

امکان سنجی بکارگیری پنل های خورشیدی جهت تامین انرژی شهرستان نظر آباد با استفاده از تصاویر حرارتی

۱- صیاد اصغری سراسکانرود*، مریم محمدزاده شیشه‌گران^۲

*۱-، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی دکترا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل نویسنده مسئول: s.asghari@uma.ac.ir

چکیده

خورشید به عنوان منبع انرژی، سرآغاز حیات و منشأ تمام انرژی‌های دیگر شناخته شده است. تابش جهانی خورشید یکی از سازه‌های بنیادی هر گستره اقلیمی شمرده می‌شود. از این رو، شناخت ویژگی‌ها و نیز پیش‌بینی این سازه‌های اساسی، تأثیر زیادی در برنامه‌ریزی‌های وابسته به انرژی دارد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های سنجش از دور به عنوان ابزاری مناسب و کم‌هزینه برای تخمین تابش خورشیدی، در سال‌های اخیر بوده است. جهت انجام این پژوهش، از تصاویر مربوط به سال ۲۰۲۰ ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI و سنجنده TIRS و الگوریتم سبال استفاده شد. از نرم‌افزار ENVI جهت تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین اجرای محاسبات مربوط به مدل سبال و از نرم‌افزار ArcGIS جهت ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی، عملیات کارتوگرافیکی و در نهایت پیاده کردن مدل استفاده گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۰۴ وات بر مترمربع در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ و کمترین مقدار در تاریخ ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ به میزان ۵۰۰ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ به میزان ۳۲۰ کیلومتر و کمترین مقدار در ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ به میزان ۳۹ کیلومتر محاسبه شده است. تفاوت در مقدار تابش خالص رسیده به زمین در منطقه مورد مطالعه، ناشی از تفاوت زاویه تابش خورشید و تعداد ساعات آفتابی در ماه‌های مختلف سال است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در منطقه، در سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی

"انرژی تابشی خورشید"، "الگوریتم سبال"، "سنجش از دور"، "شهرستان نظرآباد".

۱- مقدمه

اول که اندازه‌گیری‌های مستقیم می‌گویند انرژی خورشید توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند پیرانومتر و پیراهیلومتر ثبت و اندازه‌گیری می‌شود. در روش دوم در مناطقی که فاقد دستگاه اندازه‌گیری انرژی هستند، یا اندازه‌گیری و ارزیابی تابش تابش در آن مکان به صورت پراکنده و نامرتب می‌باشد با استفاده از روش‌های گوناگون از جمله روابط تجربی و رگرسیونی و روش‌های دقیق و کاربردی مانند بهره‌گیری آسان و سریع از سنجش از دور و میان‌یابی خطی و شبکه‌های عصبی، انرژی خورشید را اندازه‌گیری می‌کنند. متأسفانه در بسیاری از نقاط جهان اندازه‌گیری تابش خورشیدی به لحاظ هزینه بسیار گران، نگهداری و مراقبت اصولی و نیاز به واسنجی (کالیبراسیون) دستگاه‌ها همیشه صورت نمی‌گیرد و داده‌های این‌سازه اقلیمی تنها در تعداد بسیار کمی از ایستگاه‌های هواشناسی یادداشت می‌شوند (باکیرسی، ۲۰۰۹). لذا روش‌های دقیق و فرمول‌های مختلف برای برآورد تابش روزانه یا ماهانه در مکان‌های مختلف جهان توسعه پیدا کرده است. رویکردهای مختلفی برای گسترش دادن نقشه‌های تابشی به انجام رسیده است، تا از این طریق بتوان به تخمینی از تابش خورشیدی در مکان‌هایی که داده‌های دیدبانی در دسترس نیست، دست یافت (وینسلو و همکاران، ۲۰۰۱). با توجه به اهمیت استفاده از انرژی تابشی خورشید مطالعات فراوانی در متون علمی جهان و ایران انجام شده است. از جمله می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود. مباشری و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل روش‌های استفاده از ماهواره برای تعیین میزان تابش جهت برآورد تبخیر- تعرق استفاده کردند. در این مطالعه از سه روش مکانیزم بازخور داده‌های ماهواره‌ای، تکنیک استفاده از فرآیندهای بیوفیزیکی و سیال استفاده شده است. در روش سیال مقادیر لحظه‌ای تابش خالص با استفاده از اندازه‌گیری‌های تابش خالص و تابش فرودی خورشید در دو ایستگاه زمینی و تابش حرارتی خروجی با استفاده از دو تصویر بدون ابر و به‌کارگیری آلدوی سطحی، گسیلمندی سطحی و دمای سطح به دست آمد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدل سیال، علاوه بر اینکه کم‌ترین وابستگی را به داده‌های زمینی دارد، در صورتی که از ماهواره با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا استفاده شود در مقایسه با دو روش دیگر بهترین جواب را برای محاسبه تابش ارائه خواهد داد. موسوی بیگی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور معرفی مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک پرداختند. این محققین با بررسی هفت مدل برآورد تابش خورشیدی، مدل آنگستروم- پرسکات پیشنهادی توسط فائو را به عنوان مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک معرفی نمودند. ولی زاده کامران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای جهت محاسبه تبخیر و تعرق به روش استفنز در منطقه آذربایجان شرقی، اقدام به محاسبه تابش رسیده به سطح زمین با استفاده از تصاویر SRTM و با کمک تابع Solar Analyst در محیط نرم‌افزار ArcGIS در روز ۱۱ خردادماه مابین ساعات ۱۰ الی ۱۱ قبل از ظهر نمود. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از الگوریتم سیال، تابش خالص خورشیدی جهت تامین روشنایی بزرگراه زنجان- تبریز را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که منطقه مورد مطالعه به دلیل تنوع توپوگرافی از تابش خالص سطحی متنوع برخوردار است و امکان به‌کارگیری سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی جهت تامین روشنایی

خورشید به عنوان اساسی‌ترین تامین‌کننده‌ی انرژی‌های لازم برای همه فرایندهای زندگی بشر در روی زمین است و برای تداوم زندگی ضروری می‌باشد. تابش خورشید همچنین روی فرایندهای آب و هوایی که تعیین‌کننده محیط پیرامون ما می‌باشند، بسیار موثر است (مرادی، ۱۳۸۲). میزان انرژی رسیده از خورشید از تابش خورشید به زمین منتقل می‌شود و انرژی از آن باعث ایجاد فرایندهای متعددی بر سطح زمین می‌شود (رضایی صدر، ۱۳۷۵). امروزه استفاده از انرژی‌های تجدید شونده یکی از کارهای مهم و اساسی برای استفاده بهینه از توانایی‌های اقلیمی هر پهنه جغرافیایی است. تابش‌های سراسری خورشید یکی از ساختارهای اساسی هر نوع اقلیمی در هر نقطه از جهان شمرده می‌شود. از این رو، شناخت ویژگی‌ها، دانش و نیز پیش‌بینی این سازه‌های ریشه‌ای، جا پای پرنرنگی در برنامه‌ریزی و گرداندگی جستارهای نیازمند به انرژی دارد (کمالی و مرادی، ۱۳۸۳). تابش خورشیدی از اساسی‌ترین فرایندهای تأثیرگذار اقلیمی هر منطقه به محسوب می‌شود و با شناخت این امر مهم می‌توان برای کاربردهای آن اقدامات مناسب را برنامه‌ریزی نمود. در بسیاری از مناطق صعب‌العبور و کوهستانی که برق‌رسانی بسیار دشوار است، نیروی بدست آمده از تابش خورشیدی می‌تواند روش دوم برای سوخت‌های فسیلی و تجدیدنپذیر باشد. به ویژه این که کاربرد این گونه انرژی عاری از عواملی همچون آلودگی‌های بوم‌زیستی است (بوش و همکاران، ۲۰۰۸). سوخت‌های فسیلی بیش از ۹۵ درصد انرژی در کشور ایران و بیش از ۸۱ درصد انرژی مورد نیاز جهان را تامین می‌کنند. مصرف بیش از اندازه سوخت‌های فسیلی باعث افزایش بسیار زیاد دمای زمین، افزایش باران‌های اسیدی، تأثیر مخرب گازهای گلخانه‌ای و کاهش ضخامت لایه ازن می‌شود. انرژی خورشید از پاک‌ترین انرژی‌های تجدید شونده می‌باشد و بهره‌گیری از آن آلودگی کمتری را برای جهان به وجود می‌آورد (بهادری‌نژاد، ۱۹۹۴). بنابراین انرژی خورشیدی به عنوان یکی از راهکارهای قابل اطمینان جهت تولید گرما و الکتریسیته لازم در زندگی انسان‌ها مورد توجه قرار گرفته است. دسترسی آسان برای همه‌ی مردم بدون هیچ هزینه‌ای، عمر مفید و قابلیت استفاده طولانی مدت، عدم احتیاج به احداث شبکه برق، ترانسفورماتور و ... که بسیار پرهزینه است، و نیز سهولت در نصب و جابجایی آسان و سریع، قابلیت نصب آسان و سریع و بهره‌گیری از آن در محل نزدیک به مصرف‌کنندگان، قابلیت استفاده در سیستم‌های متحرک و نیاز به منابع الکتریسیته مناسب برای مکان‌های دور از شبکه برق رسانی بهره‌مندی از این انرژی را اجتناب‌ناپذیر است (ابراهیمی، ۱۳۸۹). استفاده مؤثر از انرژی خورشیدی روشی مناسب برای کم کردن مصرف انرژی فسیلی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به وسیله ساختمان‌ها می‌باشد. برای استفاده از تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی نظیر سیستم‌های تولیدی حرارتی برای سیستم‌های گرمایش یا روشنایی ساختمان‌ها، نیازمند شناخت و ارزیابی‌های بسیار دقیق از انرژی خورشیدی در سطح زمین می‌باشیم (هامر و همکاران، ۲۰۰۳). دانستن دانش و اطلاعات درباره‌ی انرژی خورشیدی در از کاربردهای بسیار زیادی از جمله صنعتی، سیستم‌های فتوولتائیک، کاربردهای کشاورزی و طراحی و ساخت کلکتورهای خورشیدی کاربرد دارد. دسترسی داشتن به داده‌های انرژی خورشیدی به دو صورت امکان‌پذیر می‌باشد. در روش

تبخیر- تعرق با مقیاس کوچک را به روش سبال از ترکیب تصاویر سنجنده مودیس با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر با سنجنده لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استخراج کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت در نقشه‌های تبخیر- تعرق هم به صورت ورودی با مقیاس کوچک و هم خروجی مقیاس کوچک معنی‌دار نیست. ایندیا کیشان و همکاران (۲۰۱۷) به تخمین تبخیر- تعرق واقعی محصول گندم با استفاده از الگوریتم سبال و روش استاندارد شده ی پنمن- مانیتث و مقایسه ی نتایج لایسیمتر در منطقه ی بیوانی در هاریانا پرداختند. نتایج نشان داده است که مقدار بارش کافی و در دسترس بودن آب به تولید بیشتر گندم که در اثر افزایش تبخیر- تعرق منطقه ی مورد مطالعه منجر شده است. نتایج تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که به طور کلی مدل‌های سنجنش از دور عملکرد بهتری در تخمین تابش خورشیدی دارند و می‌توان از آن‌ها به عنوان یکی از ابزارهای مناسب و کم هزینه برای تخمین تابش خورشیدی استفاده نمود. با توجه به اهمیت تابش خورشیدی به عنوان یک انرژی پاک، در دسترس و عاری از هرگونه آلودگی‌های مخرب زیست محیطی، شناسایی نواحی پرتابش جهت معرفی به مراجع ذیربط، امری ضروری و لازم بوده و هدف این تحقیق می‌باشد. در این پژوهش سعی شده است با استفاده از الگوریتم سبال و تکنولوژی سنجنش از دور امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در منطقه شهرستان نظرآباد مورد مطالعه قرار گیرد.

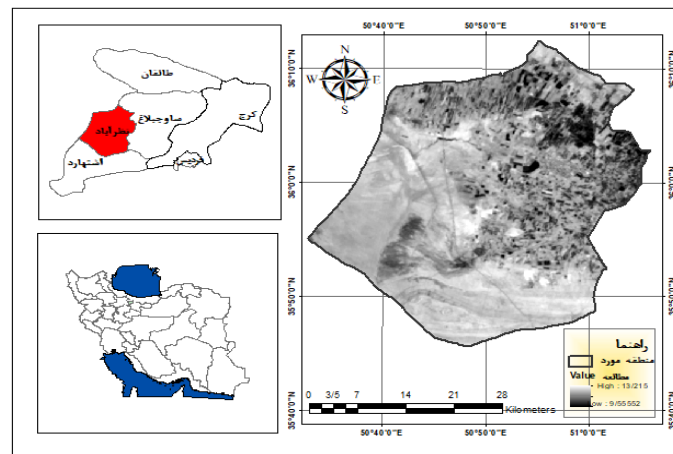
بزرگراه زنجان - تبریز را تأیید می‌کند. پینکر و همکاران (۱۹۸۵) مدل فیزیکی را برای تخمین تابش خورشیدی در سطح زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بدست آوردند. در این مدل فیزیکی تأثیرات جذب بخار آب، پراکنش معمول تابش‌ها، پراکنش و جذب گرد و غبار، جذب و پراکنندگی ابرها بررسی شد. ترنکا و همکاران (۲۰۰۵) از روش سبال برای محاسبه تابش، دمای سطح و در نهایت تبخیر- تعرق در غرب ایالت متحده استفاده کردند. نتایج اعتبارسنجی این مطالعه نشان داد که در نواحی کشاورزی تطابق خوبی بین تبخیر- تعرق به دست آمده از سبال وجود دارد. جانجیا و همکاران (۲۰۰۵) مدل فیزیکی را بر اساس رابطه بین آلدوی اتمسفر- زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ضرایب جذب و پراکنندگی اتمسفر ارائه دادند. این مدل برای محاسبه میانگین ماهانه تابش در مناطق گرمسیری با گرد و غبار زیاد طراحی شده است. در این مدل تابش خورشیدی ورودی به سطح زمین را بر حسب تابش جذب شده بوسیله شرایط مختلف اتمسفر و تابش بازتابی به فضا محاسبه می‌شود. آلمب و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش سبال و به‌کارگیری تصاویر سنجنده لندست TM و NOAA به برآورد پارامترهای هیدرولوژیکی و تخمین تابش خالص، شار گرمای خاک و شار گرمای محسوس در حوضه سنا یمن پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، مناطق دارای آلدو و دمای سطحی پایین، پوشش گیاهی زیاد و تبخیر- تعرق بالایی دارند. هانگ و همکاران (۲۰۱۵) تابش خالص و

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

نیمه خشک قرار می‌گیرد. عمده ترین عامل بارش توده هوای مرطوب غربی می‌باشد که در فصول سرد سال وارد کشورمان می‌شود و بارش‌های قابل توجهی را در منطقه ایجاد می‌کند. از اواخر خرداد ماه پرفشار جنب حاره وارد منطقه می‌شود و منجر به خشکی هوا می‌گردد. در فصول گرم سال بادی از جهت جنوب و جوب شرقی وارد منطقه می‌شود که در اصطلاح محلی به آن باد راز می‌گویند که این باد خشکی هوا را در بخش‌های جنوبی تشدید، و منجر به پراکنش ریزگرد ها در برخی از روزهای سال می‌شود.

شهرستان نظر آباد دارای مساحت ۱۱۵۸ کیلومتر می‌باشد. دشت نظرآباد از نظر ناهمواری (ژیومورفولوژیکی) یک محدوده حایل بین دو دشت نسبتاً وسیع کشور یعنی دشت قزوین در غرب و دشت ساوجبلاغ در شرق می‌باشد که از نظر ناهمواری اختلاف قابل توجهی بین بخش‌های مختلف آن دیده نمی‌شود به طوری که حداقل ارتفاع این دشت در بخش‌های جنوبی به میزان ۱۱۰۰ متر و حداکثر آن در شمال ۱۳۵۰ متر (از سطح آبهای آزاد) در حوالی آزادراه کرج قزوین مشاهده می‌شود. بررسی وضعیت آب و هوایی شهرستان نشان می‌دهد که میانگین طولانی مدت دمای منطقه ۱۴ درجه سانتیگراد و میانگین بارش کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد که از نظر اقلیمی این شهرستان جزء مناطق



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

روش تحقیق

محققان، روش‌های مختلفی برای تخمین میزان شدت تابش خورشید در یک نقطه سطح زمین، برای نقاط مختلف جهان پیشنهاد کرده اند. هر یک از این روش‌ها بر اساس ضریب صافی هوا، کسر ساعات آفتابی، میزان بارندگی، دما، رطوبت نسبی، فشار، ارتفاع از سطح دریا و پارامترهای دیگر می‌باشند. در این پژوهش از الگوریتم سبال و تکنولوژی سنجش از دور، امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در شهرستان نظرآباد مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور انجام عملیات پردازش و به دست آوردن نتایج دقیق، عملیات پیش‌پردازش و تصحیحات لازم بر روی تمام باندهای تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. باندهای حرارتی و غیرحرارتی باید عاری از اثرات اتمسفری باشند، در روش سبال بسیار مهم است که تصویر مورد استفاده برای انجام عملیات متعلق به آسمان صاف و بدون ابر باشد. در این پژوهش با استفاده از تابع تصحیح اتمسفری مربوط به ماهواره لندست در نرم‌افزار ENVI تا حد امکان اثرات اتمسفری برطرف و در نهایت جهت از بین بردن هرگونه گپ و استریپ تصحیحات رادیومتریک نیز بر روی تصاویر اعمال گردید.

در این پژوهش برای بررسی و امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ در یک دوره، برای ماه‌های مربوط به سال ۲۰۲۰ استفاده گردید (جدول شماره ۱). از نرم‌افزار ENVI جهت تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین اجرای محاسبات مربوط به مدل سبال و از نرم‌افزار ArcGIS جهت ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی، عملیات کارتوگرافیکی و در نهایت پیاده کردن مدل استفاده گردید. در ادامه محاسبات مربوط به مدل سبال در محیط نرم‌افزار ENVI و ArcGIS انجام و مقدار تابش خالص در منطقه مورد مطالعه محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت. لازم به توضیح است که تصاویر در دسترس ماه‌های سال برای محدوده مورد مطالعه کاملاً ابری بوده و با توجه به این‌که در الگوریتم سبال، مقادیر تابش خالص با استفاده از اندازه‌گیری تابش فرودی خورشید از تصاویر بدون ابر به دست می‌آید امکان استفاده از تصاویر ماه‌های فوق‌الذکر مقدور نگردد.

جدول ۱- اطلاعات تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده

تصویر	تاریخ اخذ	ردیف	گذر
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۴/۰۳	۳۵	۱۶۵
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۵/۲۱	۳۵	۱۶۵
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۶/۰۶	۳۵	۱۶۵
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۸/۰۹	۳۵	۱۶۵
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۹/۱۰	۳۵	۱۶۵
لندست ۸	۲۰۲۰/۱۰/۲۸	۳۵	۱۶۵

در رابطه (۱)، Rn میزان تابش خالص انرژی خورشیدی، α آلبیدوی سطحی، ϵ گسیلمندی، RS طول موج کوتاه فرودی، RL طول موج بلند فرودی، RL طول موج بلند خروجی برحسب وات بر مترمربع را نشان می‌دهند. بنابراین تابش خالص عبارت از اختلاف بین جریان تابش خروجی و فرودی بوده و معیاری از مقدار انرژی موجود در سطح زمین به شمار می‌رود. در ادامه به روش محاسبه اجزای رابطه (۱) و در نهایت محاسبه Rn پرداخته می‌شود. آلبدو (α): نسبت انرژی رسیده به سطح به انرژی بازتابش شده را آلبدو گویند. جهت محاسبه آلبدو از رابطه (۲) استفاده می‌شود:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_{path_radiance}}{\tau_{sw}^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه (۲)، آلبدوی بالای اتمسفر، آلبدوی معادل تابش مسیر و ضریب شفافیت اتمسفری را نشان می‌دهد.

برای محاسبه از رابطه (۳) و (۴) استفاده می‌شود (Allen et al., ۲۰۰۲):

الگوریتم سبال

در الگوریتم سبال از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای در باندهای مرئی، فروسرخ نزدیک و حرارتی برای برآورد انرژی تابشی خالص، شار حرارتی خاک، شار گرمای محسوس و شار گرمای نهان تبخیر برای هر پیکسل در یک تصویر استفاده می‌شود (Allen et al., ۲۰۰۲). در این روش مقادیر لحظه‌ای تابش خالص با استفاده از اندازه‌گیری تابش فرودی خورشید از تصاویر بدون ابر و به کارگیری آلبدوی سطحی، گسیلمندی سطحی و دمای سطح، به دست می‌آید. برای محاسبه میزان تابش خالص انرژی خورشیدی از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Allen et al., ۲۰۰۲).

$$Rn = (1 - \alpha) RS\downarrow + RL\downarrow - RL\uparrow - (\epsilon - \epsilon_0) RL\downarrow \quad \text{رابطه ۱}$$

گسیلمندی سطحی (ε^*) بصورت نسبت انرژی گرمایی تابش شده بوسیله سطح به انرژی گرمایی تابش شده بوسیله جسم سیاه در همان دما تعریف می‌شود.

$$\varepsilon^* = 1,009 + 0,047 \times \ln(\text{NDVI}) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

شاخص های پوشش گیاهی شاخصی است که به وضعیت و تراکم پوشش گیاهی حساسیت دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR}-\text{R}}{\text{IR}+\text{R}} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

R انعکاس در باند قرمز و IR انعکاس در باند مادون قرمز نزدیک می‌باشند. برای محاسبه تابش موج بلند خروجی یا $\uparrow \text{RL}$ از رابطه (۱۴) استفاده شده است. مقادیر RL بسته به محل و زمان تصویر از ۲۰۰ تا ۷۰۰ وات بر مترمربع تغییر می‌کنند (Allen et al., ۲۰۰۲).

$$\text{RL}\uparrow = \varepsilon_0 \sigma \text{Ts}\varepsilon \quad \text{رابطه ۱۴}$$

در رابطه (۱۴) ε_0 گسیلمندی اتمسفری، σ ثابت استفان بولتزمن و برابر $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ دمای سطح زمین بر حسب k نشان می‌دهد. تابش موج بلند فرودی، شار تابش حرارتی از آسمان به سمت پایین است که با استفاده از رابطه استفان - بولتزمن محاسبه می‌شود (Allen et al., ۲۰۰۲).

$$\text{RL}\downarrow = \varepsilon_a \sigma \text{Ta}\varepsilon \quad \text{رابطه ۱۵}$$

$\downarrow \text{RL}$ طول موج بلند ورودی بر حسب وات بر مترمربع که مقدار آن بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ وات بر مترمربع متغیر می‌باشد، ε_a گسیلمندی اتمسفر (بدون بعد)، σ ثابت استفان بولتزمن و برابر $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ دمای هوای نزدیک سطح بر حسب کلونین می‌باشد برای محاسبه ε_a می‌توان از معادله تجربی زیر که توسط باستیانسن به دست آمده استفاده کرد (Allen et al., ۲۰۰۲).

$$\varepsilon_a = 0,85 \times (-\ln \tau_{sw})^{0,9} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

که در آن ضریب شفافیت اتمسفری موج کوتاه می‌باشد. Tcold نیز معادل دمای سطحی پیکسل سرد می‌باشد. پیکسل سرد از مزارع با پوشش گیاهی کامل (معمولاً یونجه) و کاملاً آبیاری شده انتخاب می‌شود که در آن دمای سطحی و دمای هوای نزدیک سطح برابر فرض می‌شوند در نتیجه معادله نهایی برای محاسبه $\downarrow \text{RL}$ را می‌توان به صورت زیر نوشت (Allen et al., ۲۰۰۲).

$$\text{RL}\downarrow = 0,85 * (-\ln \tau_{sw})^{0,9} * \sigma * \text{Tcold}^4 \quad \text{رابطه ۱۷}$$

پس از محاسبه پارامترهای الگوریتم سیال که در بالا شرح داده شد، شار تابش خالص سطحی (Rn) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

۳- نتایج

۴- میانگین مقادیر بازتاب

در این پژوهش پس از تهیه تصاویر منطقه مورد مطالعه، عملیات پیش‌پردازش بر روی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. سپس جهت

$$\text{path_radiance} = \sum (\omega \lambda \times \rho \lambda) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\omega_\lambda = \frac{ESUN_\lambda}{\sum ESUN_\lambda} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\alpha_{\text{path_radiance}} \approx 0.03 \quad \text{رابطه ۵}$$

$$= 0,75 + 2 \times 10^{-5} \times Z \tau_{sw} \quad \text{رابطه ۶}$$

در روابط فوق، میانگین تابش ورودی خورشید در هر باند، ضریب وزنی و Z ارتفاع محل برحسب متر را نشان می‌دهد.

انعکاس یک سطح نسبت شار تابشی منعکس شده به شار تابشی برخوردی با سطح است. برای محاسبه $\rho \lambda$ (رادینانس به بازتاب) تصاویر ماهواره لندست از رابطه (۷) استفاده شده است.

$$D_\lambda = \frac{\pi * L_\lambda}{\rho \lambda} \quad \text{رابطه ۷}$$

$\rho \lambda$ مقدار بازتاب برای هر باند، L_λ رادینانس طیفی برای هر باند بر حسب $(\text{W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m})$ ، میانگین تابش خروجی از اتمسفر برای هر باند بر حسب $(\text{W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m})$ ، $\cos\theta$ زاویه فرودی خورشید (از نقطه نادیر)، dr مجذور معکوس فاصله نسبی زمین تا خورشید بر حسب واحد نجومی را نشان می‌دهند. $\cos\theta$ با استفاده از داده‌های هدر فایل یعنی زاویه ارتفاع خورشیدی (β) که در آن $(\beta = 90^\circ)$ برابر θ است به دست می‌آید. dr با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$r = 1 + 0,033696 \left(\text{DOY} \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{رابطه ۸}$$

DOY تعداد روز سال بین (۱ ژانویه) و ۳۶۵ یا ۳۶۶ (۳۱ دسامبر) است.

تابش فرودی موج کوتاه، شار تابش خورشیدی مستقیم و پراکنده است که واقعاً به زمین می‌رسد. با فرض شرایط آسمان صاف، می‌توان آن را از رابطه (۹) برای زمان تصویر محاسبه کرد. مقادیر Rs بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع بسته به محل و زمان تصویر متفاوت است (Allen et al., ۲۰۰۲).

$$\text{Rs}\downarrow = G_{sc} \times \cos\theta \times d_r \times \tau_{sw} \quad \text{رابطه ۹}$$

G_{sc} ثابت خورشیدی 1367 W/m^2 است. برای محاسبه دمای سطح زمین Ts از رابطه (۱۰) استفاده شده است.

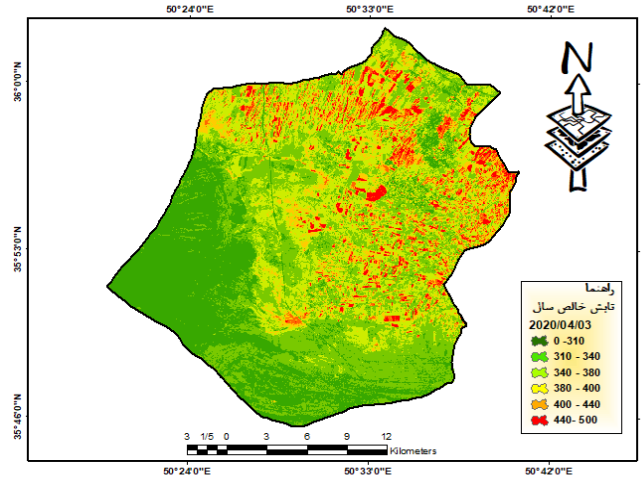
$$T_s = \frac{T_{bb}}{\varepsilon_0^{0.25}} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$T_{bb} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_6} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

در روابط فوق K_1 و K_2 ثابت تصحیح، L_6 رادینانس باند حرارتی در ماهواره لندست، T_{bb} دمای جسم سیاه زمین را نشان می‌دهد.

نتایج حاصل نشان می دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۰۴ وات بر مترمربع در سال ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ و کمترین مقدار در سال ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۵۰۰ وات بر مترمربع بوده است

محاسبه توزیع تابش خالص خورشیدی رسیده به سطح زمین (Rn)، ابتدا میانگین بازتاب ($\rho\lambda$) باندهای ۲ تا ۷ با اصلاح زاویه ی تابشی خورشید، برای تصاویر لندست، ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد.



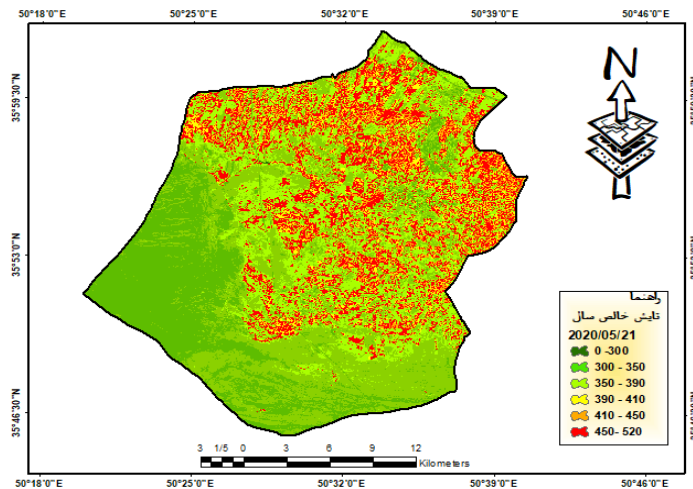
شکل ۲- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۴/۰۳ با روش سیال

جدول ۲- درصد توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۴/۰۳ با روش سیال

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۲۰۵	۰ - ۳۱۰ (w/m^2)
۲۰۴	۳۱۰ - ۳۴۰ (w/m^2)
۳۱۰	۳۴۰ - ۳۸۰ (w/m^2)
۲۰۰	۳۸۰ - ۴۰۰ (w/m^2)
۲۰	۴۰۰ - ۴۴۰ (w/m^2)
۲۰۰	۴۴۰ - ۵۰۰ (w/m^2)

اطلاعات جدول ۲ نشان می دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۴/۰۳ در محدوده ۳۴۰-۳۸۰ وات بر مترمربع با مقدار ۳۱۰ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده ۴۴۰-۴۰۰ وات بر مترمربع ۳۰ کیلومتر کمترین تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان نظرآباد قسمت شمال و مرکزی دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

شکل ۳- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۵/۲۹ با روش سیال



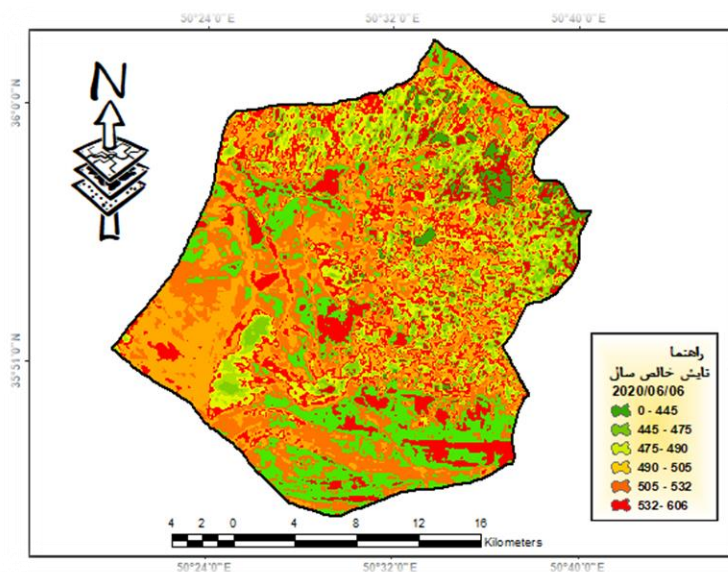
شکل ۳- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۵/۲۹ با روش سیال

جدول ۳- درصد توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۵/۲۹ با روش سیال

مقدار تابش (کیلو متر)	کلاس تابش
۲۶۰	۰ - ۳۰۰ (w/m ^۲)
۱۹۸	۳۰۰ - ۳۵۰ (w/m ^۲)
۳۲۶	۳۵۰ - ۳۹۰ (w/m ^۲)
۱۹	۳۹۰ - ۴۱۰ (w/m ^۲)
۲۶	۴۱۰ - ۴۵۰ (w/m ^۲)
۳۲۹	۴۵۰ - ۵۲۰ (w/m ^۲)

اطلاعات جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۵۲۰ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۵/۲۹ در محدوده ۴۵۰-۵۲۰ وات بر مترمربع با مقدار ۳۲۹ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده

۳۹۰-۴۱۰ وات بر مترمربع با ۱۹ کیلومتر کمترین تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان نظر اباد قسمت مرکزی دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.



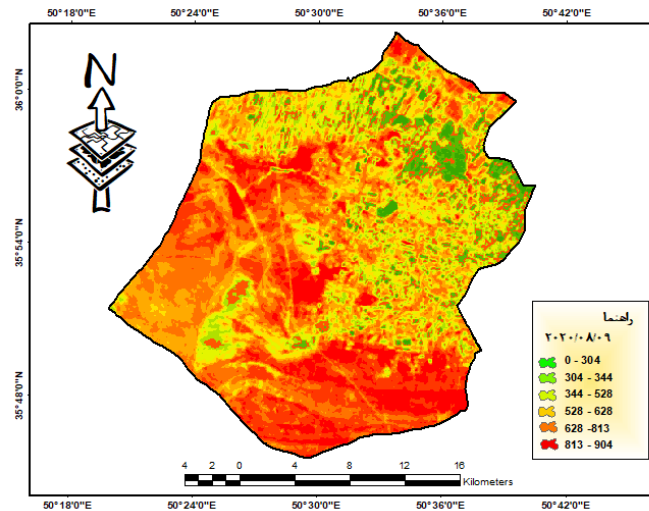
شکل ۴- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۶/۰۶ با روش سیال

جدول ۴- درصد توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۶/۰۶ با روش سیال

مقدار تابش (کیلو متر)	کلاس تابش
۵۶	۰ - ۴۴۵ (w/m ^۲)
۱۵۴	۴۴۵ - ۴۷۵ (w/m ^۲)
۹۹	۴۷۵ - ۴۹۰ (w/m ^۲)
۳۶۷	۴۹۰ - ۵۰۵ (w/m ^۲)
۳۸۲	۵۰۵ - ۵۳۲ (w/m ^۲)
۱۰۰	۵۳۲ - ۶۰۶ (w/m ^۲)

خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۰-۴۴۵ وات بر مترمربع ۵۶ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان نظرآباد در تمام قسمت‌های شهرستان دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

اطلاعات جدول ۴ نشان می‌دهد در این ماه توان تشعشعی و تابش خالص نسبت ماه‌های قبل افزایش چشم‌گیری را نشان می‌دهد. همچنین که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۶۰۶ وات متر بر مربع است. همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۶/۰۶ در محدوده ۵۰۵-۵۳۲ وات بر مترمربع بیشترین با مقدار ۳۸۲ کیلومتر کل تابش



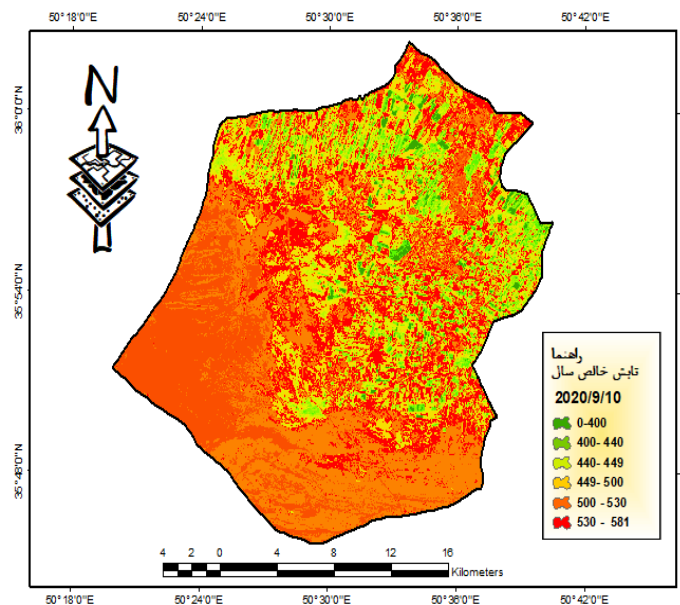
شکل ۵- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ با روش سیال

جدول ۵- درصد توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ با روش سیال

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۱۰۰	۰ - ۳۰۴ (w/m ^۲)
۵۳	۳۰۴ - ۳۴۴ (w/m ^۲)
۵۹	۳۴۴ - ۵۲۸ (w/m ^۲)
۳۲۰	۵۲۸ - ۶۲۸ (w/m ^۲)
۲۶۳	۶۲۸ - ۸۱۳ (w/m ^۲)
۳۶۲	۸۱۳ - ۹۰۴ (w/m ^۲)

همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۳۰۴-۳۴۴ وات بر مترمربع ۵۳ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان نظرآباد در تمام قسمت‌های شهرستان دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص ولی در قسمت جنوبی دارای بالاترین میزان می‌باشد.

اطلاعات جدول ۵ نشان می‌دهد در این ماه توان تشعشعی و تابش خالص نسبت ماه‌های قبل افزایش چشم‌گیری را نشان می‌دهد و به بالاترین حد خود هم در میزان تابش و هم در مساحت رسیده است. همچنین که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۹۰۴ وات بر متر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ در محدوده ۸۱۳-۹۰۴ وات بر مترمربع بیشترین مقدار ۳۶۲ کیلومتر کل تابش خالص بوده است.



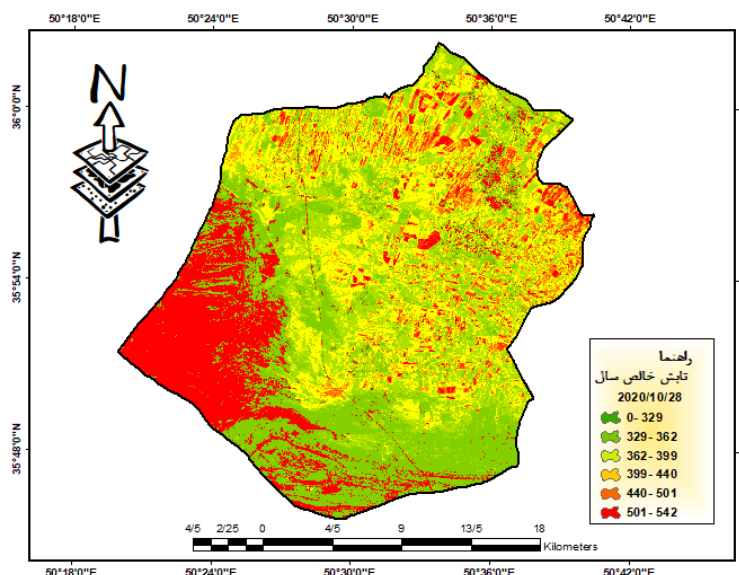
شکل ۶- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ با روش سیال

جدول ۶- درصد توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ با روش سیال

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۳۹	۰-۴۰۰ (w/m^2)
۱۳۰	۴۰۰-۴۴۰ (w/m^2)
۲۰۸	۴۴۰-۴۴۹ (w/m^2)
۳۰۰	۴۴۹-۵۰۰ (w/m^2)
۳۰۰	۵۰۰-۵۳۰ (w/m^2)
۱۸۳	۵۳۰-۵۸۱ (w/m^2)

است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۰-۴۰۰ وات بر مترمربع ۳۹ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان نظرآباد در تمام قسمت‌های شهرستان به جز قسمت‌های جنوبی دارای کمترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

اطلاعات جدول ۶ نشان می‌دهد در این ماه توان تشعشعی و تابش خالص نسبت ماه‌های قبل کاهش چشم‌گیری را نشان می‌دهد و به کمترین حد خود هم در میزان تابش و هم در مساحت رسیده است. همچنین که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۵۸۱ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ بیشترین مساحت در محدوده ۵۰۰-۵۸۱ وات بر مترمربع با مقدار ۳۰۰ کیلومتر کل تابش خالص بوده



شکل ۷- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ با روش سیال

جدول ۷- درصد توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ با روش سیال

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۵۱	۰-۳۲۹ (w/m^2)
۳۰۱	۳۲۹-۳۶۲ (w/m^2)
۱۵۱	۳۶۲-۳۹۹ (w/m^2)
۳۵۸	۳۹۹-۴۴۰ (w/m^2)
۳۳	۴۴۰-۵۰۱ (w/m^2)
۲۶۲	۵۰۱-۵۴۲ (w/m^2)

۳۹۹-۴۴۰ وات بر مترمربع با مقدار ۵۸۳ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۰-۴۴۰ وات بر مترمربع ۳۳ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان نظرآباد در تمام قسمت‌های شهرستان به جز قسمت جنوبی دارای کمترین دما توزیع تابش خالص می باش

اطلاعات جدول ۷ نشان می‌دهد در این ماه توان تشعشعی و تابش خالص نسبت ماه‌های قبل کاهش چشم‌گیری را نشان می‌دهد و به کمترین حد خود هم در میزان تابش و هم در مساحت رسیده است. همچنین که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۵۴۲ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ بیشترین مساحت در محدوده

۴- نتیجه‌گیری

آفتابی در ماه‌های مختلف سال است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در منطقه، در سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد. تفاوت در مقدار تابش خالص رسیده به زمین در منطقه مورد مطالعه، ناشی از تفاوت زاویه تابش خورشید و تعداد ساعات آفتابی در ماه‌های مختلف سال است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در منطقه، در سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد. سولهای فتوولتائیک که به تابش خورشیدی از آستانه‌ی تابش تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع حساسیت دارند و آن را دریافت می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در منطقه البرز در دو سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج محققان بسیاری از جمله، ولیزاده کامران (۱۳۹۱) و رضایی مقدم و هاتفی اردکانی (۱۳۹۴) که از داده‌های سنجش از دور و الگوریتم سبال در مطالعات تابش خورشیدی بهره گرفته‌اند، مطابقت دارد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های سنجش از دور به عنوان ابزاری مناسب و کم‌هزینه برای تخمین تابش خورشیدی، از عملکرد بهتری نسبت به روش‌های تجربی برخوردار است. بنابراین پیشنهاد می‌شود، محققین جهت مطالعات تابش خورشیدی از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های سنجش از دور به جای تحلیل زمان بر داده‌های اقلیمی و روش‌های تجربی استفاده نمایند

خورشید به عنوان منبع انرژی، سرآغاز حیات و منشأ تمام انرژی‌های دیگر شناخته شده است. تابش جهانی خورشید یکی از سازه‌های بنیادی هر گستره اقلیمی شمرده می‌شود. از این رو، شناخت ویژگی‌ها و نیز پیش‌بینی این سازه‌های اساسی، تاثیر زیادی در برنامه‌ریزی‌های وابسته به انرژی دارد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های سنجش از دور به عنوان ابزاری مناسب و کم‌هزینه برای تخمین تابش خورشیدی، در سال‌های اخیر بوده است. جهت انجام این پژوهش، از تصاویر مربوط به سال ۲۰۲۰ ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI و سنجنده TIRS و الگوریتم سبال استفاده شد. از نرم‌افزار ENVI جهت تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین اجرای محاسبات مربوط به مدل سبال و از نرم‌افزار ArcGIS جهت ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی، عملیات کارتوگرافیکی و در نهایت پیاده کردن مدل استفاده گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۰۴ وات بر مترمربع در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ و کمترین مقدار در تاریخ ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ به میزان ۵۰۰ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ به میزان ۳۲۰ کیلومتر و کمترین مقدار در ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ به میزان ۳۹ کیلومتر محاسبه شده است. تفاوت در مقدار تابش خالص رسیده به زمین در منطقه مورد مطالعه، ناشی از تفاوت زاویه تابش خورشید و تعداد ساعات

منابع

- ابراهیمی، ا. ۱۳۸۹، انرژی خورشیدی و کاربرد آن، انتشارات فراگیران سینا همدان.
- بهادری نژاد، م. و میرحسینی، س. ع. ۱۳۸۴. ضریب صافی هوا برای شهرهای مختلف ایران. سومین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- بینش، ع. ۱۳۶۶. انرژی خورشیدی و مناطق جنوب خراسان و سیستان و بلوچستان، مجله تحقیقات جغرافیایی، ۲: ۳۵-۱۵.
- جهانبخش، س.، زاهدی، م.، ولیزاده کامران، خ.، ۱۳۸۸. محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم‌گیری در محیط GIS و RS در بخش مرکزی منطقه مراغه، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، ص ۱۹-۴۲.
- رضایی مقدم، م.، هاتفی اردکانی، م.، ۱۳۹۴. کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و GIS در امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید جهت تامین روشنایی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۶ شماره ۲۱، ص ۱۰۵-۱۲۴.
- کمالی، ع.، مرادی، ا.، ۱۳۸۴. تابش خورشیدی (اصول و کاربردها در کشاورزی و انرژی‌های نو)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- مباشری، م.، خاوریان، ح.، ۱۳۸۳. تجزیه و تحلیل روش‌های استفاده از ماهواره در تعیین میزان تبخیر و تعرق، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ص ۸۳-۹۸.
- معینی، س.، جوادی، ش.، کوبی، ح.، دهقان منشادی، م.، اسماعیلی، ر.، ۱۳۸۹. برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در شهر یزد، نشریه انرژی ایران. ص ۲۴-۳۹.
- موسوی باگی، م.، اشرف، ب.، میان‌آبادی، آ.، ۱۳۸۹. بررسی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور معرفی مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک، مجله آب و خاک، شماره ۴، ص ۸۳۶-۸۴۴.
- وروانی، ه.، فرهادی، ب.، شریفی، م. ع.، ۱۳۹۸. تلفیق تصاویر ماهواره لندست ۸ و سنجنده مودیس جهت برآورد نیاز آبی ذرت علوفه‌ای در دوره رشد (منطقه مورد مطالعه: ماهیدشت کرمانشاه)، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۵، شماره ۱، ص ۲۵۷-۲۶۶.
- ولیزاده کامران، خ.، ۱۳۹۱. برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل به روش استفتر و محاسبه مقدار تابش رسیده به سطح زمین با استفاده از تصاویر DEM SRTM و با کمک تابع Solar Analyst در محیط GIS. نشریه علمی و پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز، شماره ۹، ۳۹-۵۲.
- Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R., Wim, B. ۲۰۰۲. SEBAL: surface energy balance algorithms for land, Version ۱.۰, Funded by a NASA EOSDIS/Synergy grant from the raytheon company through

- the Idaho department of water resources.
- Almhah, A., Busu, I. ۲۰۰۸. Estimation of evapotranspiration using fused remote sensing image data and M-SEBAL model for improving water management area, the ۳rd international conference water resources and arid environments.
 - Bakirci, K. ۲۰۰۹. Correlation for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey, Energy, Vol. ۳۴, P. ۴۸۵-۵۰۱.
 - Bosch, J.L., Lopez, G., Batlles, F.J. ۲۰۰۸. Daily solar irradiation estimation over a mountainous area using artificial neural networks, Renewable Energy, Vol. ۳۳, P. ۱۶۲۲-۱۶۲۸.
 - Hong, S., Hendrickx, J., Borchers, B. ۲۰۱۵. Down-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from MODIS (۲۵۰m) to landsat (۳۰m) scale, International journal of remote sensing, Vol. ۳۶, P. ۶۴۵۷-۶۴۷۷.
 - Jaber, H.S., Mansor, S., Pradhan, B., Ahmad, N. ۲۰۱۶. Evaluation of SEBAL model for Evapotranspiration mapping in Iraq using remote sensing and GIS, International Journal Appl Engineering Research, Vol. ۱۱, P. ۳۹۵۰-۳۹۶۴.
 - Janjai, S., Laksanaboonsong, J., Nunez, M., Thongsathitya, A. ۲۰۰۵. Development of a method for generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment, solar energy, Vol. ۷۸, P. ۷۳۹-۷۵۱.
 - Laine, V., Venalainen, A., Heikinheimo, M., Hyvarinen, O. ۱۹۹۹. Estimation of surface solar global radiation from NOAA AVHRR data in high latitudes, Journal of applied meteorology, Vol. ۳۸, P. ۱۷۰۶-۱۷۱۹.
 - Muzathik, A.M., Nik, W.B.W., Ibrahim, M.Z., Samo, K.B., Sopian, K., Alghoul, M.A. ۲۰۱۴. Daily global solar radiation estimate based on sunshine hourse, International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. ۶, P. ۷۵-۸۰.
 - Pinker, R.T., Ewing, J.A. ۱۹۸۵. Modeling surface solar radiation: model formulation and validation, Journal Climate Appl Meteorology, Vol. ۲۴, P. ۳۸۹-۴۰۱.
 - Trnka, M., Zalud, Z., Eitzinger, J., Dubrovsky, M. ۲۰۰۵. Global solar radiation in Central European lowlands estimated by various empirical formulas, Agriculture and Forest Meteorology, Vol. ۱۳۶(۱-۲), P. ۴۵-۷۶.
 - Winslow, J. C., Hunt, E. R. and Piper, S. C. ۲۰۰۱. A globally applicable model of daily solar irradiance estimated from air temperature and precipitation data: Ecol Model, ۴۳: ۲۲۷-۲۴۳.

Feasibility of using solar panels to provide energy in Nazarabad using thermal images

Sayyad Asghari Saraskanrod.^۱; Maryam Mohammadzadeh shishagaram^۲

^۱- professor in Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili

^۲-PhD student in of Geomorphology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

*Email address: s.asghari@uma.ac.i

Abstract

The sun is known as the source of energy, the beginning of life and the source of all other energies. The global radiation of the sun is considered one of the fundamental structures of every climate. Therefore, knowing the characteristics and predicting these basic structures has a great impact on energy-related planning. The use of satellite images and remote sensing models as a suitable and low-cost tool for estimating solar radiation has been in recent years. In order to carry out this research, the images of ۲۰۲۰ Landsat ۸ satellite, OLI sensor, TIRS sensor and Sabal algorithm were used. ENVI software was used for geometrical, atmospheric and radiometric corrections of satellite images, as well as the execution of calculations related to the Sabal model, and ArcGIS software was used for creating a database, spatial analysis, cartographic operations and finally implementing the model. The results show that the average of the highest incoming shortwave radiation was ۹۰۴ watts per square meter on ۰۹/۰۸/۲۰۲۰ and the lowest value was ۵۰۰ watts per square meter on ۱۰/۹/۲۰۲۰. Meanwhile, the highest amount of net radiation on ۰۹/۰۸/۲۰۲۰ was calculated as ۳۶۰ km and the lowest amount on ۱۰/۰۹/۲۰۲۰ as ۳۹ km. The difference in the amount of net radiation reaching the ground in the studied area, It is caused by the difference in the angle of the sun and the number of sunny hours in different months of the year. Finally, it can be concluded that the solar radiation in the region has the necessary potential for the implementation of solar photovoltaic projects in the year under review.

Introduction

The sun is the most basic energy provider for all human life processes on earth and is necessary for the continuation of life. The sun's radiation is also very effective on the weather processes that determine the environment around us. The amount of energy received from the sun is transferred to the earth from the sun's radiation, and the energy from it causes many processes on the earth's surface. Today, the use of renewable energy is one of the important and fundamental tasks for the optimal use of the climatic capabilities of each geographical area. Global solar radiation is one of the basic structures of any type of climate in any part of the world. Therefore, knowing the characteristics, knowledge and also predicting these root structures has a strong foothold in the planning and management of researches that require energy. Solar radiation is one of the most basic processes affecting the climate of any region, and by knowing this important issue, appropriate measures can be planned for its applications. In many remote and mountainous areas where electricity supply is very difficult, the power obtained from solar radiation can be the second method for fossil and non-renewable fuels. Especially that the use of this type of energy is free from factors such as environmental pollution.

Methodology

In this research, Landsat ۸ satellite images were used in one period for the months of ۲۰۲۰ to investigate and verify the use of solar radiation energy (Table No. ۱). ENVI software was used for geometric, atmospheric and radiometric corrections of satellite images, as well as the execution of calculations related to the Sabal model, and ArcGIS software was used for creating a database, spatial analysis, cartographic operations and finally implementing the model. Further, the calculations related to the Sabal model were performed in the environment of ENVI and ArcGIS software, and the amount of net radiation in the study area was calculated and analyzed. It is necessary to explain that the available images of the months of the year for the studied area are completely cloudy and considering that in

Sabal's algorithm, net radiation values are obtained by measuring the sun's descent from cloud-free images, it is possible to use the images of the above-mentioned months.

Results

Radiant power and net radiation shows a significant increase compared to the previous months and has reached its highest level both in the amount of radiation and in the area. Also, the highest percentage of net radiation distribution in this month is 90.4 watts per square meter, and on $9/08/2020$, in the range of $813-90.4$ watts per square meter, the maximum amount of total net radiation was 362 km. Also, in this month, the lowest radiation was received in the range of $30.4-344$ watts per square meter of 53 km of net radiation. As it is clear from the figure, Nazarabad city has the highest temperature distribution of net radiation in all parts of the city, but it has the highest amount in the southern part.

Discussion & Conclusions

In order to carry out this research, the images of 2020 Landsat \wedge satellite, OLI sensor, TIRS sensor and Sabal algorithm were used. ENVI software was used for geometrical, atmospheric and radiometric corrections of satellite images, as well as the execution of calculations related to the Sabal model, and ArcGIS software was used for creating a database, spatial analysis, cartographic operations and finally implementing the model. The results show that the average of the highest incoming shortwave radiation was 90.4 watts per square meter on $9/08/2020$ and the lowest value was 500 watts per square meter on $10/9/2020$. Meanwhile, the highest amount of net radiation on $9/08/2020$ was calculated as 320 km and the lowest amount on $10/9/2020$ as 39 km. The difference in the amount of net radiation reaching the ground in the studied area, It is caused by the difference in the angle of the sun and the number of sunny hours in different months of the year. Finally, it can be concluded that the solar radiation in the region has the necessary potential for the implementation of solar photovoltaic projects in the year under review. The difference in the amount of net radiation reaching the ground in the studied region is caused by the difference in the angle of the sun and the number of hours. It is sunny in different months of the year.

Keywords

"Solar Radiant Energy", "Sabal Algorithm", "Remote Measurement", "Nazarabad City"
