

بررسی اقلیمی پارامتر تابش در سطح زمین با استفاده از مدل GLDAS طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) در ایران

سهیلا جوانمرد^۱، لیلی خزانه‌داری^{۲*}

^۱ عضو هیات علمی و دانشیار گروه پژوهشی تعدیل وضع هوا و انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران
^۲ کارشناس ارشد هواشناسی، کارشناس پژوهشی گروه پژوهشی مدلسازی و پیش‌آگاهی اقلیمی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد

تاریخ دریافت ۹۸/۱۰/۱۱، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۱۹

چکیده

در سال‌های اخیر تغییر اقلیم باعث تغییراتی در سامانه‌های طبیعی و انسانی شده است. یکی از راه‌های جلوگیری از بحران‌های تغییر اقلیم، بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر است که در این میان استفاده از انرژی خورشیدی و سطح زمین سهم بسیاری دارند. در این تحقیق به کمک داده‌های مدل GLDAS^۱ با تفکیک افقی ۰/۲۵ درجه، میانگین تابش طول موج‌های کوتاه ورودی (In-SWR)، بلند ورودی (In-LWR)، کوتاه خالص (NSWR) و بلند خالص (NLWR) در مقیاس ماهانه و سالانه برای دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ بررسی گردید. در ژانویه، In-SWR از شرق به غرب و از جنوب به سمت شمال کاهش یافت. مقدار این شار در حوضه‌های زهره و حله بین ۲۴۴ تا ۲۵۴ w/m² متغیر بود. بررسی میانگین NLWR حاکی از مقدار بیشینه آن در قسمت شمال و شمال غرب ایران به دلیل عمق کم جو در نواحی کوهستانی و مقدار کمینه آن در جنوب شرق کشور است و NSW در کل کشور مثبت بود. توزیع فضایی پارامترهای تابش در آوریل مشابه ژانویه بود. در این ماه مقدار NSW بطور تقریبی در کل کشور بیشتر از ۱۹۱ w/m² بود و در ژوئیه، In-SWR در شرق بیشینه و In-LWR در سواحل بیشتر افزایش داشت. NSW در شمال کمینه و NLWR در شمال و جنوب بیشینه بود. مقدار NSW در حوضه‌های زهره، کارون، کرخه و مرزی غرب بین ۲۳۰ تا ۲۴۴ w/m² محاسبه شد. در اکتبر، In-SWR مشابه ماه‌های دیگر نشان داد و In-LWR در بیابان لوت و مرکزی بیشینه بود. NSW در سراسر کشور مثبت و NLWR در شمال و شمال غرب بیشینه و در جنوب شرق کمینه برآورد شد.

کلمات کلیدی: مدل GLDAS، تابش خورشیدی، میانگین تابش طول موج کوتاه ورودی، میانگین تابش طول موج بلند ورودی، میانگین تابش خالص طول موج کوتاه، میانگین تابش خالص طول موج بلند.

1. Global Land Data Assimilation System

مطالعات گسترده جهانی تغییر اقلیم نشان می‌دهد که دمای جهان در قرن گذشته حدود ۰/۷۴ درجه سلسیوس افزایش یافته است (IPCC, ۲۰۰۷). تغییر اقلیم منجر به تغییرات مهمی در سامانه‌های طبیعی و انسانی، منابع تولید و فعالیت‌های اقتصادی شده است. بنابراین استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از راه‌حل‌های بحران‌های ناشی از تغییر اقلیم است و استفاده از انرژی خورشیدی و انرژی سطح زمین سهم بسیاری از مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین، تابش خورشید یک پارامتر اصلی برای درک بهتر اقلیم و فرآیندهای آن است. بررسی تغییرات تابش خورشید در سطح زمین در برآورد اثرات تغییر اقلیم بر روی پارامترهای آبی (تبخیر، تعرق، تغییرات رطوبتی خاک، نیاز آبی) و توازن انرژی جو نقش مهمی ایفا می‌کند. منبع اصلی تابش زمین، تابش خورشید است. مقدار کل انرژی خورشیدی که در مدتی معین، به سطح مشخصی می‌رسد، ضمن عبور از جو، دستخوش تغییرات اندکی می‌شود و براساس عواملی نظیر ارتفاع خورشید (یا زاویه تابش)، مدت تابش، جرم کلی جو، غلظت ترکیبات جو و نیز چگونگی پوشش سطح زمین، با تغییراتی محلی همراه است. بطور کلی تابش خورشید پس از عبور از جو ضعیف شده و بخشی از آن که تابش مستقیم خورشید نام دارد، به سطح زمین می‌رسد. بخشی از این انرژی تضعیف شده توسط اجزای جو پراکنده می‌شود و بخشی از این پرتوها به سمت زمین می‌رسند (تابش آسمان) و بخش دیگر مجدداً در جو پراکنده می‌شود. تابش خالص از توازن تابشی بین تابش خالص طول موج کوتاه^۱ (NSWR) و تابش خالص طول موج بلند در سطح زمین^۲ (NLWR) بدست می‌آید (آریا و مالیک، ۲۰۰۹). تابش زمینی توسط اجزای جو که در ترازهای مختلف دارای دما و فشار متفاوتی هستند، جذب می‌شود. این اجزاء طبق قانون استفان-بولتزمن، متناسب با توان چهارم دمایشان تابش می‌کنند. بخش زمین‌سوی این تابش طول موج بلند ورودی (In-LWR) نامیده می‌شود. NSW از تفاوت تابش طول موج کوتاه ورودی (In-SWR) و تابش طول

موج کوتاه خروجی از سطح زمین (Out-SWR) بدست می‌آید. به بیان دیگر NSW، طول موج کوتاه جذب شده توسط سطح زمین در واحد سطح است. NLWR از تفاوت تابش طول موج بلند خروجی از سطح زمین (Out-LWR) و تابش طول موج بلند رسیده به سطح زمین (In-LWR) بدست می‌آید.

از آنجایی که تابش خورشید یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار در توازن حرارتی جو است، اساس بیشتر مطالعات اقلیمی را تشکیل داده و در مطالعات بسیاری این پدیده مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه براین، تابش طول موج کوتاه و بلند در بسیاری از مدل‌های پیش‌بینی وضع هوا و اقلیم نیز بکار برده می‌شود (مدیری و همکاران، ۱۳۹۲).

سلیقه و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی بارش‌های بهاری و تابش طول موج بلند خروجی زمین را در شمال‌غرب ایران بررسی کردند. آنها از طریق ترسیم نقشه‌های اقلیمی و استفاده از تابش طول موج بلند خروجی زمین تحلیل هم‌مدیدی این بارش‌ها را انجام دادند و با بررسی نقشه‌های اقلیمی در سطوح مختلف جو و سطح زمین و نیز تهیه نقشه اشعه طول موج بلند بازتابشی زمین شرایط شکل‌گیری بارش‌های هم‌رفتی را در شمال‌غرب کشور مطالعه کردند.

رشیدزاد و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی پتانسیل اقلیمی و تابش منطقه هلجرد (استان البرز) را برای احداث نیروگاه فتوولتائیک بررسی کردند. برای این منظور پس از شناسایی نزدیکترین ایستگاه‌های هواشناسی، با محاسبه میانگین‌های بلندمدت ماهانه دما، رطوبت نسبی، تابش روزانه و سمت و سرعت باد، پتانسیل اقلیمی و تابش خورشیدی را در بازه ۲۰۰۸-۱۹۸۵ مورد بررسی قرار دادند.

در پژوهشی دیگر مدیری و همکاران (۱۳۹۲) تابش کل دریافتی سطح زمین و شیب تغییرات آن را با استفاده از روش‌های کنترل کیفیت داده‌ها و روندیابی‌های توصیه شده توسط سازمان هواشناسی جهانی، محاسبه، تحلیل و در دو نقطه جغرافیایی با اقلیم نیمه‌خشک، مورد سنجش

قرار دادند. نتایج نشان داد که ایستگاه کرمانشاه در سطح ۹۹٪ و تبریز در سطح معناداری ۹۵٪ ضریب همبستگی پیرسون قرار دارند. همچنین با افزایش شماره سال‌های آماری، با شیب مناسبی تابش سالانه افزایش پیدا کرده است که این از روند صعودی تابش کل سالانه در ایستگاه‌ها حکایت دارد.

فلاح و همکاران (۱۳۹۸) تغییرات زمانی و مکانی تابش ورودی طول موج کوتاه در سطح زمین حاصل از GLDAS^۳ را در حوضه آبریز دریای خزر مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که اعتبارسنجی داده‌های GLDAS حاکی از تطابق خوب این داده‌ها با داده‌های تابش خورشیدی دیدبانی ایستگاه‌های زمینی در مناطق مرطوب است.

بطور کلی، هدف از سامانه جهانی داده‌گویی زمینی (GLDAS)، دریافت داده‌های دیدبانی ماهواره‌ای و زمینی و ایجاد مجموعه داده‌های بهینه سطح زمین و شار آنها با استفاده از مدل‌های پیشرفته سطح زمین و روش‌های داده‌گویی است (رودل و همکاران، ۲۰۰۵).

در مطالعه‌ای در چین، داده‌های تابش طول موج کوتاه و بارش حاصل از مدل‌های CN05.1، CMFD^۴، و CLDAS^۵ طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۴ با یکدیگر و با داده‌های دیدبانی ایستگاه‌های زمینی مقایسه شدند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج نشان دادند تابش طول موج کوتاه حاصل از مدل CMFD تا حد زیادی با دیدبانی‌های ایستگاهی سازگار است، درحالی‌که مدل‌های CLDAS و GLDAS تابش طول موج کوتاه را فرابار آورده کردند. هر سه سری داده ویژگی‌های اصلی توزیع مکانی را دربرداشتند، اما تخمین مدل‌های CLDAS و GLDAS به طور سیستماتیک از مدل CMFD در چین بالاتر بود. میری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی ضمن معرفی مدل جهانی GLDAS، دقت داده‌های این مدل را در مقابل داده‌های دیدبانی ایستگاه‌های همدیدی کشور ارزیابی کردند. آنها برای ارزیابی این مدل، میانگین داده‌های دمای

ماهانه ۶۶ ایستگاه همدیدی با پراکنش مناسب در سطح ایران و نیز داده‌های مدل GLDAS با دقت مکانی ۲۵/۰ × ۲۵/۰ درجه جغرافیایی را از سایت‌های مربوطه دریافت و پردازش کردند. نتایج این تحقیق بیانگر دقت مناسب برآوردهای مدل جهانی GLDAS برای داده‌های سطح زمین در ایران بود.

احمدی و همکاران (۱۳۹۷) دقت برآورد بارش و رواناب را در استان قزوین با استفاده از مدل GLDAS و داده‌های اندازه‌گیری شده در ۹ ایستگاه همدیدی و باران‌سنجی و ۸ ایستگاه هیدرومتری ارزیابی کردند. بدین منظور از داده‌های جهانی سطح زمین (GLDAS) با تفکیک مکانی ۲۵/۰ × ۲۵/۰ در مقیاس ماهانه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ برای ایستگاه‌های همدیدی و باران‌سنجی واز سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ برای ایستگاه هیدرومتری استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که بین داده‌های بارش و رواناب با مدل GLDAS همبستگی خوبی وجود دارد و استفاده از داده‌های رواناب و بارش مدل GLDAS را در حوضه مورد مطالعه، در نقاطی که دسترسی به آنها دشوار است پیشنهاد کردند.

در پژوهشی فرجی و همکاران (۱۳۹۶) روشی برای افزایش دقت پارامتر تبخیر- تعرق و کالیبراسیون داده‌های بارش حاصل از مدل GLDAS ارائه دادند و نیز داده‌های تبخیر- تعرق، بارش و دمای آن را بعنوان جایگزینی مناسب برای داده‌های مشاهداتی در مناطق فاقد آمار و غیرقابل دسترس معرفی کردند.

در پژوهشی دیگر، موقری و خسروی (۱۳۹۳) جهت محاسبه میزان پرتو فرابنفش، ۹۴ نقطه نماینده با بهترین پراکنش در گستره ایران را انتخاب و میانگین شاخص پرتو فرابنفش را در دوره آماری ۲۰۱۱-۲۰۰۰ برای تمام ماه‌ها محاسبه کردند. آنها به روش درونیابی IDW تحلیل فضایی توزیع مکانی شاخص فرابنفش در مقیاس ماهانه و فصلی را انجام دادند و نتیجه گرفتند که در دوره گرم سال، ارتفاعات بیشتر و عرض‌های پایین‌تر به ویژه استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان و فارس دارای میزان پرتو فرابنفش بیشتر بوده و در مقابل استان‌های

3. Global Land Data Assimilation System

4. China Meteorological Forcing Dataset

5. China Land Data Assimilation System

ماهانه (در اینجا به طور نمونه برای ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئیه و اکتبر دوره مورد نظر) به همراه نتایج سالانه در این دوره ارائه شده است.

معرفی مدل جهانی سامانه داده‌گذاری زمین‌ی (GLDAS)

مدل GLDAS به طور مشترک توسط سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا⁶ (NASA) و سازمان ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جو آمریکا⁷ (NOAA) با هدف شبیه‌سازی دقیق متغیرهای جریان و شرایط چرخه آب و انرژی، جهت تولید محصولات مختلف توسعه داده شده است (رودل و همکاران، ۲۰۰۴). پوشش جهانی، قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا به همراه سامانه مدل‌سازی ترکیبی داده‌های سنجش از دور و مشاهدات زمین‌ی از ویژگی‌های منحصربفرد این مدل است. این مدل متغیرهای سامانه جو- زمین را در مقیاس‌های زمانی ماهانه و ۳ ساعته با قدرت تفکیک مکانی ۱ و ۲۵ / درجه جغرافیایی برآورد می‌کند.

این مدل در واقع با هدف ادغام محصولات ماهواره‌ای و دیدبانی زمین‌ی با استفاده از مدل‌سازی و روش‌های پیشرفته داده‌گذاری جهت برآوردهای مطلوب از شار سطح زمین و منابع آب و انرژی طراحی شده است (بنجامین و همکاران، ۲۰۱۰) و (روبی و بیودوینگ، ۱۹۹۱). در حال حاضر داده‌های این سامانه جهانی در دو نسخه ۲۰ و ۲۰.۱ با طول دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۴۸ و ۲۰۱۵-۲۰۰۰ در دسترس است که داده‌های این سامانه از چهار مدل سطح زمین شامل: CLM⁸، Noah⁹، Mosaic¹⁰ و VIC¹¹ حاصل می‌شود (رودل و همکاران، ۲۰۰۴) و (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۴). ویژگی‌های اصلی داده‌های این مدل در جدول ۱ ارائه شده است (روبی و همکاران،

گیلان، مازندران، گلستان، اردبیل، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی پرتو کمتری دریافت می‌کنند.

پلرودی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵) روند تغییرات بارش- رواناب را در حوضه سد دوستی با استفاده از مدل GLDAS بررسی کردند. برای این منظور از داده‌های جهانی سطح زمین در ۷ پیکسل ۱/۵×۱/۵ درجه‌ای بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ تا ۳۶/۵ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۹/۵ تا ۶۷ درجه غربی استفاده شد. نوع تغییرات و روند داده‌های مدل از طریق شبیه‌سازی، ضریب همبستگی پیرسون، آزمون‌های من- کندال و من- کندال دنباله‌ای طی ۱۰ سال از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ به صورت فصلی و سالانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از تحلیل داده‌ها نشان داد که در شرق و جنوب شرقی حوضه مورد مطالعه همبستگی بین بارش و رواناب ضعیف‌تر از سایر نقاط بوده است. در ارتباط با داده‌های فصلی، بارش تنها در فصل بهار در دو پیکسل ۵ و ۷ و رواناب در پیکسل ۷ در فصل‌های زمستان و تابستان روند منفی تشخیص داده شد. نتایج این مدل نشان داد که مدل GLDAS جهت مطالعه بارش- رواناب در مناطقی که دسترسی به داده‌های زمین‌ی دشوار است، می‌تواند بسیار کاربردی و مفید باشد زیرا امکان بررسی مناطق وسیع با هزینه کم را دارا می‌باشد.

مقاله حاضر با هدف بررسی اقلیمی پارامتر تابش از طریق محاسبه تابش مستقیم و تابش پراکنده در ایران طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ میلادی انجام شده است. این مطالعه بخشی از نتایج طرح پژوهشی «طراحی و توسعه مدل پایگاه تامین اطلاعات هواشناسی مورد نیاز سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی کشور» می‌باشد که در پژوهشگاه هواشناسی انجام شده است (پژوهشگاه هواشناسی، ۱۳۹۶). با توجه به عدم دسترسی به داده‌های تابش ایستگاه‌های هواشناسی، از داده‌های بازتحلیل مدل GLDAS با قدرت تفکیک ۰/۲۵ درجه قوسی در مختصات کروی، برای دوره ۳۰ ساله ۲۰۱۰-۱۹۸۱- استفاده شد. بررسی میانگین تابش طول موج کوتاه و بلند ورودی، میانگین NSW و میانگین NLWR به صورت

6. National Aeronautics and Space Administration

7. National Oceanic and Atmospheric Administration

8. Community Land Model

9. NOAA/NCEP-Oregon State University-Air Force Research Laboratory-NOAA/Office of Hydrology Land Surface Model

10. Measurement of Ozone and Water Vapor by Airbus In-Service

11. Variable Infiltration Capacity

جدول ۱. ویژگی‌های اساسی داده‌های GLDAS

| مولفه‌های آب و انرژی | فهرست |
|----------------------|----------------------|
| | محدوده عرض جغرافیایی |
| | محدوده طول جغرافیایی |
| | قدرت تفکیک مکانی |
| | قدرت تفکیک زمانی |
| | پوشش زمانی |
| | ابعاد |
| | شبکه اصلی |
| | مدل‌های سطح زمین |

(۲۰۱۵) و (فانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

مواد و روش‌ها

(الف) روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری تابش

برای اندازه‌گیری تابش دو روش عمده وجود دارد، آشکارسازهای گرمایی^{۱۷} که به گرمای گرفته شده یا از دست داده شده در اثر جذب یا انتشار، پاسخ می‌دهند و آشکارسازهای فتوولتائیک^{۱۸} که تابش جذب شده را به ولتاژ تبدیل می‌کنند. تابش طول موج کوتاه خورشیدی باند طیفی ۰/۳ تا ۴ میکرون را شامل می‌شود، ولی با این وجود حتی شیشه‌های دارای بهترین کیفیت تنها نسبت به دامنه ۰/۳ تا ۳ میکرون شفاف هستند و به همین دلیل حد ۳ میکرون در ابزارهای اندازه‌گیری تابش موج کوتاه خورشیدی به عنوان حد بالا پذیرفته شده است. وسایل اندازه‌گیری تابش موج بلند یا تابش زمینی دارای پنجره‌های شفاف نسبت به طول موج‌های ۳ تا ۴ میکرون تا حداقل ۵۰ میکرون می‌باشند (کمالی و مرادی، ۱۳۸۴). اصطلاح عمومی برای تمام وسایل اندازه‌گیری تابش، تابش‌سنج^{۱۹} است. تابش‌سنج‌ها برحسب نوع استفاده

17. Thermal Detector

18. Photovoltaic Detector

19. Radiometer

(۲۰۱۵) و (فانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

داده‌هایی که بعنوان ورودی در این مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند، دربرگیرنده دو دسته کلی اطلاعات هواشناسی و شرایط سطح زمین می‌باشد. داده‌های خروجی این مدل با فرمت اصلی^{۱۲} GRIB منتشر می‌شود و تمامی برنامه‌هایی که قابلیت خواندن این فایل‌ها را دارند (نظیر^{۱۳} WGRIB،^{۱۴} GRADS و غیره) می‌توانند داده‌های مربوط به GLDAS را باز کنند. با وجود این برخی از تارنماهای ارایه کننده داده‌های این مدل، فرمت‌های دیگری همچون^{۱۵} NC را برای کاربران فراهم کرده‌اند. داده‌های این مدل از مراکز و تارنماهای HDISC و^{۱۶} Giovanni در فرمت‌های مختلف حاصل از خروجی‌های مدل‌های نام برده شده با قدرت تفکیک مکانی و زمانی متفاوت قابل دریافت هستند. در جدول ۲ متغیرهای تولید شده توسط مدل GLDAS همراه با مشخصات آنها نشان داده شده است (روی و همکاران،

12. GRIdded Binary or General Regularly-Distributed Information in Binary Form

13. WGRIB is a program to manipulate, inventory and decode GRIB files

14. Grid Analysis and Display System

15. NetCDF

16. It is a male Italian given name (from Latin Iohannes). It is the Italian equivalent of John.

جدول ۲. پارامترهای ژئوفیزیکی تولید شده از مدل GLDAS

| کد محصول | نام کامل محصول | واحد اندازه‌گیری |
|----------|--------------------------------------|---|
| 001 | فشار سطح زمین | پاسکال (Pa) |
| 011 | دمای هوا در ۲ متری | کلوین (K) |
| 032 | سرعت باد در ۲ متری | متر بر ثانیه (m/s) |
| 051 | رطوبت ویژه در ۲ متری | کیلوگرم بر کیلوگرم (kg/kg) |
| 057 | مجموع تبخیر و تعرق | کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²) |
| 065 | آب معادل برف | کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²) |
| 071 | مجموع ذخیره آب تاج پوشش ^۱ | کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²) |
| 085 | میانگین دمای لایه‌های خاک | کلوین (K) |
| 086 | میانگین رطوبت لایه‌های خاک | کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²) |
| 099 | مقدار ذوب برف | کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه (kg/m ² /s) |
| 111 | NSWR در سطح زمین | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 112 | NLWR در سطح زمین | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 121 | شار گرمای نهان | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 122 | شار گرمای محسوس | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 131 | نرخ بارش برف | کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه (kg/m ² /s) |
| 132 | نرخ بارش باران | کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه (kg/m ² /s) |
| 138 | میانگین دمای سطح زمین | کلوین (K) |
| 155 | شار حرارت زمین | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 204 | تابش طول موج کوتاه سطح زمین | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 205 | تابش طول موج بلند سطح زمین | وات بر متر مربع (W/m ²) |
| 234 | مقدار رواناب زیر سطحی | کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²) |
| 235 | مقدار رواناب سطحی | کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²) |

¹. Canopy cover

طبقه‌بندی می‌شوند که برخی از مهمترین آنها عبارتند از پیرهلیمتر^{۲۰} (سنجش تابش مستقیم نرمال یا تابش مستقیم خورشیدی دریافتی روی سطح عمود بر جهت تابش)، پیرانومتر^{۲۱} (اندازه‌گیری تابش کل موج کوتاه خورشیدی)، پیرژئومتر^{۲۲} (اندازه‌گیری تابش موج بلند)، پیررادیمتر^{۲۳} (اندازه‌گیری تابش کل موج کوتاه و موج بلند)، نت پیررادیمتر^{۲۴} (اندازه‌گیری اختلاف تابش ورودی و تابش خروجی)، آلبدومتر^{۲۵} (اندازه‌گیری اختلاف بین تابش ورودی و تابش باز یافت شده)، انتگراتور^{۲۶} (خروجی تابش سنج‌ها را که معمولاً بر حسب ولت می‌باشد

20. Pyheliometer
21. Pyranometer
22. Pyrgeometer
23. Pyrradiometer
24. Net pyrradiometer
25. Albedometer
26. Integrator

به رقوم^{۲۷} تبدیل می‌کند).

(ب) تابش خالص طول موج کوتاه در سطح زمین (NSWR)

NSWR از تفاوت بین In-SWR و Out-SWR به دست می‌آید. به بیان دیگر NSWR، مقدار تابش طول موج کوتاه جذب شده توسط سطح زمین در واحد سطح است (W/m²)، که از رابطه (۱) بدست می‌آید.

$$NSWR (W/m^2) = [SWR (W/m^2) + DIFSWR (W/m^2)] (1 - Albedo) \quad (1)$$

که در آن SWR تابش مستقیم طول موج کوتاه، DIFSWR تابش طول موج کوتاه پراکنده و Albedo آلبدوی زمین می‌باشد. آن در صورت وجود آلبدوی بالا (بعنوان مثال بر روی برف)، (آلبدو - ۱) مقدارش کم

27. Digit

استفاده می‌کنند. از این رو داده‌های GLDAS نسبت به سایر مدل‌ها از دقت بالاتری برخوردار است (نوری و همکاران، ۱۳۹۸).

نتایج و بحث

میانگین تابش طول موج‌های کوتاه و بلند ورودی، تابش خالص طول موج کوتاه و بلند برای دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۱) با استفاده از داده‌های بازتحلیل مدل GLDAS با گام افقی ۰/۲۵ درجه در مختصات کروی برای ایران در مقیاس ماهانه و سالانه انجام شد. در اینجا به طور نمونه نتایج تحلیل برای ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئیه، اکتبر به همراه نتایج سالانه ارائه شده است.

در شکل ۱-الف میانگین In-SWR در ماه ژانویه طی دوره مورد مطالعه نشان داده شده است. به علت کج بودن محور زمین، طول روز در زمستان در نواحی جنوبی بیش از نواحی شمالی است. باید توجه داشت که در زمستان، عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر نسبت به عرض‌های بالاتر بیشتر تحت تاثیر انرژی تابشی قرار می‌گیرند، بنابراین به دلیل ارتفاع بیشتر خورشید در شرق، ناهموازی‌ها و جهت‌های شیب در غرب، انرژی ورودی موج کوتاه از شرق به غرب و از جنوب به شمال کاهش می‌یابد. مقدار شار In-SWR از جنوب به شمال رو به کاهش است. مقدار این شار در حوضه‌های زهره و حله بین ۲۴۴ تا ۲۵۴ وات برمترمربع متغیر می‌باشد و به سوی شمال رو به کاهش است. بررسی پراکندگی میانگین In-LWR در این ماه نشان دهنده افزایش آن در نواحی ساحلی و کم ارتفاع به سبب افزایش ضخامت جو و وجود بخار آب و نیز کاهش آن در نواحی مرتفع بدلیل کاهش ضخامت جو و محتوای بخار آب است. مقدار این شار از خوزستان به سمت دامنه‌های غربی زاگرس با افزایش ارتفاع، کاهش یافته است. بطوریکه In-LWR در ناهموازی‌های زاگرس و امتداد آن تا قسمت‌های شمالی آذربایجان کاهش یافته است. مقدار این انرژی در بیابان لوت و کویر مرکزی قابل توجه است و به صورت تقریبی در این نواحی بیشینه In-LWR وجود دارد. در سواحل دریای خزر با

می‌شود و در نتیجه NSW کاهش می‌یابد. بنابراین NSW مقدار تابش طول موج کوتاهی است که توسط زمین جذب می‌شود، برای نواحی با آلبیدو بالا، مثل سطح پوشیده از برف، تابش طول موج کوتاه جذب شده کمتر از سطح پوشیده از پوشش گیاهی می‌باشد.

(ج) تابش خالص طول موج بلند در سطح زمین (NLWR)

NLWR از تفاوت بین In-LWR و Out-LWR به دست می‌آید (رابطه (۲)).

$$NLWR (W/m^2) = In-LWR (W/m^2) - Out-LWR (W/m^2) \quad (2)$$

که در آن In-LWR (W/m^2) تابش طول موج بلند رسیده به سطح زمین و Out-LWR (W/m^2) تابش طول موج بلند خروجی از سطح زمین می‌باشد.

(د) مدل جهانی سامانه داده‌گذاری داده‌های زمینی (GLDAS)

مدل جهانی سامانه داده‌گذاری داده‌های زمینی (GLDAS) را می‌توان نسخه پیشرفته‌تر NCEP^{۲۸} دانست. برای برآورد تابش در مدل NCEP از روش داده‌گذاری جهانی (GDAS)^{۲۹} استفاده می‌شود که روش عملیاتی داده‌گذاری جوی NCEP است (دربار و پاریش، ۱۹۹۱). از طرف دیگر، محصول GLDAS با بکارگیری سامانه‌های پیشرفته مشاهداتی و سامانه‌های داده‌گذاری جوی پارامترهای خود برآورد می‌کند (رودل و همکاران، ۲۰۰۴). مزیت انرژی‌های برآورد شده توسط این مدل در استفاده آن از پوشش ابر به دست آمده توسط داده‌های ماهواره‌ای محصول ۳ ساعته مربوط به سامانه مدل‌سازی هواشناسی کشاورزی (AGRMET)^{۳۰} آژانس آب و هوایی نیروی هوایی (AFWA)^{۳۱} است. در مقابل آن سامانه‌های داده‌گذاری جوی مانند GDAS در محاسبات تابش تنها از پوشش‌های ابری برپایه مدل

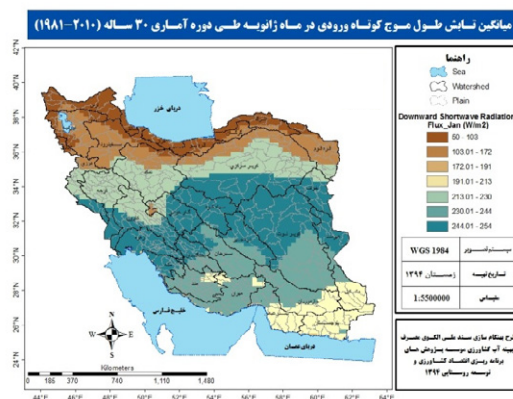
28. National Centers for Environmental Prediction

29. Global Data Assimilation System

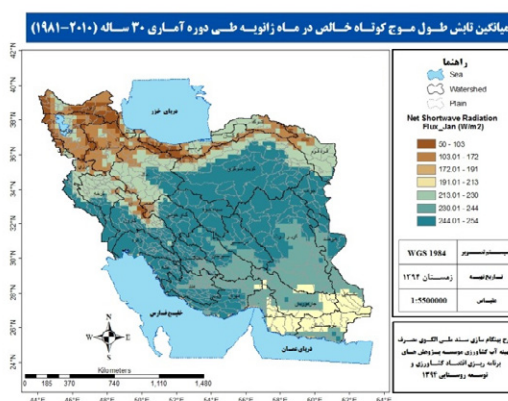
30. Agricultural Meteorology Modeling System

31. Air Force Weather Agency

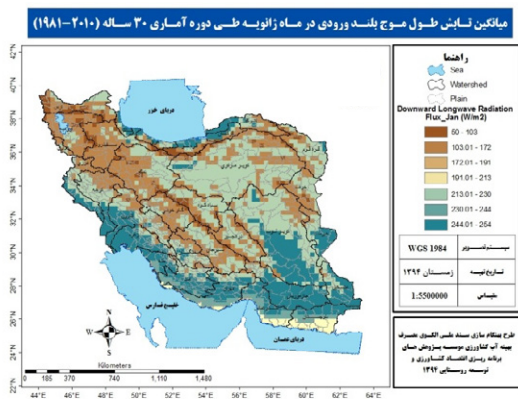
(الف)



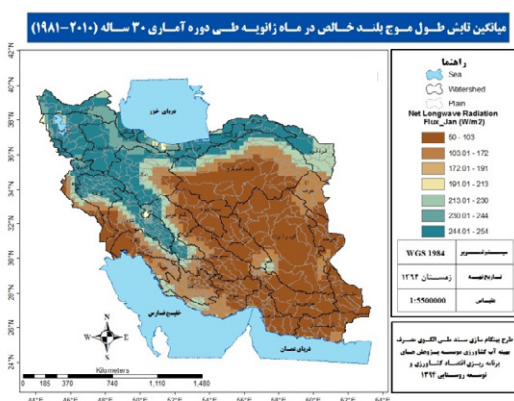
(ج)



(ب)



(د)



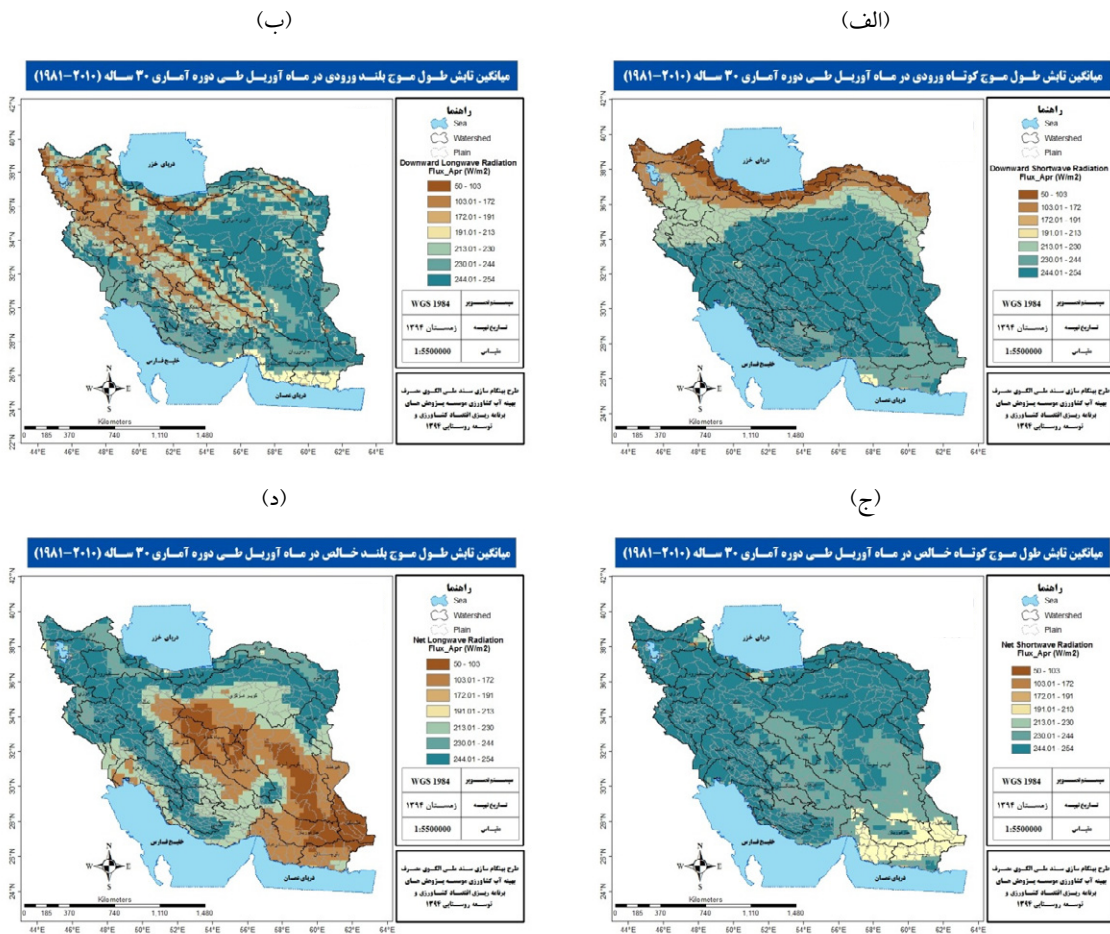
شکل ۱. (الف) میانگین In-SWR، (ب) میانگین In-LWR، (ج) میانگین NSWR، (د) میانگین NLWR در ماه ژانویه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

افزایش بخار آب به سوی ساحل بر مقدار شار افزوده شده و به مقدار بالای ۲۴۴ وات بر متر مربع رسیده است. در نواحی جنوب کشور نیز مقدار شار طول موج بلند ورودی، بیشینه است (شکل ۱-ب).

شکل ۱-ج میانگین NSWR در ماه ژانویه را نشان می‌دهد. مطابق آن مقدار تابش خالص در کل کشور مثبت است که معرف دریافت انرژی توسط زمین و گرم شدن آن است. مقدار این شار به سبب کاهش شارهای ورودی از جنوب به شمال کاهش یافته و در حوضه زهره بیش از ۲۴۴ وات بر متر مربع است که به سوی ارتفاعات زاگرس به دلیل افزایش سپیدایی کاهش یافته است و در حوضه‌های ارس، سفیدرود و ارومیه به کمتر از ۱۰۳ وات بر متر مربع رسیده است. مقدار این شار در نواحی

مرکزی و شرقی به سمت شمال کشور کاهش یافته است. بررسی میانگین NLWR حاکی از مقدار بیشینه آن در قسمت شمال و شمال غرب ایران و مقدار کمینه آن در جنوب شرق کشور است (شکل ۱-د). بدلیل عمق کم جو در نواحی کوهستانی مقدار شار خالص طول موج بلند افزایش می‌یابد.

در ماه آوریل دوره مورد نظر شار In-SWR از جنوب به سوی شمال کاهش یافته و کمینه آن بدلیل ارتفاع اندک خورشید و عرض جغرافیایی بالاتر در شمال کشور مشاهده می‌شود (شکل ۲-الف). مقدار شار In-LWR در این ماه از جنوب به شمال و از شرق به غرب کاهش یافته است. الگوی توزیع این شار نشان‌دهنده افزایش آن در سواحل جنوبی و شمالی و کاهش آن در ارتفاعات داخلی



شکل ۲. (الف) میانگین تابش طول موج کوتاه ورودی، (ب) میانگین LWR ورودی، (ج) میانگین NSWR، (د) میانگین NLWR در ماه آوریل طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

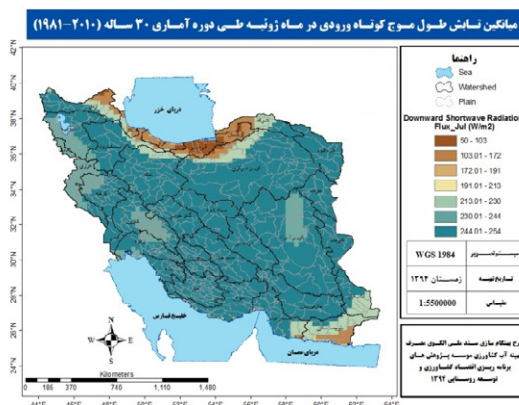
است که به سمت شمال شرق کاهش می‌یابد (شکل ۳-الف). الگوی پراکندگی شار میانگین In-LWR در ماه ژوئیه نشان دهنده افزایش آن در کرانه‌های ساحلی پست جنوب و شمال بدلیل افزایش ضخامت جو، بخار آب و ابرناکی بیش از سایر نواحی است و در نواحی داخلی فلات و بویژه بر روی کوهستان‌ها و زمین‌های مرتفع به سبب کاهش ضخامت جو مقدار آن کاهش یافته است (شکل ۳-ب).

مطالعه میانگین NSWR در این ماه نشان می‌دهد که مقدار کمینه این شار در نواحی شمالی کشور و در کرانه‌های ساحلی دریای خزر است و در نواحی مرکزی کویر لوت و کویر مرکزی به سبب بیشینه بودن مقدار

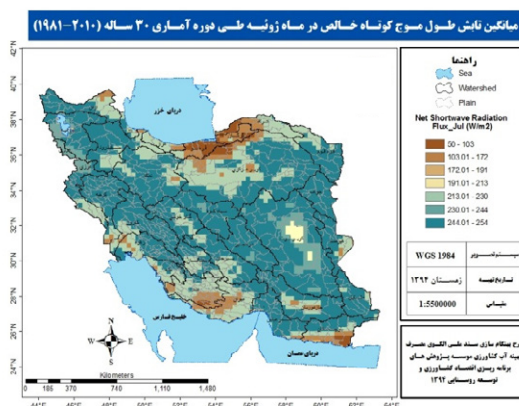
فلات ایران است (شکل ۲-ب). در این ماه مقدار شار طول موج کوتاه خالص به طور تقریبی در کل کشور بیشتر از ۱۹۱ وات بر متر مربع است و از جنوب به شمال رو به افزایش است (شکل ۲-ج) و میانگین طول موج بلند خالص نیز از جنوب به شمال افزایش یافته، بطوریکه در نواحی شمال و شمال غرب رو به بیشینه است (شکل ۲-د).

بررسی میانگین In-SWR در ماه ژوئیه طی دوره مورد نظر نشان داد که مقدار این شار در حوضه‌های زهره، کارون، کرخه و مرزی غرب بین ۲۳۰ تا ۲۴۴ وات بر متر مربع است که بسوی ارتفاعات زاگرس مقدار آن کمی افزایش می‌یابد. مقدار این شار در شرق کشور بیشینه

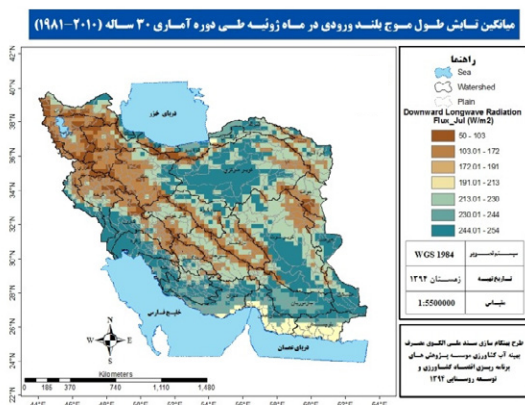
(الف)



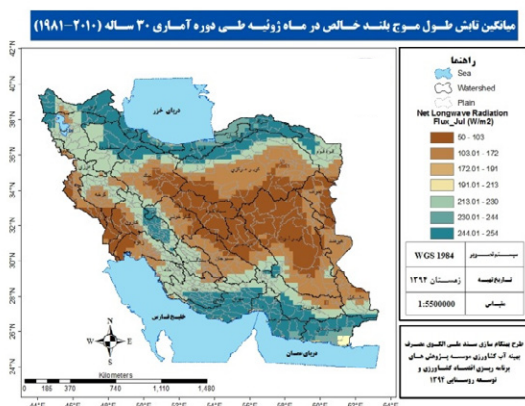
(ج)



(ب)



(د)



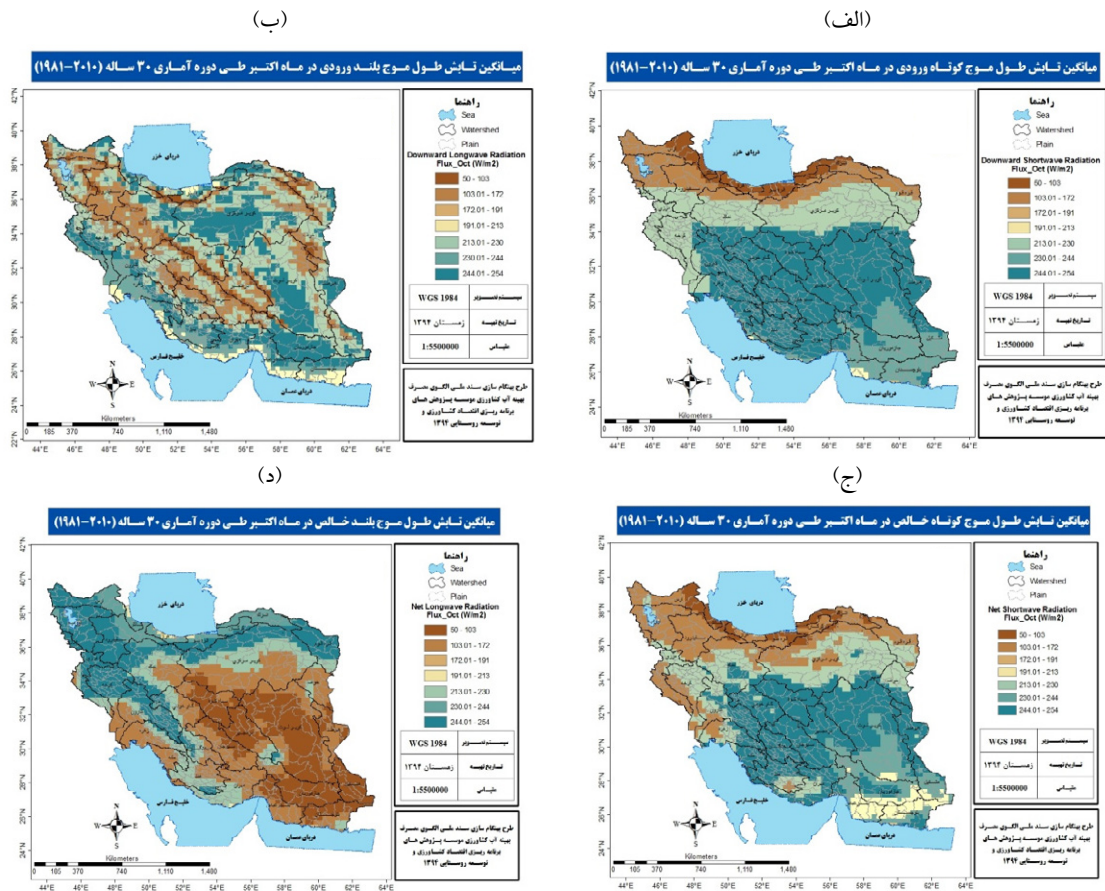
شکل ۳. میانگین تابش طول موج کوتاه ورودی، (ب) میانگین LWR ورودی، (ج) میانگین NSWR، (د) میانگین NLWR در ماه ژوئیه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

سپیدایی، از مقدار این شار کاسته شده است (شکل ۳-ج). همچنین مقدار شار میانگین NLWR در ماه ژوئیه در نواحی شمالی در کرانه‌های ساحلی دریای خزر و در نواحی جنوبی در کرانه‌های ساحلی دریای عمان و خلیج فارس بیشینه است (شکل ۳-د).

در بررسی میانگین In-SWR در ماه اکتبر دوره مذکور (شکل ۴۷-الف) باید توجه داشت که در زمستان عرض‌های کم بیشتر از عرض‌های بالا تحت تاثیر انرژی تابشی قرار می‌گیرند، بنابراین بدلیل ارتفاع بیشتر خورشید در شرق، ناهموازی و جهت شیب در غرب، میزان انرژی ورودی موج کوتاه از شرق به غرب و از جنوب به شمال کشور کاهش یافته است. در نتیجه به علت ارتفاع بیشتر

خورشید در نواحی جنوبی خوزستان از شار In-SWR بیشتری نسبت به کرمانشاه و آذربایجان برخوردار است. مقدار شار میانگین In-LWR در این ماه از خوزستان به سمت دامنه‌های غربی زاگرس با افزایش ارتفاع کاهش یافته است. بطوریکه در ناهموازی‌های زاگرس و امتداد آن تا قسمت‌های شمالی آذربایجان کاهش یافته است. مقدار این انرژی در بیابان لوت و کویر مرکزی قابل توجه است و به صورت تقریبی در این نواحی مقدار آن بیشینه است (شکل ۴-ب).

میانگین NSWR در این ماه در کل کشور مثبت است و در نتیجه زمین در حال دریافت انرژی و گرم شدن است (شکل ۴-ج). بطور کلی پراکندگی شار تابش خالص تحت

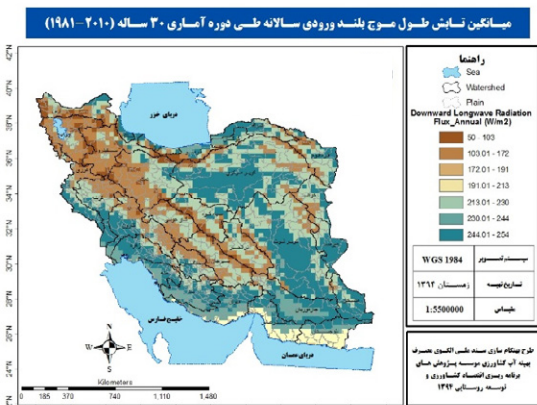


شکل ۴. (الف) میانگین In-SWR، (ب) میانگین LWR ورودی، (ج) میانگین NSWL، (د) میانگین NLWR در ماه اکتبر طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

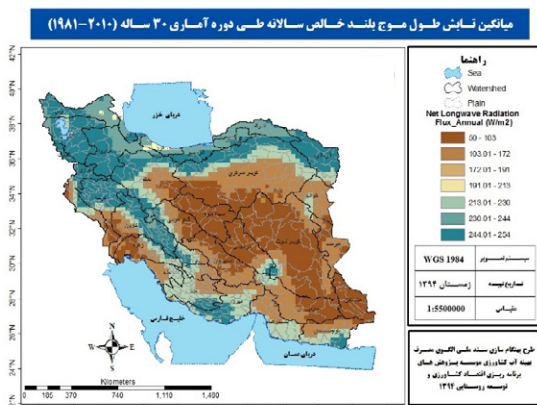
است (شکل ۵-الف). همچنین میانگین In-LWR سالانه در این دوره معرف کاهش مقدار این شار از نواحی ساحلی شمال و جنوب به سوی فلات داخلی است (شکل ۵-ب). بطور کلی مقدار این کمیت به دلیل ضخامت اندک جو بر روی ارتفاعات کاهش یافته و در مناطق کم ارتفاع و پست به سبب ضخامت بیشتر جو و افزایش بخار آب و آتروسول‌ها با افزایش همراه است. مقدار شار ورودی در نواحی زاگرس و آذربایجان دارای کمترین مقدار است. در سواحل دریای خزر نیز به سبب ارتفاع کمتر، ابرناکی بیشتر و افزایش بخار آب جو بر مقدار شار افزوده شده است. (شکل ۵-ج) میانگین NSWL سالانه را در این دوره

تاثیر پراکندگی سپیدایی سیاره‌ای است. مقدار این شار از آبادان و خرمشهر به سمت کوهپایه‌های زاگرس و حوضه آبریز کارون و کرخه بدلیل کاهش سپیدایی سیاره‌ای افزایش یافته است. بر روی زاگرس با افزایش ارتفاع بر میزان تابش خالص افزوده شده و در نواحی شمال ایران از مقدار این شار کاسته شده است. میانگین NLWR در شمال و شمال غرب ایران مقدار بیشینه و در جنوب شرق کمترین مقدار را دارد (شکل ۴-د).
بررسی سالانه میانگین In-SWR طی دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) نشان داد که شار In-SWR از سواحل دریای عمان بسوی شمال کاهش یافته است. سپیدایی محلی نیز در سواحل دریای عمان بیش از ۳۰ درصد

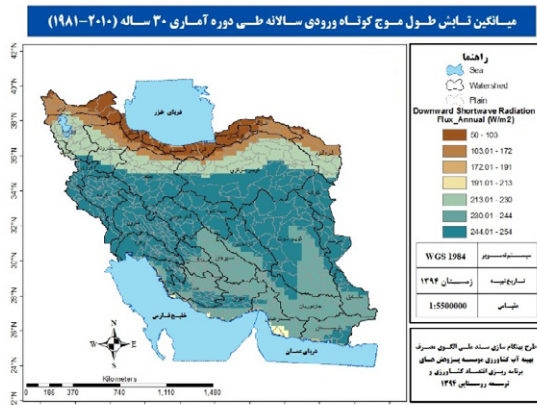
(ب)



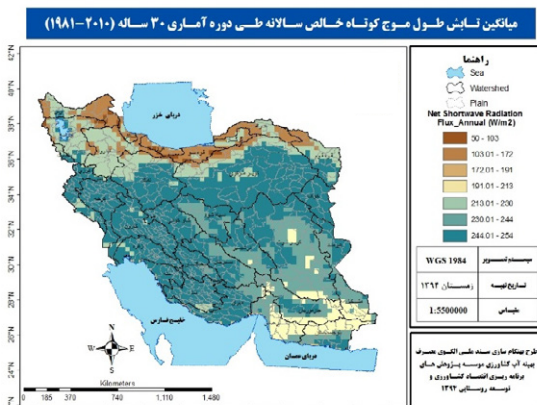
(د)



(الف)



(ج)



شکل ۵. (الف) میانگین In-SWR، (ب) میانگین LWR ورودی، (ج) میانگین NSWR، (د) میانگین NLWR سالانه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰)

شمال و شمال غرب ایران و کمترین آن در جنوب شرق ایران، در حوضه‌های مشکیل، جازموربان، بلوچستان و بندرعباس است.

به طور خلاصه، تغییرات میانگین‌های In-SWR، In-LWR و NSWR در ایران طی ماه‌های مورد نظر دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ میلادی به همراه تغییرات سالانه این دوره، در جدول ۳ نشان داده شده است.

جمع‌بندی

بطور خلاصه نتایج بررسی میانگین تابش طول موج کوتاه و بلند ورودی و نیز میانگین تابش طول موج کوتاه

نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که مقدار تابش خالص از جنوب به سمت شمال کاهش یافته، اما در سواحل جنوبی به سبب افزایش شارهای ورودی، مقدار شار خالص نیز بیشینه است. در حوضه‌های مند، بختگان، حله، زهره، سیاه‌کوه، گاوخونی و نواحی جنوبی کویر مرکزی نیز مقدار شار خالص بیشینه می‌باشد. در حوضه بیابان لوت به دلیل افزایش سپیدایی از مقدار این شار کاسته شده و هرچه به سمت شمال پیش می‌رویم، از مقدار آن کم می‌شود، بطوری‌که کمترین مقدار آن در نواحی شمال و شمال غرب ایران می‌باشد. میانگین NLWR سالانه طی این دوره (شکل ۵-د) حاکی از بیشینه این مقدار در قسمت

جدول ۳. تغییرات میانگین‌های In-SWR، In-LWR، NSW و NLWR در ایران طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ میلادی

| میانگین NLWR | میانگین NSW | میانگین In-LWR | میانگین In-SWR | |
|---|---|---|----------------------------------|--------|
| شمال غرب به جنوب شرق - کاهش | جنوب به شمال - کاهش | خوزستان به سمت دامنه‌های غربی زاگرس - کاهش | جنوب به شمال - کاهش | ژانویه |
| از جنوب به شمال - افزایش | جنوب به شمال - افزایش | جنوب به شمال و شرق به غرب - کاهش | جنوب به شمال - کاهش | آوریل |
| در کرانه‌های ساحلی دریای خزر و در کرانه‌های ساحلی دریای عمان و خلیج فارس - بیشینه | در نواحی شمالی و در کرانه‌های ساحلی دریای خزر - کمینه | در کرانه‌های ساحلی پست جنوب و شمال - افزایش | شرق به شمال شرق - کاهش | ژوئیه |
| شمال و شمال غرب - بیشینه | آبادان و خرمشهر به سمت کوهپایه‌های زاگرس و حوضه آبریز کارون و کرخه - افزایش | خوزستان به سمت دامنه‌های غربی زاگرس با افزایش ارتفاع - کاهش | شرق به غرب و جنوب به شمال - کاهش | اکتبر |
| شمال و شمال غرب - بیشینه | جنوب به شمال - کاهش | نواحی ساحلی شمال و جنوب بسوی فلات داخلی - کاهش | جنوب به شمال - کاهش | سالانه |

در ماه آوریل برای دوره اقلیمی مورد نظر، شار تابش طول موج کوتاه ورودی از جنوب به شمال کاهش یافته و به دلیل ارتفاع کم خورشید و عرض جغرافیایی بالاتر کمینه آن در شمال کشور رخ داده است. مقدار شار تابش طول موج بلند ورودی در این ماه از جنوب به شمال و از شرق به غرب کاهش یافته و الگوی توزیع آن معرف افزایش این شار در سواحل جنوبی و شمالی و کاهش آن در ارتفاعات داخلی فلات ایران بوده است. در این ماه مقدار شار طول موج کوتاه خاص به طور تقریبی در کل کشور بیشتر از ۱۹۱ وات بر متر مربع بوده و از جنوب به شمال افزایش یافته است. همچنین در ماه آوریل میانگین طول موج بلند خالص نیز از جنوب به شمال افزایش داشته، بطوریکه بیشینه آن در نواحی شمال و شمال غرب کشور مشاهده شده است.

میانگین شار تابش طول موج کوتاه ورودی در ماه ژوئیه دوره مورد مطالعه در شرق کشور بیشینه بوده و به سمت شمال شرق کاهش یافته است. الگوی پراکندگی شار میانگین تابش طول موج بلند ورودی در این ماه معرف افزایش آن در کرانه‌های ساحلی پست جنوب و شمال به دلیل افزایش ضخامت جو، بخار آب و ابرناکی بوده و در نواحی داخلی فلات و بویژه در کوهستان‌ها

و بلند خالص بصورت ماهانه (بطور نمونه برای ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئیه و اکتبر) و سالانه طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۱ نشان داد که:

در ماه ژانویه دوره مورد مطالعه، شار تابش طول موج کوتاه ورودی از جنوب به شمال کاهش یافته است. در نواحی ساحلی و کم ارتفاع به سبب افزایش ضخامت جو و وجود بخار آب، شار تابش طول موج کوتاه ورودی زیاد و در نواحی مرتفع بدلیل کاهش ضخامت جو و محتوای بخار آب، کم شده است. همچنین در این ماه بیشینه تابش طول موج بلند ورودی در کویر لوت و کویر مرکزی رخ داده است و در سواحل دریای خزر با افزایش بخار آب به سوی ساحل مقدار این شار افزایش و به بیشینه ۲۴۴ وات بر متر مربع رسیده است. شار تابش طول موج کوتاه خالص در کل کشور در ژانویه مثبت بوده که به دلیل دریافت انرژی توسط زمین و گرم شدن آن بوده و با کاهش شارهای ورودی از جنوب به شمال مقدار آن کاهش یافته است. در ماه ژانویه بیشینه میانگین شار تابش طول موج بلند خالص در نواحی شمال و شمال غرب ایران و کمینه آن در جنوب شرق کشور رخ داده و افزایش شار خالص طول موج بلند به دلیل عمق کم جو در نواحی کوهستانی بوده است.

ارتفاع و پست به سبب ضخامت بیشتر جو و افزایش بخار آب و آتروسولها با افزایش همراه بوده است. در سواحل دریای خزر نیز به سبب ارتفاع کمتر، ابرناکی بیشتر و افزایش بخار آب جو بر مقدار این شار افزوده شده است. میانگین سالانه تابش طول موج کوتاه خالص در این دوره از جنوب به شمال کاهش یافته، اما در سواحل جنوبی به سبب افزایش شارهای ورودی، مقدار آن نیز بیشینه بوده است. در حوضه بیابان لوت به دلیل افزایش سپیدایی از مقدار این شار کاسته شده و با پیشروی به سمت شمال، مقدار آن کاهش داشته بطوری که کمترین مقدار آن در نواحی شمال و شمال غرب ایران مشاهده شده است. مقدار بیشینه میانگین تابش طول موج بلند خالص سالانه طی این دوره در شمال و شمال غرب ایران و کمینه آن در جنوب شرق ایران رخ داده است.

مراجع

۱. احمدی، م.، کویانی، ع.، دانش کارآراسته، پ.، فرجی، ز.، ۱۳۹۷، ارزیابی دقت برآورد بارش و رواناب با استفاده از مدل GLDAS در استان قزوین، مجله علمی و ترویجی نیوار، شماره ۱۰۰-۱۰۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷ (دو فصلنامه)، صص ۴۵-۵۸.
۲. پژوهشگاه هواشناسی، ۱۳۹۶، گزارش نهایی طرح «طراحی و توسعه مدل پایگاه تامین اطلاعات هواشناسی مورد نیاز سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی کشور»: زیربخش فصل سوم، تحلیل داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی کشور.
۳. پلرودی مقدم، م.، حمزه، س.، وظیفه دوست، م.، ۱۳۹۵، بررسی روند تغییرات بارش و رواناب با استفاده از مدل جهانی سطح زمین (GLDAS) در حوضه سد دوستی، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۵، شماره ۹۸، تابستان ۹۵، صص ۴۳-۵۶.
۴. رشیدزاد، م.، شمس، ح.، شیخ، ا.ح.، خادمی ندوشن، پ.، ۱۳۹۱، بررسی پتانسیل اقلیمی و تابش خورشیدی جهت احداث نیروگاه فتوولتائیک در منطقه هلجرد، مجموعه مقالات دومین همایش ملی انرژی باد و خورشید، تهران، ۳ اسفند ۱۳۹۱.
۵. سلیقه، م.، ناصرزاده، م.، غفاری، ع.، ۱۳۹۶، بارش بهاری و تابش طول موج بلند خروجی زمین (مطالعه موردی بارش ۱۵ آوریل ۲۰۱۶ شمال غرب ایران)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی- پژوهشی، سال پانزدهم، شماره ۵۷، بهار ۱۳۹۷، صص ۲۹-۴۷.
۶. کمالی، غ.، مرادی، ا.، ۱۳۸۴، تابش خورشید (اصول و کاربردها در کشاورزی و انرژی‌های نو)، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۷. مدیری، ا.، کمالی، غ.، حجام، س.، ۱۳۹۲، بررسی تغییرات تابش کل دریافتی سطح زمین (TSR) در اقلیم نیمه‌خشک با استفاده از داده‌های اصلاح شده ایستگاه‌های زمینی- مطالعه موردی ایستگاه‌های تابش‌سنجی تبریز و کرمانشاه، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۲، شماره ۸۸، صص ۷۵-۸۰.

و مناطق مرتفع به سبب کاهش ضخامت جو از مقدار آن کاسته شده است. همچنین کمینه میانگین شار طول موج کوتاه خالص در نواحی شمالی کشور و در کرانه‌های ساحلی دریای خزر رخ داده و در نواحی مرکزی بیابان لوت و کویر مرکزی به سبب بیشینه بودن مقدار سپیدایی، این شار کاهش یافته است. مقدار شار میانگین طول موج بلند خالص در ماه ژوئیه در نواحی شمالی در کرانه‌های ساحلی دریای خزر و در نواحی جنوبی در کرانه‌های ساحلی دریای عمان و خلیج فارس دارای بیشترین مقدار بوده است.

از آنجایی که در فصل زمستان عرض‌های پایین، بیشتر از عرض‌های بالا تحت تاثیر انرژی تابشی قرار دارند، بنابراین بدلیل ارتفاع بیشتر خورشید در شرق و ناهمواری و جهت شیب در غرب، میزان انرژی ورودی موج کوتاه از شرق به غرب و از جنوب به شمال در ماه اکتبر کاهش یافته است. مقدار شار میانگین طول موج بلند ورودی در این ماه از خوزستان به سمت دامنه‌های غربی زاگرس با افزایش ارتفاع کاهش یافته، بطوریکه در ناهمواری‌های زاگرس و امتداد آن تا قسمت‌های شمالی آذربایجان کاهش داشته است. طی ماه اکتبر مقدار این انرژی در بیابان لوت و کویر مرکزی به طور تقریبی بیشینه بوده است. میانگین تابش طول موج کوتاه خالص در این ماه در کل کشور مثبت بوده است. در زاگرس با افزایش ارتفاع بر میزان تابش خالص افزوده شده و در نواحی شمال ایران از مقدار این شار کاسته شده است. بیشینه میانگین تابش طول موج بلند خالص در اکتبر دوره مورد بررسی، در شمال و شمال غرب و کمینه آن در جنوب شرق کشور مشاهده شده است.

میانگین سالانه تابش طول موج کوتاه ورودی طی دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۱) از سواحل دریای عمان به سوی شمال کشور کاهش یافته است. همچنین میانگین سالانه تابش طول موج بلند ورودی در این دوره از نواحی ساحلی شمال و جنوب به سوی فلات داخلی کاهش داشته است. بطور کلی مقدار این کمیت به دلیل ضخامت اندک جو بر روی ارتفاعات با کاهش و در مناطق کم

- Annual Conference Baltimore, Maryland - March 8-13.
16. IPCC AR4 SYR, 2007, Core writing Team, Pachauri, R K; and Reisinger, A, ed., Climate change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, ISBN 92-9169-122-4.
 17. Liang, X., D. P. Lettenmaier, E. F. Wood, and S. J. Burges, 1994, A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for GSMs, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99 (7), pp. 415-428.
 18. Rodell, M., P. R. Houser, U. Jambor, J. Gottschalck, K. Mitchell, C.-J. Meng, K. Arsenault, B. Cosgrove, J. Radakovich, M. Bosilovich, J. K. Entin, J. P. Walker, D. Lohmann, and D. Toll, 2004. The Global Land Data Assimilation System, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 85(3), pp. 381-394.
 19. Rodell, M., Houser, P, Peters-Lidard, C., Kato, H., Kumar, S., Gottschalck, J., Mitchell, K. and Meng, J., 2005. Conference Paper, NASA/NOAA's Global Land Data Assimilation System (GLDAS): Recent Results and Future Plans, ECMWF/ELDAS Workshop on Land Surface Assimilation, 8-11 November 2004, <https://www.ecmwf.int/node/11973>.
 20. Rui, H., and Beaudoin, H., 2015. Global Land Data Assimilation System Version 2 (GLDAS-2) Products, Last revised, National Aeronautics and space administration.
 21. Yang, F, Lu, H.; Yang, K., He, J., Wang, W., Wright, J.S., Li, C.W., Han, M.L., Li, Y.S., 2017. Evaluation of multiple forcing data sets for precipitation and shortwave radiation over major land areas of china. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2017, 21, 5805-5821.
 ۸. موقری، ع.، خسروی، م.، ۱۳۹۳. محاسبه، ارزیابی و تحلیل توزیع مکانی شاخص پرتو فرابنفش در گستره ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال چهاردهم، شماره ۳۴، پاییز ۹۳، صص ۲۱۳-۱۹۵.
 ۹. میری، م.، عزیزی، ق.، محمدی، ح.، پورهایمی، م.، ۱۳۹۶. معرفی و ارزیابی مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی با داده‌های مشاهده‌ای در ایران، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۶، شماره ۱۰۴، زمستان ۹۶، صص ۱۷-۵.
 ۱۰. فرجی، ز.، کاویانی، ع.، شکیبی، ع.، ۱۳۹۶. ارزیابی داده‌های تبخیر- تعرق، بارش و دمای هوای حاصل از مدل سطح زمین (GLDAS) با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای در استان قزوین، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶، صص ۲۹۷-۲۸۳.
 ۱۱. نوری، ح.، مختاری، ع.، وظیفه‌دوست، م.، ۱۳۹۸. ارزیابی پارامتر تابش خورشیدی ورودی به زمین حاصل از مدل‌های تجربی و ماهواره‌ای: مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۳۹۸، صص ۳۶۲-۳۵۴.
 12. Aria, A. K. and Malik, H. K, 2009, Numerical studies on wake field excited by Gaussian-like microwave pulse in a plasma filled waveguide. *Optics Communications*, Volume 282, Issue 3, 1 February 2009, Pages 423-426.
 13. Benjamin, F.Z., Matthew, R., and Francisco, O., 2010, Evaluation of the Global Land Data Assimilation System using global river discharge data and a source to sink routing scheme, *Water Resources Research*, 46, W06507, doi:10.1029/2009WR007811.
 14. Derber, J. C. and Parrish, D, 1991. The National Meteorological Center's Spectral Statistical-Interpolation Analysis System. *American Meteorological Society*, 1747-1763.
 15. Fang, H., Beaudoin, H.K., Rodell, M., Teng, W.L., and Vollmer, B.E., 2009, Global Land Data Assimilation System (GLDAS) Products, Services and Application from. *NASA Hydrology Data and Information Services Center (HDISC)*, ASPRS 2009

Climatic study of radiation parameters at surface using GLDAS model over Iran during 30 years (1981-2010)

S. Javanmard¹, L. Khazanedari²

¹ Associated Professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Institute, Tehran, Iran

² Master of Meteorology, Climatological Institute, Mashhad, Iran

Received: 31 December 2019, accepted: 08 April 2020

ABSTRACT

Climate change has caused important changes in natural and human systems and economical activities in recent years. One of the climate change crisis avoiding solutions is the application of renewable energy which solar and radiation of surface have many contributions in energy consumption. Due to the lack of access to radiation data from meteorological stations, GLDAS¹ model analysis data with a spatial horizontal resolution of 0.25 degrees for the 30-year period (1981-2010) have been used. In this research, the climatic study of the monthly average of Input Short (In-SWR) and Long Wavelength Radiation (In-LWR), Net Short Wavelength Radiation (NSWR), and Net Long Wavelength (NLWR) has been presented. GLDAS model has been developed with cooperation of NASA and NOAA aimed at accurate simulation of flow variables and water - energy cycle conditions. Global coverage and high temporal and spatial resolution with a hybrid modeling system remote sensing and surface observation data is one of the unique features of the model. The data of this system is obtained from four land surface models including CLM², Noah³, Mosaic⁴, VIC⁵. The results have been presented mean annually and monthly for January, April, July, and October. It should be noted that in winter, lower latitudes are more affected by radiant energy than higher latitudes. In January, In-SWR decreased from east to west due to the higher altitude of the sun in the east and the roughness and slope directions in the west. In-LWR over low level elevation increased. The average dispersion of In-LWR in this month shows its increase in coastal areas due to the increase of atmosphere thickness and the presence of water vapor and also its decrease in the highlands due to the decrease of the atmosphere thickness and water content. Moreover, NSWR was positive over the country and decreased from East and center toward North. NLWR in North and Northwest was maximum. The mean NLWR study indicates its maximum value in the north and northwest of Iran and its minimum value in the southeast of the country. Due to the shallow depth in mountainous areas, the amount of long wavelength net flux increases. In April, the spatial distribution of radiation parameters was similar to January. The NSWR was approximately 191 w/m² in the whole country and is increasing from south to north, and the average NLWR has also increased from south to north, so that the maximum is in the northwest. In July, In-SWR was maximum in East and In-LWR increased over coastal regions. NSWR was minimum in North and NLWR was maximum over North and South. In-SWR in the basins of Zohreh, Karun, Karkheh and the western border was between 230 to 244 w/m² which increases slightly to the heights of the Zagros. The flux is highest in the East of the country and decreases to the NorthEast. In-LWR increased in the southern and northern coasts due to the increase of atmospheric thickness, water vapor and cloudiness more than other areas and the interior of the plateau, especially on the mountains and highlands due to decreasing of the atmosphere thickness, its value has reduced. In October, In-SWR decreased from east to west and from south to North and In-LWR was minimum over Lute and central deserts. NSWR was positive over the country and NLWR was maximum in North and Northwest and was minimum in Southeast.

Keywords: GLDAS Model, Solar Radiation, Average of Input short wavelength radiation, Average of Input long wavelength radiation, Average of net short wavelength radiation, Average of Net long wavelength radiation.

1. Global Land Data Assimilation System
2. Community Land Model
3. NOAA/NCEP-Oregon State University-Air Force Research Laboratory-NOAA/Office of Hydrology Land Surface Model
4. Measurement of Ozone and Water Vapor by Airbus In-Service
5. Variable Infiltration Capacity

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Javanmard, S.; Khazanedari, L. (2020). Climatic study of radiation parameters at surface using GLDAS model over Iran during 30 years (1981-2010). *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 3(2): 98-112

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/>).

