

پتانسیل انرژی خورشیدی و اطلس تابش در استان لرستان

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

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 متصاد 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 اندازه‌گیری 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 دریافت 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.

تاریخ دریافت:

۱۳۹۵/۴/۲۹

تاریخ پذیرش:

۱۳۹۵/۱۱/۱۲

کلمات کلیدی:

تابش خورشیدی،
عناصر اقلیمی،
مدل سازی،
ایزوکلاستر،
پهنه بندی،
لرستان

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 می باشند، تاثیرگذار است. بنابراین فهم فیزیک تابش خورشید و به ویژه تعیین مقدار انرژی دریافت شده توسط سطح زمین ضروری می باشد. برنامه ریزی جهت بهره برداری بهینه از انرژی خورشیدی نیازمند برآورد پتانسیل آن در مناطق مختلف کشور می باشد. با استفاده از داده های اندازه گیری شده روزانه برای سال های ۱۹۸۲ و ۱۳۸۳ در منطقه باجگاه استان فارس بر اساس نسبت ساعات آفتابی، دما و میزان ابری بودن آسمان، ضرایب مدل آنگستروم را واستجی 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 داده های تابشی سازمان هواشناسی، به تعیین ضرایب معادله آنگستروم 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 و ۲۰۰۱ به بررسی تعیین ضرایب معادله آنگستروم 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 و همکاران، 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

از این واسنجی نشان می دهد که مدل بیرد و هولشترم در مقایسه با دیگر روابط، به دلیل برآورد لحظه ای تابش های پخشی و مستقیم دارای دقت بالاتری می باشد. حق پرست و همکاران، 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 دستگاه های 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 می باشد (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۸۹) لذا تخمین و پهنه بندی میزان پتانسیل انرژی خورشیدی در گستره ی کشوری با استفاده از مدل های مختلف ریاضی و تجربی صورت می گیرد. محمد موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۹۰، در پژوهشی با عنوان بررسی مدل های 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 روش های درون یابی در سطح کشور ایران نشان دادند تعیین محل بهینه ی نیروگاه های خورشیدی عاملی تأثیرگذار در افزایش بهره وری آن ها بوده و تابعی از دقت محاسبه ی پتانسیل تابش خورشیدی می باشد. با استفاده از روابط مکانی میان داده ها در روش های درون یابی، موجب افزایش دقت تخمین پتانسیل تابشی برای مناطق مختلف کشور می گردد نتایج نشان داد اغلب مناطق کشور، به ویژه بخش های جنوبی از استعداد بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی برخوردار هستند. لذا بخش های میمند، سعادت آباد، کوار و سروستان از استان فارس، باویاز خوزستان و نوک 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 روش های مختلف تخمین تابش خورشیدی روزانه (مطالعه موردی رشت)، با استفاده از داده های های اندازه گیری شده در ایستگاه رشت طی سال های

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 و همکاران (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 سبزی پور (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 ماهانه 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 ماهانه تابش خورشیدی ندارد، و بهترین مقدار ثابت خورشیدی برای شهرهای کرمان و زاهدان ۱۳۶۶.۱ و بهترین ثابت خورشیدی برای شهر یزد ۱۳۵۳ بوده است. در پژوهشی با عنوان برآورد تابش کلی خورشید در سطح افقی زمین در اصفهان به کمک داده‌های تابش ایستگاه از 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 ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ این ایستگاه استفاده شد. همچنین نتایج به دست

آمده با مدل‌های RMSE و MBE مقایسه شده است (حجت‌الله 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 نزدیک‌ترین 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 در بازه زمانی ۹۲-۱۳۷۸ میزان تابش دریافتی از آسمان در مقیاس‌های ماهانه، به دو روش هارگریوز و آنگسترم 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 یکنواخت‌تری 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). اخیراً 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 تابش و مقایسه آن با مدل‌های قبلی نظیر مدل آنگستروم نشان داد که استفاده از این روش جهت برآورد و

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 آماری (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 ۲۰۰۷ تا 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 آماری 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 داده‌ها، 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

افزایی 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 می شود که به رگرسیون خطی ساده مشهور است، یا به عبارت دیگر مقدار متغیر وابسته به کمک متغیر مستقل برآورد می شود:

$$Y = a + bx \quad (1)$$

وقتی تعداد متغیرها افزایش می یابد رابطه فوق به یک رابطه خطی چند جمله ای به صورت زیر تبدیل می گردد:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (2)$$

در رابطه فوق: b_1, b_2, b_3, \dots ضرایب رگرسیون و x_1, x_2, x_3, \dots پارامترهای مستقل موثر در مساله و Y متغیر وابسته که در اینجا میزان تشعشع یا انرژی تابش خورشیدی می باشد.

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

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

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

پس از انجام این مرحله ، همان طور که می دانیم روش های متفاوتی برای ورود متغیرها به مدل ورودی وجود دارد که در ذیل به آن ها اشاره شده است:

۱. روش Enter

۲. روش Stepwise

۳. روش Remove

۴. روش Forward

۵. روش Backward

که پس از انجام روش‌های مختلف داده‌ها به روش Enter در محیط نرم افزاری SPSS وارد مدل شدند. متغیرهای مورد استفاده در این مدل رگرسیونی عبارتند از: ساعت آفتابی SH، حداقل رطوبت RH، متوسط دما Tmean، حداقل دما Tmin، حداکثر دما Tmax، ابرناکی C است، که ضرایب آن‌ها بدین شرح می‌باشد:

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

در معادله فوق a عرض از مبدا یا ضریب ثابت رگرسیون و مقادیر b1 تا b6 وزن هر یک از متغیرها 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

جدول ۳. خلاصه شاخص‌های مدل رگرسیونی به روش Enter

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
۱	.۹۹۲۶	.۹۸۴	.۹۷۰	۱۲۴.۴۳۴۲۱

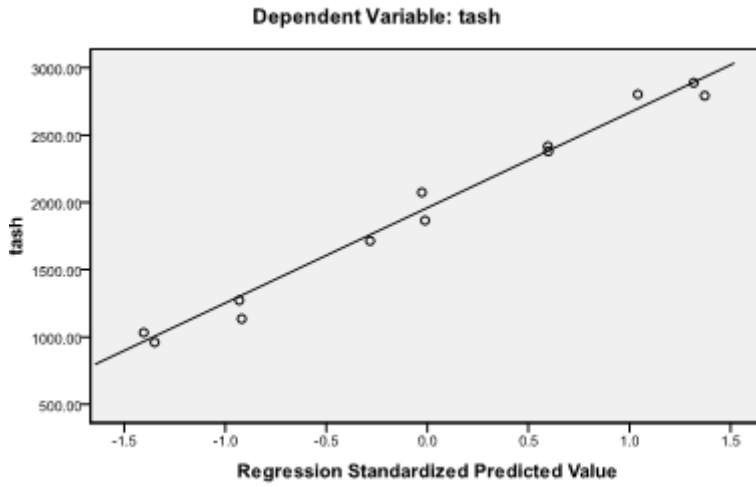
به منظور بررسی قطعیت وجود رابطه خطی بین متغیرها به تحلیل واریانس رگرسیون پرداخته ایم. همان طور که از خروجی جدول شماره ۴ پیداست، چون سطح معنی داری برابر ۰ می‌باشد و از سطح آلفای ۰.۰۱ و ۰.۰۵ کمتر می‌باشد، بنابراین فرض خطی بودن رابطه بین متغیرها تایید می‌گردد. یا به عبارتی بین متغیرها وابسته و متغیرهای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

جدول ۴. تحلیل واریانس رگرسیون

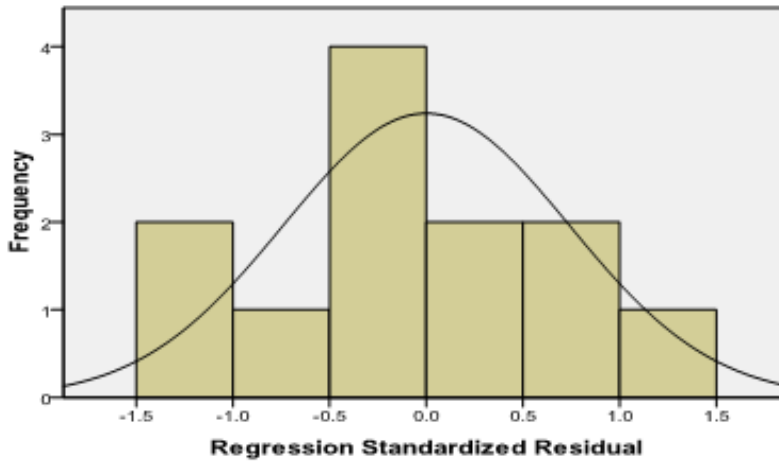
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	۵۶۵۲۵۹۳.۱۳۰	۵	۱۱۳۰۵۱۸.۶۲۶	۷۳.۰۱۳	... ^c
Residual	۹۲۹۰۳.۲۳۳	۶	۱۵۴۸۳.۸۷۲		
Total	۵۷۴۵۴۹۶.۳۶۳	۱۱			

جدول ۵. میانگین و انحراف معیار باقیمانده‌ها

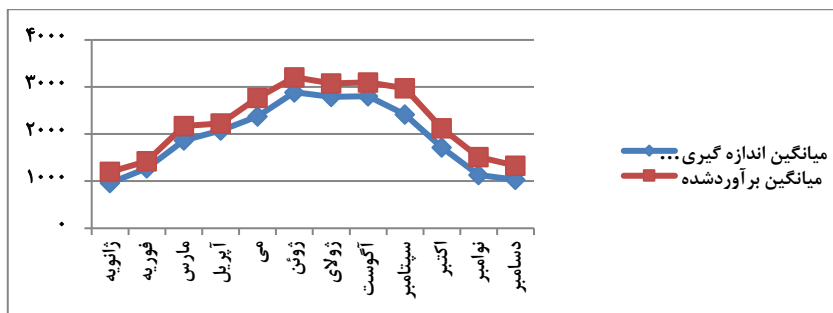
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	۹۳۸.۶۹۰۲	۲۹۲۸.۵۴۰۰	۱۹۴۴.۹۲۵۰	۷۱۶.۸۴۸۷۳	۱۲
Residual	-۱۵۰.۹۲۵۶۱	۱۴۹.۵۹۳۳۱	...۰۰۰	۹۱.۹۰۰۷۵	۱۲
Std. Predicted Value	-۱.۴۰۴	۱.۳۷۲	...۰۰	۱.۰۰۰	۱۲
Std. Residual	-۱.۲۱۳	۱.۲۰۲	...۰۰	.۷۳۹	۱۲



شکل ۱. پراکندگی داده‌های اندازه‌گیری شده نسبت به برآورد شده



شکل ۲. توزیع نرمال باقیمانده‌ها



شکل ۳. مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده نسبت به برآورد شده‌ها

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 اندازه‌گیری شده و مقادیر خطاها

ماه	میانگین اندازه‌گیری شده	ماه میانگین برآورد شده
ژانویه	۹۶۰.۵	۱۱۹۷.۷۷
فوریه	۱۲۷۲.۵	۱۴۲۷.۲۵
مارس	۱۸۶۶.۱	۲۱۷۱.۰۹
آوریل	۲۰۷۴.۹	۲۲۲۹.۸
می	۲۳۷۹.۹	۲۷۶۸.۷۱
ژوئن	۲۸۸۹.۱	۳۲۰۷.۹۶
ژوئای	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

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

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

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

فصلی	خرم آباد	بروجرد	الیگودرز	کوهدشت	پلدختر	دورد	الشر	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 برآورد تابش خورشیدی سالانه در ایستگاه‌های سطح استان

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

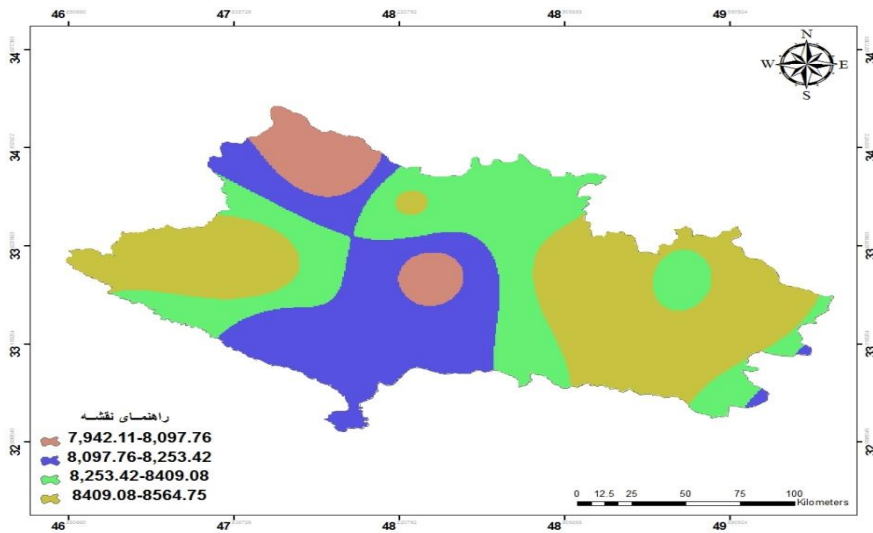
۴. پهنه بندی میزان تابش خورشیدی به سطح افقی در سطح استان لرستان

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 بر متر 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 در این 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

میانگین تابش	دامنه تغییرات	حداکثر تابش	حداقل تابش	درصد مساحت	نواحی تابشی
۸۰۱۹.۹	۱۵۵.۷	۸۰۹۷.۸	۷۹۴۲.۱	۷.۶۶	ناحیه ۱
۸۱۷۵.۶	۱۵۵.۷	۸۲۵۳.۴	۸۰۹۷.۸	۲۶.۳۰	ناحیه ۲
۸۳۳۱.۳	۱۵۵.۷	۸۴۰۹.۱	۸۲۵۳.۴	۲۹.۶۰	ناحیه ۳
۸۴۸۶.۹	۱۵۵.۷	۸۵۶۴.۸	۸۴۰۹.۱	۳۶.۴۵	ناحیه ۴
۸۲۵۳.۴	۶۲۲.۶	۸۵۶۴.۸	۷۹۴۲.۱	۱۰۰.۰۰	کل استان



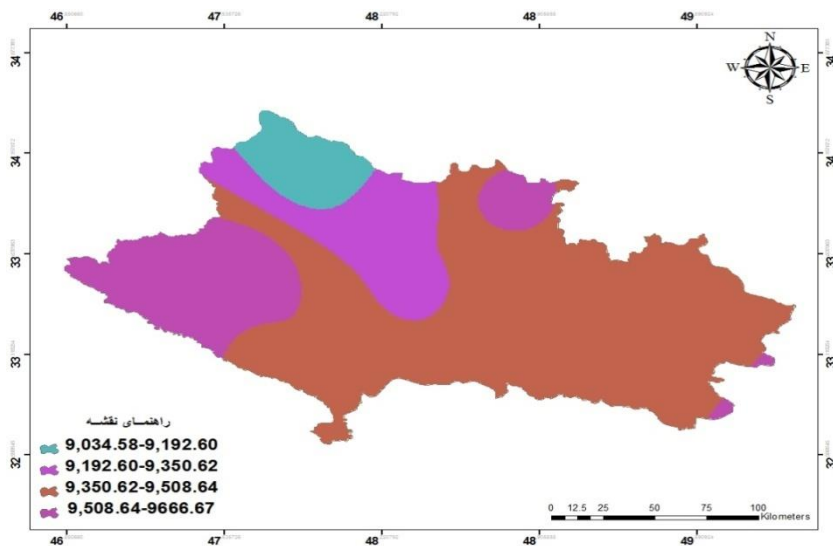
شکل ۴. توزیع میانگین تابش فصل بهار در سطح استان لرستان

تابش فصل تابستان

در فصل تابستان متوسط تابش رسیده به سطح زمین 9350.6 وات بر متر مربع می‌باشد. کمترین تابش رسیده مربوط به ناحیه ۱ با مساحت پوششی 6.3 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 13.6 درصد از مساحت کل استان را پوشش می‌دهد با متوسط 9271.6 وات بر متر مربع شامل جنوب نورآباد، الشتر، شمال خرم آباد است. متوسط تابش این ناحیه 9271.6 است که بیشینه و کمینه تابش در این ناحیه 9350.6 و 9192.6 برآورد شده است. ناحیه ۳ در این فصل بیشترین مساحت منطقه ای را پوشش میدهد که 61.3 درصد از منطقه را شامل میشود و مناطق پلدختر، جنوب خرم آباد، جنوب بروجرد، ازنا، دورود، الیگودرز با متوسط تابش 9429.6 را در بر میگیرد. ناحیه ۴ با 18.8 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 24 و 26 درصد می‌باشد.

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

میانگین تابش	دامنه تغییرات	حداکثر تابش	حداقل تابش	درصد مساحت	نواحی تابشی
۹۱۱۳.۶	۱۵۸.۰	۹۱۹۲.۶	۹۰۳۴.۶	۶.۳	ناحیه ۱
۹۲۷۱.۶	۱۵۸.۰	۹۳۵۰.۶	۹۱۹۲.۶	۱۳.۶	ناحیه ۲
۹۴۲۹.۶	۱۵۸.۰	۹۵۰۸.۶	۹۳۵۰.۶	۶۱.۳	ناحیه ۳
۹۵۸۷.۷	۱۵۸.۰	۹۶۶۶.۷	۹۵۰۸.۶	۱۸.۸	ناحیه ۴
۹۳۵۰.۶	۶۳۲.۱	۹۶۶۶.۷	۹۰۳۴.۶	۱۰۰.۰	کل استان



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

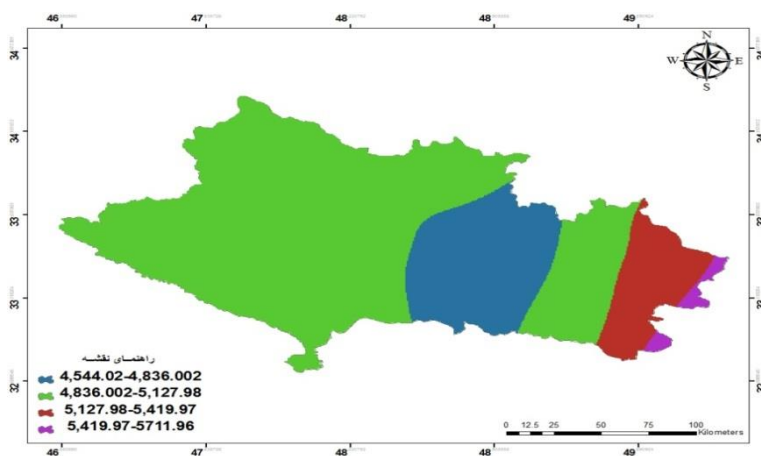
تابش فصل پاییز

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

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 بر گرفته 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 ۱ درصد از مساحت کل استان را شامل می شود 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

میانگین تابش	دامنه تغییرات	حداکثر تابش	حداقل تابش	درصد مساحت	نواحی تابشی
۴۶۹۰	۲۹۲	۴۸۳۶	۴۵۴۴	۱۸.۲۱	ناحیه ۱
۴۹۸۲	۲۹۲	۵۱۲۸	۴۸۳۶	۷۱.۵۴	ناحیه ۲
۵۲۷۴	۲۹۲	۵۴۲۰	۵۱۲۸	۹.۰۸	ناحیه ۳
۵۵۶۶	۲۹۲	۵۷۱۲	۵۴۲۰	۱.۱۷	ناحیه ۴
۵۱۲۸	۱۱۶۸	۵۷۱۲	۴۵۴۴	۱۰۰.۰۰	کل استان



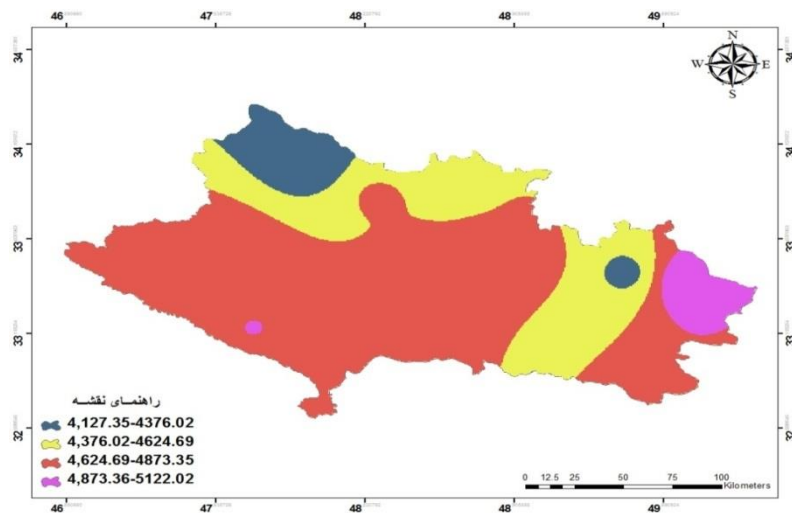
شکل ۶. توزیع میانگین تابش فصل پاییز در سطح استان لرستان

تابش فصل زمستان

در بررسی پارامترهای اقلیمی در این فصل مشخص شد که شهرهای الیگودرز، کوهدشت و پلدختر و دورود دارای بیشترین دریافت ساعات آفتابی هستند. در این فصل بیشترین دریافت تابش مربوط به ناحیه ۴ است که ۴۶ درصد از مساحت استان را پوشش می‌دهد که شامل نیمه شمالی الیگودرز است 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 آباد و نیمه جنوبی الیگودرز است که دارای متوسط تابش ۴۷۴۹ وات بر متر مربع است. ناحیه ۲ که ۲۴٫۷ درصد از مساحت استان را پوشش داده شامل شهرهای الشتر، بروجد، ازنا که متوسط تابش رسیده ۴۵۰۰٫۴ وات است که حداقل و حداکثر تابش رسیده در این ناحیه ۴۳۷۶ و ۴۶۲۴ وات است. ناحیه ۱ که کمترین مساحت از استان را داراست و تنها شهر نورآباد را شامل میشود که با توجه به آمار دریافتی ایستگاه 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

میانگین تابش	دامنه تغییرات	حداکثر تابش	حداقل تابش	درصد مساحت	نواحی تابشی
۴۲۵۱٫۷	۲۴۸٫۷	۴۳۷۶٫۰	۴۱۲۷٫۴	۷٫۳۱	ناحیه ۱
۴۵۰۰٫۴	۲۴۸٫۷	۴۶۲۴٫۷	۴۳۷۶٫۰	۲۴٫۷۷	ناحیه ۲
۴۷۴۹٫۰	۲۴۸٫۷	۴۸۷۳٫۴	۴۶۲۴٫۷	۶۳٫۲۸	ناحیه ۳
۴۹۹۷٫۷	۲۴۸٫۷	۵۱۲۲٫۰	۴۸۷۳٫۴	۴٫۶۴	ناحیه ۴
۴۶۲۴٫۷	۹۹۴٫۷	۵۱۲۲٫۰	۴۱۲۷٫۴	۱۰۰٫۰۰	کل استان



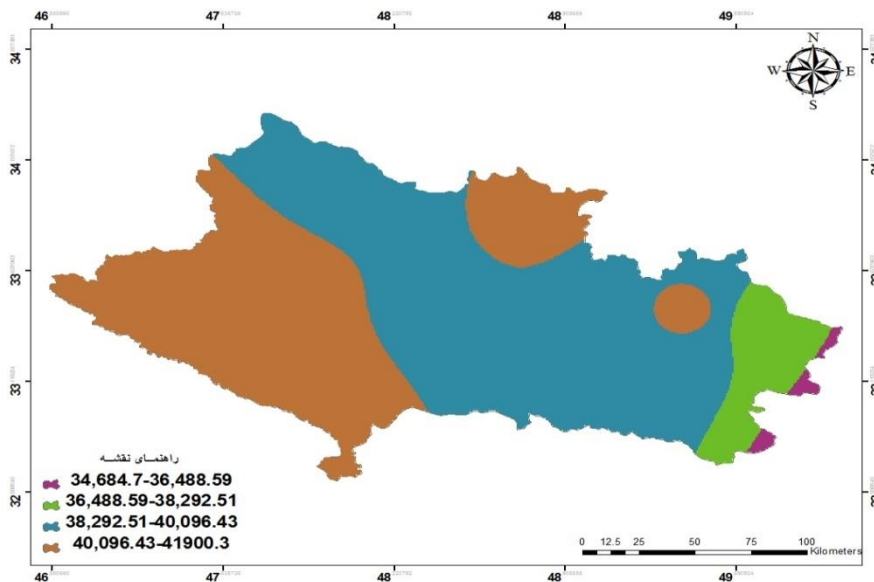
شکل ۷. توزیع میانگین تابش فصل زمستان در سطح استان لرستان

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 آباد، دورود، ازنا و نیمه جنوبی بروجرد را در بر می گیرد. ناحیه ۱ که کمتر از ۱ درصد را تحت پوشش قرار داده تنها شامل مرز شرقی استان می باشد که کمترین دریافت تابش را در طول سال داراست. ناحیه ۲ با متوسط تابش ۳۷۳۰۹.۶ وات بر متر مربع، ۷ درصد از سطح استان را شامل می شود 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 کوهدهشت و پلدختر را در بر میگیرد.

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

میانگین تابش	دامنه تغییرات	حداکثر تابش	حداقل تابش	درصد مساحت	نواحی تابشی
۳۵۵۸۶.۶	۱۸۰۳.۹	۳۶۴۸۸.۶	۳۴۶۸۴.۷	۰.۷۵	ناحیه ۱
۳۷۳۹۰.۶	۱۸۰۳.۹	۳۸۲۹۲.۵	۳۶۴۸۸.۶	۷.۰۹	ناحیه ۲ سالانه
۳۹۱۹۴.۵	۱۸۰۳.۹	۴۰۰۹۶.۴	۳۸۲۹۲.۵	۵۱.۵۸	ناحیه ۳
۴۰۹۹۸.۴	۱۸۰۳.۹	۴۱۹۰۰.۳	۴۰۰۹۶.۴	۴۰.۵۸	ناحیه ۴
۳۸۲۹۲.۵	۷۲۱۵.۶	۴۱۹۰۰.۳	۳۴۶۸۴.۷	۱۰۰.۰۰	کل استان



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

فصل تابستان با تابش ۹۴۱۱۶ وات بر متر مربع بیشترین و فصل زمستان با ۴۶۵۵۶ کمترین تابش رسیده به سطح زمین را دریافت کرده اند. در تحلیل فصل بهار، ایستگاه الیگودرز و کوهدشت با تابش دریافتی ۸۵۶۴۸ بیشترین و ایستگاه نورآباد با تابش ۷۹۴۲ کمترین تابش دریافتی را در این فصل دارا می‌باشند. در فصل تابستان، ایستگاه کوهدشت با تابش ۹۶۶۶۷ وات بر متر مربع و ایستگاه نورآباد با ۹۰۳۴۵ کمترین، در فصل پاییز ایستگاه الیگودرز و نقاطی از ایستگاه کوهدشت با ۵۳۴۷۰۲ وات بر متر مربع بیشترین و ایستگاه دورود با ۴۵۴۴ وات بر متر مربع کمترین، در فصل زمستان ایستگاه الیگودرز و نقاطی از ایستگاه کوهدشت با ۵۱۲۲۰۱ وات بر مترمربع بیشترین و ایستگاه نورآباد با ۴۱۲۷۰۳ کمترین میزان تابش دریافتی به سطح زمین را دارند. میزان تابش دریافتی به سطح زمین بصورت سالانه ۳۹۹۳۷۰۴ وات بر متر مربع می‌باشد که ایستگاه کوهدشت با تابش ۴۱۹۰۰۵ وات بر متر مربع بیشترین تابش دریافتی را به صورت سالانه دارا می‌باشد.

برای شناسایی مناطق هم تابش در محیط نرم افزاری Arc GIS از تکنیک پهنه بندی به روش ایزوکلاستر در مقیاس زمانی فصلی و سالانه استفاده شد. نتایج نشان داد که در فصل بهار هسته پرتابش شامل شهرهای الیگودرز، کوهدشت و تا حدودی ازنا می‌باشد. کمترین تابش دریافتی مربوط به شهرستان نورآباد است. ایستگاه‌های نورآباد و ازنا از میزان پوشش ابر و نیز متوسط کمینه رطوبت بالایی در این فصل برخوردارند که خود عوامل مهمی در تعیین میزان تابش خورشیدی به سطح زمین را دارند. در فصل تابستان هسته پرتابش در ایستگاه کوهدشت قرار گرفته که در بررسی به عمل آمده پارامتر ساعت افتابی دریافتی در این فصل در ایستگاه کوهدشت از همه نقاط استان بالاتر بوده است. هسته کم تابش در این فصل بر روی شهرستان نورآباد قرار گرفته است. فصل پاییز اکثر مناطق استان از همگنی نسبی در دریافت تابش خورشیدی به سطح زمین برخوردار می‌باشند اما دو ایستگاه الیگودرز و کوهدشت دارای بیشینه هسته تابش و ایستگاه درود کمترین تابش را داشته است. در فصل زمستان می‌توان گفت که الیگودرز و کوهدشت هسته پرتابش منطقه در این فصل هستند. هسته کم تابش این فصل هم در شهرستان نورآباد واقع شده است.

توزیع سالانه تابش برآورد شده برای نقاط مختلف استان نشان می‌دهد که ایستگاه کوهدشت دارای هسته پرتابش و ایستگاه الیگودرز در رتبه بعدی از نظر دریافت انرژی خورشیدی قرار گرفته است. در کل می‌توان نتیجه گرفت که دو عامل جغرافیایی ارتفاع، عرض جغرافیایی و نیز سه عامل

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 می شود، اما با نزدیک شدن به منطقه الیگودرز وجود عامل جغرافیایی ارتفاع زیاد که تقریباً 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 می توان گفت که هر دو ناحیه به عنوان دو منطقه پرتابش در استان می باشند.

از آن جایی که یکی از اهداف اصلی این پروژه مکان یابی برای نصب پنل (سلول های) خورشیدی و استفاده بهینه از انرژی های تجدیدپذیر می باشد، و توان تولیدی پنل به شدت تابش خورشید و دمای محیط وابسته است، لذا برای محاسبه دقیق انرژی تولیدی پنل لازم است تا در هر لحظه شدت تابش و دمای محیط معلوم باشد. دمای سلول های خورشیدی تابعی از دمای محیط و شدت تابش خورشید است. با افزایش دمای محیط، دمای سلول نیز بیشتر می شود. از طرفی با افزایش شدت تابش خورشید نیز سلول گرم تر شده و دمای آن بیشتر می شود. 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 می باشد پس هر چه که دما بالاتر باشد توان خروجی پنل کاهش می یابد. ایستگاه الیگودرز، کوهدشت و پلدختر همواره دارای ارقام تابش دریافتی بالایی هستند اما با توجه به دمای بالای دو ایستگاه کوهدشت و پلدختر می توان گفت که شهرستان الیگودرز دارای بهترین شرایط برای نصب سلول های 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 اقلیم های مختلف ایران"، فصلنامه فضای جغرافیایی، شماره ۲۵، صص ۲۲-۱.

- [۲] اسفندیاری، علی؛ رنگزن، کاظم؛ صابری، عظیم و مهدی فتاحی مقدم (۱۳۹۰)، "پتانسیل سنجی 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، ص ۷۵-۸۶.
- [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 بین‌المللی برق.
- [۶] حیدری نبی، مهران (۱۳۸۶)، برآورد تابش روزانه خورشید با استفاده از متغیرهای هواشناسی (مقایسه یافته‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی با سایر مدل‌ها)، دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- [۷] خسروی، محمود؛ جهانپخش 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، صص ۶۳-۳۹.
- [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، پایان نامه 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 پور، علی اکبر 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 پیاپی ۱۰۹، صص ۱۲-۱.
- [۱۴] کاملی، غلامعلی و اسحق مرادی (۱۳۸۴)، تابش خورشید (اصول و کاربردها در کشاورزی و انرژی‌های نو)، انتشارات پژوهشکده هواشناسی.

- [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، صص ۴۹۹-۴۹۱.
- [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 کوکی (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 ۸۳۶-۸۴۴.
- [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 سیاست‌گذاری انرژی، سال یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، صص ۹۹-۱۱۴.
- [۲۰] نادى، مهدى؛ 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، صص ۱۴۲-۱۳۹.
- [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 ۱-۱۶.
- [۲۲] یزدان پناه، حجت‌الله؛ میرمجریبان، 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"، پایان‌نامه 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.