



جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۴۰۳، دوره ۶، شماره ۴، صص ۲۶۹-۲۵۲

امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک در استقرار پنل‌های خورشیدی با استفاده از

روش سنجش از دور و الگوریتم سبال منطقه موردی: شهرستان گرمی

موسی عابدینی^{۱*}، مریم محمدزاده شیشه‌گران^۲

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی (گرایش ژئومورفولوژی)، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

abedini@uma.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری تخصصی ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

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، 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 میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۸۱۶ وات بر مترمربع در ژوئیه و کمترین مقدار در فوریه به میزان ۳۰۲ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در ژوئن به میزان در بازه ۶۸۰-۶۰۲ وات بر مترمربع با مقدار ۳۲ درصد 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.

واژه‌های کلیدی: انرژی تابشی خورشید، الگوریتم سبال، سنجش از دور، تصاویر لندست، شهرستان گرمی

مقدمه:

امروزه فناوری‌های سنجش از دور به عنوان عنصر اصلی در پایش کاربری اراضی، تغییرات زمین، مکانیابی بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد (عابدینی و قلعه، ۱۴۰۰: ۱۶۳۳). توجه به موقعیت جغرافیایی و وضعیت مناسب محیطی، انرژی خورشیدی یکی از کارآمدترین انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران محسوب می‌گردد (عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۳). 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. با توجه به ذخایر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف انرژی در جهان فعلی، دیگر نمی‌توان به منابع موجود انرژی متکی بود. با توسعه شهرنشینی مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به مناطق شهری داده‌اند. مناطق شهری مدرن توسط آسفالت، بتون و سایر سطوح غیرقابل نفوذ پوشیده شده‌اند و رشد شهری به‌خصوص در شهرهای بزرگ با سرعت زیاد تغییرات پوشش زمین را در پی دارد (کاکه‌ممی، ۱۳۹۶، ۱۲۳). از آنجایی که دمای سطح زمین در هر محدوده‌ای به خصوصیات مواد تشکیل‌دهنده سطح و بازتابش انرژی خورشید وابسته می‌باشد، الگوی حرارتی مناطق شهری نسبت به نواحی غیرشهری تفاوت قابل توجهی دارد که ظرفیت حرارتی بالای سطوح مصالح مورد استفاده در شهرها، کاهش میزان آلودگی و وجود منابع حرارتی ناشی از فعالیت‌های انسانی موجب افزایش دمای برخی مناطق شهری نسبت به دیگر مناطق و تغییرات بیلان حرارتی این نواحی می‌شوند بنابراین در مناطق شهری بسته به پوشش‌ها و کاربری‌های موجود، مناطقی با درجه حرارت بیشتر از سایر نواحی به وجود می‌آیند، این پدیده به نام جزیره حرارتی شهرها نام‌گذاری شده است. علاوه بر اینکه این افزایش دما به نوبه خود اثر قابل توجهی بر روی شرایط اتمسفری، زیستی و اقتصادی دارد، تخمین میزان حرارت سطح در مناطق مختلف شهری به‌منظور بررسی توزیع دمایی سطح زمین و علل پیدایش آن کاربردهای فراوانی مانند تعیین نقش ترافیک و شهرک‌های صنعتی در گرم شدن شهرها دارد. لذا بررسی و آنالیز پدیده جزایر حرارتی در شهرها بسیار حائز اهمیت می‌باشد (نیکولوس، ۲۰۰۹، ۵۵). مطابق نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، در حدود ۳۰ درصد از جمعیت ۷۹،۹۲۶،۲۷۰ میلیونی ایران در سیزده شهر، دارای بیش از پانصد هزار نفر جمعیت زندگی می‌کنند. این سیزده شهر به ترتیب عبارت‌اند از: تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، کرج، شیراز، اهواز، قم، کرمانشاه، ارومیه، زاهدان، رشت و کرمان می‌باشند و بیشترین تراکم جمعیت مربوط به استان‌های تهران و کرج و کمترین تراکم جمعیت مربوط به استان‌های سمنان و خراسان جنوبی می‌باشد (مرکز آمار ایران سال ۱۳۹۵)^۱. در حالی که شهرها توسعه پیدا می‌کنند، تغییراتی در سیمای زمین ایجاد می‌شود. ساختمان‌ها، خیابان‌ها و دیگر زیرساخت‌ها جایگزین خاک و پوشش گیاهی می‌شود. سطوحی که پیش از آن معمولاً قابل نفوذ و مرطوب بودند، غیرقابل نفوذ و خشک می‌شوند. انرژی ورودی جذب شده خورشید، ممکن است با تغییر در سطوح طبیعی افزایش یابد (یانگ^۲، ۲۰۰۴، ۴۱). این امر منجر به تغییر در توازن انرژی مناطق شهری که موجب افزایش دما (هم در سطح و هم دمای هوا) در مناطق شهری و در نهایت شکل‌گیری جزایر حرارتی می‌شود. امروزه مطالعات مختلفی بر روی شرایط دمایی مناطق شهری بسیار مورد توجه می‌باشد. مطالعات اخیر در چهل سال گذشته توانسته‌اند نقش پدیده‌های اصلی مؤثر در شکل‌گیری و تداوم جزایر حرارتی شهری را از لحاظ کمی تعیین کنند.

^۱ مرکز آمار ایران www.amar.org.ir

^۲ Yang

کارنیا^۱ (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای نشان دادند، از مطالعات جزیره حرارتی شهری می‌توان برای کنترل رشد جمعیت شهری و برنامه‌ریزی شهری بهره جست. رونالد^۲ و همکاران (۲۰۱۷) در شهرهای بزرگ مناطق بانکوک (تایلند)، جاکارتا (اندونزی)، مانیل (فیلیپین) به دنبال بررسی رابطه درجه حرارتی سطحی و فراوانی و الگوی فضایی سطح غیرقابل نفوذ و فضای سبز، مطالعه‌ای انجام دادند که نشان داد ارتباط معنادار و قوی بین میانگین دمای سطح زمین و تراکم سطح غیرقابل نفوذ (مثبت) و فضای سبز (منفی) در امتداد شیب شهر-روستایی از سه شهر UHI^۳ معمول را دارا می‌باشد. عابدینی و محمدزاده (۱۴۰۱) در تحقیقی در ارتباط با امکان‌سنجی استفاده از توان‌های انرژی خورشیدی با استفاده از الگوریتم سبال در شهرستان ساوجبلاغ نشان دادند که 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 نتیجه گرفتند تابش خورشیدی در منطقه در سال مورد بررسی پتانسیل لازم را برای اجرای طرح‌های فتوولتائی خورشیدی دارد. ملکی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان تغییرات دمای سطح شهرستان کرمانشاه در دوره ۱۳۹۷-۱۳۹۳ در این تحقیق از تصاویر لندست ۷ و روش تک کانال استفاده شد و نتایج نشان داد که بیشترین دما در مقدار ۴۵-۵۰ سانتی گراد را در برگرفته است نتایج نشان داد که در سال ۹۷ محدوده دمای ۴۰ به شدت افزایش یافته است.

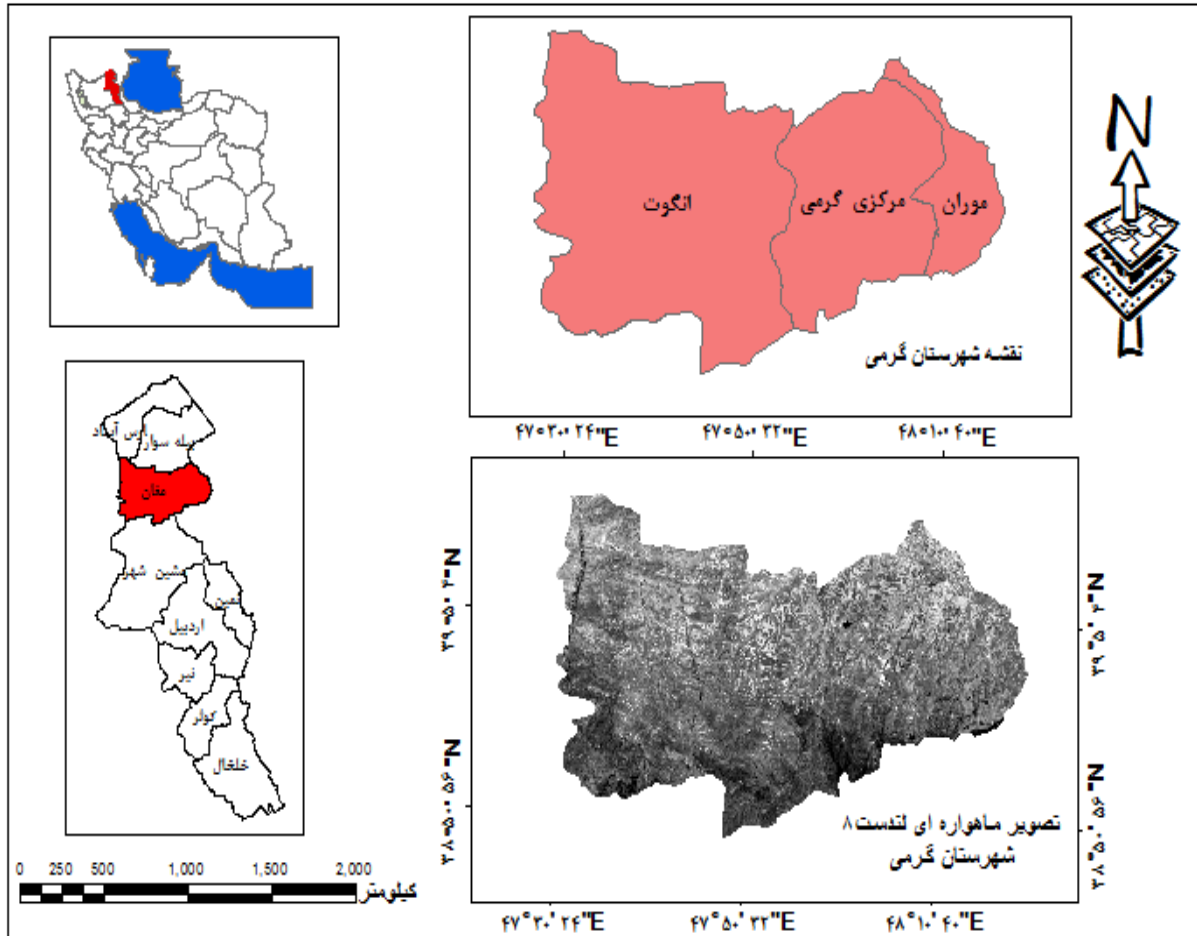
معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان گرمی در شمال غرب کشور ایران در فاصله ۱۱۰ کیلومتری مرکز استان اردبیل که اصلی‌ترین و مرتفع‌ترین کوه‌ها را در خود قرار داده است. ارتفاع شهرستان گرمی از سطح دریای آزاد ۱۱۰۰ متر می‌باشد این شهرستان در مناطق کوهستانی قرار گرفته که از شمال به شهرستان‌های بیله سوار و پارس آباد و از جنوب به شهرستان مشکین شهر فاصله شهرستان گرمی از پارس آباد ۹۵ کیلومتر با بیله سوار ۵۵ کیلومتر و با اردبیل ۱۱۰ کیلومتر است. شهرستان گرمی دارای وسعتی معادل ۱۷۲۵۲ کیلومتر مربع می‌باشد. این شهرستان دارای دو شهر و سه بخش و نه دهستان و شامل ۳۱۹ روستا بوده است. براساس سرشماری سال ۹۵ جمعیت این شهرستان ۵۲۰۰ نفر می‌باشد. که از این جمعیت ۸/۳۵ درصد آن جمعیت شهری و ۹۲/۶۴ درصد در نقاط روستایی سکونت داشته اند. میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه است، همچنین بارش سالانه ۴۶۰ میلی‌متر می‌باشد. شهرستان گرمی از جنوب به دامنه‌های کوه‌های صلوات، از شمال به کوه‌های خروسلو از غرب به رود دره رود و از شرق به بالهارود محدود می‌شود.

^۱.Karenia

^۲ Ronald et al

^۳. *Urban heat island*



شکل ۱- محدوده منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها:

در این پژوهش برای بررسی و امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در یک دوره، برای ماه‌های مربوط به سال ۲۰۲۰ استفاده گردید. 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 سنسجس از دور، امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در شهرستان البرز مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور انجام عملیات پردازش

و به دست آوردن نتایج دقیق، عملیات پیش پردازش 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 نرم افزار 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.

قطعه‌بندی^۱

قطعه‌بندی به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست (فیضی زاده، ۲۱، ۱۳۸۷). شیء‌های تصویری حاصل از فرآیند قطعه‌بندی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و آن‌ها دارای حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند. در فرآیند قطعه‌بندی، شیء‌های تصویری در سطح تصویر بر اساس تفکیک مکانی و تفکیک طیفی تصویر به وسیله گروهی از پیکسل‌ها، مطابق با ویژگی‌های طیفی و هندسی که مفسر برای کلاس‌ها تعیین می‌کند، انجام می‌شود (فیضی زاده، ۱۳۹۵، ۲۷۴). در فرآیند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی (شکل ۳)، فرآیند قطعه‌بندی تصویر را انجام داده و بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های مورد نظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آن‌ها را در فرآیند قطعه‌بندی اعمال نماید (فیضی زاده، ۱۳۸۸، ۸۱). در تحقیق حاضر برای قطعه‌بندی، از روش چند مقیاسه^۲ استفاده شد. برای این منظور با تجزیه و تحلیل نتایج قطعه‌بندی تصویر با پارامتر مقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، پارامتر مقیاس ۲۵ برای قطعه‌بندی انتخاب شد. قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا لازم است قطعه‌بندی تصویر صورت گیرد (شکل ۳).

استخراج دمای سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با خصوصیات فیزیکی زمین و اقلیم که نقش به‌سزایی در فرآیند محیط زیستی بازی می‌کند، فراهم نماید (ونگ، ۲۰۰۴، ۴۷۰). دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب و هوا می‌باشد. در سنجش از دور دمای سطح زمین را که بالای جو به وسیله سنجنده‌ها به دست می‌آید، دمای روشنایی می‌نامند. این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به نظر کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است (سوبرینو، ۲۰۰۴، ۴۳۸). برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا (SW) استفاده می‌شود و در این تحقیق به‌منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. در همین راستا از باندهای ۱۱ و ۱۰ حرارتی سنجنده لندست (OLI) استفاده شد. به دلیل اینکه روش پنجره مجزا^۳ برای سنجنده‌هایی که دارای دویانند حرارتی دارند قابل استفاده می‌باشند و سنجنده (TM) دارای یک باند حرارتی است، از این رو برای محاسبه دمای سطحی سنجنده (TM) در این پژوهش، با بررسی و مقایسه

¹ segmentation

² Multi resolution segmentation

³ Split-window

دیگر روش‌های معمول محاسبه دمای سطحی زمین، روش تک بانندی^۱ برای محاسبه دمای سطح زمین سنجنده (TM) انتخاب گردید. مراحل محاسبه دمای سطحی زمین به ترتیب زیر به منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

الگوریتم SINGLE CHANNEL

روش تک بانندی^۲ یکی از روش‌های پرکاربرد محاسبه دمای سطح زمین است که در بسیاری از پروژه‌های سنجش‌ازدوری استفاده می‌شود. در این الگوریتم تصاویر دمای تابشی، رادیانس حرارتی و توان تشعشعی استفاده می‌گردد. در این روش تأکید ویژه‌ای بر برآورد بخارآب موجود در اتمسفر دارد و اثر آن از لحاظ میزان جذب بر روی باند حرارتی تعدیل می‌شود. در این پژوهش برای محاسبه دمای سطح زمین سنجنده (TM) از این روش استفاده شد.

محاسبه دمای تابشی

برای محاسبه دمای تابشی ابتدا داده‌های مادون قرمز حرارتی به رادیانس تبدیل گردید، به‌طور کلی می‌توان گفت پس از استفاده از عکس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به دمای تابشی) لازم است دمای تابشی به دمای واقعی تبدیل شود با استفاده از رابطه (۱) (چاندر، ۲۰۰۹، ۱۶۲۱).

$$T = \frac{k_2}{kn \left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1 \right)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$T =$ دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلونین و $k_2 - k_1$ ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا، $L\lambda =$ درخشندگی جو بالا

محاسبه رادیانس حرارتی

با توجه به این‌که اجسام پدیده‌ها و پوشش‌های سطح زمین جز گروه اجسام سیاه قرار نمی‌گیرند، بنابراین دمای تابشی محاسبه شده از باندهای سنجنده را با لحاظ کردن مقادیر توان تشعشعی و شرایط جوی به دمای واقعی سطح زمین تبدیل گردید. دمای تابشی باید ابتدا مقدار DN هر پیکسل به رادیانس تبدیل شود با استفاده از رابطه (۲) (چاندر، ۲۰۰۹، ۱۶۲۱).

رابطه (۲)

$$R = (RMB * B) + RAB$$

از متادیتا تصاویر استخراج شده است که برای دو باند حرارتی یکسان است $RMB - RAB$

محاسبه توان تشعشعی

با توجه به وجود اختلاط هر پیکسل در منطقه مطالعاتی، میزان گسیلمندی در هر پیکسل مطابق رابطه ۳ محاسبه می‌شود (سوبرینو، ۲۰۰۴، ۴۳۴).

رابطه (۳)

¹ Single channel

² Single Channel

$$\varepsilon = \varepsilon v \times PV + \varepsilon s \times (1 - PV) + d\varepsilon \quad \varepsilon v = \text{گیسilmندی پوشش}$$

$$\text{گیاهی } \varepsilon s (0.99) = \text{گیسilmندی خاک } PV (0.97) = \text{درصد پوشش گیاهی}$$

محاسبه دمای سطح زمین (کلوین)

برای محاسبه دمای زمین به سانتی‌گراد، از رابطه (۴) استفاده می‌شود (بارسی، ۲۰۰۳، ۱۴۱).

رابطه (۴)

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_b}{p}\right) \times \ln(\varepsilon)}$$

برآورد ستون بخار آب (CWV)

ستون بخار آب در بهبود دقت و بازیابی دمای سطح زمین نقش مهمی را ایفا می‌کند، که با فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد..... C^2 C^0 ضرایب ثابت، از داده‌های شبیه‌سازی شده هستند (بارسی، ۲۰۰۳، ۱۴۱).

$$CWV = C^0 + C^1 * (T_j/T^i) + C^2 * (T_j/T^i)^2$$

میانگین دمای روشنایی T^j/T^i

$$C^0 = -9.674, C^1 = 0.654, C^2 = 9.087$$

الگوریتم SPLIT-WINDOW

روش پنجره مجزا^۱ از روش‌های کاربردی محاسبه دمای سطحی زمین در سنجش‌ازدور می‌باشد و برای سنجنده‌هایی است که بیش از یک باند حرارتی دارند، استفاده می‌شود. این الگوریتم از جمله روش‌های مهم در برآورد دمای سطح زمین به حساب می‌آید. در این الگوریتم نیز اثر ضرایب تصحیح‌کننده اتمسفری از روی باند حرارتی نیز در نظر گرفته می‌شود که نسبت به سایر روش‌ها از دقت بهتری برای محاسبه دمای سطح زمین برخوردار است. از ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی می‌باشد. به‌طور گسترده در بازیابی قابلیت انتشار سطح زمین از دو سنسور، ۱- چند طیفی^۲-۲ حرارتی استفاده می‌کند. در این پژوهش برای محاسبه دمای سطح زمین سنجنده (OLI) از این روش استفاده شد و با توجه به در دسترس نبودن یک پایگاه داده برای اندازه‌گیری‌های دمای سطح زمین با لندست (OLI)، ضرایب C از طریق شبیه‌سازی با اعداد مختلف از شرایط اتمسفر و سطح زمین مطابق (جدول ۲) به دست آمد.

محاسبه دمای سطح زمین با الگوریتم SPLIT-WINDOW

با مشخص شدن ضرایب ثابت C و با جایگزین کردن این مقادیر در رابطه ۵ دمای سطح زمین برای سنجنده

(OLI) محاسبه شد (وان، ۱۹۹۶، ۹۰۱).

رابطه ۵

$$(SW)LST = TB_{10} + C_1 (TB_{10} - TB_{11}) + C_2 (TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)$$

$$C_5 + C_6W) \Delta\varepsilon(1 + \varepsilon)$$

¹ Split window

² Multi Spectral

W ، کانال‌های حرارتی، C = LSE difference = $\Delta\varepsilon$ ، $mean\ LSE = \varepsilon$ ، TB = باندهای حرارتی ،

= مقدار بخار آب موجود در جو

استخراج خوشه‌های جزایر حرارتی شهری

برای محاسبه خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران جهانی، از رابطه ۵ استفاده می‌شود:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

Z_i = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_i با میانگین $(\bar{X}_i - X_i)$ و Z_j = تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه X_j با

میانگین $(\bar{X}_j - X_j)$ و W_{ij} = وزن موجود بین عارضه i, j می‌باشد که عکس فاصله بین دو عارضه i, j است، $w_{ij} =$

$(\frac{1}{d_{ij}})$ و N = تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه (کرمی، ۱۳۹۳، ۶۱)

محاسبه کل وزن‌های فضایی، با استفاده از رابطه ۶ انجام می‌شود (فلاح قاله‌ری، ۱۳۹۴، ۶۵۰)

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad \text{رابطه (۶)}$$

محاسبه نمره‌های استاندارد Z_i برای آماره موران با استفاده از رابطه ۷:

رابطه (۷)

$$Z_i = \frac{i - E(I)}{\sqrt{V(I)}}$$

به‌طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد ۱+ باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی

خوشه‌ای و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد ۱- باشد، آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند. (فلاح

قاله‌ری، ۱۳۹۴، ۶۵۰)

تحلیل لکه‌های داغ^۱

جهت آشکارسازی جزایر حرارتی سرد و گرم از تحلیل لکه‌های داغ آماره‌ی گتیس-ارد جی^۲ استفاده می‌شود. در این

آماره نمره‌ی Z محاسبه‌شده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده است.

چهارچوب مفهومی این تحلیل، این‌گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای مقدار بالا داشته باشد، مهم است ولی این بدان

معنی نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه‌ی

آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی^۳ عارضه و

همسایه‌ی آن به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد (علی‌آبادی، ۱۳۹۴: ۹۲).

^۱Hotspot

^۲Getis – Ord Gi

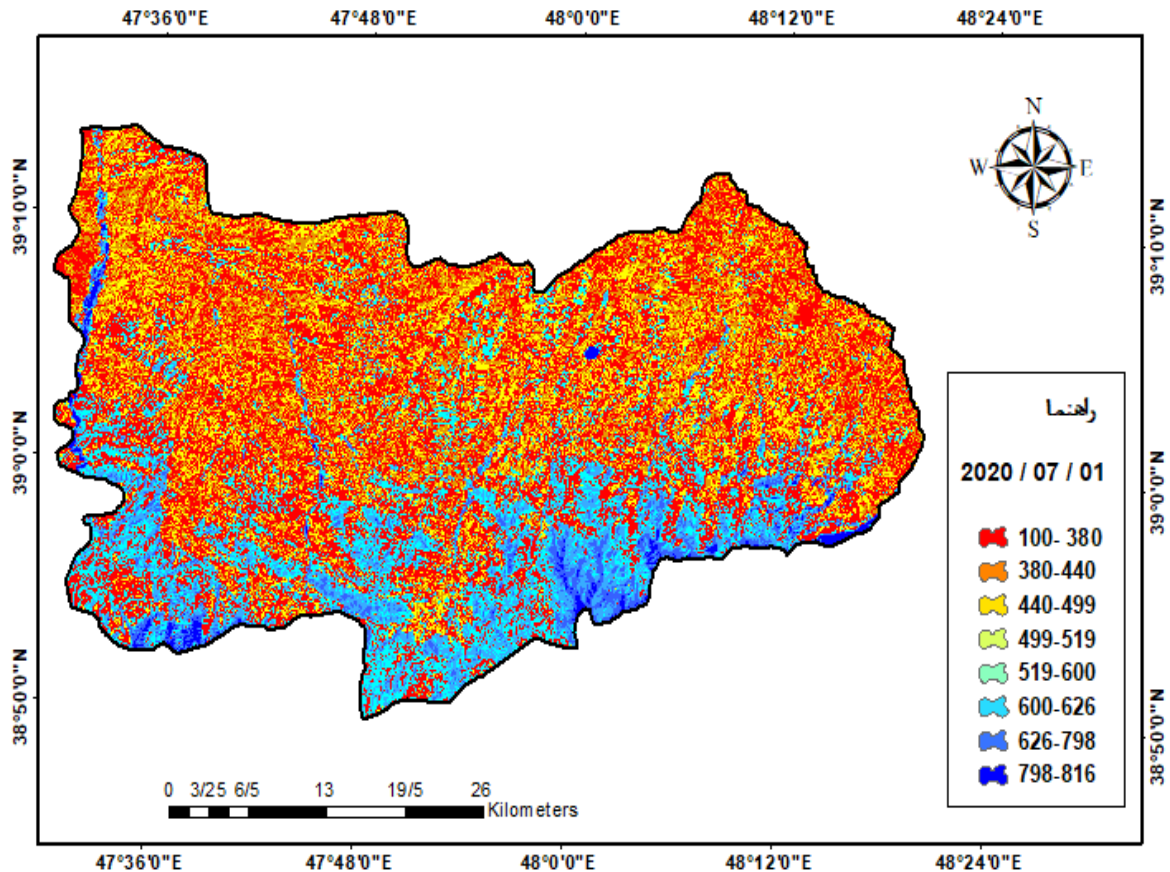
^۳Local sum

یافته‌ها

نتایج حاصل نشان می‌دهد میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۸۱۶ وات بر مترمربع در ژوئیه و کمترین مقدار در فوریه به میزان ۳۰۲ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار تابش خالص در ژوئن به میزان در بازه ۶۸۰-۶۰۲ وات بر مترمربع با مقدار ۳۲ درصد می‌باشد. تابش خالص محاسبه شده در ماه‌های سال ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه نتایج حاصل از الگوریتم سبال بر روی تصاویر منطقه مورد مطالعه به صورت نقشه، در شکل‌های زیر نشان داده شده است. همچنین محدوده توزیع پراکنش مقادیر تابش به هفت کلاس با واحد وات بر مترمربع طبقه‌بندی شده است.

جدول ۲- درصد توزیع تابش خالص با روش سبال، ۲۰۲۰/۰۷/۰۱

مقدار تابش	کلاس تابش
۲۷	۱۰۰ - ۳۸۰ (w/m ²)
۱۰/۷۹	۳۸۰ - ۴۴۰ (w/m ²)
۱۰/۹۵	۴۴۰ - ۴۹۹ (w/m ²)
۱	۴۹۹ - ۵۱۹ (w/m ²)
۱۸	۵۱۹ - ۶۰۰ (w/m ²)
۹/۸۶	۶۰۰ - ۶۲۶ (w/m ²)
۹/۳۳	۶۲۶ - ۷۹۸ (w/m ²)
۶	۷۹۸ - ۸۱۶ (w/m ²)

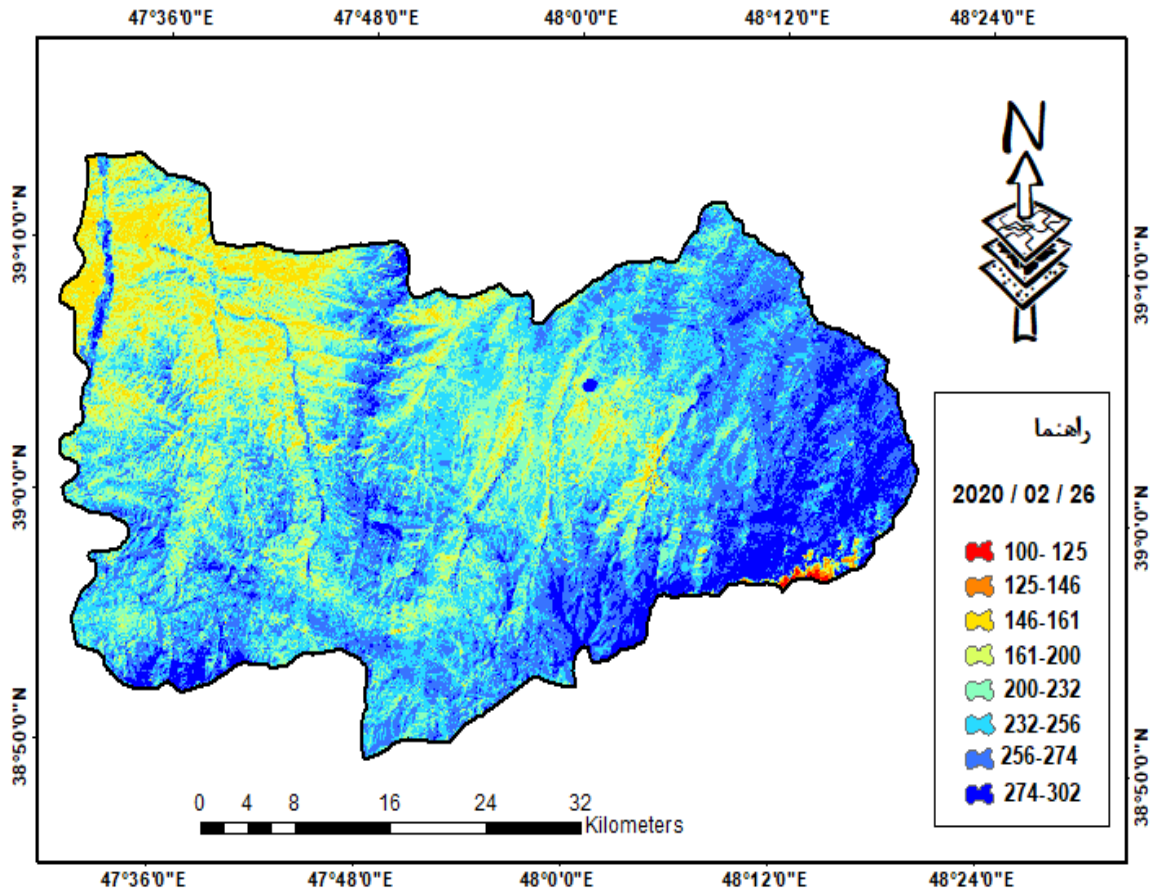


شکل ۳- توزیع تابش خالص ماه جولای با روش سبال

اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در جولای ۲۰۲۰ در محدوده ۳۸۰-۱۰۰ وات بر مترمربع با مقدار ۲۷ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده ۵۱۹-۴۹۹ وات بر مترمربع ۱ درصد تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است شهرستان گرمی در قسمت جنوبی شهرستان دارای بالاترین دما می‌باشد.

جدول ۳- درصد توزیع تابش خالص با روش سبال، فوریه ۲۰۲۰

مقدار تابش	کلاس تابش
۱	۱۰۰-۱۲۵ (w/m ²)
۲	۱۲۵-۱۴۶ (w/m ²)
۶	۱۴۶-۱۶۱ (w/m ²)
۲۴	۱۶۱-۲۰۰ (w/m ²)
۲۳	۲۰۰-۲۳۲ (w/m ²)
۱۶	۲۳۲-۲۵۶ (w/m ²)
۴	۲۵۶-۲۷۴ (w/m ²)
۳۰	۲۷۴-۳۰۲ (w/m ²)



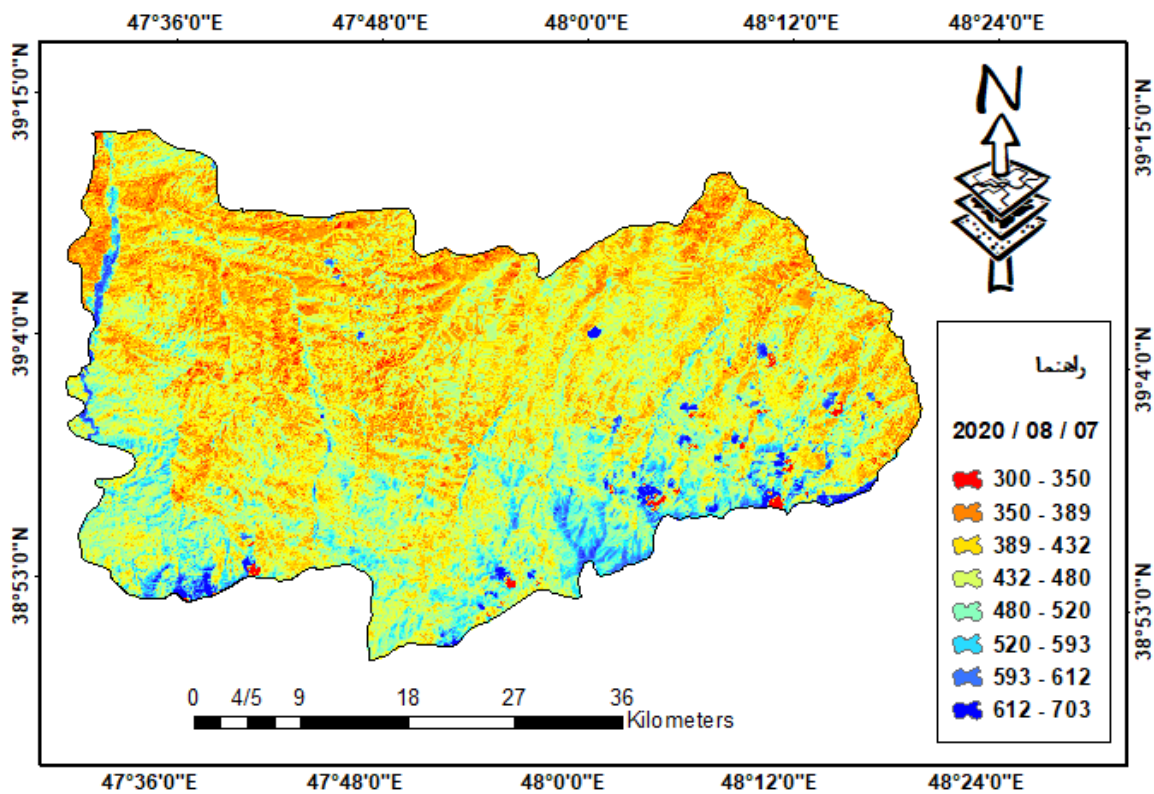
شکل ۴- توزیع تابش خالص ماه فوریه با روش سبال

اطلاعات جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در فوریه ۲۰۲۰ در محدوده ۳۰۲-۲۷۴ وات بر مترمربع با مقدار ۳۰ در صد کل تابش خالص بوده است. همچنین در محدوده ۲۰۰-۱۶۱ تابش خالص ۲۴ در صد را نشان می‌دهند که رقم قابل توجهی می‌باشد. همچنین در این ماه در محدوده ۱۲۵-۱۰۰ وات بر مترمربع ۱ تابش خالص دریافت شده است. در مقایسه شهرستان می‌توان گفت که شرق شهرستان گرمی دارای بیشترین درصد تابش خالص ثبت شده است.

اطلاعات جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در آگوست ۲۰۲۰ محدوده ۳۸۹-۳۵۰ وات بر مترمربع با مقدار ۳۲ در صد کل تابش خالص بوده است. همچنین در بازه ۴۳۲-۳۸۹ با ۳۱ در صد در رتبه بعد قرار دارد. همچنین در این ماه در محدوده ۳۵۰-۳۰۰ وات بر مترمربع ۱ درصد تابش خالص دریافت شده است. در ماه آگوست جنوب شهرستان گرمی دارای تابش خالص زیادی می‌باشد و شمال شهرستان دارای کمترین میزان تابش خالص در ماه آگوست می‌باشد.

جدول ۴- درصد توزیع تابش خالص با روش سبال، آگوست ۲۰۲۰

مقدار تابش	کلاس تابش
۱	۳۰۰ - ۳۵۰ (w/m ²)
۳۲	۳۵۰ - ۳۸۹ (w/m ²)
۳۱	۳۸۹ - ۴۳۲ (w/m ²)
۲	۴۳۲ - ۴۸۰ (w/m ²)
۷	۴۸۰ - ۵۲۰ (w/m ²)
۸	۵۲۰ - ۵۹۳ (w/m ²)
۱۰	۵۹۳ - ۶۱۲ (w/m ²)
۹	۶۱۲ - ۷۰۳ (w/m ²)



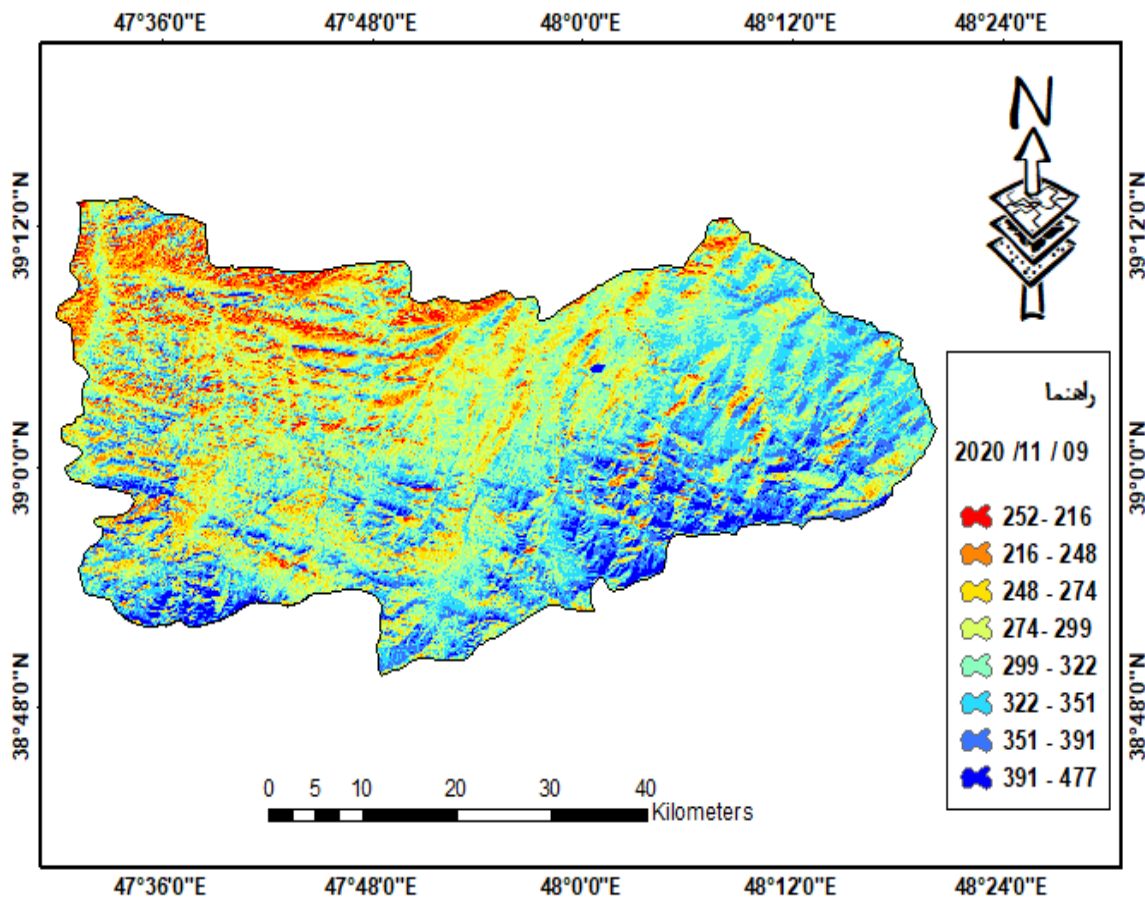
شکل ۵- توزیع تابش خالص ماه آگوست با روش سبال

اطلاعات جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در نوامبر ۲۰۲۰ محدوده ۳۲۲ - ۲۹۳ وات بر مترمربع با مقدار ۲۵ و در محدوده ۴۷۷ - ۳۹۱ یا ۲۰ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه

کمترین میزان در محدوده ۲۹۹-۲۷۴ وات بر مترمربع ۳ تابش خالص دریافت شده است. در این شهرستان نیز بیشترین میزان تابش خالص مربوط به جنوب شهرستان گرمی می‌باشد.

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

مقدار تابش	کلاس تابش
۱۹	۱۵۲-۲۱۶ (w/m ²)
۶	۲۶-۲۴۸ (w/m ²)
۱۲	۲۴۸-۲۷۴ (w/m ²)
۳	۲۷۴-۲۹۹ (w/m ²)
۲۵	۲۹۹-۳۲۲ (w/m ²)
۵	۳۲۲-۳۵۱ (w/m ²)
۱۰	۳۵۱-۳۹۱ (w/m ²)
۲۰	۳۹۱-۴۷۷ (w/m ²)

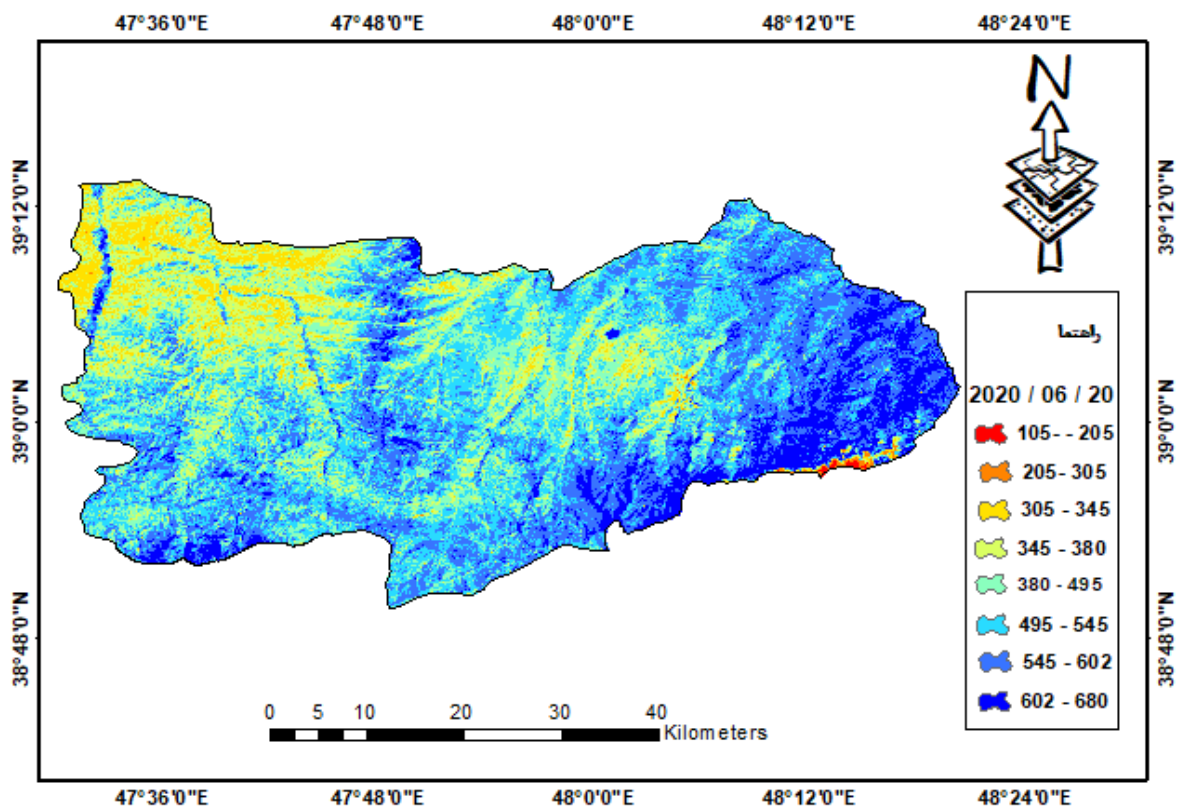


شکل ۶- توزیع تابش خالص ماه نوامبر با روش سیال

اطلاعات جدول ۷ نشان می‌دهد که بیش‌ترین در صد توزیع تابش خالص در ژوئن ۲۰۲۰ محدوده ۶۸۰-۶۰۲ وات بر مترمربع با مقدار ۳۲ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در محدوده ۳۲۲-۲۹۹ با ۲۵ درصد دوم قرار دارد. همچنین در این ماه در محدوده ۲۹۹-۲۷۴ وات بر مترمربع ۳ درصد تابش خالص دریافت شده است. در ماه ژوئن نیز می‌توان گفت شرق شهرستان‌های گرمی دارای تابش خالص زیادی می‌باشد.

جدول ۶- درصد توزیع تابش خالص با روش سبال، ژوئن ۲۰۲۰

مقدار تابش	کلاس تابش
۱	۱۰۵ - ۲۰۵ (w/m ²)
۲	۲۰۵ - ۳۰۵ (w/m ²)
۶	۳۰۵ - ۳۴۵ (w/m ²)
۲۵	۳۴۵ - ۳۸۰ (w/m ²)
۲۴	۳۸۰ - ۴۹۵ (w/m ²)
۱۲	۴۹۵ - ۵۴۵ (w/m ²)
۴	۵۴۵ - ۶۰۲ (w/m ²)
۳۲	۶۰۲ - ۶۸۰ (w/m ²)



شکل ۷- توزیع تابش خالص ماه ژوئن با روش سبال

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل نشان می‌دهد میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۸۱۶ وات بر مترمربع در ژوئیه و کمترین مقدار در فوریه به میزان ۳۰۲ وات بر مترمربع بوده است. این در حالی است که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در جولای ۲۰۲۰ در محدوده ۳۸۰-۱۰۰ وات بر مترمربع با مقدار ۲۷ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه در محدوده ۵۱۹-۴۹۹ وات بر مترمربع ۱ درصد تابش خالص دریافت شده است. بیشترین توزیع تابش خالص در فوریه ۲۰۲۰ در محدوده ۳۰۲-۲۷۴ وات بر مترمربع با مقدار ۳۰ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در محدوده ۲۰۰-۱۶۱ تابش خالص ۲۴ درصد را نشان می‌دهند که رقم قابل توجهی می‌باشد. در ماه آگوست ۲۰۲۰ نیز محدوده ۳۸۹-۳۵۰ وات بر مترمربع با مقدار ۳۲ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در بازه ۴۳۲-۳۸۹ با ۳۱ درصد در رتبه بعد قرار دارد. همچنین در این ماه در محدوده ۳۵۰-۳۰۰ وات بر مترمربع ۱ درصد تابش خالص دریافت شده است. در ماه آگوست جنوب شهرستان گرمی دارای تابش خالص زیادی می‌باشد و شمال شهرستان دارای کمترین میزان تابش خالص در ماه آگوست می‌باشد. در ماه نوامبر ۲۰۲۰ محدوده ۳۲۲-۲۹۳ وات بر مترمربع با مقدار ۲۵ و در محدوده ۴۷۷-۳۹۱ با ۲۰ درصد کل تابش خالص بوده است. همچنین در این ماه کمترین میزان در محدوده ۲۹۹-۲۷۴ وات بر مترمربع ۳ تابش خالص دریافت شده است. در این شهرستان نیز بیشترین میزان تابش خالص مربوط به جنوب شهرستان گرمی 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. 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

رضایی بنفشه، رستم زاده، فیضی زاده؛ مجید، هاشم، بختیار (۱۳۸۶)، بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و GIS مطالعه موردی جنگل‌های ارسباران ۲۰۰۵-۱۹۸۷، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲،

https://jrg.ut.ac.ir/article_19195.html

عابدینی، موسی، قلعه، احسان، (۱۴۰۰). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های شی گرا و پیکسل پایه مطالعه موردی: حوضه مردق‌چای. هیدروژئومورفولوژی، شماره ۷، دروه ۸، صص ۱۶۳-۱۸۴

[10.22034/HYD.2021.46000.1587](https://doi.org/10.22034/HYD.2021.46000.1587)

عابدینی، موسی، محمدزاده شیشه گران، مریم. (۱۴۰۲). امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید با استفاده از سنجش از دور و الگوریتم سبال (مطالعه موردی: شهرستان ساوجبلاغ). *مجله علمی "آمایش سرزمین"*، ۱۵ (۱) صص ۱۶۳-۱۴۷.

https://jtcp.ut.ac.ir/article_91027.html

علی‌آبادی، کاظم، داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۴). بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی دمای بیشینه‌ی ایران. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۶، شماره ۲۱، صص ۱۰۴-۸۶.

<http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article-1-718-fa.html&sw=Iran>

فلاح قاله‌ری، غلام عباس، اسدی، مهدی، داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۴). تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۴، صص ۶۳۷-۶۵۰.

https://jphgr.ut.ac.ir/article_56053.html

عشورنژاد، غدیر؛ پاک طینت، هادی؛ درویشی بلورانی، علی (۱۳۹۳). مدل‌سازی مکان بهینه استقرار پانل‌های خورشیدی در پشت‌بام ساختمان‌ها با استفاده از GIS؛ مطالعه موردی حد واسط خیابان وصال تا خیابان قدس شهر تهران، جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای. دوره ۴، شماره ۱۲، صص ۵۰-۳۳.

https://gaij.usb.ac.ir/article_1666.html

فیضی‌زاده، بختیار، دیده‌بان، خلیل، غلام‌نیا، خلیل (۱۳۹۵). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد). فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۸، صص ۱۷۱-۱۸۲.

https://www.sepehr.org/article_22145.html

فیضی‌زاده، جعفری، نظم‌فر؛ بختیار، فیروز، حسین، (۱۳۸۷). کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صص ۱۷-۲۴

https://jhz.ut.ac.ir/article_19406.html

فیضی‌زاده، سلمانی، بختیار، سعید (۱۳۹۵). مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با به‌کارگیری روش‌های شیء پایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهری ارومیه، آمایش سرزمین، دوره هشتم، شماره دوم، صص ۲۰۲-۱۷۷.

https://jhz.ut.ac.ir/article_19406.html?lang=en

فیضی زاده، شهابی، سیفی؛ بختیار، هزار، هوشنگ (۱۳۹۵). شناسایی پهنه‌های مستعد توفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش فازی-شی‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ۳، شماره ۳، صص ۲۸۴-۲۶۹.

https://jhsci.ut.ac.ir/article_62039.html?lang=en

فیضی زاده، هالی، بختیار، حسین، (۱۳۸۸). مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شی‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش / کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۱، صص ۷۳-۸۴.

https://jphgr.ut.ac.ir/article_21550.html?lang=fa

کاکه‌ممی، آزاد، قربانی، اردوان، کیوان بهجو، فرشاد، میرزایی موسی وند، آمنه (۱۳۹۶). مقایسه روش‌های تفسیر چشمی و رقومی در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استان اردبیل، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال هشتم، شماره سوم، صص ۱۳۴-۱۲۱.

https://journals.iau.ir/article_535578.html

ملکی، محمد، احمدی، زهرا، دوستی، رحمن. (۱۳۹۸). تغییرات دمای سطح شهر کرمانشاه در دوره ۱۳۹۳-۱۳۹۷. *جغرافیا و روابط انسانی*، سال سوم دوره ۲، صص ۳۰۹-۳۱۹.

https://www.gahr.ir/article_102612.html

ولی‌زاده کامران، خلیل، غلام‌نیا، خلیل، عینالی، گلزار، موسوی، سید محمد (۱۳۹۶). برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی شهر زنجان). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره ۳۰، صص ۵۰-۳۵.

https://jupm.marvdasht.iau.ir/article_2497.html

Abedini, M., & Mohammadzadeh Shishehgaran, M. (2023). Studying the Possibility of Using Solar Radiation energy Using Remote Sensing and SEBAL Algorithm (Case Study: Savojbolagh city). *Town and Country Planning*, 15(1), 147-163.

doi: [10.22111/gaij.2014.1666](https://doi.org/10.22111/gaij.2014.1666)

Chander, G., & Groeneveld, D. P (2009). Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6).pp.1621-1628.

DOI: [10.1080/01431160802524545](https://doi.org/10.1080/01431160802524545)

Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). Examining urban heat island relations to land use and air pollution: multiple endmember spectral mixture analysis for thermal remote sensing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3).pp. 1749-1756.

DOI: [10.1109/JSTARS.2013.2263425](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2013.2263425)

Karenia, C. S. G. (2016). Spatial Geo-technologies and GIS tools for urban planners applied to the analysis of urban heat island. Case Caracas city, Venezuela, ICUC9, 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, pp. 1-5.

<https://www.researchgate.net/publication/293724953>

Niclòs Valiente, J.A., Barberà, M.J., Estrela, M.J., Galve, and J.M., Caselles. (2009). Preliminary results on the retrieval of land surface temperature from MSG-SEVIRI data in Eastern Spain. *Proceedings*, pp.55-78.

doi.org/10.1016/j.acags.2020.100051

Ronald, C, Estoque, M, Yuji, M, S W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia, *National Library of Medicine, U.S.*, 15(577).pp. 349-359.

doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195

Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), pp. 434-440 .

DOI:[10.1016/j.rse.2004.02.003](https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003)

Subrino, j., jimenez-munoz, g.c. & paplini, l., (2004). land surface temperature retrieval from landsat tm5, remote sensing of environment, 90, pp. 434-440.

DOI:[10.1016/j.rse.2004.02.003](https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003)

Wan, Z., & Dozier, J, (1996). A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space, *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, 34(4), pp. 892-905.

DOI:[10.1109/36.508406](https://doi.org/10.1109/36.508406)

Weng, Q.H., Lu, D.S. and Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies', *Remote Sensing of Environment*, Vol, 89, No. 4, pp. 467-483.

DOI:[10.1016/j.rse.2003.11.005](https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005)

Yang J.S., Wan Y.Q. and P.V. August, (2004). Estimation of land surface temperature using spatial interpolation and satellite-derived surface emissivity, *J. Environmental informatics*, 4(1), pp. 40-47.

Zhang, j., wang, y. & li, Y., (2006), AC++ Program for retrieving land surface temperature from the data of landsat tm/etm+ band6, *computers & geosciences* , 32, pp. 1796-1805.