

## شناسایی مناطق با کمترین میزان ابرناکی به منظور پهنه بندی نواحی پرتابش کشور

محمد موسوی بایگی<sup>\*۱</sup> - بتول اشرف<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۱۲

### چکیده

امروزه انرژی خورشیدی به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی در موارد بسیاری از جمله تولید برق، گرما و شیرین سازی آب‌های شور، مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این پژوهش، شناسایی نواحی پرتابش ایران به عنوان مناسب ترین مناطق بهره برداری از این انرژی برای کاربردهای مذکور است. به این منظور ابتدا با استفاده از آمار میزان ابرناکی ۱۲۰ ایستگاه همدیدی کشور، تعداد روزهای با میزان ابرناکی برابر صفر تا دو هشتم، به عنوان روزهای پرتابش در دوره ۱۳۶۸-۱۳۶۸ شمارش شده و میانگین ماهانه، فصلی و سالانه آن‌ها محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS 16، معادلات همبستگی عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌ها با میانگین فصلی (با  $R^2$  برابر ۰/۸۱، ۰/۸۲ و ۰/۸۴ به ترتیب برای بهار، پاییز و زمستان) و سالانه (با  $R^2$  برابر ۰/۷۸) تعداد روزهای دارای کمترین میزان ابرناکی محاسبه شده و به روش درون یابی Spline، پهنه بندی مناطق پرتابش کشور انجام شد. نتایج نشان داد که در دوره ۲۰ ساله مورد مطالعه، بیشترین روزهای آفتابی در فروردین ماه متعلق به شهرستان بافت، در اردیبهشت ماه متعلق به شهرستان جاسک، در خرداد ماه مربوط به شهرستان میناب، در تیرماه مربوط به دهلران، در مردادماه مربوط به ماهشهر، در شهریور ماه مربوط به بوشهر، در مهرماه متعلق به کنارک، در آبان و آذرماه متعلق به چابهار، در دی و بهمن ماه متعلق به سراوان و در اسفندماه مربوط به چابهار می باشد. در مقیاس فصلی نیز شهرستان های کهنوج، آقاجاری و چابهار به ترتیب در بهار، تابستان و پاییز و زمستان، پرتابش ترین مناطق کشور در این دوره آماری بوده‌اند. همچنین مشاهده شد که ۸۹ ایستگاه از ۱۲۰ ایستگاه مورد مطالعه در طی سال های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷، در بیش از ۲۰۰ روز از ۳۶۵ روز سال (بیش از ۵۵ درصد روزهای سال)، دارای آسمان صاف و آفتابی بوده‌اند و در نتیجه اغلب مناطق ایران از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی، برخوردارند.

**واژه های کلیدی:** ابرناکی، تابش خورشیدی، پهنه بندی، روش درون یابی Spline، ایستگاه همدیدی

### مقدمه

تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین و برآورد آن، از دهه ۱۹۷۰ که کاربرد انرژی خورشیدی به صورت جدی تر مطرح شد، در اقصی نقاط جهان صورت گرفت و مدل‌های مناسبی با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق مختلف ارائه گردید (۴). به عنوان مثال اسکیکر (۱۲) در استان داماسکوی سوریه با استفاده از هفت پارامتر مختلف هواشناسی و جغرافیایی، ۱۳ مدل یک تا هفت متغیری را برای محاسبه تابش خورشیدی مورد بررسی قرار داد. وی در این تحقیق با وجود قابل قبول بودن همه مدل‌ها، مدل ارائه شده با هفت متغیر را به عنوان بهترین مدل از نظر آماری انتخاب نمود. یانگ و همکاران (۱۶) نیز مدلی جهانی برای تخمین تابش ساعتی و روزانه در هر ماه ارائه نمودند. نکته مهم و جدید در این مدل، علاوه بر در نظر گرفتن ساعات آفتابی، استفاده از پارامترهای فشار سطحی هوا، توزیع جهانی ضخامت لایه ازن، بارندگی و توزیع جهانی ضریب تیرگی انگستروم می‌باشد. طغرل و اونات (۱۵) با استفاده از شش پارامتر دمایی هوا،

انرژی یکی از فاکتورهای ضروری در توسعه اقتصادی، اجتماعی و ارتقای کیفیت زندگی است. در کشور ما تکیه اصلی دولت برای تأمین انرژی، استفاده از انرژی های رو به زوال نفت و گاز است. به دلیل محدود بودن این انرژی‌ها و صرفه جویی برای نسل‌های آینده باید به دنبال جایگزینی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی به جای انرژی های فسیلی بود. انرژی خورشیدی یکی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است که از گذشته‌های دور به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است. مطالعه وسیع و قابل توجه درباره میزان

۱ و ۲- دانشیار هواشناسی و دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
\* - نویسنده مسئول: (Email: mousavi500@yahoo.com)

با توجه اهمیت تابش خورشیدی به عنوان یک انرژی پاک، در دسترس و عاری از هرگونه آلودگی های مخرب زیست محیطی، شناسایی نواحی پرتابش ایران به عنوان مناسب ترین مناطق بهره برداری از این انرژی خدادادی جهت معرفی به مراجع ذیربط، امری ضروری و لازم بوده و هدف این پژوهش قرار گرفته است.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، کل کشور پهناور ایران می باشد که با وسعتی حدود ۱۶۴۸۱۹۸ کیلومتر مربع بین محدوده ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵ دقیقه الی ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی قرار دارد و بنابراین از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین مناطق مختلف جهان در بالاترین رده ها قرار دارد. ایران به دلیل ویژگی هایی از جمله گستردگی عرض جغرافیایی، امتداد کوهستان ها، تغییرات چشمگیر ارتفاعات و وجود دریاها و گستره های آبی از تنوع اقلیمی فراوانی برخوردار بوده و با توجه به این ویژگی های جغرافیایی طبیعی، بدیهی است که دارای پتانسیل فراوانی برای بهره برداری از منابع و انرژی های طبیعی می باشد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در تحقیق نشان داده شده است.

### جمع آوری داده های مورد نیاز

داده های مورد نیاز در این پژوهش شامل داده های میزان ابرناکی تمامی ایستگاه های همدیدی کشور می باشد که از بخش آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. در بخش آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور بر روی داده ها کنترل کیفی صورت گرفته و کلیه آزمون های همگنی، استقلال و کفایت انجام شده است. بنابراین با اطمینان از انجام آزمون های آماری مذکور بر روی داده ها، پس از بررسی و پردازش اولیه ایستگاه ها، اقدام به انتخاب ایستگاه هایی که دارای حداقل ۲۰ سال آماری (۱۳۸۷-۱۳۶۸) بودند گردید، که در این مرحله ۱۲۰ ایستگاه از مجموع ایستگاه های مورد بررسی شناسایی شده و جهت انجام کلیه محاسبات، ملاک عمل قرار گرفتند. لازم به ذکر است که داده های سایر ایستگاه های همدیدی کشور به دلیل تازه تأسیس بودن این ایستگاه ها و کم بودن سال های آماری موجود، قابل استناد نبوده و در نتیجه از مطالعات حذف شدند.

تابش خورشیدی، ساعت آفتابی، فشار هوا، میزان ابرناکی و دمای خاک یک مدل رگرسیون خطی چند متغیره برای تخمین تابش در منطقه الازیگ<sup>۱</sup> ترکیه ارائه نمودند. در تحقیق ارائه شده توسط ایزومون و مایر (۹) مدل های کاستن (بر مبنای ابرناکی) و آنگستروم-پرسکات، گارج و سیوکف (بر مبنای ساعات آفتابی) مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق در دو منطقه کوهستانی فلدبرگ<sup>۲</sup> و منطقه مسطح برمگارتن<sup>۳</sup> انجام شد که در نهایت مدل آنگستروم-پرسکات و گارج به عنوان بهترین مدل های برآورد تابش خورشیدی در این مناطق انتخاب شدند. در ایران نیز سبزی پرور و شتایی (۱۱) برای تخمین تابش در نواحی خشک و نیمه خشک غرب و شرق ایران از شش مدل پالتربچ، صباغ، دانشیار، پالتربچ اصلاح شده، صباغ اصلاح شده و دانشیار اصلاح شده استفاده نمودند. همچنین موسوی بایگی و همکاران (۵) با بررسی هفت مدل برآورد تابش خورشیدی، مدل آنگستروم-پرسکات پیشنهادی توسط فائو را به عنوان مناسب ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک معرفی نمودند (۵). چنان که در بالا گفته شد، اغلب مطالعات صورت گرفته در مورد تابش خورشیدی به بحث تخمین و مدل سازی این پارامتر پرداخته و تحقیقات انجام شده در دنیا در خصوص شناسایی مناطق با کمترین میزان ابرناکی جهت استفاده بهینه از تابش خورشیدی به عنوان یک تأمین کننده انرژی، بسیار اندک است و در این زمینه تنها می توان به تحقیقات صورت گرفته در هند توسط رامچاندرا و همکاران (۱۰)، در عربستان سعودی توسط آکساکال و رحمان (۶) و در ترکیه توسط سوزن (۱۳) با استفاده از داده های ثبت شده میزان ابرناکی اشاره نمود. در ایران خوشبختانه مطالعاتی هرچند ناکافی در این زمینه صورت گرفته است که از آن جمله می توان به مطالعه خلیلی (۲) که با استفاده از آمار ساعات آفتابی و میزان ابرناکی ۸۵ ایستگاه سینوپتیک کشور در دوره ۱۹۹۱-۱۹۶۶ انجام داد، اشاره نمود. وی از تحقیق خود نتیجه گرفت که ایران از بابت دریافت انرژی خورشیدی از شرایط بسیار مطلوبی برخوردار می باشد. همچنین صمیمی (۳) در مطالعه ای تحت عنوان برآورد تابش خورشیدی بر اساس ارتفاع و کاربرد آن در اقلیم خورشیدی ایران بر اهمیت انرژی خورشیدی در تأمین بخش مهمی از کسری انرژی عصر حاضر و آینده، تأکید نمود. بینش (۱) نیز با مطالعه میزان ابرناکی مناطق جنوب خراسان و سیستان و بلوچستان بیان کرد که از انرژی خورشیدی می توان در زمینه های مختلف از قبیل آبگرمکن های خورشیدی، فناوری های مربوط به شیرین کردن آب های شور، نیروگاه های برق، سلول های خورشیدی، یخچال های خورشیدی، نیروگاه های حرارتی و غیره در این مناطق استفاده نمود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

### شناسایی مناطق با کمترین میزان ابرناکی

به منظور تعیین مناطق با کمترین میزان ابرناکی با توجه به این که میزان ابرناکی آسمان توسط دیدبانان بر مبنای کسری از هشت گزارش می‌شود و نیز با عنایت به این مطلب که حتی در روزهای کاملاً صاف و آفتابی نیز همیشه ابرهای پراکنده در آسمان رؤیت می‌شوند، تعداد روزهایی که میزان ابرناکی آن‌ها برابر صفر تا دو هشتم گزارش شده بود به عنوان روزهای پرتابش برای تک تک ۱۲۰ ایستگاه همدیدی مورد مطالعه در طول ۲۰ سال آماری ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷ به طور جداگانه تعیین و شمارش شدند. سپس میانگین ماهانه، فصلی و سالانه تعداد روزهای دارای آسمان صاف محاسبه شده و جهت نتیجه‌گیری و بحث مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که با توجه به حجم عظیم اطلاعات مستخرج از محاسبات و محدودیت صفحات مقاله، در مقیاس ماهانه و فصلی تنها به ارائه بیشینه و کمینه تعداد روزهای با کمترین میزان ابرناکی این دوره آماری به همراه ایستگاه‌ها و استان‌های معرف، اکتفا گردید.

### پهنه بندی نواحی پرتابش کشور

به منظور پهنه بندی مناطق پرتابش کشور که بیشترین قابلیت بهره برداری از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشند، ابتدا با توجه به این که اغلب پارامترهای هواشناسی از جمله تابش خورشیدی با موقعیت

مکانی (عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) منطقه ثبت شده در آن همبستگی دارند، با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 16، معادلات همبستگی مکان با میانگین فصلی و سالانه تعداد روزهای دارای کمترین میزان ابرناکی محاسبه گردید که این معادلات به همراه ضرایب تعیین<sup>۱</sup> مربوطه در جدول (۳) نشان داده شده‌اند. سپس توسط معادلات به دست آمده و استفاده از ابزار Raster Calculator پهنه-بندی فصلی و سالانه مناطق پرتابش کشور به روش درون‌یابی Spline که طبق مطالعات مختلف (۷، ۸ و ۱۶) به عنوان مناسب‌ترین روش درون‌یابی پارامترهای اقلیمی پیشنهاد شده است، تهیه شد. در روش درون‌یابی Spline مقادیر مجهول از طریق یک تابع ریاضی تخمین زده می‌شوند. این تابع با برازش یک منحنی از نقاط معلوم این عمل را انجام می‌دهد (۱۴).

### نتایج و بحث

چنانچه در بخش قبل گفته شد، میانگین ماهانه و فصلی تعداد روزهای دارای کمترین میزان ابرناکی در دوره ۱۳۶۸-۱۳۸۷ برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۲۰ ایستگاه) محاسبه شده است، اما جهت رعایت اختصار تنها مقادیر بیشینه و کمینه این روزها به همراه

1- Coefficient of determination

با عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌های مورد مطالعه که توسط نرم افزار SPSS 16 و به منظور پهنه بندی نواحی پرتابش کشور محاسبه گردیده، نشان داده شده است. که در این معادلات  $N$  پارامتر وابسته یا تعداد روزهای با کم-ترین میزان ابرناکی،  $L$  عرض جغرافیایی بر حسب واحد مختصات جهانی مرکاتور معکوس (UTM) و  $Z$  ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر می باشند.

چنان چه در جدول ۳ مشاهده می‌شود همه معادلات تعریف شده دارای ضریب تعیین نسبتاً مناسبی می‌باشند. لازم به توضیح است که با توجه به این که اغلب نقاط کشور در فصل تابستان دارای روزهای آفتابی فراوان می باشند، معادله منطقی برای این فصل به دست نیامده و لذا نقشه ای برای آن ترسیم نشده است. در شکل های ۳ تا ۶ پهنه‌بندی مناطق پرتابش ایران که به ترتیب بر اساس میانگین فصل‌های بهار، پاییز و زمستان و نیز میانگین سالانه تعداد روزهای با کم‌ترین میزان ابرناکی در ۱۲۰ ایستگاه همدیدی کشور برای دوره ۱۳۸۷-۱۳۶۸ رسم شده‌اند، نشان داده شده است.

ایستگاه‌ها و استان‌های معرف آن‌ها به صورت دو جدول ۱ و ۲ در این بخش ارائه شده است.

در شکل ۲ الف و ب، نمودارهای میانگین سالانه تعداد روزهای با کمترین میزان ابرناکی در دوره ۲۰ ساله مورد مطالعه برای ۱۲۰ ایستگاه مورد بررسی و استان‌های دربرگیرنده آن‌ها به تفکیک نشان داده شده است.

چنان چه در شکل ۲ الف و ب مشاهده می‌شود، به طور کلی ۸۹ ایستگاه از ۱۲۰ ایستگاه تحت مطالعه در طی سال های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷، در بیش از ۲۰۰ روز از ۳۶۵ روز سال یعنی بیش از ۵۵ درصد ایام سال، دارای آسمان صاف و آفتابی بوده‌اند و این مطلب، گویای قابلیت بالای اکثر مناطق ایران در برخورداری از انرژی خورشیدی است. همچنین در این شکل ملاحظه می‌گردد که شهرستان کهنوج در استان کرمان با دارا بودن ۲۸۹/۵ روز آفتابی از ۳۶۵ روز سال (برابر ۷۹/۳۱ درصد) و شهرستان رامسر در استان مازندران با دارا بودن تنها ۹۰/۳ روز آفتابی در طی سال (برابر ۲۴/۷۴ درصد) به ترتیب پرتابش ترین و کم تابش ترین منطقه کشور در این دوره آماری می‌باشند. در جدول ۳ معادلات همبستگی تعداد روزهای با کمترین میزان ابرناکی

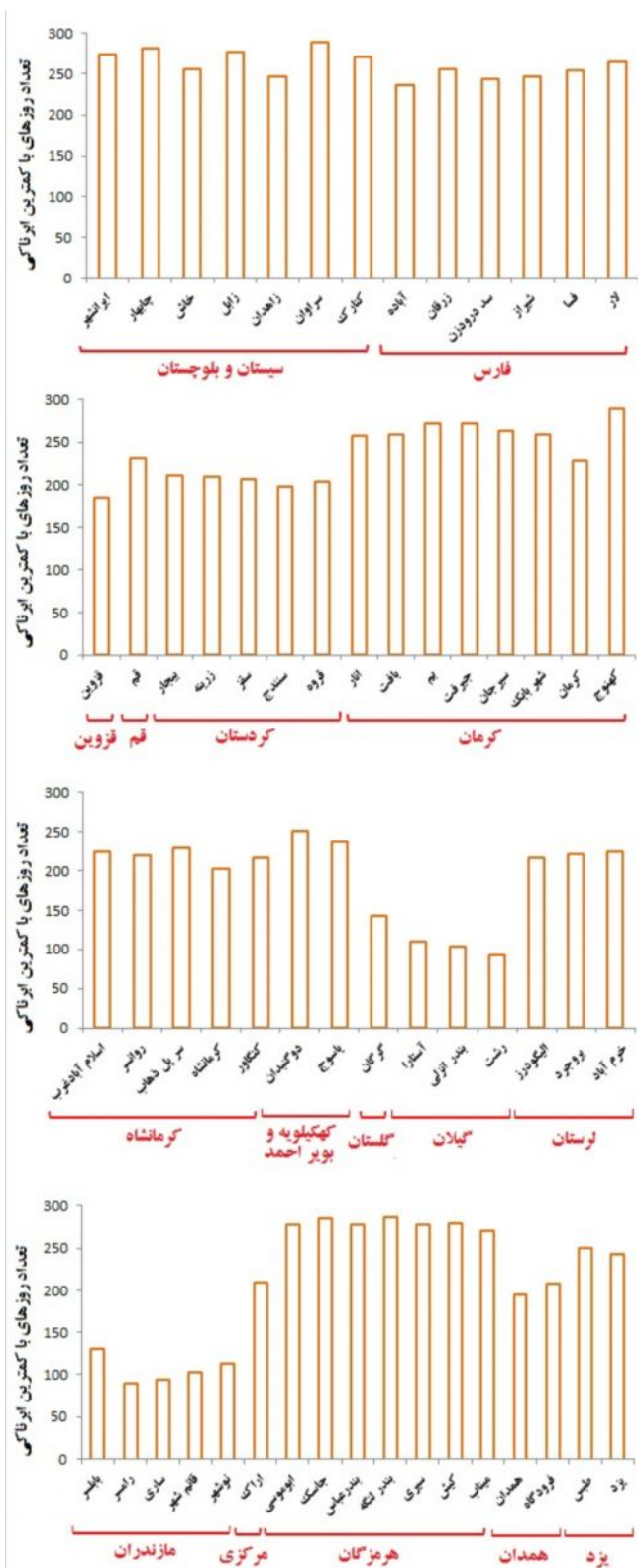
جدول ۱- بیشینه و کمینه روزهای با آسمان صاف در مقیاس ماهانه به همراه ایستگاه‌ها و استان‌های معرف (۱۳۶۸-۱۳۷۸)

| ماه      | بیشینه    |              | کمینه     |              |
|----------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|          | تعداد روز | ایستگاه معرف | تعداد روز | ایستگاه معرف |
| فروردین  | ۲۲/۷      | بافت         | ۴/۳       | رشت          |
| اردیبهشت | ۲۸/۳      | جاسک         | ۶/۸       | ساری         |
| خرداد    | ۲۹/۵      | میناب        | ۹/۱       | ساری         |
| تیر      | ۳۰/۴      | دهلران       | ۹/۲       | قائم شهر     |
| مرداد    | ۳۰/۶      | بندر ماهشهر  | ۶/۷       | قائم شهر     |
| شهریور   | ۲۹/۸      | بوشهر        | ۷/۸       | رامسر        |
| مهر      | ۲۹/۳      | کنارک        | ۶/۳       | رشت          |
| آبان     | ۲۶/۷      | چابهار       | ۵/۸       | بندر انزلی   |
| آذر      | ۲۲/۷      | چابهار       | ۶         | بندر انزلی   |
| دی       | ۲۲        | سراوان       | ۶/۱       | بندر انزلی   |
| بهمن     | ۱۹/۶      | سراوان       | ۴/۸       | بندر انزلی   |
| اسفند    | ۲۱        | چابهار       | ۴         | ساری         |

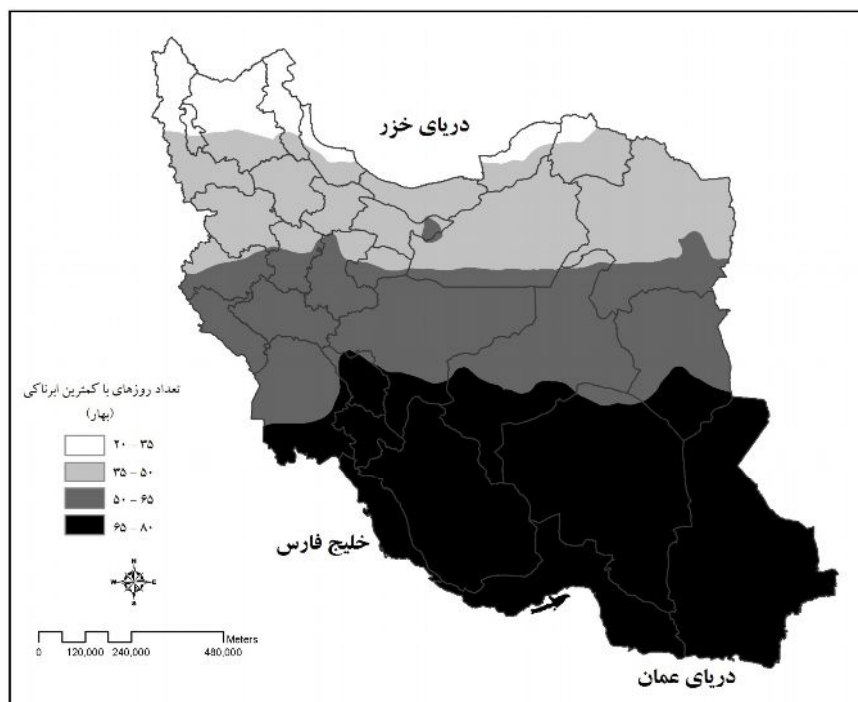
جدول ۲- بیشینه و کمینه روزهای با آسمان صاف در مقیاس فصلی به همراه ایستگاه‌ها و استان‌های معرف (۱۳۶۸-۱۳۷۸)

| فصل     | بیشینه    |              | کمینه     |              |
|---------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|         | تعداد روز | ایستگاه معرف | تعداد روز | ایستگاه معرف |
| بهار    | ۷۷/۹      | کهنوج        | ۲۱/۱      | ساری         |
| تابستان | ۸۹/۶      | آقاجاری      | ۲۶/۱      | قائم شهر     |
| پاییز   | ۷۹/۶      | چابهار       | ۱۸/۹      | رشت          |
| زمستان  | ۶۰/۸      | چابهار       | ۱۵/۱      | بندر انزلی   |

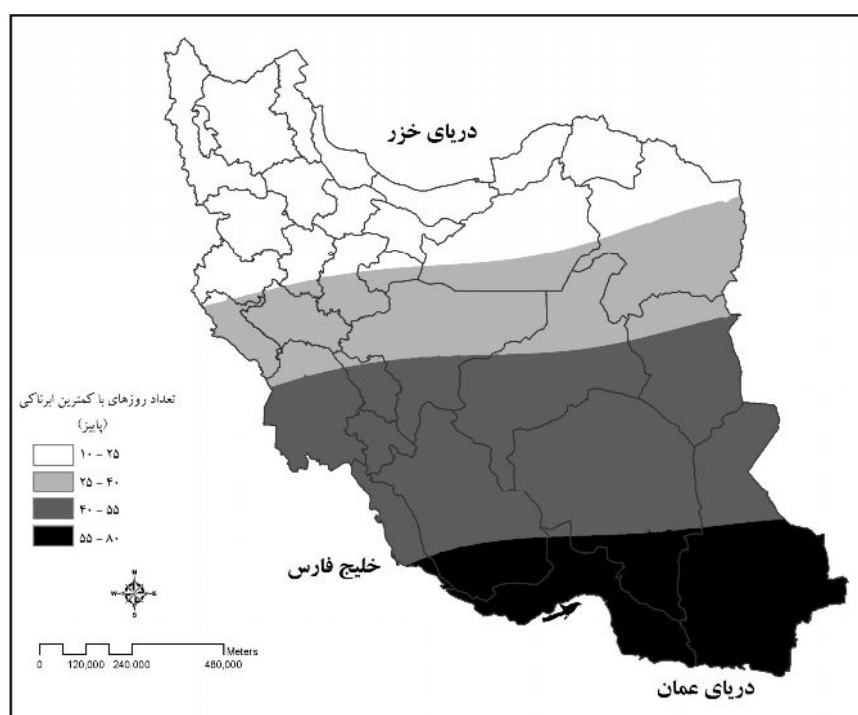




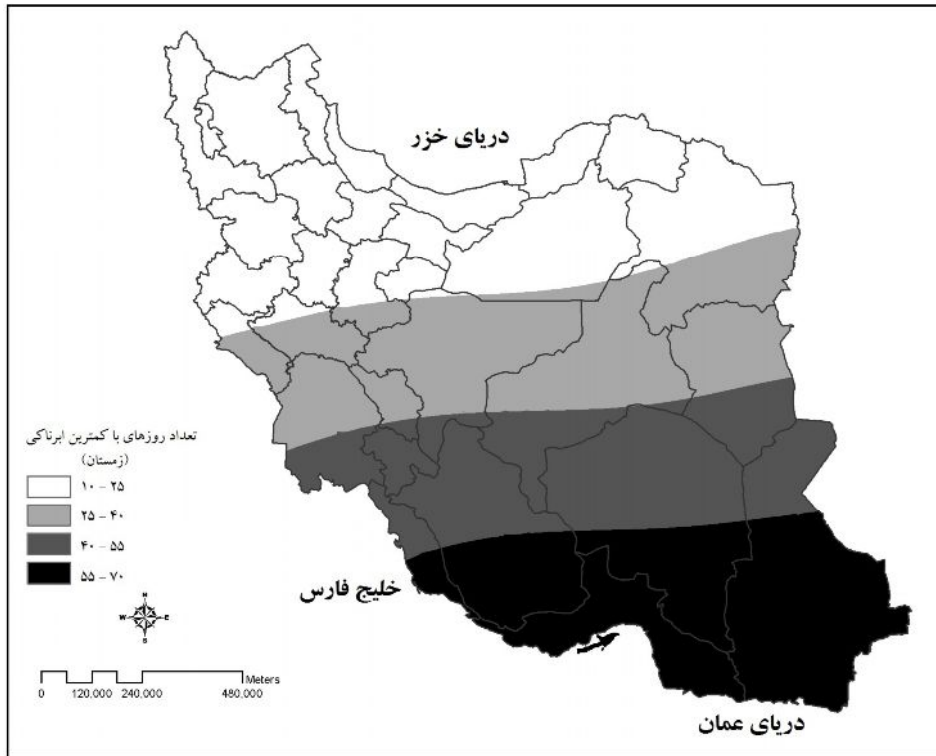
شکل ۲ ب- میانگین سالانه تعداد روزهای با کمترین میزان بارندگی استان‌های کشور در دوره ۱۳۸۷-۱۳۶۸



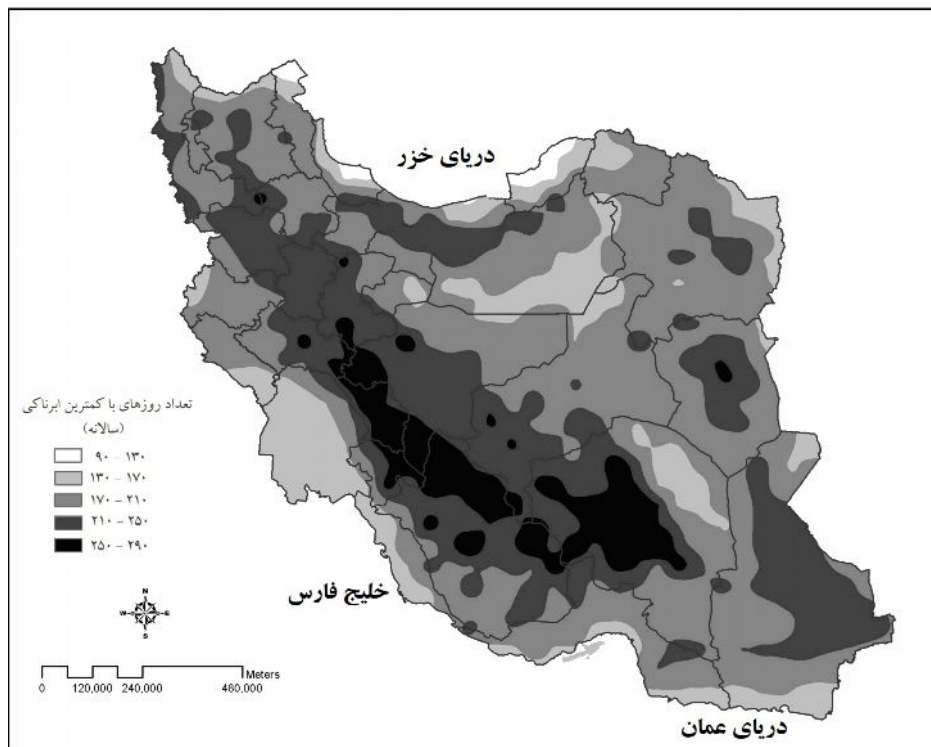
شکل ۳- پهنه بندی مناطق پرتابش ایران بر اساس میانگین تعداد روزهای با کمترین ابرناکی در فصل بهار



شکل ۴- پهنه بندی مناطق پرتابش ایران بر اساس میانگین تعداد روزهای با کمترین ابرناکی در فصل پاییز



شکل ۵- پهنه بندی مناطق پرتابش ایران بر اساس میانگین تعداد روزهای با کمترین ابرناکی در فصل زمستان



شکل ۶- پهنه بندی مناطق پرتابش ایران بر اساس میانگین تعداد روزهای با کمترین ابرناکی



جدول ۳- معادلات همبستگی به دست آمده توسط نرم افزار SPSS 16 برای انجام پهنه بندی

| زمان   | معادله  | ضریب تعیین (R <sup>2</sup> ) |
|--------|---|------------------------------|
| بهار   | $N = 105.8 - (3.9 \times 10^{-12})y^2 + 0.002z$ | ۰/۸۱                         |
| پاییز  | $N = 159.1 - (3 \times 10^{-5})y^2 + 0.003z$    | ۰/۸۲                         |
| زمستان | $N = 124.2 - (2.39 \times 10^{-5})y^2 + 0.002z$ | ۰/۸۴                         |
| سالانه | $N = 393.9 - (1.35 \times 10^{-11})y^2 + 0.13z$ | ۰/۷۸                         |

### نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به محدودیت منابع انرژی فسیلی که در حدود ۹۰ درصد از انرژی مورد نیاز کشورهای صنعتی و بخش وسیعی از مصارف سایر کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد، راهکارهای متفاوتی برای مقابله با بحران احتمالی و تأمین انرژی آینده جهان در نظر گرفته شده است. بدین منظور امروزه توجه زیادی به استفاده از انرژی‌های تجدیدشونده به ویژه انرژی خورشیدی مبذول شده است. در این پژوهش با استفاده از آمار میزان ابرناکی ۱۲۰ ایستگاه همدیدی کشور طی یک دوره آماری بلندمدت (۱۳۸۷-۱۳۶۸) مشخص شد که اغلب ایستگاه‌های تحت مطالعه در بیش از ۵۵ درصد روزهای سال دارای آسمان صاف و آفتابی می‌باشند و بنابراین اغلب استان‌های کشور از بابت دریافت انرژی خورشیدی از شرایط بسیار مطلوبی برخوردارند. درحقیقت، تفاوت عرض جغرافیایی در کشور ما عامل اصلی ایجاد تغییرات میزان دریافت انرژی خورشیدی در بین شمال و جنوب کشور می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی، مدل سازی مناسب به منظور برآورد میانگین ماهانه انرژی خورشیدی که روزانه در سطح افقی دریافت می‌شود در مناطق پرتابش کشور که در تحقیق حاضر مورد شناسایی قرار گرفت، صورت گیرد تا با استفاده مفید و کارا از این انرژی ناپایان، گام مهمی در تأمین نیازهای کشور در جهت کاستن مصرف انرژی‌های فسیلی و آلودگی‌های زیست محیطی برداشته شود.

### سپاسگزاری

نگارندگان مقاله بدینوسیله از حمایت و مساعدت معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد برای انجام این تحقیق در قالب طرح تحقیقاتی شماره ۲ با کد ۱۵۳۷۰/۲، قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایند.

چنان چه در شکل‌های ۳ تا ۵ مشاهده می‌شود، به طور کلی نواحی موجود در نوار جنوبی و شمالی کشور در هر سه فصل بهار، پاییز و زمستان به ترتیب دارای بیشترین و کمترین روزهای صاف و آفتابی بوده و بنابراین این مناطق به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین پتانسیل بهره برداری از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشند. همچنین در این شکل‌ها مشاهده می‌شود که پهنای نوارها در فصل‌های مختلف سال متفاوت است که می‌توان علت آن را دریافت تابش متفاوت در این دوره سال با توجه به زاویه ارتفاعی تابش خورشیدی دانست. در نیم‌کره شمالی می‌شود و در زمان انقلاب زمستانی در نیم‌کره جنوبی قرار می‌گیرد، انتظار این است که تصاویر مربوط به فصل بهار و زمستان تقریباً عکس یکدیگر باشند که در شکل‌های ۳ و ۵، این امر به خوبی مشهود است. همچنین در فصل پاییز (شکل ۴) که زاویه تابش خورشیدی به تدریج کاهش می‌یابد، میزان تابش در کلیه عرض‌های جغرافیایی نیز به تبع آن به آرامی کم شده و در حقیقت روند تغییرات نوارهای تابشی به سمت آن چه در شکل ۵ دیده می‌شود، پیش می‌رود. در شکل ۶ پهنه بندی مناطق پرتابش ایران بر اساس میانگین تعداد روزهای با کمترین ابرناکی در طول سال، نشان داده شده است. چنان چه در این شکل به خوبی مشهود است، اغلب مناطق کشور در طی سال تا حد قابل توجهی دارای تعداد روزهای صاف و آفتابی بوده و بنابراین جز مناطق پرتابش و مناسب برای بهره برداری بهینه از انرژی خورشیدی محسوب می‌شوند. لازم است به این نکته نیز اشاره شود که پایین‌تر بودن میزان تابش در مناطقی مانند کویر مرکزی نسبت به سایر مناطق که برخلاف انتظار و واقعیت موجود، در شکل ۶ نمایان شده است به علت فقدان داده در نتیجه عدم وجود ایستگاه همدیدی در این مناطق و یا حذف داده‌های ایستگاه‌های تازه تأسیس که در ابتدای پژوهش توضیح داده شد، به وجود آمده و بدیهی است که نمی‌تواند صحیح باشد.

### منابع

- ۱- بینش ع. ۱۳۶۶. انرژی خورشیدی و مناطق جنوب خراسان و سیستان و بلوچستان، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲، ص ۱۵ تا ۳۵.
- ۲- خلیلی ع. ۱۳۶۰. بررسی امکان استفاده از انرژی‌های نو در ایران، چکیده مقالات سمینار انرژی تهران، ص ۱۲۹.

- ۳- صمیمی ج. ۱۳۷۳. برآورد تابش خورشیدی بر اساس ارتفاع و کاربرد آن در اقلیم خورشیدی ایران. مجله فیزیک، شماره ۱۲، ص ۱۸ تا ۲۶.
- ۴- صمیمی ج. ۱۳۶۴. انرژی خورشیدی برای ایران، مجله فیزیک، شماره ۲، ص ۷۴ تا ۸۵.
- ۵- موسوی بایگی م، اشرف ب. و میان آبادی آ. ۱۳۸۹. بررسی مدل های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور معرفی مناسب ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک، مجله آب و خاک، شماره ۴، ص ۸۳۶ تا ۸۴۴.
- 6- Aksakal A., and Rehman S. 1999. Global solar radiation in Northeastern Saudi Arabia, *Renewable Energy* 17: 461-472.
- 7- Hartkamp A.D., Beurs K., Stein A., and White J.W. 1999. Interpolation Techniques for Climate Variables NRG-GIS Series 99-01. Mexico, DF: CIMMYT.
- 8- Hutchinson M.F. 1995. Interpolation mean rainfall using thin plate smoothingsplines, *Int. J. Geographical Information Systems* 9(4): 385-403.
- 9- Iziomon M.G., and Mayer H. 2002. Assessment of some global solar radiation parameterizations, *J Atmospheric Solar-errestrial Physics* 64:1631-1643.
- 10- Ramachandra T.V., and Subramanian D.K. 1997. Potential and prospects of solar energy in Uttara Kannada, district of Karnataka State, India, *Energy Sources* 19:945-988.
- 11- Sabziparvar A.A., and Shetaee H. 2007. Estimation of global solar radiation in arid and semi-arid climates of East and West Iran, *Energy* 32:649-655.
- 12- Skeiker K. 2006. Correlation of global solar radiation with common geographical and meteorological parameters for Damascus province, Syria, *Energy Conversion and Management, Mgmt* 47:331-345.
- 13- Sozne A. 2005. Solar energy potential in Turkey, *Applied Energy* 80: 367-381.
- 14- Tait A., Henderson R., Turner R., and Zheng X. 2006. Thin-Plate Smoothing spline interpolation of daily rainfall for New Zealand using a climatological rainfall surface, *International Journal of Climatology* 26:2079-2115.
- 15- Togrul I.T., and Onat E. 1999. A study for estimating solar radiation in Elazig using geographical and meteorological data, *Energy Conversion and Management* 40:1577-1584.
- 16- Yang K., Koike T., and Ye B. 2006. Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets, *Agricultural and Forest Meteorology* 137:43-55.

## Identification of Low Cloudiness Areas to Mapping of Regions with High Radiation Across the Country

M. Mousavi Baygi<sup>1\*</sup> - B. Ashraf<sup>2</sup>

Received:13-12-2010

Accepted:3-7-2011

### Abstract

Nowadays, solar energy as one of the most important sources of clean and free of damaging environmental effects energy are used in many cases including generation of electricity, heat and desalination of salt water. The purpose of this research is identification of high radiation areas as most suitable regions for these applications. To do this, cloudiness data of 120 synoptic stations were used to find the number of days with 0-2/8 cloudiness and calculate the average of monthly, seasonal and the annual of them over a period of 20 years (1989-2008). The statistical software of SPSS 16 was used to find the correlation equations of locations (latitude and altitude) with a mean seasonal (with  $R^2$  equal 0.81, 0.82 and 0.84 for spring, autumn and winter respectively) and annual number (with  $R^2$  equal 0.78) of days with low cloudiness. Finally by the method of interpolation Spline has been produced zoning maps of seasonal and annual high radiation areas of country. The investigation of average monthly amounts indicated that the most sunny days in April belonged to the BAFT, in May belonged to JASK, in June belonged to MINAB, in July belonged to DEHLORAN, in August belonged to MAHSHAHR, in September belonged to BUSHEHR, in October belonged to KENARAK, in November and December belonged to CHABAHR, in January and February belonged to SARAVAN and in March belonged to CHABAHR. Also in seasonal scale the cities of KAHNUJ, AGHAJARI and CHABAHR in spring, summer, and autumn & winter respectively were most high radiation regions of country during this period. The study also found that 89 stations of 120 stations that studied, over 1989- 2008 in more than 200 days of 365 days on the year (more than 55 percent on the year), had clear and sunny sky and therefore most areas of Iran have great ability to use renewable solar energy.

**Keywords:** Cloudiness, Solar radiation, Mapping, Spline interpolation method, Synoptic station

---

1,2- Associate Professor of Meteorology and MSc Student of Agrometeorology, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(\*- Corresponding Author Email: mousavi500@yahoo.com)