شهرستان زابل تا تهران ۱۵۴۸ کیلومتر و ارتفاع از سطح دریا ۴۸۰ متر است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی شهرهای مورد مطالعه

مختصات جغرافیایی			شهر	ردیف
ارتفاع (متر)	عرض	طول		
۴۸۰	۳۱,۰۲۸	۶۱,۵۰۱	زابل	۱
۴۸۳	۳۰,۸۹۳	۶۱,۶۸۰	زهک	۲
۴۷۰	۳۱,۱۴۴	۶۱,۷۹۲	دوست محمد	۳
۴۸۰	۳۱,۰۴۲	۶۱,۵۶۸	بنجار	۴
۴۸۰	۳۰,۸۸۵	۶۱,۴۶۳	محمدآباد	۵
۴۸۰	۳۱,۱۰۹	۶۱,۴۱۵	ادیمی	۶

۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی امکان‌سنجی استقرار پنل‌های خورشیدی و میزان انرژی الکتریسیته تولیدشده در ۶ شهر مهم سیستان داده‌های اقلیمی مرتبط برای دوره‌های آماری ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ جمع‌آوری شده است. پس از انتخاب شهرهای مختلف در سطح منطقه‌ی سیستان، به‌عنوان مناطق مورد مطالعه، با استفاده از دو نرم‌افزار کاربردی METEONORM 7.2 و PVSYST 6.4.3 که در ادامه به معرفی هر کدام از آن‌ها خواهیم پرداخت، میزان انرژی الکتریسیته‌ای که می‌توان در این مناطق از تابش خورشیدی در طول سال دست یافت، با استفاده از خروجی این دو نرم‌افزار محاسبه شده و با توجه به سیاست حمایت از تولید انرژی‌های پاک و اثرات مخرب سوخت‌های فسیلی بر جو کره‌ی زمین، وزارت نیرو به‌عنوان مجری این سیاست‌های کلان جمهوری اسلامی نسبت اقدام به خرید تضمینی تولید برق به روش خورشیدی می‌نماید که این موضوع باعث جذب سرمایه‌گذاری در این بخش و به‌تبع آن، گسترش این صنعت و ایجاد اشتغال و در نهایت توسعه‌ی پایدار می‌شود که در تمامی کشورهای پیشرفته مورد توجه قرار گرفته است. نرخ خرید تضمینی در دستورالعمل شماره‌ی ۹۵/۱۴۲۷۳/۳۰/۱۰۰ مورخه ۹۵/۲/۱۹ تحت عنوان نرخ خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک طبق مستندات قانونی ماده‌ی ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف تصویب‌شده در مورخ ۹۴/۱۱/۲۱ در هیئت‌وزیران توسط وزیر نیرو ابلاغ گردیده است (مصوبه‌ی وزارت نیرو، ۱۳۹۵).

هدف این پژوهش، شبیه‌سازی یک نیروگاه فرضی ۱ کیلوواتی در ساعت، در ۶ شهر مورد مطالعه برای تعیین میزان

انرژی خورشیدی و به تبع آن، میزان تولید برق از این انرژی تابشی خورشید بوده است. برای نصب و راهاندازی این پنل خورشیدی که ۶ مترمکعب فضا را اشغال می‌کند، از نرم‌افزار قدرتمند شبیه‌سازی PVSYST 6.4.3 استفاده گردیده است که پس از وارد کردن اطلاعات موردنیاز آن که توسط نرم‌افزار اقلیمی و آب و هواشناسی METEONORM 7.2 پردازش شده است، اقدام به محاسبه و طراحی پنل خورشیدی موردنیاز در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌نماید که تمامی این مراحل برای هر ۶ شهر انجام گرفته و طبق دستورالعمل خرید تضمینی، میزان درآمد این طرح نیز محاسبه شده است که به ترتیب برای هر شهرستان، ابتدا خروجی نرم‌افزار METEONORM 7.2 و سپس خروجی نرم‌افزار PVSYST 6.4.3 موردبررسی قرار گرفته و درآمد ناشی از آن نیز محاسبه می‌گردد.

۳-۱- معرفی نرم‌افزارهای تحقیق

۳-۱-۱- نرم‌افزار METEONORM 7.2

نرم‌افزار قدرتمند METEONORM 7.2، جهت ساخت داده‌های اقلیمی برای بسیاری از شهرها و نقاط جهان است. مشکلی که همواره در شبیه‌سازی‌های انرژی در ساختمان و هر نوع شبیه‌سازی وجود داشته و اطلاعات آب و هوایی محل در آن دخیل است، فقدان داده‌های وسیع اقلیمی (خصوصاً روزانه و ساعتی) است. برای مثال، نرم‌افزار دیزاین بیلدر، نیاز به فایل‌های اقلیمی با فرمت epw (از جنس TMY2 یا TMY3)، نرم‌افزار PVSOL و TSOL نیاز به فایل‌های اقلیمی با فرمت خاص خود (WBV) و... دارد (Brito et al, 2017:89). از طرفی عمدتاً در دیتابیس این نرم‌افزارها فایل‌های اقلیمی شهرهای کشورمان وجود ندارد و کاربران را دچار سردرگمی می‌نماید. Meteonorm راه‌حلی مناسب برای این مسئله است؛ زیرا اطلاعات اقلیمی اغلب شهرهای ایران را به صورت پیش‌فرض دارد و برای شهرهای دیگر کشورمان نیز قابلیت انتخاب از طریق مختصات جغرافیایی وجود دارد. اعتبار این نرم‌افزار به اندازه‌ای است که بسیاری از نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی meteonorm با عنوان meteosyn همواره با نرم‌افزار اصلی نصب و وظیفه‌ی تولید فایل‌های اقلیمی را تنها برای آن نرم‌افزار بر عهده می‌گیرد.

نرم‌افزار متئونورم بیش از ۳۰ پارامتر را محاسبه می‌کند، ولی پارامترهای تابش و دما مهم‌ترین عوامل اقلیمی در محاسبات این نرم‌افزار است. اطلاعات خروجی متئونورم به صورت ماهانه، ساعتی و در مقادیری به صورت دقیق ارائه می‌شود و بیش از ۳۵ فرمت خروجی دارد که بعضی از آن‌ها عبارت‌اند از: CSV, TMY2, TMY3, EPW, PVSol, PVSyst و غیره. عمده‌ترین پارامترهای خروجی نرم‌افزار متئونورم به شکل زیر است.

جدول ۲: پارامترهای خروجی در متئونورم

Label	Parameter in Meteonorm	پارامتر (فارسی)
DD	Wind direction	جهت باد
FF	Wind speed	سرعت باد
G	Average radiation intensity	میانگین شدت تابش خورشید
RR	Precipitation	بارش
Rh	Relative humidity	رطوبت نسبی
Ta	Air temperature	درجه حرارت هوا
Ta dmin/max	Average lowest/highest daily temperture	میانگین کم‌ترین/ بیش‌ترین درجه حرارت روزانه

۳-۱-۲- نرم‌افزار PVSYST5

با استفاده از این نرم‌افزار، هر فرد قادر به انجام محاسبات جامع سیستم فتوولتائیک خورشیدی و شبیه‌سازی سیستم‌های متصل به شبکه، منفصل از شبکه و پمپ‌های خورشیدی است. در این نرم‌افزار، امکان بررسی اثر سایه نیز وجود دارد (Bremer et al, 2016: 151). همچنین می‌توان با وارد نمودن مختصات جغرافیایی و ارتفاع از داده‌ها

میزان تابش در محل موردنظر جهت واقعی نمودن نتایج شبیه‌سازی استفاده نمود. این داده‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌های ناسا برای نقاط مختلف جهان است.

یکی از انواع سامانه‌های تولید برق از انرژی خورشیدی فتوولتائیک (Photovoltaics) یا به اختصار PV است. در این روش با به‌کارگیری سلول‌های خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان‌پذیر می‌شود. Pvsyst5 نرم‌افزاری کامپیوتری جامع و کاربردی در زمینه‌ی کار با سیستم‌های خورشیدی است که شامل مجموعه‌ای از ابزارهای لازم برای مطالعه و تحقیق، ساینبدی، شبیه‌سازی و آنالیز داده‌های سیستم‌های PV است و با هدف کمک به معماران، مهندسين، پژوهشگران و حتی دانشجویان علاقه‌مند به تحقیق و کار در این حوزه طراحی شده است. این نرم‌افزار شامل یک منوی راهنما بسیار دقیق است که مدل‌ها و روش‌هایی را که مورد استفاده قرار می‌گیرند، کاملاً توضیح می‌دهد تا هر شخصی قادر باشد در یک محیط کاملاً کاربرپسند و شهودی، پروژه‌ی خود را آغاز نموده و به اتمام برساند. در Pvsyst قادر به وارد کردن داده‌های هواشناسی از منابع مختلف و نیز اطلاعات شخصی (به‌صورت دستی) و سپس آنالیز و گزارش‌گیری از آن‌ها خواهد بود.

۴- بحث و نتایج

در این بخش از تحقیق به بررسی نتایج داده‌های دو نرم‌افزار METEONORM 7.2 و pvsyst6.4.3 به تفکیک هر شهر و هر کدام از نرم‌افزارها پرداخته و نتایج هر نرم‌افزار را به تفکیک شهرها تحلیل کرده و پس‌از آن با توجه به میزان تولید الکتریسیته و نرخ خرید تضمینی برق توسط دولت به نتایج اقتصادی حاصل از فروش میزان الکتریسیته از نیروگاه شبیه‌سازی شده می‌پردازیم.

۴-۱- نتایج نرم‌افزار meteonorm

وضعیت شهرهای شش‌گانه‌ی منطقه‌ی سیستان در زمینه‌ی ۴ عامل سرعت باد، میانگین ماهانه درجه حرارت، متوسط میزان تابش افقی، میانگین تابش افقی اشعه‌ی جهانی تا سال ۲۰۲۰ در قالب جداول زیر ارائه شده است.

۴-۱-۱- نتایج نرم‌افزار meteonorm برای شهر زابل

جدول ۳: وضعیت اقلیمی شهر زابل به تفکیک ماهانه

	Gh (kWh/m)	Dh (kWh/m)	Bn (kWh/m)	Ta ©	Td ©	FF (m/s)
دی	106	35	150	9	-1.8	3.5
بهمن	118	48	125	12.8	-1.4	4.1
اسفند	158	73	134	18.1	-1.1	4.1
فروردین	184	84	140	23.8	1	3.6
اردیبهشت	208	97	150	28.6	2.6	3.5
خرداد	214	95	157	30.9	2.2	3.7
تیر	195	102	126	32.1	4	3.9
مرداد	192	91	139	30.5	2.7	3.4
شهریور	168	64	158	26.3	0.3	2.9
مهر	145	55	151	21.3	-1.2	2.4
آبان	109	41	137	15.3	-1.4	2.7
آذر	102	31	158	10.6	-0.5	3
کل سال	1897	817	1724	21.6	0.4	3.4

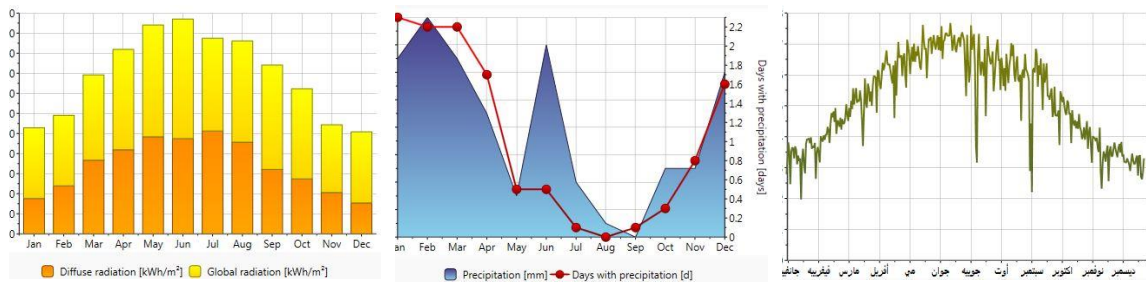
Ta: Airtemperature

FF: Windspeed

G_Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal

G_Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal

در جدول شماره ۳ عمده‌ترین مقادیر فاکتورهای اقلیمی شهر زابل در زمینه‌ی استقرار پنل‌های خورشیدی به تفکیک ماهانه ارائه شده است. در ادامه نیز وضعیت دیگر داده‌های اقلیمی تأثیرگذار به شکل نمودار ارائه شده است.

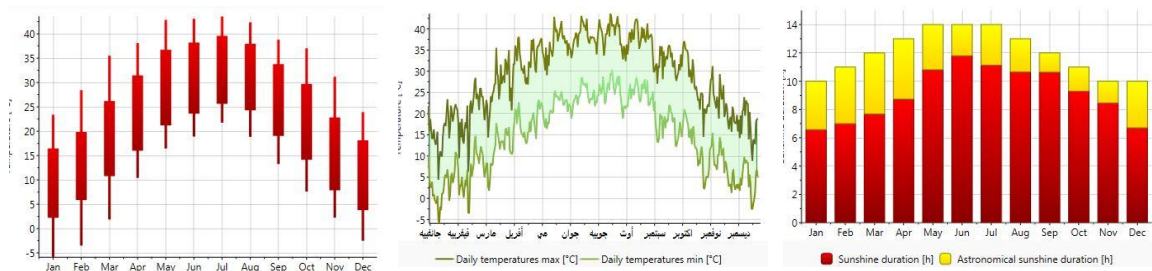


شکل ۴: وضعیت تابش جهانی ماهانه

شکل ۳: وضعیت بارش ماهانه

شکل ۲: وضعیت تابش جهانی روزانه

در شکل ۲ نمودار تابش روزانه در بین ماه‌های تیر و شهریور کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. شکل شماره ۳ نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار بارش زابل مربوط به بهمن‌ماه و کم‌ترین بارش ثبت‌شده، مربوط به شهریورماه است. در شکل شماره ۴ که مربوط به وضعیت تابش جهانی و محلی است، نمودار زردرنگ مربوط به میانگین ماهانه تابش جهانی و نمودار قهوه‌ای روشن نشان‌دهنده‌ی وضعیت تابش ماهانه‌ی شهر زابل در ۱۲ ماه کامل است. نمودار خروجی حاکی از آن است که بیش‌ترین تابش ماهانه‌ی شهر زابل مربوط تیرماه و کم‌ترین تابش به ماه آذر اختصاص دارد.



شکل ۷: وضعیت دمای ماهانه

شکل ۶: وضعیت دمای روزانه

شکل ۵: وضعیت تابش ساعتی

شکل شماره ۵ نشان می‌دهد که در زابل، ماه خرداد با ۱۱ ساعت تابش بیش‌ترین ساعت آفتابی را دارد، نمودار همچنین نشان می‌دهد که وضعیت تابش شهر زابل در ۱۲ ماه سال کم‌تر از مدت تابش جهانی است. در نمودار ۶ دمای روزانه‌ی شهر زابل به شکل دو منحنی حداقل و حداکثر ترسیم شده است. وضعیت دمایی نشان می‌دهد که منحنی در فصل تابستان و پاییز نوسان کم‌تری نسبت به فصول بهار و زمستان دارد. در شکل ۷ نمودار دمای ماهانه نشانگر میانگین در وسط میله و حداقل و حداکثر در بالا و پایین میله است. نتایج نمودارها و داده‌های اقلیمی بقیه‌ی شهرهای سیستان در ذیل آمده است که به منظور جلوگیری از افزایش صفحات مقاله به ارائه اشکال بسنده می‌شود.

۴-۱-۲- نتایج نرم‌افزار meteonorm برای شهر زهک

در جدول شماره ۴ عمده‌ترین مقادیر فاکتورهای اقلیمی شهر زهک در زمینه‌ی استقرار پنل‌های خورشیدی به تفکیک ماهانه ارائه شده است. در ادامه نیز وضعیت دیگر داده‌های اقلیمی تأثیرگذار به شکل نمودار ارائه شده است.

جدول ۴: وضعیت اقلیمی شهر زهک به تفکیک ماهانه

	Gh (kWh/m)	Dh (kWh/m)	Bn (kWh/m)	Ta ©	Td ©	FF (m/s)
--	------------	------------	------------	------	------	----------

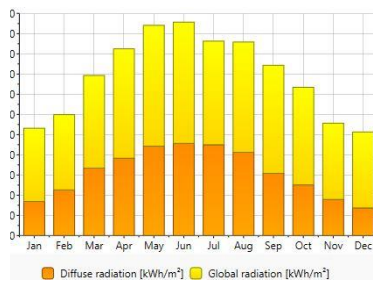
January	106	34	154	9.4	-3	2.4
February	120	45	136	13.1	-2.4	3
March	159	67	144	18.2	-2.3	2.9
April	185	77	155	23.9	0.3	2.5
May	208	89	167	28.7	2.7	2.4
June	211	91	163	31.1	2.1	2.6
July	193	90	140	32.3	3.8	2.8
August	192	82	154	30.8	3.9	2.3
September	169	62	164	26.6	1	1.8
October	147	50	166	21.6	-2	1.3
November	111	36	154	15.7	-2.3	1.7
December	103	27	169	11.1	-1.4	1.9
Year	1902	750	1864	21.9	0	2.3

Ta: Airtemperature

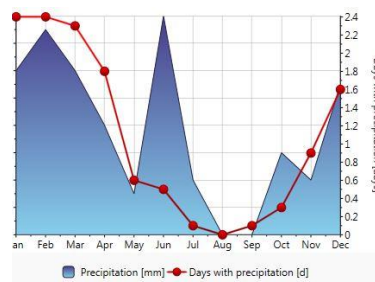
FF: Windspeed

G_Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal

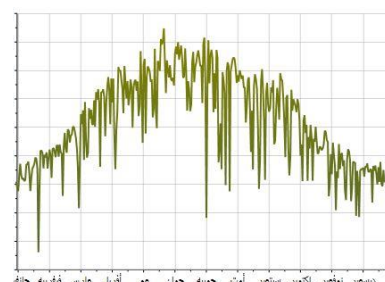
G_Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal



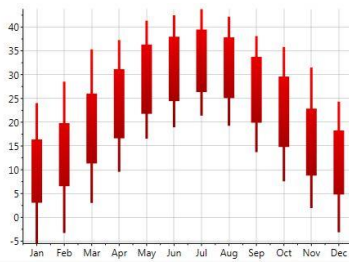
شکل ۱۰: وضعیت تابش جهانی



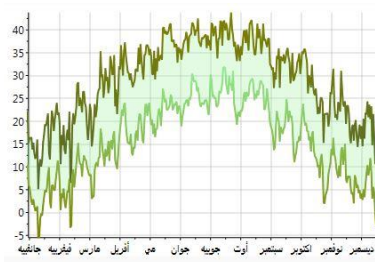
شکل ۹: وضعیت بارش ماهانه



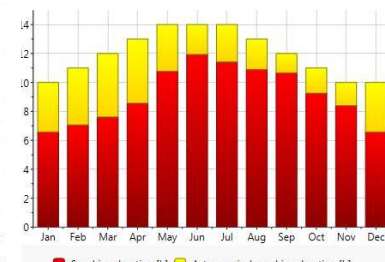
شکل ۸: وضعیت تابش جهانی



شکل ۱۳: وضعیت دمای هوا



شکل ۱۲: وضعیت دمای روزانه



شکل ۱۱: وضعیت مدت تابش

۳-۱-۴- نتایج نرم افزار meteonorm برای شهر دوست محمد

در جدول شماره ۵ عمده ترین مقادیر فاکتورهای اقلیمی شهر دوست محمد در زمینه‌ی استقرار پنل‌های خورشیدی به تفکیک ماهانه ارائه و در ادامه نیز وضعیت دیگر داده‌های اقلیمی تأثیرگذار به شکل نمودار ارائه شده است.

جدول ۵: وضعیت اقلیمی شهر دوست محمد به تفکیک ماهانه

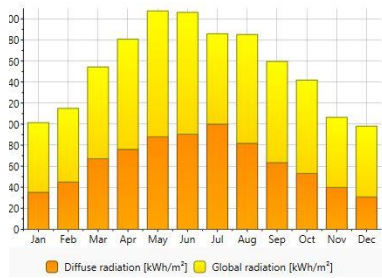
	Gh (kWh/m)	Dh (kWh/m)	Bn (kWh/m)	Ta ©	Td ©	FF (m/s)
January	101	35	143	9.3	-2.9	2.2
February	115	45	128	13	-2.3	2.8
March	154	67	140	18.1	-2.1	2.8
April	181	76	149	23.8	0.2	2.4
May	208	88	167	28.7	2.7	2.3
June	206	90	158	31	2.9	2.5
July	186	100	118	32.2	4.4	2.8
August	185	82	145	30.7	2.7	2.3
September	160	63	149	26.6	1.4	1.7
October	142	53	154	21.5	-2	1.2
November	106	40	138	15.7	-2.2	1.5
December	98	31	152	11	-1.4	1.8
Year	1841	770	1742	21.8	0.1	2.2

Ta: Airtemperature

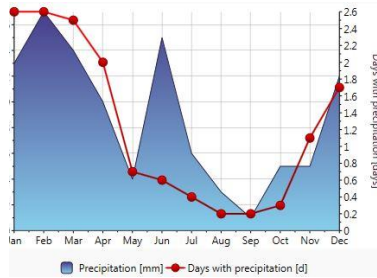
FF: Windspeed

G_Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal

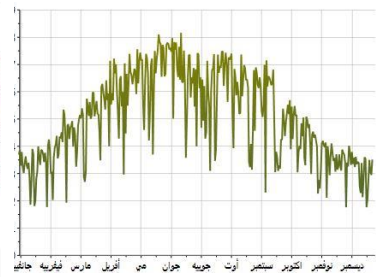
G_Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal



شکل ۱۶: وضعیت تابش جهانی



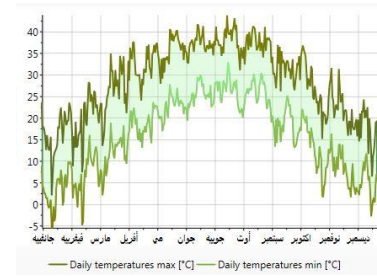
شکل ۱۵: وضعیت بارش ماهانه



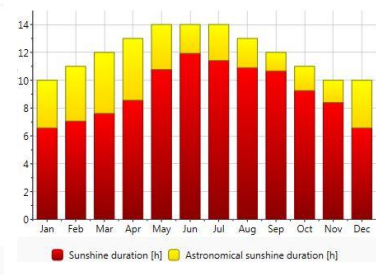
شکل ۱۴: وضعیت تابش جهانی



شکل ۱۹: وضعیت دمای هوا



شکل ۱۸: وضعیت دمای روزانه



شکل ۱۷: وضعیت مدت تابش

۴-۱-۴ نتایج نرم افزار meteonorm برای شهر بنجار

در جدول شماره ۶ عمده ترین مقادیر فاکتورهای اقلیمی شهر بنجار در زمینه‌ی استقرار پنل‌های خورشیدی به تفکیک ماهانه ارائه و در ادامه نیز وضعیت دیگر داده‌های اقلیمی تأثیرگذار به شکل نمودار ارائه شده است.

جدول ۶: وضعیت اقلیمی شهر بنجار به تفکیک ماهانه

	Gh (kWh/m)	Dh (kWh/m)	Bn (kWh/m)	Ta ©	Td ©	FF (m/s)
--	------------	------------	------------	------	------	----------

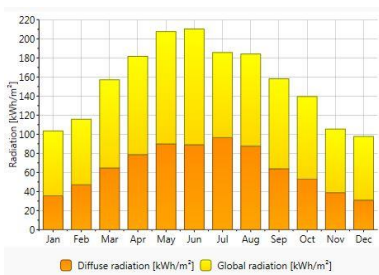
January	103	36	146	9.4	-2.7	2.3
February	116	47	127	13.1	-2.1	2.9
March	157	65	149	18.2	-2.2	2.8
April	182	79	147	23.8	0.3	2.4
May	208	90	163	28.7	2.6	2.4
June	210	89	165	31.1	1.9	2.6
July	186	96	123	32.3	3.6	2.8
August	184	88	138	30.7	2.6	2.3
September	158	64	146	26.6	1.3	1.8
October	139	53	150	21.6	-2	1.3
November	105	39	136	15.7	-2.5	1.6
December	98	31	150	11.1	-1.6	1.8
Year	1845	775	1739	21.9	-0.1	2.2

Ta: Airtemperature

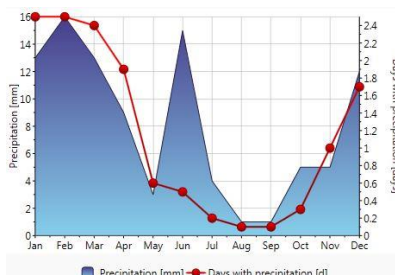
FF: Windspeed

G_Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal

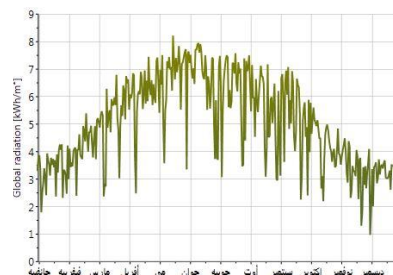
G_Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal



شکل ۲۲: وضعیت تابش جهانی



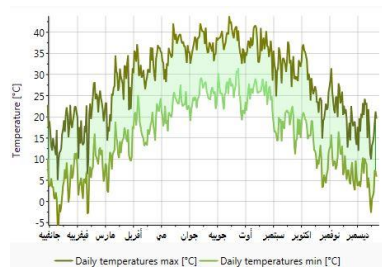
شکل ۲۱: وضعیت بارش ماهانه



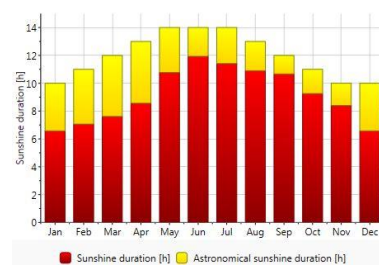
شکل ۲۰: وضعیت تابش جهانی



شکل ۲۵: وضعیت دمای هوا



شکل ۲۴: وضعیت دمای روزانه



شکل ۲۳: وضعیت مدت تابش

۴-۱-۵- نتایج نرم‌افزار meteonorm برای شهر محمدآباد

در جدول شماره‌ی ۷ عمده‌ترین مقادیر فاکتورهای اقلیمی شهر محمدآباد در زمینه‌ی استقرار پنل‌های خورشیدی به تفکیک ماهانه ارائه و در ادامه نیز وضعیت دیگر داده‌های اقلیمی تأثیرگذار به شکل نمودار ارائه شده است.

جدول ۷: وضعیت اقلیمی شهر محمدآباد به تفکیک ماهانه

	Gh (kWh/m)	Dh (kWh/m)	Bn (kWh/m)	Ta ☉	Td ☉	FF (m/s)
January	106	35	151	9	-1.8	3.4
February	119	47	130	12.8	-1.2	4.1

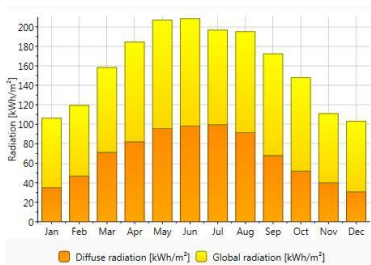
March	158	71	138	18.1	-1.1	4
April	184	82	143	23.8	1.2	3.6
May	207	96	151	28.6	2.6	3.5
June	208	98	145	30.9	2.2	3.6
July	197	100	131	32.1	5.3	3.8
August	195	92	143	30.5	3.4	3.4
September	172	68	159	26.3	0.2	2.9
October	148	52	161	21.3	-1.4	2.4
November	111	40	143	15.3	-1.4	2.7
December	103	31	160	10.6	-0.7	3
Year	1909	811	1753	21.6	0.6	3.4

Ta: Airtemperature

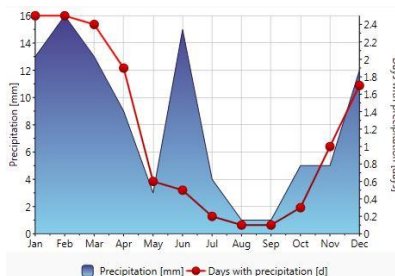
FF: Windspeed

G_Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal

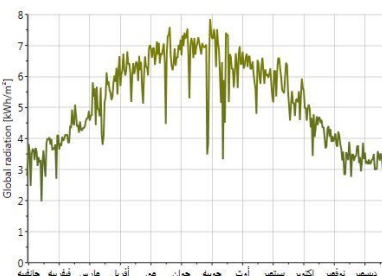
G_Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal



شکل ۲۸: وضعیت تابش جهانی



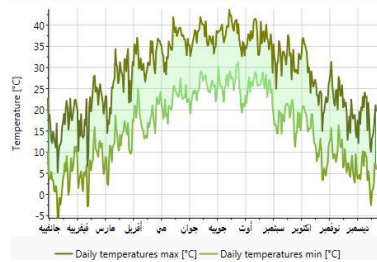
شکل ۲۷: وضعیت بارش ماهانه



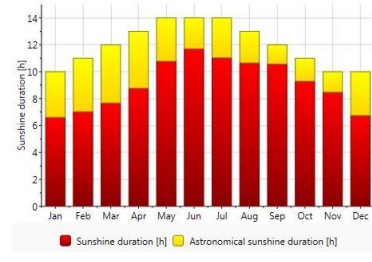
شکل ۲۶: وضعیت تابش جهانی



شکل ۳۱: وضعیت دمای هوا



شکل ۳۰: وضعیت دمای روزانه



شکل ۲۹: وضعیت مدت تابش

۴-۱-۶ نتایج نرم افزار meteonorm برای شهر ادیمی

در جدول شماره ۸ عمده ترین مقادیر فاکتورهای اقلیمی شهر ادیمی در زمینی استقرار پنل های خورشیدی به تفکیک ماهانه ارائه و در ادامه نیز وضعیت دیگر داده های اقلیمی تأثیر گذار به شکل نمودار ارائه شده است.

جدول ۸: وضعیت اقلیمی شهر ادیمی به تفکیک ماهانه

	Gh (kWh/m)	Dh (kWh/m)	Bn (kWh/m)	Ta ☉	Td ☉	FF (m/s)
January	107	34	157	7	-1.3	1
February	119	46	132	10.5	0	2
March	159	73	135	16.2	2	2

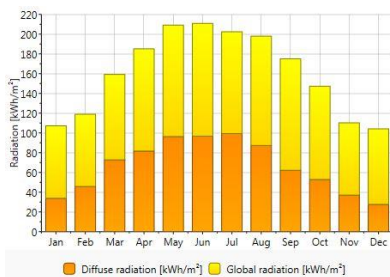
April	185	82	145	23.8	4.9	2
May	209	96	153	29.6	6.3	2
June	211	97	152	33.9	7.2	4
July	202	99	140	35.5	8.6	5
August	198	87	154	32.8	6.9	5
September	175	62	172	27.7	3.3	5
October	147	53	161	22.4	1.5	2
November	110	37	149	13.6	-0.3	2
December	104	28	171	9.2	-1.2	1
Year	1926	793	1821	21.9	3.2	2.8

Ta: Airtemperature

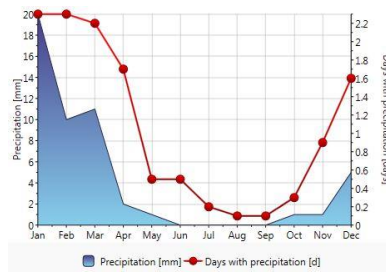
FF: Windspeed

G_Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal

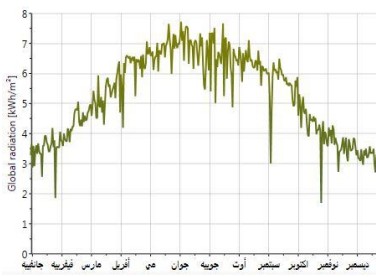
G_Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal



شکل ۳۴: وضعیت تابش جهانی



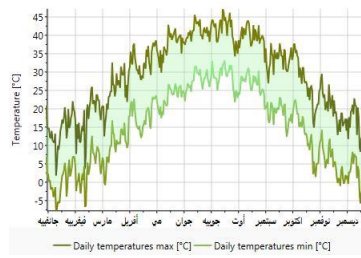
شکل ۳۳: وضعیت بارش ماهانه



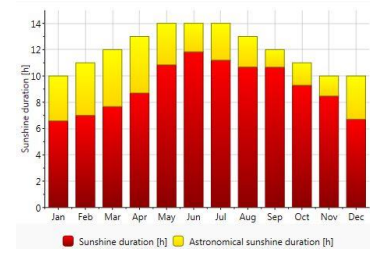
شکل ۳۲: وضعیت تابش جهانی



شکل ۳۷: وضعیت دمای هوا



شکل ۳۶: وضعیت دمای روزانه



شکل ۳۵: وضعیت مدت تابش

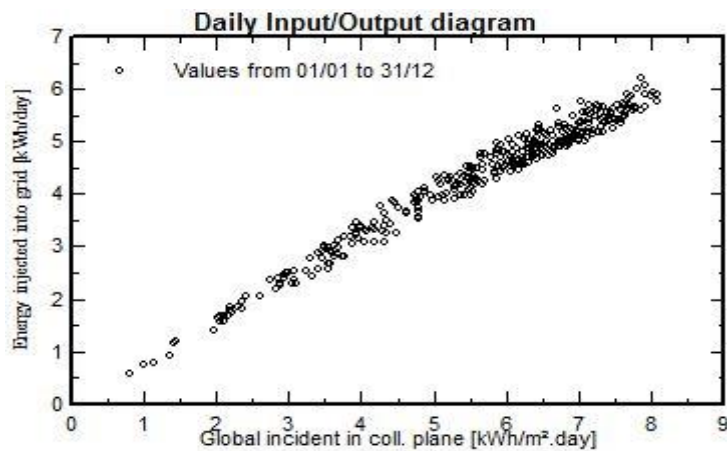
۴-۱-۷- نتایج یافته‌ها در نرم‌افزار pvsyst

در ادامه‌ی فرآیند تحقیق با کمک نرم‌افزار pvsyst و داده‌های اولیه‌ی مستخرج از metonorm و شرایط مشابه عمل شبیه‌سازی انجام گرفت تا پتانسیل هر کدام از شهرهای شش‌گانه‌ی تحقیق در زمینه‌ی تولید انرژی برق خورشیدی اندازه‌گیری شود.

۴-۵- زابل

شکل شماره‌ی ۳۸ میزان کیفیت سیستم و عناصر تعریف‌شده برای نرم‌افزار را نشان می‌دهد. مقادیر موجود در سطر، میزان انرژی دریافت شده به وسیله‌ی مبدل و مقادیر موجود در ستون، میزان انرژی تولیدشده به وسیله‌ی مبدل را نشان می‌دهد. برای مثال اگر در یک پنل فرضی در شهر زابل میزان بار ورودی به مبدل ۵ کیلووات (مقدار موجود در

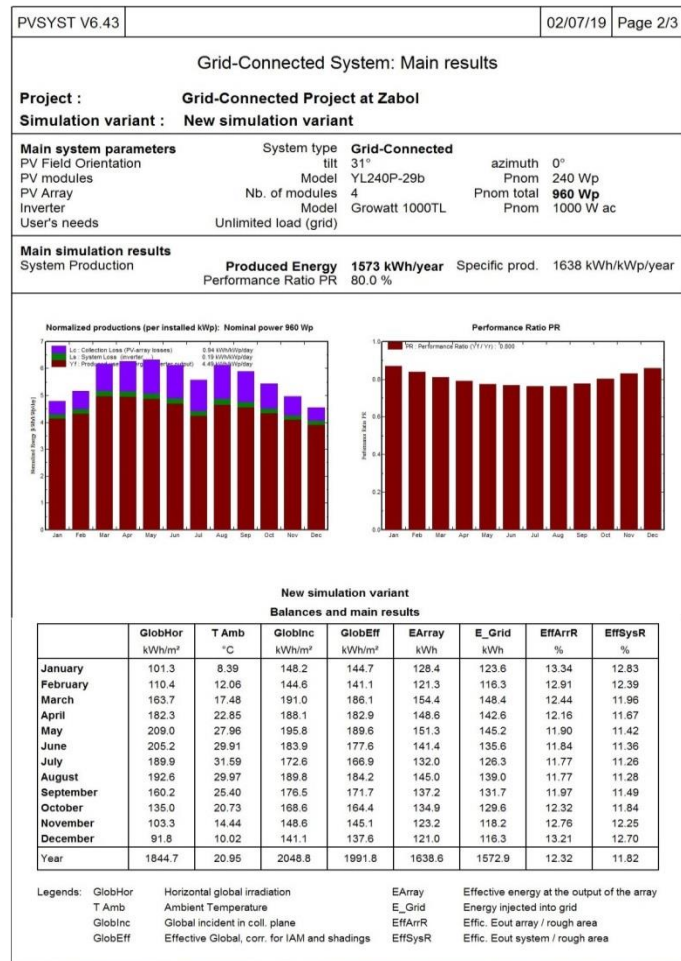
سطر) باشد، پس از کسر هدررفت‌های مختلف، مقدار ۴ کیلووات انرژی برقی (مقدار موجود در ستون) به دست می‌آید. در واقع، در صورت ایده‌آل بودن و عدم وجود هدررفت در سیستم، نمودار خطی خواهد بود.



شکل ۳۸: میزان توان ورودی و خروجی

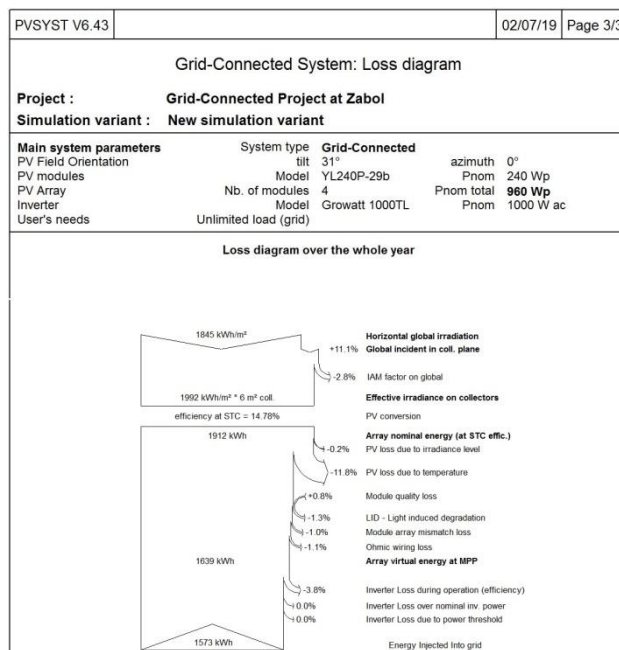
شکل شماره‌ی ۳۹ میزان بهینه بودن سیستم با توجه به مشخصات اقلیمی شهر زابل با فرض مصرف نامحدود انرژی تولیدشده را نشان می‌دهد. اطلاعات موجود در شکل نشان می‌دهد که نرخ بازدهی سیستم در این شهر با توجه به عناصر و چیدمان‌های تعریف‌شده در تحقیق ۸۰ درصد است. نمودار سمت چپ، میزان توان تولیدی هر ماه به تفکیک میزان هدررفت‌ها و توان تولیدی نهایی؛ و نمودار سمت راست، نرخ بازدهی سیستم در ماه‌های مختلف سال در شهر زابل را نشان می‌دهد. تفسیر نمودار حاکی از آن است که نرخ بازدهی سیستم در این شهر در ماه‌های گرم‌تر سال کاهش می‌یابد.

جدول موجود در شکل ۳۹ میزان توان تولیدی و تزریق‌شده به سیستم به صورت ماهانه و مجموع در شهر زابل را به صورت عددی نشان می‌دهد. طبیعتاً با تکیه بر این جدول می‌توان مقدار درآمد کسب‌شده از فروش برق تولیدی و نرخ بازگشت سرمایه را محاسبه کرد. ستون اول در جدول مورداشاره، میزان توان مورد انتظار در ماه‌های مختلف سال را نشان می‌دهد. ستون دوم میانگین دمای آن ماه، ستون سوم توان الکتریکی تولیدشده بدون در نظر گرفتن شرایط فیزیکی، ستون چهارم توان الکتریکی تولیدشده با لحاظ کردن شرایط فیزیکی مانند باد و رطوبت، ستون پنجم میزان واقعی توان تولیدشده و در نهایت، ستون ششم میزان توانی را که بعد از کسر هدررفت به شبکه تزریق می‌شود، نشان می‌دهد.



شکل ۳۹: میزان بهینه بودن سیستم

در نهایت، شکل شماره‌ی ۴۰ به شکل شماتیک، میزان هدررفت انرژی و انرژی نهایی تزریق شده به سیستم در شهر زابل را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، میزان انرژی اولیه‌ی وارد شده به مبدل پنل‌های خورشیدی ۱ کیلوواتی در شهر زابل، ۱۸۴۵ کیلووات بر مترمربع است که بعد از کسر هدررفت‌های موجود در سیستم به میزان ۱۵۷۳ کیلووات کاهش می‌یابد و در واقع هر نوع برنامه‌ریزی به منظور بازگشت سرمایه‌ی اولیه و رسیدن به سوددهی باید مبتنی بر مقدار توان نهایی پنل باشد.



شکل ۴۰: میزان هدررفت انرژی

برای بقیه‌ی شهرهای موردبررسی در تحقیق نیز این روند طی شده است که به منظور جلوگیری از افزایش حجم مقاله تنها به ارائه‌ی میزان انرژی نهایی تولیدشده پس از حذف هدررفت‌ها اکتفا می‌شود.

۴-۶- برآورد درآمد حاصل از استقرار پنل‌های خورشیدی

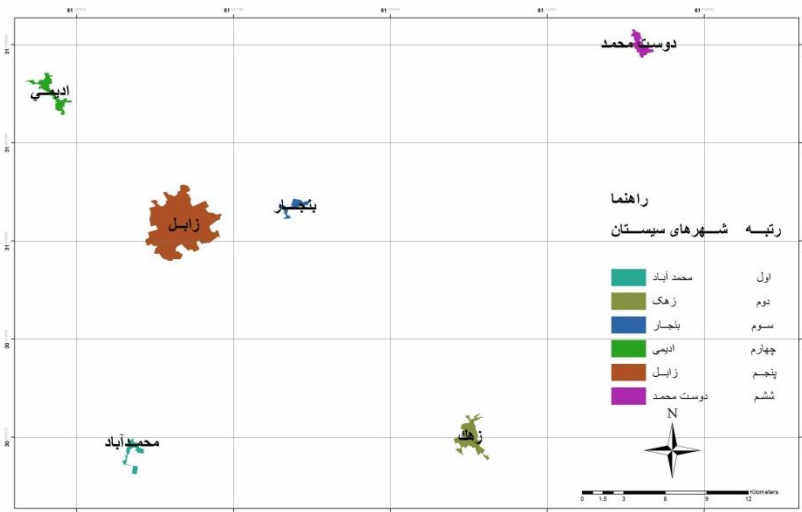
پس از بررسی داده‌های دو نرم‌افزار pvsyst و metenorm در ۶ شهر سیستان و با توجه به اهمیت این خروجی در زمینه‌ی فعالیت‌های اقتصادی، خروجی مربوط به نرم‌افزار در میزان خرید تضمینی، ضرب شده و پس از حذف هزینه‌ها، میزان واقعی درآمد در این نیروگاه (با فرض استقرار نیروگاه‌های ۱ کیلووات ساعتی در مترمربع و نرخ تورم ۰٫۱) شبیه‌سازی شده و نتایج آن در جدول زیر ارائه گردید.

جدول ۹: خلاصه‌ی نتایج شبیه‌سازی استقرار پنل خورشیدی در شهرهای سیستان

				سال	
۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷		
۱۵۷۳	۱۵۷۳	۱۵۷۳	۱۵۷۳	انرژی تولیدی سالانه	
۱۱۲۷۳	۱۰۲۴۸	۹۳۱۷	۸۴۷۰	نرخ خرید تضمینی (ریال)	
۱۷۷۳۲	۱۶۱۲۰	۱۴۶۵۵	۱۳۳۲۳	درآمد ناخالص سالانه (هزار ریال)	
۱۶۳۹	۱۶۳۹	۱۶۳۹	۱۶۳۹	انرژی تولیدی سالانه	
۱۱۲۷۳	۱۰۲۴۸	۹۳۱۷	۸۴۷۰	نرخ خرید تضمینی (ریال)	
۱۸۴۷۶	۱۶۷۹۶۴	۱۵۲۷۰۵	۱۳۸۸۲	درآمد ناخالص سالانه (هزار ریال)	
۱۵۶۶	۱۵۶۶	۱۵۶۶	۱۵۶۶	انرژی تولیدی سالانه	
۱۱۲۷۳	۱۰۲۴۸	۹۳۱۷	۸۴۷۰	نرخ خرید تضمینی (ریال)	
۱۷۶۵۳	۱۶۰۴۸	۱۴۵۹۰	۱۳۲۶۴	درآمد ناخالص سالانه (هزار ریال)	
۱۵۷۸	۱۵۷۸	۱۵۷۸	۱۵۷۸	انرژی تولیدی سالانه	
۱۱۲۷۳	۱۰۲۴۸	۹۳۱۷	۸۴۷۰	نرخ خرید تضمینی (ریال)	
۱۷۷۸۸	۱۶۱۷۱	۱۴۷۰۲	۱۳۳۶۵	درآمد ناخالص سالانه (هزار ریال)	

۱۶۴۴	۱۶۴۴	۱۶۴۴	۱۶۴۴	انرژی تولیدی سالانه	محمدآباد
۱۱۲۷۳	۱۰۲۴۸	۹۳۱۷	۸۴۷۰	نرخ خرید تضمینی (ریال)	
۱۸۵۳۲	۱۶۸۴۷	۱۵۳۱۷	۱۳۹۲۴	درآمد ناخالص سالانه (هزار ریال)	
۱۵۷۸	۱۵۷۸	۱۵۷۸	۱۵۷۸	انرژی تولیدی سالانه	ادیمی
۱۱۲۷۳	۱۰۲۴۸	۹۳۱۷	۸۴۷۰	نرخ خرید تضمینی (ریال)	
۱۷۷۸۸	۱۶۱۷۱	۱۴۷۰۲	۱۳۳۶۵	درآمد ناخالص سالانه (هزار ریال)	

جدول نهایی حاصل از فرآیند تحقیق حاکی از آن است که در بین شهرهای مختلف سیستان از نظر استقرار پنل‌های خورشیدی در زمینه‌ی تولید الکتریسیته (با فرض استقرار نیروگاه‌های ۱ کیلوواتی)، شهر محمدآباد با تولید انرژی سالانه ۱۶۴۴ کیلووات در سال، دارای وضعیت مناسب‌تری است. برای مثال در سال ۱۳۹۸ با فرض تورم ثابت ۰.۱ نرخ خرید تضمینی برق از سوی وزارت نیرو ۹۳۱۷ ریال است که در صورت فروش، درآمدی بالغ بر ۱۵ میلیون تومان را در پی دارد که طبیعتاً می‌تواند مبلغ قابل توجهی برای خانوارهای شهری باشد. شکل زیر پهنه‌بندی نهایی شهرهای مختلف سیستان را از لحاظ پتانسیل تابش خورشیدی نشان می‌دهد.



شکل ۴۰: پهنه‌بندی نهایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۷- نتیجه‌گیری

انرژی خورشیدی، وسیع‌ترین منبع انرژی در جهان است. انرژی که توسط خورشید در هر ساعت به زمین می‌تابد بیش از کل انرژی است که ساکنان زمین در طول یک سال مصرف می‌کنند. از طرف دیگر با توجه به افزایش روزافزون جمعیت شهری، میزان مصرف حامل‌های انرژی و در رأس آن برق شهری روزبه‌روز افزایش می‌یابد که این مسئله می‌تواند در درازمدت نیز باعث ایجاد مشکلاتی در تأمین این نوع از زیرساخت‌های شهری شود. از این‌رو، ایجاد تمهیدات لازم در زمینه‌ی تأمین بهینه برق شهری یکی از اولویت‌های اساسی برنامه‌ریزان شهری محسوب می‌شود. در این بین، انرژی خورشیدی به دلیل ویژگی‌های عمده‌ی آن از جمله؛ پاک بودن و مقرون‌به‌صرفگی در بلندمدت، یکی از گزینه‌های اصلی پیش روی مناطق عمده‌ای از ایران مانند سیستان است. منطقه‌ی سیستان از طرفی به دلیل وضعیت جغرافیایی خاص خود مانند ساعات آفتابی زیاد و دمای بالای هوا و از طرف دیگر به دلیل موقعیت مرزی خود جهت صادرات انرژی الکتریسیته به کشورهای هم‌جوار شرایط مطلوبی برای سرمایه‌گذاری در این زمینه دارد. هدف از این پژوهش، بررسی تطبیقی شش شهر عمده‌ی سیستان در زمینه‌ی استقرار پنل‌های خورشیدی و برآورد میزان انرژی نهایی

تولیدشده توسط آن بود که به کمک دو نرم‌افزار قدرتمند در این زمینه؛ یعنی metenorm و pvsyst انجام شد. نتایج نهایی تحقیق حاکی از آن است که در بین شهرهای موردبررسی سیستم از نظر استقرار پنل‌های خورشیدی در زمینه تولید الکتریسیته (با فرض مشترک استقرار نیروگاه‌های ۱ کیلوواتی)، شهر محمدآباد با تولید انرژی سالانه ۱۶۴۴ کیلووات در سال در محیطی به وسعت ۶٫۵ مترمربع، دارای وضعیت مناسب‌تری نسبت به بقیه شهرهاست که با فرض تورم ثابت ۰٫۱ و نرخ خرید تضمینی هر کیلووات به مبلغ ۹۳۱۷ ریال از سوی وزارت نیرو درآمدی بالغ بر ۱۵ میلیون تومان در سال برای هر واحد را در پی دارد که طبیعتاً می‌تواند مبلغ قابل توجهی برای خانوارهای شهری باشد. شهرهای زهک، بنجار، ادیمی، زابل و دوست‌محمد به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

در پایان باید اضافه کرد که با توجه به اینکه به صورت تخمینی هزینه‌ی راه‌اندازی هر کیلووات ساعت ۵۰۰۰/۰۰۰ ریال است و با احتساب هزینه‌ی نگهداری سالانه که به صورت متعارف حدود ۲۸ دلار است (مجرد، ۱۳۹۴: ۱۲). برای راه‌اندازی مزرعه‌ی خورشیدی ۴۰ کیلووات / ساعت تقریباً ۲۵۰ میلیون ریال نیاز است که هزینه‌ی زمین نیز به آن اضافه خواهد شد. با احتساب این موارد، سرمایه‌گذاری میان‌مدت و یا بلندمدت (۸ تا ۲۰ ساله) می‌تواند سودآوری مناسبی داشته باشد و طرح حمایتی خرید تضمینی ۲۰ ساله‌ی دولت در همین راستا ارزیابی می‌شود.

پس از بررسی میزان درآمد سالانه می‌توان چنین عنوان کرد که محاسبات شاخص‌های اقتصادی با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و نرخ تنزیل (میانگین ۱۰ سال گذشته ارزش پول) نشان می‌دهد که مدت‌زمان بازگشت سرمایه‌ی ۵ سال و به دلیل مثبت بودن ارزش فعلی خالص سرمایه‌گذاری در طرح نیروگاه خورشیدی در این مناطق توجیه اقتصادی دارد.

۸- منابع

۱. ارشدی، نعمت‌اله (۱۳۹۲). شیمی ۱، چاپ سیزدهم، تهران: نشر کتاب‌های درسی ایران.
۲. پورقاضی، اعظم، شیوایی، سید مهدی (۱۳۹۲). فیزیک ۱ و آزمایشگاه، چاپ پانزدهم، تهران: نشر کتاب‌های درسی ایران.
۳. ریاحی، نسترن (۱۳۹۳). راهنمایی طراحی سیستم‌های فتوولتاییک به منظور تأمین انرژی الکتریکی به تفکیک اقلیم و کاربری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت نظارت راهبردی، ضابطه‌ی شماره‌ی ۶۷، صص ۱-۲۵.
۴. سایت وزارت نیرو.
۵. شفیعی‌نژاد، سرور، ابراهیمی قوام آبادی، لیلیا، طهماسبی، سوده (۱۳۹۲). انرژی خورشیدی در ایران، مشکلات و فرصت‌ها، اولین فرصت‌ها، اولین همایش و نمایشگاه تخصصی محیط‌زیست، انرژی و صنعت پاک، تهران، ۱۱ و ۱۲ آذر.
۶. صابری‌فر، رستم (۱۳۸۹). پتانسیل بهره‌مندی از انرژی خورشیدی در خراسان جنوبی، فصلنامه‌ی اقتصاد انرژی، شماره‌ی ۱۳۱-۱۳۲، صص ۴۷-۴۳.
۷. طرح جامع شهر زابل، ۱۳۹۰.
۸. کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۱). تنگناهای انرژی و ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران، مجله‌ی علمی-پژوهشی دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی، ویژه‌نامه‌ی تاریخ، جغرافیا و علوم اجتماعی، شماره‌ی ۳۰ و ۳۱، صص ۳۸-۱۵.
۹. کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۹۱). مبانی آب و هواشناسی، چاپ هفدهم، تهران: انتشارات سمت.
۱۰. مجرد، فیروز، فتح‌نیا، امان‌اله، رجایی، سعید (۱۳۹۴). برآورد تابش خورشیدی دریافتی سطح زمین در استان کرمانشاه، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره‌ی نوزدهم، صص ۶۹-۵۵.
۱۱. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۸، سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰.
۱۲. وزارت نیرو، مصوبه‌ی تعرفه‌ی خرید برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر، ۱۳۹۵، ابلاغ نرخ خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک، شماره‌ی ۹۵/۱۴۲۷۳/۳۰/۱۰۰، تاریخ ۹۵/۲/۱۹.
13. BoroumandJazi, G., Rismanchi, B., & Saidur, R. (2013). Technical characteristic analysis of wind energy conversion systems for sustainable development. Energy conversion and management, 69, 87-94.

14. Bremer, M., Mayr, A., Wichmann, V., Schmidtner, K., & Rutzinger, M. (2016). A new multi-scale 3D-GIS-approach for the assessment and dissemination of solar income of digital city models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 57, 144-154.
15. Brito, M. C., Freitas, S., Guimarães, S., Catita, C., & Redweik, P. (2017). The importance of facades for the solar PV potential of a Mediterranean city using LiDAR data. *Renewable Energy*, 111, 85-94.
16. FAO Manua., Localised Irrigation., 1984. *Irrigation and Drainage*, Rome: FAO, No.36, pp 52.
17. Halcrow, W. (1983). *Small scale solar powered pumping systems: The technology, its economics and advancement*. Main report to the World Bank, UNDP Project GL0/80/003.
18. Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria decision analysis in geographic information science* (p. 331). New York: Springer.
19. Peronato, G., Rastogi, P., Rey, E., & Andersen, M. (2018). A toolkit for multi-scale mapping of the solar energy-generation potential of buildings in urban environments under uncertainty. *Solar Energy*, 173, 861-874.
20. Remund, J., & Müller, S. C. (2011, September). Solar radiation and uncertainty information of Meteonorm 7. In *Proceedings of 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition* (pp. 4388-4390).