Archive of SID

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره دهم، شماره سی و هشتم، زمستان ۱۳۹۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۲۲

صص ۷۰-۵۴

امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های پاک در مناطق خشک بر اساس آمار فضایی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان اسفراین)

محمدجواد صفایی، استادیار برنامه‌ریزی روستایی-دانشگاه حکیم سبزواری

رحمان زندی، * استادیار سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی-دانشگاه حکیم سبزواری

منصور سلیمانی، دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی روستایی-دانشگاه حکیم سبزواری

مریم خسرویان، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی-دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

روند مصرف انرژی در سال‌های گذشته بسیار سریع و نگران‌کننده بوده است. این روند در کشورهای درحال‌توسعه و به‌ویژه در ایران بالاتر از میانگین جهانی است. یک واقعیت پذیرفته‌شده برای جوامع بشری این است که انرژی موردنیاز دنیا به‌سرعت رو به افزایش است و در حال حاضر منابع انرژی فسیلی ارزان‌قیمت نیز به‌آرامی، اما به‌طور یقین در چندین دهه‌ی دیگر به اتمام خواهد رسید. برای حفظ این منابع فسیلی باارزش برای نسل‌های آتی و جلوگیری از خسارت‌های زیست‌محیطی ناشی از سوختن آن‌ها و پاسخ‌گویی به افزایش تقاضای روزافزون انرژی، راهی جز روی آوردن بشر به استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدشونده باقی نمانده است. یکی از مهم‌ترین مراحل استفاده از هر منبع انرژی تجدیدشونده، برآورد صحیح آن است. در این تحقیق ابتدا به بررسی عوامل مؤثر بر انرژی خورشیدی و بادی پرداخته شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و ابزار Solar میزان انرژی تابشی (تابش مستقیم و غیرمستقیم) و ساعات آفتابی در فصول مختلف و تمام سال برای روستاهای مختلف شهرستان اسفراین محاسبه شد. برای انرژی بادی نیز از دو پارامتر جهت و سرعت باد استفاده گردید. سپس با تهیه‌ی نقشه‌های پتانسیل‌سنجی باد و تابش خورشیدی از طریق ابزارهای آمار فضایی، ناحیه‌هایی که پتانسیل بالایی از نظر انرژی‌های یادشده داشتند، شناسایی شدند. با استفاده از نقشه‌های تهیه‌شده به روش آماره‌های فضایی، روستاهای واقع در مناطق شمال شرقی محدوده‌ی موردمطالعه موقعیت بهتری جهت بهره‌برداری از انرژی تابش خورشیدی را دارند. به‌طورکلی ۷/۲٪ از روستاهای منطقه شرایط مطلوبی جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی دارند. همچنین پتانسیل‌سنجی انرژی بادی نشان داد که حداکثر میزان پتانسیل انرژی یادشده در نواحی شمال، غرب و مرکزی منطقه‌ی مطالعاتی است. نواحی شرقی شهرستان از کم‌ترین پتانسیل انرژی بادی برخوردارند، به‌طورکلی ۳۶ ٪ از منطقه‌ی موردمطالعه دارای پتانسیل بسیار زیاد جهت استفاده از انرژی بادی هستند.

واژگان کلیدی: انرژی‌های پاک، مناطق خشک، آمار فضایی، مناطق روستایی، شهرستان اسفراین.

نویسنده‌ی مسئول: * Email: r.zandi@hsu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

توسعه‌ی شگرف علم و فناوری در جهان امروز آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده و این توسعه‌یافتگی مایه‌ی بروز مشکلات تازه‌ای نیز برای انسان‌ها گردیده که از آن جمله می‌توان به آلودگی محیط‌زیست، تغییرات گسترده‌ی آب‌وهوایی در زمین به‌ویژه گرما و کاهش نزولات آسمانی اشاره کرد(Dimitrios Mentis, 2015: 120). بخش اعظم انرژی مصرفی در جهان به وسیله‌ی سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. احتراق سوخت‌های فسیلی باعث ورود حجم عظیمی از اکسیدهای سولفور و نیتروژن، مونواکسید کربن و دی‌اکسید کربن در جو می‌گردد(اسفندیاری، ۱۳۹۰: ۷۲). افزایش مستمر در سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و صعود قیمت مواد سوختی، نیروهای محرکه‌ی اصلی در پشت تلاش‌های مؤثرتر جهت استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند(Kenisarin, 2007: 1923). این مشکلات جهان را به استفاده از انرژی‌های جایگزین که اثرات مخرب کم‌تری داشته و نیز قابلیت تجدید داشته باشند، سوق داده است. منظور از انرژی‌های جایگزین، انرژی‌هایی است که برای تولیدشان از منابع بدون کربن استفاده می‌گردد؛ مانند انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی دریایی، زمین‌گرمایی، نیروگاه‌های آبی و غیره. در این میان، انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین و پاک‌ترین انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیاست(حیدری، ۱۳۸۷: ۶۷) پایش مستمر تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین به علت تأثیر آن روی توازن گرمایی زمین، تأثیر بر گرمای هوا و خاک، تبخیر و تعرق، فتوسنتز و ذوب برف، اهمیت خاصی دارد. بررسی تغییرات تابش در شاخه‌هایی همچون آب‌شناسی (هیدرولوژی)، هواشناسی، فرایندهای زیستی، سامانه‌های گرمایی و کشاورزی کاربرد دارد(Addiscott, 1987: 147). تابش خورشیدی یکی از ایمن‌ترین، مؤثرترین و اقتصادی‌ترین منابع انرژی است که پتانسیل تبدیل‌شدن به منبع اصلی انرژی در آینده‌ی نه‌چندان دور را دارد(Dincer, 2000: 165). 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(Almorox and Hontoria, 2004: 1530). 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. از چنین اطلاعاتی در طراحی، برآورد هزینه و محاسبه‌ی بازدهی پروژه‌ها استفاده می‌شود(Hottel and Whillier, 1958: 90). کشور ایران به دلیل قرارگیری در عرض‌های پایین قابلیت بیش‌تری جهت دریافت انرژی تابشی دارد(Batles et al, 2008: 340). همچنین به دلیل وجود مناطق بادخیز فراوان، پتانسیل بالایی در زمینه‌ی استفاده از انرژی بادی دارد. بهره‌برداری از انرژی بادی در ایران از سال ۱۳۷۳ در مناطق منجیل و رودبار عملاً آغاز شده و تاکنون انرژی باد در این منطقه به حدود ۳۴ مگاوات رسیده است. بررسی ۱۰ ساله‌ی وزش باد در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور نشان داد که بسیاری از نواحی ایران از جمله نواحی ساحلی دریای عمان جزایر خلیج فارس، نواحی ساحلی استان خوزستان و نواحی شرقی کشور به همراه چند نقطه‌ی پراکنده مانند منجیل، رفسنجان، اردبیل و بیجار بادخیز هستند و در آن‌ها توان تولید برق بادی به‌ویژه در فصل تابستان وجود دارد. البته در بسیاری از نقاط دیگر کشور هم در زمان‌های محدودی از سال توان تولید برق بادی وجود دارد(گندمکار، ۱۳۵۸: ۹۲).

هوشنگی و همکاران در پژوهشی با عنوان «بررسی منطقه‌ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه‌سازی روش‌های درون‌یابی در سطح کشور ایران» (۱۳۹۳)، پارامترهای 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.

کریم دهکردی و همکاران (۱۳۹۸) طی پژوهشی به بررسی امکان استفاده از انرژی تجدیدپذیر در مناطق روستایی نوآباد چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که میزان کل انرژی حاصل از زیست‌توده برابر با

www.SID.ir

Archive of SID

۷۰۸۵۷۲۶۶/۱ کیلوژول است که با تعریف سناریوهای متعدد و میزان انرژی محاسبه‌شده از بخش زیست‌توده می‌توان ۱۷/۱۷ درصد مصرف برق خانگی، ۲/۶۰ درصد مصرف گاز، ۵۸/۶۸ درصد در تأمین انرژی موردنیاز بخش روشنایی معابر عمومی روستای موردمطالعه را تأمین نمود.

زمردیان و تحصیلدوست (۱۳۹۷) ظرفیت‌ها، موانع و مشوق‌های توسعه‌ی انرژی پاک در روستاهای ایران را با استفاده از تحلیل‌های آماری موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد اولاً آب گرم و پانل‌های خورشیدی مناسب‌ترین فناوری‌های تجدیدپذیر در مناطق روستایی کشور بر اساس مطالعات ظرفیت‌سنجی 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 سالانه‌ی باد در این ایستگاه ۲/۵۳ متر بر ثانیه بوده و باد غالب در تمامی ماه‌ها شرقی است.

گاستلی[1] و چرابی (۲۰۱۰) برای اندازه‌گیری تابش خورشیدی در عمان از روش تحلیل تابش در نرم‌افزار GIS استفاده کردند. نتایج آن‌ها توان زیاد انرژی خورشیدی را در بیش‌تر مناطق عمان در طول یک سال نشان داد.

مارتینز[2] و همکاران (۲۰۰۹) به‌منظور برآورد تابش روزانه خورشیدی در مناطقی با توپوگرافی متفاوت از مدل رقومی زمین و تصاویر ماهواره‌ای Meteosat استفاده کردند. نتایج آن‌ها مقادیر کم آماره‌های خطاسنجی RMSE و MBE را برای مقادیر برآورد شده نشان داد.

هولستین[3] در سال ۲۰۱۵ در مطالعه‌ی خود تجزیه‌وتحلیل پتانسیل سیستم‌های فتوولتاییک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای شهری در ویریجینیا انجام داد. در این مطالعه، نقشه‌های تابشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست آمدند. برای محاسبه‌ی تابش جهانی ورودی خورشید، پارامترهای اتمسفری در مدل‌سازی دخالت داده شدند. نتایج این تحقیق به‌خوبی توانایی ابزار Solar Analyst در مدل‌سازی تابش خورشیدی برای یک توپوگرافی پیچیده را نشان داد.

تجهیز زیرساخت‌های موردنیاز برای تأمین منابع انرژی در مناطق روستایی مناطق خشک، به دلیل پراکندگی سکونتگاه‌ها، بعد زیاد مسافت و کمی تعداد جمعیت آنان باعث گردیده تا انتقال خطوط انرژی بسیار هزینه‌بر و فاقد توجیه اقتصادی باشد؛ به‌ویژه روستاهایی که از ضریب دسترسی پایینی برخوردار و در گروه روستاهای زیر ۲۰ خانوار طبقه‌بندی می‌گردند. بالطبع در این‌گونه سکونتگاه‌های روستایی در صورت انجام مطالعات امکان‌سنجی، وجود توجیه مساعد در استفاده از انرژی‌های پاک، ضمن بالا رفتن ضریب خوداتکایی تأمین منابع انرژی، از تحمیل هزینه‌های گزاف به بودجه‌های عمومی پیشگیری و در صورت تخلیه‌ی این آبادی‌ها، این سرمایه‌گذاری‌ها با اتلاف هزینه مواجه نمی‌گردند. هدف از این پژوهش، بررسی امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های پاک (باد و تابش خورشیدی) در شهرستان اسفراین است.

۲- منطقه‌ی موردمطالعه

شهرستان اسفراین یکی از شهرستان‌های استان خراسان شمالی است که در موقعیت جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۰/۸ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه‌ی عرض شمالی واقع گردیده است.

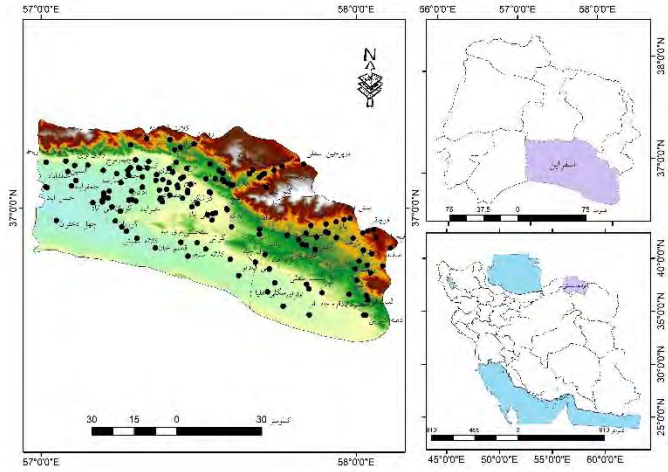
مطابق سرشماری سال ۱۳۵۷ این شهرستان ۱۱۸۵۸۱ نفر جمعیت داشته که از این تعداد ۳۴/۳۶ درصد در نقاط شهری و ۵۶/۱۶ درصد در نقاط روستایی سکونت داشته و بقیه غیرساکن بوده‌اند. این شهرستان دارای ۷ دهستان است

1- Gastli
2- Martinez
3- Holstein

www.SID.ir

Archive of SID

(مرکز آمار ایران، ۱۳۵۷). تعداد روستاهای دارای سکنه در منطقه‌ی موردمطالعه ۱۵۲ روستا بوده که به‌عنوان روستاهای هدف موردبررسی قرار گرفته‌اند (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده‌ی منطقه‌ی موردمطالعه

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- برآورد تابش کلی به روش تحلیلی (GIS)

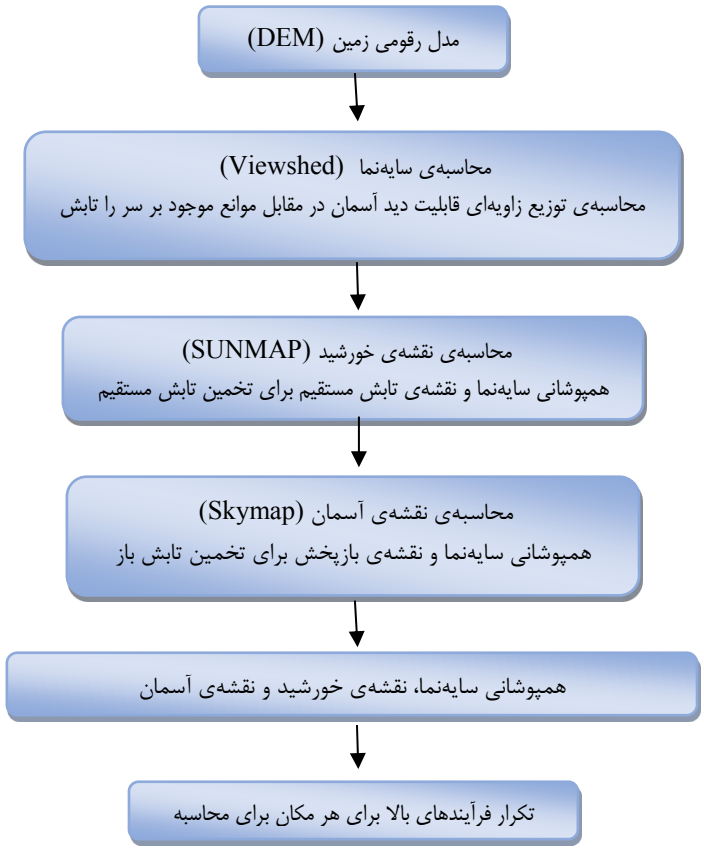
توپوگرافی، عامل اصلی در تعیین پراکنش مکانی تابش است. تغییر در ارتفاع، شیب، جهت شیب و سایه‌ها که ناشی از تفاوت توپوگرافی در نقاط گوناگون است، منجر به تغییر در شدت تابشی می‌شود که به زمین می‌رسد. مقدار تابش در طول سال از روزی به روز دیگر نیز تغییر می‌کند. روش تحلیل تابش، قادر به تحلیل و به تصویر کشیدن اثر خورشید روی یک منطقه‌ی جغرافیایی در طول یک دوره‌ی زمانی مشخص است. این ابزار با درنظر گرفتن اثرات جوّی، عرض جغرافیایی، ارتفاع محل، مقدار شیب، جهت شیب و زاویه‌ی ورودی خورشید در طول روز به برآورد تابش می‌پردازد. پرتوهای خورشید در گذر از جو دچار تغییر می‌شوند که بیش‌ترین تغییر در تابش توسط توپوگرافی و ذرات موجود در وردسپهر صورت می‌گیرد و باعث ایجاد مؤلفه‌های تابش مستقیم، تابش پخشیده و بازتابیده می‌شود. موارد پیش‌گفته، به ترتیب اجزای اصلی، تابش کلی را تشکیل می‌دهند. روش تحلیل تابش، مؤلفه‌های بازتابیده‌ی تابش را درنظر نمی-گیرد؛ بنابراین تابش کل از جمع تابش مستقیم و تابش پخشیده برآورد می‌شود. این ابزار همچنین قادر است تابش را برای یک نقطه یا یک منطقه‌ی جغرافیایی برآورد کند. شکل (۱) مراحل شش‌گانه‌ی برآورد تابش در این ابزار را نشان می‌دهد.

فرآیند برآورد تابش مستقیم و تابش پخشیده با روش تحلیلی، نیازمند برآورد سایه‌نما (Viewshed)، نقشه‌ی خورشید (Sunmap) و نقشه‌ی مسیر حرکت خورشید (Sun-Track) است. در ادامه، جزئیات برآورد تابش کل روزانه با این ابزار شرح داده خواهد شد. منظور از سایه‌نما در یک نقطه‌ی توزیع زاویه‌ای، قابلیت دید آسمان در مقابل موانع موجود بر سر راه تابش برای رسیدن به نقطه‌ی موردنظر است. سایه‌نما با در نظر گرفتن امتداد تابش در یک نقطه و تعیین موانع موجود بر سر راه تابش در امتداد مورد تولید می‌شود (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲: سایه‌نما (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۹)



شکل ۳: مراحل شش‌گانه‌ی برآورد تابش توسط روش تحلیل تابش

نقشه‌ی مسیر حرکت خورشید، نقشه‌ی رقومی است که مکان خورشید را در زمان‌های متفاوت نشان می‌دهد. نقشه‌ی آسمان، نقشه‌ی 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 به‌صورت نقطه‌ای با روابط نجومی برآورد می‌شوند.

۳-۲- برآورد مؤلفه مستقیم تابش خورشیدی

تابش خورشیدی برای هر قطعه از نقشه‌ی خورشید که موانع به‌طور 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 جوّ را بر اساس تراگسیلایی و ژرفای نوری (Optical depth) برآورد می‌کند. روابط ۱ تا ۳ نحوه‌ی محاسبه‌ی تابش مستقیم روزانه (Hb) را نشان می‌دهند:

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه‌ی ۱: $\psi H_b=\sum B_{\theta z,}$

رابطه‌ی ۲: $B_{\theta Z,\psi}= I_{SC}\, \tau^{m\theta}\, S_{\theta Z,\psi}\, \xi_{\theta Z,\psi}\, COS^{\theta}$

رابطه‌ی ۳: $\theta= acos[cos(\theta_Z)+sin(\theta_z)sin(\theta_s)cos(\psi-\psi_s)$

که $B_{\theta Z,\psi}$: تابش مستقیم لحظه‌ای خورشیدی از یک بخش از نقشه‌ی خورشیدی برحسب $(MJ.m^{-2}.Day^{-1})$، I_{SC}: ثابت خورشیدی (۱۳۶۷ وات بر مترمربع)، τ: تراگسیلایی روزانه‌ی جوّ، m_θ: جرم نوری جوّ (Optical Air Mass) در مسیر پرتوهای خورشیدی و تابع زاویه‌ی سمت‌الرأس خورشیدی است، $S_{\theta Z,\psi}$ نسبت تابش پخشیده نسبت به کل تابش، $\xi_{\theta Z,\psi}$: کسر شکاف موجود برای بخشی از نقشه‌ی خورشیدی، θ: زاویه‌ی بین مرکز جرم بخشی از آسمان و محور عمود بر سطح، $\cos(\theta_Z)$ و $\sin(\theta_z)$: کسینوس و سینوس زاویه‌ی سمت‌الرأس خورشیدی و ψ_s: زاویه‌ی سمت‌القدم (آزیموت) است.

۳-۳- برآورد مؤلفه‌ی تابش پخشیده‌ی خورشیدی

برای برآورد تابش پخشیده از دو مدل تابش پخشیده‌ی یکنواخت و تابش پخشیده‌ی تمام‌ابری استاندارد (Standard Overcast Diffuse) استفاده می‌شود. در مدل تابش پخشیده‌ی یکنواخت که در شرایط آسمان صاف استفاده می‌شود، فرض بر این اساس استوار است که تابش پخشیده‌ی ورودی در همه‌ی امتدادهای آسمان یکسان است. در مدل تابش پخشیده‌ی تمام‌ابری استاندارد، تابش پخشیده با توجه به زاویه‌ی سمت‌الرأس 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 $(D_{\theta Z,\psi})$ برآورد شده (رابطه‌ی ۴) و سپس تابش پخشیده شده‌ی کل روزانه (Hd) در هر منطقه از حاصل جمع مقادیر برآورد شده به دست می‌آید (رابطه‌ی ۵) (Martinez-Durban et al., 2009):

رابطه‌ی ۴: $D_{\theta Z,\psi}= R_n K \Delta V_{\theta Z,\psi}\, COS(\theta)$

رابطه‌ی ۵: $H_d= \sum D_{\theta Z,\psi}$

که $D_{\theta Z,\psi}$: تابش پخشیده از آسمان $MJ.m^{-2}.Day^{-1}$، R_n: تابش خورشیدی مستقیم در سطح، k: کسر پخشیده‌ی تابش روزانه، Δ: دوره‌ی زمانی، $V_{\theta Z,\psi}$: نسبت سایه‌نمای آسمان برای پخش آسمان، $S_{\theta Z,\psi}$: مدت‌زمان تابش در آسمان است.

۴-۳- تابش کل خورشیدی

تابش کل $(MJ.m^{-2}.Day^{-1})$ (Hg) از حاصل جمع تابش مستقیم و تابش پخشیده به دست می‌آید (رابطه‌ی ۶). این مراحل برای هر نقطه از منطقه به‌طور جداگانه تکرار و درنهایت، نقشه‌ی تابش برای کل منطقه برآورد می‌شود.

رابطه‌ی 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 رابطه‌ی ۶ را در ۲۷۷/۷۷ ضرب نمود.

۵-۳- برآورد پارامترهای ورودی موردنیاز هر ایستگاه

مدل تحلیل خورشیدی برای برآورد تابش کل نیاز به دو پارامتر کسر پخشیده (k) و تراگسیلایی جوّ (τ) دارد که این دو پارامتر در ایستگاه‌های همدیدی و تابش‌سنجی اندازه‌گیری نمی‌شود. به‌منظور واردکردن این دو پارامتر در بسته‌ی نرم‌افزاری GIS ابتدا باید این دو پارامتر برآورد شود. با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری‌شده‌ی تابش کل و تابش فراجوّی (تابش در بام جوّ) در ایستگاه‌های موردبررسی، ابتدا ضریب شفافیت جو (K_t) که نسبت به تابش اندازه‌گیری-

www.SID.ir

Archive of SID

شده در سطح افق در ایستگاه‌ها به تابش فراجوّی محاسبه و سپس با استفاده از این ضریب مقدار کسر پخشیده (k) محاسبه شود. ضریب تراگسیلایی نیز از رابطه‌ی (۸) به دست آمد که در آن، Ʈ ضریب گسیلایی و n/N درصد ساعت-های آفتابی است(Gastli and Charabi, 2010: 793):

رابطه‌ی ۷: $K= 0/99-0/356k_t+ 2/783k_t^2-10/67k^3_t+7/63k^4_t$

رابطه‌ی ۸: $Ʈ=02505+101468(n/N) - 0.3974(n/N)^2$

۳-۶- انرژی بادی

برای محاسبه‌ی توان انرژی بادی از داده‌های ماهواره‌ی سنتینل و داده‌های ایستگاه‌های زمینی استفاده شد. جهت ترسیم نقشه‌های باد، از داده‌های ساعتی برای یک دوره‌ی سی‌ساله پارامترهای سرعت و جهت باد، از ۱۲ ایستگاه موجود در استان‌های خراسان شمالی (بجنورد و اسفراین)، خراسان رضوی (مشهد، نیشابور، قوچان، سبزوار و سرخس)، گلستان (گرگان و گنبد) و سمنان (سمنان، شاهرود و بیارجمند) استفاده گردید. در بخش دوم پژوهش، پس از برآورد میزان دریافت انرژی خورشیدی و شناسایی پتانسیل‌های انرژی باد در مناطق روستایی شهرستان از بین مناطق مستعد شناسایی گردید.

روش پلیگون های تیسن: پولیگون‌های تیسن تعریف‌کننده‌ی مناطق منحصربه‌فرد و یا تأثیر در اطراف مجموعه‌ای از نقاط است. این روش درواقع روشی برای ایجاد چندضلعی‌ها از روی نقاط است، با فرض اینکه بهترین اطلاعات برای مکان‌هایی که در آن‌ها مشاهداتی وجود ندارد، مقدار نزدیک‌ترین نقطه‌ی مشاهده‌شده به آن داده می‌شود.

۳-۷- تحلیل خودهمبستگی فضایی

در آمار فضایی شناخت الگوها و کشف روندهای موجود در داده‌های فضایی از اهمیت زیادی برخوردار است(Waagepetersenand and Schweder, 2006: 270)؛ زیرا قبل از هرگونه تحلیل و تهیه‌ی نقشه در آمار فضایی باید این پیش‌داوری صورت گیرد که داده‌ها چگونه در فضا توزیع شده‌اند و توزیع آن‌ها در فضا از چه الگو و قاعده‌هایی پیروی می‌کند(Illian et al., 2008: 90). یکی از شاخه‌های جالب و در حال رشد آمار فضایی مربوط به خودهمبستگی فضایی است. خودهمبستگی فضایی به رابطه‌ی بین مقادیر باقی‌مانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خودهمبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر یک متغیر که از نظر جغرافیایی به هم نزدیک هستند، با هم مرتبط باشند. اگر عوارض و یا مقادیر متغیرهای مربوط به آنها به‌طور تصادفی در فضا توزیع‌شده باشند، ظاهراً نباید بین آن‌ها ارتباطی وجود داشته باشد. تحلیل خودهمبستگی فضایی به آماره‌ی موران جهانی یا موران I معروف است. تحلیل خودهمبستگی فضایی دو نوع خروجی به‌صورت گرافیکی و عددی ارائه می‌نماید. خروجی گرافیکی نشان می‌دهد که آیا داده‌ها پراکنده و یا خوشه‌بندی‌شده هستند یا خیر؟ خروجی عددی این آماره شامل دو عدد است؛ نمره‌ی استاندارد Z و عدد موران جهانی(عسکری، ۱۳۹۰: ۷۵). با استفاده از این اعداد می‌توان درجه‌ی پراکنده بودن یا متمرکز بودن عوارض یا داده‌های فضایی را در فضا اندازه‌گیری نمود. اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیکی به عدد منفی یک باشد، آنگاه داده‌ها ازهم‌گسسته و پراکنده می‌باشند. در مورد این ابزار فرضیه‌ی صفر آن است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر خصیصه مرتبط با عوارض جغرافیایی موردنظر وجود ندارد، حال زمانی که مقدار R-Value بسیار کوچک و مقدار z محاسبه شده (قدر مطلق) بسیار بزرگ باشد، آنگاه می‌توان فرض صفر را رد کرد(عسکری، ۱۳۹۰: ۷۵).

۴- بحث و نتایج

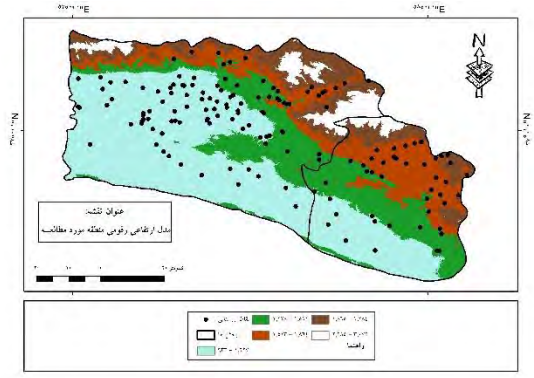
www.SID.ir

Archive of SID

در این تحقیق، پهنه‌ی تابش خورشیدی کل (سالانه و فصلی) در شهرستان اسفراین با استفاده از زیربرنامه‌ی تحلیل تابشی GIS تهیه شد. با استفاده از تابش اندازه‌گیری‌شده‌ی هر ایستگاه به‌طور مجزا برآورد و به منزله‌ی ورودی وارد مدل شد تا تابش به روش تحلیل تابش تعیین شود. برای انجام این پژوهش در ابتدا میزان و نقشه‌های ارتفاع، ساعات آفتابی، تابش مستقیم و غیرمستقیم و تابش کل تهیه و محاسبه گردید.

۴-۱- 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(علیجانی، ۱۳۸۳: ۱۲۶). با استفاده از نرم‌افزار GIS می‌توان به کمک دستور SOLAR HEIGHT، انرژی تابشی را در زمان‌های مشخص تعیین نمود. هرقدر ارتفاع منطقه‌ای از سطح دریا کم‌تر باشد، ضخامت جو بیش‌تر می‌گردد. جو ضخیم بیانگر غلظت بیش‌تر ترکیبات و عوامل جذبی یا انعکاسی است. ازآنجایی‌که مواد درشت‌تر و غلیظ‌تر در طبقات پایین جمع می‌شوند، جو بالای کوه‌ها رقیق‌تر بوده و ضخامت جو هم کم‌تر است. پس هرقدر ارتفاع منطقه بیش‌تر باشد، ترکیبات جو رقیق‌تر و ضخامت جو کم‌تر است. ضخامت و ترکیبات جو علاوه بر ورود انرژی موج‌کوتاه خورشید، انرژی موج‌بلند زمین را هم کنترل می‌کنند(علیجانی، ۱۳۸۳: ۱۲۶)؛ بنابراین مناطق مرتفع به دلیل دریافت انرژی زیاد دارای پتانسیل بالاتری نسبت به مناطق پست می‌باشند. جهت تهیه‌ی این لایه، اطلاعاتی از ارتفاع ایستگاه‌های هواشناسی و لایه‌ی توپوگرافی منطقه استفاده شد. برای این منظور لایه DEM منطقه ایجاد شد (شکل ۴). در منطقه‌ی موردمطالعه، بیش‌ترین میزان ارتفاع در مناطق شمالی است. در این بخش نقاط روستایی گنجدان، آق‌قلعه و گیوه‌جان با ارتفاع به ترتیب ۱۹۹۳، ۱۹۷۷ و ۱۸۹۷ مرتفع‌ترین نقاط روستایی هستند.



شکل ۴: ارتفاع منطقه‌ی موردمطالعه

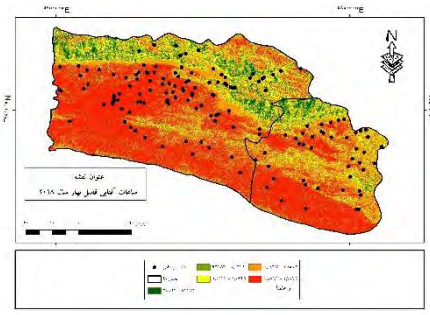
۴-۲- ساعات آفتابی

ساعت آفتابی، مهم‌ترین پارامتر اقلیمی است که نشان‌دهنده‌ی میزان انرژی دریافتی مناطق از خورشید است. ساعات آفتابی مجموع ساعات ماهانه یا سالانه‌ی یک منطقه است. این پارامتر، خود تحت تأثیر عرض جغرافیایی در پارامتر ساعات آفتابی به‌طور مستقیم اثرگذار است و میزان ابرناکی و غبار آلودگی شدید هوا با پارامتر ساعات آفتابی رابطه‌ی عکس دارند. از طرف دیگر، بالا بودن دمای محیط، میزان انرژی دریافتی را افزایش و اتلاف انرژی را کاهش می‌دهد. در محدوده‌ی موردمطالعه، میزان ساعات آفتابی در اکثر مناطق به‌استثنای ارتفاعات، زیاد است. ارتفاعات در قسمت شمالی منطقه‌ی موردمطالعه است. همان‌طور که در (شکل ۵) مشاهده می‌شود، در مناطق نام‌برده میزان دریافت انرژی کم‌تر از سایر نقاط است. بیش‌ترین میزان ساعات آفتابی محاسبه‌شده در فصل بهار با میانگین ۱۱۴۹

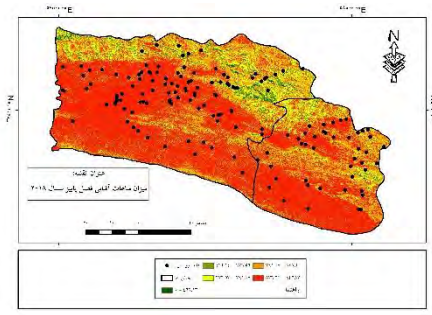
www.SID.ir

Archive of SID

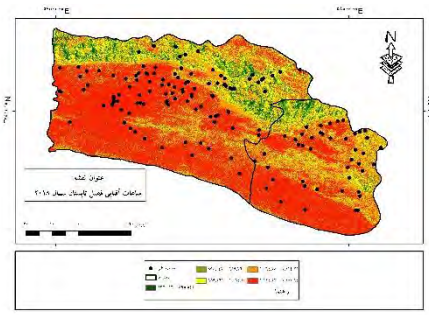
وات بر مربع و کم‌ترین میزان دریافت ساعات آفتابی در فصل پاییز با میانگین ۸۷۲/۲۹ وات بر مترمربع است. از لحاظ مکانی روستاهای علی‌آباد و مهدی‌آباد بیش‌ترین میزان ساعت آفتابی را دارا می‌باشند.



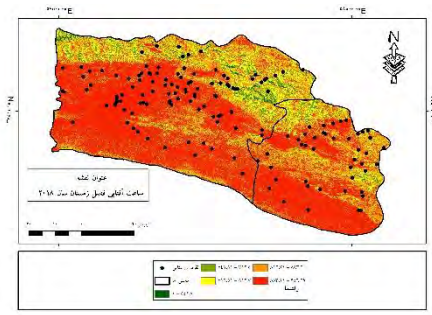
شکل ۵: ساعات آفتابی فصل بهار در منطقه‌ی موردمطالعه



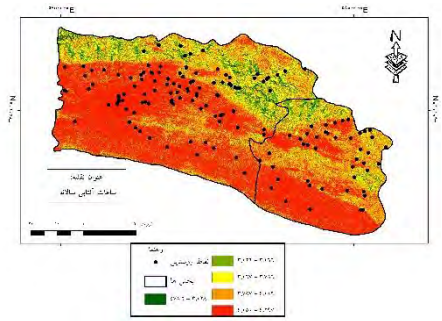
شکل ۶: ساعات آفتابی منطقه‌ی موردمطالعه در فصل پاییز



شکل ۷: ساعات آفتابی فصل تابستان در منطقه‌ی موردمطالعه



شکل ۸: ساعات آفتابی منطقه‌ی موردمطالعه در فصل زمستان



شکل ۹: ساعات آفتابی سالانه در منطقه‌ی موردمطالعه

۳-۴- تابش خورشیدی (Rs)

تابش خورشیدی یکی از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در توازن حرارتی جوّ-زمین!! است(Iziomon and Mayer, 2002: 135) و اساس بیش‌تر مطالعات اقلیمی را شکل می‌دهد؛ چراکه فرآیند تبخیر و تعرق به‌وسیله‌ی میزان انرژی در دسترس برای تبخیر آب تعیین می‌شود(Allen et al, 1998: 1360). از مقدار تابش خورشیدی که وارد جوّ می‌شود، در اثر جذب بخشی از این توسط مواد موجود در ـن!! و انعکاس توسط ابرها کاسته شده و درنتیجه، تابش خورشیدی که به سطح زمین برخورد می‌کند، کم‌تر از مقدار آن در خارج از جوّ است. مقدار کاهش تابش خورشیدی به طول مسیر پیموده شده شعاع تابشی خورشید و نیز ترکیبات آن (ابرها، گردوغبار، رطوبت و مه) بستگی دارد. ابرها و ذرات موجود در جوّ، نور خورشید را به جهات مختلف پراکنده می‌کنند(مرادی، ۱۳۸۴: ۸۵). دانستن مقدار تابش خورشیدی در هر محل برای بسیاری از مسائل کاربردی ازجمله تخمین تبخیر-تعرق، طراحی معماری، مدل‌های رشد محصولات کشاورزی و غیره اهمیت فراوان دارد(موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۷۰).

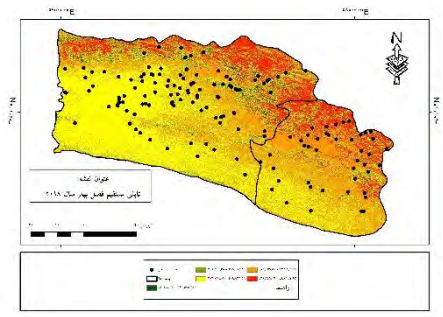
www.SID.ir

Archive of SID

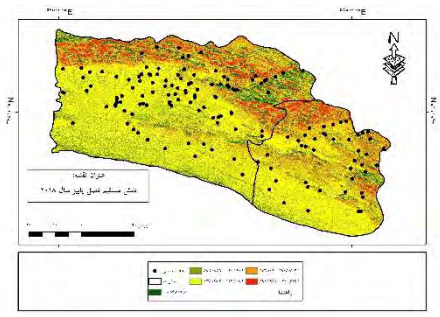
۴-۴- توپوگرافی

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 منطقه‌ی 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 وردسپهر صورت می‌گیرد و باعث ایجاد مؤلفه‌های تابش مستقیم، تابش پخشیده و بازتابیده می‌شود. موارد پیش‌گفته، به ترتیب اجزای اصلی تابش کلی را تشکیل می‌دهند. روش تحلیل تابش، مؤلفه‌های بازتابیده‌ی تابش را درنظر نمی‌گیرد؛ بنابراین، تابش کل از جمع تابش مستقیم و تابش پخشیده برآورد می‌شود.

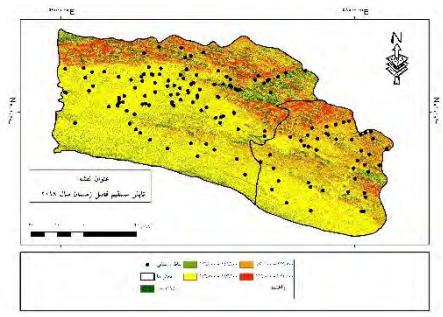
بیش‌ترین میزان انرژی تابشی مستقیم خورشید در ارتفاعات ثبت می‌شود. همان‌طور که در منطقه‌ی موردمطالعه، بیش‌ترین میزان این انرژی در ارتفاعات شمالی شهرستان اسفراین مشاهده می‌شود.



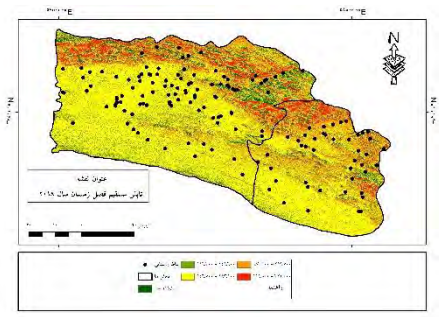
شکل ۱۰: تابش مستقیم فصل بهار در منطقه‌ی موردمطالعه



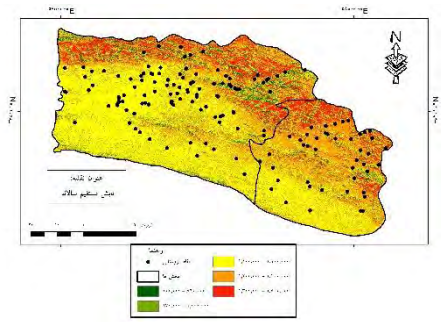
شکل ۱۱: تابش مستقیم منطقه‌ی موردمطالعه در فصل پاییز



شکل ۱۲: تابش مستقیم فصل تابستان در منطقه‌ی موردمطالعه



شکل ۱۳: تابش مستقیم منطقه‌ی موردمطالعه در فصل زمستان



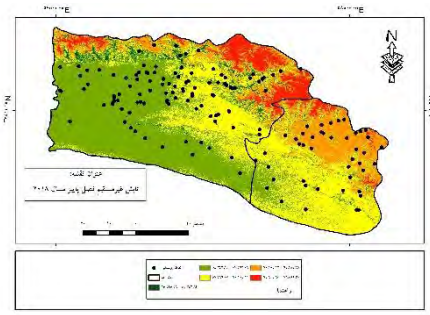
شکل ۱۴: تابش مستقیم سالانه در منطقه‌ی موردمطالعه

www.SID.ir

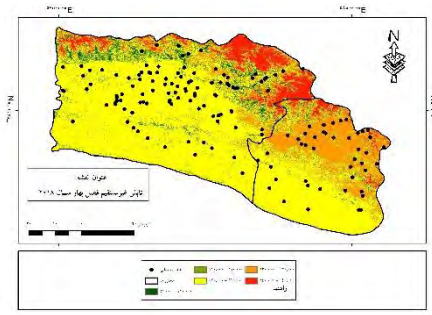
Archive of SID

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیش‌ترین میزان انرژی مستقیم خورشیدی محاسبه‌شده در فصول مختلف مربوط به فصل بهار (با مقادیر ۴۹۸۷۷۴/۹۳ تا ۶۳۱۲۵/۳۰ وات بر مترمربع) و کم‌ترین میزان دریافت این پارامتر مربوط به فصل پاییز (با مقادیر ۳۰۰۳۲۹/۱ تا ۰ وات بر مترمربع) است. از نظر مکانی، بیش‌ترین دریافت انرژی مستقیم خورشیدی مربوط به نقاط روستایی گنج‌جان، جهان و گیوه‌جان به ترتیب با میزان ۴۴۴۲۸۳، ۴۴۳۰۹۹ و ۴۴۲۴۷۹ وات بر مترمربع است.

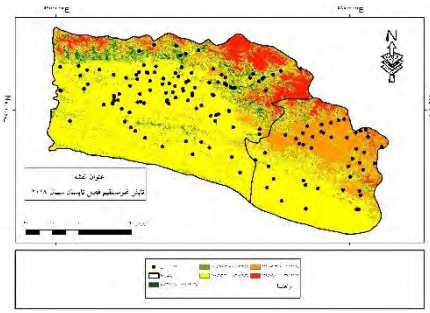
بیش‌ترین میزان دریافت انرژی غیرمستقیم خورشیدی در منطقه‌ی موردمطالعه در روستاهای گیوه‌جان، بیش‌آباد و فتح‌آباد به ترتیب با میزان ۷۰۳۹۵,۵، ۷۰۲۴۸/۸ و ۷۰۱۴۷/۴ وات بر مترمربع بوده است. همچنین در تفکیک فصول نیز بیش‌ترین میزان دریافت انرژی غیرمستقیم در فصل زمستان (با مقادیر ۲۸۵۲۶/۰۶ تا ۶۷۰۶۸/۳۷ وات بر مترمربع) و کم‌ترین میزان دریافت آن در فصل تابستان (با مقادیر ۴۸۳۳۴/۷۱ تا ۱۱۹۲۸۹/۵۵ وات بر مترمربع) است. بیش‌ترین میزان دریافت این پارامتر در ارتفاعات شمالی قابل‌مشاهده است.



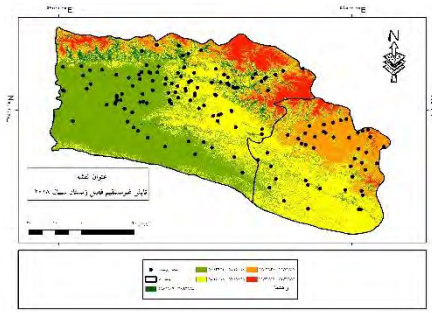
شکل ۱۵: تابش غیرمستقیم فصل بهار



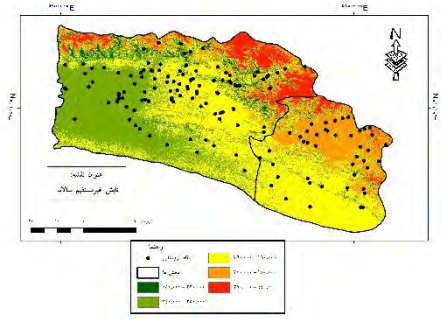
شکل ۱۶: تابش غیرمستقیم در فصل پاییز



شکل ۱۷: تابش غیرمستقیم فصل تابستان



شکل ۱۸: تابش غیرمستقیم در فصل زمستان

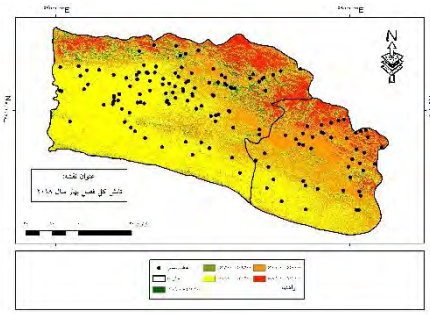


شکل ۱۹: تابش غیرمستقیم سالانه در منطقه‌ی موردمطالعه

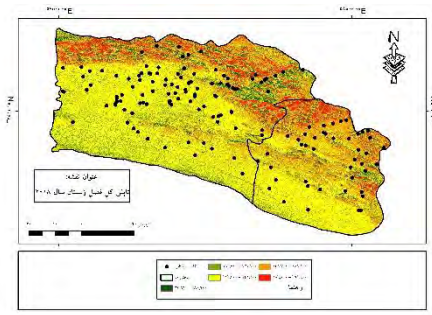
www.SID.ir

Archive of SID

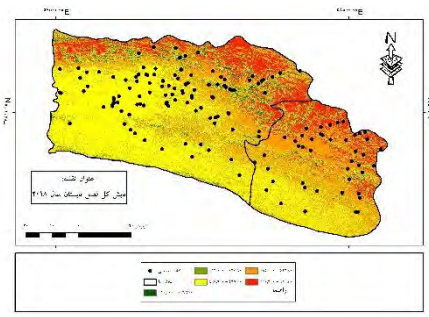
روش تحلیل تابش قادر است مقدار تابش را هم به‌طور نقطه‌ای و هم منطقه‌ای برآورد کند. این ابزار می‌تواند تابش را با استفاده از مدل رقمی زمین و دو پارامتر کسر پخشیده و تراگسیلایی جوّ در هر منطقه تعیین کند و ازآنجاکه نصب تجهیزات اندازه‌گیری تابش در هر نقطه امکان‌پذیر نیست، می‌توان از برنامه تحلیل تابش GIS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



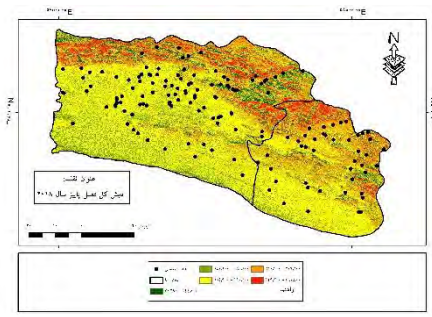
شکل ۲۰: تابش کل فصل بهار در منطقه‌ی موردمطالعه



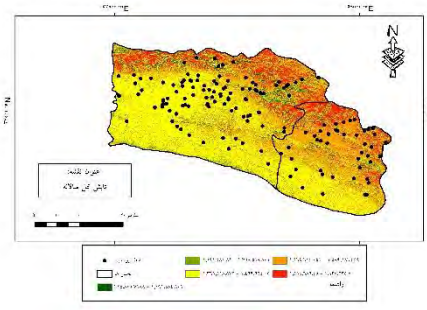
شکل ۲۱: تابش کل منطقه‌ی موردمطالعه در فصل زمستان



شکل ۲۲: تابش کل فصل تابستان در منطقه‌ی موردمطالعه



شکل ۲۳: تابش کل منطقه‌ی موردمطالعه در فصل پاییز



شکل ۲۴: تابش کل منطقه‌ی موردمطالعه در طول سال

اشکال ۲۰ تا ۲۴ میزان کل انرژی تابشی را به تفکیک سال و فصل نشان داده است. بیش‌ترین میزان تابش کل در فصل بهار با میزان ۵۳۰۷۶۷ وات بر مترمربع و در روستاهای قنبرباغی و شور بالا و کم‌ترین میزان تابش کل در فصل پاییز با میانگین ۱۹۸۸۴۶/۵ وات بر مترمربع است. با توجه به تغییرات تابش در سطح منطقه‌ی موردبررسی و تغییرات ارتفاع مشاهده می‌شود که صرفاً نقاط مرتفع تابش بیش‌تری را دریافت نمی‌کنند، بلکه تابش دریافتی بیش‌تر تحت

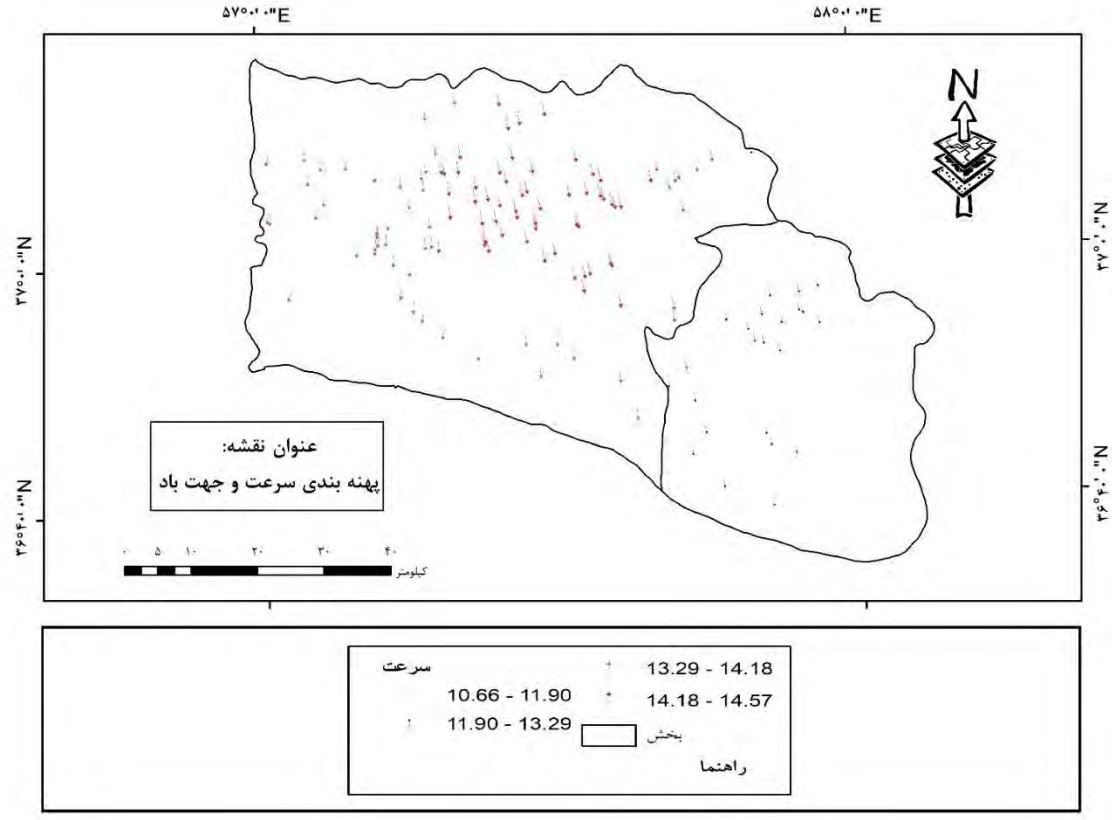
www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر شرایط توپوگرافی مانند جهت شیب، مقدار شیب و موانع موجود بر سر راه تابش نیز قرار دارد. به‌طورکلی در دامنه‌ی جنوبی ارتفاعات منطقه‌ی موردمطالعه تابش کل بیش‌تری مشاهده می‌شود. روستاهای رهری بیدخور، کلاته فاضل و بیدخور بیش‌ترین میزان تابش کل را در سراسر شهرستان دریافت می‌کنند.

۴-۶- سرعت و جهت باد

جهت بررسی میزان سرعت و نیز جهت باد در منطقه‌ی موردمطالعه، نقشه‌های پهنه‌بندی سرعت و جهت باد تهیه گردید. با توجه به شکل ۲۵، در نیمه‌ی غربی شهرستان اسفراین، (شامل نواحی شمالی تا جنوبی) سرعت باد بیش‌ترین میزان را در منطقه‌ی مذکور دارد. جهت غالب باد در منطقه‌ی موردمطالعه شمال شرق- جنوب شرق است. مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه‌های بادی و استفاده از انرژی باد درواقع نقاطی هستند که باد در آنجا با سرعت بیش‌تری جریان دارد. همان‌گونه در منطقه‌ی موردمطالعه مناطق مرکزی و غربی پتانسیل بیش‌تری جهت استفاده از انرژی یادشده را دارند. علاوه‌براین، مکان‌هایی که جهت غالب باد در آنجا حاکم می‌باشند، نقاطی مناسب جهت احداث نحوه‌ی قرارگیری توربین‌های بادی نیروگاه هستند که بر این اساس، بررسی سرعت و جهت باد در زمینه‌ی امکان‌سنجی استفاده از این انرژی، امری مهم و ضروری تلقی می‌شود.



شکل ۲۵: نقشه‌ی سرعت و جهت

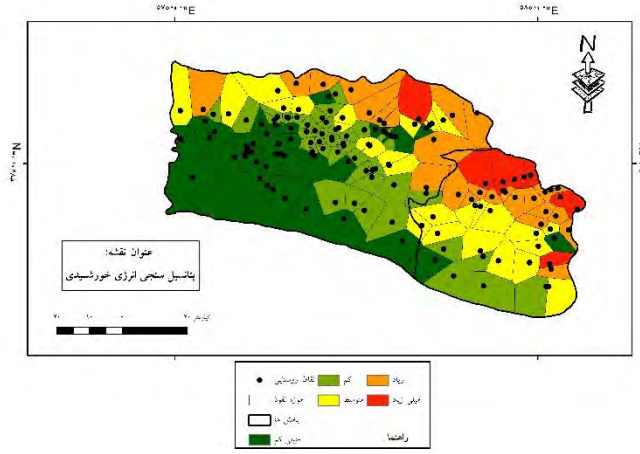
۴-۷- پتانسیل‌سنجی انرژی خورشیدی و بادی

درنهایت بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مراحل قبل و با استفاده از روش‌های آمار فضایی، پتانسیل مناطق مستعد جهت بهره‌برداری از انرژی‌های خورشیدی و بادی در منطقه‌ی موردمطالعه سنجیده شد تا عرصه‌هایی که بیش‌ترین پتانسیل را جهت دریافت انرژی‌های مذکور دارند، مشخص شوند.

www.SID.ir

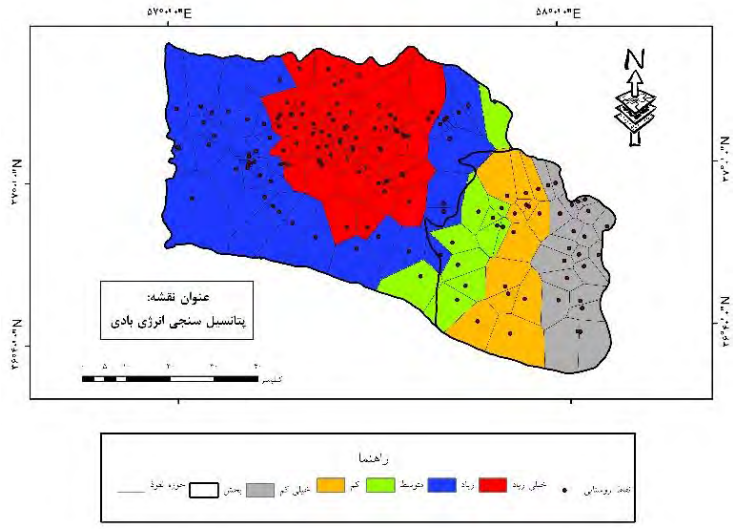
Archive of SID

بر اساس نقشه‌های نهایی پتانسیل‌سنجی (شکل‌های ۲۶ و ۲۷)، مناطق شمال شرقی محدوده‌ی موردمطالعه انرژی خورشیدی را بیش‌تر دریافت می‌کنند؛ لذا این مناطق از موقعیت مناسبی برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی و استفاده از انرژی تابش خورشیدی برخوردارند. مناطق شمالی شهرستان اسفراین، پتانسیل بالایی انرژی تابشی دارند و این پتانسیل در مناطق شمال شرقی بیش‌تر است؛ هرچه از نواحی شمالی به سمت نواحی جنوب و جنوب غربی پیش می‌رویم از میزان پتانسیل انرژی تابشی خورشیدی کاسته می‌شود.



شکل ۲۶: پتانسیل‌سنجی انرژی خورشیدی در منطقه‌ی موردمطالعه

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از پتانسیل‌سنجی انرژی بادی (شکل ۲۷)، حداکثر میزان پتانسیل انرژی یادشده همان‌طور که در نتایج نقشه‌های سرعت و جهت باد نیز به آن اشاره شد، در نواحی شمال، شرق، مرکزی و نواحی غربی شهرستان از کم‌ترین پتانسیل انرژی بادی برخوردارند. مناطقی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند، دارای بیش‌ترین پتانسیل جهت استفاده از انرژی بادی می‌باشند که جمعاً ۳۶ درصد از منطقه‌ی موردمطالعه را دربر می‌گیرند، بیش از ۷۰ روستا در این پهنه قرارگرفته‌اند. از بررسی‌های انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت که روستاهای شهرستان اسفراین پتانسیل‌های خوبی جهت استفاده از انرژی‌های پاک (خورشیدی و بادی) دارند، لذا در راستای کمک به اقتصاد کشور و خصوصاً اقتصاد روستاهای منطقه می‌توان از این پتانسیل بهره برد و این توان بالقوه را بالفعل تبدیل کرد.



شکل ۲۷: پتانسیل‌سنجی انرژی بادی در منطقه‌ی موردمطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات پژوهشگرانی همچون مارتینز و همکاران (۲۰۰۹)، گاستلی[4] و چرابی (۲۰۱۰)، هولستین[5] (۲۰۱۵) و زمردیان و تحصیلدوست (۱۳۹۷) هم‌خوانی وجود دارد، ولی با نتایج دهکردی و همکاران (۱۳۹۸) هم‌خوانی ندارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و پراکندگی روستاهای مناطق خشک که غالباً دارای جمعیت کم می‌باشند، استفاده از انرژی‌های نوین و پاک همچون انرژی بادی و خورشیدی در این مناطق دارای صرفه و توجیه اقتصادی است.

۵- نتیجه‌گیری

انرژی‌های خورشیدی و بادی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست‌محیطی است که از دیرباز به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر بوده قرار گرفته است. بحران انرژی در سال‌های اخیر، کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت نمایند که در این میان جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر به‌منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبه‌رو شده است. در این میان، کشور ایران به دلیل واقع‌شدن بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی در منطقه‌ای واقع‌شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. متوسط ساعات آفتابی کشور حدود ۳۱۱۲ ساعت در سال است که حاکی از پتانسیل بالای ایران برای بهره‌برداری از انرژی خورشید است. انرژی باد به دلیل فراوانی، اقتصادی بودن و قابلیت بهره‌برداری آسان در میان انرژی‌های نو از مزایای زیادی برخوردار است. در این مطالعه امکان استفاده از انرژی‌های پاک (تابش و باد) در روستاهای شهرستان اسفراین موردبررسی قرار گرفت. جهت محاسبه‌ی پهنه‌ی تابش خورشیدی کل (سالانه و فصلی) در روستاهای شهرستان اسفراین از زیربرنامه‌ی تحلیل تابشی GIS استفاده شد. ابتدا دو پارامتر تراگسیلایی جو کسر پخشیده که روش تحلیل تابش از آن‌ها در حکم ورودی برای برآورد تابش استفاده می‌کند، با استفاده از تابش اندازه-گیری‌شده‌ی هر ایستگاه به‌طور مجزا برآورد و به منزله‌ی ورودی وارد مدل شد تا تابش به روش تحلیل تابش تعیین شود. ابتدا میزان و نقشه‌های ارتفاع، ساعات آفتابی، تابش مستقیم و غیرمستقیم و تابش کل تهیه و محاسبه گردید. سپس مناطق حداقل و حداکثر این عوامل مشخص و طی مقاله به آن اشاره گردید. جهت بررسی میزان سرعت و همچنین جهت باد در منطقه‌ی موردمطالعه، نقشه‌های پهنه‌بندی سرعت و جهت باد تهیه گردید. بنا بر نتایج به دست آمده، حداکثر سرعت باد در نیمه‌ی غربی شهرستان اسفراین (شامل نواحی شمالی تا جنوبی) و جهت غالب باد در منطقه‌ی موردمطالعه، شمال شرق-جنوب شرق است.

درنهایت با استفاده از روش‌های آمار فضایی، پتانسیل انرژی‌های خورشیدی و بادی در منطقه‌ی موردمطالعه سنجیده شد تا مناطقی که بیش‌ترین پتانسیل را جهت دریافت انرژی‌های مذکور دارند، مشخص شود. بنا بر نقشه‌های مستخرج، مناطق شمال شرقی محدوده‌ی موردمطالعه، پتانسیل بالاتری جهت دریافت انرژی تابش خورشیدی و همچنین مناطق در نواحی شمال، شرق و مرکزی پتانسیل بالایی را از نظر انرژی باد دارند.

۶- منابع

۱- اسفندیاری، علی (۱۳۹۰). پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از GIS، همایش ملی ژئوماتیک، تهران، صص ۸۲-۶۱.

۲- انتظاری، علیرضا، امیراحمدی، ابوالقاسم، عرفانی، عاطفه، برزویی، اکرم (۱۳۹۱). ارزیابی انرژی باد و امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی در سبزوار، مجله‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره‌ی ۹، صص ۲۲-۱۷.

4- Gastli
5- Holstein

www.SID.ir

Archive of SID

۳- حیدری، مصطفی (۱۳۸۸). مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی در ایران. نشریه‌ی مبدل گرمایی، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی مطالعات جغرافیایی (سپهر)، شماره‌ی ۱۰۵، صص ۷۳-۶۳.

۴- زمردیان، زهراسادات، تحصیل دوست، محمد (۱۳۹۷). ظرفیت‌ها، موانع و مشوق‌های توسعه‌ی انرژی‌های پاک در روستاهای ایران، نشریه‌ی مسکن و روستا، شماره‌ی ۱۶۵، صص ۱۷-۱۳.

۵- عسگری، علی (۱۳۹۰). تحلیل‌های آمار فضایی با ArcGIS، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، تهران، تعداد صفحات ۱۲۸.

۶- علیجانی، بهلول (۱۳۸۳). آب‌وهوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تعداد صفحات ۲۳۰.

۷- کرمی دهکردی، مهدی، رحمانی فرد، زهره، کرباسیون، مصطفی (۱۳۹۸). تبیین چارچوب مفهومی-کاربردی استفاده از انرژی تجدیدپذیر در مناطق روستایی با محوریت منابع زیست‌توده (مطالعه‌ی موردی: روستای نوآباد چهارمحال و بختیاری)، فصلنامه‌ی پژوهش‌های روستایی، شماره‌ی ۳۹، صص ۵۴۱-۵۳۱.

۸- گندمکار، امیر (۱۳۸۸). ارزیابی پتانسیل باد در کشور ایران، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره‌ی ۴، صص ۱۰۰-۵۸.

۹- مرادی، ساسان (۱۳۸۴). تنظیم شرایط محیطی، تهران، انتشارات آشیان، صص ۱۰۴-۷۹.

۱۰- مرکز آمار ایران (۱۳۵۷)، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن. شهرستان اسفراین.

۱۱- موسوی‌بایگی، محمد، اشرف، بتول (۱۳۹۰). شناسایی مناطق با کم‌ترین میزان ابرناکی به‌منظور پهنه‌بندی نواحی پرتابش کشور، نشریه‌ی آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره‌ی ۲۵، صص ۶۷۵-۶۶۵.

۱۲- ولی‌زاده کامرانی، خلیل (۱۳۹۳). برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در آذربایجان شرقی به روش استنقز با استفاده از GIS، نشریه‌ی علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره‌ی ۴۹، صص ۳۳۴-۳۱۷.

۱۳- هوشنگی، نوید، آل‌شیخ، علی‌اصغر، حلالی، حسین (۱۳۹۳). بررسی منطقه‌ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه-سازی روش‌های درون‌یابی، در سطح کشور ایران، فصلنامه‌ی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، شماره‌ی ۴، صص ۱۶-۱.

14- Addiscott, T. M,. Whitmore, A. P. (1987). Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter and spring: Journal. Agric. Sci. (Cambr), 109(25 (54), 141-15.

15- 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,32(3 (47), 1354-1370.

16- Almorox, J. and Hontoria, C. (2004). Global Solar Radiation Estimation Using Sunshine Duration in Spain, Energy Conversion and Management, 45 (9 (10), 1529–1535.

17- Batles, F. J,. Bosch, J. L,. Tavor-Pescador, J,. Martinez-Durban, M,. Ortega, R,. and Miralles, I. (2008). Determination of atmospheric parameter to estimate global radiation in areas of complex topography: Generation of global irradiation map. Energy Conversion and Management, 49(1 (87), 336-345.

18- Dimitrios, M. Sebastian, H. Mark, H. Manuel, W. Shahid Hussin, S. (2015). Assessing the technical wind energy potential in Africa a GIS-based approach. renewable energy, 83(8 (65), 110-125.

19- Dincer, I. (2000). Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review, Renewable and Sustainable. Energy Reviews, 82(2 (35), 157-175.

20- Gastli, A. and Y. Charabi. (2010). Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(5 (25), 790-797.

21- 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, 21(11 (25), 354-371.

22- Hoogwijk, M.(2004). On the global and regional potential of renewable energy sources, Universiteit Utrecht. Faculteit Scheikunde, 21(5 (29), 541-557.

www.SID.ir

Archive of SID

23- Hottel, H. C. and Whillier, A. (1958). Evaluation of Flat-Plate Solar Collector Performance. Transcaction of Conference on the Use of Solar Energy, 42(21 (14), 74-104.
24- Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., and Stoyan, D., (2008). Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns. John Wiley and Sons, Chichester, 26(8 (38), 649-653.
25- Iziomon, M.G. and H. Mayer. (2002). Assessment of some global solar radiation parameterizations. 64(1 (2), 1631 – 1643.
26- Kenisarin, M. (2007). Solar Energy Storage Using Phase Change Materials. PP. 1913-1965.
27- Martinez-Durban, M,. Zarzalejo, L. F,. Bosch, J. L,. 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, 21(10 (36), 248-256.
28- Miller, A. L. (2012). Utility Scale Solar Power Plants, New Delhi: IFC.
29- Waagepetersenand, R,. and Schweder, T. (2006). Likelihood-based inference for clustered line transect data. Journal of Agricultural. Biological, and Environ- mental Statistics, 28(12 (56), 26-279.

www.SID.ir