

امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در روستاهای مناطق خشک مطالعه موردی: روستاهای شهرستان جوین

هادی سلیمانی مقدم^۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳

چکیده

به‌عنوان یک روند کلی، افزایش تقاضا در استفاده از انرژی در دو بعد کمی و کیفی همراه با توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی است. بهره‌گیری از انرژی‌های نو، سال‌هاست که پایه انجام تحقیقات گسترده و دستیابی به تکنولوژی‌های جدید جهانی بوده که باید گفت کشور بزرگ ایران از آن، کم بهره است. انرژی خورشیدی، یکی از مهم‌ترین انواع انرژی‌های نو است. هدف از این تحقیق بررسی امکان استفاده از انرژی تابش خورشیدی در روستاهای شهرستان جوین واقع در استان خراسان رضوی می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل تابش در محیط GIS، نقشه پهنه‌بندی تابش کل خورشیدی در سطح ۱۱۳ روستای فعال شهرستان جوین تولید شد. بدین منظور، دو پارامتر کسر پخشیده (K) و تراگسیلابی جو با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده تابش کل و تابش فراجوی مربوط به ایستگاه‌های مورد بررسی برآورد و پس از آن پهنه سالانه تابش دریافتی در سال ۲۰۱۷ به روش تحلیل تابش و با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی منطقه با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و برای ایستگاه‌های تابش‌سنجی به‌صورت نقطه‌ای برآورد شد و نهایتاً براساس نیاز مصرفی روستا و توان تولیدی انرژی خورشیدی در منطقه پتانسیل‌سنجی صورت گرفت. بنا به نتایج به‌دست آمده، مقادیر تابش خورشیدی تقریباً در دامنه ۳۸۳۶۷۵ - ۲۷۶۰۵ وات بر متر مربع قرار دارد؛ بنابراین پتانسیل لازم را برای اجرای سامانه‌های فتوولتائیک خورشیدی دارد. با محاسبه و بررسی تابش کلی در سطح منطقه مورد مطالعه، دو روستای حکم‌آباد و قلعه نو دارای پتانسیل عالی در انرژی تابش خورشیدی شناسایی شدند. مطالعه نقشه پتانسیل‌سنجی نشان می‌دهد که، ۸۹/۰۷ درصد از سطح شهرستان دارای پتانسیل عالی، ۸/۵۸ درصد دارای پتانسیل خیلی خوب و ۲/۳۳ درصد دارای پتانسیل خوب می‌باشند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که روستاهای کم‌جمعیت و صعب‌العبور پتانسیل بیشتری برای استفاده از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: انرژی پاک، روستاهای مناطق خشک، شهرستان جوین، سنجش از دور، شاخص PSR

۱- مقدمه

فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال بسیاری روبه‌رو شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۳). تابش خورشیدی یکی از ایمن‌ترین، مؤثرترین و اقتصادی‌ترین منابع انرژی است که پتانسیل تبدیل شدن به منبع اصلی انرژی در آینده‌ی نه چندان دور را دارد (داینس، ۲۰۰۰، ۵). خورشید علاوه بر گرما بخش بودن قابلیت ضد عفونی کننده نیز دارد (بهزاد پور و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۶۰). یکی از روش‌های دسترسی به اطلاعات خورشیدی اندازه‌گیری مستقیم انرژی خورشید توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند پیرانومتر و پیرهلومتر می‌باشد (باکرسی، ۲۰۰۹).

تخمین تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین کاربردهای زیادی در علوم معماری، مهندسی انرژی، کشاورزی و هیدرولوژی دارد. برآورد درست مقدار تابش خورشیدی از اصول اولیه و مهم طراحی شبکه‌ها و برنامه‌ریزی آبیاری است (الموروکس و هونتوریا، ۲۰۰۴). 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، ۲۰۰۱). 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 (مفتی و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین اطلاع دقیق از مقدار و شدت تابش خورشیدی در یک مکان برای گسترش سایت‌های خورشیدی و در بلندمدت، برآورد تغییر کارایی سیستم‌های خورشیدی ضروری است. کشور ایران به دلیل قرارگیری در عرض‌های پایین قابلیت بیشتری برای دریافت انرژی تابشی دارد (باتلس^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین به دلیل وجود مناطق بادخیز فراوان، پتانسیل بالایی در زمینه استفاده از انرژی بادی دارد. بهره‌برداری از انرژی بادی در ایران از سال ۱۳۷۳ در مناطق منجیل و رودبار

توسعه شگرف علم و فناوری در جهان امروز ظاهراً آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده، لیکن این توسعه‌یافتگی، مایه بروز مشکلات تازه‌ای نیز برای انسان‌ها شده که از آن جمله می‌توان به آلودگی محیط‌زیست، تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین به‌ویژه گرما و کاهش نزولات آسمانی اشاره کرد (دایمیتریوس^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیست‌محیطی بی‌شماری را اعمال می‌کنند، به‌عبارت دیگر از یک طرف در نتیجه سوختن مواد فسیلی گازهای سمی وارد محیط زیست شده و محیط زیست را آلوده نموده‌اند (تابیک^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). از طرفی دیگر تراکم این گازها در جو زمین باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین می‌شود که به آن تأثیرات گلخانه‌ای می‌گویند (سکولتن^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). افزایش مستمر در سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و صعود قیمت مواد سوختی، نیروهای محرکه اصلی در پشت تلاش‌های مؤثرتر برای استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند (کنیسارین^۴، ۲۰۰۷). منابع انرژی‌های نو که در اصل از قدرت پرتوی خورشید سرچشمه می‌گیرند کهن‌ترین و در عین حال مدرن‌ترین فرم انرژی محسوب می‌شوند که انسان آن را به خدمت گرفته است. انرژی خورشیدی، چه به‌صورت پرتو مستقیم خورشید و چه به‌صورت غیرمستقیم آن، مانند بيو انرژی زیست انرژی یا انرژی آب یا باد، چشمه انرژی است که جوامع پیشین بشری بر پایه آن شکل گرفته‌اند (بهزاد پور و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۵۸).

انرژی خورشیدی یکی از منابع انرژی ارزان، پاک، و عاری از اثرهای مخرب زیست‌محیطی است که از دیرباز به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است (ادبی مقانی و همکاران، ۱۳۹۹، ۲۸۴). جایگزینی انرژی‌های

1- Dimitrios

2- Tabik

3- Scholten

4- Kenisarin

5- Almorox and Hontoria Hontoria

6- Batles

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در روستاهای مناطق خشک ... / ۲۲۳

نتایج تحقیقات آن‌ها توان زیاد انرژی خورشیدی در بیشتر مناطق عمان در طول یک سال را نشان داد.

مارتینز^۳ و همکاران (۲۰۰۹) به منظور برآورد تابش روزانه خورشیدی در مناطقی با توپوگرافی متفاوت از مدل رقومی زمین و تصاویر ماهواره‌ای Meteosat استفاده کردند، نتایج تحقیقات آن‌ها مقادیر کم آماره‌های خط‌سنجی RMSE و MBE را برای مقادیر برآورد شده نشان داد.

پیدالا و همکاران (۲۰۰۸) برای برآورد تابش خورشیدی از مدل‌های توسعه‌یافته توزیعی Arc GIS و مدل رقومی زمین استفاده کردند. نتایج پژوهش آن‌ها مقدار ضریب همبستگی ۰/۷۸-۰/۴۲ را بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر برآورد شده با مدل نشان داد.

ام. ادر^۴ و همکاران (۲۰۱۵)، ضمن مطالعه درباره مینی شبکه‌ها و انرژی تجدیدپذیر در مناطق روستایی آفریقا، چگونگی تئوری پخش و پذیرش برق در اوگاندا را توضیح دادند و به این نتیجه رسیدند که عدم درک جوامع محلی می‌تواند تلاش پخش شرکت‌های خارجی را به شکست منجر کند.

هدف از پژوهش حاضر بررسی انرژی‌های پاک (باد و تابش خورشیدی) و امکان‌سنجی تولید برق خورشیدی یا سامانه فتوولتائیک در مناطق روستایی دارای سکنه شهرستان جوین می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

شهرستان مورد مطالعه با مساحت ۶۹۸۰ کیلومتر مربع با ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا در دامنه‌های شمالی سلسله جبال جغتای، قرار داشته و محور طولی آن در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی به موازات ارتفاعات جغتای کشیده شده است. این شهرستان از نظر مختصات جغرافیایی در طول ۲۲° ۵۶' تا ۲۲° ۵۸' شرقی و عرض جغرافیایی ۱۹° ۳۶' تا ۱۰° ۳۷' شمالی واقع شده است.

عملاً آغاز شده و تاکنون انرژی باد در این منطقه به حدود ۳۴ مگاوات رسیده است. انتظاری و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از داده‌های سمت و ساعت باد به ارزیابی انرژی باد در شهرستان سبزوار پرداختند. نتایج نشان داد که سرعت متوسط سالانه باد در این ایستگاه ۲/۵۳ متر بر ثانیه بوده و باد غالب در تمامی ماه‌ها شرقی است.

هوشنگی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان "بررسی منطقه‌ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه‌سازی روش‌های درونیابی در سطح کشور ایران" پارمترهای مدل ارتفاعی و دما را برای پهنه‌بندی پتانسیل انرژی خورشیدی در کشور ایران انتخاب کردند.

ولی‌زاده کامرانی (۱۳۹۳) با استفاده از DEMSRTM و با کمک تابع Solar Analyst در محیط نرم‌افزار Arc GIS در استان آذربایجان شرقی به محاسبه‌ی مقدار تابش رسیده به سطح زمین برای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل پرداختند. افراخته و همکارانش (۱۳۹۳)، به بررسی بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در مناطق روستایی در دهستان عشق‌آباد شهرستان نیشابور پرداختند و نتیجه گرفتند دولت با حمایت‌های مالی و ترویجی نقشی اصلی در گسترش این فناوری داشته و این امر به بهبود شاخص‌های توسعه ناحیه در قلمرو مورد مطالعه منجر شده است.

هولستین^۱ در سال ۲۰۱۵، در مطالعه خود، تجزیه و تحلیل پتانسیل سیستم‌های فتوولتائیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای شهری در ویرجینیا انجام داد. در این مطالعه نقشه‌های تابشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست آمدند. برای محاسبه تابش جهانی ورودی خورشید، پارامترهای اتمسفری در مدل‌سازی دخالت داده شدند. نتایج این تحقیق به خوبی توانایی ابزار Solar Analyst در مدل‌سازی تابش خورشیدی برای یک توپوگرافی پیچیده را نشان داد.

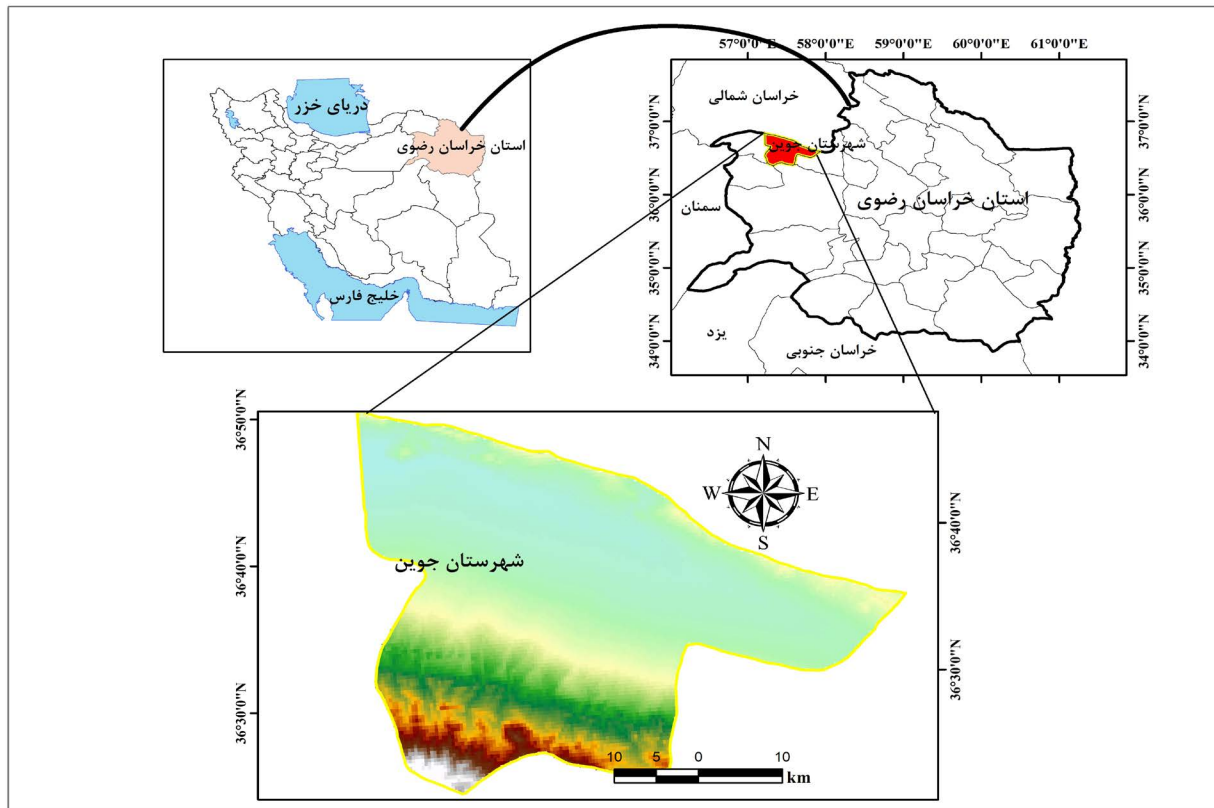
گاستلی^۲ و چرابی (۲۰۱۰) برای اندازه‌گیری تابش خورشیدی در عمان از روش تحلیل تابش در نرم‌افزار GIS استفاده کردند.

3- Martinez

4- Eder

1- Holstein

2- Gastli



نگاره ۱: محدوده مورد مطالعه

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

۲-۲-۱- مدل رقومی ارتفاع زمین (DEM)

مدل رقومی این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان در هر نقطه و هر لحظه افق‌های مصنوعی^۱ و مکان نسبی خورشیدی را برآورد کرد. با توجه به قابلیت مدل رقومی ارتفاع زمین، می‌توان تابش خورشیدی مستقیم، تابش خورشیدی پخشیده^۲ و در نتیجه تابش کل را محاسبه کرد (مارتینز^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).

ارتفاع: مهم‌ترین عامل فیزیکی در مکانیابی پتانسیل سایت نیروگاه، ارتفاع آن از سطح دریا است. مناطق مرتفع به دلیل دریافت انرژی زیاد دارای پتانسیل بالاتری نسبت به مناطق پست می‌باشند. میزان جذب و یا بازتابش انرژی حرارتی پرتوهای خورشیدی در لایه‌های بالایی جو کاهش، و انرژی دریافتی خورشید افزایش می‌یابد (علیچانی، ۱۳۸۳) در

نرم افزار GIS می‌توان به کمک دستور SOLAR HEIGHT، انرژی تابشی را در زمان‌های مشخص تعیین نمود. هر قدر ارتفاع منطقه‌ای از سطح دریا کمتر باشد، ضخامت جو بیشتر می‌شود. جو ضخیم از غلظت بیشتر ترکیبات و عوامل جذبی یا انعکاسی حکایت دارد. از آنجایی که مواد درشت‌تر و غلیظ‌تر در طبقات پایین جمع می‌شوند، جو بالایی کوه‌ها رقیق‌تر بوده و ضخامت جو هم کمتر می‌باشد. پس هر قدر ارتفاع منطقه بیشتر باشد ترکیبات جو رقیق‌تر و ضخامت جو کمتر است.

ضخامت و ترکیبات جو علاوه بر ورود انرژی موج کوتاه خورشید، انرژی موج بلند زمین را هم کنترل می‌کند (علیچانی، ۱۳۸۳). بنابراین مناطق مرتفع به دلیل دریافت انرژی زیاد دارای پتانسیل بالاتری نسبت به مناطق پست می‌باشند. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از ارتفاع ایستگاه‌های هواشناسی و لایه توپوگرافی منطقه استفاده شد.

- 1- Artificial Horizon
- 2- Diffuse
- 3- Martinez

نیازمند برآورد سایه‌نما، نقشه خورشید^۳ و نقشه مسیر حرکت خورشید^۴ است. در ادامه، جزئیات برآورد تابش کل روزانه با این ابزار شرح داده خواهد شد. منظور از سایه‌نما در یک نقطه توزیع زاویه‌ی قابلیت دید آسمان در مقابل موانع موجود بر سر راه تابش برای رسیدن به نقطه مورد نظر است. سایه‌نما با در نظر گرفتن امتداد تابش در یک نقطه و تعیین موانع موجود بر سر راه تابش در امتداد مورد تولید می‌شود. نقشه مسیر حرکت خورشید نقشه رقومی است که مکان خورشید را در زمان‌های متفاوت نشان می‌دهد. نقشه آسمان نقشه رقومی است که با تقسیم آسمان به قطعات کوچک‌تر و با در نظر گرفتن زوایای سمت‌الرأس خورشیدی ساخته می‌شود. زوایای سمت‌الرأس خورشیدی در مرکز هر پیکسل به صورت نقطه‌ای با روابط نجومی برآورد می‌شوند.

۲-۲-۴- برآورد مؤلفه مستقیم تابش خورشیدی

تابش خورشیدی برای هر قطعه از نقشه خورشید که موانع به طور کامل مانع از رسیدن تابش از آن نمی‌شوند، برآورد می‌شود. روش تحلیل تابش خورشید از یک مدل ساده برای برآورد استفاده می‌کند. این مدل با یک ثابت خورشیدی شروع به کار می‌کند و اثرات جو را براساس تراگسیلابی و ژرفای نوری^۵ برآورد می‌کند. روابط (۱) تا (۳) نحوه محاسبه تابش مستقیم روزانه (Hb) را نشان می‌دهند (Bird and Hulstrom, 1981):

$$\text{رابطه (۱)} \quad H_b = \sum B_{\theta z}, \psi$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad B_{\theta z, \psi} = I_s \tau_m \theta S_{\theta z, \psi} \xi_{\theta z, \psi} \cos \theta$$

$$\text{رابطه (۳)} \quad \theta = \arccos[\cos(\theta_z) + \sin(\theta_z) \sin(\theta_s) \cos(\psi - \psi_s)]$$

که $B_{\theta z, \psi}$: تابش مستقیم لحظه‌ای خورشیدی از یک بخش از نقشه خورشیدی برحسب (1-Day, 2-MJ.m). I_s: ثابت خورشیدی (۱۳۶۷ وات بر متر مربع)، τ_m : تراگسیلابی روزانه جو، θ : جرم نوری جو^۶ در مسیر پرتوهای خورشیدی و تابع زاویه‌ی سمت‌الرأس

2- Viewshed

3- Sunmap

4- Sun-Track

5- Optical depth

6- Optical Air Mass

۲-۲-۲- تابش اندازه‌گیری شده در هر ایستگاه
برای انجام این پژوهش مقادیر اندازه‌گیری شده تابش کل خورشیدی به صورت روزانه مورد نیاز می‌باشد. الف) تابش کل خورشیدی با دستگاه پیرانومتر CM5 ساخت کارخانه Kipp & Zonen آلمان با انتگراتور CCI اندازه‌گیری شده است (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۴).
ب) طول ساعات آفتابی با آفتاب‌نگار نوع Cambell-Stokes اندازه‌گیری شده است (مجنونی هریس و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲-۳- برآورد تابش کلی به روش تحلیل مکانی (GIS)

توپوگرافی عامل اصلی در تعیین پراکنش مکانی تابش است. تغییر در ارتفاع، شیب، جهت شیب و سایه‌ها که ناشی از تفاوت توپوگرافی در نقاط گوناگون است، منجر به تغییر در شدت تابشی می‌شود که به زمین می‌رسد. مقدار تابش در طول سال از روزی به روز دیگر نیز تغییر می‌کند. روش تحلیل تابش قادر به تحلیل و به تصویر کشیدن اثر خورشید روی یک منطقه جغرافیایی در طول یک دوره‌ی زمانی مشخص است. این ابزار با در نظر گرفتن اثرات جو، عرض جغرافیایی، ارتفاع محل، مقدار شیب، جهت شیب و زاویه ورودی خورشید در طول روز به برآورد تابش می‌پردازد. پرتوهای خورشید در گذر از جو دچار تغییر می‌شوند.

بیشترین تغییر در تابش توسط توپوگرافی و ذرات موجود در تروپوسفر صورت می‌گیرد و باعث ایجاد مؤلفه‌های تابش مستقیم، تابش پخشیده و بازتابیده می‌شود. موارد پیش گفته، به ترتیب اجزای اصلی تابش کلی را تشکیل می‌دهند (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۹). روش تحلیل تابش، مؤلفه‌های بازتابیده تابش را در نظر نمی‌گیرد. بنابراین، تابش کل از جمع تابش مستقیم و تابش پخشیده برآورد می‌شود. همچنین این ابزار قادر است تابش را برای یک نقطه یا یک منطقه جغرافیایی برآورد کند (دوگان و همکاران، ۲۰۱۳). فرآیند برآورد تابش مستقیم و تابش پخشیده با روش تحلیلی،

و اساس بیشتر مطالعات اقلیمی را شکل می‌دهد. چرا که فرآیند تبخیر و تعرق به وسیله‌ی میزان انرژی در دسترس برای تبخیر آب تعیین می‌شود (آلن، ۱۹۹۸).

از مقدار تابش خورشیدی که وارد جو می‌شود، در اثر جذب بخشی از آن توسط مواد موجود در زمین و انعکاس توسط ابرها، کاسته شده و در نتیجه تابش خورشیدی که به سطح زمین برخورد می‌کند کمتر از مقدار آن در خارج از جو است. مقدار کاهش تابش خورشیدی به طول مسیر پیموده شده شعاع تابشی خورشید و همچنین ترکیبات آن (ابرها، گرد و غبار، رطوبت و مه) بستگی دارد. ابرها و ذرات موجود در جو، نور خورشید را به جهات مختلف پراکنده می‌کنند (مرادی، ۱۳۸۴). دانستن مقدار تابش خورشیدی در هر محل برای بسیاری از مسائل کاربردی از جمله تخمین تبخیر-تعرق، طراحی معماری، مدل‌های رشد محصولات کشاورزی و غیره، اهمیت فراوان دارد (موسوی باگی و همکاران، ۱۳۸۹). توپوگرافی عامل اصلی در تعیین پراکنش مکانی تابش است. تغییر در ارتفاع، شیب، جهت شیب و سایه‌ها که ناشی از تفاوت توپوگرافی در نقاط گوناگون است، منجر به تغییر در شدت تابشی می‌شود که به زمین می‌رسد. مقدار تابش در طول سال از روزی به روز دیگر نیز تغییر می‌کند. روش تحلیل تابش قادر به تحلیل و به تصویر کشیدن اثر خورشید روی یک منطقه جغرافیایی در طول یک دوره‌ی زمانی مشخص است. پرتوهای خورشید در گذر از جو دچار تغییر می‌شود که بیشترین تغییر در تابش توسط توپوگرافی و ذرات موجود در ورسپهر صورت می‌گیرد و باعث ایجاد مؤلفه‌های تابش مستقیم، تابش پخشیده و بازتابیده می‌شود. موارد پیش گفته، به ترتیب اجزای اصلی تابش کلی را تشکیل می‌دهند. روش تحلیل تابش مؤلفه‌های بازتابیده تابش را در نظر نمی‌گیرد. بنابراین، تابش کل از جمع تابش مستقیم و تابش پخشیده برآورد می‌شود. تابش کل (MJ.m-2.Day-1) (Hg) از حاصل جمع تابش مستقیم و تابش پخشیده به دست می‌آید (رابطه

خورشیدی است، θ, ψ, SOZ : نسبت تابش پخشیده نسبت به کل تابش، θ, ψ, FOZ : کسر شکاف موجود برای بخشی از نقشه خورشیدی، θ : زوایه بین مرکز جرم بخشی از آسمان و محور عمود بر سطح، $\cos(\theta Z)$ و $\sin(\theta Z)$: کسینوس و سینوس زاویه سمت الرأس خورشیدی، ψ : زاویه سمت القدم (آزیموت) است.

۲-۲-۵- برآورد مؤلفه تابش پخشیده خورشیدی

برای برآورد تابش پخشیده از دو مدل تابش پخشیده یکنواخت و تابش پخشیده تمام ابری استاندارد^۱ استفاده می‌شود. در مدل تابش پخشیده یکنواخت که در شرایط آسمان صاف استفاده می‌شود، فرض بر این اساس استوار است که تابش پخشیده ورودی در همه امتدادهای آسمان یکسان است. در مدل تابش پخشیده تمام ابری استاندارد، تابش پخشیده با توجه به زاویه سمت الرأس متغیر است و با آن رابطه‌ای تجربی دارد. هر دو مدل در روش تحلیل تابش خورشیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ابتدا تابش پخشیده در مرکز هر قسمت ($\theta, \psi, \text{D}\theta Z$) برآورد شده (رابطه ۴) و سپس تابش پخشیده شده کل روزانه (H_d) در هر منطقه از حاصل جمع مقادیر برآورد شده به دست می‌آید (رابطه ۵) (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۹):

$$\text{رابطه (۴)} \quad \text{D}\theta Z, \psi = R_n K_{\Delta} V_{\theta Z, \psi} \cos(\theta)$$

$$\text{رابطه (۵)} \quad H_d = \sum \text{D}\theta Z, \psi$$

که $\text{D}\theta Z, \psi$: تابش پخشیده از آسمان 1-Day-2-MJ.m: R_n : تابش خورشیدی مستقیم در سطح، k : کسر پخشیده تابش روزانه، Δ : دوره زمانی، $V_{\theta Z, \psi}$: نسبت سایه نمای آسمان برای پخش آسمان، SOZ, ψ : مدت زمان تابش در آسمان است.

۲-۲-۶- تابش کل خورشیدی

تابش خورشیدی (R_s) یک از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در توازن حرارتی جو- زمین است (ایزومون و مایر، ۲۰۰۲)

1- Standard Overcast Diffuse

2- Izomon & Mayer

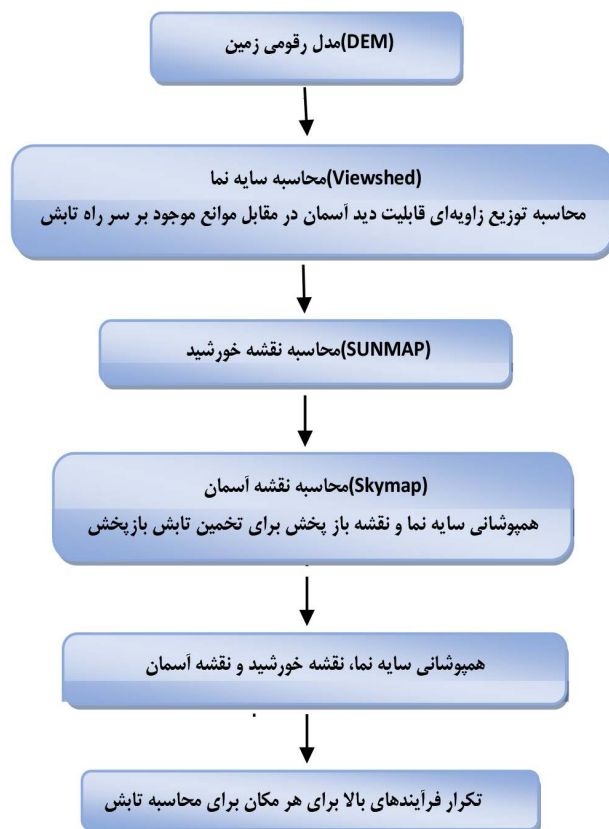
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)

امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در روستاهای مناطق خشک ... / ۲۲۷

که در آن شاخص پتانسیل‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی، T مقدار کل انرژی دریافتی، Pop جمعیت منطقه و M میزان متوسط مصرف هر فرد می‌باشد. شاخص پتانسیل‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی (PSR) در جدول ۱ بیان شده است (زندگی و همکاران، ۱۳۹۸).

جدول ۱: طبقه‌بندی پتانسیل انرژی خورشیدی با استفاده از شاخص PSR

شاخص PSR	وضعیت
+۲ و بیشتر	عالی
۱ تا ۱/۹۹	خیلی خوب
۰ تا ۱	خوب
۰ تا ۰/۹۹-	ضعیف
-۱ تا -۱/۹۹	خیلی ضعیف
-۲ و کمتر	نامناسب



نگاره ۲: مراحل شش‌گانه برآورد تابش توسط روش تحلیل تابش (Bird and Hulstrom, 1981)

۶. این مراحل برای هر نقطه از منطقه به‌طور جداگانه تکرار و در نهایت نقشه تابش برای کل منطقه برآورد می‌شود (Bird and Hulstrom, 1981).

رابطه (۶) $H_g = H_B + H_d$, در روش تحلیل تابش GIS مقدار تابش بر حسب Wh.m-2 برآورد می‌شود. برای تبدیل واحد MJ.m-2 به Wh.m-2 باید عدد حاصل از رابطه (۶) را در ۲۷۷/۷۷ ضرب نمود.

۲-۲-۷- برآورد پارامترهای ورودی مورد نیاز هر ایستگاه مدل تحلیل خورشیدی برای برآورد تابش کل نیاز به دو پارامتر کسر پخشیده (k) و تراگسیلایی جو (T) دارد که این دو پارامتر در ایستگاه‌های همدیدی و تابش‌سنجی اندازه‌گیری نمی‌شود. به‌منظور وارد کردن این دو پارامتر در بسته نرم‌افزاری GIS ابتدا باید این دو پارامتر برآورد شود. با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده تابش کل و تابش فراجوی (تابش در بام جو) در ایستگاه‌های مورد بررسی، ابتدا ضریب شفافیت جو (Kt) که نسبت به تابش اندازه‌گیری شده در سطح افق در ایستگاه‌ها به تابش فراجوی محاسبه و سپس با استفاده از این ضریب مقدار کسر پخشیده (k) محاسبه شود. ضریب تراگسیلایی نیز از رابطه (۸) به‌دست آمد که در آن T ضریب گسیلایی و n/N درصد ساعت‌های آفتابی است (گاستلی و قرایی، ۲۰۱۰):

$$K = 0/99 - 0/356kt + 2/783kt^2 - 10/67k3t + 7/63k4t \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$T = 02505 + 101468(n/N) - 0.3974(n/N)^2 \quad \text{رابطه (۸)}$$

۲-۲-۸- شاخص پتانسیل‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی (PSR)

اساس این شاخص محاسبه‌ی پتانسیل منطقه در استفاده از انرژی خورشیدی بر مبنای میزان کل انرژی دریافتی، توانایی ذخیره در صفحات خورشیدی، جمعیت و میزان متوسط مصرف هر فرد می‌باشد رابطه (۹).

$$PSR = \frac{T * 0.5}{Pop * M} \quad \text{رابطه (۹)}$$

۹-۲-۲- ساعات آفتابی :

بهار با میانگین ۱۱۷۷/۸۱ وات بر مربع و کمترین میزان دریافت ساعات آفتابی در فصل زمستان با میانگین ۹۰۴/۲۶ وات بر مترمربع می‌باشد. از لحاظ مکانی روستاهای طرسک و شهرک قائم بیشترین میزان ساعات آفتابی را دارا هستند.

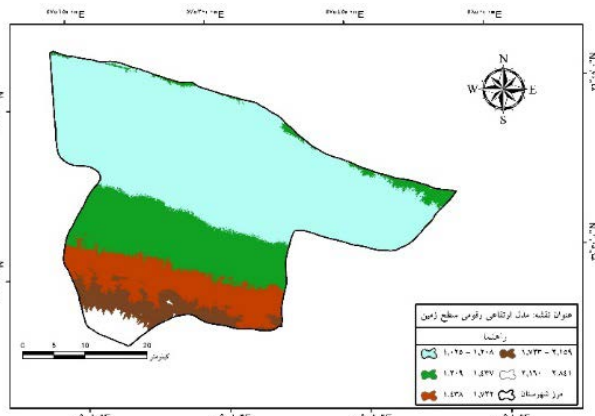
ساعت آفتابی مهم‌ترین پارامتر اقلیمی است که نشان‌دهنده میزان انرژی دریافتی مناطق از خورشید است. ساعات آفتابی مجموع ساعات ماهانه یا سالانه یک منطقه است. این پارامتر خود تحت تأثیر عرض جغرافیایی است که در پارامتر ساعات آفتابی به طور مستقیم اثرگذار است. میزان ابرناکی و غبار آلودگی شدید هوا با پارامتر ساعات آفتابی رابطه عکس دارند. از طرف دیگر بالا بودن دمای محیط میزان انرژی دریافتی را افزایش و اتلاف انرژی را کاهش می‌دهد.

۳- بحث و یافته‌ها

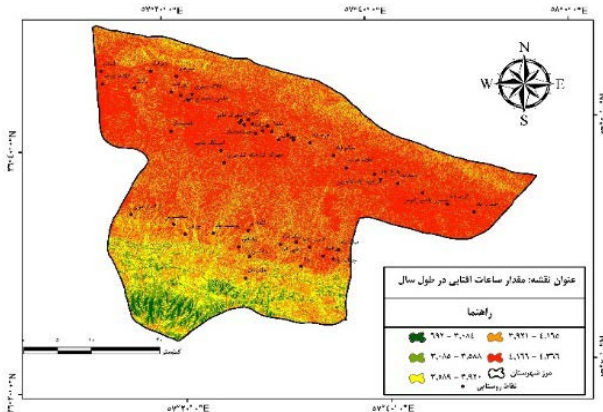
در این تحقیق پهنه تابش خورشیدی کل (سالانه و فصلی) در شهرستان جوین با استفاده از زیربرنامه تحلیل تابشی GIS تهیه شد. ابتدا دو پارامتر تراگسیلابی جو و کسر پخشیده که روش تحلیل تابش از آن‌ها در حکم ورودی برای برآورد تابش استفاده می‌کند، با استفاده از تابش اندازه‌گیری شده هر ایستگاه به طور مجزا برآورد و به منزله‌ی ورودی وارد مدل شد تا تابش به روش تحلیل تابش تعیین شود. برای انجام این پژوهش در ابتدا نقشه‌های ارتفاع، ساعات آفتابی، تابش مستقیم و غیر مستقیم و میزان تابش کل تهیه و محاسبه شد.

۳-۱- برای این منظور لایه DEM منطقه ایجاد شد (نگاره ۳). در منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان ارتفاع در مناطق جنوبی می‌باشد. در این بخش نقاط روستایی جلمبادان، رامشین و بید با ارتفاع به ترتیب ۱۵۵۳، ۱۴۲۶ و ۱۴۴۰ متر از سطح دریا مرتفع‌ترین نقاط روستایی هستند.

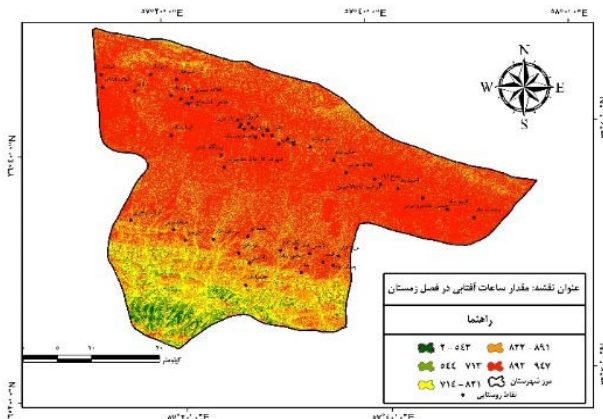
۳-۲- ساعات آفتابی در محدوده مورد مطالعه: میزان ساعات آفتابی در اکثر مناطق به استثنای ارتفاعات، زیاد می‌باشد. ارتفاعات در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همان طور که در (نگاره ۴) مشاهده می‌شود در مناطق نام برده میزان دریافت انرژی کمتر از سایر نقاط است. بیشترین میزان ساعات آفتابی محاسبه شده در فصل



نگاره ۳: ارتفاع منطقه مورد مطالعه



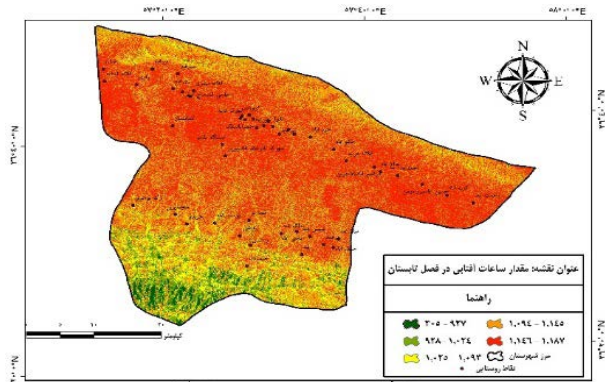
نگاره ۴: ساعات آفتابی سالانه منطقه مورد مطالعه

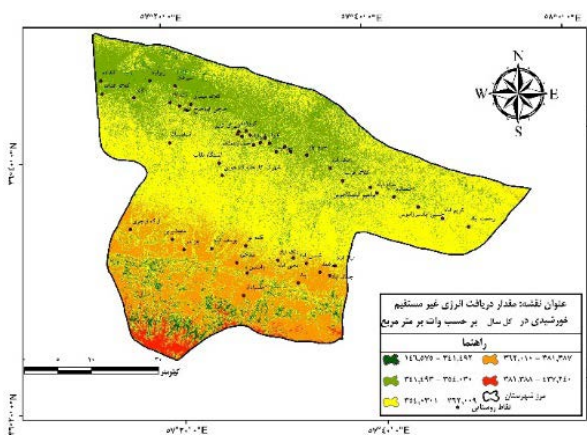


نگاره ۵: ساعات آفتابی منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان

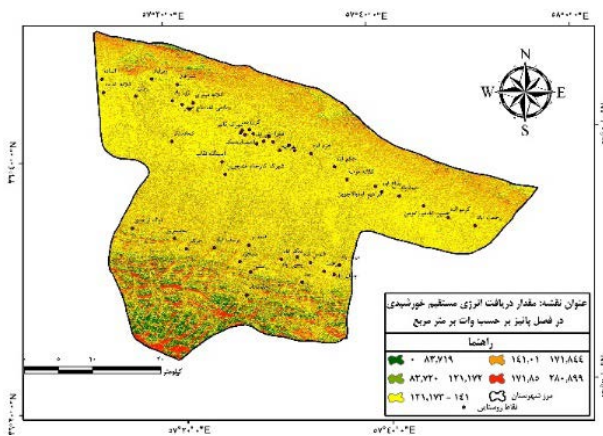
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (م)
امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در روستاهای مناطق خشک ... / ۲۲۹

۴۹۴۵۳۳ تا ۱۷۱۱۴۲ وات بر مترمربع) و کمترین میزان دریافت این پارامتر مربوط به فصل پاییز (با مقادیر ۰ تا ۲۸۰۸۹۹ وات بر مترمربع) می‌باشد. از نظر مکانی بیشترین دریافت انرژی مستقیم خورشیدی مربوط به نقاط روستایی کریم آباد، رحمت آباد و ایستگاه بیهق به ترتیب با میزان ۱۲۰۹۵۵۰، ۱۱۸۲۶۱۰ و ۱۱۳۶۷۳۰ وات بر مترمربع است. بیشترین میزان دریافت انرژی غیرمستقیم خورشیدی در منطقه مورد مطالعه در روستاهای کریم‌آباد، رحمت‌آباد و علی‌آباد به ترتیب با میزان ۳۶۸۶۱۷، ۳۶۷۸۵۸ و ۳۶۷۷۴۶ وات بر مترمربع بوده است. همچنین در تفکیک فصول نیز بیشترین میزان دریافت انرژی غیرمستقیم در فصل بهار (با مقادیر ۱۴۰۸۶۹ تا ۴۸۳۲۸ وات بر مترمربع) و کمترین میزان دریافت آن در فصل پاییز (با مقادیر ۷۴۵۲۹ تا ۲۳۸۴۷ وات بر مترمربع) می‌باشد. بیشترین میزان دریافت این پارامتر در دامنه‌ی جنوبی ارتفاعات قابل مشاهده است.

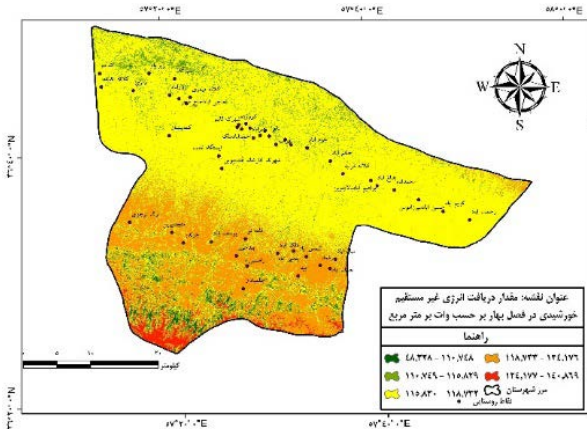




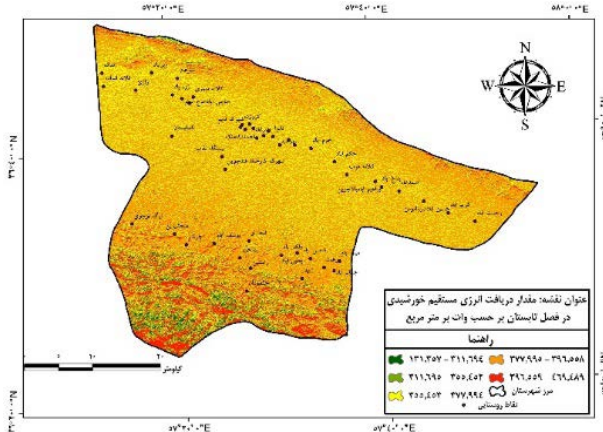
نگاره ۱۴: انرژی غیرمستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در کل سال



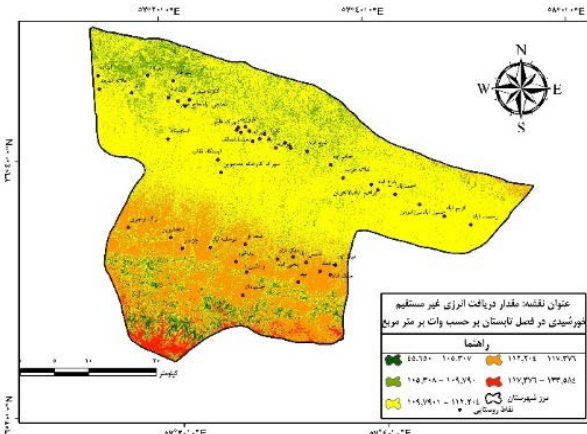
نگاره ۱۱: انرژی مستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل پاییز



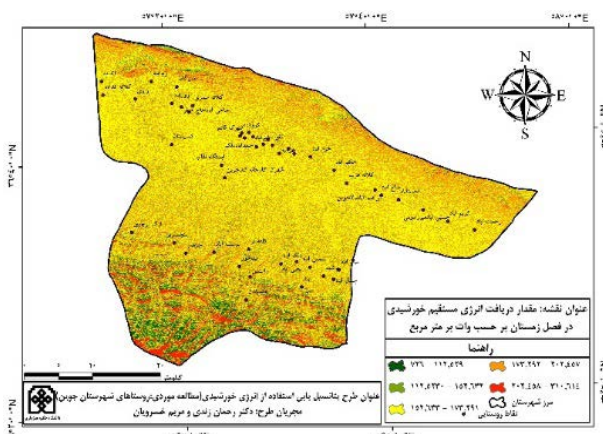
نگاره ۱۵: انرژی غیرمستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل بهار



نگاره ۱۲: انرژی مستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل تابستان

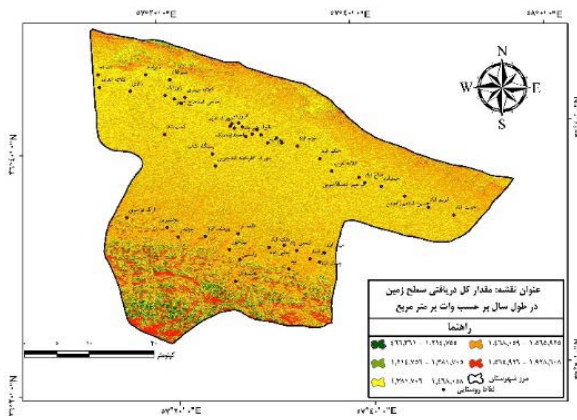


نگاره ۱۶: انرژی غیرمستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل تابستان

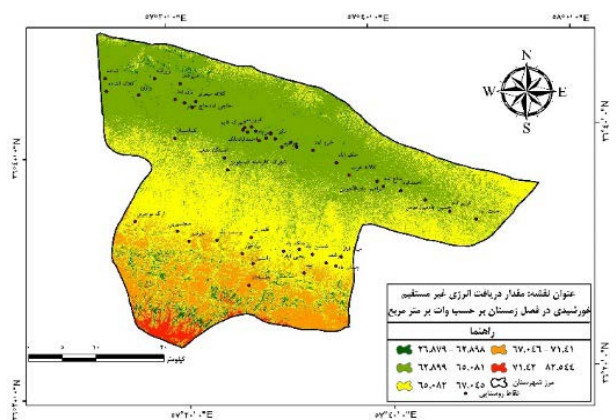


نگاره ۱۳: انرژی مستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان

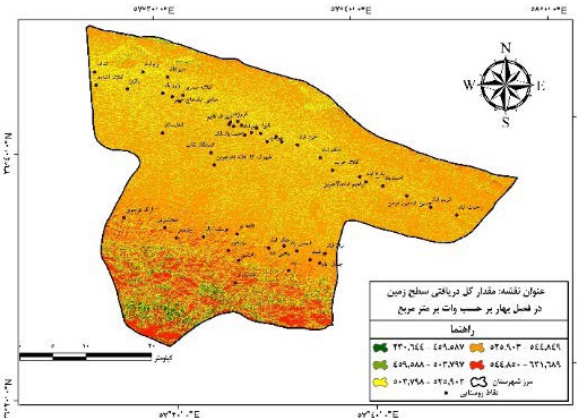
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (س) / ۲۳۱
 امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در روستاهای مناطق خشک ...



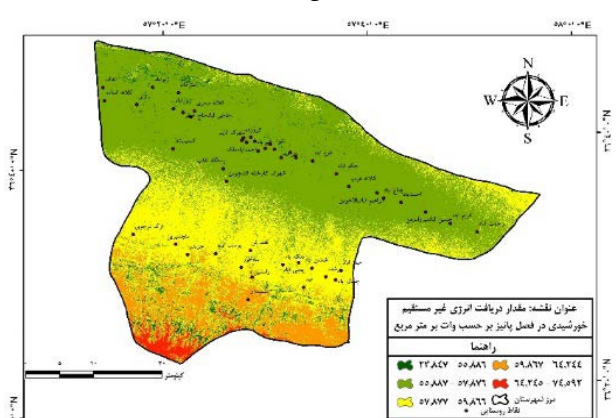
نگاره ۱۹: انرژی کل خورشیدی منطقه مورد مطالعه در کل سال



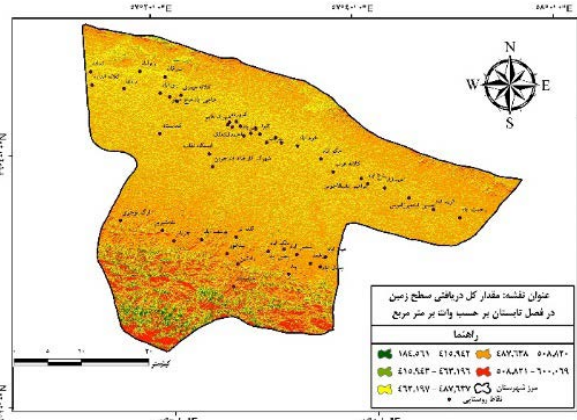
نگاره ۱۷: انرژی غیرمستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان



نگاره ۲۰: انرژی کل خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل بهار



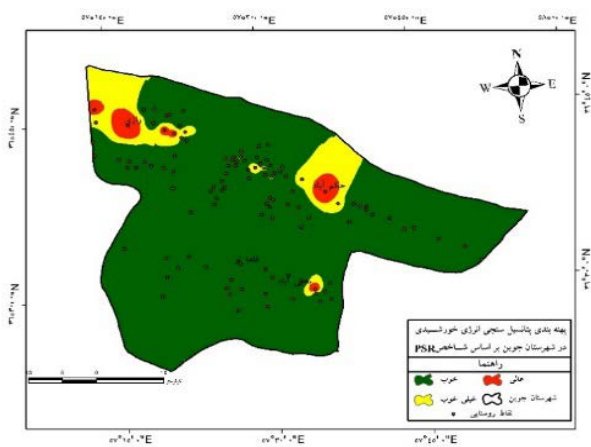
نگاره ۱۸: انرژی غیرمستقیم خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل پاییز



نگاره ۲۱: انرژی کل خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل تابستان

روش تحلیل تابش قادر است مقدار تابش را هم به‌طور نقطه‌ای و هم منطقه‌ای برآورد کند. این ابزار می‌تواند تابش را با استفاده از مدل رقومی زمین و دو پارامتر کسر پخشیده و تراگسیلایی جو در هر منطقه تعیین کند و از آنجا که نصب تجهیزات اندازه‌گیری تابش در هر نقطه امکان‌پذیر نیست، می‌توان از برنامه تحلیل تابش GIS برای تهیه پهنه مؤلفه‌های تابش منطقه‌ای استفاده کرد. از این رو پس از مقایسه دقت این ابزار در برآورد تابش نقطه‌ای و برآورد دو پارامتر کسر پخشیده و تراگسیلایی جو، تابش سالانه به‌صورت منطقه‌ای در کل منطقه مورد بررسی برای ارزیابی پراکنش مکانی تابش با این ابزار برآورد شد.

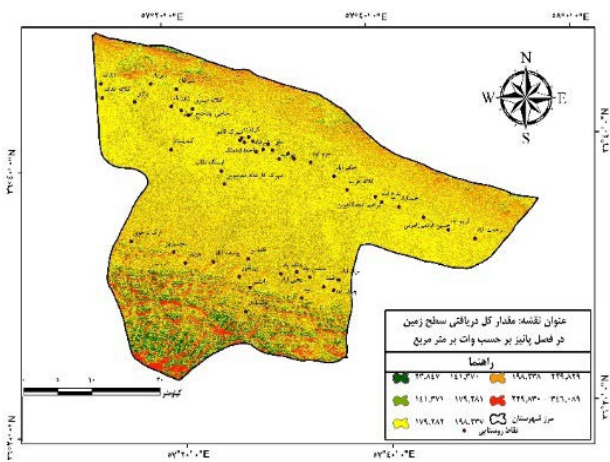
تحت تأثیر شرایط توپوگرافی مانند جهت شیب، مقدار شیب و موانع موجود بر سر راه تابش نیز هست. به طور کلی در دامنه جنوبی ارتفاعات منطقه مورد مطالعه تابش کل بیشتری مشاهده می‌شود. روستاهای رهروی بیدخور، کلاته فاضل و بیدخور بیشترین میزان تابش کل را در سراسر شهرستان دریافت می‌کنند.



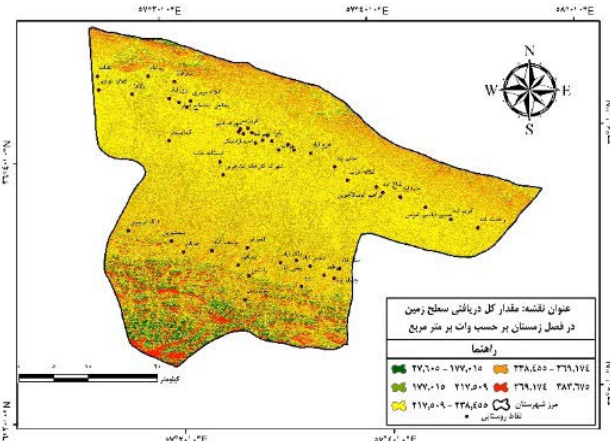
نگاره ۲۴: پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی در شهرستان جوین بر اساس شاخص PSRI

در نهایت پتانسیل تابش کلی در سطح منطقه مورد مطالعه محاسبه و بررسی شد. بر این اساس دو روستای حکم‌آباد و قلعه نو دارای پتانسیل عالی در انرژی تابش خورشیدی هستند. نتایج گویای پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در مناطق روستایی پراکنده و با جمعیت کم می‌باشد.

مطالعه‌ی نقشه پتانسیل سنجی نشان می‌دهد که، ۸۹/۰۷ درصد از سطح شهرستان دارای پتانسیل عالی، ۸/۵۸ درصد دارای پتانسیل خیلی خوب و ۲/۳۳ درصد دارای پتانسیل خوب می‌باشند (نگاره ۲۴). همچنین در منطقه یاد شده می‌توان با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی محیط و همچنین استفاده از پنل‌های خورشیدی، از انرژی خورشیدی استفاده نمود.



نگاره ۲۲: انرژی کل خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل پاییز



نگاره ۲۳: انرژی کل خورشیدی منطقه مورد مطالعه در فصل زمستان

بر اساس نتایج به دست آمده از روش تحلیل تابش در محیط GIS، نگاره‌های ۱۹ تا ۲۳ میزان کل انرژی تابشی را به تفکیک کل سال و فصول مختلف نشان داده است. بیشترین میزان تابش کل در فصل بهار با میزان ۵۵۳۵۲۹ وات بر مترمربع و در روستاهای جلمبادان و رهروی بیدخور و کمترین میزان تابش کل در فصل پاییز با میانگین ۱۹۲۶۱۰/۸ وات بر مترمربع می‌باشد.

با توجه به تغییرات تابش در سطح منطقه مورد بررسی و تغییرات ارتفاع، مشاهده می‌شود که صرفاً نقاط مرتفع تابش بیشتری را دریافت نمی‌کنند بلکه تابش دریافتی بیشتر

۴- نتیجه‌گیری

بنابر مطالعات انجام شده می‌توان به مسائل انرژی و زیست‌محیطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی توسعه پایدار در جوامع روستایی اشاره کرد.

امروزه، حفظ محیط زیست و مسائل مربوط به کمبود انرژی و متعاقب آن به‌کارگیری فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید بیش از پیش توسط بسیاری از مردم در نقاط مختلف جهان از جمله نواحی روستایی مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که این امر برای روستاهایی که از جاده‌های مواصلاتی اصلی به دور هستند و نیز روستاهای مناطق کوهستانی که بعضاً دارای محدودیت‌هایی از قبیل ارتفاع زیاد، صعب‌العبور بودن و شرایط توپوگرافی نامساعد هستند، امکان برق‌رسانی برای آن‌ها صرفه اقتصادی ندارد، از این رو، استفاده از فناوری انرژی تجدیدپذیر (انرژی پاک) از جمله پنل‌های خورشیدی با هزینه بسیار پایین‌تر و ارزان‌تر، به‌عنوان راهکاری مطمئن برای تولید گرما و الکتریسته مورد نیاز در زندگی روزمره می‌تواند پاسخگوی نیاز روستاییان باشد. در این تحقیق مقدار تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین برای امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک با استفاده از تابع تحلیل‌گر انرژی خورشیدی که یکی از تکنیک‌های سنجش از دوری و GIS است، به‌طور خلاصه محاسبه شد. با توجه به بحث‌ها و بررسی‌هایی که از توزیع متنوع تابش خورشیدی صورت گرفت، مقادیر تابش خورشیدی تقریباً در دامنه ۳۸۳۶۷۵ - ۲۷۶۰۵ قرار دارد و از آنجایی که حساسیت سلول‌های فتوولتائیک به تابش خورشیدی از آستانه تابش تا ۱۰۰۰ وات بر مربع است و آن را دریافت می‌کنند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در این منطقه، برای زمان مورد مطالعه پتانسیل لازم را برای اجرای سامانه‌های فتوولتائیک خورشیدی دارد.

دلیل استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک در بین سایر سیستم‌های خورشیدی، این است که علاوه بر سهولت استفاده و سودمندی پس از نصب، کمترین هزینه تعمیر

و نگهداری را دارند. نتایج تحلیل نهایی نشان داد که دو روستای حکم‌آباد و قلعه نو دارای پتانسیل عالی در پتانسیل انرژی تابش خورشیدی هستند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که روستاهای کم جمعیت و صعب‌العبور پتانسیل بیشتری برای استفاده از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشد.

بررسی تطبیقی نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که، با تحقیق شعرافیان (۱۳۸۷)، که به پتانسیل‌سنجی انرژی خورشیدی در پهنه ایران (چهار استان خراسان، گیلان، قزوین و آذربایجان شرقی) پرداخته بود و نتیجه گرفته بود که ایران از نظر انرژی خورشیدی دارای پتانسیل بالایی است همخوانی دارد. همچنین با نتایج تحقیق صفایی و همکاران (۱۳۹۷) که به پتانسیل‌سنجی انرژی‌های پاک در شهرستان اسفراین پرداخته بودند، نیز همخوانی دارد. همچنین با نتایج کار عبدالهی (۱۳۹۵) که به بررسی قابلیت احداث نیروگاه‌های خورشیدی در استان فارس پرداخته بود مطابقت دارد.

حسینی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی امکان استفاده از انرژی تابش خورشیدی در شهرستان سریشه واقع در استان خراسان جنوبی پرداختند. نتایج حاکی از پتانسیل بالای این منطقه در استفاده از انرژی تابشی خورشید بود. بنابراین نتایج آن تحقیق نیز با نتایج این پژوهش نزدیک است.

منابع و مأخذ

- ۱- ادبی‌مقمانی، رکن‌الدین افتخاری، پورطاهری، صادقی سقدل؛ محمد، عبدالرضا، مهدی، حسین، ۱۳۹۹، تحلیل سطح پذیرش فناوری انرژی خورشیدی در مناطق روستایی (مطالعه موردی: مناطق روستایی شهرستان کلپور و شهرستان خداآفرین- استان آذربایجان شرقی)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۵۲، شماره ۱، صص ۳۰۱-۲۸۳.
- ۲- افراخته، احمدآبادی، احمدآبادی؛ حسن، فرشته، حسن، ۱۳۹۳، بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در مناطق روستایی؛ مطالعه موردی: دهستان عشق‌آباد، شهرستان نیشابور، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۶، شماره ۱

- (پیاپی ۸۷)، صص ۳۰-۱۵.
- ۳- انتظاری، امیراحمدی، عرفانی، برزوئی؛ علیرضا، ابوالقاسم، عاطفه، اکرم، ۱۳۹۱، ارزیابی انرژی باد و امکانسنجی احداث نیروگاه بادی در سبزوار. مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال سوم، شماره نهم و دهم، صص ۳۳-۴۶.
- ۴- بهزادپور، زرگر؛ محمد، آرش، ۱۳۹۹، بررسی و شناسایی انرژی پاک (خورشیدی و بادی) در محیط شهری. نشریه شباک. سال ششم شماره ۵ (پیاپی ۵۶). صص ۱۶۴-۱۵۷.
- ۵- حسینی، سلطانی، غیائی؛ فرج‌اله، زهرا، فرشته، ۱۳۹۱، نقش استفاده از انرژی خورشیدی در حفظ و احیای مراتع در مناطق خشک، نشریه محیط‌شناسی، دوره ۳۸، شماره ۶۲، صص ۲۲-۱۳.
- ۶- حسینی، سلطانی، غیاثوند غیائی؛ سید جمال، زهرا، فرشته، ۱۳۹۰، نقش استفاده از انرژی خورشیدی در حفظ و احیای مراتع در مناطق خشک، مجله محیط‌شناسی، سال سی و هشتم، شماره ۶۲، تابستان ۹۱، صفحه ۲۲-۱۳.
- ۷- سبزی‌پرور، ختار، محب‌زاده؛ علی‌اکبر، بهناز، حمید، ۱۳۹۴، بررسی و مقایسه توانایی GIS در پهنه‌بندی توزیع فصلی و سالانه تابش خورشیدی کل (بررسی موردی: استان‌های مرکزی ایران)، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۹، شماره ۲، صص ۲۹-۱۴.
- ۸- صفایی، زندی، سلیمانی، خسرویان؛ محمدجواد، رحمان، منصور، مریم، ۱۳۹۸، امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های پاک در مناطق خشک براساس آمار فضایی (مطالعه موردی: شهرستان اسفراین)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۱۰، شماره ۳۸، صص ۷۰-۵۴.
- ۹- عبدالمهی، علی‌اصغر، ۱۳۹۵، قابلیت‌سنجی اقلیمی به‌منظور احداث نیروگاه‌های برق خورشیدی در استان فارس به روش Fuzzy overlay و AHP با استفاده از GIS. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۷، شماره ۱۰۵، بهار ۹۷.
- ۱۰- علیجانی، بهلول، ۱۳۸۳، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، صص ۲۳۰.
- ۱۱- مجنونی‌هریس، زندپارسا، سپاس‌خواه، ناظم‌السادات؛ ابوالفضل، شاهرخ، علیرضا، محمدجعفر، ۱۳۸۷، توسعه و ارزیابی مدل‌های تخمین تابش خورشیدی براساس ساعات آفتابی و اطلاعات هواشناسی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره ۶، صص ۴۹۹-۴۹۱.
- ۱۲- مرادی، سامان؛ ۱۳۸۴، تنظیم شرایط محیطی (معماری)، انتشارات آشیان. تهران، صص ۱۹۲.
- ۱۳- موسوی‌بایگی، اشرف؛ محمد، بتول، ۱۳۹۰، شناسایی مناطق با کمترین میزان ابرناکی به‌منظور پهنه‌بندی نواحی پرتابش کشور، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۳، مشهد. صص ۶۷۵-۶۶۵.
- ۱۴- ولیزاده کامرانی، خلیل، ۱۳۹۳، برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در آذربایجان شرقی به روش استنقرز با استفاده از GIS، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۸، شماره ۴۹، تبریز، صص ۳۳۴-۳۱۷.
- ۱۵- هوشنگی، آل‌شیخ، هلالی؛ نوید، علی‌اصغر، حسین، ۱۳۹۳، بررسی منطقه‌ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه‌سازی روش‌های درون‌یابی در سطح کشور ایران، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره ۴، شماره ۱۶، شیراز، صص ۱۶-۱.
- 16- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. United nation food and Agriculture Organization, Rome.
- 17- Almorox, J. and Hontoria, C. 2004. Global Solar Radiation Estimation Using Sunshine Duration in Spain. Energy Conversion and Management. 45(9-10). pp. 1529-1535.
- 18- Bakirci, K. 2009. Correlation for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey: Energy, 34: 485-501.
- 19- Batles, F. J., Bosch, J. L., Tavor-Pescador, J., Martinez-Durban, M., Ortega, R., and Miralles, I. 2008. Determination of atmospheric parameter to estimate

- Rosiek, S., Polo, J., and Batlles, F. J. 2009. Estimation of global daily irradiation in complex topography zones using digital elevation models and METEOSAT images: Comparison of the results: Energy Conversion and Management; 50, pp.2233-2238.
- 31-Mefti, A., Adane, A. and Bouroubi, M.Y. 2008. Satellite approach based on cloud cover classification: Estimation of hourly global solar radiation from meteosat images. Energy Conver and Manag. 49: 652-659.
- 32-Miller, A. L. 2012. Utility Scale Solar Power Plants, New Delhi: IFC.
- 33-Piedallu, C., and Gegout, J., 2008, Efficient assessment of topographic solar radiation to improve plant distribution models: Agricultural and Forest Meteorology, 148, 1696 -1706.
- 34-Scholten, Daniel. Rick Bosman .2016. The geopolitics of renewables. Exploring the political implications ofrenewable enery system. Technological Forecasting & Social Cahnge 103.pp. 273-283.
- 35-Tabik S., A. Villegas, E.L. Zapata and L.F. Romero .2012. A Fast GIS-tool to compute the Maximum Solar Energy on Very Large Terrains. Procedia Computer Science, 9, pp. 364-372. +
- 36-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.
- global radiation in areas of complex topography: Generation of global irradiation map: Energy Conversion and Management. 49, pp.336-345.
- 20- Bosch, J. L., Lopez, G., and Batlles, F. J. 2008. Daily solar irradiation estimation over a mountainous area using artificial neural networks: Renewable Energy, 33, 1622-1628.
- 21-Dimitrios., M. Sebastian, H., Mark, H., Manuel, W., Shahid, H.2015. Assessing the technical wind energy potential in Africa a GIS-based approach. Renewable energy83. Pp.110-125.
- 22-Dincer, I .2000. Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. pp. 157-175.
- 23-Dogan, M., Ulu, M., Gennarakis, GG. Zouros, T .2013. Experimental energy resolution of a paracentric hemispherical deflector analyzer for different entry positions and bias: Journal Review of Scientific Instruments. Volum 48.
- 24-Eder, M.; Christopher, F. 2015. Mini-grids and renewable energy in rural Africa: How diffusiontheory explains adoption of electricity in Uganda, Energy Research & Social Science, page10.
- 25-Gastli, A., and Charabi, Y.2010. Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14, pp: 790-797.
- 26-Holstein, B .2015. Analysing Photovoltaic Potential Using a Geographic Information System: A Case Study of Prince William County Public Schools) Master of Environmental Science and Policy (, Faculty of the USC Graduate School University of George Mason University.
- 27-Iziomon, M.G., and Mayer, H. 2002. Assessment of some global solar radiation parameterizations. 64 (2), pp.1631 - 1643.
- 28-Kenisarín, M .2007. Solar Energy Storage Using Phase Change Materials. PP. 1913-1965.
- 29-Markham, B. L., Chander, G. and Helder, D.L. 2009. Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 All Sensors, Remote Sensing of Enviroment. 113: 893-903.
- 30-Martinez-Durban, M., Zarzalejo, L. F., Bosch, J. L.,

