

امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید با استفاده از سنجش از دور و الگوریتم سبال (مطالعه موردی: دشت مغان)
صیاد اصغری سراسکانرود^{۱*} ، مریم محمدزاده شیشه‌گران^۲ ، احسان قلعه^۳

*۱- دانشکده علوم اجتماعی ، دانشگاه محقق اردبیلی

۲ و ۳- دانشکده علوم اجتماعی ، دانشگاه محقق اردبیلی

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

تاریخ پذیرش : ۹۹/۱۰/۰۵

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۹/۱۲

چکیده

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 دو سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI و سنجنده TIRS و الگوریتم سبال استفاده شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۱۴ وات بر مترمربع در ژوئن و کمترین مقدار در نوامبر به میزان ۵۴۸ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در ژوئن به میزان ۵۰۵ وات بر مترمربع و کمترین مقدار در فوریه به میزان ۴۶۷ وات بر مترمربع محاسبه شده است. در نهایت بیشترین مقدار تابش خالص رسیده به سطح زمین در ماه ژوئن به اندازه میانگین ۵۰۵ وات بر مترمربع، کمترین مقدار میانگین مربوط به نوامبر با ۲۹۶ وات بر متر مربع بوده 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 دو سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی

"انرژی تابشی خورشید"، "الگوریتم سبال"، "سنجش از دور"، "دشت مغان".

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

Sayyad Asghari Sarasekanrood^{1*} , Maryam Mohamadzadeh Shishegaran², Ehsan Ghale³

*1- Graduate Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2, 3- Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Email Address: s.asghari@uma.ac.ir

Abstract

The use of satellite imagery and remote sensing models has been a convenient and inexpensive tool for estimating solar radiation in recent years. To conduct this research, images related to the two years 2019 and 2020 of Landsat 8 satellites, OLI sensors, TIRS sensors and Sabal algorithm were used. The results show that the average of the highest input shortwave radiation was 914 watts per square meter in June and the lowest in November was 548 watts per square meter. The highest amount of net radiation in June was 505 watts per square meter and the lowest in February was 467 watts per square meter. Finally, the highest amount of net radiation reached the earth's surface in June at an average of 505 watts per square meter, the lowest average amount was in November at 296 watts per square meter. The difference in the amount of net radiation reaching the earth in the study area is due to the difference in the angle of the sun and the number of hours of sunshine in different months of the year. Finally, it can be concluded that solar radiation in the region, in the two years under study has the necessary potential to implement solar photovoltaic projects.

Keywords

"Solar radiant energy", "SEBAL algorithm", "Remote sensing", "Moghan Plain"

۱- مقدمه

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 (کمالی و مرادی، ۲۰۰۵: ۲۸۵). در بسیاری از مناطق کوهستانی که برق‌رسانی آسان نیست، انرژی حاصل از تابش خورشیدی می‌تواند جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی باشد. به ویژه این که کاربرد این سرچشمه انرژی، عاری از آلودگی‌های زیست محیطی است (بوش و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۶۲۳). یکی از روش‌های دسترسی به اطلاعات انرژی خورشیدی اندازه‌گیری مستقیم انرژی خورشید توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند پیرانومتر و پیرهیلومتر می‌باشد. متأسفانه در بسیاری از نقاط اندازه‌گیری تابش خورشیدی به لحاظ هزینه زیاد، نگهداری و نیاز به واسنجی (کالیبراسیون) تجهیزات همیشه صورت نمی‌گیرد (بکریری، ۲۰۰۹: ۴۹۳). تاکنون رویکردهای گوناگونی برای فراگیر ساختن نقشه‌های تابشی به انجام رسیده است، تا از این راه بتوان به برآوردی از تابش خورشیدی در پهنه‌هایی که داده‌های دیدبانی در دسترس نیست، دست یافت (وینسلو و همکاران، ۲۰۰۱: ۲۳۵). تکنیک‌های سنجش از دور به دلیل دقت و سرعت بالا در برآورد مقادیر تابش خالص می‌توانند جایگزین مناسبی برای روش‌های تجربی و قدیمی در این زمینه باشند (معینی، ۲۰۱۰: ۷۹). 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. وروانی و همکاران (۱۳۸۹) از تلفیق تصاویر لندست ۸ و مودیس، و مدل سیال برای برآورد تبخیر و تعرق ذرت در منطقه ماهیدشت کرمانشاه استفاده کردند. مقادیر حاصل در قیاس با داده‌های زمینی بیانگر این بود که تلفیق تصاویر ماهواره‌ای باعث بهبود دقت تبخیر و تعرق برآوردی نسبت به تصویر لندست ۸ شده است. به طور کلی نتایج نشان داد که برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از الگوریتم سیال نتایج قابل قبولی را ارائه داد. 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 فرایندهای 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 به کارگیری آلبدوی 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. جهانیش و همکاران (۱۳۸۸) به طور همزمان اقدام به پایش دمای سطح زمین در تعداد محدودی از ایستگاه‌های هواشناسی به صورت نقطه‌ای و محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم سیال پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که اختلافی در حدود ۵/۵۷ درجه سانتی‌گراد بین دمای سطح برآورد شده از طریق سنجش از دور و آمار ۱۲ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۳) ایستگاه هواشناسی مراغه وجود دارد. 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 سبال، 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 به کارگیری 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 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. لاین همکاران (۱۹۹۹) در تحقیقی مدل فیزیکی برای تخمین تابش خورشیدی لحظه‌ای و روزانه در فنلاند بر پایه داده‌های سنجنده AVHRR ماهواره نوا و داده‌های ۶ ایستگاه اندازه‌گیری زمینی تابش خورشیدی در ماه جولای ارائه دادند. مقایسه لحظه‌ای تخمین‌های ماهواره‌ای با داده‌های اندازه‌گیری میانگین ۱۵ دقیقه‌ای تابش خورشیدی در شرایط صاف، ضریب همبستگی ۰/۹۷ و خطای استاندارد ۰/۸ و تحت شرایط آسمان ابری، ضریب همبستگی ۰/۸۳-۰/۷۹ و خطای استاندارد ۳۹-۲۷ درصد بدست آمد. ترنکا و همکاران (۲۰۰۵) از روش سیال 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 آلبدوی 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 سیال و به کارگیری 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 آلبدو و دمای سطحی پایین، پوشش گیاهی زیاد و تبخیر- تعرق بالایی دارند. تابیک و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با در نظر گرفتن عوامل ارتفاع، شیب و جهت شیب الگوریتمی سریع و دقیق جهت تعیین نقشه حداکثر انرژی تابش فرودی و زوایای بهینه آن از روی مدل رقومی ارتفاع با تفکیک بالا ارائه کردند. موزاتیک (۲۰۱۴) با ارزیابی مدل‌های متعددی برای تخمین میانگین ماهانه تابش خورشیدی روزانه در یک سطح افقی بر اساس ساعات آفتابی و انتخاب مدلی مناسب برای ایالت گرنگانو مالزی پرداخت. هانگ و همکاران (۲۰۱۵) تابش خالص و تبخیر- تعرق با

• روش تحقیق

در این پژوهش برای بررسی و امکان سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ در یک دوره، برای ماه‌های مربوط به سال ۲۰۲۰ استفاده گردید (جدول شماره ۱). نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ رقومی سازمان جغرافیایی نیروی‌های مسلح جهت تعیین موقعیت و حدود منطقه مورد مطالعه و داده‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه از جمله دما، بارش، سرعت باد، تعداد روزهای آفتابی استفاده شده است (جدول ۲). 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 نگردید. 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 سبال و تکنولوژی سنجنش از دور، امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در منطقه مغان 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.

جدول ۱- اطلاعات تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده

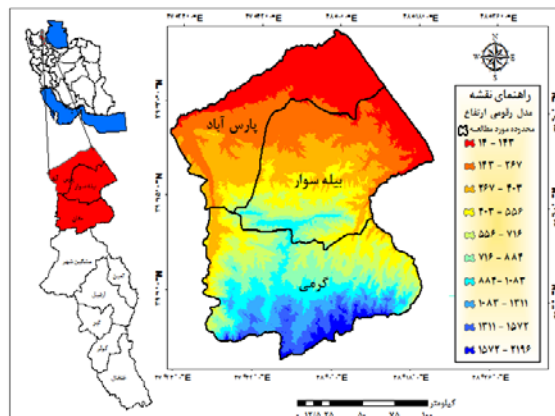
تصویر	تاریخ اخذ	ساعت تصویربرداری	ردیف	گذر
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۲/۲۶	۰۷:۰۲:۲۶	۳۳	۱۶۷
لندست ۸	۲۰۱۹/۱۱/۰۹	۰۷:۲۶:۱۳	۳۳	۱۶۷
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۶/۰۴	۰۷:۲۵:۲۳	۳۳	۱۶۷
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۷/۰۶	۰۷:۲۵:۴۰	۳۳	۱۶۷
لندست ۸	۲۰۲۰/۰۸/۰۷	۰۷:۲۵:۴۸	۳۳	۱۶۷

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- مانتیث و مقایسه ی نتایج لایسپمتر 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. جابر و همکاران (۲۰۱۶) برای تبخیر و تعرق واقعی در شهر بابل عراق، از مدل سبال استفاده نمودند. آن‌ها این مدل را برای سری اول ماه مارس برابر ۰/۸۶ و برای سری دوم ماه سپتامبر ۰/۸۶ به دست آمد. با توجه به اهمیت تابش خورشیدی به عنوان یک انرژی پاک، در دسترس و عاری از هرگونه آلودگی‌های مخرب زیست محیطی، شناسایی نواحی پربتابش 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 الشتر سلسله مورد مطالعه قرار گیرد.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

دشت مغان (در اصل جلگه مغان) نام جلگه ای است در شمالی ترین استان اردبیل این جلگه در ساحل جنوبی رود ارس و غرب دریای خزر که قسمت عمده آن در جمهوری آذربایجان و بخشی نیز در شمالی ترین قسمت استان اردبیل در شمال غربی ایران واقع است. مغان به دلیل خاک حاصلخیز، هوایی مناسب و باران کافی و همچنین باران کافی و همچنین رود ارس دارای اهمیت ویژه ای است. دشت مغان از شش شهر بيله سوار، پارس آباد، جعفرآباد، گرمی، اصلاندوز تشکیل شده است که قدیمی ترین بخش آن گرمی می باشد. یک سوم دشت مغان در ایران قرار گرفته است. و مابقی در جمهوری آذربایجان است. بعد از انقلاب اسلامی ایران مغان به سه شهرستان گرمی، پارس آباد و بيله سوار تقسیم بندی شد.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

جدول ۲- داده‌های مربوط به اقلیم منطقه

تاریخ	حداقل دما	حداکثر دما	میانگین ن دما	میانگین ن رطوبت	حداکثر رطوبت	حداقل رطوبت
۲۰۲۰/۰۲	۰	۱۰/۳	۵/۵	۸۹	۱۰۰	۷۵
۲۰۱۹/۱۱	۸/۳	۱۷/۹	۱۱/۸	۵۱	۷۴	۳۱
۲۰۲۰/۰۶	۱۶/۰۴	۳۵/۰۵	۲۳/۰۵	۵۸	۸۹	۲۶
۲۰۲۰/۰۷	۲۴/۰۲	۳۳/۰۲	۲۷/۰۱	۴۲	۶۳	۳۳
۲۰۲۰/۰۸	۲۱/۰۸	۲۷/۰۷	۲۴	۴۵	۵۲	۳۳

• الگوریتم سیال

در الگوریتم سیال 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 تیخیر 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).

$$R_n = (1-\alpha) RS_{\downarrow} + RL_{\downarrow} - RL_{\uparrow} \quad \text{رابطه ۱}$$

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:

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

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., 2002):

$$\alpha_{toa} = \sum (\omega_{\lambda} \times \rho_{\lambda}) \quad \text{رابطه ۳}$$

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

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

$$\tau_{sw} = 0.75 + 2 \times 10^{-5} \times z \quad \text{رابطه ۶}$$

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 منعکس‌شده به شار تابشی برخوردی با سطح است. برای محاسبه ρ_{λ} (رادیناس به بازتاب) تصاویر ماهواره لندست از رابطه (۷) استفاده شده است.

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi * L_{\lambda}}{ESUN_{\lambda} * \cos \theta * d_r} \quad \text{رابطه ۷}$$

ρ_{λ} مقدار بازتاب برای هر باند، L_{λ} رادیناس طیفی برای هر باند بر حسب (W/m²/sr/μm)، میانگین تابش خروجی از اتمسفر برای هر باند بر حسب (W/m²/sr/μm)، $\cos \theta$ زاویه فرودی خورشید (از نقطه نادیر)، d_r 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. d_r با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left(DOY \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{رابطه ۸}$$

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., 2002).

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

G_{sc} ثابت خورشیدی 1367 W/m² است. برای محاسبه دمای سطح زمین T_s 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 رادیناس 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.

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

شاخص های 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).

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

۳- نتایج

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، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین مقادیر بازتاب (ρ_λ) برای باندهای ۲ تا ۷ تصاویر

باند تصویر ماه	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷
نوامبر	۰/۱۳۰	۰/۱۱۷	۰/۱۲۳	۰/۱۹۷	۰/۲۲۵	۰/۱۷۱
فوریه	۰/۱۲۶	۰/۱۰۹	۰/۱۰۸	۰/۲۲۳	۰/۲۰۷	۰/۱۴۸
ژوئن	۰/۱۵۰	۰/۱۵۷	۰/۱۷۶	۰/۳۰۵	۰/۲۸۷	۰/۲۰۳
جولای	۰/۱۵۰	۰/۱۶۲	۰/۱۹۰	۰/۳۰۸	۰/۳۱۳	۰/۲۲۳
آگوست	۰/۱۴۶	۰/۱۵۵	۰/۱۷۸	۰/۳۰۰	۰/۲۹۷	۰/۲۱۰

مقادیر پارامترهای الگوریتم سبال

در ادامه پارامترهای الگوریتم سبال در ماه‌های سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ جهت محاسبه ی تابش خالص رسیده به سطح زمین (R_n) محاسبه شد (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر پارامترهای الگوریتم سبال جهت محاسبه تابش خالص

پارامتر	ماه	فوریه	ژوئن	جولای	آگوست	نوامبر
α_{toa}	۰/۱۳۶۸	۰/۱۸۰۶	۰/۱۸۶۴	۰/۱۷۹۰	۰/۱۴۰۹	
A	۰/۱۹۰۷	۰/۲۶۹۰	۰/۲۷۹۳	۰/۲۶۶۱	۰/۱۹۸۰	
Dr	۱/۰۲۰۲	۰/۹۸۲۵	۰/۹۸۳۳	۰/۹۷۲۴	۱/۰۱۹۰	
Cos θ	۰/۶۰۸۹	۰/۹۱۶۰	۰/۹۰۹۹	۰/۸۷۰۰	۰/۵۳۴۳	
RS↓(w/m2)	۷۳۸/۱۸۶۸	۹۱۴/۳۱۷۹	۹۰۴/۲۷۰۵	۸۷۶/۰۲۲۲	۵۴۸/۱۱۶۳	
Ts(K)	۲۸۸/۵۱۲۴	۳۰۷/۸۴۱۰	۳۱۴/۲۱۵۴	۳۰۹/۵۳۰۶	۲۹۴/۱۴۳۲	
NDVI	۰/۳۵۷۳	۰/۲۶۸۲	۰/۲۴۱۱	۰/۲۶۴	۰/۴۶۸۷	
ϵ_0	۰/۹۵۷۸	۰/۹۵۶۲	۰/۹۵۵۹	۰/۹۵۶۱	۰/۹۵۹۹	
RL↑(w/m2)	۳۸۲/۸۱۰۴	۴۹۶/۴۹۲۲	۵۳۶/۸۹۹۶	۵۰۶/۷۷۲	۴۱۲/۹۴۲۲	
RL↓(w/m2)	۲۶۶/۱۳۷۷	۳۵۲/۴۷۳۶	۳۵۸/۵۶۰۱	۳۴۷/۲۹۸	۲۸۲/۴۰۸۳	
Rn (w/m2)	۴۶۷/۶۵۹۴	۵۰۵/۲۰۴	۴۵۴/۵۲۷۴	۴۰۶/۳۱۱۶	۲۹۶/۹۶۷۱	

تابش خالص محاسبه شده در ماه‌های سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه

نتایج حاصل از جدول ۴ نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۱۴ وات بر مترمربع در ژوئن و کمترین مقدار در نوامبر به میزان ۵۴۸ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در ژوئن به میزان ۵۰۵ وات بر مترمربع و کمترین مقدار در فوریه به میزان ۴۶۷ وات بر مترمربع محاسبه شده است. نتایج حاصل از الگوریتم سبال بر روی تصاویر منطقه مورد مطالعه به صورت نقشه، در شکل‌های ۳ تا ۸ نشان داده شده است. همچنین محدوده توزیع پراکنش مقادیر تابش به هفت کلاس با واحد وات بر مترمربع طبقه‌بندی شده است (جدول‌های ۵ تا ۹).

در رابطه (۱۴) ϵ_0 گسیلمندی اتمسفری، σ ثابت استفان بولتزمن و برابر 5.67×10^{-8} w/m² . k دمای سطح زمین بر حسب k نشان می‌دهد. تابش موج بلند ورودی، شار تابش حرارتی از آسمان به سمت پایین است که با استفاده از رابطه استفان - بولتزمن محاسبه می‌شود (Allen et al., 2002).

$$R_{L\downarrow} = \epsilon_a \sigma T_a^4$$

رابطه ۱۵

$R_{L\downarrow}$ 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 5.67×10^{-8} w/m² . k دمای هوای نزدیک سطح بر حسب کلون می‌باشد برای محاسبه ϵ_a می‌توان از معادله تجربی زیر که توسط باستیانسن به دست آمده استفاده کرد (Allen et al., 2002).

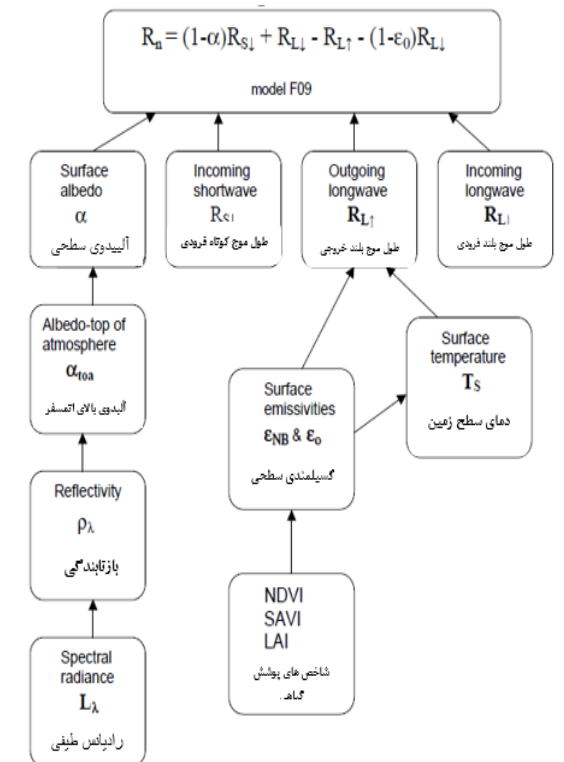
$$\epsilon_a = 0.85 \times (-\ln \tau_{sw})^{0.09}$$

رابطه ۱۶

که در آن ضریب شفافیت اتمسفری موج کوتاه می‌باشد. 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 $R_{L\downarrow}$ را می‌توان به صورت زیر نوشت (Allen et al., 2002).

$$R_{L\downarrow} = 0.85 * (-\ln \tau_{sw})^{0.09} * \sigma * T_{cold}^4$$

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.

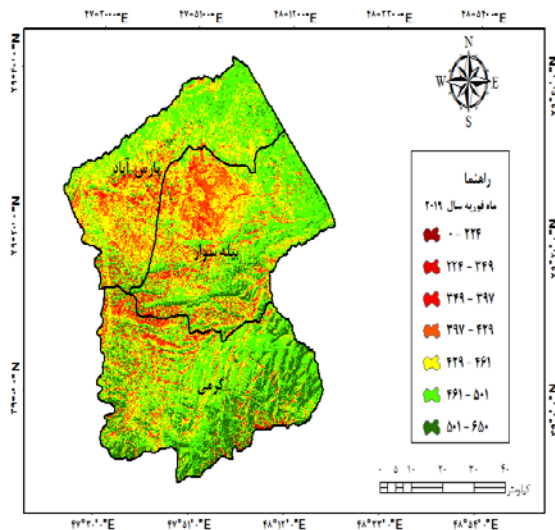


شکل ۲- روند کلی تحقیق

اطلاعات جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در فوریه ۲۰۱۹ در محدوده ۵۰۱-۴۶۱ وات بر مترمربع با مقدار ۳۷/۹۲ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در محدوده ۴۶۱-۴۲۹ تابش خالص ۳۱/۸۳ درصد بوده است که هر دو ۶۹/۷۵ درصد را نشان می‌دهند که رقم قابل توجهی می‌باشد. همچنین در این ماه در محدوده ۲۲۴-۰ وات بر مترمربع ۰/۱۲ تابش خالص دریافت شده است. در مقایسه سه شهرستان می‌توان گفت که شهرستان گرمی دارای بیشترین درصد تابش خالص ثبت شده و شهرستان بيله سوار در مقایسه با شهرستان پارس آباد تابش خالص بیشتری را نشان می‌دهد.

جدول ۶- درصد توزیع تابش خالص با روش سیال، فوریه ۲۰۱۹

مقدار تابش	کلاس تابش
۰/۷	۰ - ۲۲۴ (w/m ²)
۱۶/۷۹	۳۴۹ - ۲۲۴ (w/m ²)
۱۶/۹۵	۳۹۷ - ۳۴۹ (w/m ²)
۲۸/۳۷	۴۲۹ - ۳۹۷ (w/m ²)
۱۸	۴۲۹ - ۴۶۱ (w/m ²)
۹/۸۶	۵۰۱ - ۴۶۱ (w/m ²)
۳/۳۳	۵۰۱ - ۶۵۰ (w/m ²)

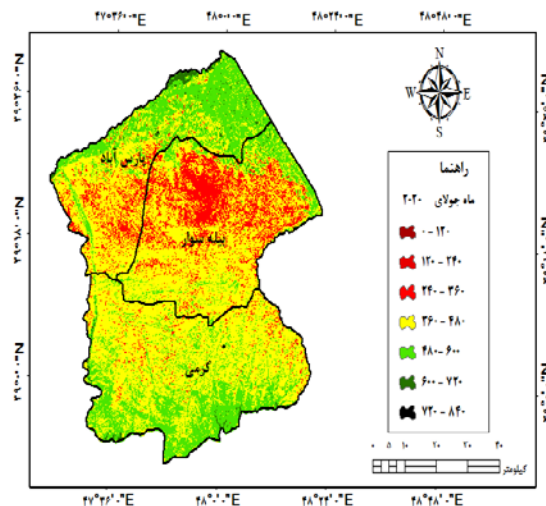


شکل ۵- توزیع تابش خالص ماه فوریه با روش سیال

اطلاعات جدول ۷ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در آگوست ۲۰۲۰ محدوده ۲۴۲-۲۱۳ وات بر مترمربع با مقدار ۲۲/۳۳ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در بازه ۲۷۰-۲۴۲ با ۲۱/۵۵ درصد در رتبه بعد قرار دارد. همچنین در این ماه در محدوده ۱۱۳-۰ وات بر مترمربع ۰/۰۶ تابش خالص دریافت شده است. در ماه آگوست برخلاف ماه‌های دیگر شهرستان پارس‌آباد دارای بیشترین تابش خالص می‌باشد، بعد از شهرستان پارس‌آباد شهرستان گرمی دارای تابش خالص زیادی می‌باشد و شهرستان بيله سوار دارای کمترین میزان تابش خالص در ماه آگوست می‌باشد.

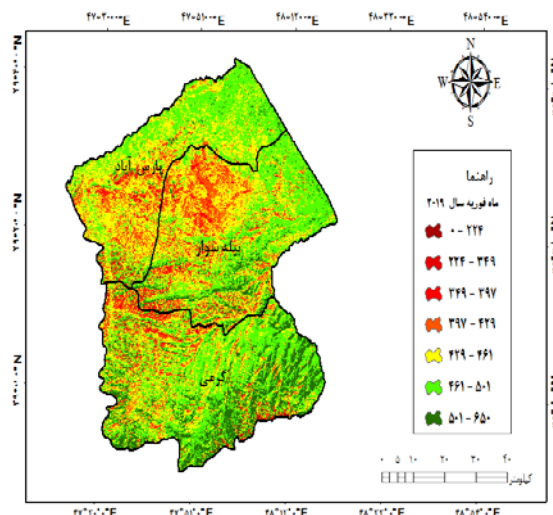
جدول ۵- درصد توزیع تابش خالص با روش سیال، جولای ۲۰۲۰

مقدار تابش	کلاس تابش
۰/۷	۰ - ۱۲۰ (w/m ²)
۱۶/۷۹	۱۲۰ - ۲۴۰ (w/m ²)
۱۶/۹۵	۲۴۰ - ۳۶۰ (w/m ²)
۲۸/۳۷	۳۶۰ - ۴۸۰ (w/m ²)
۱۸	۴۸۰ - ۶۰۰ (w/m ²)
۹/۸۶	۶۰۰ - ۷۲۰ (w/m ²)
۳/۳۳	۸۴۰ - ۷۲۰ (w/m ²)

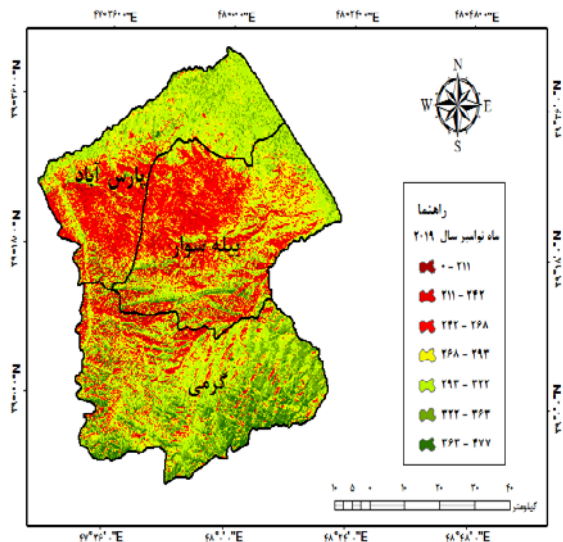


شکل ۳- توزیع تابش خالص ماه جولای با روش سیال

اطلاعات جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در جولای ۲۰۲۰ در محدوده ۳۶۰-۴۸۰ وات بر مترمربع با مقدار ۲۸/۳۷ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده ۱۲۰-۰ وات بر مترمربع ۰/۷ تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است شهرستان پارس‌آباد دارای بالاترین دما و بعد از آن شهرستان گرمی با اختلاف کمی از آن، دارای توزیع تابش خالص می‌باشد. شهرستان بيله سوار در بین این سه شهرستان دارای کمترین تابش خالص در ماه جولای می‌باشد. اما می‌توان گفت شهرستان گرمی در بازه ۳۶۰ و ۸۴۰، درصد زیادی را نشان می‌دهد.



شکل ۴- توزیع تابش خالص ماه ژانویه با روش سیال

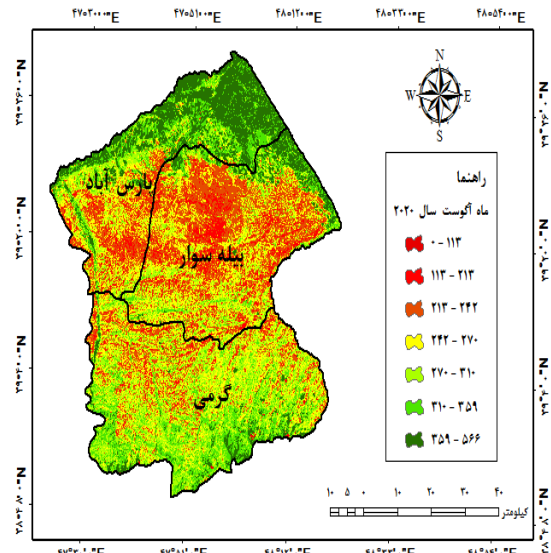


شکل ۷- توزیع تابش خالص ماه نوامبر با روش سیال

اطلاعات جدول ۹ نشان می‌دهد که بیش‌ترین درصد توزیع تابش خالص در ژوئن ۲۰۲۰ محدوده ۴۷۸-۵۱۷ وات بر مترمربع با مقدار ۲۵/۸۱ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در محدوده ۴۷۸-۵۱۷ با ۲۴/۵۶ در درجه دوم قرار دارد. همچنین در این ماه در محدوده ۲۵۶-۰ وات بر مترمربع ۰/۵ تابش خالص دریافت شده است. در ماه ژوئن نیز می‌توان گفت شهرستان پارس آباد در مقایسه با شهرستان-های گرمی و بيله سوار دارای تابش خالص زیادی است و بعد از شهرستان پارس آباد شهرستان گرمی و بعد از آن شهرستان بيله سوار کمترین تابش خالص را به خود اختصاص داده است.

جدول ۷- درصد توزیع تابش خالص با روش سیال، اگوست ۲۰۲۰

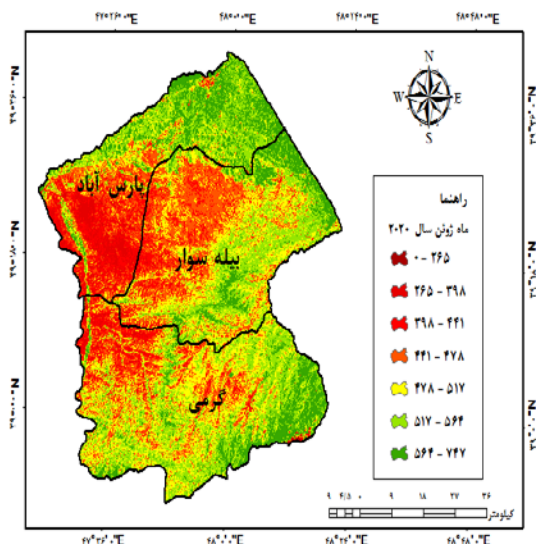
مقدار تابش	کلاس تابش
۰/۰۶	۰ - ۱۱۳ (w/m ²)
۲۱/۵۵	۲۱۳-۱۱۳ (w/m ²)
۲۲/۳۳	۲۴۲-۲۱۳ (w/m ²)
۲۱/۵۵	۲۴۲ - ۲۷۰ (w/m ²)
۱۴/۰۳	۳۱۰-۲۷۰ (w/m ²)
۱۵/۰۱	۳۵۹-۳۱۰ (w/m ²)
۱۳/۶۲	۵۶۶-۳۵۹ (w/m ²)



شکل ۸- توزیع تابش خالص ماه اگوست با روش سیال

جدول ۹- درصد توزیع تابش خالص با روش سیال، ژوئن ۲۰۲۰

مقدار تابش	کلاس تابش
۰/۰۵	۰ - ۲۶۵ (w/m ²)
۳/۷۳	۳۹۸-۲۶۵ (w/m ²)
۱۱/۲۱	۳۹۸-۴۴۱ (w/m ²)
۱۹/۶۰	۴۴۱-۴۷۸ (w/m ²)
۲۴/۵۶	۵۱۷-۴۷۸ (w/m ²)
۲۵/۸۱	۵۱۷-۵۶۴ (w/m ²)
۱۵/۰۱	۷۴۷-۵۶۴ (w/m ²)



شکل ۸- توزیع تابش خالص ماه ژوئن با روش سیال

اطلاعات جدول ۸ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در نوامبر ۲۰۱۹ محدوده ۳۲۲-۲۹۳ وات بر مترمربع با مقدار ۲۷/۶۰ و در محدوده ۲۶۸-۲۹۳ با ۲۲/۷۵ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین میزان در محدوده ۲۱۱-۰ وات بر مترمربع ۲/۷۵ تابش خالص دریافت شده است. در این شهرستان نیز بیشترین میزان تابش خالص مربوط به شهرستان گرمی می‌باشد و بعد از آن شهرستان پارس آباد دارای بیشترین میزان تابش خالص می‌باشد اما قسمت جنوب شرق دارای پایین‌ترین میزان تابش خالص می‌باشد و در کل می‌توان گفت کمترین تابش خالص مربوط به شهرستان بيله سوار می‌باشد.

جدول ۸- درصد توزیع تابش خالص با روش سیال، نوامبر ۲۰۱۹

مقدار تابش	کلاس تابش
۲/۷۵	۰ - ۲۱۱ (w/m ²)
۹/۷۳	۲۱۱-۲۴۳ (w/m ²)
۱۹/۵۳	۲۴۳-۲۶۸ (w/m ²)
۲۲/۷۵	۲۶۸-۲۹۳ (w/m ²)
۲۷/۶۰	۳۲۲ - ۲۹۳ (w/m ²)
۱۳/۵۴	۳۲۳-۳۶۳ (w/m ²)
۴/۰۷	۳۶۳-۴۷۷ (w/m ²)

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۹۱۴ وات بر مترمربع در ژوئن و کمترین مقدار در نوامبر به میزان ۵۴۸ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در ژوئن به میزان ۵۰۵ وات بر مترمربع و کمترین مقدار در فوریه به میزان ۴۶۷ وات بر مترمربع محاسبه شده است. در نهایت بیشترین مقدار تابش خالص رسیده به سطح زمین در ماه جولای به اندازه ۸۴۰ وات بر مترمربع، کمترین مقدار مربوط به آگوست با ۱۱۳ وات بر مترمربع بوده است. بیشترین درصد تابش خالص در فوریه ۲۰۱۹ در دسته ۵۰۱-۴۶۱ وات بر مترمربع با مقدار ۳۷/۹۲ درصد بوده 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. همچنین با توجه به حساسیت 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 مغان 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.

منابع

- 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 ۳۹-۲۴.
- موسوی بایگی، م.، اشرف، ب.، میان آبادی، 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 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.