فصلنامه علمی – ترویجی «نشریه انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، صفحه ۹۸-۷۵

پتانسیل انرژی خورشیدی و اطلس تابش در استان لرستان

[۱] زینب اکبری*، [۲] فاطمه درگاهیان ، [۳] محمدناصر هاشمی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۵/۴/۲۹

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۵/۱۱/۱۲

کلمات کلیدی:
تابش خورشیدی،
عناصر اقلیمی،
مدل سازی،
ایزوکلاستر،
پهنه بندی،
لرستان

چکیده

انرژی خورشیدی منحصربه‌فردترین منبع انرژی تجدیدپذیر در جهان است و منبع اصلی تمامی انرژی‌های موجود در زمین می‌باشد. انرژی خورشیدی به صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند به اشکال دیگر انرژی تبدیل گردد. به‌طور کلی انرژی متصاعد شده از خورشیدی در حدود ۳/۸ در ۱۰۲۳ کیلووات در ثانیه می‌باشد. در این پژوهش جهت بررسی پتانسیل انرژی خورشید در استان لرستان از داده‌های دیدبانی شده ۹ ایستگاه سینوپتیک مستقر در سطح استان به صورت ماهانه طی دوره آماری (۲۰۱۴-۲۰۰۰) جهت ایجاد بانک اطلاعاتی استفاده گردیده است. داده‌های مورد استفاده عبارتند از: متوسط دما، متوسط حداقل دما، متوسط حداکثر دما، متوسط کمینه رطوبت، ساعت آفتابی و ابرناکی. داده‌های مربوط به تابش خورشید اندازه گیری شده ایستگاه خرم آباد طی دوره آماری ۲۰۰۷-۲۰۰۲ برای مدل سازی و از نتایج به دست آمده جهت برآورد میزان تابش ماهانه و فصلی سایر نقاط استان استفاده شد. از روش ایزوکلاستر در محیط GIS برای پهنه بندی مناطق تابشی در سطح استان استفاده شد. نتایج نشان داد که ماه جولای و فصل تابستان دارای بیشترین در یافت تابش رسیده به سطح زمین می‌باشند. ایستگاه الیگودرز، کوهدشت و پلدختر همواره دارای ارقام تابش دریافتی بالایی بودند؛ اما با توجه به دمای بالای دو ایستگاه کوهدشت و پلدختر می‌توان گفت که شهرستان الیگودرز دارای بهترین شرایط برای نصب سلول‌های خورشیدی در بین سایر نقاط استان است.

۱. کارشناس ارشد آب و هواشناسی (نویسنده مسئول) z.akbari91@yahoo.com
۲. عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌های کشور dargahian@rifer-ac.ir
۳. مدیر کل هواشناسی استان لرستان naser_1557@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

۱. مقدمه

خورشید منبع اولیه تأمین انرژی برای کلیه فرایندهای فیزیکی- شیمیایی در روی زمین است و به همین دلیل برای تداوم زندگی در درجه اول اهمیت قرار دارد. تابش خورشید همچنین روی فرایندهای آب وهوایی که مشخص کننده محیط پیرامون ما می‌باشند، تاثیرگذار است. بنابراین فهم فیزیک تابش خورشید و به ویژه تعیین مقدار انرژی دریافت شده توسط سطح زمین ضروری می‌باشد. برنامه ریزی جهت بهره برداری بهینه از انرژی خورشیدی نیازمند برآورد پتانسیل آن در مناطق مختلف کشور می باشد. با استفاده از داده‌های اندازه گیری شده روزانه برای سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۳۸۳ در منطقه باجگاه استان فارس بر اساس نسبت ساعات آفتابی، دما و میزان ابری بودن آسمان، ضرایب مدل آنگستروم را واسنجی نمودند .نتایج به دست آمده نشان داد که اضافه نمودن دمای هوا و ساعات آفتابی در معادله آنگستروم باعث بالا رفتن دقت تخمین شدت تابش می گردد (معینی و همکاران، ۱۳۸۹). ایران بر اساس طبقه بندی اقلیمی به پنج منطقه اقلیمی تقسیم بندی شده و سپس با استفاده از داده‌های تابشی سازمان هواشناسی، به تعیین ضرایب معادله آنگسترم برای ۵ اقلیم در نظر گرفته شده است (نادی و همکاران، ۱۳۸۹) با استفاده از اطلاعات تابش کلی خورشید و تعداد ساعات آفتابی در مقیاس روزانه چند ایستگاه سینوپتیک واقع در نواحی خشک و نیمه خشک ایران شامل: کرمانشاه، اهواز و اصفهان طی دو سال متوالی ۲۰۰۰ و۲۰۰۱ به بررسی تعیین ضرایب معادله آنگسترم پرداختند(خلیلی و همکاران، ۱۳۷۶). (علی زاده و همکاران) به بررسی یک رابطه جدید برای پیش بینی شدت تابش کل خورشید بر روی سطح افقی پرداخته و همچنین یک مدل جدید برای شهر مشهد ارائه داده اند. خلیلی و همکاران، ۱۳۷۶ تاثیر پارامترهای هواشناسی ساعات آفتابی، دمای ماکزیمم، نقطه شبنم، رطوبت نسبی، فشار بخار آب، بارندگی و ابرناکی بر مقادیر روزانه تابش کل دریافتی از خورشید با استفاده از اطلاعات ایستگاه تهران شمال (اقدسیه) پرداخته اند. جعفر کاظمی وهمکاران، ۱۳۹۰ با استفاده از ۵ مدل مختلف مدل بیرد و هولشترم،مدل پیچ، شکل درجه دوم رابطه پیچ، تاثیر ابر ، مدل برآورد تابش خورشیدی با استفاده از پارامترهای هواشناسی ساعات آفتابی ماکزیمم درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی به بررسی شدت تابش انرژی خورشید بر سطح افقی در زاهدان پرداخت و نتایج حاصله را با اطلاعات آماری گرفته شده از سازمان هواشناسی استان برای سال های (۱۹۹۲-۱۹۹۷) مورد بررسی قرارداد هاست، نتایج حاصله

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

از این واسنجی نشان می دهد که مدل بیرد و هولشترم در مقایسه با دیگر روابط، به دلیل برآورد لحظه ای تابش‌های پخشی و مستقیم دارای دقت بالاتری می باشد. حق پرست وهمکاران، ۲۰۰۷، یک مدل بهینه جهت محاسبه میزان تابش کلی دریافتی از خورشید را ارائه نمودند .به طوری که با استفاده از اطلاعات هواشناسی ۲۲ ایستگاه سینوپتیک کشور به مدت ۵ الی ۲۵ سال به بررسی ۸ مدل تابش که شامل مدل دانشیار، مدل اصلاح شده دانشیار، مدل صباغ، مدل اصلاح شده صباغ، مدل صمیمی، مدل پروکتور-پالتریج، مدل اصلاح شده پروکتور- پالتریج پرداختند.

دغدغه ی اصلی محاسبه انرژی تابش خورشیدی در مناطقی است که مجهز به دستگاه‌های اندازه گیری تابش خورشیدی نیستند، یا اندازه گیری تابش در آن مناطق به صورت پراکنده و نقطه ای انجام گرفته است. در پهنه بندی پتانسیل تابشی در گستره ی کشور ایران نیز این بحث جدیت بیشتری دارد، زیرا گستردگی شمالی- جنوبی ایران و تفاوت زیاد عرض جغرافیایی در این گستره، عامل مهمی در تفاوت میزان تابش خورشیدی در کشور می‌باشد(سبزی پرور وهمکاران، ۱۳۸۹) لذا تخمین و پهنه بندی میزان پتانسیل انرژی خورشیدی در گستره ی کشوری با استفاده از مدل‌های مختلف ریاضی و تجربی صورت می‌گیرد. محمد موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۹۰، در پژوهشی با عنوان بررسی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور معرفی مناسب ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک ،مناسب ترین مدل در این منطقه را مورد بررسی قرار دادند. در پژوهشی هوشنگی و همکاران ۱۳۹۳ با عنوان بررسی منطقه ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه سازی روش‌های درون یابی در سطح کشور ایران نشان دادند تعیین محل بهینه ی نیروگاه‌های خورشیدی عاملی تأثیرگذار در افزایش بهره وری آن‌ها بوده و تابعی از دقت محاسبه ی پتانسیل تابش خورشیدی می‌باشد. با استفاده از روابط مکانی میان داده‌ها در روش‌های درون یابی، موجب افزایش دقت تخمین پتانسیل تابشی برای مناطق مختلف کشور می‌گردد نتایج نشان داد اغلب مناطق کشور، به ویژه بخش‌های جنوبی از استعداد بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی برخوردار هستند. لذا بخش‌های میمند، سعادت آباد، کوار و سروستان از استان فارس، باویاز خوزستان ونوک آباد از استان سیستان و بلوچستان با اختلاف ناچیز به ترتیب به عنوان مناطق با پتانسیل تابشی بالا معرفی شدند. حمیدرضا فولادمند و سحر هادی پور، ۱۳۹۲ در مقاله ای با عنوان واسنجی و ارزیابی روش‌های مختلف تخمین تابش خورشیدی روزانه (مطالعه موردی رشت)، با استفاده از داده‌های های اندازه گیری شده در ایستگاه رشت طی سال‌های

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ برای واسنجی معادله‌ها و طی سالهای ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ برای ارزیابی معادله‌ها استفاده شد و روزهای ابری و غیر ابری نیز از یکدیگر تفکیک شدند. نتایج نشان داد که برای روزهای غیر ابری ،معادله ساده آنگستروم مناسب تر از سایر معادله هاست. همچنین نتایج نشان داد که برای روزهای ابری هیچ کدام از معادله‌های ارائه شده برای تخمین مناسب نیستند، اما در صورت نیاز می‌توان با دقت کمی از معادله ساده پیشنهاد شده به وسیله آلن وهمکاران (۱۹۹۸) استفاده نمود. از دقیق ترین روش‌های اندازه گیری تابش خورشیدی در ایستگاههای سینوپتیک هواشناسی استفاده از پیرانومتر است ، اما با توجه به علت کمبود امکانات اندازه گیری آن در تعداد کمی از ایستگاههای سینوپتیک ایران امکان پذیر است. از این رو پژوهشگران زیادی روش‌های تخمینی این پارامتر را ارائه نموده اند که از مطالعات انجام شده در نواحی محدودی از ایران می‌توان به تحقیقات خلیلی و رضایی صدر(۱۳۷۲)، دانشیار(۱۳۷۸) یعقوبی و جعفرپور (۱۹۹۰) و سبزی پور(۲۰۰۷) اشاره نمود. در تحقیقی دیگر نیز سبزی‌پور (۲۰۰۸) با استفاده از سه روش پالتریج و پروکتر(۱۹۷۶)، صباغ و همکاران(۱۹۷۷) و دانشیار(۱۹۷۸) و اصلاح این مدل ها، تابش کل خورشیدی را به صورت ماهانه در منطقه مرکزی ایران تخمین زد. محمد هادی دشتکی پور و همکاران ۱۳۹۳، در پژوهشی تحت عنوان تاثیر ثابت خورشیدی بر میزان تابش کل خورشیدی روزانه دریافتی در یک سطح افقی، تاثیر ثابت خورشیدی بر برآورد میانگین مقدار کل ماهانه تابش خورشیدی در شهرهای کرمان، یزد و زاهدان را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور از داده‌های اندازه گیری شده مربوط به مقدار کل تابش خورشیدی و همچنین مشخصات جغرافیایی و آب و هوایی که توسط سازمان هواشناسی ایران تهیه شده استفاده گردید. مطالعه نشان داده میانگین ماهیانه مقدار کل تابش خورشیدی بر روی یک سطح افقی به عوامل نجومی، هندسی، جغرافیایی و هواشناسی آن منطقه ارتباط دارد. همچنین نتایج نشان داد که ثابت خورشیدی تاثیر زیادی بر روی میانگین مقدار کل ماهیانه تابش خورشیدی ندارد، و بهترین مقدار ثابت خورشیدی برای شهرهای کرمان و زاهدان ۱۳۶۶.۱ و بهترین ثابت خورشیدی برای شهر یزد۱۳۵۳ بوده است. در پژوهشی با عنوان برآورد تابش کلی خورشید در سطح افقی زمین در اصفهان به کمک داده‌های تابش ایستگاه ازن سنجی اصفهان در دوره آماری بیست ساله(۱۳۸۴–۱۳۶۵) نسبت به یافتن مدل مناسب برآورد شدت تابش خورشیدی رسیده به سطح از روی آمار ساعات آفتابی انجام شد؛ برای کنترل نتایج و بررسی دقت مدل از آمار ۱۳۸۵تا۱۳۸۷ این ایستگاه استفاده شد .همچنین نتایج به دست

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

آمده با مدل‌های RMSE و MBE مقایسه شده است (حجت الله یزدان پناه و همکاران ۱۳۸۹). در مطالعه بررسی پتانسیل اقلیمی و تابش خورشیدی جهت احداث نیروگاه فتوولتائیک در منطقه‌ی هلجرد " به منظور بررسی پتانسیل اقلیمی و تابش خورشیدی در منطقه هلجرد پس از شناسایی نزدیک ترین ایستگاه‌های هواشناسی، پتانسیل اقلیمی و تابش خورشیدی به کمک محاسبه‌ی میانگین‌های بلند مدت ماهانه‌ی دما، رطوبت نسبی، تابش روزانه و سمت و سرعت باد در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۵ مورد بررسی قرار گرفتند و برای تعیین ضریب صافی هوا در منطقه‌ی هلجرد از رابطه‌ی تجربی ارائه شده بر پایه‌ی داده‌های ساعات آفتابی استفاده نمودند. در نهایت تاثیر کلیه‌ی عناصر اقلیمی بر بازده و خروجی نیروگاه فتوولتائیک تحلیل گردید و بر این اساس ضریب ظرفیت نیروگاه فتوولتائیک را در منطقه هلجرد ۱۹٪ به دست آوردند، که در میان این‌گونه نیروگاه‌ها عدد قابل توجه و مطلوبی محسوب می‌شود (رشید زاده و همکاران، ۱۳۹۱). امکان سنجی و پهنه بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان نشان داد که ۱۴/۲۳ درصد در محدوده متوسط از استان در محدوده بسیار مطلوب، ۲۸/۷۹ درصد در محدوده مطلوب، ۲۷/۸۶ درصد در محدوده متوسط و ۲۹/۱۰ درصد از کل مساحت استان در محدوده نامطلوب و بسیار نامطلوب از لحاظ استقرار پنل‌های خورشیدی قرار دارد (موقری و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعه پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از (GIS) شهرهای بهبهان، رامهرمز و باغ ملک در استان خوزستان را مستعد احداث این تاسیسات تشخیص داده شد. در استان لرستان، با استفاده از آمار هواشناسی ۹ ایستگاه سینوپتیک استان دربازه زمانی۹۲-۱۳۷۸ میزان تابش دریافتی از آسمان در مقیاس‌های ماهانه، به دو روش هارگریوز و آنگستروم برآورد و مقایسه گردید. نتایج این محاسبات با استفاده از روش عکس فاصله مربعات درون یابی و پهنه‌های تابش ماهانه در استان محاسبه شده به روش آنگستروم توزیع زمانی و مکانی یکنواخت تری نسبت به نتایج روش هارگریوز دارد. در مقیاس زمانی بیشترین تابش سالانه استان در هر دو روش در شهریور ماه و کمترین آن در بهمن ماه مشاهده می‌شود (یعقوب زاده ، ۱۳۹۴).اخیرا به منظور برآورد و ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی برای اقلیم‌های متفاوت از روش شبکه عصبی- مصنوعی استفاده می‌شود (انجوی و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی کاربرد روش شبکه عصبی و مصنوعی در برآورد و تابش و مقایسه آن با مدل‌های قبلی نظیر مدل آنگستروم نشان داد که استفاده از این روش جهت برآورد و

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

پیش بینی مقدار تابش رسیده به سطح افقی مناسب است (سبزی پرور و علیایی،۱۳۹۱) که باید به طور جداگانه برای اقلیم‌های متفاوت انجام شود.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش از داده‌های دیدبانی شده ۹ ایستگاه سینوپتیک به صورت ماهانه طی دوره آماری (۲۰۰۰-۲۰۱۴) جهت ایجاد بانک اطلاعاتی استفاده گردیده است. داده‌های مورد استفاده عبارتند از : متوسط دما، متوسط حداقل دما، متوسط حداکثر دما، متوسط کمینه رطوبت، ساعت آفتابی و ابرناکی. با توجه به این که میزان ابرناکی در تمامی ایستگاه‌های دنیا به صورت کسری از ۰.۸ بیان می‌شوند و نیز با توجه به تغییرات طول روز و نیز ماه‌های دوره گرم و سرد سال، از ماکزیمم میزان ابرناکی طی روز استفاده شده است و در پایان برای نتیجه گیری بهتر و ارتباط با سایر داده‌ها ، این داده‌ها را به صورت درصدی تبدیل نموده ایم. در مرحله بعد با توجه به این که تنها در ایستگاه خرم آباد دوره آماری برای داده‌های تشعشع موجود بود از داده‌های SC DATA برای تبدیل به آمار ماهانه طی دوره اماری (۲۰۰۲-۲۰۰۷) برای مدل‌سازی استفاده شد. برای برآورد میزان تابش خورشیدی نیز از داده‌های اقلیمی ۹ ایستگاه طی سالهای ۲۰۱۴-۲۰۰۰ استفاده شد.

استخراج عوامل

با توجه به اینکه داده‌های مربوط به پارامتر تشعشع ایستگاه خودکار خرم آباد برای سال‌های ۲۰۰۷تا ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است علت انتخاب این بازه زمانی، عدم ثبت این پارامتر هواشناسی در سال‌های اخیر بوده است. از آن جایی که ثبت داده‌های ایستگاه خودکار به دلیل مشکلاتی از قبیل، نقص فنی ، قطعی برق و ... همواره دارای خلاء آماری می‌باشند لذا جهت برطرف کردن این نقص اماری از آزمون‌های مختلف جهت تکمیل داده‌های مفقود استفاده شده است. آزمون مربوط به نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش‌های کولموگراف اسمیرونوف و نیز همگنی داده‌ها با آزمون ران تست بررسی و تایید شد.

۳. روش تحقیق

پس از انجام مراحل کنترل کیفیت داده ها، مدل‌های مختلف رگرسیونی برای برآورد تابش مورد بررسی قرار گرفت و ضرایب هر یک از مدل‌ها با استفاده از داده‌های موجود در ایستگاه خرم آباد در محیط نرم

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

افزاری spss محاسبه گردید. در رگرسیون به دنبال برآورد رابطه ی ریاضی و تحلیل آن هستیم، به طوری که بتوان به کمک آن کمیت یک متغیر مجهول را با استفاده از متغیرهای معلوم، تعیین کرد. با فرض این که رابطه علت و معلولی بین دو متغیر کمی وجود داشته باشد و این رابطه به صورت خطی باشد، رگرسیون به شکل رابطه زیر تعریف می‌شود که به رگرسیون خطی ساده مشهور است، یا به عبارت دیگر مقدار متغیر وابسته به کمک متغیر مستقل براورد می‌شود:

$$Y=a+bx \qquad (۱)$$

وقتی تعداد متغیرها افزایش می‌یابد رابطه فوق به یک رابطه خطی چند جمله ای به صورت زیر تبدیل می‌گردد:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n \qquad (۲)$$

در رابطه فوق: $b_{1,2,3,\ldots}$ ضرایب رگرسیون و $X_{1,2,3,\ldots}$ پارامترهای مستقل موثر در مساله و Y متغیر وابسته که در اینجا میزان تشعشع یا انرژی تابش خورشیدی می‌باشد.

در جدول شماره ۱ به بررسی همبستگی بین پارامترهای مورد استفاده در مدل پرداخته شد. همان طور که پیداست داده‌ها از همبستگی بالایی با میزان تشعشع برخوردار می‌باشند. بالاترین ضریب همبستگی مربوط به پارامتر ساعات آفتابی به میزان ۰.۹۷۸ می‌باشد.

جدول ۱. همبستگی متغیرهای اقلیمی با میزان تشعشع خورشیدی (ایستگاه هواشناسی خرم آباد)

	عناصر اقلیمی	حداقل دما	حداکثر دما	متوسط دما	متوسط حداقل رطوبت	ابرناکی	ساعات آفتابی	میزان تشعشع
میزان تابش	Pearson	۰.۹۳۵	۰.۸۹۸	۰.۹۲۴	-۰.۹۲۸	-۰.۸۶۵	۰.۹۷۸	۱
	sig	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
	N	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	

پس از انجام این مرحله ، همان طور که می‌دانیم روش‌های متفاوتی برای ورود متغیرها به مدل ورودی وجود دارد که در ذیل به آن‌ها اشاره شده است:

۱. روش Enter

۲. روش Stepwise

۳. روش Remove

۴. روش Forward

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

۵. روش Backward

که پس از انجام روش‌های مختلف داده‌ها بـه روش Enter در محـیط نـرم افـزاری SPSS وارد مـدل شدند. متغیرهای مورد استفاده در این مدل رگرسیونی عبارتند از: سـاعت آفتـابی SH، حـداقل رطوبـت RH، متوسط دماTmean،حداقل دما Tmin،حداکثر دما Tmax،ابرناکی C اسـت ، کـه ضـرایب آن‌هـا بدین شرح می‌باشد:

$$Y = a + (b_1.SH) + (b_2.Tmax) + (b_3.Tmin) + (b_4.Tmean) + (b_5.RH) + (b_6.C) \quad (۳)$$

در معادله فوق a عرض از مبدا یا ضریب ثابت رگرسیون و مقادیر b1 تـا b6 وزن هـر یـک از متغیرهـا موجود در مدل می‌باشند. در جدول شماره ۲ متغیرهای ورودی به مدل و ضرایب و وزن هر یک از آن‌ها نشان داده شده است. با توجه به آزمون T متغیرهای ساعت آفتابی و ابرناکی موثرترین متغیرها در مدل می‌باشند.

$$Y = (-1787.71) + (13.4 * SH) + (-3.24 * Tmax) + (-3.56 * Tmin) + (19.67 * Tmean) + (-7.17 * RH) + (20.99 * C) \quad (۴)$$

جدول ۲. ضرایب رگرسیون متغیرهای ورودی در مدل به روش Enter

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ضریب ثابت مدل	-۱۷۸۷.۷۱۱	۷۶۸.۹۴۷		-۲.۳۲۵	.۰۵۹
ابرناکی	۲۰.۹۹۸	۶.۹۹۹	.۴۹۹	۳.۰۰۰	.۰۲۴
متوسط دما	۱۹.۶۷۴	۱.۸۹۲	۰.۳۸۹	۰.۸۴۷	۰.۴۳۶
ساعت آفتابی	۱۳.۴۴۹	۲.۵۹۱	۱.۳۸۹	۵.۱۹۱	.۰۰۲
متوسط حداقل رطوبت	-۷.۱۷۶	۹.۵۹۱	-.۱۳۹	-.۷۴۸	.۴۸۳
حداقل دما	-۳.۵۶۴	۲۴.۷۷۸	-.۰۳۵	-.۱۴۴	.۸۹۰
حداکثر دما	-۳.۲۴۴	۱۴.۰۲۴	-.۰۴۴	-.۲۳۱	.۸۲۵

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۳. خلاصه شاخص‌های مدل رگرسیونی به روش Enter

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
۱	.۹۹۲[a]	.۹۸۴	.۹۷۰	۱۲۴.۴۳۴۲۱

به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه خطی بین متغیرها به تحلیل واریانس رگرسیون پرداخته ایم. همان طور که از خروجی جدول شماره ۴ پیداست، چون سطح معنی داری برابر ۰ می‌باشد و از سطح آلفای ۰.۰۱ و ۰.۰۵ کمتر می‌باشد ، بنابراین فرض خطی بودن رابطه بین متغیرها تایید می‌گردد. یا به عبارتی بین متغیرها وابسته و متغیرهای مستقل رابطه خطی وجود دارد.

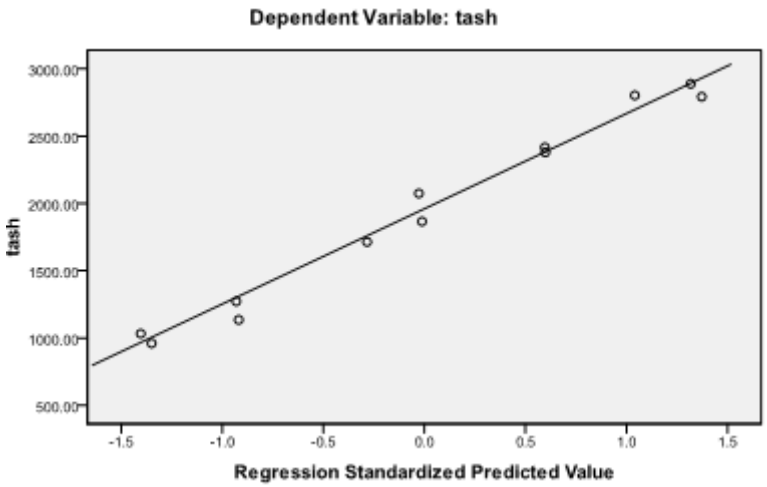
جدول ۴. تحلیل واریانس رگرسیون

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	۵۶۵۲۵۹۳.۱۳۰	۵	۱۱۳۰۵۱۸.۶۲۶	۷۳.۰۱۳	.۰۰۰[c]
Residual	۹۲۹۰۳.۲۳۳	۶	۱۵۴۸۳.۸۷۲		
Total	۵۷۴۵۴۹۶.۳۶۳	۱۱			

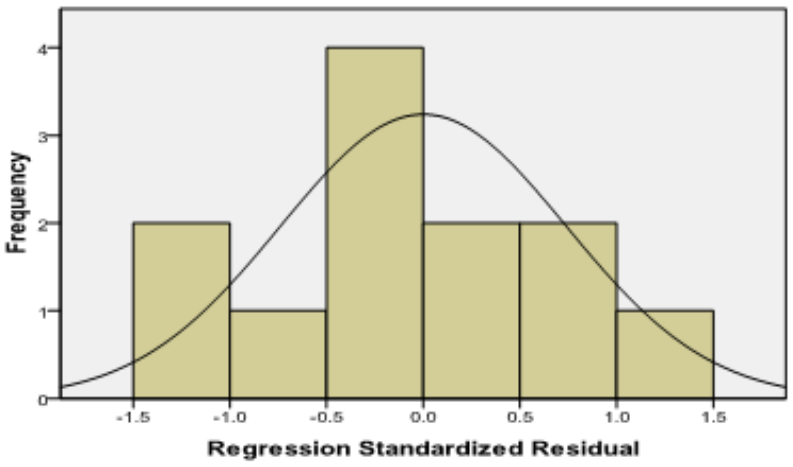
جدول ۵. میانگین و انحراف معیار باقیمانده ها

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	۹۳۸.۶۹۰۲	۲۹۲۸.۵۴۰۰	۱۹۴۴.۹۲۵۰	۷۱۶.۸۴۸۷۳	۱۲
Residual	-۱۵۰.۹۲۵۶۱	۱۴۹.۵۹۳۳۱	.۰۰۰۰۰۰	۹۱.۹۰۰۷۵	۱۲
Std. Predicted Value	-۱.۴۰۴	۱.۳۷۲	.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱۲
Std. Residual	-۱.۲۱۳	۱.۲۰۲	.۰۰۰	.۷۳۹	۱۲

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

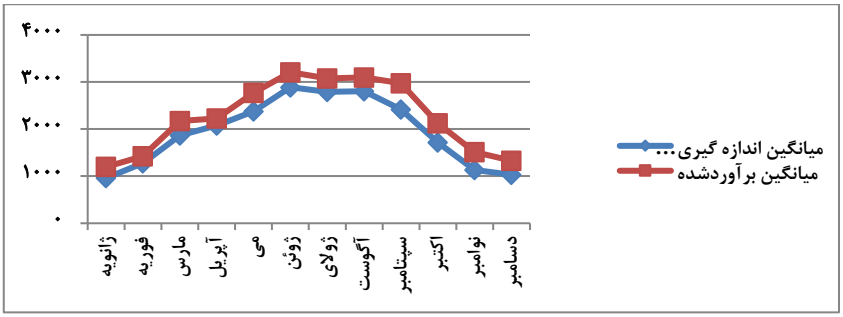


شکل ۱. پراکندگی داده‌های اندازه گیری شده نسبت به برآورد شده



شکل ۲. توزیع نرمال باقیمانده ها

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



شکل ۳. مقایسه داده‌های اندازه گیری شده نسبت به برآورد شده ها

برای بررسی نتایج مدل تست‌های آماری، میانگین خطا (MBE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAB)، میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE)،میانگین نسبی مجذور مربعات خطا (RRMSE)،درصد میانگین قدر مطلق خطا (MADEV) مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۶. مقایسه نتایج به دست آمده توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر خطاها

ماه	میانگین اندازه گیری شده	ماه میانگین برآوردشده
ژانویه	۹۶۰.۵	۱۱۹۷.۷۷
فوریه	۱۲۷۲.۵	۱۴۲۷.۲۵
مارس	۱۸۶۶.۱	۲۱۷۱.۰۹
آپریل	۲۰۷۴.۹	۲۲۲۹.۸
می	۲۳۷۹.۹	۲۷۶۸.۷۱
ژوئن	۲۸۸۹.۱	۳۲۰۷.۹۶
ژولای	۲۷۹۳.۳	۳۰۷۳.۲۷
آگوست	۲۸۰۳.۳	۳۰۹۶.۷۳
سپتامبر	۲۴۱۷.۳	۲۹۷۲.۰۵
اکتبر	۱۷۱۴.۱	۲۱۲۴.۳۷
نوامبر	۱۱۳۵.۵	۱۵۱۳.۴۹
دسامبر	۱۰۳۲.۶	۱۳۳۱.۵۸

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۷. میزان براورد تابش خورشیدی ماهانه در ایستگاه‌های سطح استان

	خرم اباد	بروجرد	الیگودرز	کوهدشت	پلدختر	دورد	الشتر	نورآباد	ازنا
ژانویه	۱۲۳۶.۵۶	۱۱۷۱.۷۰	۱۳۳۱.۴۱	۱۳۳۱.۴۱	۱۳۳۹.۴۵	۱۲۳۵.۴۳	۱۰۸۲.۱۰	۱۰۸۰.۵۴	۹۳۸.۳۱
فوریه	۱۴۱۳.۵۸	۱۳۸۰.۳۴	۱۶۱۰.۴۷	۱۴۰۴.۰۸	۱۴۶۳.۱۸	۱۳۹۰.۱۹	۱۲۸۲.۲۶	۱۱۷۱.۴۴	۱۲۵۳.۷۱
مارس	۱۹۹۹.۹۰	۲۰۷۱.۰۸	۲۱۸۰.۱۸	۲۱۳۶.۶۶	۲۰۷۱.۴۴	۲۰۵۴.۷۲	۲۲۸۵.۵۰	۱۸۷۵.۲۸	۲۱۰۹.۸۶
آپریل	۲۱۰۰.۱۰	۲۱۶۰.۰۱	۲۲۶۷.۸۱	۲۲۳۹.۹۳	۲۱۶۲.۷۸	۲۲۳۰.۶۹	۲۲۸۵.۵۰	۲۱۴۷.۹۰	۲۲۱۶.۳۳
می	۲۷۴۱.۱۳	۲۸۶۳.۹۶	۲۹۸۵.۴۷	۲۹۳۴.۱۵	۲۷۲۷.۶۹	۲۹۱۳.۲۲	۲۸۸۷.۰۵	۲۶۳۰.۵۱	۲۹۳۲.۹۳
ژوئن	۳۱۹۰.۰۲	۳۳۲۵.۴۷	۳۳۱۱.۴۸	۳۳۷۱.۶۲	۳۲۶۹.۷۲	۳۳۸۷.۴۳	۳۲۶۲.۴۹	۳۱۶۳.۶۳	۳۲۱۵.۸۷
ژولای	۳۳۱۲.۹۴	۳۴۵۳.۰۲	۳۳۴۰.۴۸	۳۴۶۶.۱۸	۳۳۶۵.۳۴	۳۴۷۵.۲۱	۳۳۲۶.۵۷	۳۲۱۹.۱۳	۳۳۵۴.۹۹
آگوست	۳۲۷۳.۵۳	۳۳۰۹.۴۹	۳۲۶۰.۷۶	۳۳۸۴.۵۵	۳۳۲۴.۸۳	۳۲۹۹.۰۳	۳۲۲۹.۷۴	۳۱۲۶.۹۹	۳۲۵۷.۵۹
سپتامبر	۲۷۴۰.۹۹	۲۷۸۰.۵۶	۲۸۴۳.۱۲	۲۸۱۵.۹۶	۲۷۹۷.۸۳	۲۷۳۴.۲۳	۲۷۲۹.۱۰	۲۶۸۸.۴۱	۲۷۹۳.۷۷
اکتبر	۲۲۲۴.۵۴۹	۲۲۵۱.۲۳۹	۲۳۶۵.۹۷۴	۲۳۲۰.۸۲۷	۲۲۸۸.۳۳۴	۲۲۶۰.۰۷۵	۲۲۸۲.۱۶۶	۲۲۷۱.۲۵۴	۲۳۹۶.۹۴۷
نوامبر	۱۴۷۸.۱۲	۱۴۶۹.۶۷	۱۶۳۸.۴۳	۱۵۷۳.۳۹	۱۶۰۲.۷۱	۱۲۸۴.۱۴	۱۴۶۳.۰۹	۱۴۷۵.۷۵	۱۴۸۰.۹۹
دسامبر	۱۱۳۹.۸۲۵	۱۲۲۳.۵۳۶	۱۳۴۲.۸۱۸	۱۲۲۲.۱۲	۱۲۳۵.۴۷۶	۹۹۹.۷۹۸۵	۱۱۱۷.۷۸۱	۱۱۴۷.۰۸۸	۱۱۳۹.۲۵۸

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۸. میزان براورد تابش خورشیدی فصلی در ایستگاه‌های سطح استان

فصلی	خرم اباد	بروجرد	الیگودرز	کوهدشت	پلدختر	دورد	الشتر	نورآباد	ازنا
بهار	۸۰۳۱.۲۵	۸۳۴۹.۴۳	۸۵۶۴.۷۶	۸۵۴۵.۷۰	۸۱۶۰.۱۹	۸۵۳۱.۳۵	۸۴۳۵.۰۴	۷۹۴۲.۰۳	۸۳۶۵.۱۳
تابستان	۹۳۲۷.۴۶	۹۵۴۳.۰۷	۹۴۴۴.۳۷	۹۶۶۶.۶۹	۹۴۸۸.۰۰	۹۵۰۸.۴۷	۹۲۸۵.۴۱	۹۰۳۴.۵۳	۹۴۰۶.۳۶
پاییز	۴۸۴۲.۴۹۶	۴۹۴۴.۴۴۳	۵۳۴۷.۲۲۴	۵۱۱۶.۳۳۹	۵۱۲۶.۵۲۴	۴۵۴۴.۰۰۹	۴۸۶۳.۰۴	۴۸۹۴.۰۹۴	۵۰۱۷.۱۹۷
زمستان	۴۶۵۰.۰۴	۴۶۲۳.۱۲	۵۱۲۲.۰۷	۴۸۷۲.۱۵	۴۸۷۴.۰۷	۴۶۸۰.۳۴	۴۶۴۹.۸۶	۴۱۲۷.۲۷	۴۳۰۱.۸۸

جدول ۹. میزان براورد تابش خورشیدی سالانه در ایستگاه‌های سطح استان

سالانه	خرم اباد	بروجرد	الیگودرز	کوهدشت	پلدختر	دورد	الشتر	نورآباد	ازنا
	۳۹۷۹۳.۳۲	۴۰۳۵۹.۶	۳۷۲۱۲.۰۲	۴۱۹۰۰.۴۸	۴۰۴۲۴.۱۲	۳۹۹۱۸.۸۱	۳۹۹۹۹.۱۶	۳۹۳۶۲.۰۷	۴۰۴۶۶.۶۲

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

٤. پهنه بندی میزان تابش خورشیدی به سطح افقی در سطح استان لرستان

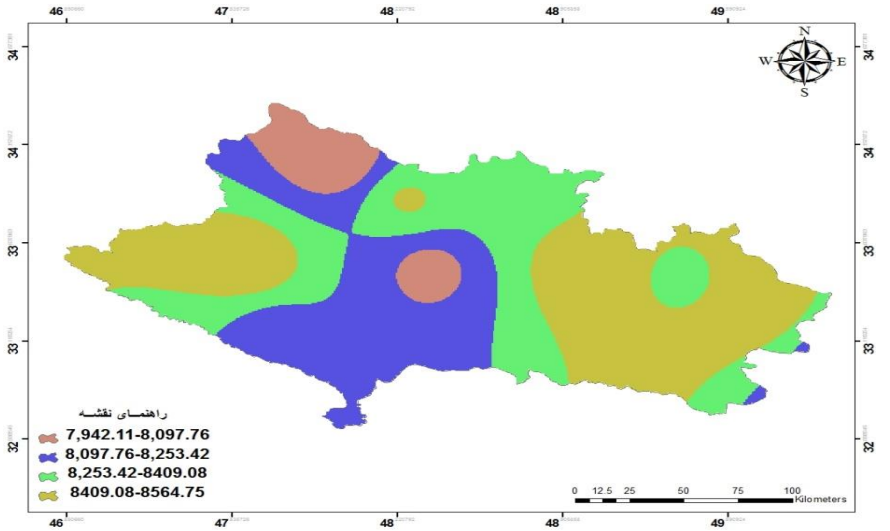
تابش فصل بهار

متوسط تابش فصل بهار در استان ۸۲۵۳.۴ وات بر متر مربع می‌باشد. در پهنه بندی انرژی تابشی رسیده به سطح زمین، مناطق مختلف استان به ۴ ناحیه تقسیم شده است.کمترین تابش رسیده مربوط به ناحیه ۱ شامل مناطقی از مرکز خرم آباد و شهر نورآباد با ۷.۶ درصد می‌باشند. در این ناحیه حداکثر تابش رسیده ۸۰۹۷.۸ و کمترین ۷۹۴۲.۱ وات بر متر مربع با دامنه تغییرات ۱۵۵.۷ است. در فصل بهار ناحیه ۲ شامل اکثر مناطق شهر خرم آباد، پلدختر، قسمت هایی از جنوب نورآباد، با ۲۶.۳ درصد است. میانگین تابش در این ناحیه ۸۱۷۵.۶ و بیشینه و کمینه تابش آن به ترتیب ۸۲۵۳.۴ و ۸۰۹۷.۸ وات بر متر مربع می‌باشد. ناحیه ۳ که ۲۹.۶ درصد از مساحت تابشی در این فصل را پوشش می‌دهد شامل مناطقی از کوهدشت، الشتر، بروجرد، مرکز شهر دورود و نواحی شرقی الیگودرز می‌باشد. متوسط تابش رسیده در این ناحیه ۸۳۳۱.۳ وات برمتر مربع است. ناحیه ۴ که بیشترین سهم از انرژی تابشی رسیده به سطح زمین را در بر می‌گیرد ۳۶.۴ درصد از مساحت کل استان را پوشش داده و شامل شهرهای ازنا، الیگودرز و کوهدشت است که با توجه به میزان افزایش ساعت آفتابی و پایین بودن درصد پوشش ابر این مناطق دراین فصل با برآورد ماکزیمم دریافت انرژی تابشی در این نواحی مطابقت دارد.

جدول ۱۰. میزان تابش کل رسیده به سطح افق در فصل بهار در نواحی مختلف استان لرستان

	نواحی تابشی	درصد مساحت	حداقل تابش	حداکثر تابش	دامنه تغییرات	میانگین تابش
فصل بهار	ناحیه۱	۷.۶۶	۷۹۴۲.۱	۸۰۹۷.۸	۱۵۵.۷	۸۰۱۹.۹
	ناحیه۲	۲۶.۳۰	۸۰۹۷.۸	۸۲۵۳.۴	۱۵۵.۷	۸۱۷۵.۶
	ناحیه۳	۲۹.۶۰	۸۲۵۳.۴	۸۴۰۹.۱	۱۵۵.۷	۸۳۳۱.۳
	ناحیه۴	۳۶.۴۵	۸۴۰۹.۱	۸۵۶۴.۸	۱۵۵.۷	۸۴۸۶.۹
	کل استان	۱۰۰.۰۰	۷۹۴۲.۱	۸۵۶۴.۸	۶۲۲.۶	۸۲۵۳.۴

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



شکل ۴. توزیع میانگین تابش فصل بهار در سطح استان لرستان

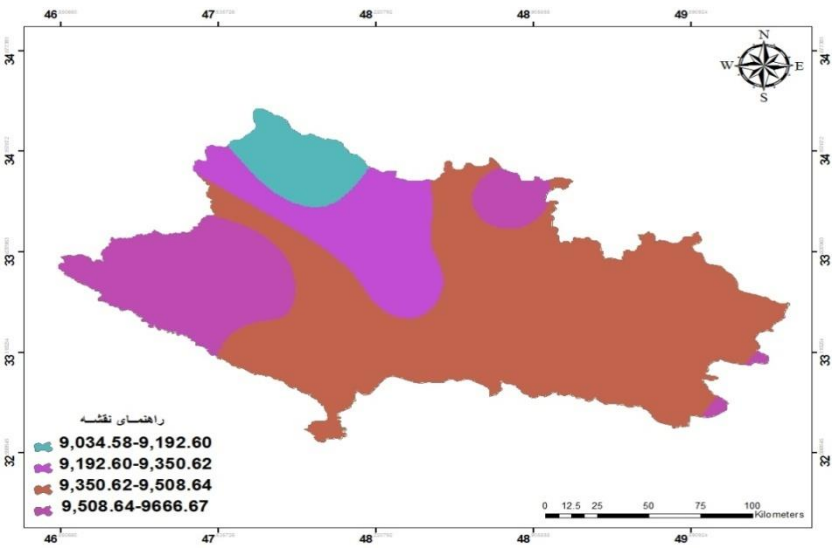
تابش فصل تابستان

در فصل تابستان متوسط تابش رسیده به سطح زمین ۹۳۵۰.۶ وات بر متر مربع می‌باشد.کمترین تابش رسیده مربوط به ناحیه ۱ با مساحت پوششی ۶.۳ درصد می‌باشد که تنها نیمه شمالی شهر نورآباد بر طبق پهنه بندی شامل این ناحیه است.که یکی از دلایل آن را می‌توان به بیشترین درصد پوشش ابرناکی آسمان در این فصل دانست. ناحیه ۲ که ۱۳.۶ درصد از مساحت کل استان را پوشش می‌دهد با متوسط ۹۲۷۱.۶ وات بر متر مربع شامل جنوب نورآباد، الشتر، شمال خرم آباد است. متوسط تابش این ناحیه ۹۲۷۱.۶ است که بیشینه و کمینه تابش در این ناحیه ۹۳۵۰.۶ و ۹۱۹۲.۶ برآورد شده است. ناحیه ۳ دراین فصل بیشترین مساحت منطقه ای را پوشش میدهد که ۶۱.۳ درصد از منطقه را شامل میشود و مناطق پلدختر،جنوب خرم اباد،جنوب بروجرد، ازنا، دورود، الیگودرز با متوسط تابش ۹۴۲۹.۶ را در بر میگیرد. ناحیه ۴ با ۱۸.۸ درصد تنها شامل کوهدشت و شمال بروجرد می‌باشد تفاوت قابل ملاحظه نواحی ۳ و ۴ را تنها می‌توان در بالاتر بودن ساعات آفتابی دریافتی منطقه کوهدشت در این فصل دانست. در این فصل کمترین میزان درصد پوشش ابرناکی مربوط به شهرهای پلدختر و کوهدشت با ۲۴ و ۲۶ درصد می‌باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۱۱. میزان تابش کل رسیده به سطح افق در فصل تابستان در نواحی مختلف استان لرستان

	نواحی تابشی	درصد مساحت	حداقل تابش	حداکثر تابش	دامنه تغییرات	میانگین تابش
فصل تابستان	ناحیه۱	۶.۳	۹۰۳۴.۶	۹۱۹۲.۶	۱۵۸.۰	۹۱۱۳.۶
	ناحیه۲	۱۳.۶	۹۱۹۲.۶	۹۳۵۰.۶	۱۵۸.۰	۹۲۷۱.۶
	ناحیه۳	۶۱.۳	۹۳۵۰.۶	۹۵۰۸.۶	۱۵۸.۰	۹۴۲۹.۶
	ناحیه۴	۱۸.۸	۹۵۰۸.۶	۹۶۶۶.۷	۱۵۸.۰	۹۵۸۷.۷
	کل استان	۱۰۰.۰	۹۰۳۴.۶	۹۶۶۶.۷	۶۳۲.۱	۹۳۵۰.۶



شکل ۵. توزیع میانگین تابش فصل تابستان در سطح استان لرستان

تابش فصل پاییز

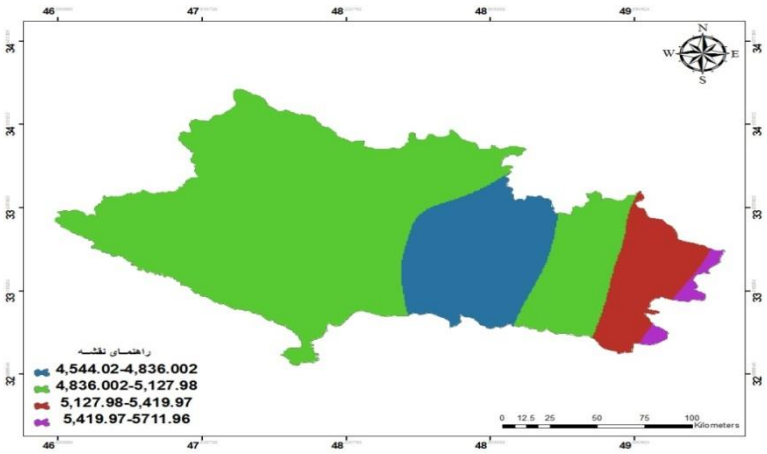
متوسط تابش استان در این فصل ۵۱۲۸ وات بر متر مربع می‌باشد. بر طبق آمار به دست آمده بلند مدت پارامترهای اقلیمی در این فصل بیشترین ساعات آفتابی دریافتی مربوط به شهرهای الیگودرز،کوهدشت و ازنا می‌باشد. نکته قابل ذکر کمی درصد پوشش ابر این نقاط در این فصل است. در این پهنه ناحیه ۱ شامل شهرهای بروجرد، دورود است که ۱۸.۲ درصد از مساحت تابش دریافتی را

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

به خود اختصاص داده اند. بیشترین سطح پوشش تابش در این فصل مربوط به ناحیه ۲ است که بیش از ۷۰ درصد از مساحت کل استان را در برگرفته و اغلب نقاط استان در این گستره قرار دارند که شهرهای خرم آباد، الشتر، نورآباد، کوهدشت، پلدختر و غرب الیگودرز و ازنا است. کمترین و بیشترین تابش دریافتی در این ناحیه ۴۸۳۶ و ۵۱۲۸ وات بر مترمربع است. ناحیه ۳ که تنها ۹ درصد از مساحت تابش دریافتی به منطقه را به خود اختصاص داده نیمه شرقی الیگودرز است که متوسط تابش در یافتی در این ناحیه ۵۲۷۴ وات بر متر مربع است.کوچکترین ناحیه در این فصل ناحیه ۴ است که تنها ۱درصد از مساحت کل استان را شامل می‌شود که باریکه کوچکی از مرز شرقی استان است.

جدول ۱۲. میزان تابش کل رسیده به سطح افق در فصل پاییز در نواحی مختلف استان لرستان

	نواحی تابشی	درصد مساحت	حداقل تابش	حداکثر تابش	دامنه تغییرات	میانگین تابش
فصل پاییز	ناحیه۱	۱۸.۲۱	۴۵۴۴	۴۸۳۶	۲۹۲	۴۶۹۰
	ناحیه۲	۷۱.۵۴	۴۸۳۶	۵۱۲۸	۲۹۲	۴۹۸۲
	ناحیه۳	۹.۰۸	۵۱۲۸	۵۴۲۰	۲۹۲	۵۲۷۴
	ناحیه۴	۱.۱۷	۵۴۲۰	۵۷۱۲	۲۹۲	۵۵۶۶
	کل استان	۱۰۰.۰۰	۴۵۴۴	۵۷۱۲	۱۱۶۸	۵۱۲۸



شکل ۶. توزیع میانگین تابش فصل پاییز در سطح استان لرستان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

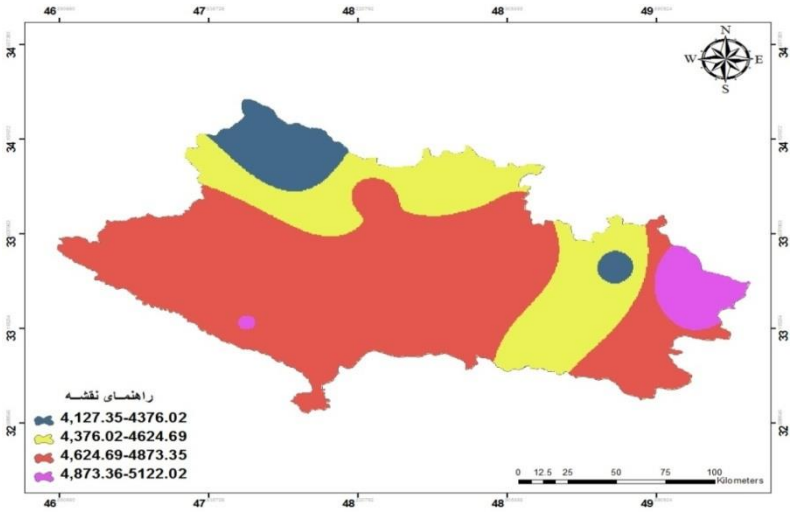
تابش فصل زمستان

در بررسی پارامترهای اقلیمی در این فصل مشخص شد که شـهرهای الیگودرز،کوهدشـت و پلـدختر و دورود دارای بیشترین دریافت ساعات آفتابی هستند. در این فصل بیشترین در یافت تـابش مربـوط بـه ناحیه ۴ است که ۴.۶ درصد از مساحت استان را پوشش می‌دهد که شامل نیمه شمالی الیگـودرز اسـت که بیشترین دریافت تابش در این منطقه ۵۱۲۲ وات بر متر مربع است. بیشترین پوشش مساحت استان را ناحیه ۳ با مساحتی حدود ۶۳ درصد در بر می‌گیرد که شهرهای کوهدشت، پلدختر، خرم آبـاد و نیمـه جنوبی الیگودرز است که دارای متوسط تابش ۴۷۴۹ وات بر متر مربع است. ناحیه ۲ که ۲۴.۷ درصـد از مساحت استان را پوشش داده شامل شهرهای الشتر، بروجرد، ازنا که متوسط تابش رسیده ۴۵۰۰.۴ وات است که حداقل و حداکثر تابش رسیده در این ناحیه ۴۳۷۶ و ۴۶۲۴ وات اسـت. ناحیـه ۱ کـه کمتـرین مساحت از استان را داراست و تنها شهر نورآباد را شامل میشود که با توجه بـه آمـار دریـافتی ایسـتگاه نورآباد دارای کمترین میزان ساعات آفتابی و در عین حال دارای بیشترین درصد ابرناکی را در بین نقاط مختلف استان است.

جدول ۱۳. میزان تابش کل رسیده به سطح افق در فصل زمستان در نواحی مختلف استان لرستان

	نواحی تابشی	درصد مساحت	حداقل تابش	حداکثر تابش	دامنه تغییرات	میانگین تابش
	ناحیه۱	۷.۳۱	۴۱۲۷.۴	۴۳۷۶.۰	۲۴۸.۷	۴۲۵۱.۷
فصل زمستان	ناحیه۲	۲۴.۷۷	۴۳۷۶.۰	۴۶۲۴.۷	۲۴۸.۷	۴۵۰۰.۴
	ناحیه۳	۶۳.۲۸	۴۶۲۴.۷	۴۸۷۳.۴	۲۴۸.۷	۴۷۴۹.۰
	ناحیه۴	۴.۶۴	۴۸۷۳.۴	۵۱۲۲.۰	۲۴۸.۷	۴۹۹۷.۷
	کل استان	۱۰۰.۰۰	۴۱۲۷.۴	۵۱۲۲.۰	۹۹۴.۷	۴۶۲۴.۷

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



شکل ۷. توزیع میانگین تابش فصل زمستان در سطح استان لرستان

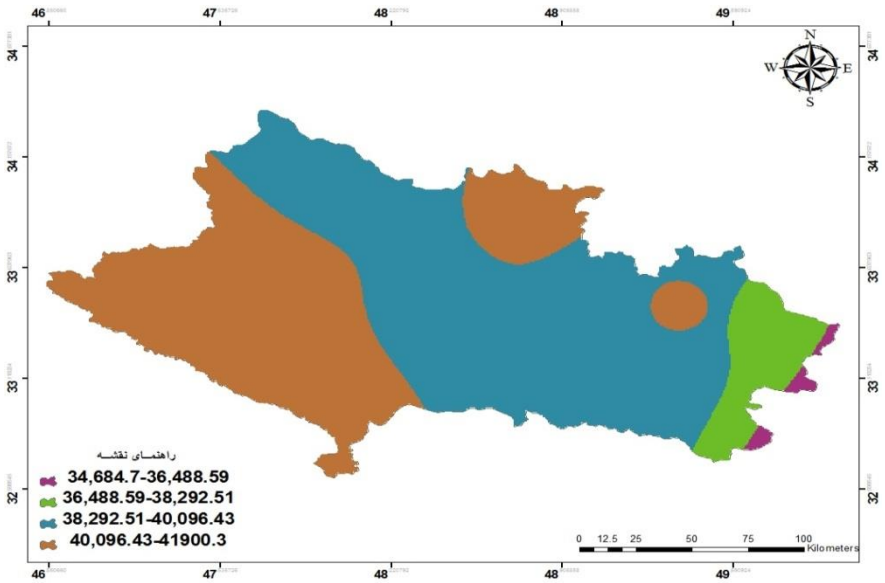
تابش سالانه

توزیع تابش سالانه در سطح استان در مناطق غربی و برخی نقاط شرقی استان همواره در تمام فصول دارای ماکزیمم تابش دریافتی بوده اند. متوسط تابش سالانه ۳۸۲۹۲.۵ وات بر متر مربع است. بر اساس جدول شماره کمترین و بیشترین تابش رسیده به ترتیب ۳۴۶۸۴.۷ و ۴۱۹۰۰.۳ وات بر متر مربع است. در پهنه بندی استان به ۴ ناحیه ، بیشترین مناطق از نظر مساحت مربوط به ناحیه ۳ است که بیش از ۵۱ درصد از مساحت استان را پوشش داده است و شهرهای نورآباد، الشتر، خرم اباد، دورود، ازنا و نیمه جنوبی بروجرد را در بر می‌گیرد. ناحیه ۱ که کمتر از ۱ درصد را تحت پوشش قرار داده تنها شامل مرز شرقی استان می‌باشد که کمترین دریافت تابش را در طول سال داراست. ناحیه ۲ با متوسط تابش ۳۷۳۰۹.۶ وات بر متر مربع ،۷درصد از سطح استان را شامل می‌شود که نیمه شرقی الیگودرز در این ناحیه قرار گرفته است. ناحیه ۴ با کمینه و بیشینه تابش دریافتی ۴۰۰۹۶.۴ و ۴۱۹۰۰.۳ وات بر متر مربع ، ۴۰.۵ درصد از سطح استان را در بر گرفته و شهرهای کوهدشت و پلدختر را در بر میگیرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۱۴. میزان تابش کل رسیده به سطح افق به صورت سالانه در نواحی مختلف استان لرستان

	نواحی تابشی	درصد مساحت	حداقل تابش	حداکثر تابش	دامنه تغییرات	میانگین تابش
	ناحیه۱	۰.۷۵	۳۴۶۸۴.۷	۳۶۴۸۸.۶	۱۸۰۳.۹	۳۵۵۸۶.۶
سالانه	ناحیه۲	۷.۰۹	۳۶۴۸۸.۶	۳۸۲۹۲.۵	۱۸۰۳.۹	۳۷۳۹۰.۶
	ناحیه۳	۵۱.۵۸	۳۸۲۹۲.۵	۴۰۰۹۶.۴	۱۸۰۳.۹	۳۹۱۹۴.۵
	ناحیه۴	۴۰.۵۸	۴۰۰۹۶.۴	۴۱۹۰۰.۳	۱۸۰۳.۹	۴۰۹۹۸.۴
	کل استان	۱۰۰.۰۰	۳۴۶۸۴.۷	۴۱۹۰۰.۳	۷۲۱۵.۶	۳۸۲۹۲.۵



شکل ۸. توزیع میانگین تابش سالانه در سطح استان لرستان

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

برآورد تابش خورشیدی ماهانه برای همه نقاط استان نشان داد که ماه جولای با متوسط تابش ۳۳۶۸.۲ وات بر متر مربع بیشترین دریافت انرژی تابشی به سطح زمین، و ماه دسامبر با متوسط تابش ۱۱۷۴.۲ کمترین تابش رسیده به سطح زمین را دارا می‌باشند. برآورد تابش خورشیدی فصلی نیز نشان داد که

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

فصل تابستان با تابش ۹۴۱۱.۶ وات بر متر مربع بیشترین و فصل زمستان بـا ۴۶۵۵.۶ کمتـرین تـابش رسیده به سطح زمین را دریافت کرده اند. در تحلیل فصل بهار، ایستگاه الیگودرز و کوهدشت بـا تـابش دریافتی ۸۵۶۴.۸ بیشترین و ایستگاه نورآباد با تابش ۷۹۴۲ کمترین تابش دریافتی را در این فصـل دارا می‌باشند. در فصل تابستان، ایستگاه کوهدشت با تابش ۹۶۶۶.۷ وات بر متر مربع و ایستگاه نورآبـاد بـا ۹۰۳۴.۵ کمترین، در فصل پاییز ایستگاه الیگودرز و نقاطی از ایستگاه کوهدشت با ۵۳۴۷.۲ وات بر متـر مربع بیشترین و ایستگاه دورود با ۴۵۴۴ وات بر متر مربع کمترین، در فصل زمستان ایستگاه الیگودرز و نقاطی از ایستگاه کوهدشت با ۵۱۲۲.۱ وات بر مترمربع بیشترین و ایستگاه نورآباد بـا ۴۱۲۷.۳ کمتـرین میزان تابش دریافتی به سطح زمین را دارند. میزان تابش دریـافتی بـه سـطح زمـین بصـورت سـالانه ۳۹۹۳۷.۴ وات بر مربع می‌باشد که ایستگاه کوهدشت با تابش ۴۱۹۰۰.۵ وات بـر متـر مربـع بیشـترین تابش دریافتی رابه صورت سالانه دارا می‌باشد.

برای شناسایی مناطق هم تابش در محیط نرم افزاری Arc GIS از تکنیک پهنه بندی بـه روش ایزوکلاستر در مقیاس زمانی فصلی و سالانه استفاده شد. نتـایج نشـان داد کـه در فصـل بهـار هسـته پرتابش شامل شهرهای الیگودرز ، کوهدشت و تا حدودی ازنا می‌باشد. کمترین تابش دریافتی مربوط به شهرستان نورآباد است. ایستگاه‌های نورآباد و ازنا از میزان پوشـش ابـر و نیـز متوسـط کمینـه رطوبـت بالایی در این فصل برخوردارند که خود عوامل مهمی در تعیین میزان تابش خورشیدی به سطح زمـین را دارند. در فصل تابستان هسته پر تابش در ایستگاه کوهدشت قرار گرفته که در بررسی به عمل امده پارامتر ساعت افتابی دریافتی در این فصل در ایستگاه کوهدشت از همه نقاط استان بالاتر بـوده اسـت. هسته کم تابش در این فصل بر روی شهرستان نوراباد قرار گرفته است. فصل پاییز اکثر مناطق اسـتان از همگنی نسبی در دریافت تابش خورشیدی به سطح زمین برخوردار می‌باشند اما دو ایستگاه الیگـودرز و کوهدشت دارای بیشینه هسته تابش و ایستگاه درود کمترین دریافت تابش ر داشـته اسـت. درفصـل زمستان می‌توان گفت که الیگودرز و کوهدشت هسته پرتابش منطقه در این فصل هسـتند. هسـته کـم تابش این فصل هم در شهرستان نورآباد واقع شده است.

توزیع سالانه تابش برآورد شده برای نقاط مختلف استان نشان می‌دهـد کـه ایسـتگاه کوهدشـت دارای هسته پرتابش و ایستگاه الیگودرز در رتبه بعدی از نظر دریافـت انـرژی خورشـیدی قـرار گرفتـه است. در کل می‌توان نتیجه گرفت که دو عامل جغرافیایی ارتفاع ، عرض جغرافیایی و نیـز سـه عامـل

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

اقلیمی ساعت آفتابی، ابرناکی و متوسط حداقل رطوبت به عنوان عوامل اصلی تعیین کننده در میزان انرژی تابشی دریافتی به سطح زمین در منطقه شناسایی شده اند. به طور کلی در تمام فصول و نیز به صورت سالانه ایستگاه نورآباد با توجه به بالابودن عرض جغرافیایی نسبت به سایر مناطق استان و نیز بالابودن میزان ابرناکی و نیز رطوبت سطح زمین به عنوان هسته کم تابش منطقه برآورد شده است. در بررسی فصلی و سالانه تابش خورشیدی از نیمه شمالی به نیمه جنوبی استان روند افزایشی در دریافت تابش خورشیدی مشاهده می‌شود، اما با نزدیک شدن به منطقه الیگودرز وجود عامل جغرافیایی ارتفاع زیاد که تقریبا دو برابر نسبت به مناطق غربی استان است در دریافت تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین انحراف به وجود آورده، به طوریکه با دریافت بیشترین ساعت آفتابی ، تابش رسیده به سطح زمین این ناحیه در منطقه الیگودرز نزدیک به منطقه کوهدشت شده و می‌توان گفت که هر دو ناحیه به عنوان دو منطقه پرتابش در استان می‌باشند.

از آن جایی که یکی از اهداف اصلی این پروژه مکان یابی برای نصب پنل (سلول‌های) خورشیدی و استفاده بهینه از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، و توان تولیدی پنل به شدت تابش خورشید و دمای محیط وابسته است، لذا برای محاسبه دقیق انرژی تولید پنل لازم است تا در هر لحظه شدت تابش و دمای محیط معلوم باشد. دمای سلول‌های خورشیدی تابعی از دمای محیط و شدت تابش خورشید است. با افزایش دمای محیط ، دمای سلول نیز بیشتر می‌شود. از طرفی با افزایش شدت تابش خورشید نیز سلول گرم تر شده و دمای آن بیشتر می‌شود. پس به طور کلی دمای سلول به صورت مستقیم با دمای محیط و شدت تابش خورشید در ارتباط است و از آن جایی که توان حاصل ضرب تغییرات دما با جریان می‌باشد پس هر چه که دما بالاتر باشد توان خروجی پنل کاهش می‌یابد. ایستگاه الیگودرز، کوهدشت و پلدختر همواره دارای ارقام تابش دریافتی بالایی هستند اما با توجه به دمای بالای دو ایستگاه کوهدشت و پلدختر می‌توان گفت که شهرستان الیگودرز دارای بهترین شرایط برای نصب سلول‌های خورشیدی در بین سایر نقاط استان است.

منابع

[۱] ابراهیم پور،عبدالسلام؛ معرفت، مهدی و محمد نیری (۱۳۸۸)، "ارائه یک رابطه جدید برای تخمین میزان تابش کل در اقلیم‌های مختلف ایران"، *فصلنامه فضای جغرافیایی*، شماره ۲۵، صص۲۲-۱.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

[۲] اسفندیاری، علی؛ رنگزن، کاظم؛ صابری، عظیم و مهدی فتاحی مقدم (۱۳۹۰)، "پتانسیل‌سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از (GIS)"، *همایش ملی ژئوماتیک تهران*.

[۳] انجوی ارسنجانی، محبوبه؛ یعقوبی محمود و خسرو جعفرپور (۱۳۹۴)، "ارزیابی پتانسیل خورشیدی در چند اقلیم آب و هوایی ایران با استفاده از روش شبکه عصبی"، *اولین کنفرانس و نمایشگاه بین‌المللی انرژی خورشیدی* (۳۰-۲۹ اردیبهشت ماه).

[۴] جعفر،کاظمی ، فرزاد. مردی حسین، (۱۳۹۰)، بررسی داده‌های تابش خورشید در ایستگاه سینوپتیک دانشگاه آزاد اسلامی،واحد تهران جنوب، مجله علمی –پژوهشی مهندسی مکانیک شماره ۸۰، ص۷۵-۸۶.

[۵] حق پرست کاشانی، آرش: صالح ایزدخواست، پژمان و همکاران (۲۰۰۷)، "تدوین یک مدل بهینه جهت محاسبه میزان تابش خورشید در ایران"، بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق.

[۶] حیدری نبی ، مهران (۱۳۸۶)، برآورد تابش روزانه خورشید با استفاده از متغییرهای هواشناسی (مقایسه یافته‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی با سایر مدل‌ها)"، دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.

[۷] خسروی، محمود؛ جهانبخش اصل، سعید و جعفر درخشی (۱۳۹۲)، "برآورد و پهنه‌بندی تابش خورشیدی دریافتی در سطح افقی با استفاده از پارامترهای اقلیمی در محیط GIS مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی"، دوره ۱۳، شماره ۴۳، صص۶۳-۳۹.

[۸] خلیلی، علی و حسن رضایی صدر (۱۳۷۶)، "برآورد تابش کلی خورشید در گستره ایران بر مبنای داده‌های اقلیمی"، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۴۶.

[۹] دشتکی ، محمد هادی (۱۳۹۳)، بررسی اثر تغییر ثابت خورشیدی بر برآورد مقدار تابش خورشیدی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی.

[۱۰] رشید زاده، مهدی؛ شمس، محمدحسین؛ شیخ، امیرحسین و پری خادمی ندوشن (۱۳۹۱)، "بررسی پتانسیل اقلیمی و تابش خورشیدی جهت احداث نیروگاه فتوولتائیک در منطقه هلجرد"، دومین همایش ملی انرژی باد و خورشید.

[۱۱] سبزی پرور، علی‌اکبر و احسان علیائی (۱۳۹۱)، "ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تابش خورشیدی کل روزانه و مقایسه آن با نتایج مدل آنگستروم: مطالعه موردی ایستگاه همدیدی تبریز"، *مجله ژئوفیزیک*، شماره ۵، صص ۴۱-۳۱.

[۱۲] صفایی، بتول؛ خلجی اسدی، مرتضی؛ تقی زاده، حبیب و همکاران (۱۳۸۴)، "برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن"، *مجله علوم و فنون هسته‌ای*، شماره ۳۳.

[۱۳] فولادوند ، حمیدرضا و سحر هادی پور (۱۳۹۲)، "واسنجی و ارزیابی روش‌های مختلف تخمین تابش خورشیدی روزانه (مطالعه موردی رشت)"، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، سال ۲۸، شماره دوم، شماره پیاپی۱۰۹، صص ۱۲-۱.

[۱۴] کمالی، غلامعلی و اسحق مرادی (۱۳۸۴)، *تابش خورشید (اصول و کاربردها در کشاورزی و انرژی‌های نو)*، انتشارات پژوهشکده هواشناسی.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

[۱۵] مجنونی هریس، ابوالفضل؛ زند پارسا، شاهرخ؛ سپاسخواه، محمد و محمد جعفر ناظم السادات (۱۳۸۷) "توسعه و ارزیابی مدل‌های تخمین تابش خورشیدی براساس ساعات آفتابی و اطلاعات هواشناسی"، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ، سال دوازدهم ، شماره چهل و ششم، صص۴۹۹-۴۹۱.

[۱۶] مرادی، اسحق (۱۳۸۵)، "تهیه اطلس تابش خورشیدی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Meteosat "، رساله دکتری، دانشگاه تربیت معلم (خوارزمی) تهران.

[۱۷] معینی، سام؛ جوادی، شهرام و محسن کوکبی (۱۳۸۹)، "برآورد تابش خورشیدی در ایران با استفاده از یک مدل بهینه نشریه انرژی ایران" ، دوره ۱۳، شماره ۲.

[۱۸] موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول و آمنه میان آبادی (۱۳۹۰)، "بررسی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور معرفی مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه خشک"، *نشریه آب و خاک*، شماره ۲۴، صص ۸۴۴-۸۳۶.

[۱۹] موقری، علی رضا و تقی طاووسی (۱۳۹۱)، "بررسی و امکان سنجی و پهنه بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان"، *مجله پژوهش‌های برنامه ریزی و سیاست گذاری انرژی*، سال یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، صص ۱۱۴-۹۹.

[۲۰] نادی، مهدی؛ بذرافشان، جواد و نوذر قهرمان (۱۳۸۹)، "مقایسه روش‌های مختلف تخمین پارامترهای مدل آنگستروم برای برآورد تابش روزانه خورشید بر رویه‌های افقی"، *چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران*،مقالات شفاهی، صص۱۴۲-۱۳۹.

[۲۱] هوشنگی، نوید؛ آل شیخ، علی اصغر و حسین هلالی (۱۳۹۳)، "بررسی منطقه‌ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه‌سازی روش‌های درون‌یابی در سطح کشور ایران"، *فصلنامه برنامه ریزی منطقه‌ای*، دوره ۴، شماره ۱۶، صص ۱۶-۱.

[۲۲] یزدان پناه، حجت‌الله؛ میرمجربیان، راضیه و حمید برقی (۱۳۸۹)، "برآورد تابش کلی خورشید در سطح افقی زمین در اصفهان"، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، شماره ۳۷، صص ۱۰۴-۹۵.

[۲۳] یعقوب زاده، برزو (۱۳۹۴)، "پتانسیل‌یابی و پهنه‌بندی انرژی خورشیدی در استان لرستان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه آموزشی جغرافیا دانشگاه لرستان.

[24] Ramachandra T.V. (2007), "Solar Energy Potential Assessment Using GIS", *Energy Education Science and Technology Volume(issue)*, 18(2), pp. 101-114.

[25] Samimi J. (1994), "Estimation of Height-dependent Solar Irradiation and Application to the Solar Climate of Iran", *Solar Energy*, No. 52, pp. 401-409.

[26] Sozen A., ErolArcaklio, M. O. (2004), "Estimation of Solar Potential in Turkey by Artificial Neural Networks Using Meteorological and Geographical Data", *Energy Conversion and Management*, No. 45, pp. 3033–3052.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]