

## امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در ایران با تاکید بر دشتهای آن

سهیلا جوانمرد<sup>۱\*</sup>، الهام یاراحمدی<sup>۲</sup>، لیلی خزانه داری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> عضو هیات علمی و دانشیار گروه پژوهشی تعدیل وضع هوا و انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران

<sup>۲</sup> دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد هواشناسی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۳، تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۴

### چکیده

انرژی خورشیدی یکی از منابع رایگان در دسترس و بدون آلودگی است که در شرایط اقلیمی کنونی می‌توان از آن به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی استفاده کرد. هدف از انجام این پژوهش، برآورد مکانی و زمانی انرژی خورشیدی با تاکید بر دشتهای ایران زمین است. بدین منظور میزان ابرناکی و ساعات آفتابی طی دوره ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساله به ترتیب برای ۵۱، ۱۴۶ و ۲۱۸ ایستگاه و ساعت روشنایی برای ۴۰۳ ایستگاه به صورت ماهانه و سالانه برآورد و در محیط GIS پهنه‌بندی شد. نتایج حاصل از بررسی و مطالعه سه پارامتر متوسط ساعات ابرناکی، ساعات آفتابی و ساعات روشنایی نشان می‌دهد که بیشترین پتانسیل بهره‌برداری از انرژی خورشیدی از نظر زمانی در فصل تابستان و بعد از آن بهار است. از نظر مکانی نیز این پتانسیل به ترتیب در دشتهای مناطق نیمه جنوب شرقی و شرقی، مرکزی و جنوب غربی ایران مشاهده می‌شود. همچنین تمام تغییرات زمانی و مکانی سه پارامتر مزبور با سامانه‌های اقلیمی ایران و موقعیت خورشید ارتباط مستقیم دارد.

کلمات کلیدی: پوشش ابری، انرژی خورشیدی، ساعات آفتابی، GIS، ساعات روشنایی، ایران

انرژی خورشیدی به عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر و نو به دلیل در دسترس بودن و دریافت آسان تر نسبت به سایر انرژی‌ها، مورد توجه بسیاری از کشورها، دانشمندان و پژوهشگران مرتبط با این موضوع قرار گرفته است. از یک سو به دلیل افزایش آلودگی‌های جوی و گرمایش جهانی و از سوی دیگر نگرانی از پایان یافتن منابع تجدیدناپذیر کنونی، سبب شده است که تقاضا برای جایگزین کردن انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی افزایش یابد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶). زیرا این نوع از انرژی‌ها رایگان، پاک و بدون اثرات مخرب برای محیط زیست هستند (قنبری و شرعی‌فرهام، ۱۳۹۶). با توجه به موقعیت جغرافیایی و ژئومورفولوژی و پهنه‌های وسیع آفتاب‌گیر دشتی ایران، امکان استفاده بیشینه از انرژی خورشیدی در بخش‌های مختلف ایران در کل روزهای سال وجود دارد. مقادیر ساعات آفتابی و میزان تابش خورشید، عامل اصلی حیات، اقلیم، و سایر فعالیت‌های زیستی در مناطق مختلف بخصوص مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. میزان ساعات آفتابی، مدت زمانی طی روز است که خورشید در آسمان وجود دارد و به وسیله ابرها پوشانده نمی‌شود (ین<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). با توجه به اهمیت فراوان انرژی خورشیدی در تامین انرژی کشوری مانند ایران که بخش اعظم آن توان بهره‌گیری از این انرژی را دارند، در این پژوهش سعی شده تا مقادیر ساعات ابرناکی، ساعات آفتابی و ساعات روشنایی در پهنه ایران زمین و با تاکید بر دشت‌های کشور برآورد و در عین حال تغییرات زمانی و مکانی این پارامترها مشخص شود تا تصویری دقیق و واضح از وضعیت انرژی خورشید در پهنه مزبور به دست آید.

گیلز<sup>۲</sup> (۱۹۷۱) در مطالعه‌ای بر روی قطب جنوب با بررسی داده‌های ساعات آفتابی، ماهانه، فصلی و سالانه در ۱۱ ایستگاه طی دوره آماری ۲۰ ساله، نشان داد که توپوگرافی محلی بیشتر از عرض جغرافیایی بر روی مقادیر

ساعات آفتابی اثرگذار است. آنجل<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۸۴) با مطالعه ۱۰۱ ایستگاه در ایالات متحده آمریکا طی دوره ۳۳ ساله به این نتیجه رسیدند که میزان ابرناکی طی دوره مورد مطالعه ۳،۷ درصد افزایش یافته و در مقابل میزان تابش آفتاب ۰،۹ درصد کاهش نشان داده است. همچنین بیشترین و کمترین تغییرات در این دو پارامتر به ترتیب در پاییز و بهار رخ داده است. اسکویی<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی میزان ساعات آفتابی در ترکیه طی دوره ۴۱ ساله نشان دادند که میزان سالانه ساعات آفتابی از دهه ۱۹۶۰ کاهش یافته که با تغییر سایر پارامترها از جمله رطوبت نسبی توجیه‌پذیر است. چن<sup>۵</sup> و همکاران با بررسی در ۵۳ ایستگاه هواشناسی در چین (یانگ تسه) طی دوره ۳۷ ساله نتیجه گرفتند که میزان ساعات آفتابی کاهش مشخصی داشته که این کاهش در شهرها محسوس‌تر بوده است. در کشور یونان توزیع زمانی و مکانی میزان ساعات آفتابی بیانگر عدم تغییرات معنادار در این کشور بوده است (کاتسولیز و ماتزاراکی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶). باتلر<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که در ایرلند شمالی از سال ۱۸۸۵ میزان ساعات آفتابی کاهش داشته که با افزایش میزان ابرناکی و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما<sup>۸</sup> همزمانی داشته است. کارتو<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۹) در شمال شرق اسپانیا با بررسی ساعات آفتابی دوره ۹۷ ساله نشان دادند که از سال ۱۹۱۰ نوسان‌های شدیدی در میزان ساعات آفتابی رخ داده است. مطالعات در ۸۱ ایستگاه هواشناسی در چین نشان می‌دهد که میانگین دهه‌ای ساعات آفتابی بین ۸۲ تا ۸۵ ساعت کاهش داشته که بیشترین کاهش در فصل تابستان و کمترین در فصل زمستان رخ داده است. همچنین این کاهش از نظر مکانی در دشت‌ها بیش از نواحی کوهستانی و ساحلی بوده است (یانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

کالی‌اوگلا<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۵) تجزیه و تحلیل ساعت‌های

3-Angle

4- Askoy

5- Chen

6-Matzarakis and Katsoulis

7-Butler

8-DTR

9-Curto

10-Yang

11-Kallioglu

1- Yin

2- Gilles

آفتابی و تابش جهانی خورشید را برای منطقه ماردین<sup>۱۲</sup> در ترکیه انجام داد و سازگاری مدل‌های تابش خورشیدی را از نظر آماری با تعیین مناسب‌ترین مدل برای داده‌های اندازه‌گیری شده، آزمایش کرد و در نهایت بهترین مدل در حال توسعه را برحسب پتانسیل تابش خورشید در این منطقه تعیین نمود. اوربن<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) مدت زمان تابش خورشید و تغییرات آن را در ارتباط با چرخندهای اتمسفری کوهستان کارکونوسزه<sup>۱۴</sup> در لهستان مطالعه کردند و نشان دادند که میانگین شرایط تابش در یال‌های این رشته کوه در ارتفاعات مختلف، متفاوت است و نیز چرخندهای بزرگ‌مقیاس بر مدت زمان تابش روزانه خورشید در این منطقه تاثیرگذار می‌باشد. ویلیام و همکاران (۲۰۱۸) وضعیت فعلی و روندهای آتی انرژی خورشیدی را در اوگاندا بررسی کردند و استفاده از انرژی خورشیدی را بعنوان منبعی جایگزین و قابل‌اعتماد برای انرژی در سراسر جهان با تاکید بر استفاده از سلول‌های فتوولتائیک برای تامین انرژی خورشیدی مورد ارزیابی قرار دادند. کابا<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۱۶) جهت تخمین مدت زمان تابش روزانه خورشید از روش ماشین بردار پشتیبانی (SVM)<sup>۱۶</sup> استفاده کردند و پارامترهای پوشش ابر، حداکثر دما، حداقل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و پارامتر نجومی طول روز بعنوان ورودی مدل‌ها و مدت زمان تابش روزانه خورشید بعنوان خروجی در نظر گرفته شد. مقادیر شبیه‌سازی شده را با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که در مناطق فاقد داده‌های اندازه‌گیری شده، این روش می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های متداول باشد. زل<sup>۱۷</sup> و همکاران (۲۰۱۵) منابع تابش خورشید در عربستان سعودی را ارزیابی کردند و نشان دادند که فناوری‌های فتوولتائیک در این کشور عملکرد خوبی دارند، گرچه دمای بسیار زیاد (بیش از ۳۰ درجه سلسیوس) ممکن است عملکرد برخی

از انواع این فناوری‌های فتوولتائیک را کاهش دهد. محمدی (۱۳۸۰) در بررسی ساعات آفتابی استان تهران مشخص کرد که مقادیر ماهانه، فصلی و سالانه ساعات آفتابی روند کاهشی داشته است. خلیلی‌اقدم و سلطانی (۱۳۸۸) با استفاده از معادلات رگرسیونی نشان دادند که در برخی ماه‌ها میزان ساعات آفتابی افزایش معنادار داشته است. در بررسی مشابه برای همدان و تبریز نیز همین نتایج به‌دست آمد (کریمی‌کاخکی و سپهری، ۱۳۸۹). معینی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های آماری کشور ایران را بر حسب رابطه رگرسیونی تابش برحسب ساعات آفتابی به ۵ ناحیه اقلیمی تقسیم کردند. مجرد و مرادی (۱۳۹۳) با مطالعه روند ساعات آفتابی در ایران نشان دادند که در سراسر کشور روندهای ساعات آفتابی افزایشی و یا ثابت و روند کاهشی در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. همچنین از شمال به جنوب و از غرب به شرق کشور بر میانگین ساعات آفتابی افزوده و از تغییرپذیری آن کاسته می‌شود. خسروی و همکاران (۱۳۹۳) در ۶ ایستگاه همدیدی استان آذربایجان غربی طی دوره (۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷) نشان دادند که کمترین میزان تابش در ژانویه و بیشترین آن در ماه ژوئن است. همچنین توزیع تابش سالانه از جنوب‌غربی به شمال و شمال‌شرقی کاهشی بوده است. فلاح‌قاله‌ری و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی به شناسایی تغییرات مکانی و زمانی خودهمبستگی فضایی ساعات آفتابی در ایران (۲۰۱۲-۱۹۸۲) پرداختند و نتیجه گرفتند که تغییرات زمانی و مکانی ساعات آفتابی ایران دارای الگوی خوشه‌ای بالا است و در دوره مورد مطالعه تقریباً نیمی از کل مساحت کشور در بیشتر موارد هیچ‌گونه الگوی معناداری یا خودهمبستگی فضایی نداشته است. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۹) مقدار انرژی تابش خورشیدی رسیده به زمین را با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره لندست و با بکارگیری الگوریتم سبال در شهرستان الشتر، در ماه‌های ژانویه تا نوامبر محاسبه کردند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین درصد تابش خالص در سپتامبر با مقدار ۶۹,۸۶ درصد و در ژانویه ۶۰,۱۲ درصد بوده است. آنها با توجه به دامنه حساسیت سلول‌های فتوولتائیک به تابش و مقدار

12-MARDIN  
13-Urban  
14-Karkonosze  
15-Kaba  
16-Support Vector Machine (SVM)  
17-Zell

در هواشناسی به وضعیت آسمان از لحاظ پوشیدگی ابرها هنگام مشاهده از یک مکان معین را میزان پوشش ابری می‌گویند. بر اساس استانداردهای تعریف شده توسط سازمان هواشناسی جهانی، معمولاً میزان پوشش ابری، نوع و ارتفاع ابر بر حسب اکتا بیان می‌شود. میزان پوشش ابری آسمان در جدول ۱ ارائه شده است.

این داده‌ها از ایستگاه‌های همیدی سازمان هواشناسی اخذ گردید. میزان ساعات آفتابی در یک روز عبارت است از مدت زمانی در طی روز که خورشید در آسمان وجود دارد و به وسیله ابرها پنهان نمی‌شود (مجرد، ۱۳۹۳). داده‌های آن معمولاً به‌وسیله دو نوع ابزار برای اندازه‌گیری ثبت می‌شود. میزان ساعات آفتابی در یک محل بستگی به زمان (روز، ماه، فصل، سال)، زاویه میل خورشیدی، عرض جغرافیایی منطقه و دیگر ویژگی‌های جغرافیایی منطقه دارد. این داده‌ها نیز از ایستگاه‌های همیدی سازمان هواشناسی اخذ گردیده‌اند.

زمان خورشیدی زمانی است که بوسیله حرکت ظاهری خورشید اندازه‌گیری می‌شود. زمان خورشیدی ظاهری یا حقیقی را می‌توان با حرکت خورشید اندازه گرفت. اساس این اندازه‌گیری، فاصله زمانی است که خورشید بین طلوع و غروب خورشید در یک روز دارد. این فاصله زمانی را می‌توان با ساعت خورشیدی یا فاصله بین دو نیم روز بدست آورد. برای محاسبه طول روز (ساعت روشنایی) که فاصله بین طلوع تا غروب خورشید می‌باشد، از رابطه (۱) استفاده می‌شود:

$$DL = \frac{2}{15} \times \cos^{-1} \left[ -\tan \left( 23.5 \times \sin \left( \frac{n \times 360}{365} \right) \right) \times \tan(\phi) \right] \quad (1)$$

جدول ۱. معیار سنجش میزان پوشش ابری در پژوهش حاضر

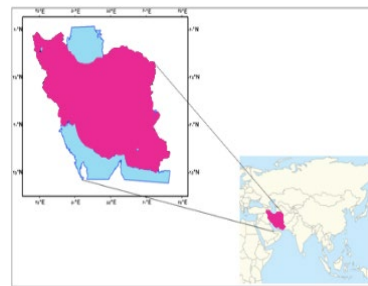
واحد برحسب اکتا	میزان پوشش ابری
۰-۲	صاف تا کمی ابری
۳-۶	نیمه ابری
۸-۷	تمام ابری

تابش خالص محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه، نتیجه گرفتند که تابش خورشیدی در این منطقه، پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا است. تقوایی و همکاران (۱۳۹۶) پهنه‌بندی و مکان‌یابی نقاط مستعد استقرار پنل‌های خورشیدی را در مقیاس منطقه‌ای، در اصفهان انجام دادند و به ترتیب شهرستان‌های نایین، میمه، گلپایگان و شهرضا را بعنوان بهترین شهرستان‌های این استان برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی معرفی کردند.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش پس از اخذ داده‌های مورد نیاز از سازمان هواشناسی کشور و بررسی کیفی داده‌ها و ایجاد پایه آماری مشترک برای ایستگاه‌ها، میانگین پوشش ابری آسمان، ساعات آفتابی و ساعات روشنایی برای ایستگاه‌های مورد نظر محاسبه و نتایج به‌صورت پهنه‌بندی استخراج و با تاکید بر دشت‌های منطقه مورد نظر مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت. پژوهش حاضر سراسر سرزمین ایران و با تاکید بر دشت‌های آن است (شکل ۱).

در این پژوهش از داده‌های میانگین پوشش ابری آسمان، میانگین ساعات آفتابی و ساعات روشنایی استفاده شده است. برای مطالعه دقیق‌تر میزان پوشش ابری آسمان و ساعات آفتابی برحسب تعداد ایستگاه‌های موجود، سه دوره آماری ۳۰ ساله از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴، ۲۰ ساله از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ و ۱۰ ساله از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ انتخاب شد.



شکل ۱. شمای کلی منطقه مورد مطالعه

در رابطه فوق DL میزان ساعات روشنایی، n شماره روز در سال که از ۱ تا ۳۶۵ می‌باشد و  $\phi$  عرض جغرافیایی است.

از رابطه فوق برای محاسبه طول روز در ۴۰۳ ایستگاه هواشناسی همدیدی برای ۳۶۵ روز سال استفاده شده است. سپس برای هر ایستگاه ساعات کل روشنایی در سال محاسبه شد. در نهایت داده‌ها برای سه پارامتر مزبور در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه و در مقیاس مکانی در سراسر محدوده ایران در محیط GIS پهنه بندی شده و مورد واکاوی قرار گرفتند. سپس نتایج بررسی به دشت‌های منطقه مورد مطالعه تعمیم داده شد.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی الگوهای ساعات آفتابی، میانگین ابرناکی و میانگین ساعات روشنایی سال در سراسر ایران به تفکیک ماهانه و سالانه در دو دوره گرم و سرد سال، بررسی شده و نتایج ارائه شده است. شایان گفتن است که به دلیل مشابهت نسبی الگوهای دوره ۳۰ ساله با دوره‌های ۲۰ ساله و ۱۰ ساله، تنها برخی از الگوهای ماهانه آورده شده است. الگوهای سالانه سه دوره نیز ارائه شده است.

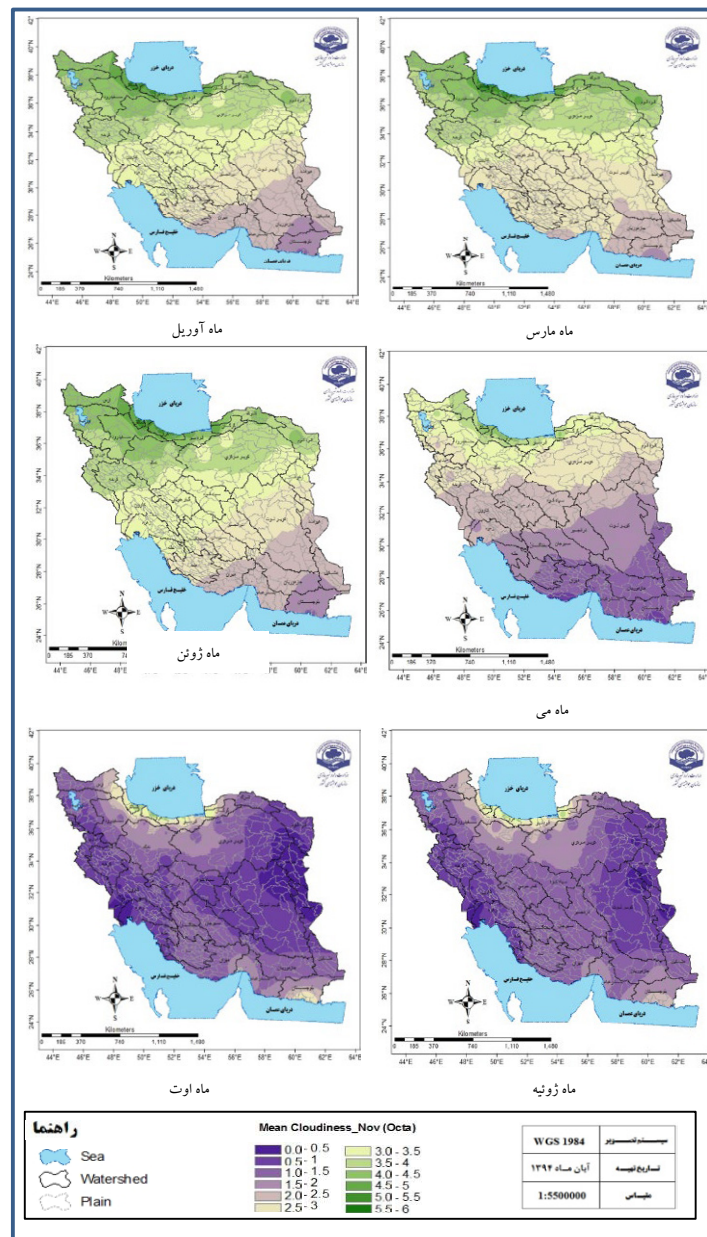
*بررسی و تحلیل مقادیر ماهانه و سالانه میانگین ابرناکی آسمان برحسب اکتا طی دوره ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساله میانگین ابرناکی دوره گرم (مارس تا اوت)*

الگوهای میانگین ماهانه ابرناکی در دوره گرم سال (شکل ۲) و همچنین مقادیر میانگین ابرناکی در دوره ۳۰ ساله (جدول ۲) نشان داد که در ماه مارس و آوریل بیشترین ابرناکی در نواحی شمالی و سواحل دریای خزر، شمال غرب و ناحیه شمال شرق کشور بوده که به تدریج به سوی عرض‌هایی جنوبی‌تر از مقدار آن کاسته می‌شود. در هر دو ماه مزبور مناطق جنوب شرق کشور شامل دشت‌های حوضه آبریز مشکیل، جازمورین، بلوچستان، شرق بندرعباس و جنوب مهران کمترین میزان ابرناکی را داشته‌اند. با این تفاوت که پوشش ابری در ماه آوریل (اردیبهشت) نسبت به ماه قبل محدوده بیشتری را دارد.

ماه می (خرداد)، اندکی از وسعت نواحی نیمه ابری نسبت به ماه قبل کاسته شده و همان طور که در شکل (۲) نیز مشاهده می‌شود، به وسعت مناطق با کمترین مقدار ابر افزوده شده است، به طوری که در مناطق جنوب و جنوب شرق، غرب و جنوب غرب و مرکز کشور شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز خواف، هیرمند، مشکیل، کویر لوت، سیاه کوه، سیرجان، جنوب کرخه، جازمورین، بلوچستان، مهران، حله، زهره، مند، بختگان، درانجیر، گاوخونی، کارون و بندرعباس، کمی ابری بوده است. همین‌طور که مشاهده می‌شود، شرایط در ماه می و ژوئن (خرداد و تیر ماه) شبیه به هم است. با این تفاوت که از مقدار پوشش ابری در ماه ژوئن نسبت به ماه می کاسته شده است (جدول ۲).

در ماه ژوئیه (شکل ۲) از وسعت و شدت پوشش ابری در محدوده مورد مطالعه نسبت به ماه‌های قبل کاسته شده و غیر از نواحی شمالی و سواحل دریای خزر که درجه ابرناکی بین ۲،۵ الی ۳،۵ اکتا بوده، کمترین پوشش ابر دیده می‌شود. در ماه اوت نیز علاوه بر نواحی شمالی و سواحل دریای خزر و جنوب بلوچستان و سواحل دریای عمان که از محدوده اثر پرفشار جنب‌حاره خارج هستند و تحت تاثیر کم‌فشارهای محلی (سواحل شمالی و جنوبی کشور) و موسمی‌های جنوب شرق آسیا (جنوب شرق کشور در محدوده بلوچستان) هستند، در بقیه دشت‌های حوضه‌های آبریز کشور کمترین پوشش ابری وجود دارد (شکل ۲). در ابتدای فصل پاییز به دلیل کاهش ارتفاع خورشید و افزایش جریان‌های غربی بر روی منطقه وسعت و مقدار پوشش ابری در منطقه افزایش یافته است (جدول ۲).

*میانگین ساعات آفتابی در دوره سرد (سپتامبر تا فوریه)*  
الگوی دوره سرد سال نیز نشان می‌دهند (شکل ۳) که در ماه سپتامبر نیز همانند ماه قبل، بیشترین پوشش ابری به ۳،۵ اکتا می‌رسد که آن هم در نواحی شمالی، سواحل دریای خزر، جنوب بلوچستان و سواحل دریای عمان مشاهده می‌شود. در بقیه دشت‌های حوضه‌های آبریز کشور



شکل ۲. میانگین ماهانه ابرناکی در دوره گرم سال (مارس تا اوت) طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) برحسب اکتا

سو، هراز، تالش و شرق ارس مشاهده می‌شود (جدول ۳). در ماه نوامبر (شکل ۳) نسبت به ماه قبل مناطق دارای پوشش ابری بین ۳ تا ۶ اکتا افزایش یافته، به طوری که نواحی شمالی و سواحل دریای خزر و قسمت‌هایی از شمال حوضه آبریز دریاچه نمک را در بر گرفته در برخی مناطق شمال غرب و شمال شرق، جنوب حوضه آبریز دریاچه نمک (به جز قسمت‌های شمال آن)، سفیدرود

یا پوشش ابری وجود ندارد و یا مقدار آن بسیار کم است (شکل ۳). در ماه اکتبر به تدریج با کاهش ارتفاع خورشید از یک سو و نفوذ تدریجی جریان‌های بارش‌زا از سوی دیگر، همان طور که انتظار می‌رود، مقدار ساعات آفتابی به تدریج کاهش یافته و نسبت به ماه قبل درجه ابرناکی به حدود ۶ اکتا می‌رسد که در نواحی شمالی و سواحل دریای خزر شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز شمال قره



جدول ۲. میانگین میزان ابرناکی در دوره گرم سال طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴)

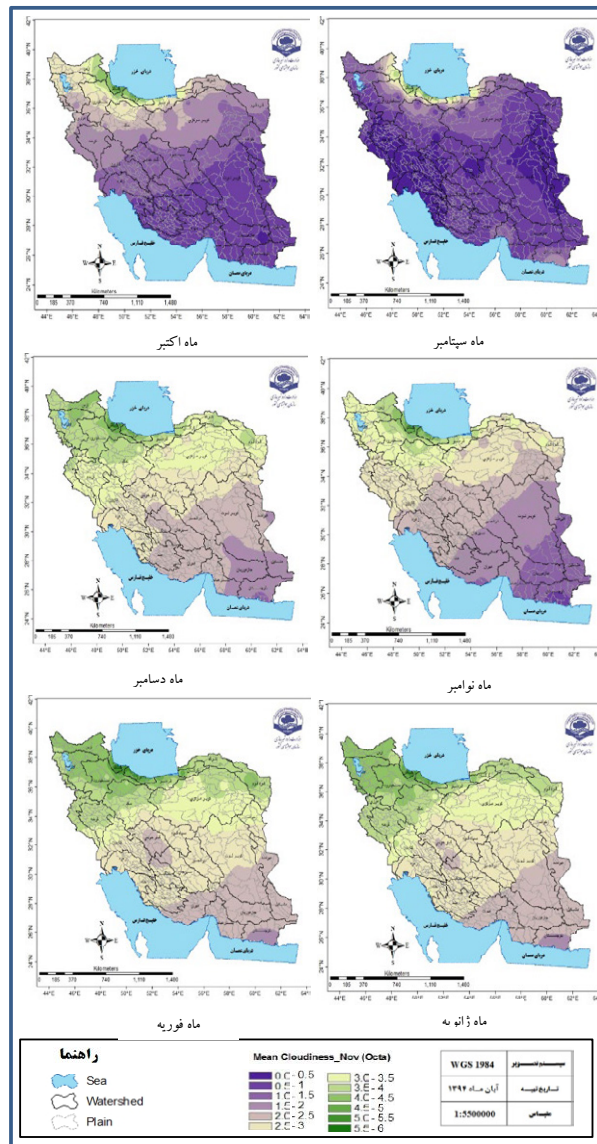
ماه	۳-۶ اکتا	۲-۳ اکتا	۰-۲ اکتا
	(نیمه ابری)	(کمی تا قسمتی ابری)	(صاف تا کمی ابری)
مارس	نواحی شمالی و سواحل دریای خزر، شمال غرب، شمال شرق، کویر مرکزی، کویر نمک و کرخه	ناحیه مرکزی، جنوب غرب، سواحل خلیج فارس و شرق کشور	برخی نواحی جنوب شرقی شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز مشکیل، جازموریان، بلوچستان، شرق بندرعباس و جنوب مهران
آوریل	نواحی شمالی و سواحل دریای خزر، شمال غرب، شمال شرق کشور	مناطق مرکزی، جنوب غرب، غرب و شرق کشور	جنوب شرق کشور شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز هیرمند، مشکیل، جازموریان، بلوچستان، مهران و بندرعباس
می	-	سواحل دریای خزر و شمال غرب کشور شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز اترک، برخی مناطق مرکزی، غرب و شمال شرق	در مناطق جنوب و جنوب شرق، غرب و جنوب غرب و مرکز کشور
ژوئن	-	سواحل دریای خزر و شمال غرب کشور شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز اترک، برخی مناطق مرکزی، غرب و شمال شرق	در مناطق جنوب و جنوب شرق، غرب و جنوب غرب و مرکز کشور
ژوئیه	-	نواحی شمالی و سواحل دریای خزر	همه دشت‌های کشور به‌جز نواحی شمالی و سواحل دریای خزر
اوت	-	نواحی شمالی و سواحل دریای خزر و جنوب بلوچستان و سواحل دریای عمان	همه دشت‌های کشور به‌جز نواحی شمالی و سواحل دریای خزر و جنوب بلوچستان و سواحل دریای عمان

جنوب کویر مرکزی، پوشش ابر در این ماه کاهش یافته و در دشت‌های جنوب، جنوب شرق و شرق کشور شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز هیرمند، مشکیل، کویر لوت، سیرجان، جازموریان، بلوچستان، مهران، مند، بختگان، درانجیر و بندرعباس به کمترین مقدار می‌رسد (شکل ۳ و جدول ۳).

میانگین ماهانه پوشش ابر آسمان طی دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) در ماه ژانویه و فوریه تقریباً شبیه به هم بوده (شکل ۳) و برای نواحی شمال غرب ایران، سواحل دریای خزر و غرب کشور بیشترین میزان پوشش ابری تا ۶ اکتا دیده می‌شود که به‌سوی مناطق مرکزی و جنوب غرب شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز کویر مرکزی، خواف، سیاه کوه، کارون، زهره، حله، بختگان، سیرجان، زهره و کارون کمی تا قسمتی ابری، قسمت‌هایی از شرق و جنوب کشور، سواحل دریای عمان و خلیج فارس و منطقه کوچکی در مرکز ایران شامل دشت‌های حوضه آبریز هیرمند، کویر لوت، مشکیل، جازموریان، بلوچستان،

(به‌جز قسمت‌های شمال شرق) و کمی تا قسمتی ابری و در بقیه دشت‌های جنوب و جنوب شرق، غرب و جنوب غرب و مرکز کشور، شرق و جنوب شرق کارون و بندرعباس، فاقد پوشش ابری و یا دارای حداقل پوشش ابری است. در ماه نوامبر ایستگاه چابهار با ۰٫۸ اکتا دارای کمینه و ایستگاه بندرانزلی با ۵٫۲ اکتا دارای بیشینه میانگین پوشش ابری آسمان به‌طور میانگین در طول روز بوده‌اند (جدول ۳).

در ماه دسامبر (آذرماه) با ادامه کاهش ارتفاع خورشید و نفوذ جریان‌های غربی، سامانه‌های عرض‌های شمالی بر روی کشور کاملاً گسترش یافته و از سوی دیگر به‌دلیل عقب‌نشینی سامانه پراترفاع جنب‌حاره عربستان، نواحی شمالی و سواحل دریای خزر و شمال غرب کشور، غرب مرزی، کرخه و شمال کارون بیشترین پوشش ابر مشاهده می‌شود که به تدریج به سوی مناطق مرکزی و غرب کشور شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز خواف، سیاه کوه، گاوخونی، زهره، حله، جنوب و شرق کارون،



شکل ۳. میانگین ماهانه ابرناکی طی در دوره سرد سال (سپتامبر تا فوریه) طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) برحسب اکتا

همان‌طور که الگوهای پوشش ابر نیز نشان می‌دهد، در دوره سرد سال با جابجایی سامانه‌های غربی عرض‌های میانی به سوی جنوب سبب افزایش ابرناکی و کاهش تابش خورشیدی شده و در دوره گرم سال با افزایش ارتفاع خورشید و انتقال شمال سوی پرارتفاع جنب‌حاره از یک سو و تضعیف تاول قطبی و عقب‌نشینی جریان‌های غربی به سوی عرض‌های شمالی از سوی دیگر، سبب گسترش پرارتفاع جنب‌حاره و ایجاد جریان‌های فرونشینی بر روی

بندرعباس و مهران مناطق فاقد ابر یا با پوشش ابری تا حداکثر ۲ اکتا هستند (جدول ۳). میانگین کمینه و بیشینه پوشش ابری در ماه‌های دوره گرم و سرد سال؛ در دوره‌های ۲۰ و ۱۰ ساله در جدول (۴) آمده است.

تفسیر الگوهای ماهانه (شکل‌های ۲ و ۳) و سالانه (شکل ۴) پوشش ابری نشان می‌دهد که تغییرات زمانی و مکانی این پارامتر در هر سه دوره با سامانه‌های همدیدی موثر بر اقلیم ایران ارتباط مستقیم و نزدیک دارد.

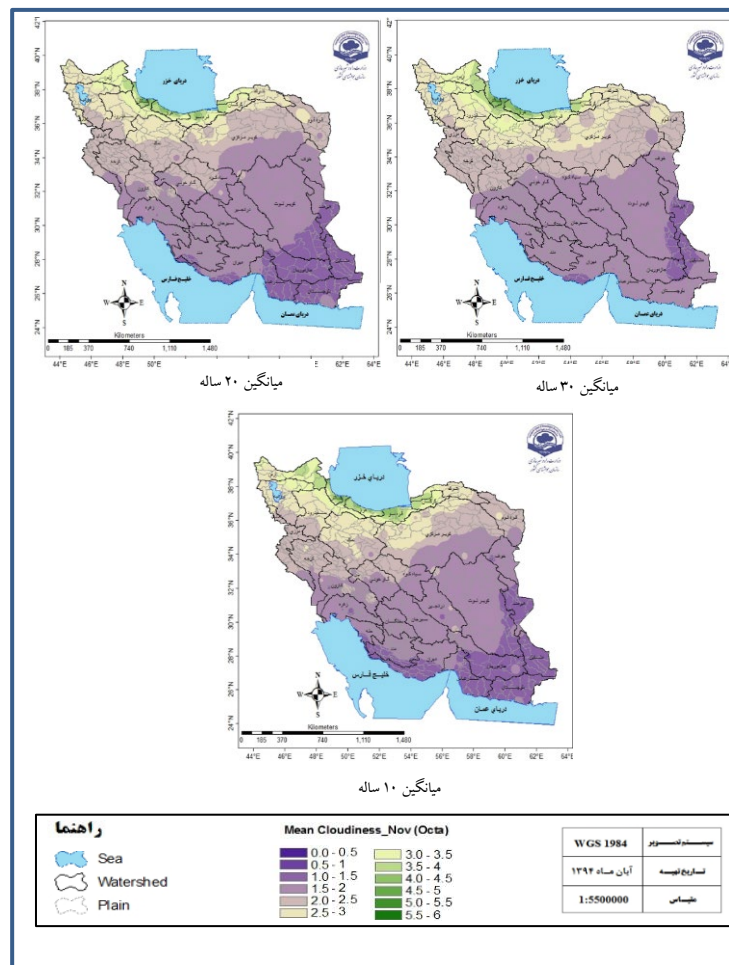


جدول ۳. میانگین میزان ابرناکی در دوره سرد سال طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴)

میانگین میزان ابرناکی در دوره سرد سال	
ماه	۲-۳ اکتا
سپتامبر - اکتبر	۲-۳ اکتا (نیمه ابری) (کمی تا قسمتی ابری) (صاف تا کمی ابری)
نوامبر	۲-۳ اکتا (نیمه ابری) (کمی تا قسمتی ابری) (صاف تا کمی ابری)
دسامبر	۲-۳ اکتا (نیمه ابری) (کمی تا قسمتی ابری) (صاف تا کمی ابری)
ژانویه	۲-۳ اکتا (نیمه ابری) (کمی تا قسمتی ابری) (صاف تا کمی ابری)
فوریه	۲-۳ اکتا (نیمه ابری) (کمی تا قسمتی ابری) (صاف تا کمی ابری)

جدول ۴. میانگین کمینه و بیشینه پوشش ابری ماهانه و سالانه طی دوره‌های آماری ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساله

ماه	دوره ۳۰ ساله			دوره ۲۰ ساله			دوره ۱۰ ساله		
	کمینه	بیشینه	ایستگاه	کمینه	بیشینه	ایستگاه	کمینه	بیشینه	ایستگاه
ژانویه	۱/۶	۵/۳	انزلی	۱/۶	۵/۳	انزلی	۱/۶	۵/۳	انزلی
فوریه	۱/۶	۵/۶	انزلی	۱/۶	۵/۶	انزلی	۱/۵	۵/۵	آستارا
مارس	۱/۸	۵/۶	رشت	۱/۸	۵/۶	رشت	۱/۳	۵/۵	رشت
آوریل	۱/۸	۵/۶	رشت	۱/۳	۵/۶	کنارک	۱/۳	۵/۴	آستارا
می	۰/۹	۴/۵	رامسر	۰/۶	۴/۵	میناب	۰/۵	۴/۴	رامسر
ژوئن	۰/۲	۳/۸	رامسر	۰/۲	۳/۸	بندر دیر	۰/۱	۴	پلسفید
ژوئیه	۰/۳	۴	رامسر	۰/۳	۴	زابل	۰/۱	۴/۱	پلسفید
اوت	۰/۲	۴/۲	رامسر	۰/۲	۴/۲	ترنجام	۰/۱	۴	رامسر
سپتامبر	۰/۵	۵/۱	رامسر	۰/۱	۵/۱	زابل	۰/۱	۴/۸	رامسر
اکتبر	۰/۵	۵/۱	رامسر	۰/۴	۵/۱	کهنوج	۰/۲	۵/۱	آستارا
نوامبر	۰/۸	۵/۲	انزلی	۰/۹	۵/۲	سراوان	۰/۹	۵/۱	انزلی
دسامبر	۱/۴	۵/۲	انزلی	۱/۲	۵/۲	سراوان	۰/۹	۵/۳	انزلی
میانگین سالانه	۱/۳	۴/۸	رشت	۱/۱	۴/۷	رشت	۰/۹	۴/۷	رشت



شکل ۴. میانگین سالانه ابرناکی طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴)، ۲۰ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۴) و ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۴) برحسب اکتا

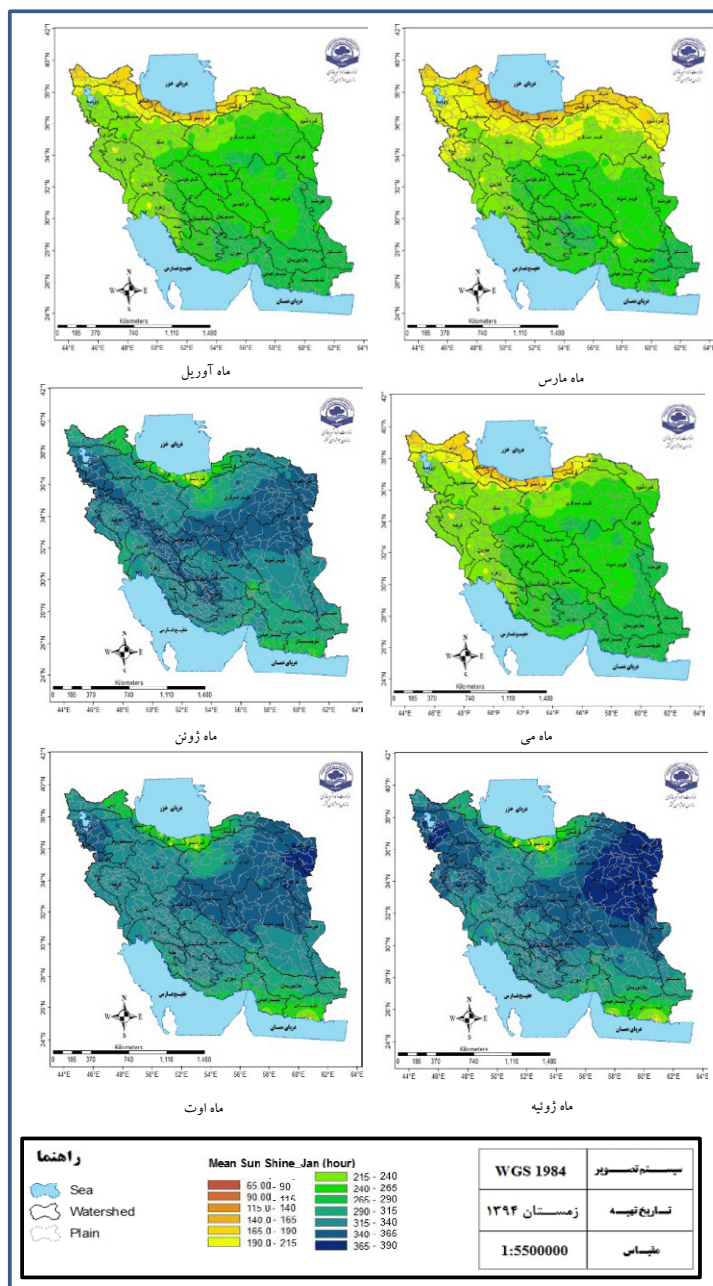
مقدار (۷,۹۱ روز) و در بقیه دشتهای حوضه آبریز کشور، بین ۷ تا ۱۱ روز طی دوره ۳۰ ساله متغیر بوده است (شکل ۵). به تدریج از ماه آوریل به سوی ماههای گرمتر سال، به دلیل کاهش ابرناکی، مقدار ساعات آفتابی بیشتر می‌شود. به طوری که در ماه می طی دوره ۳۰ ساله برای نوار شمالی و قسمتهایی از سواحل دریای خزر شامل دشتهای حوضه آبریز گرگان، قره‌سو، هراز، تالش و ارس بین حداکثر ساعات آفتابی به کمتر از ۹ روز می‌رسد. اما در قسمتهای وسیعی از مناطق مرکزی، غرب و شمال غرب، شرق و شمال شرق کشور و قسمتی از بختگان تا ۱۴ روز و در مناطق جنوب و جنوب شرق کشور شامل دشتهای حوضه آبریز هیرمند، قسمتهایی از مشکیل،

ایران شده که مانع از هرگونه صعود هوا و تشکیل ابر می‌گردد.

بررسی و تحلیل مقادیر ماهانه و سالانه ساعات آفتابی طی دوره ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساله

میانگین ساعات آفتابی در دوره گرم (مارس تا اوت)

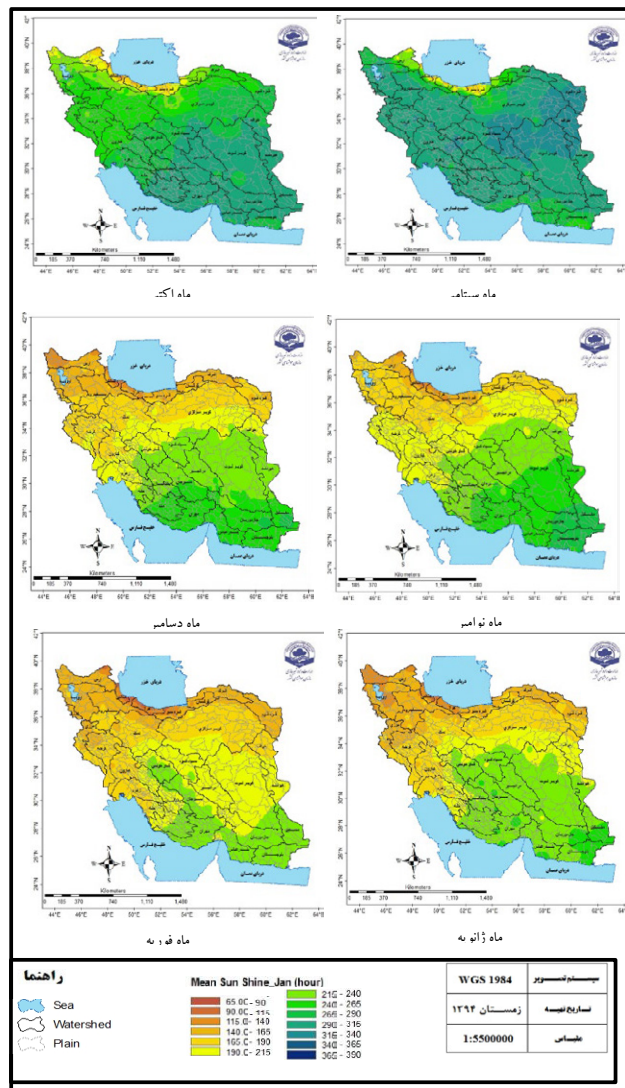
نتایج حاصل از الگوی میانگین ماهانه و سالانه (شکل ۵ تا ۷) ساعات آفتابی طی دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) در دوره گرم سال، در ماه آوریل طی دوره ۳۰ ساله، برای سواحل دریای خزر شامل دشتهای حوضه آبریز غرب اترک، گرگان، قره‌سو، هراز، تالش، ارس، قسمتهایی از سفیدرود، نسبت به دیگر مناطق در این ماه کمترین



شکل ۵. میانگین ماهانه ساعات آفتابی در دوره گرم سال (مارس تا اوت) طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) برحسب ساعت

دینامیکی هوا می‌شود، ابرناکی کاهش و در نتیجه ساعات آفتابی نسبت به ماه قبل افزایش داشته است. به طوری که برای قسمت‌هایی از جنوب دریای خزر شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز قره‌سو، هراز، قسمت‌هایی از گرگان و تالش، حداکثر زمان آفتابی در ماه به ۱۰ روز می‌رسد. در نواحی شمال‌شرق و شمال‌غرب دریای خزر شامل

غرب بلوچستان، سیرجان، جازموریان، مهران، مند، بختگان، بندرعباس بیشترین ساعات آفتابی تا نزدیک به ۱۵ روز یا به عبارتی حداکثر ۳۴۰ ساعت افزایش می‌یابد. در ماه ژوئن به دلیل افزایش ارتفاع خورشید از سوی سو از و گسترش زبانه پراارتفاع جنب‌حاره از سوی دیگر که سبب ایجاد جریان‌های فرونشینی ناشی از نزول



شکل ۶. میانگین ماهانه ساعات آفتابی در دوره سرد سال (سپتامبر تا فوریه) طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) برحسب ساعت

و مرکز و غرب کشور شامل دشتهای حوضه‌های آبریز جنوب و شرق کویر مرکزی، قره‌قوم، خواف، سیاه‌کوه، گاوخونی، کرخه، مرزی، ارومیه، شمال درانجیر، گاوخونی و بختگان، بین ۳۴۰ الی ۳۹۰ ساعت یا بین ۱۴ تا ۱۶ روز بوده است (شکل ۵).

این روند تقریباً در ماه ژوئیه (مرداد ماه) نیز ادامه دارد. با این تفاوت که بر مقدار ساعات آفتابی در این ماه افزوده شده، به طوری که در دوره ۳۰ ساله در این ماه کمترین مقدار ساعات آفتابی در نواحی جنوبی دریای

غرب اترک، قسمت‌هایی از گرگان و ارس، جنوب مشکیل، جازموریان، بلوچستان، بندرعباس، جنوب مهران و غرب کارون بین ۱۲ تا ۱۳ روز، در شرق اترک، شمال شرق کویر مرکزی، نمک، قسمت‌هایی از سفیدرود و ارومیه، قسمت‌هایی از مرزی و کرخه، کارون، زهره، حله، مند، نیمه غربی مهران و نیمه جنوبی کویر لوت بین ۱۳ تا ۱۵ روز می‌رسد. به سوی عرض‌های جنوبی‌تر یعنی در قسمت‌های مرکزی و جنوبی کشور، ساعات آفتابی افزایش یافته است. بنابراین در قسمتی از مناطق شرق

جدول ۵. میانگین کمینه و بیشینه ساعات آفتابی در ماهانه و سالانه طی دوره‌های آماری ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساله

ماه	دوره ۳۰ ساله						دوره ۲۰ ساله						دوره ۱۰ ساله					
	کمینه		بیشینه		کمینه		بیشینه		کمینه		بیشینه		کمینه		بیشینه			
	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز	ایستگاه	روز		
ژانویه	انزلی	۳/۸	چابهار	۱۰/۴	انزلی	۳/۸	سراوان	۳۲/۲	رشت	۴	سراوان	۹/۸	انزلی	۳/۸	سراوان	۹/۸		
فوریه	انزلی	۳/۸	آباد	۱۰	انزلی	۹/۹	سراوان	۱۰/۱	آستارا	۳/۲	کنارک	۹/۹	انزلی	۳/۸	کنارک	۹/۹		
مارس	رامسر	۴/۴	آباد	۱۰/۷	رامسر	۴/۴	سراوان	۱۱	رشت	۴/۳	نیریز	۱۱/۵	رامسر	۴/۴	نیریز	۱۱/۵		
آوریل	رامسر	۵	ایران‌شهر	۱۱/۸	رامسر	۱/۶	سراوان	۱۱	رامسر	۴/۹	خاش	۱۱/۹	رامسر	۵	خاش	۱۱/۹		
می	رامسر	۷/۲	فسا	۱۳/۹	رامسر	۷/۳	میناب	۱۴/۵	پلسفید	۷/۱	حسناآباد	۱۴/۲	رامسر	۷/۲	حسناآباد	۱۴/۲		
ژوئن	رامسر	۸	ارومیه	۱۴/۶	رامسر	۸/۱	سهند	۱۴/۸	پلسفید	۷	بناب	۱۵	رامسر	۸	بناب	۱۵		
ژوئیه	چابهار	۷/۹	مشهد	۱۵/۷	چابهار	۷/۹	تربت-ج	۱۶	پلسفید	۷	تربت-ج	۱۶/۲	چابهار	۷/۹	تربت-ج	۱۶/۲		
اوت	رامسر	۷/۵	تربت-ح	۱۵/۴	رامسر	۷/۸	تربت-ح	۱۵/۵	پلسفید	۸	تربت-ح	۱۵/۴	رامسر	۷/۵	تربت-ح	۱۵/۴		
سپتامبر	رامسر	۴/۵	بیرجند	۱۳/۴	رامسر	۵/۴	قائن	۱۳/۶	رامسر	۵/۶	قائن	۱۳/۷	رامسر	۴/۵	قائن	۱۳/۷		
اکتبر	رشت	۵/۲	ایران‌شهر	۱۲/۹	آستارا	۸	ایران‌شهر	۱۲/۹	رامسر	۵/۱	قائن	۱۲/۲	رشت	۵/۲	قائن	۱۲/۲		
نوامبر	انزلی	۴/۲	ایران‌شهر	۱۱/۴	آستارا	۴/۱	سراوان	۱۱/۶	آستارا	۴/۱	ایران‌شهر	۱۱/۷	انزلی	۴/۲	ایران‌شهر	۱۱/۷		
دسامبر	انزلی	۹/۴	ایران‌شهر	۱۰/۸	انزلی	۳/۸	سراوان	۱۱/۱	انزلی	۳/۹	سراوان	۱۱/۳	انزلی	۹/۴	سراوان	۱۱/۳		
سالانه میانگین	رامسر	۱/۴۸	فسا	۱۴/۲	رامسر	۶/۷	لار	۱۴/۵	رامسر	۷۰	حسن آباد	۱۴/۴	رامسر	۱/۴۸	حسن آباد	۱۴/۴		

خزر شامل دشت‌های حوضه آبریز قسمتهایی از قره‌سو و هراز حداکثر به ۲۴۰ ساعت یا ۱۰ روز می‌رسد. بیشترین مقدار ساعات آفتابی نیز در این ماه در نواحی از شرق و مرکز و غرب و شمال غرب کشور شامل قره‌قوم، خواف، شمال کویر لوت، سفیدرود و ارومیه مشاهده می‌شود که بین ۳۶۵ الی ۳۹۰ ساعت (۱۵،۲ الی ۱۶،۲۵ روز) متغیر بوده است (جدول ۵).

در ماه اوت که به‌عنوان آخرین ماه در دوره گرم در نظر گرفته شده است، کمترین ساعات آفتابی برای نواحی شمالی و سواحل جنوبی دریای خزر شامل دشت‌های حوضه آبریز قره‌سو، هراز و قسمتهایی از تالش، جنوب شرق ارس و منطقه کوچکی در جنوب بلوچستان بین حداکثر ۱۰ روز است. دشت‌های حوضه‌های آبریز گرگان، شرق ارس، قسمتی از تالش، شمال غرب کویر مرکزی، جنوب مشکیل، جازموریان، بندر عباس و مهران بین ۲۶۵ الی ۲۹۰ ساعت (۱۱،۰۴ الی ۱۲،۰۸ روز)، دشت‌های حوضه آبریز جنوب و شرق هیرمند، نیمه جنوبی کویر لوت، سیرجان، بختگان، مند، قسمتی از مهران، شرق

حله، زهره، کارون، کرخه، سفیدرود، غرب ارس، اترک، قسمت‌هایی از کویر مرکزی بین ۳۱۵ الی ۳۴۰ ساعت (۱۳،۱۲۵ الی ۱۴،۱۶ روز)، دشت‌های حوضه آبریز شرق، شمال شرق و جنوب کویر مرکزی، شمال کویر لوت، شمال در انجیر، سیاه کوه، قسمتی از گاوخونی بین ۳۴۰ الی ۳۶۵ ساعت (۱۴،۱۶ الی ۱۵،۲ روز) بوده است. بیشترین ساعات آفتابی نیز دشت‌های حوضه آبریز جنوب قره‌قوم، قسمتی از ارومیه و شمال مرزی بین ۳۶۵ الی ۳۹۰ ساعت (۱۵ تا ۱۶ روز) است (شکل ۵ و جدول ۵).

#### میانگین ساعات آفتابی در دوره سرد (سپتامبر تا فوریه)

به تدریج از به سوی ماه‌های دوره سرد سال، ارتفاع خورشید کاهش یافته و در نتیجه ساعات آفتابی کاهش می‌یابد. همچنین به تبعیت از کاهش ارتفاع خورشید پرارتفاع جنب‌حاره نیز به سوی عرض‌های جنوبی‌تر انتقال یافته و در نتیجه مسیر جریان‌های غربی بر روی ایران افزایش می‌یابد. این امر سبب افزایش ابرناکی و کاهش ساعات آفتابی می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود که در دوره



سرد سال میزان ساعات آفتابی کاهش یابد. در ماه سپتامبر که به عنوان اولین ماه از دوره سرد سال در نظر گرفته شده است، طی دوره ۳۰ ساله (شکل ۶) نسبت به ماه قبل ساعات آفتابی کاهش یافته و برای نوار شمالی کشور و سواحل جنوبی دریای خزر شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز نیمه غربی گرگان، قره‌سو، هراز و تالش، شمال و شرق ارس بین ۱۹۰ الی ۲۴۰ ساعت (۷،۹۱ الی ۱۰ روز)، دشت‌های حوضه‌های آبریز قره‌قوم، خواف، شمال‌غرب هیرمند، نیمه شمالی کویر لوت، شرق کویر مرکزی، نیمه شرقی سیاه کوه، نیمه شمالی در انجیر و قسمتی از گاوخونی، بین ۳۱۵ الی ۳۴۰ ساعت (۱۳،۱۲۵ الی ۱۴،۱۶ روز) و در بقیه دشت‌های دیگر حوضه‌های آبریز کشور بین ۲۹۰ الی ۳۱۵ ساعت (۱۲،۰۸ الی ۱۴،۱۶ روز) بوده است (شکل ۶ و جدول ۵).

در ماه اکتبر نسبت به ماه قبل طی دوره آماری ۳۰ ساله ساعات آفتابی کاهش یافته، به طوری که برای نواحی شمالی و سواحل جنوبی دریای خزر شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز غرب گرگان، قره‌سو، هراز، تالش و نیمه شرقی ارس به کمتر ۱۹۰ ساعت (در حدود ۸ روز) رسیده است. به تدریج به سوی عرض‌های جنوبی بر این میزان افزوده شده و دشت‌های حوضه آبریز قسمتی از شمال قره‌قوم، غرب کویر مرکزی، نمک، سفید رود، ارومیه، مرزی، کرخه و کارون به ۱۱ روز و در بقیه دشت‌های حوضه‌های آبریز کشور، حداکثر به ۳۱۵ ساعت یا کمی بیش از ۱۳ روز بوده است (شکل ۶).

در ماه نوامبر ساعات آفتابی نسبت به ماه قبل کاهش یافته و در دشت‌های حوضه‌های آبریز مناطقی از هراز و تالش به کمتر از ۶ روز، در نواحی شمالی و سواحل جنوبی دریای خزر شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز قره‌قوم، اترک، گرگان، قره‌سو، قسمت‌هایی از هراز، غرب تالش، ارس، نمک، سفید رود و ارومیه کمترین میزان ساعات آفتابی (۱۴۰ الی ۱۹۰ ساعت یا ۵،۸۳ الی ۷،۹۱ روز)، در برخی دشت‌های حوضه‌های آبریز نیمه شمالی کویر مرکزی، شمال غرب سیاه کوه، شمال گاو خونی، زهره، کارون، کرخه و مرزی بین ۱۹۰ الی ۲۱۵ ساعت (۷،۹۱

الی ۸،۹۵ روز)، در دشت‌های حوضه‌های آبریز خواف، شمال کویر لوت، در انجیر، نیمه شرقی سیاه کوه، بین ۲۱۵ الی ۲۶۵ ساعت (۸،۹۵ الی ۱۱،۰۴ روز) و در بقیه دشت‌های حوضه‌های آبریز کشور بین ۲۶۵ الی ۳۱۵ ساعت (۱۱،۰۴ الی ۱۳،۱۲۵ روز) بوده است (شکل ۶ و جدول ۲).

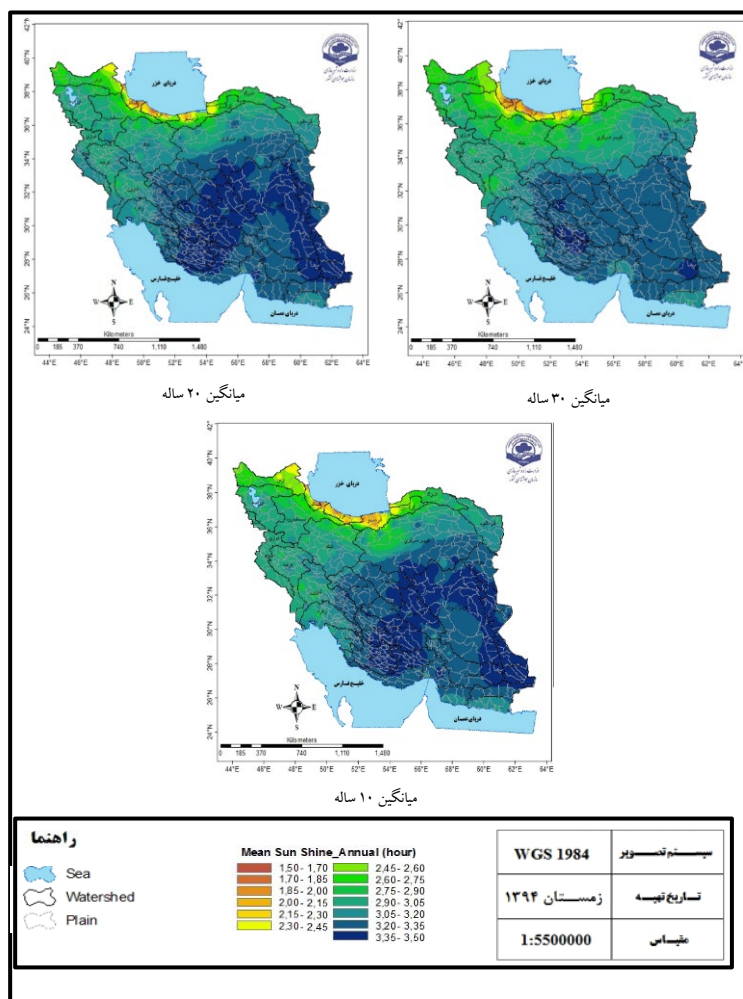
در ماه دسامبر نسبت به ماه قبل میزان ساعات آفتابی کاهش یافته و برای سواحل دریای خزر کمترین میزان ساعات آفتابی یعنی بین ۹۰ الی ۱۴۰ ساعت که به سوی عرض‌های جنوبی بر میزان ساعات آفتابی افزوده شده است. به طوری که حداکثر آن در نواحی جنوب و جنوب‌شرقی کشور با حداکثر ۲۹۰ ساعت در ماه قبل مشاهده است (شکل ۶).

در ماه ژانویه (شکل ۶) که ارتفاع خورشید به کمترین مقدار خود می‌رسد، کمترین مقدار ساعات آفتابی در نواحی شمال شرق ایران، سواحل دریای خزر و شمال‌غرب و غرب کشور همانند ماه قبل بوده و حداکثر آن در قسمت‌هایی از نواحی جنوبی کشور در سواحل دریای عمان و خلیج فارس و نواحی مرکزی شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز مشکیل، بلوچستان، جازموریان، بندرعباس، مهران، سیرجان، گاوخونی و نیمه شرقی مند است که نسبت به ماه قبل ساعات آفتابی کاهش داشته و بین ۲۱۵ تا ۲۴۰ ساعت در ماه رسیده است. کمینه و بیشینه ساعات آفتابی در ۱۲ ماه سال و به صورت سالانه طی دوره های آماری مورد مطالعه در جدول (۵) قابل مشاهده است.

میانگین سالانه ساعات آفتابی طی دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۴-۱۹۸۵)

میانگین سالانه ساعات آفتابی طی دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۴-۱۹۸۵) نشان می‌دهد (شکل ۷) که کمترین میزان ساعات آفتابی در نواحی شمالی بویژه سواحل جنوبی دریای خزر شامل دشت‌های حوضه‌های آبریز غرب گرگان، قره‌سو، هراز و تالش بین ۲۰۰۰ الی ۲۳۰۰ ساعت (۸۳،۳ الی ۹۵،۸ روز) و کمترین میزان آن در دشت‌های حوضه‌های آبریز خواف، هیرمند، مشکیل، جازموریان، بلوچستان، بندرعباس، مهران، مند، حله، سیاه





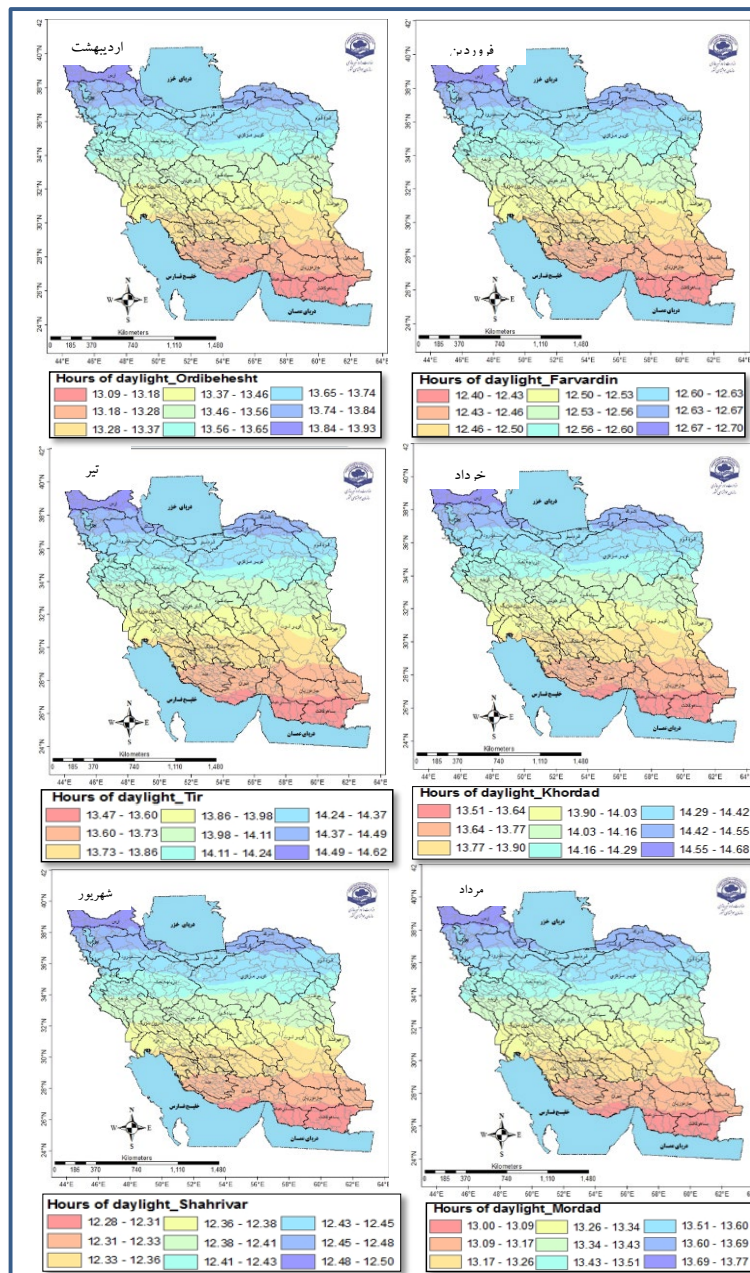
شکل ۷. میانگین سالانه ساعات آفتابی طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴)، ۲۰ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۴)، و ۱۰ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۴) برحسب ساعت

غربی کارون بین ۲۹۰۰ الی ۳۰۵۰ ساعت (۱۲۰،۸۳) الی (۱۲۷،۰۸ روز) و دشت‌های حوضه‌های آبریز خواف، هیرمند، مشکیل، جازموریان، بلوچستان، بندرعباس، مهران، مند، حله، سیاه کوه، گاوخونی، درانجیر، سیرجان، بختگان، زهره، نیمه شرقی کارون بین ۳۰۵۰ الی ۳۵۰۰ ساعت (۱۲۷،۰۸ الی ۱۴۵،۸۳ روز) بوده است (شکل ۷).

بررسی و تحلیل متوسط ساعات روشنایی هر روز در ماه و تعداد کل ساعات روشنایی در ساله

الگوی‌های ماهانه طی ۶ ماهه اول سال (فروردین تا شهریور) (شکل ۸) و طی ۶ ماهه دوم سال (از مهر تا اسفند ماه)، (شکل ۹) مورد بررسی قرار گرفت. طبق

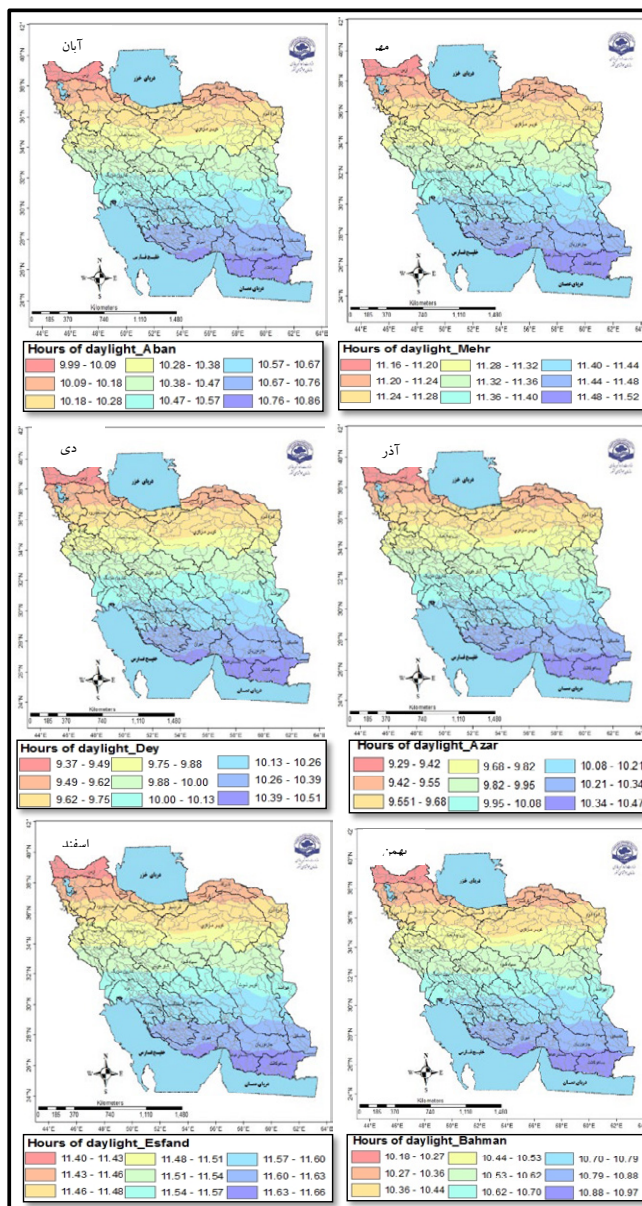
کوه، گاوخونی، درانجیر، سیرجان، بختگان، زهره، نیمه شرقی کارون بین ۳۰۵۰ الی ۳۵۰۰ ساعت (۱۲۷،۰۸ الی ۱۴۵،۸۳) بوده است. دشت‌های حوضه‌های آبریز شمال قره‌قوم، اترک، دشت‌های حوضه‌های آبریز شمال قره‌قوم، اترک، نیمه شرقی گرگان، کویر مرکزی، نمک، سفید رود، ارس، ارومیه، مرزی، نمک، کرخه و نیمه غربی کارون نیز بین ۲۹۰۰ الی ۳۰۵۰ ساعت، (۱۲۰،۸۳ الی ۱۲۷،۰۸ روز) دارای ساعات آفتابی هستند. بنابراین در بهره‌برداری از انرژی خورشید با توجه به ساعات آفتابی، مستعدترین مناطق جنوب، جنوب شرق، جنوب غرب و سپس مرکز کشور است. نیمه شرقی گرگان، کویر مرکزی، نمک، سفید رود، ارس، ارومیه، مرزی، نمک، کرخه و نیمه



شکل ۸. میانگین ساعات روشنایی طول روز در ماه‌های فروردین تا شهریور طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵.۲۰۱۴)

بوده که به‌سوی عرض‌های جنوبی به‌تدریج کاهش یافته و در جنوب‌شرق کشور به کمترین میزان می‌رسد و در این زمان بیشترین میزان طول روشنایی در ایستگاه پارس آباد مشاهده می‌شود (شکل ۸). اما در نیمه دوم سال (مهر تا اسفند ماه) وضعیت عکس نیمه اول سال می‌شود. به‌طوری که از نواحی جنوب‌شرق و جنوب به

الگوهای موجود، میانگین ساعات روشنایی در همه ماه‌ها با افزایش عرض جغرافیایی، افزایش می‌یابد. همان‌طور که الگوها نشان می‌دهد، طول ساعات روشنایی طی ۶ ماه اول سال (فروردین تا شهریور) از شمال‌غرب به‌سوی جنوب‌شرق کاهش یافته و بیشترین ساعات روشنایی در شمال‌غرب و بعد از آن شمال‌شرق و شمال کشور



شکل ۹. میانگین ساعات روشنایی طول روز در ماه‌های مهر تا اسفند طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴)

میزان پوشش ابری در نواحی شمالی و سواحل جنوبی خزر بیشترین مقدار است. در حالی که کمینه ساعات آفتابی در همین نواحی مشاهده می‌شود. همچنین بیشینه دوم پوشش ابری در مناطق شمال غرب و شمال شرق و نواحی غربی دیده می‌شود که به تدریج به سوی عرض‌های جنوبی از مقدار پوشش ابری طی دوره‌های ۲۰، ۳۰ و ۱۰ ساله کاسته شده و کمینه پوشش ابری در نواحی

سوی عرض‌های شمالی از طول ساعات روشنایی کاسته می‌شود و در شمال غرب به کمترین میزان می‌رسد. به طوری که بیشترین طول ساعات روشنایی در ایستگاه چابهار مشاهده می‌شود. (شکل ۹).

### نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در پهنه مورد مطالعه،

جنوبی و بخصوص جنوب‌شرقی در اکثر ایام سال قابل مشاهده است. نکته قابل توجه در بررسی زمانی این پارامتر این است که پوشش ابری از ابتدای فصل پاییز یعنی ماه اکتبر (مهرماه) به تدریج افزایش یافته و به سوی فصل زمستان بر گستره و شدت پوشش ابری در منطقه مورد مطالعه افزوده می‌شود و این شرایط تا اوایل ماه آوریل (اردیبهشت) ادامه دارد. اما در اواسط فصل بهار و سراسر تابستان (آوریل - سپتامبر) مقادیر پوشش ابری کاهش یافته و تنها به سواحل جنوبی خزر محدود می‌شود و در بقیه دشت‌های کشور پوشش ابری بین ۰ تا ۲ اکتا می‌باشد. به نظر می‌رسد این امر ارتباط مستقیم با سامانه‌های کنترل کننده اقلیم ایران در فصل‌های مختلف دارد. به طوری که با شروع فصل پاییز و کاهش ارتفاع خورشید، به تدریج شرایط برای نفوذ سامانه‌های غربی عرض‌های میانی افزایش یافته که در نتیجه بی‌هنجاری‌های دمایی و ورود سامانه‌های بارشی به کشور افزایش می‌یابد که این شرایط تا اواخر فصل زمستان و بهار ادامه دارد. اما به تدریج با شروع فصل بهار با افزایش ارتفاع خورشید و عمودتر شدن تابش خورشید و انتقال آن به عرض‌های شمالی‌تر، پر ارتفاع جنب‌حاره نیز به تبعیت از جابجایی ظاهری خورشید به عرض‌های شمالی‌تر انتقال یافته و بر روی منطقه مورد مطالعه گسترش می‌یابد. از ویژگی‌های پراترفاع جنب‌حاره روی ایران (پراترفاع عربستان)، جریان‌های فرونشینی در محدوده تحت تسلط و در نتیجه ایجاد گرما است. این شرایط مانع صعود هوا و تشکیل ابر می‌شود. از سوی دیگر عقب‌نشینی جریان‌های غربی عرض‌های میانی و سامانه‌های کم‌ارتفاع درون این جریان‌ها به سوی عرض‌های شمالی که خود نتیجه‌ای از تضعیف تاوه قطبی است، آسمان منطقه را با کمترین پوشش ابری همراه می‌کند. همچنین با مشاهده کمینه پوشش ابری در دوره ۳۰ ساله در دوره سرد سال (اکتبر تا مارس)، به دلیل گسترش سامانه‌های بارش‌زا بر روی کشور، به مناطق جنوبی‌تر انتقال یافته است و در چابهار قابل مشاهده است. اما در دوره گرم به عرض‌های شمالی‌تر انتقال یافته، به طوری که کمینه پوشش ابری در

ماه اوت در منطقه بیرجند قابل مشاهده است. همچنین در دهه پایانه دوره آماری (۲۰۰۵-۲۰۱۴) نسبت به دوره آماری بلند مدت (۳۰ ساله) مناطق با بیشینه پوشش ابری اندکی غرب‌سو جابجا شده و در برخی ماه‌ها بر مقدار ابرناکی افزوده شده است. مقادیر کمینه پوشش ابری نیز در برخی ماه‌ها در این دوره کاهش یافته است. اما دوره ۲۰ ساله تقریباً همانند دوره ۳۰ ساله است. مقادیر ساعات آفتابی طی ماه‌های بررسی شده با زاویه و ارتفاع خورشید رابطه مستقیم داشته به طوری که کمترین مقادیر تابش در فصل زمستان در مناطق شمالی، شمال‌غرب و غرب مشاهده می‌شود (بین ۹۰ تا ۲۱۵ روز). به طور کلی طبق الگوهای موجود، مقادیر ساعات آفتابی از نواحی شمال و شمال‌غرب و شمال‌شرق به سوی نواحی مرکزی، شرق، جنوب و جنوب‌شرقی شیب افزایشی داشته و همچنین یک شیب افزایشی از نواحی غربی و جنوب‌غربی به سوی نواحی مرکزی و شرقی در میزان این پارامتر مشاهده می‌شود. در هر سه دوره مورد مطالعه مقادیر ساعات آفتابی به تدریج به سوی فصل بهار و تابستان به دلیل افزایش ارتفاع خورشید و انتقال آن به عرض‌های شمالی‌تر بر مقدار ساعات آفتابی افزوده می‌شود. مناطق شرقی، مرکز و غرب کشور بیشترین تابش را در فصل تابستان نیز به دلیل افزایش طول روز دریافت می‌کنند. علاوه بر آن، بررسی الگوها نشان می‌دهد که در دوره‌های ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساله، میزان ساعات آفتابی در اکثر نقاط کشور در سال‌های اخیر افزایش یافته است. همچنین متوسط ساعات روشنایی از نیمه شمالی کشور به سوی نواحی جنوبی کاهش یافته، به طوری که کمترین ساعات روشنایی از لحاظ مکانی در تمام دوره ۶ ماه اول سال (فروردین تا شهریور) در پارس آباد واقع در شمال‌غرب کشور و کمترین مقدار آن در چابهار واقع در جنوب‌شرقی کشور مشاهده می‌شود. در حالی که در دوره ۶ ماه دوم سال (مهر تا اسفند) شرایط برعکس می‌شود و طول ساعات آفتابی از جنوب‌شرق به سوی شمال‌غرب کاهش می‌یابد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت با توجه به مقادیر ابرناکی، ساعات آفتابی و ساعات روشنایی، بیشترین پتانسیل بهره‌برداری از انرژی



خورشیدی از نظر زمانی در فصل تابستان و بعد از آن بهار و از نظر مکانی به ترتیب در دشت‌های مناطق جنوب شرقی و شرقی، مرکزی و جنوب غربی ایران می باشد.

گفتنی است هرچند که برای امکان‌سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در هر منطقه نیاز به بررسی پارامترهای متوسط دما، بیشینه دما، دید و تعداد روزهای همراه با گرد و خاک و ... علاوه بر پارامترهایی که در این مقاله بررسی شده است، مورد نیاز است. اما در این پژوهش بررسی اولیه امکان‌سنجی انرژی خورشیدی با ۳ پارامتر ابرناکی، ساعت آفتابی و ساعت روشنایی انجام شده است. که در مرحله بعد برای تکمیل آن لازم است که پارامترهای فوق نیز مد نظر قرار گیرد.

### تشریح و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح پژوهشی با عنوان «طراحی و توسعه مدل پایگاه تامین اطلاعات هواشناسی مورد نیاز سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی کشور (جوانمرد ، ۱۳۹۶) مصوب پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو است. از کارشناسان محترم پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو تهران و پژوهشگاه اقلیم‌شناسی مشهد که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

### منابع

- ۵۰ سال گذشته، پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، جلد (۱۶)، شماره (۴)، صفحات ۱۴۱ تا ۱۵۱.
- ۶- فلاح‌قاهره، غ.، اسدی، م.، ۱۳۹۷، بررسی زمانی- مکانی ساعات آفتابی در ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی، تابستان ۱۳۹۷، شماره ۶۴.
- ۷- قنبری، فاطمه؛ شرعی فرهام، امین (۱۳۹۶)، «بررسی اثرات زیستی انرژی‌های پایدار (مطالعه موردی: انرژی‌های خورشیدی باد و هیدروالکتریک)»، نشریه پژوهش و فناوری محیط زیست، دوره ۲، شماره ۳، صص ۴۱ تا ۴۶.
- ۸- کریمی‌کاخکی، م.، سپهری، ع.، ۱۳۸۹، روندهای تغییر اقلیم طی دو دوره در همدان و تبریز، دانش آب و خاک، (۴۰)۲۰، صفحات ۱۵۵ تا ۱۴۳.
- ۹- مجرد، ف و ک. مرادی.، ۱۳۹۳، نگرشی بر ناموزونی‌های و روندهای ساعات آفتابی در ایران»، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۴، صفحات ۱۵۳ تا ۱۶۶.
- ۱۰- محمدی، م.، ۱۳۸۰، بررسی روند تغییرات دما، بارش، رطوبت و ساعات آفتابی در تهران در دوره زمانی پایان (۱۳۴۰-۱۳۷۴)، نامه ی ارشد کارشناسی، گروه جغرافیا. مدرس دانشگاه تربیت. تهران.
- ۱۱- معینی، س.، جوادی، ش.، کوکبی، م و م. دهقان منشادی.، ۱۳۸۹، برآورد تابش خورشیدی در ایران با استفاده از یک مدل بهینه، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۳، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۱۰.
- ۱۲- یوسفی، ح.، کسائیانی، ع. ب.، رنجبران و م. ه. کتولی.، ۱۳۹۶، مروری بر معیارهای مکانی احداث نیروگاه های خورشیدی در ایران، نشریه علمی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، (۲)۸، صفحات ۲۵-۳۸.
- 13- Aksoy, B., 1999, Analysis of changes in sunshine duration data for Ankara, Turkey, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 64, No. 3-4, pp 229-237.
- 14- Angell, J. K., J. Korshover, and G. F. Cotton, 1984, Variation in United States cloudiness and sunshine, 1950-82, Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 23. No. 5, pp 752-761.
- 15- Butler, C. J., Suarez, G., Palle, E., 2007, Trends and cycles in long Irish meteorological series; proceedings of the royal Irish academy, Vol. 107B, No. 3, pp 157-165.
- 16- Giles, B. D., 1971, The variation of bright sunshine in the Antarctic Peninsula, 1945-66.
17. Kaba, K., Kandirmaz., M., Avci, M., 2016, Estimation of Daily Sunshine Duration Using Support Vector Machines, International Journal of Green Energy.
18. Kallioglu, M. A., 2015, Analysis of Sunshine Hours and Global Solar Radiation for Mardin of Turkey, 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Sciences, Valencia-Spain, Vol. 2.
- 19- Matzarakis, A. P., and V. D. Katsoulis., 2006, Sunshine duration hours over the Greek region.” Theoretical and Applied Climatology, Vol 83.No1-4, pp 107-120.
20. OTING William, K. A., Mwarania, F., Abdul Wahab, A. H., KPATINDE Talagbe, A., 2018, Uganda Solar Energy Utilization: Current Status and Future Trends, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 8, Issue 3, March 2018, ISSN 2250-3153.
21. Urban, G., M., Krzysztof, P., Pawliczek, 2018, Sunshine duration and its variability in the main ridge of the Karkonosze Mountains in relation
- ۱- اصغری سراسکانرود، ص.، بلواسی، ا.، ۱۳۹۹، امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید با استفاده از سنجش از دور و الگوریتم سبال (مطالعه موردی: شهرستان الشتر)، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۹، شماره ۱۱۳، بهار ۹۹.
- ۲- تقوایی، م.، صبوچی، ع.، ۱۳۹۶، پهنه‌بندی و مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی در استان اصفهان، نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال هشتم، شماره بیست و هشتم، بهار ۱۳۹۶.
- ۳- جوانمرد، س.، ۱۳۹۶، طراحی و توسعه مدل پایگاه تامین اطلاعات هواشناسی مورد نیاز سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی کشور، طرح پژوهشی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو.
- ۴- خسروی، م.، جهانبخش اصل. س و ج. درخش، ۱۳۹۲، برآورد و پهنه‌بندی تابش خورشیدی دریافتی در سطح افقی با استفاده از پارامترهای اقلیمی در محیط GIS مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی، فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، سال سیزدهم، شماره ۴۳، صفحات ۳۹ تا ۶۳.
- ۵- خلیلی‌اقدم، ن و ا. سلطانی.، ۱۳۸۸، بررسی تغییر اقلیم ارومیه طی

- to precipitation, air temperature and geographic location. Theoretical and applied climatology, Vol64. No1-2, pp 61-68.
24. Zell, E., Gasimb, S., Wilcox, S., Katamoura, S., 2015, Assessment of solar radiation resources in Saudi Arabia, Solar Energy, 119:422-438, September 2015.
- to with atmospheric circulation, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 131, pages 1173-1189.
- 22- Yang, Y. H., et al., 2009, Decreasing trend of sunshine hours and related driving forces in North China. Theoretical and applied climatology, Vol 97. No1-2, pp 91-98.
- 23- Yin, X., 1999, Bright sunshine duration in relation



## Feasibility Study of Solar Energy Utilization with Emphasized on Plains of Iran

Sohaila Javanmard<sup>1</sup>, Elham Yarahmadi<sup>2</sup>, Leili Khazanedari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Institute, Tehran

<sup>2</sup> Ph.D of climatology, University of Lorestan

<sup>3</sup> Masteter of Meteorology, Climate Research Institute, Mashad

\*Corresponding Author Email: [Sohailajavanmard2018@gmail.com](mailto:Sohailajavanmard2018@gmail.com)

Received: 25 August 2019, accepted: 25 November 2019

### ABSTRACT

Solar energy is a free, accessible and pollution-free resource which can be used as an alternative to fossil fuels in the current climate of Iran. The purpose of this study is to estimate the spatial and temporal distribution of solar energy with emphasis on plains of Iran. For this purpose, cloud cover amount and sunny hours during the period of 30 (1985-2014), 20 (1995-2014) and 10 years (2005-2014) for 51, 146 and 218 synoptic stations of I. R. of Iranian Meteorological Organization have been derived respectively. Then the day light hours for 403 stations were estimated monthly and annually and were zoned using GIS. Both of monthly average of cloud cover amount and sunny hours have been derived during warm seasons (March to August) and cold seasons (September to February). The cloud amount have been classified in the following three classes; clear to partly cloudy (0-2 Octa), semi cloudy (3-6 Octa), and total cloudy (7-8 Octa). The results showed only clear and partly cloudy during May through September and Semi-cloudy region were shown during October through February mostly occurred over Northern regions, Caspian coast, and North West of Iran. The Maximum of monthly sunny hours has been occurred in Mashad station with 15.7 days in June and the minimum in Anzali station with 3.8 days during 30 years. The results of the study of the three average parameters of amount of cloud cover, sunny hours and day light hours show that the greatest potential for solar energy utilization is in the summer and then in the spring. Spatially, this potential is observed in the plains of semi-southeastern and eastern, central and southwestern regions of Iran, respectively. In addition, all temporal and spatial changes of these three parameters are directly related to the climate systems of Iran and the position of the sun.

**Keywords:** Cloud Cover, Solar Energy, Sunny Hours, GIS, Day Light Hours, Iran

#### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Javanmard, S.; Yarahmadi, E; Khazanedari, L. (2020). Feasibility Study of Solar Energy Utilization with Emphasized on Plains of Iran. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(4): 335-354.

#### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

