

امکان سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید با استفاده از سنجش از دور و الگوریتم

سبال (مطالعه موردی: شهرستان البرز)

بتول زینالی^{۱*}، مریم محمدزاده شیشه‌گران^۲

^{۱*} - دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

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

* ایمیل نویسنده مسئول: zeynali.b@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۶

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 ۹۱۸ وات بر مترمربع در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ و کمترین مقدار در تاریخ ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۳۷۰ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ به میزان ۲۳۲ کیلوواتر و کمترین مقدار در تاریخ ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۱۳ کیلوواتر 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 البرز".

۱- مقدمه

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

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 مؤثر 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، جای پای پررنگی 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 تجدیدناپذیر 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

داده‌های ماهواره‌ای بدست آوردند. در این مدل فیزیکی تأثیرات جذب بخار آب، پراکنش معمول تابش‌ها، پراکنش و جذب گرد و غبار، جذب و پراکندگی 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 اعتبار سنجی 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 آلودگی اتمسفر- زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ضرایب جذب و پراکندگی 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 سنایمن پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، مناطق دارای آلودگی و دمای سطحی پایین، پوشش گیاهی زیاد و تبخیر- تعرق بالایی دارند. هانگ و همکاران (۲۰۱۵) تابش خالص و 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- مانیت 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 البرز مورد مطالعه قرار گیرد.

روش انجام تحقیق

محدوده مورد مطالعه

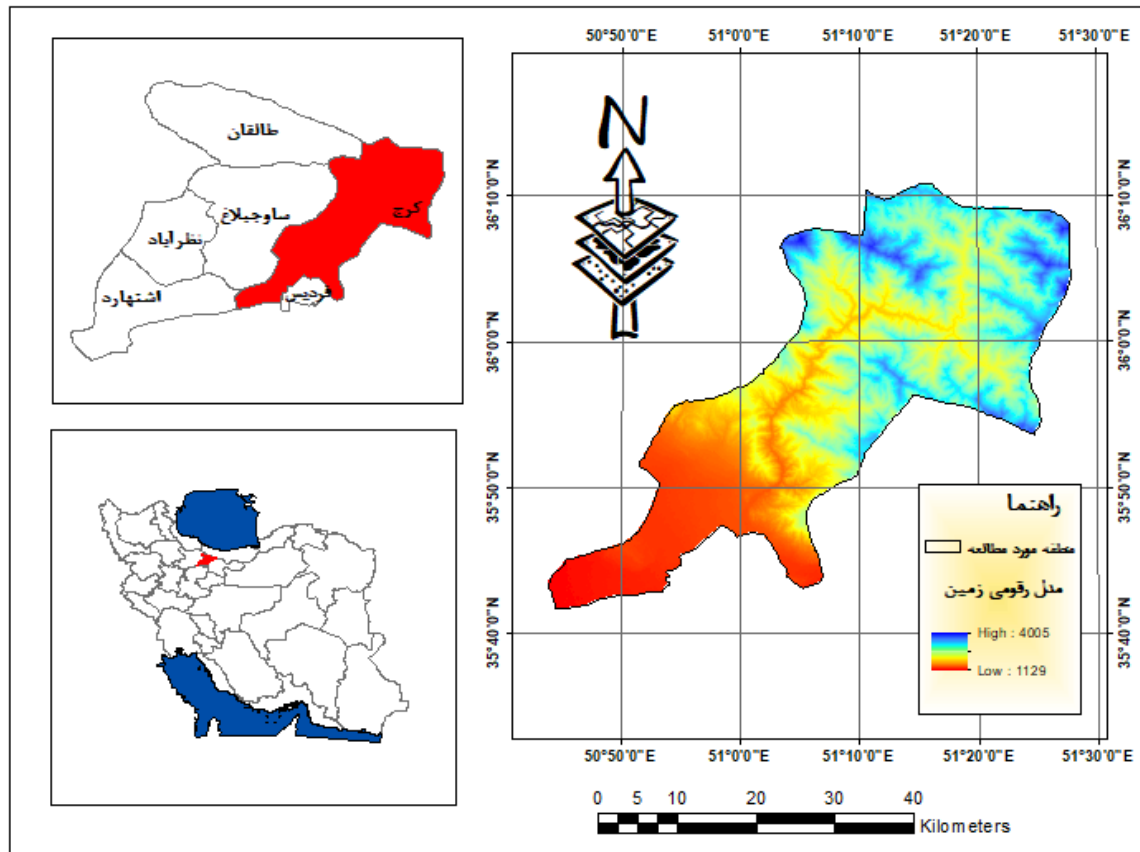
شهرستان کرج

کرج در ۳۶ کیلومتری غرب تهران، در کرانه غربی رود کرج و در دامنه جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده‌است. این شهرستان از شمال به استان مازندران، از شرق به شهرستان تهران، از جنوب به شهرستان شهریار و استان مرکزی و از غرب به شهرستان ساوجبلاغ و استان قزوین محدود است. شهرستان کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی، در

اول که اندازه‌گیری‌های مستقیم می‌گویند انرژی خورشید توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند پیرانومتر و پیرهیلمتر ثبت و اندازه‌گیری می‌شود. در روش دوم در مناطقی که فاقد دستگاه اندازه‌گیری انرژی هستند، یا اندازه‌گیری و ارزیابی 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 سنجنش 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 این سازه اقلیمی تنها در تعداد بسیار کمی از ایستگاه‌های هواشناسی یادداشت می‌شوند (باکیر سی، 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 (وینسلاو 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. مباحثی 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 سبال استفاده شده است. در روش سبال 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 آلودگی سطحی، گسیلمندی سطحی و دمای سطح به دست آمد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدل سبال، 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 خرداد ماه مابین ساعات ۱۰ الی ۱۱ قبل از ظهر نمود. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از الگوریتم سبال، تابش خالص خورشیدی جهت تأمین 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 تأمین روشنایی بزرگراه زنجان- تبریز را تأیید می‌کند. پینکر و همکاران (۱۹۸۵) مدل فیزیکی را برای تخمین تابش خورشیدی در سطح زمین با استفاده از

تهران می‌گردد و این تمایز تقریباً در تمام طول سال مشاهده می‌گردد. جمعیت شهر کرج برپایه سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با ۱'۵۹۲'۴۹۲ نفر می‌باشد. کرج پس از تهران بزرگ‌ترین شهر مهاجرپذیر ایران است و به همین دلیل به آن لقب «ایران کوچک» داده شده‌است. همچنین جمعیت این شهر نسبت به سایر شهرهای بزرگ ایران جوان‌تر است، و بالاترین میزان رشد موالید یا زاد و ولد را به خود اختصاص داده است.

فاصله ۴۸ کیلومتری غرب شمالی تهران واقع شده‌است. این شهر با مساحتی معادل ۴/۱۷۵ کیلومتر مربع و حریمی به وسعت ۹/۱۷۸ کیلومتر مربع در دامنه رشته کوه البرز مرکزی قرار دارد. شهر کرج امروزه به عنوان مرکز استان البرز به حساب می‌آید. متوسط دمای هوای شهرستان کرج در ماه مرداد به ۳۹/۸ و در دی ماه به ۲/۸ درجه سلسیوس می‌رسد. منطقه کرج به لحاظ اقلیمی تحت تأثیر ارتفاعات البرز و دره چالوس و رودخانه کرج قرار دارد که موجب خنک و مرطوب تر شدن این منطقه نسبت به



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

محققان، روش‌های مختلفی برای تخمین میزان شدت تابش خورشید در یک نقطه سطح زمین، برای نقاط مختلف جهان پیشنهاد کرده‌اند. 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 سببال و تکنولوژی سنجنش از دور، امکان سنجنی استفاده از انرژی خورشیدی در شهرستان البرز 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 سببال 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.

• روش تحقیق

در این پژوهش برای برسی و امکان سنجنی 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 سببال 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 سببال 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 این که در الگوریتم سببال، مقادیر تابش خالص با استفاده از اندازه‌گیری تابش فرودی خورشید از تصاویر بدون ابر به دست می‌آید امکان استفاده از تصاویر ماه‌های فوق‌الذکر مقدور نگردید.

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 روابط فوق، میانگین تابش ورودی خورشید در هر باند، ضریب وزنی و Z ارتفاع محل برحسب متر را نشان می‌دهد. انعکاس یک سطح نسبت شارتابشی منعکس شده به شارتابشی برخوردی با سطح است. برای محاسبه $\rho\lambda$ (رادینانس به بازتاب) تصاویر ماهواره لندست از رابطه (۷) استفاده شده است.

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi * L_{\lambda}}{E_0}$$

$\rho\lambda$ مقدار بازتاب برای هر باند، L_{λ} رادینانس طیفی برای هر باند بر حسب $(W/m^2/sr/\mu m)$ ، میانگین تابش خروجی از اتمسفر برای هر باند بر حسب $(W/m^2/sr/\mu m)$ ، $\cos\theta$ 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.

$$r = 1 + 0.0333 \cos\left(\frac{DOY - 2}{2\pi}\right)$$

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 R_s بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع بسته به محل و زمان تصویر متفاوت است (Allen et al., 2002).

$$R_{s\downarrow} = G_{sc} \times \cos\theta \times d_r \times \tau_{sw}$$

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

$$T_s = \frac{T_{bb}}{\varepsilon_0^{0.25}}$$

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

• الگوریتم سببال

در الگوریتم سببال از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای در باندهای مرئی، فرورسرخ 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., 2002). 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., 2002).

$$R_n = (1-\alpha) RS_{\downarrow} + RL_{\downarrow} - RL_{\uparrow} - (1-\varepsilon_0) RL_{\downarrow}$$

در رابطه (۱)، R_n میزان تابش خالص انرژی خورشیدی، α آلبدوی سطحی، ε گسیلمندی، RS_{\downarrow} طول موج کوتاه فرودی، RL_{\downarrow} طول موج بلند فرودی، RL_{\uparrow} 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 R_n پرداخته می‌شود.

آلبدو (α): نسبت انرژی رسیده به سطح به انرژی بازتابش شده را آلبدو گویند. جهت محاسبه آلبدو از رابطه (۲) استفاده می‌شود:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_{path_radiance}}{\tau_{sw}^2}$$

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., 2002):

$$\alpha_{toa} = \sum (\omega\lambda \times \rho\lambda)$$

$$\omega_{\lambda} = \frac{ESUN_{\lambda}}{\sum ESUN_{\lambda}}$$

$$\alpha_{path_radiance} \approx 0.03$$

$$= 0.75 + 2 \times 10^{-5} \times z \tau_{sw}$$

محاسبه ε_a می‌توان از معادله تجربی زیر که توسط باستیانسن به دست آمده استفاده کرد (Allen et al., 2002).

$$\varepsilon_a = 0.85 \times (-\ln \tau_{sw})^{.09} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

که در آن ضریب شفافیت اتمسفری موج کوتاه می باشد. T_{cold} 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 RL_{\downarrow} را می‌توان به صورت زیر نوشت (Allen et al., 2002).

$$RL_{\downarrow} = 0.85 * (-\ln \tau_{sw})^{.09} * \sigma * T_{cold}^4 \quad \text{رابطه ۱۷}$$

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

۲- نتایج

۳- میانگین مقادیر بازتاب

در این پژوهش پس از تهیه تصاویر منطقه مورد مطالعه، عملیات پیش‌پردازش بر روی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. سپس جهت محاسبه توزیع تابش خالص خورشیدی رسیده به سطح زمین (R_n)، ابتدا میانگین بازتاب (ρ_{λ}) باندهای ۲ تا ۷ با اصلاح زاویه تابشی خورشید، برای تصاویر لندست، در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۱۸ وات بر مترمربع در سال ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ و کمترین مقدار در سال ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۳۷۰ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ به میزان ۲۳۲ کیلومتر و کمترین مقدار در ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۱۳ کیلومتر محاسبه شده است.

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

گسیلمندی سطحی (ε_0) بصورت نسبت انرژی گرمایی تابش شده بوسیله سطح به انرژی گرمایی تابش شده بوسیله جسم سیاه در همان دما تعریف می‌شود.

$$\varepsilon_0 = 1.009 + 0.047 \times \ln(NDVI) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

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

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

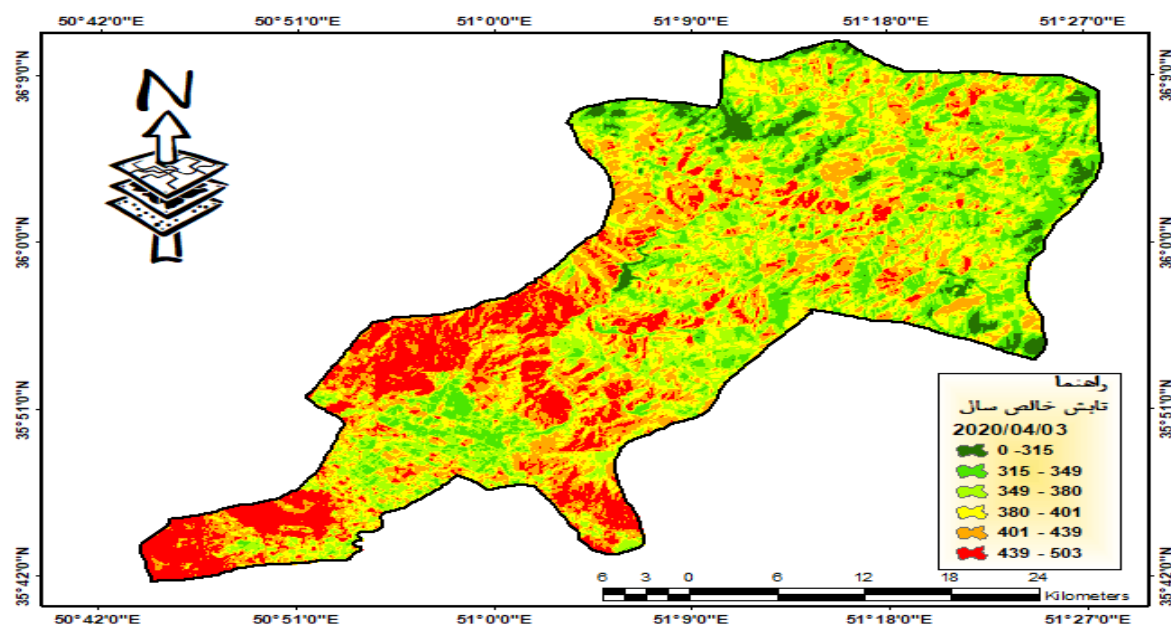
R انعکاس در باند قرمز و IR انعکاس در باند مادون قرمز نزدیک می‌باشند. برای محاسبه تابش موج بلند خروجی یا RL_{\uparrow} از رابطه (۱۴) استفاده شده است. مقادیر RL بسته به محل و زمان تصویر از ۲۰۰ تا ۷۰۰ وات بر مترمربع تغییر می‌کنند (Allen et al., 2002).

$$RL_{\uparrow} = \varepsilon_0 \sigma T_s^4 \quad \text{رابطه ۱۴}$$

در رابطه (۱۴) ε_0 گسیلمندی اتمسفری، σ ثابت استفان بولتزمن و برابر $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 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., 2002).

$$RL_{\downarrow} = \varepsilon_a \sigma T_a^4 \quad \text{رابطه ۱۵}$$

RL_{\downarrow} 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 $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ دمای هوای نزدیک سطح بر حسب کلونین می‌باشد برای



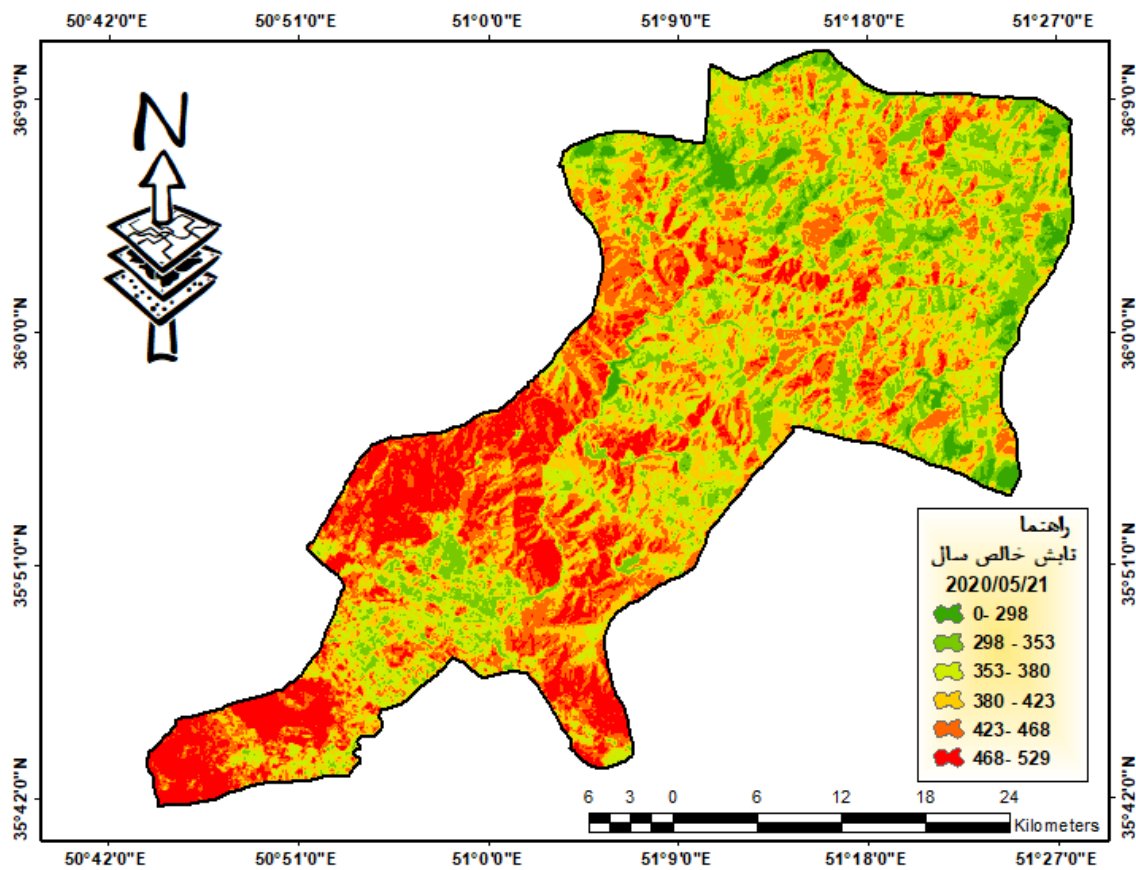
شکل ۲- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۴/۰۳ با روش سبال

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

مقدار تابش (کیلو متر)	کلاس تابش
۳۹	۰ - ۳۱۶ (w/m ²)
۱۹۴	۳۱۶ - ۳۴۹ (w/m ²)
۳۳۰	۳۴۹ - ۳۸۰ (w/m ²)
۳۳۸	۳۸۰ - ۴۰۱ (w/m ²)
۳۰۷	۴۰۱ - ۴۳۹ (w/m ²)
۲۱۱	۴۳۹ - ۵۰۳ (w/m ²)

دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان البرز قسمت چوب و جنوب غرب دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

اطلاعات جدول ۲ نشان می دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۴/۰۳ در محدوده ۳۸۰-۴۰۱ وات بر مترمربع با مقدار ۳۳۸ کیلو متر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده ۳۱۶-۰ وات بر مترمربع ۳۹ کیلو متر کمترین تابش خالص



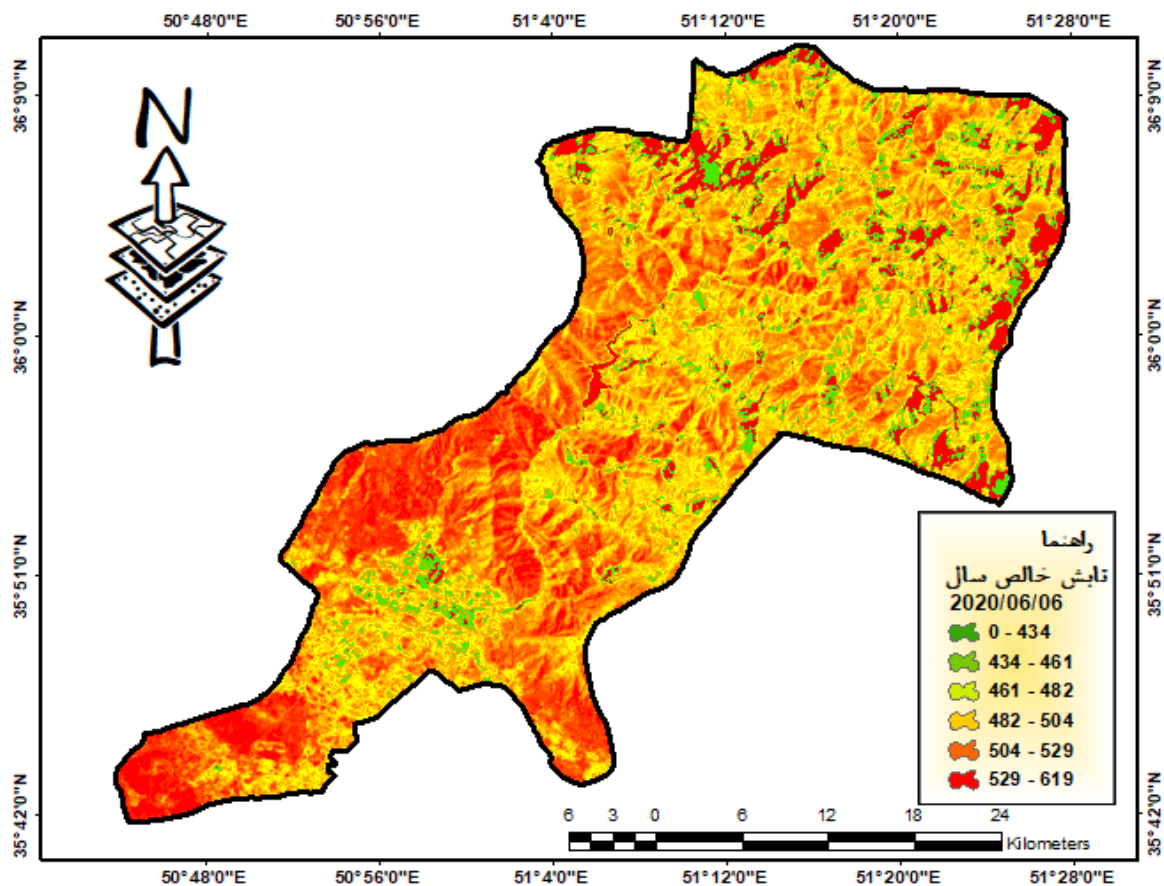
شکل ۳- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۵/۲۹ با روش سیبال

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

مقدار تابش (کیلو متر)	کلاس تابش
۴۵	۰ - ۲۹۸ (w/m ²)
۱۸۸	۲۹۸ - ۳۵۳ (w/m ²)
۳۲۶	۳۵۳ - ۳۸۰ (w/m ²)
۳۴۲	۳۸۰ - ۴۲۳ (w/m ²)
۲۹۴	۴۲۳ - ۴۶۸ (w/m ²)
۲۲۳	۴۶۸ - ۵۲۹ (w/m ²)

۲۹۸-۰ وات بر مترمربع ۴۵ کیلومتر کمترین تابش خالص در یافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان البرز قسمت چوب و جنوب غرب دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

اطلاعات جدول ۳ نشان می دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۵۲۹ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۵/۲۹ در محدوده ۴۲۳-۳۸۰ وات بر مترمربع با مقدار ۳۴۲ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده



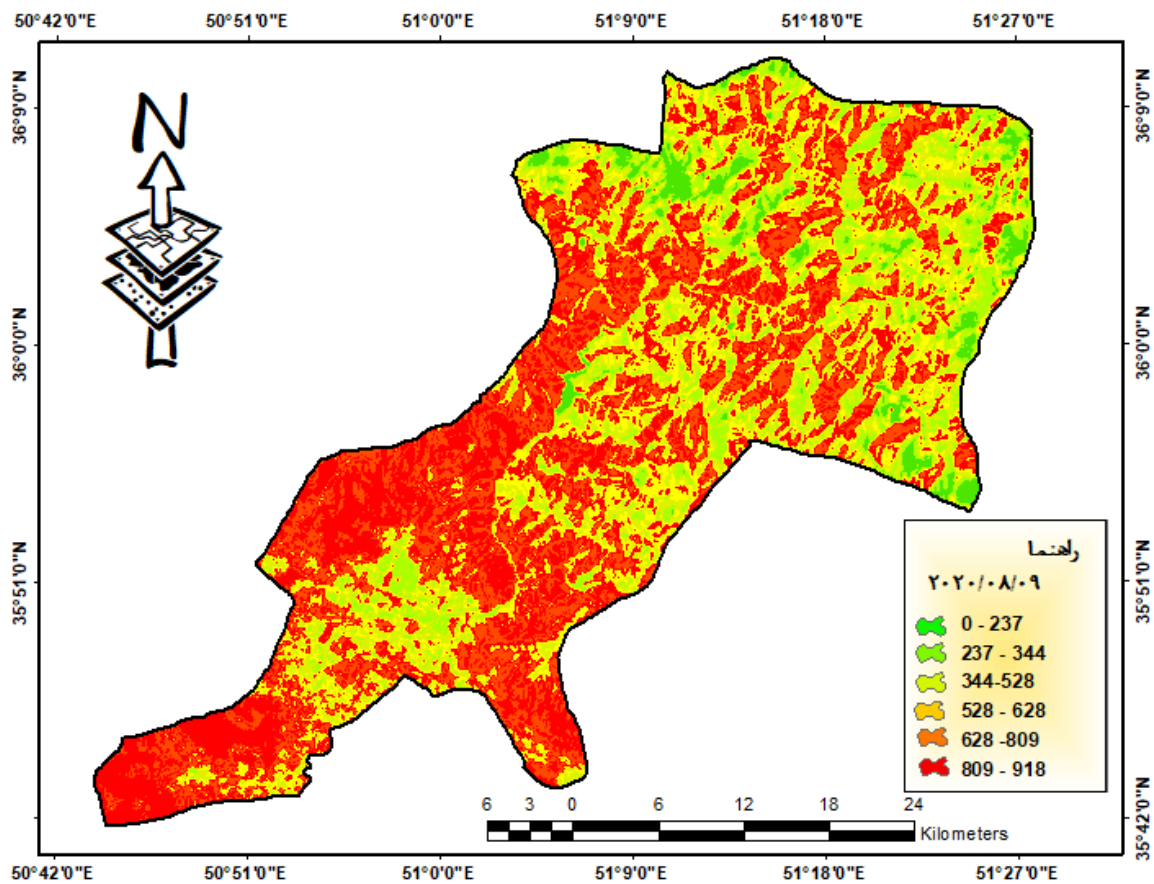
شکل ۴- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۶/۰۶ با روش سیبال

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

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۴۶	۰ - ۴۳۴ (w/m ²)
۲۱۴	۴۳۴ - ۴۶۱ (w/m ²)
۳۳۷	۴۶۱ - ۴۸۲ (w/m ²)
۳۳۷	۴۸۲ - ۵۰۴ (w/m ²)
۲۸۲	۵۰۴ - ۵۲۹ (w/m ²)
۲۰۳	۴۶۱ - ۶۱۹ (w/m ²)

مقدار ۳۳۷ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۰-۴۳۴ وات بر مترمربع ۴۶ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان البرز در تمام قسمت‌های شهرستان دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

اطلاعات جدول ۴ نشان می دهد در این ماه توان تشعشعی و تابش خالص نسبت ماه های قبل افزایش چشم گیری را نشان می دهد. همچنین که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این ماه ۶۱۹ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۶/۰۶ در محدوده ۴۲۳-۳۸۰ وات بر مترمربع و ۴۲۳-۳۸۰ وات بر مترمربع بیشترین با



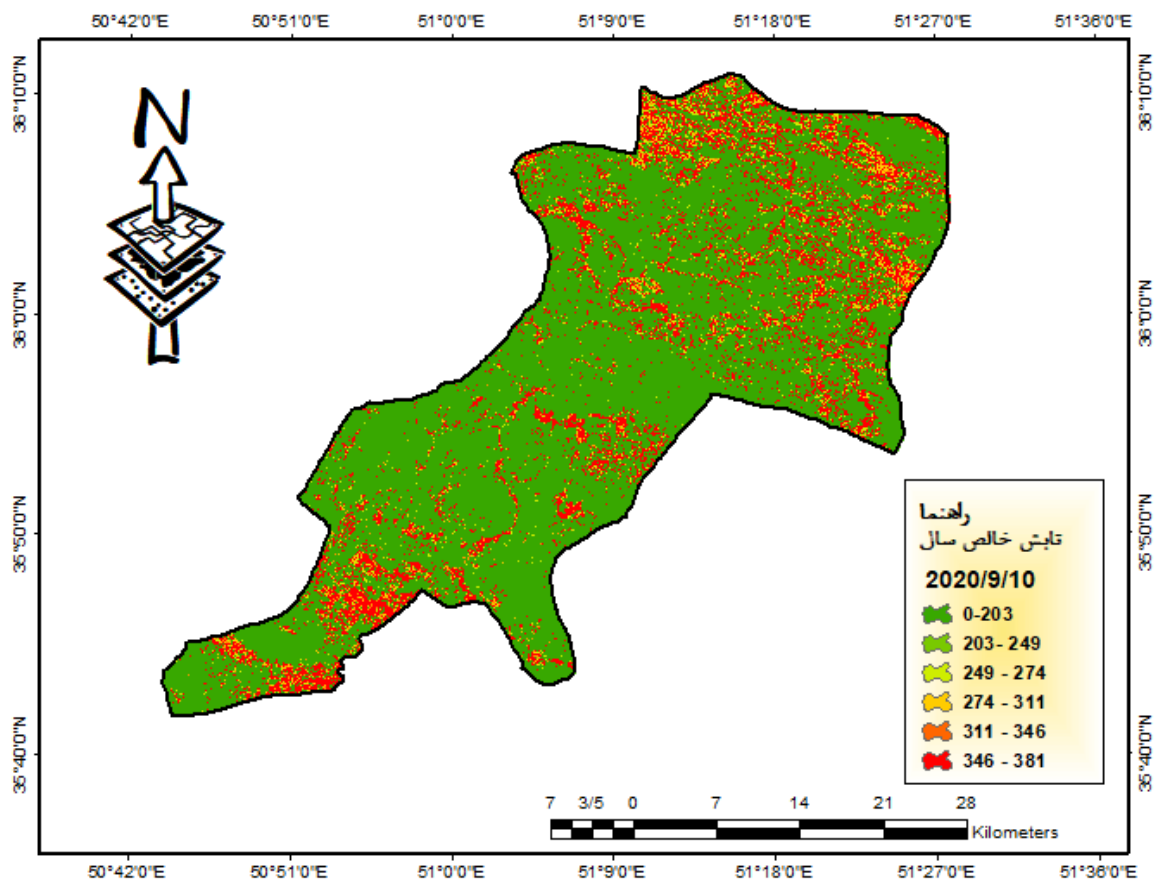
شکل ۵- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ با روش سیال

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

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۳۳	۰ - ۲۳۷ (w/m ²)
۱۶۲	۲۳۷ - ۳۴۴ (w/m ²)
۳۱۱	۳۴۴ - ۵۲۸ (w/m ²)
۳۶۲	۵۲۸ - ۶۲۸ (w/m ²)
۳۱۷	۶۲۸ - ۸۰۹ (w/m ²)
۲۳۲	۸۰۹ - ۹۱۸ (w/m ²)

خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۰-۲۳۷ وات بر مترمربع ۳۳ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان البرز در تمام قسمت‌های شهرستان دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.

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 ۹۱۸ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ در محدوده ۵۲۸-۶۲۸ وات بر مترمربع بیشترین مقدار ۳۶۲ کیلومتر کل تابش



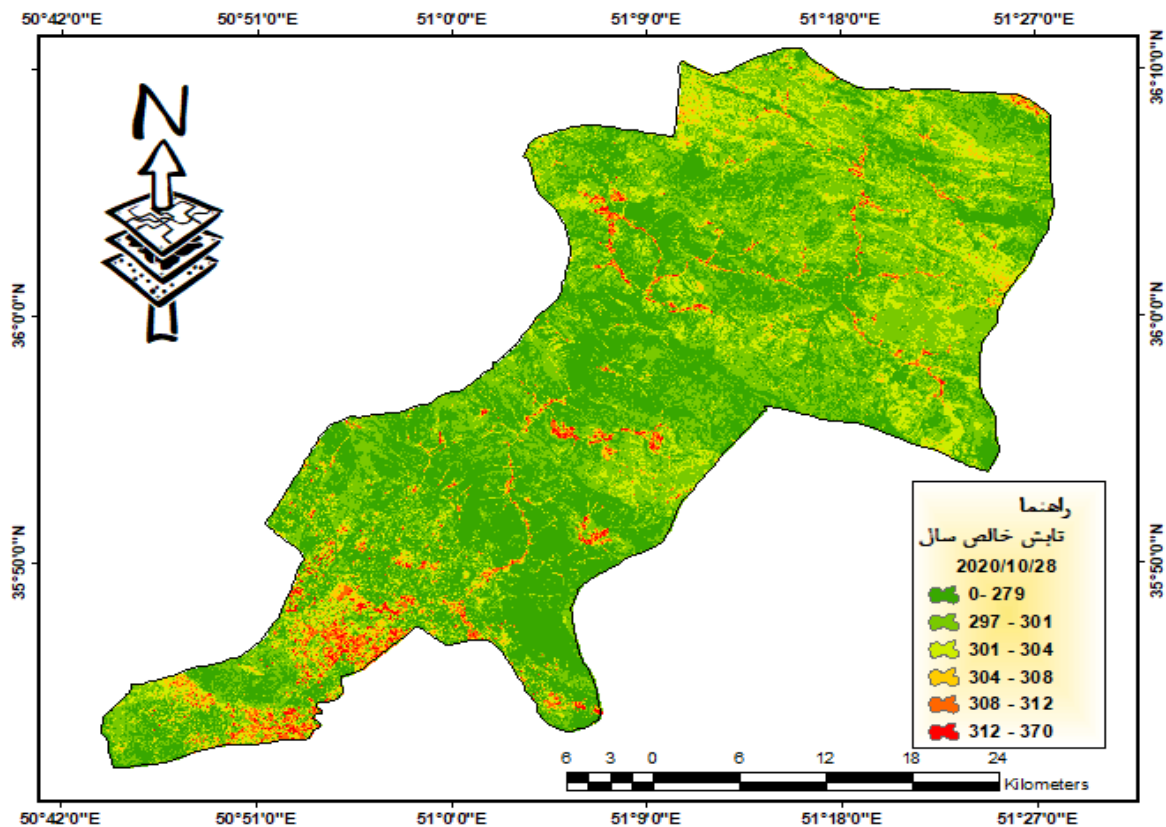
شکل ۶- توزیع تابش خالص سال ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ با روش سیبال

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

مقدار تابش (کیلومتر)	کلاس تابش
۱۱۱۵	۰-۲۰۳ (w/m ²)
۴۲	۲۰۳-۲۴۹ (w/m ²)
۱۳۸	۲۴۹-۲۷۴ (w/m ²)
۵۰	۲۷۴-۳۱۱ (w/m ²)
۳۳	۳۱۱-۳۴۶ (w/m ²)
۴۰	۳۴۶-۳۸۱ (w/m ²)

در محدوده ۰-۲۰۳ وات بر مترمربع با مقدار ۱۱۱۵ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۳۱۱-۳۴۶ وات بر مترمربع ۳۳ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان البرز در تمام قسمت‌های شهرستان 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 ۳۸۱ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۰۹/۱۰ بیشترین مساحت



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
۵۸۳	۰-۲۷۹ (w/m ²)
۵۳۶	۲۷۹-۳۰۱ (w/m ²)
۱۹۸	۳۰۱-۳۰۴ (w/m ²)
۵۵	۳۰۴-۳۰۸ (w/m ²)
۳۳	۳۰۸-۳۱۲ (w/m ²)
۱۳	۳۱۲-۳۷۰ (w/m ²)

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 سیال استفاده شد. از نرم‌افزار ENVI جهت تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین اجرای محاسبات مربوط به مدل سیال 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 ۹۱۸ وات بر مترمربع در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ و کمترین مقدار در تاریخ ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۳۷۰ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در تاریخ ۲۰۲۰/۰۸/۰۹ به میزان ۲۳۲ کیلومتر و کمترین مقدار در ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ به میزان ۱۳

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 ۳۷۰ وات متر بر مربع است، همچنین در تاریخ ۲۰۲۰/۱۰/۲۸ بیشترین مساحت در محدوده ۰-۲۷۹ وات بر مترمربع با مقدار ۵۸۳ کیلومتر کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۳۱۲-۳۷۰ وات بر مترمربع ۱۳ کیلومتر تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان البرز در تمام قسمت‌های شهرستان دارای کمترین دما توزیع تابش خالص می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

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

تحلیل زمان بر داده‌های اقلیمی و روش‌های تجربی استفاده نمایند. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج محققان بسیاری از جمله gordan(1960)، Almhab. Kreith (1962) و همکاران (۲۰۰۸)، Muzathik (2014) و Wali Zadeh Kamran (1389) و (1394) Rezaei Moghaddam که از داده‌های سنجش از دور و الگوریتم سبال در مطالعات تابش خورشیدی بهره گرفته‌اند، مطابقت دارد.

پیشنهادهای:

با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌گردد: 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.

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. سلولهای 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

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.، کویکی، 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: ماهدشت کرمانشاه)، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۵، شماره ۱، ص ۲۵۷-۲۶۶.
- ولیزاده کامران، خ.، ۱۳۹۱. برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل به روش استفتز 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. 2002. SEBAL: surface energy balance algorithms for land, Version 1.0, Funded by a NASA EOSDIS/Synergy grant from the raytheon company through the Idaho department of water resources.
- Almhab, A., Busu, I. 2008. Estimation of evapotranspiration using fused remote sensing image data and M-SEBAL model for improving water management area, the 3rd international conference water resources and arid environments.
- Bakirci, K. 2009. Correlation for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey, Energy, Vol. 34, P. 485-501.
- Bosch, J.L., Lopez, G., Batlles, F.J. 2008. Daily solar irradiation estimation over a mountainous area using artificial neural networks, Renewable Energy, Vol. 33, P. 1622-1628.
- Hong, S., Hendrickx, J., Borchers, B. 2015. Down-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from MODIS (250m) to landsat (30m) scale, International journal of remote sensing, Vol. 32, P. 6457-6477.

- Jaber, H.S., Mansor, S., Pradhan, B., Ahmad, N. 2016. Evaluation of SEBAL model for Evapotranspiration mapping in Iraq using remote sensing and GIS, International Journal Appl Engineering Research, Vol. 11, P. 3950-3964.
- Janjai, S., Laksanaboonsong, J., Nunez, M., Thongsathitya, A. 2005. Development of a method for generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment, solar energy, Vol. 78, P. 739-751.
- Laine, V., Venalainen, A., Heikinheimo, M., Hyvarinen, O. 1999. Estimation of surface solar global radiation from NOAA AVHRR data in high latitudes, Journal of applied meteorology, Vol. 38, P. 1706-1719.
- Muzathik, A.M., Nik, W.B.W., Ibrahim, M.Z., Samo, K.B., Sopian, K., Alghoul, M.A. 2014. Daily global solar radiation estimate based on sunshine hourse, International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. 6, P. 75-80.
- Pinker, R.T., Ewing, J.A. 1985. Modeling surface solar radiation: model formulation and validation, Journal Climate Appl Meteorology, Vol. 24, P. 389-401.
- Trnka, M., Zalud, Z., Eitzinger, J., Dubrovsky, M. 2005. Global solar radiation in Central European lowlands estimated by various empirical formulas, Agriculture and Forest Meteorology, Vol. 131(1-2), P. 45-76.
- Winslow, J. C., Hunt, E. R. and Piper, S. C. 2001. A globally applicable model of daily solar irradiance estimated from air temperature and precipitation data: Ecol Model, 43: 227-243.

Feasibility study of using solar radiation energy using remote sensing and SEBAL algorithm(Case study: Alborz Plain)

Dr. Batol zeynali.*¹ ; Maryam Mohammadzadeh shishagaram²

*1- Professor of Climatology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran

2-PhD student in of Geomorphology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran

*Email Address: zeynali.b@uma.ac.ir

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 2020 Landsat 8 satellite, OLI sensor, TIRS sensor and Sabal algorithm were used. 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. The results show that the average maximum incoming shortwave radiation was 918 watts per square meter on 08/09/2020 and the lowest value was 370 watts per square meter on 10/28/2020. Meanwhile, the highest amount of net radiation on 09/08/2020 was calculated as 232 km and the lowest amount was calculated as 13 km on 28/10/2020. 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 8 satellite images were used in one period for the months of 2020 to investigate and verify the use of solar radiation energy (Table No. 1). 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

In this research, after preparing the images of the study area, pre-processing operations were used on the images. Then direction Calculating the distribution of net solar radiation reaching the earth's surface (Rn), first, the average reflectance ($\rho\lambda$) of bands 2 to 7 was calculated by correcting the sun's radiation

angle, for Landsat images, 2020 in the study area. The results show that the average of the highest incoming short wave radiation was 918 watts per square meter in 08/09/2020 and the lowest value was 370 watts per square meter in 10/28/2020. Meanwhile, the highest amount of net radiation on 09/08/2020 was calculated as 232 km and the lowest amount was calculated as 13 km on 28/10/2020.

Discussion & Conclusions

The results show that the average maximum incoming shortwave radiation was 918 watts per square meter on 08/09/2020 and the lowest value was 370 watts per square meter on 10/28/2020. Meanwhile, the highest amount of net radiation on 09/08/2020 was calculated as 232 km and the lowest amount was calculated as 13 km on 28/10/2020. 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. Photovoltaic cells, which are sensitive to solar radiation from the threshold of radiation up to 1000 W/m² and receive it, it can be concluded that the solar radiation in the Alborz region in the two years under investigation has the necessary potential to implement solar photovoltaic projects.

Keywords

“Solar radiant energy”, “SEBAL algorithm”, “Remote sensing”, “Alborz Plain”