نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و سوم، شماره ۷۰، پاییز ۱۴۰۲

تغییرات زمانی مکانی تابش ورودی طول‌موج کوتاه خورشیدی و طول‌موج بلند خروجی زمین در گستره‌ی ایران

دریافت مقاله: ۹۷/۱/۸ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۱/۹

صفحات: ۲۰-۱

فریاد شایسته: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.[۱]
Email: faryad.shayesteh.61@gmail.com
محمد سلیقه: استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: saligheh@khu.ac.ir
بهلول علیجانی: استاد گروه آب و هواشناسی و مدیر قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: bralijani@gmail.com
امان اله فتح‌نیا: استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
Email: a_fathnia@yahoo.com

چکیده

کوچک‌ترین تغییر در مبادله‌ی انرژی سیستم کره‌ی زمین موازنه حیات را به هم می‌زند. به‌منظور آگاهی از بیلان تابش خورشیدی، شناخت میزان ترازمندی مؤلفه‌های ورودی و خروجی تابش لازم می‌باشد. به این منظور، از داده‌های تابش ورودی و خروجی سایت NCEP/NCAR با دقت ۲/۵*۲/۵ درجه شامل ۴۶ سلول در محدوده‌ی کشور ایران که شامل ۱۴ بازه‌ی زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ بود، استفاده گردید. برای هر فصل، یک ماه نماینده در نظر گرفته شد و همبستگی و مقدار نوسان تابش ورودی و خروجی در مناطق مختلف ایران محاسبه شد. درنهایت برخی از محاسبات به‌صورت فضایی با روش IDW ارائه گردید. نتایج نشان داد که بیش‌ترین انرژی طول‌موج کوتاه ورودی به سطح زمین در ماه آگوست با مقدار ۲۳۰ وات بر مترمربع و در ماه نوامبر کم‌ترین مقدار با ۵۲ وات بر مترمربع بوده است. بیش‌ترین انرژی طول‌موج بلند خروجی در ماه آگوست با مقدار ۶۵ وات بر مترمربع و کم‌ترین مقدار مربوط به ماه ژانویه و نوامبر با ۲۰ وات بر مترمربع بوده است. بالاترین افزایش خروجی در ماه آگوست در شرق استان خراسان جنوبی با همبستگی ۰.۵۹ در سال ۲۰۰۱ به مقدار ۱۱۲ وات بر مترمربع رخ‌داده است. در تغییرات کاهش خروجی، به‌جز ماه می، در بقیه ماه‌ها کاهش مشاهده شد. بیش‌ترین کاهش خروجی طول‌موج بلند در مناطق شمال‌غرب و استان‌های اردبیل و گیلان بود.

کلید واژگان: ایران، بیلان تابش، تغییر بازتابش، طول‌موج

۱. **نویسنده مسئول**: تهران، خیابان مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه آب و هواشناسی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

مقدمه

تمام سیستم کره‌ی زمین و سیستم‌های فرعی آن، ازنظر مبادله‌ی انرژی در حالت موازنه هستند و کوچک‌ترین تغییر در جریان انرژی هرکدام از این‌ها، موازنه‌ی حیات را به هم می‌زند. بدیهی است که تغییر هرکدام از این مؤلفه‌ها، رفتار اقلیم را تغییر خواهد داد (عطایی و یوسفی فر، ۱۳۹۳: ۱۹۶). سامانه‌ی اقلیم یک سامانه‌ی بی-نظم است یعنی کوچک‌ترین ورودی باعث بیش‌ترین خروجی می‌شود. برای نمونه میزان گرمایش زمین در صدسال گذشته به یک درجه نرسیده است اما همین گرمایش ناچیز آثار و پیامدهای بسیار شدید و خسارت‌بار مانند سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها و امواج گرما و یخبندان‌های بسیار شدید ایجاد کرده است (عطایی و یوسفی فر، ۱۳۹۳: ۱۹۶). بودجه‌ی تابشی زمین، مجموع شارهای ورودی و خروجی سیستم اتمسفری زمین است که اقلیم زمین را به وجود می‌آورد. اطلاع از این تعادل نیازمند افزایش دانش ما از اقلیم زمین و تغییر اقلیم است (رمانتان و دیگران[1]، ۱۹۸۷: ۴۰۷۵). انرژی تابشی خورشید سرمنشأ انرژی‌های روی کره‌ی زمین است که یکی از منابع مهم انرژی پاک به‌ویژه در کشور ایران است (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۵). تغییر آب‌وهوا به‌آرامی در حال گسترش به سرتاسر کره زمین است. کشور ایران نیز به‌عنوان جزئی از این کره‌ی خاکی، از این تغییرات بی‌نصیب نمانده است. ازجمله تغییرات آب و هوایی، تغییرات هریک از مؤلفه‌های تابش می‌باشد. تغییر در هریک از آن‌ها، در سایر اجزاء اکوسیستم منجر خواهد شد. تابش خالص، توازن بین تابش ورودی و خروجی در سطح زمین است که با فصل و عرض جغرافیایی تغییر می‌کند و به‌طورکلی در روز مثبت و در شب منفی است. تابش ورودی و خروجی باید ترازمند باشند. آگاهی از توازن انرژی ورودی و خروجی، مستلزم شناخت میزان ترازمندی مؤلفه‌های ورودی و خروجی تابش ازجمله تابش طول‌موج بلند ورودی و خروجی، تابش خالص طول‌موج بلند و کوتاه هست. امروزه اکثر طرح‌های زیست‌محیطی سعی بر شناخت تغییرات آب و هوایی و کاهش آثار آن دارند. اجرای طرح‌های عمرانی، اقتصادی، اجتماعی و غیره نیاز به شناخت تغییرات آب و هوایی و به‌خصوص شناسایی مناطق کمبود و مازاد انرژی جهت برنامه‌ریزی صحیح و قابل‌قبول داشته، ازاین‌رو ضرورت و اهمیت مطالعات آب و هوایی ازاین‌دست، در کالبد برنامه‌ریزی خرد و کلان کشور قابل‌لمس است.

سوینبک[2] (۱۹۶۳) برای بررسی تابش طول‌موج بلند در شرایط آسمان صاف، بین طول‌موج بلند ورودی و طول‌موج بلند خروجی همبستگی گرفته و درصد آن ۰/۹۹ شده است. همچنین بیان کرده که این همبستگی در پهنه‌های آبی و مقادیر دمایی وسیع‌تر برقرار است. فیزپاتریک و استرن[3] (۱۹۶۳) جهت برآورد تابش زمینی، از رابطه‌های Penman و Swinback استفاده کردند. برآوردهای آن‌ها در فصل مرطوب با مشاهداتشان بیشتر تطابق پیدا کرد. هرچند که به‌طور رضایت‌بخشی برآوردهایشان در شرایط بدون فشار بخارآب نیز به دست آمد. همچنین بیان می‌کنند که ارزیابی‌های بهتر هنگامی حاصل می‌شوند که تابش کلی به‌جای تابشی که در طول نور آفتاب و در شرایط بدون ابر محاسبه شود، موردبررسی واقع شود. استانهل و مورشت[4] (۱۹۹۲) مقایسه‌ای بین داده‌های دو نوع ایستگاه انجام دادند تا دقت اندازه‌گیری داده‌های تابش کلی توسط این ابزارها

1- Ramanathan et al
2- Swinbank
3- Fiizpatrick and Stern
4- Stanhill and Moreshet

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

سنجیده شود. آباکومو و همکاران[1] (۱۹۹۵) کاهش تابش کلی و مستقیم خورشید را نتیجه‌ی ابرناکی، توروبلانس اتمسفری و آلودگی هوا می‌دانند. لیپرت و کوکلا[2] (۱۹۹۷) روند کلی کاهش تابش خورشیدی را در آسمان بدون ابر، تحت تأثیر زوایای اوج بالا و متناوب خورشیدی بیان کردند، درحالی‌که افزایش تابش کلی در زاویه‌های اوج خورشیدی پایین، کم بوده است. همچنین کاهش عناصر پخشی تابش کلی خورشیدی به دلیل فوران‌های آتش‌فشانی عمده در طول سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ بوده است که این ذرات باعث افزایش جذب تابش کلی خواهند گردید. داتون و بودهاین[3] (۲۰۰۱) بیان می‌کنند که آئروسل‌ها بیش‌ترین اثر را روی جذب و پخش در کل ستون اتمسفر دارند که آنومالی‌های تابش خورشیدی را باعث می‌گردند و به این دلیل که بیش-ترین آنومالی‌های ثبت شده در شرایط فوران‌های آتش‌فشانی روی داده‌اند، سرد شدن اتمسفر در ارتباط با این نوع آئروسل‌های پخشی است. استانهل و کوین[4] (۲۰۰۴) تغییرات طول مدت تابش (SS) در نواحی مجاور ایالات‌متحده در قرن گذشته را محاسبه کردند و در زمان‌ها و مکان‌هایی که ابزارهای صحیح برای اندازه‌گیری تابش کلی در دسترس نبود، مورداستفاده قرار دادند. مجموع سالیانه طول‌موج تابش همبستگی بالایی (۰/۸۶) با مجموع سالیانه تابش کلی اندازه‌گیری شده در ۲۶ ایستگاه پیرانومتر ایالات‌متحده در طول دوره ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۰ داشت. پونز و نینرولا[5] (۲۰۰۸) برای تهیه‌ی نقشه توپوگرافی تابش کلی خورشید در GIS و مقایسه با داده‌های زمینی، مطالعه‌ای در دو مرحله انجام دادند، یکی بر پایه‌ی مدل فیزیکی (تابش خورشیدی پتانسیل) و دیگری بر پایه‌ی داده‌های هواشناسی (میان‌یابی تابش خورشیدی). اطلاعات موردنیاز برای انجام این مطالعه از مدل ارتفاعی رقومی (DEM) با دقت ۱۸۰ متری و داده‌های تابش خورشیدی کلی ایستگاه‌های هواشناسی (۷۴ مورد) به‌دست آورند. سپس مقایسه‌ای برای درصد خطاها، بین مدل فیزیکی تابش خورشیدی و داده‌های هواشناسی انجام داده و نقشه‌های آنومالی را تهیه نمودند. یاشوانت و ایاپیلا[6] (۲۰۰۹) توزیع زمانی و مکانی عناصر تعادل تابش را روی دهلی بررسی کردند. پارامترهای موردبررسی آن‌ها، تابش طول‌موج کوتاه ورودی، تابش طول‌موج بلند ورودی، آلبدو، طول‌موج بلند خروجی و تابش خالص در پنج ناحیه‌ی صنعتی، تجاری، مسکونی، روستایی و جنگلی در فصل‌های تابستان و زمستان موردبررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که تابش موج‌کوتاه ورودی در مناطق روستایی با آسمان بدون ابر در مقایسه با مناطق آلوده شهری بیش‌تر است. تابش موج‌بلند ورودی در مناطق صنعتی و تجاری در مقایسه با مناطق روستایی اطراف آن‌ها، بیش‌تر بوده است. سطح‌های بتنی مناطق شهری برخلاف سطوح مرطوب روستایی، موج‌بلند خروجی کم‌تر را داشته است. مناطق صنعتی و تجاری دارای آلبدوی کم و در عوض تابش خالص بیش‌تر در مقایسه با دیگر مناطق داشتند. درنهایت مقادیر متوسط عناصر تعادل تابش در فصل تابستان دو برابر از فصل زمستان بیش‌تر بوده است. ونگ و همکاران[7] (۲۰۱۱) برای بررسی تابش بالای اتمسفر، داده‌های ماهواره‌ای و برای اندازه‌گیری گرمای اقیانوس از

1- Abakumova et al
2- Liepert and Kukla
3- Dutton and Bodhaine
4- Stanhill and Cohen
5- Pons and Ninyerola
7- Yashvant and Ayapilla
7- Wong et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

سه منبع غیر وابسته، داده‌ها را به دست آوردند. آن‌ها دریافتند که بین گرمای بالای اتمسفر و گرمای شدید اقیانوس، تغییر معنی‌داری وجود ندارد. علاوه بر آن، با سنجش ماهواره‌ای، تغییرپذیری عدم تعادل انرژی زمین را ناشی از نوسان جنوبی ال‌نینو دانستند. آن‌ها داده‌های ماهواره‌ای تابش بالای اتمسفر را همراه با اندازه‌گیری‌های اقیانوس تا عمق ۱۸۰۰ متری، ترکیب کردند و نشان دادند که بین ژانویه ۲۰۰۱ تا دسامبر ۲۰۱۰ زمین با نرخ 0.50 ± 0.43 Wm^{-2} انرژی را به‌طور تدریجی ذخیره نموده است. آن‌ها نتیجه گرفتند که ذخیره انرژی به‌طور پیوسته در زیر سطح اقیانوس افزایش می‌یابد. ترنبرز و فاسولو[1] (۲۰۱۴) تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای را از عدم تعادل انرژی جهانی در بالای اتمسفر بیان می‌کنند و تغییرات در ذخایر انرژی، بیش از ۹۰ درصد عدم تعادل انرژی در اقیانوس‌ها از طریق گرمای ساطع‌شده از آن ظاهر می‌گردد. وال و همکاران[2] (۲۰۱۸) چرخه ابرهای سندانی شکل و تعادل تابش بالای اتمسفر روی منطقه حاره‌ای غرب اقیانوس آرام را بررسی و به این نتیجه رسیدند که در مقیاس بزرگ اثر تابشی طول‌موج کوتاه و بلند ابر بیش‌تر است تا در مقیاس کوچک. همچنین بازخورد بین آلبدوی ابر، گردش بزرگ‌مقیاس و دمای سطح آب، اثرات تابشی ابر را خنثی می‌کند. ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۸۷)، روش جدیدی برای برآورد میزان تابش کل ارائه دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که روش ارائه‌شده و همچنین روش واتابه درصورتی‌که ضریب صافی هوا به‌صورت صحیح برآورد شود، برای شهرهای مختلف ایران نتایج خوبی را دربرداشته است. جعفری (۱۳۸۷)، بایگی و اشرف (۱۳۸۹) و فولادوند و هادی پور (۱۳۹۱) هریک برای برآورد میزان تابش رسیده به سطح زمین از روش های تجربی یا پیرانومتری استفاده کردند. مدیری و همکاران (۱۳۹۱)، به‌منظور تعیین جهت مناسب برای استقرار ساختمان، عوامل تابش آفتاب و باد را موردبررسی قرار داده و به کمک روش نموداری، بهترین جهت را برای استفاده بهینه از تابش آفتاب در فصول سرد که درعین‌حال کم‌ترین میزان تابش را به داخل ساختمان در فصل‌های گرم در پی داشته باشد، مشخص کردند و به این نتیجه رسیدند که در گرگان بهترین جهت برای استقرار ساختمان‌ها، محدوده جنوب تا جنوب‌غربی می‌باشد. خسروی و همکاران (۱۳۹۲)، از داده‌های ماهانه تابش خورشیدی اندازه‌گیری شده در ایستگاه تبریز برای مدل‌سازی و برآورد تابش استفاده و نتایج آن‌ها کم-ترین میزان تابش را برای ماه ژانویه و بیش‌ترین را برای ماه ژوئن نشان داد. عطایی و یوسفی‌فر (۱۳۹۳)، به‌منظور بررسی تأثیرگذاری فعالیت خورشیدی بر تغییراقلیم استان کرمان از داده‌های شدت تابش کلی خورشیدی ماهانه، روش تحلیل موجک و مقایسه نمودارهای ترسیمی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین تأثیرپذیری از سیکل ۱۱ ساله فعالیت‌های خورشیدی در ماه اکتبر حادث‌شده و در مراحل بعدی تأثیرپذیری، ماه‌های ژولای و دسامبر و سپتامبر می‌باشند. پیرمرادیان و همکاران (۱۳۹۳)، پیش‌بینی پارامترهای دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک رشت را تحت سناریوهای تغییراقلیم بررسی و برای دو دوره سی‌ساله، ریزمقیاس نمایی انجام دادند. نتایج آن‌ها برای تغییرات تابش در دوره‌های آینده برای تمامی فصول، روند کاهشی به میزان ۱۴۳ مگاژول بر مترمربع و در زمستان رخ خواهد داد. نتایج بررسی تغییرات زمانی- مکانی شار تابش خالص در ایران توسط روشنی و همکاران (۱۳۹۳)، حاکی از رفتار

1- Trenberth and Fasullo
2- Wall et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

سینوسی میانگین درازمدت سالانه شار تابش خالص است که مقدار آن در ساعت ۶ محلی همه ماه‌های سال در کشور منفی و در ساعت ۱۲ در همه ماه‌های سال در کشور مثبت است. مجرد و همکاران (۱۳۹۴)، برای برآورد تابش خورشیدی دریافتی در سطح زمین استان کرمانشاه، از مدل بهینه‌شده‌ی برد و هول استورم استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که بین مقادیر تابش اندازه‌گیری شده با پیرانومتر و مقادیر برآورد شده توسط مدل بهینه‌شده‌ی آن‌ها، اختلاف کمی وجود دارد. برآورد تابش، شار تابش خالص، روش‌های اندازه‌گیری تابش و مقایسه‌ی آن‌ها باهم تأثیر تابش در آب و هواشناسی معماری، بررسی‌هایی است که تاکنون در مورد تابش انجام‌گرفته است اما چنین به نظر می‌رسد که مطالعه روند مؤلفه‌های تابش و تغییرات آن‌ها به‌خصوص روند تابش خروجی در تحقیقات داخل کشور با توجه به کارهای فوق، تاکنون تحقیق جامعی انجام نگرفته است و شناخت دقیقی از تغییرات تابش ورودی و خروجی به‌طور هم‌زمان وجود ندارد. بررسی این روندها و پارامترهای موردبررسی جهت آگاهی از چگونگی تغییرات مؤلفه‌های تابشی در فلات ایران ضرورت می‌نماید. هدف از انجام این پژوهش بررسی روند تغییرات تابش در گستره‌ی ایران در یک دوره‌ی ۶۵ ساله است که علاوه بر بررسی مناطق کمبود و مازاد انرژی، نواحی کاهش طول‌موج بلند خروجی از زمین مشخص گردد.

روش تحقیق

ازآنجاکه انرژی ورودی خورشیدی در طول زمان در سطح یا اعماق زمین ذخیره نمی‌شود (از مورد ناچیز زغال، نفت و گاز صرف‌نظر کنیم)، لذا گرمای آن باید به نحوی پس داده شود (کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۲: ۹۴- ۹۷). داده‌های ایستگاهی پیرانومتر سازمان هواشناسی کشور، سه مؤلفه‌ی تابش را اندازه‌گیری می‌کنند: تابش مستقیم، تابش پراکنده و ضریب آلبدو. هریک از این سه مؤلفه در این بررسی غیرقابل استفاده بوده و همچنین به دلیل عدم وجود داده‌های تابش مستقیم، تابش پراکنده و ضریب آلبدو در سایت ncep، امکان صحت سنجی داده‌های ایستگاهی با داده‌های سایت ncep وجود نداشت. نرمال بودن داده‌های این سایت موردبررسی قرار گرفت و از این لحاظ داده‌ها جهت ارزیابی موضوع موردبررسی، استفاده گردیدند. جهت بررسی روند تغییرات تابش ورودی موج‌کوتاه خورشیدی به سطح زمین و خروجی موج‌بلند از سطح زمین در فلات ایران، از داده‌های سایت NCEP/NCAR با دقت ۲/۵*۲/۵ درجه شامل ۴۶ سلول در محدوده‌ی کشور ایران، در فاصله‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ استفاده شد. منطقه‌ی موردمطالعه در این پژوهش، گستره‌ی کشور ایران است که بین عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ تا ۶۴ درجه‌ی شرقی قرارگرفته است.

همان‌طور که در پیشینه ذکر گردید به نظر می‌رسد که این موضوع تابه‌حال مطالعه و بررسی نشده است و لذا برای بررسی تغییرات تابش ورودی و خروجی از تفاضل آن‌ها جهت اطلاع از اینکه در کدام مناطق کشور ایران شار تابشی مثبت یا منفی خواهد بود، استفاده می‌گردد. برای هر فصل یک ماه به‌عنوان ماه نماینده‌ی آن مدنظر قرار گرفت، ویژگی‌های ماه نماینده در هر فصل، همبستگی بیشتری با شرایط آب و هوایی کل فصل داشته است. ماه ژانویه منتخب فصل زمستان، ماه می منتخب فصل بهار، ماه آگوست منتخب فصل تابستان و ماه نوامبر منتخب فصل پاییز که برای هر ماه، میانگین مقادیر در هریک از ۱۴ دوره، در همان دوره (نه در مجموع ۵ ساله‌ی هر بازه) محاسبه شد. محاسبه‌ی میانگین مقادیر در همان دوره به این دلیل بوده است که روند

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

تغییرات در کل دوره نمایان گردد چراکه میانگین ۵ سال در هر بازه همانند بررسی تغییرات در هرسال خواهد بود و تغییرات مؤلفه‌های موردنظر آشکار نخواهد گردید. داده‌های برگرفته از سایت NCEP/NCAR در محیط نرم‌افزار ArcMAP فراخوانی و به رستر تبدیل گردید. سپس جهت ورود به نرم‌افزارهای Excel و SPSS به داده‌های موردنیاز این نرم‌افزارها تبدیل گردید. برای نمایش تغییرات در طول زمان، همبستگی (به روش پیرسون) هریک از ۴۶ سلول در هرماه با بازه‌های ذکرشده (همبستگی بین دو متغیر تابش هرماه بافاصله‌های زمانی) محاسبه شد. ضریب تعیین نیز محاسبه گردید. نقشه‌ها و نمودارها به روش‌های زیر ترسیم گردیدند:

میانگین هر سلول در هرماه در همه‌ی بازه‌ها به‌صورت یک عدد محاسبه و در مقدار همبستگی آن سلول ضرب شد تا برای تهیه‌ی نقشه‌ی تغییرات ورودی و خروجی پهنه‌ی ایران میان یابی گردد. این حاصل‌ضرب در مقدار اصلی داده‌های تابش تغییری ایجاد نکرده و فقط جهت خلاصه‌سازی داده‌ها، پهنه‌بندی و نمایش روند تغییرات تابش ورودی و خروجی روی نمودارها و نقشه‌ها می‌باشد. برای این کار در نرم‌افزار ArcMAP به روش IDW، داده‌ها به رستر تبدیل گردید. جهت مشاهده و نمایش مناطق کمبود و مازاد انرژی و همچنین نواحی کاهش یا افزایش تابش ورودی و خروجی از روش‌های پهنه‌بندی، روش IDW برای ۴۶ سلول شبکه‌ای کشور ایران استفاده گردید. بدین ترتیب، ورودی هرماه از خروجی همان ماه از هم کسر و در نرم‌افزار ArcMAP به روش IDW به رستر تبدیل شدند تا نقشه‌ی مکان‌های مازاد و کمبود انرژی در هرماه در کل دوره به دست آید. به‌منظور نمایش نمودار تغییرات سلول‌هایی که دارای کم‌ترین و بیش‌ترین همبستگی هستند، کم‌ترین و بیش-ترین همبستگی ورودی و خروجی را در طول ۱۴ دوره‌ی آن سلول به‌صورت نمودارهایی که خط روند آن‌ها هموار شده ترسیم گردید و به‌این‌ترتیب هم روند تغییرات در نقاط مذکور به دست آمد و هم بیش‌ترین افزایش و کاهش ورودی و خروجی نمایش داده شد. همبستگی داده‌های تابش این نقاط در طول زمان بررسی گردید (همبستگی بین داده‌ها با سری زمانی یا همان ۱۴ دوره موردبررسی). برای توضیح نمودارها، از جهات جغرافیایی و محدوده‌ی مکانی که آن سلول بر آن منطبق شده است، استفاده گردید.

درنهایت نقشه‌ی طول‌موج بلند خروجی سالیانه جهت نمایش مناطقی که دارای بیش‌ترین افزایش و کاهش خروجی در طول دوره می‌باشند، ترسیم گردید.

نتایج

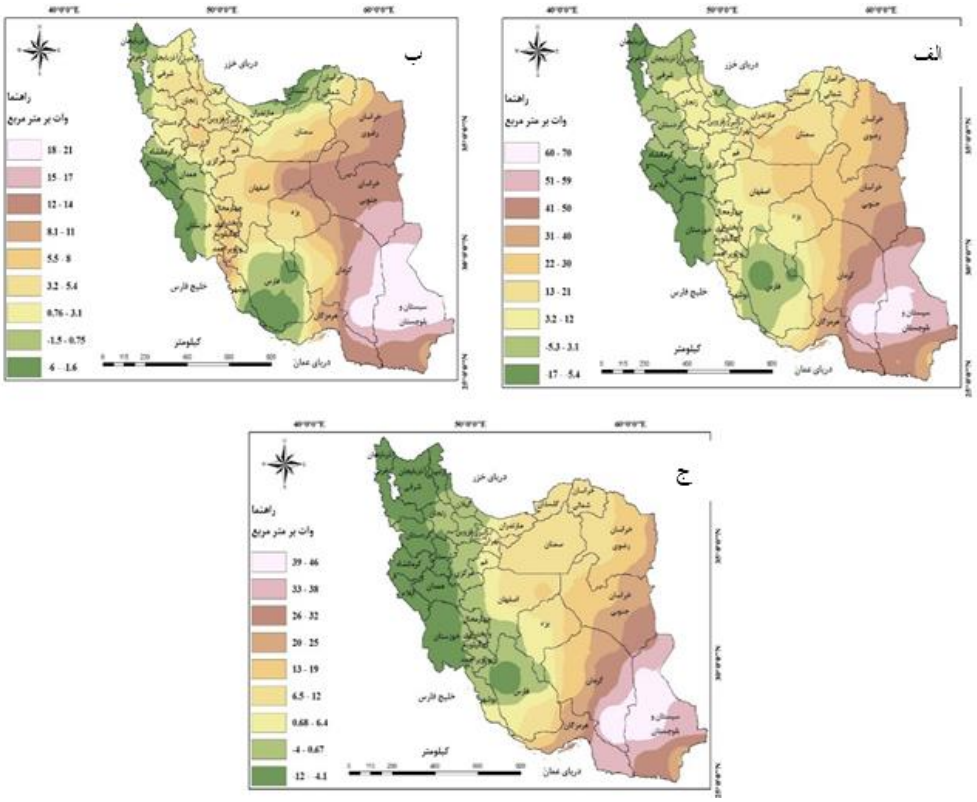
تغییرات و توزیع تابش ورودی و خروجی در ماه ژانویه

توزیع تابش طول‌موج کوتاه ورودی در شکل (۱) الف در ماه ژانویه نشان می‌دهد که از شمال‌غرب تا جنوب-غرب، همچنین استان گیلان در شمال، نواحی با کاهش تابش ورودی و بقیه‌ی مناطق کشور با افزایش تابش ورودی همراه بوده است. بیش‌ترین افزایش در استان سیستان و بلوچستان و شرق استان کرمان به مقدار ۷۰ وات بر مترمربع در روز طی دوره‌ی ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ مشاهده می‌شود. نمودار بیش‌ترین تغییرات افزایشی ورودی تابش طول‌موج کوتاه خورشیدی در ماه ژانویه در منطقه‌ی جنوب‌شرق استان کرمان با همبستگی ۰/۵۷ و بالاترین مقدار ورودی در طول دوره، در سال ۱۹۸۶ به مقدار ۱۴۶ وات بر مترمربع بوده در روز است. روند افزایشی این منطقه از کشور در دوره‌ی موردبررسی ۲۷ وات بر مترمربع در روز افزایش داشته است. بیش‌ترین تغییرات کاهشی ماه ژانویه در منطقه‌ی شمال‌غربی استان آذربایجان‌غربی با همبستگی ۰/۳۸- رخ‌داده است. در

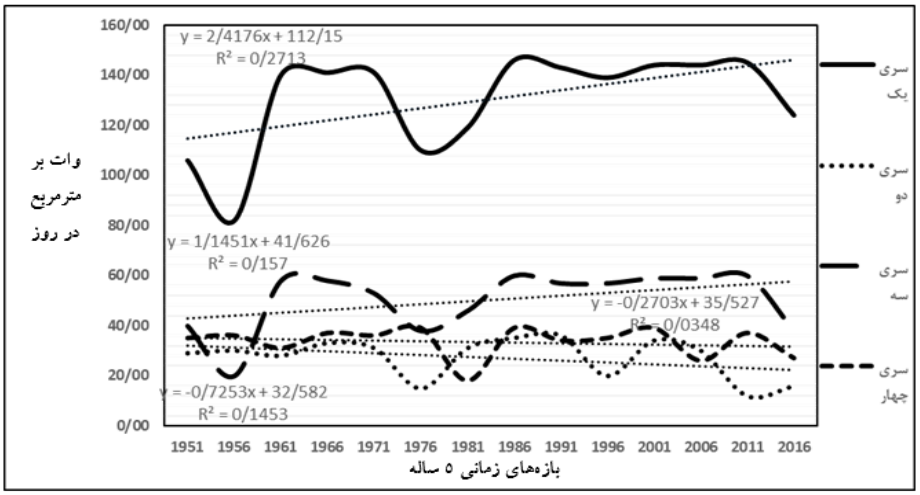
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

این منطقه با ۳ دوره‌ی کاهشی شدید که بیش‌ترین مقدار کاهش تا ۱۲ وات بر مترمربع در روز در سال ۲۰۱۱ اتفاق افتاده است. روند کاهشی در این منطقه، ۹ وات بر مترمربع در روز در دوره‌ی موردبررسی بوده است شکل (۲) سری یک و دو. تفاوت بین بیش‌ترین مقدار افزایش و کاهش ورودی در مناطق ذکرشده، بسیار بالا می‌باشد (۱۴۶ تا ۱۲ وات بر مترمربع در روز). در تغییرات خروجی طول‌موج بلند تابشی زمین در ماه ژانویه، مناطقی که ورودی کمی دریافت کرده‌اند خروجی کمتری نیز داشته‌اند و برعکس. بیش‌ترین افزایش خروجی مربوط به استان سیستان و بلوچستان و کرمان به مقدار ۱۸ تا ۲۱ وات بر مترمربع در روز و کم‌ترین کاهش خروجی مربوط به مناطق غرب، شمال‌غرب، استان فارس و نیمه‌ی شرقی سواحل دریای خزر به مقدار ۱.۶- تا ۶- وات بر مترمربع در دوره‌ی موردبررسی می‌باشد شکل (۱) ب. نمودار بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش طول‌موج بلند خروجی در ماه ژانویه مربوط به منطقه‌ی شمال استان سیستان و بلوچستان با همبستگی ۰/۴ که بیش-ترین تابش خروجی در سال ۲۰۱۱ با مقدار ۶۱ وات بر مترمربع در روز بوده است. روند افزایشی در طول دوره، ۱۶ وات بر مترمربع در دوره‌ی موردبررسی افزایش داشته است. بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش طول‌موج بلند خروجی در ماه ژانویه، مربوط به منطقه‌ی جنوب‌شرق استان بوشهر با همبستگی ۰/۱۸- و کاهش شدید آن در سال ۱۹۸۱ به مقدار ۱۸ وات بر مترمربع در روز رخ‌داده است. روند کاهشی ۴ وات بر مترمربع در دوره‌ی موردبررسی بوده است شکل (۲) سری سه و چهار. بررسی پهنه‌های تفاوت ورودی تابش موج کوتاه خورشیدی و طول‌موج بلند خروجی ماه ژانویه نشان می‌دهد که به‌جز نیمه‌ی غربی کشور، از جنوب‌غرب تا شمال‌غرب، بقیه‌ی مناطق فلات ایران دارای مازاد انرژی هستند. بیش‌ترین منطقه‌ی مازاد انرژی در استان سیستان و بلوچستان و جنوب‌شرق کرمان قرارگرفته‌اند شکل (۱) ج.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]



شکل (۱). الف- درصد تغییرات تابش ورودی، ب- درصد تغییرات تابش خروجی، ج- تفاوت تابش ورودی از خروجی، به وات بر مترمربع در روز در بازه‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ در ماه ژانویه



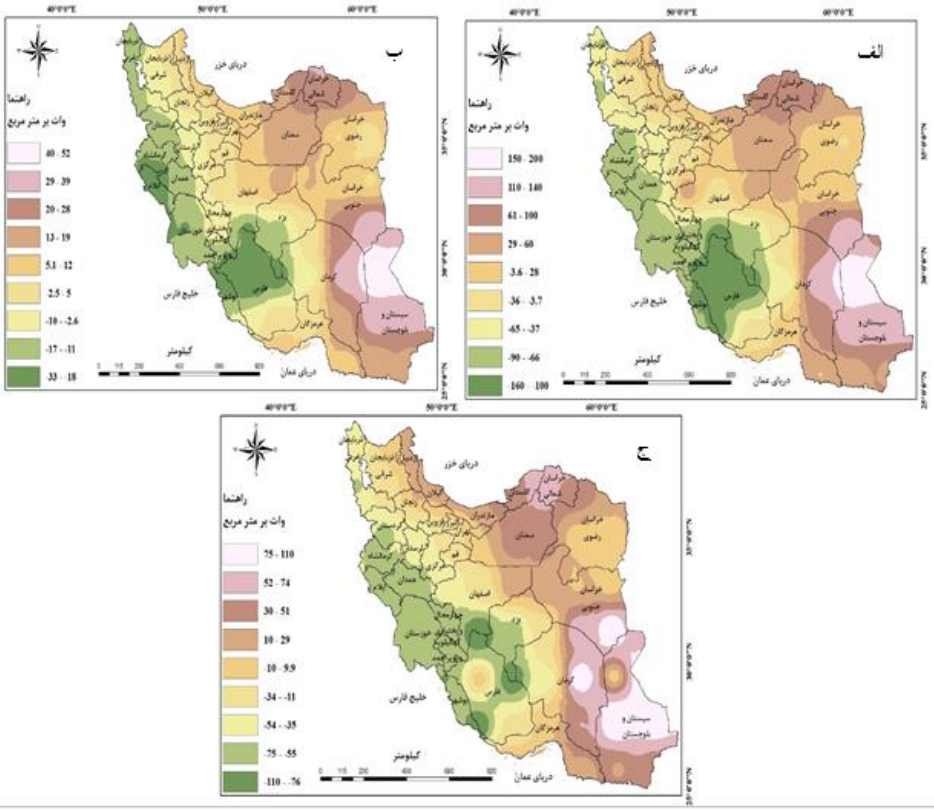
شکل (۲). سری یک- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش ورودی به سطح زمین در جنوب‌شرق استان کرمان، سری دو- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش ورودی به سطح زمین در شمال‌غرب استان آذربایجان‌غربی، سری سه- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش خروجی از سطح زمین در شمال استان سیستان و بلوچستان، سری چهار- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش خروجی از سطح زمین در جنوب‌شرق استان بوشهر، در ماه ژانویه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

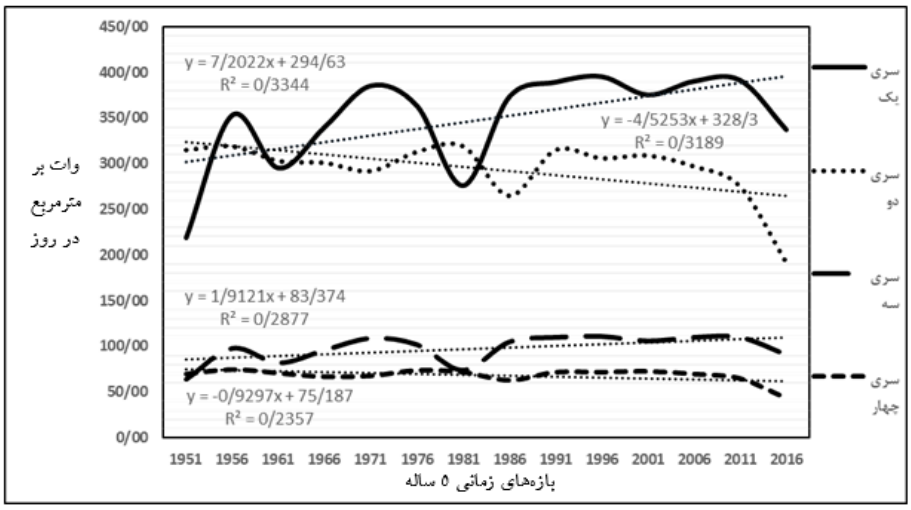
تغییرات و توزیع تابش ورودی و خروجی در ماه می

توزیع تابش طول‌موج کوتاه ورودی در شکل (۳) الف در ماه می نشان می‌دهد که استان سیستان و بلوچستان، نیمه‌ی شرقی استان کرمان، استان سمنان، گلستان و خراسان شمالی دارای افزایش تابش و در بقیه‌ی نقاط کشور تابش ورودی کاهش داشته است. بیش‌ترین افزایش تابش، در زاهدان با همبستگی ۰/۵ تا ۰/۲ و مقدار ۱۵۰ تا ۲۰۰ وات بر مترمربع در روز و بیش‌ترین کاهش در استان فارس و بوشهر با همبستگی ۰/۲- تا ۰/۵- و مقدار ۱۰۰ – تا ۱۶۰- وات بر مترمربع در روز بوده است. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایش ورودی تابش موج‌کوتاه خورشید در ماه می، در شمال استان سیستان و بلوچستان با همبستگی ۰/۵۷ و ۱۰۰ وات بر مترمربع در روز در دوره‌ی موردبررسی افزایش داشته است. این منطقه دارای دو دوره‌ی افزایشی بوده که بیش-ترین افزایش ورودی در سال ۱۹۹۶ با مقدار ۳۹۵ وات بر مترمربع در روز بوده است. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهش ورودی، در شمال استان فارس با همبستگی ۰/۵۶- و ۶۰ وات بر مترمربع در روز کاهش داشته است. در سال ۲۰۱۶ بیش‌ترین کاهش ورودی به مقدار ۱۹۲ وات بر مترمربع در روز بوده است. تفاوت بین مقدارهای نقاط دارای بیش‌ترین افزایش و کاهش ورودی زیاد می‌باشد شکل (۴) سری یک و دو. تغییرات طول‌موج بلند خروجی در طی دوره در شکل (۳) ب نشان می‌دهد که مکان‌هایی که انرژی کمتری دریافت کرده‌اند خروجی کم‌تری هم داشته‌اند. مناطق افزایش خروجی نیمه‌ی شرقی کشور و نواحی کاهش خروجی، نیمه‌ی غربی کشور می‌باشند. بیش‌ترین افزایش خروجی در استان سیستان و بلوچستان با همبستگی ۰.۵ و مقدار ۵۲ وات بر مترمربع در روز و بیش‌ترین کاهش خروجی در استان‌های ایلام، خوزستان، بوشهر و فارس با همبستگی ۰.۴- و مقدار ۳۳- وات بر مترمربع در روز بوده است. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایشی طول‌موج بلند خروجی در ماه می مربوط به شمال استان سیستان و بلوچستان با همبستگی ۰/۵۳ می‌باشد. بیش‌ترین افزایش در طی دوره، به مقدار ۱۱۰ وات بر مترمربع در روز در سال ۲۰۱۱ بوده است. روند افزایشی با ۲۵ وات بر مترمربع افزایش طی دوره می‌باشد. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهشی طول‌موج بلند خروجی مربوط به شمال استان فارس با همبستگی ۰/۴۸- و ۱۴ وات بر مترمربع در روز کاهش طی دوره بوده است. بیش‌ترین مقدار کاهش خروجی در طی دوره، با کاهشی شدید مربوط به سال ۲۰۱۶ به مقدار ۲۶ وات بر مترمربع رخ‌داده است شکل (۴) سری سه و چهار. بررسی پهنه‌های تفاوت تابش ورودی و خروجی، نشان می-دهد که از طول جغرافیایی ۵۶ درجه شرقی به‌علاوه‌ی نوار ساحلی دریای خزر بقیه‌ی نقاط کشور، کمبود انرژی داشته‌اند. استان سیستان و بلوچستان، جنوب خراسان و نیمه‌ی شرقی استان کرمان جزء مناطق بیش‌ترین مازاد انرژی با مقدار ۱۱۰ تا ۵۲ وات بر مترمربع در روز می‌باشند شکل (۳) ج.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]



شکل (۳). الف- درصد تغییرات تابش ورودی، ب- درصد تغییرات تابش خروجی، ج- تفاوت تابش ورودی از خروجی، به وات بر مترمربع در روز در بازه‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ در ماه می



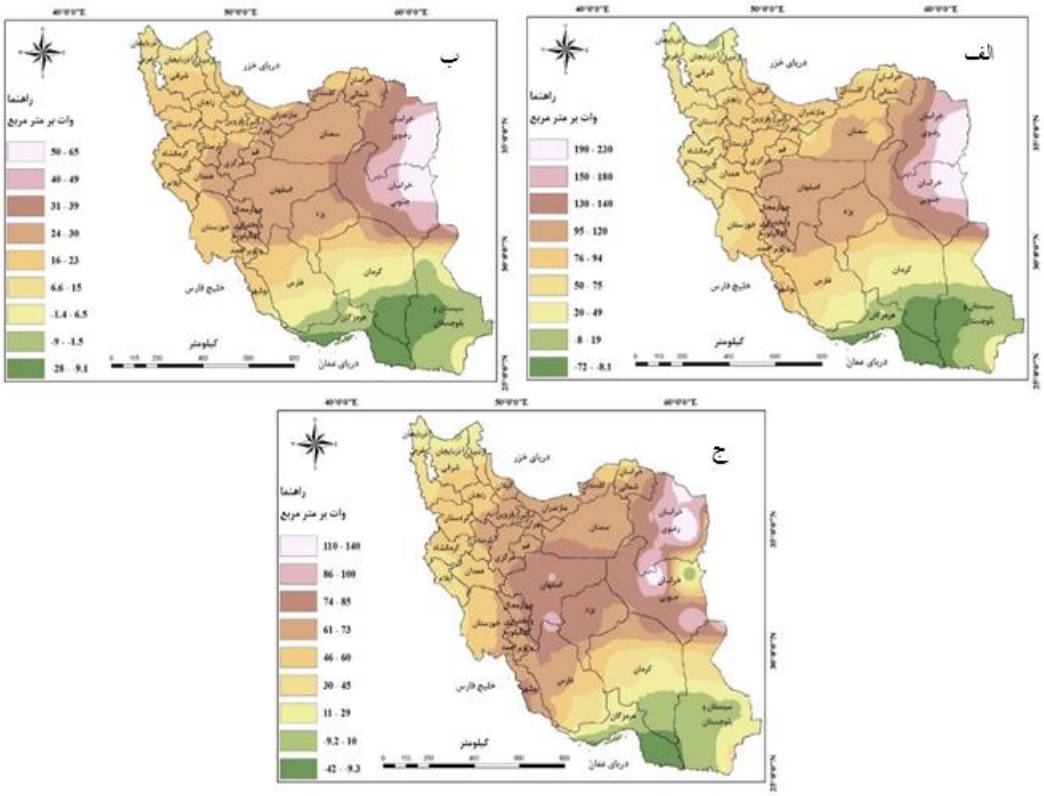
شکل (۴). سری یک- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش ورودی به سطح زمین در شمال استان سیستان و بلوچستان، سری دو- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش ورودی به سطح زمین در شمال استان فارس، سری سه- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش خروجی از سطح زمین در شمال استان سیستان و بلوچستان، سری چهار- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش خروجی از سطح زمین در شمال استان فارس، در ماه می

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

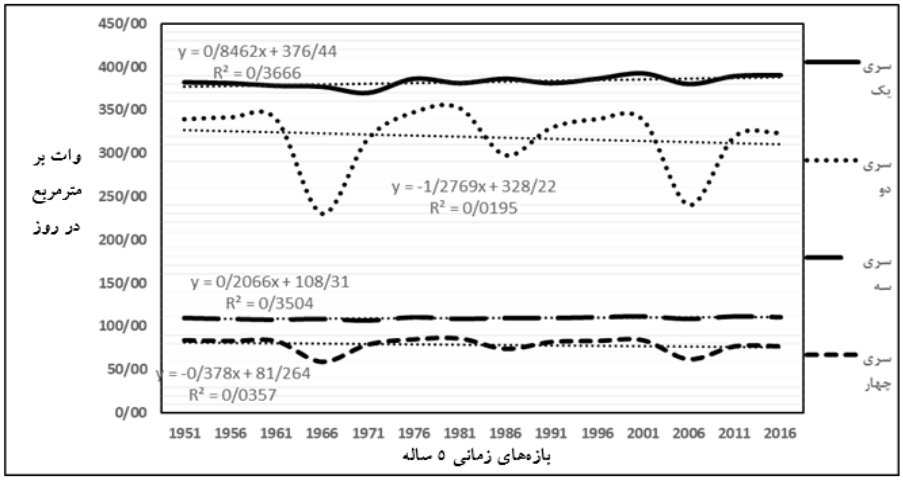
تغییرات و توزیع تابش ورودی و خروجی در ماه آگوست

پراکندگی تابش طول‌موج کوتاه ورودی در شکل (۵) الف در ماه آگوست نشان می‌دهد که به‌جز جنوب‌شرق کشور، بقیه‌ی مناطق دارای افزایش ورودی بوده‌اند. شمال‌شرق کشور با بیش‌ترین همبستگی مثبت به میزان ۰/۴ تا ۰/۶ و بیش‌ترین افزایش ورودی به مقدار ۱۳۰ تا ۲۳۰ وات بر مترمربع در روز دارای ورودی زیاد؛ جنوب‌شرق کشور شامل استان هرمزگان و نیمه‌ی جنوبی استان کرمان و سیستان و بلوچستان با همبستگی ۰/۰۰۵ تا ۰/۲- و با بیش‌ترین کاهش ورودی به مقدار ۱۹ تا ۷۲- وات بر مترمربع در روز دارای ورودی کم بوده‌اند. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایش ورودی، مربوط به شمال‌شرق استان خراسان جنوبی با همبستگی ۰/۶ و ۷ وات بر مترمربع در روز طی دوره افزایش داشته است. بیش‌ترین افزایش ورودی در این منطقه از کشور در سال ۲۰۰۱ با ۳۹۲ وات بر مترمربع بوده است. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهشی مربوط به جنوب‌شرق استان هرمزگان با همبستگی ۰/۱۴- و ۲۰ وات بر مترمربع طی دوره کاهش داشته است. این منطقه دو دوره‌ی کاهشی دارد که بیش‌ترین مقدار کاهش تا ۲۳۰ وات بر مترمربع در سال ۲۰۰۳ روی‌داده است شکل (۶) سری یک و دو. پراکندگی تغییرات تابش طول‌موج بلند خروجی در طی دوره‌ی موردبررسی در شکل (۵) ب حاکی از افزایش خروجی در مناطق دارای ورودی بیش‌تر و کاهش خروجی در نواحی با ورودی کم‌تر می‌باشد. این تغییرات در استان خراسان رضوی و جنوبی بین ۶۵ تا ۳۰ وات بر مترمربع در روز با همبستگی ۰/۵ تا ۰/۲، بیش‌ترین خروجی را داشته است. در مقابل، در استان هرمزگان و جنوب استان کرمان و نیمه‌ی جنوبی استان سیستان و بلوچستان با همبستگی ۰/۰۴ تا ۰/۳۷- بین ۱/۵- تا ۲۸- وات بر مترمربع در روز کاهش خروجی را داشته‌اند. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایش خروجی در شمال‌شرق استان خراسان جنوبی با همبستگی ۰.۵۹ و ۲ وات بر مترمربع در روز طی دوره افزایش داشته است. در این ناحیه ۳ دوره‌ی افزایشی که بیش‌ترین مقدار آن در سال ۲۰۰۱ با ۱۱۲ وات بر مترمربع می‌باشد، روی‌داده است. نمودار بیش-ترین تغییرات روند کاهشی در جنوب‌شرق استان هرمزگان با همبستگی ۰/۱۸- و ۲ وات بر مترمربع طی دوره، کاهش داشته است. دو دوره‌ی کاهش خروجی در این منطقه مشاهده می‌شود که کم‌ترین مقدار در سال ۱۹۹۶ با ۵۹ وات بر مترمربع در روز صورت گرفته است شکل (۶) سری سه و چهار. پهنه‌های تفاوت انرژی ورودی و خروجی، به‌جز باریکه‌های ساحلی استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان که دارای کمبود انرژی می‌باشند، بقیه‌ی مناطق کشور در این ماه دارای مازاد انرژی بوده، بیش‌ترین مازاد با مقادیر ۱۴۰ تا ۱۱۰ وات بر مترمربع در روز در مناطق بیش‌ترین دریافتی ورودی قابل‌مشاهده می‌باشند شکل (۵) ج.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]



شکل (۵). الف- درصد تغییرات تابش ورودی، ب- درصد تغییرات تابش خروجی، ج- تفاوت تابش ورودی از خروجی، به وات بر مترمربع در روز در بازه‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ در ماه آگوست



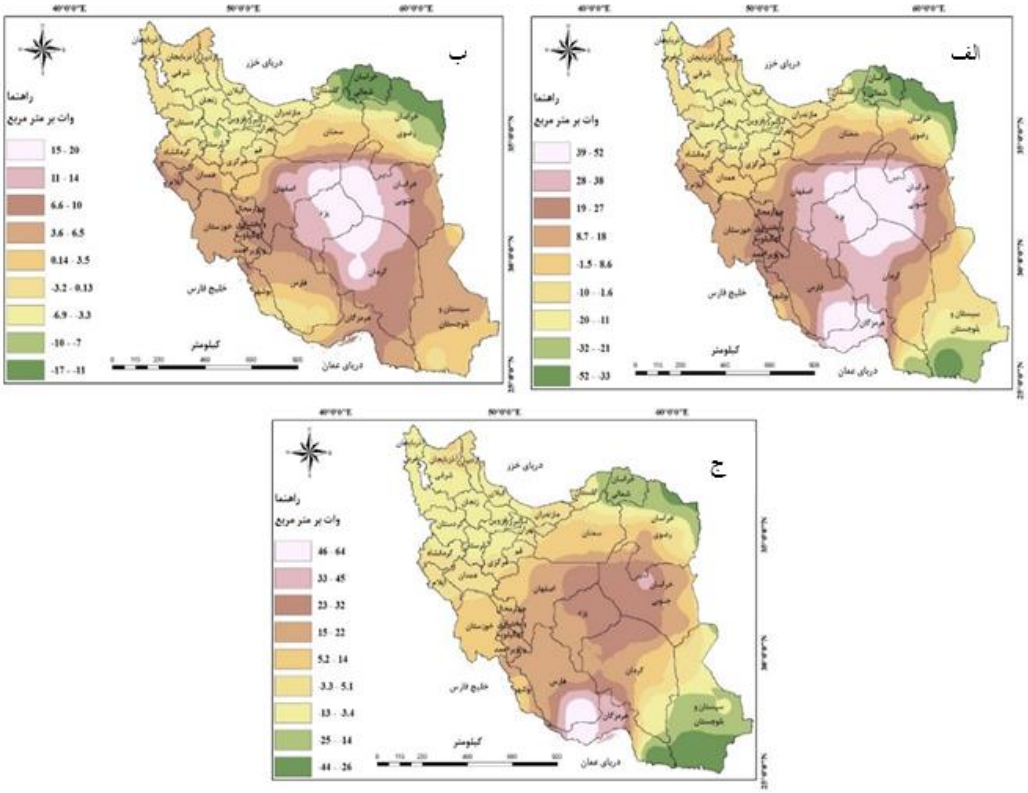
شکل (۶). سری یک- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش ورودی به سطح زمین در شمال‌شرق استان خراسان جنوبی، سری دو- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش ورودی به سطح زمین در جنوب‌شرق استان هرمزگان، سری سه- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش خروجی از سطح زمین در شمال‌شرق استان خراسان جنوبی، سری چهار- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش خروجی از سطح زمین در جنوب‌شرق استان هرمزگان، در ماه آگوست

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

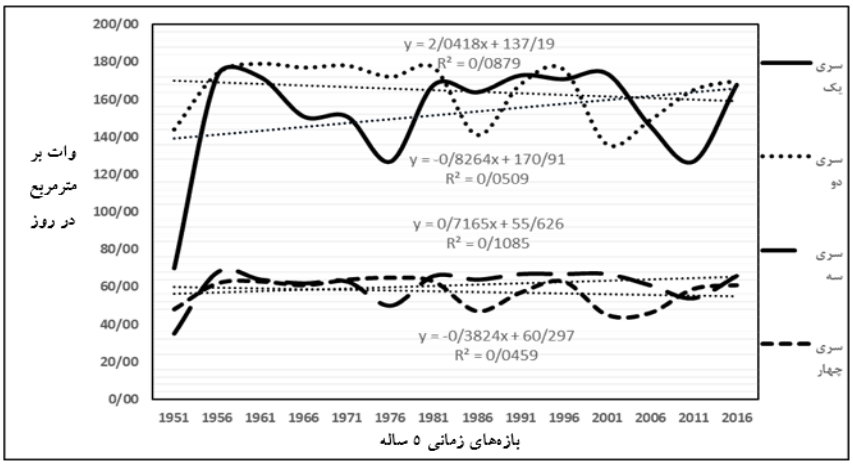
تغییرات و توزیع تابش ورودی و خروجی در ماه نوامبر

پراکندگی تابش طول‌موج کوتاه ورودی در ماه نوامبر در شکل (۷) الف نشان می‌دهد که از عرض ۳۴ درجه به پایین (نیمه جنوبی کشور) به‌جز استان سیستان و بلوچستان، بقیه‌ی مناطق از این عرض به پایین با افزایش ورودی و بیش‌ترین افزایش در استان‌های اصفهان، یزد، خراسان جنوبی، کرمان، هرمزگان و جنوب شرق استان فارس با همبستگی ۰/۲ تا ۰/۰۳ و مقدار ۵۲ تا ۸ وات بر مترمربع در روز بوده است. از عرض ۳۴ درجه به بالا با کاهش دریافتی با همبستگی ۰/۰۸- تا ۰/۳- و مقدار ۱- تا ۵۲- وات بر مترمربع در روز و بیش‌ترین کاهش دریافتی در شمال‌شرق کشور می‌باشد شکل (۷) الف. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایش ورودی ماه نوامبر مربوط به شرق استان اصفهان با همبستگی ۰/۲۹ و ۲۵ وات بر مترمربع در روز در دوره‌ی موردبررسی افزایش داشته است. بیش‌ترین افزایش ورودی در این منطقه در سال ۱۹۵۶ به مقدار ۱۸۰ وات بر مترمربع بوده است. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهش ورودی در شرق استان خراسان شمالی با همبستگی ۰/۲۲- و ۲۰ وات بر مترمربع در روز در طی دوره‌ی موردبررسی کاهش داشته است. در این ناحیه سه دوره‌ی کاهشی در سال‌های ۱۹۵۶، ۱۹۸۱ و ۱۹۹۶ که بیش‌ترین مقدار کاهش در سال ۲۰۰۱ به مقدار ۱۳۶ وات بر مترمربع بوده است شکل (۸) سری یک و دو. پراکندگی تابش طول‌موج بلند خروجی در شکل ۷- ب نشان می‌دهد که خروجی انرژی طول‌موج بلند زمین فقط در نواحی مرکزی کشور زیاد بوده و در بقیه‌ی نقاط کشور در این ماه در دوره‌ی موردبررسی کاهش‌یافته است. خروجی مناطق مرکزی کشور ۲۰ تا ۱۱ وات بر مترمربع با همبستگی ۰/۳ تا ۰/۱ و خروجی دیگر نواحی کشور بین ۱۰ تا ۱۷- وات بر مترمربع با همبستگی ۰/۱ تا ۰/۲۷- بوده است شکل (۷) ب. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایشی طول‌موج بلند خروجی در شرق استان یزد با همبستگی ۰/۳۲ و ۹ وات بر مترمربع در روز طی دوره‌ی موردبررسی بوده است. بیش‌ترین افزایش ورودی در سال ۱۹۵۶ به مقدار ۶۸ وات بر مترمربع می‌باشد. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهشی در شرق استان خراسان شمالی با همبستگی ۰/۱۸- و ۵ وات بر مترمربع طی دوره کاهش داشته است. این منطقه از کشور سه دوره‌ی کاهشی دارد که بیش‌ترین کاهش در سال ۲۰۰۱ به مقدار ۴۵ وات بر مترمربع بوده است شکل (۸) سری سه و چهار. تفاوت بین طول‌موج کوتاه ورودی و طول‌موج بلند خروجی نشان می‌دهد که استان‌های اصفهان، خراسان جنوبی، یزد، کرمان، نیمه غربی هرمزگان، فارس، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری دارای مازاد انرژی که بیش‌ترین مازاد در نیمه‌ی غربی هرمزگان و جنوب فارس با مقدار ۶۴ تا ۳۳ وات بر مترمربع در روز می‌باشد. بقیه‌ی مناطق کشور دارای کمبود انرژی و بیش‌ترین کسری انرژی در جنوب سیستان و بلوچستان و شمال‌شرق کشور با مقادیر منفی می‌باشد شکل (۷) ج.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]



شکل (۷) الف- درصد تغییرات تابش ورودی، ب- درصد تغییرات تابش خروجی، ج- تفاوت تابش ورودی از خروجی، به وات بر مترمربع در روز در بازه‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ در ماه نوامبر



شکل (۸). سری یک- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش ورودی به سطح زمین در شرق استان اصفهان، سری دو- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش ورودی به سطح زمین در شرق استان خراسان شمالی، سری سه- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش خروجی از سطح زمین در شرق استان یزد، سری چهار- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش خروجی از سطح زمین در شرق استان خراسان شمالی، در ماه نوامبر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

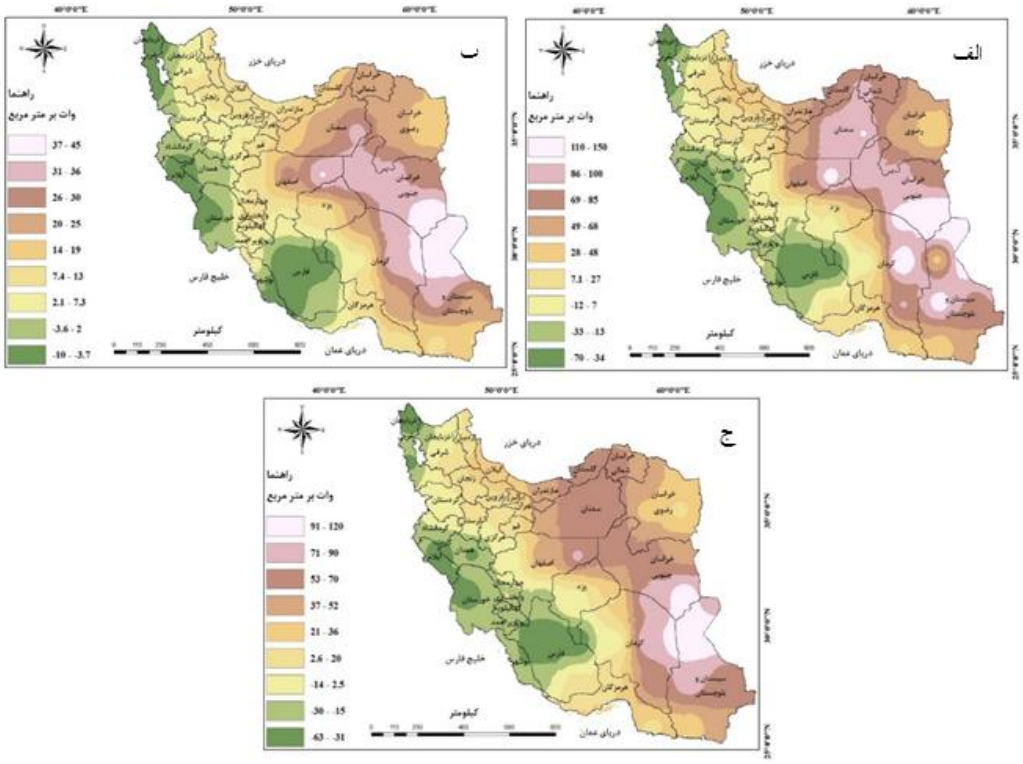
تغییرات و توزیع تابش ورودی و خروجی در طول سال

پراکندگی تغییرات تابش ورودی در طول سال در دوره‌های موردبررسی در شکل (۹) الف نشان می‌دهد که از شمال‌غرب تا جنوب‌غرب و استان فارس، مناطق با ورودی کم و بقیه‌ی نواحی کشور جزء نواحی با ورودی زیاد می‌باشند. تابش ورودی زیاد در مناطق منتهی‌الیه شرقی کشور و تابش ورودی کم‌تر در مناطق منتهی‌الیه غربی متمرکز گردیده‌اند. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایشی ورودی سالیانه با همبستگی ۰/۵۶ در جنوب استان خراسان جنوبی و ۳۵ وات بر مترمربع در روز افزایش داشته است. بیش‌ترین افزایش ورودی در سال ۱۹۹۶ به مقدار ۲۸۱ وات بر مترمربع در روز در این منطقه از کشور می‌باشد. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهشی در شمال‌غرب استان آذربایجان‌غربی با همبستگی ۰/۴- و مقدار ۱۵ وات بر مترمربع در روز طی دوره کاهش داشته است. بیش‌ترین کاهش با مقدار ۱۱۰ وات بر مترمربع در سال ۲۰۱۶ روی‌داده است شکل (۱۰) سری یک و دو.

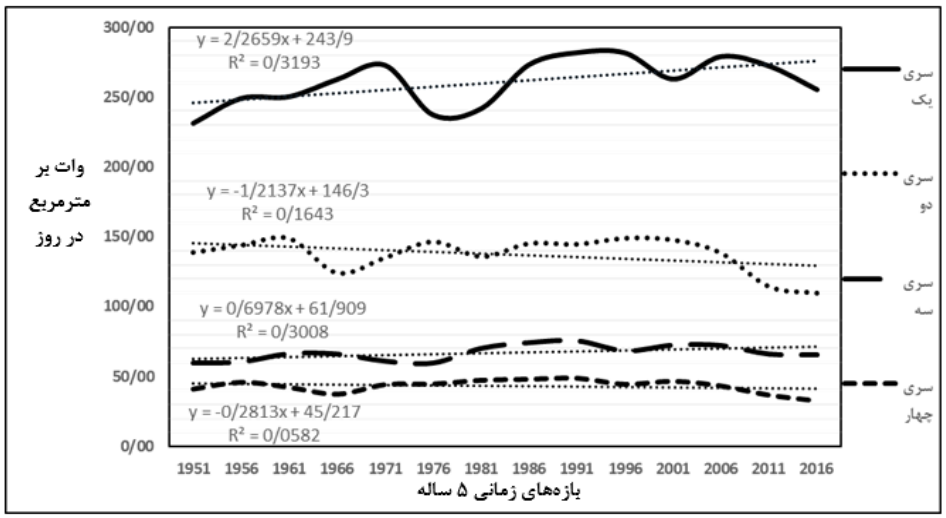
بررسی پهنه‌های تابش خروجی در طول سال در شکل (۹) ب حاکی از کاهش خروجی در مناطق آذربایجان-غربی، غرب کشور، استان فارس و نیمه‌ی جنوبی بوشهر و بقیه‌ی نقاط کشور افزایش خروجی را در طول سال داشته‌اند. بیش‌ترین افزایش خروجی در خراسان جنوبی و شمال سیستان و بلوچستان با مقدار ۴۵ وات بر مترمربع در روز و بیش‌ترین کاهش خروجی در استان فارس، نیمه‌ی جنوبی بوشهر، غرب خوزستان، ایلام، غرب همدان، جنوب کرمانشاه و آذربایجان‌غربی با مقدار ۱۰- وات بر مترمربع در روز متمرکز بوده است.

نمودار بیش‌ترین تغییرات روند افزایش خروجی سالیانه در شرق استان اصفهان با همبستگی ۰/۵۴ و ۱۰ وات بر مترمربع افزایش داشته است. بیش‌ترین افزایش خروجی در سال ۱۹۹۱ با ۷۵ وات بر مترمربع در این منطقه از کشور بوده است شکل (۱۰) سری یک و دو. نمودار بیش‌ترین تغییرات روند کاهش خروجی سالیانه در شمال-غرب استان آذربایجان‌غربی با همبستگی ۰/۲۴- و ۵ وات بر مترمربع در روز در دوره‌ی موردبررسی کاهش داشته است. بیش‌ترین کاهش خروجی در این منطقه، در سال ۲۰۱۶ به مقدار ۳۲ وات بر مترمربع بوده است شکل (۱۰)- سری سه و چهار. پراکندگی اختلاف ورودی و خروجی در ایران در طول سال نشان می‌دهد که به‌جز جنوب‌غرب، غرب و آذربایجان‌غربی بقیه‌ی نواحی کشور مازاد انرژی داشته‌اند. بیش‌ترین مازاد در جنوب خراسان جنوبی، قسمت شمالی سیستان و بلوچستان و شرق استان کرمان بین ۱۲۰ تا ۷۰ وات بر مترمربع در روز بوده است. بیش‌ترین کسری انرژی بین مقادیر ۳۱- و ۶۳- وات بر مترمربع در ماه در نیمه‌ی شمالی استان فارس، ایلام، نیمه‌ی شمالی خوزستان و شهرستان ماکو می‌باشد شکل (۹) ج.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]



شکل (۹). الف- درصد تغییرات تابش ورودی، ب- درصد تغییرات تابش خروجی، ج- تفاوت تابش ورودی از خروجی، به وات بر مترمربع در روز در بازه‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ در طول سال



شکل (۱۰). سری یک- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش ورودی به سطح زمین در جنوب استان خراسان جنوبی، سری دو- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش ورودی به سطح زمین در شمال‌غرب استان آذربایجان‌غربی، سری سه- بیش‌ترین تغییرات افزایشی تابش خروجی از سطح زمین در شرق استان اصفهان، سری چهار- بیش‌ترین تغییرات کاهشی تابش خروجی از سطح زمین در شمال‌غرب استان آذربایجان‌غربی، در طول سال

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

نتیجه‌گیری

انرژی طول‌موج کوتاه ورودی در چهار ماه منتخب هر فصل و در بازه‌های ۵ ساله در ۱۴ دوره‌ی موردبررسی، بیش‌ترین مقدار ورودی در ماه آگوست با ۲۳۰ وات بر مترمربع در روز و کم‌ترین ورودی در ماه نوامبر با ۵۲ وات بر مترمربع در روز بوده است. انرژی طول‌موج بلند خروجی نیز در چهار ماه منتخب هر فصل و در بازه‌های ۵ ساله در ۱۴ دوره‌ی موردبررسی، در ماه آگوست با مقدار ۶۵ وات بر مترمربع در روز، بیش‌ترین و در ماه ژانویه و نوامبر با ۲۰ وات بر مترمربع در روز، کم‌ترین مقدار را داشته است.

مناطق کاهش ورودی در کشور در هریک از ماه‌های منتخب طی دوره‌ی موردبررسی، در ماه ژانویه و می مناطق غرب، شمال‌غرب و جنوب‌غرب؛ در ماه آگوست مناطق تحت تأثیر مونسون؛ در نوامبر مناطق شمال‌شرق و جنوب‌شرق؛ و در طول سال همانند دوره‌ی ژانویه و می در مناطق غرب، شمال‌غرب و جنوب‌غرب بوده است.

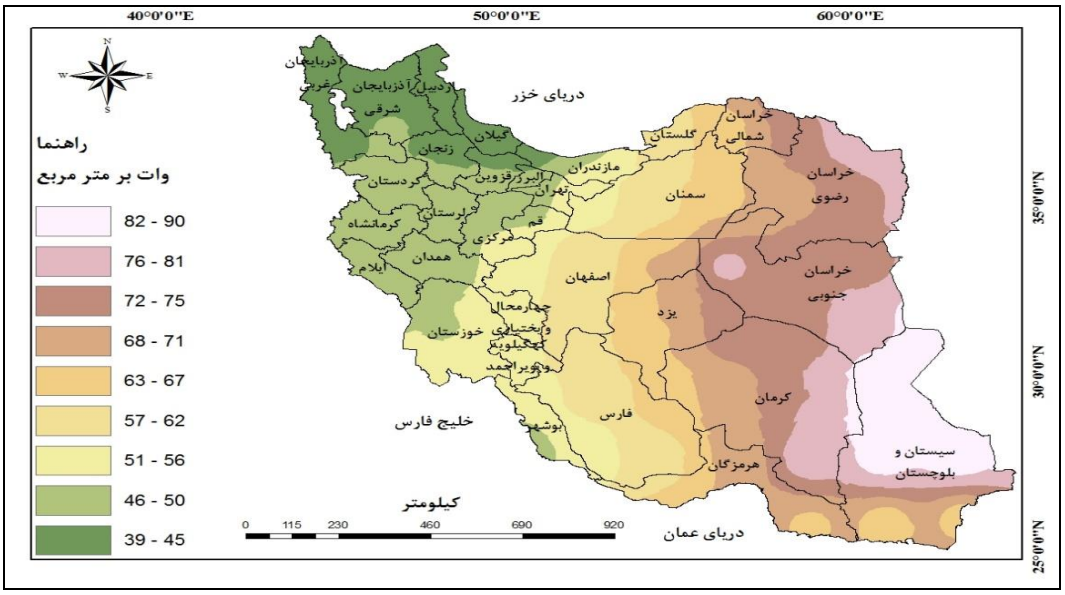
مناطق کاهش خروجی در کشور نیز در هریک از ماه‌های منتخب طی دوره‌ی موردبررسی، در ماه ژانویه مناطق غرب، جنوب‌غرب و شمال‌غرب و نوار ساحلی شرق دریای خزر تا خراسان شمالی؛ در ماه آگوست مناطق تحت تأثیر مونسون؛ در ماه نوامبر مناطق شمال‌شرق؛ و در ماه می و طول سال مناطق غرب، جنوب‌غرب و شمال-غرب خروجی به‌صورت کاهشی بوده‌اند.

بیش‌ترین تغییرات روند افزایش ورودی در همه‌ی ماه‌های موردبررسی در شرق استان خراسان جنوبی با همبستگی ۰.۶ در ماه آگوست و بیش‌ترین تغییرات روند کاهش ورودی در همه‌ی ماه‌های موردبررسی در جنوب‌شرق استان هرمزگان با همبستگی ۰.۱۴- در ماه آگوست بوده است. همچنین بررسی این پارامترها در تابش خروجی نشان داد که در ماه آگوست در شرق استان خراسان جنوبی با همبستگی ۰.۵۹ بیش‌ترین تغییرات افزایش خروجی را داشته است. بیش‌ترین تغییرات کاهش خروجی در همه‌ی ماه‌های موردبررسی نشان داد که به‌جز ماه می، بقیه‌ی ماه‌ها خروجی کاهش داشته است.

بخارآب، دی‌اکسید کربن، ازن و دیگر گازهای نادر جو، همگی به‌طور مؤثری جاذب تابش مادون‌قرمز می‌باشند. این گازها تابش موج‌بلند خروجی از سطح زمین را جذب می‌کنند و مجدداً تابش را گسیل می‌دهند. بخشی از آن به فضا می‌رود و بخشی برگشته و دوباره از طریق سطح زمین جذب می‌شود و دمای سطح زمین را افزایش می‌دهد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۸۵). بررسی نقشه‌ی نهایی وضعیت طول‌موج بلند خروجی در طول دوره-ی موردبحث نشان می‌دهد که مناطق شمال‌غرب، غرب، استان‌های شمال کشور، استان‌های قزوین، تهران، قم و مرکزی جزء مناطقی می‌باشند که خروجی طول‌موج بلند کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش خروجی طول‌موج بلند در مناطق شمال‌غرب و استان‌های اردبیل و گیلان بوده است شکل (۱۱). نتایج این تحقیق با یافته‌های دیگران که تغییرات تابش را با مدل‌های تغییراقلیم بررسی کرده‌اند هم‌سو بوده چنانکه روند کاهشی تابش ورودی را برای فصل زمستان بیان کرده‌اند. همچنین محققانی که شار تابش خالص ورودی را برای ساعات بدون تابش خورشید، منفی و در اوج ساعات تابشی، مثبت ارزیابی کرده‌اند، با نتایج یافته‌های تحقیق حاضر تطابق داشته چنانکه یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در دوره‌ی گرم سال ماه‌های می و آگوست بیشترین مقدارهای تابش ورودی و در دوره‌ی سرد سال، ماه‌های نوامبر و ژانویه، کمترین مقدارهای تابش ورودی را دریافت کرده‌اند. در جهت کاهش آثار افزایش دما در مناطقی که در بالا ذکر گردید، لازم است

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

دستگاه‌ها و عوامل زیربط، برنامه‌ریزی‌های محلی و منطقه‌ای را در این راستا به عمل‌آورده تا محیط زندگی و شرایط ساکنان آن مناطق، بهینه‌سازی و با شرایط موجود سازگار گردد.



شکل (۱۱). وضعیت تابش طول‌موج بلند خروجی به وات بر مترمربع در روز در بازه‌های زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ در طول سال

منابع

ابراهیم پور، عبدالسلام؛ معرفت، مهدی؛ نیری، هادی. (۱۳۸۷). **ارائه یک رابطه جدید برای تخمین میزان تابش کل در اقلیم‌های مختلف ایران**. مجله‌ی فضای جغرافیایی، **۲۵**: ۱-۲۲.

پیرمرادیان، نادر؛ هادی نیا، حسین؛ اشرف زاده، افشین. (۱۳۹۳). **پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک رشت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم**، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، **۵۵**: ۲۹-۴۴.

جعفری، غلام حسن. (۱۳۸۷). **بررسی سالانه زاویه ارتفاع خورشیدی در سطوح شیب‌دار ایران**. مجله اندیشه جغرافیایی، **۳۰**: ۳۰-۴۸.

خسروی، محمود؛ جهان‌بخش اصل، سعید؛ درخشی، جعفر. (۱۳۹۲). **برآورد و پهنه‌بندی تابش خورشیدی دریافتی در سطح افقی با استفاده از پارامترهای اقلیمی در GIS: مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی**. فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، **۴۳**: ۳۹-۶۳.

روشنی، احمد؛ قائمی، هوشنگ؛ حجازی زاده، زهرا. (۱۳۹۳). **تغییرات زمانی مکانی درازمدت شار تابش خالص در گستره ایران**. نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، **۱۰**: ۵۵-۷۲.

عطایی، هوشمند؛ یوسفی فر، بهنام. (۱۳۹۳). **بررسی روند تغییرات دمای شبانه استان کرمان و تأثیرپذیری آن از شدت تابش خورشیدی (TSI) طی نیم‌قرن اخیر**. نشریه‌ی جغرافیا و توسعه، **۴۰**: ۱۹۵– ۲۱۲.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]
[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

علیجانی، بهلول. (۱۳۸۵). **آب‌وهوای ایران**. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

فولادمند، حمیدرضا؛ هادی پور، سحر. (۱۳۹۱). **واسنجی و ارزیابی روش‌های مختلف تخمین تابش خورشیدی روزانه (مطالعه موردی: رشت)**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. **۲۸**: ۱- ۱۲.

کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۸۳). **مبانی آب و هواشناسی**. چاپ نهم. انتشارات سمت، تهران.

مجرد، فیروز؛ فتح نیا، امان اله؛ رجایی، سعید. (۱۳۹۴). **برآورد تابش خورشیدی دریافتی سطح زمین در استان کرمانشاه**. مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، **۱۹**: ۵۵-۶۹.

محمدی، حسین؛ طاهری، محمدرضا؛ مقبل، معصومه. (۱۳۸۷). **بررسی افزایش درجه حرارت کره زمین و پیامدهای آن**. فصلنامه جغرافیای طبیعی. **۱**: ۸۵-۱۰۰.

مدیری، مهدی؛ علی‌بخشی، زهرا؛ افشار منش، حمیده؛ عباسی، محمد. (۱۳۹۱). **بررسی جهت مناسب استقرار ساختمان‌ها بر اساس تابش آفتاب و جهت باد (مطالعه موردی: شهر گرگان)**. فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). **۲**: ۱۴۱-۱۵۶.

موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول. (۱۳۸۹). **مقایسه روش تجربی بهینه برای برآورد تابش با مقیاس‌های زمانی مختلف در ناحیه اقلیمی مشهد**. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. **۱۴**: ۱۶۷– ۱۸۱.

یزدان پناه، حجت‌اله؛ میرمجربیان، راضیه؛ برقی، حمید. (۱۳۸۸). **برآورد تابش کلی خورشید در سطح افقی زمین در اصفهان**. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، **۳۷**: ۹۵-۱۰۴.

Abakumova G. M. Feigelson E.M, Russak V, Stadnik V.V. 1995. **Evaluation of long-term changes in radiation, cloudiness, and surface temperature on the territory of the former Soviet Union**. American Meteorological Society, **9**: 1319–1327.

Dutton E. G, Bodhaine B. A. 2001. **Solar irradiance anomalies caused by clear-sky transmission variations above Mauna Loa: 1958–99**. Jornal of Climate, **14**: 3255–3262.

Frrezpatrick E. A, Stern W. R. 1965. **Components of the radiation balance of irrigated plots in a dry monsoonal environment**. Journal of Applied Meteorology, December, **4**: 649-660.

Liepert B.G, Kukla G.J. 1997. **Decline in global solar radiation with increased horizontal visibility in Germany between 1964 and 1990**, American Meteorological Society. **10**: 2391-2401.

Pons X, Ninyerola M. 2008. **Mapping a topographic global solar radiation model implemented in a GIS and refined with ground data**. International Journal of Climatology, **28**: 1821-1834.

Ramanathan V. 1987. **The role of Earth Radiation Budget studies in climate and general circulation research**. Jornal of Geophysical Reasearch. **92**: 4075–4095.

Stanhill G, Cohen S. 2004. **Solar radiation change in the United States during the twentieth century: Evidence from sunshine duration measurements**. Journal of Climate, **18**: 1503-1512.

Stanhill G, Moreshet S. 1992. **Global radiation climate changes: The World Network**. Climate Change, **21**: 57–75.

Swinbank W.C. 1963. **Long wave radiation from clear skies**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **89**: 339–348.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]

Trenberth K.E, John F. 2014. **Earth' energy imbalance**. Journal of Climate, **27**: 3129-3144.

Wall C J, Hartamann L D, Thieman M M, Smith JR W L, Minnis P. 2018. **The Life Cycle of Anvil Clouds and the Top-of-Atmosphere Radiation Balance over the Tropical West Pacific**. Journal of Climate, **31**: 10059-10080.

Wong T, Soden B.J, Stephens G.L. 2011. **Observed changes in top-of-the-atmosphere radiation and upper-ocean heating consistent within uncertainty**. Nature Geoscience, **5**: 110–113.

Yashvant DAS B.P, Ayapilla S.N.M 2014. **Spatial and temporal distributions of radiation balance components over Delhi**. Contributions to Geophysics and Geodesy, **39**: 355- 377.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.16.9]

[DOI: 10.61186/jgs.23.70.1]