مجله پژوهش‌های برنامه ریزی و سیاستگذاری انرژی
سال یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، صفحات ۱۱۴-۹۹

امکان‌سنجی و پهنه‌بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان

علیرضا موقری
دانشجوی دکترای اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
دانشگاه سیستان و بلوچستان
a.movaqqari@gmail.com

تقی طاوسی
دانشیار اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان
t_tavousi@yahoo.com

یکی از مشکلات فزاینده موجود در بحث انرژی، روند کاهشی منابع تجدیدناپذیر است. این مساله ایجاب می‌کند که به دنبال انرژی‌های جایگزین که اثرات مخرب زیست‌محیطی کمتری داشته و همچنین قابلیت تجدید داشته باشد باشیم. در این میان انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین و پاکترین انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیاست. استان سیستان و بلوچستان به دلیل قرار گرفتن در عرض‌های پایین از ساعات آفتابی زیادی در طول سال برخوردار است. لذا این پژوهش با هدف پهنه‌بندی و مکان‌یابی نقاط مستعد برای استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی در این استان انجام شده است. در ابتدا لایه‌های مجموع ساعات آفتابی سالانه، تعداد روزهای ابری در سال، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای گرد و غباری، میانگین سالانه رطوبت نسبی، ارتفاع و مجموع بارندگی سالانه به عنوان مهم‌ترین عوامل اقلیمی موثر بر میزان تابش خورشیدی در محیط GIS تولید شدند. در ادامه این لایه‌ها از طریق مدل همپوشانی وزنی با هم تلفیق شده و لایه پهنه‌های مناسب جهت استقرار پنل‌های خورشیدی در استان تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۱۴/۲۳ درصد از مساحت 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. بهترین مکان برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی شهرستان سراوان و سیب سوران و پس از آن شهرهای خاش، ایرانشهر و بخش‌هایی از زهک و نیکشهر تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: *امکان‌سنجی، پهنه‌بندی، پنل خورشیدی، مدل همپوشانی وزنی.*

*** تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۱** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/٤/۱۲**

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۱. مقدمه

بخش اعظم انرژی مصرفی در جهان به‌وسیله سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود. احتراق سوخت‌های فسیلی باعث ورود حجم عظیمی از اکسیدهای سولفور و نیتروژن، مونواکسید کربن و دی اکسید کربن در جو می‌گردد (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش مستمر در سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و صعود قیمت مواد سوختی، نیروهای محرکه اصلی در پشت تلاش‌های موثرتر جهت استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند (کینسارین، ۲۰۰۷). این مشکلات جهان را به استفاده از انرژی‌های جایگزین که اثرات مخرب زیست محیطی کمتری داشته و همچنین قابلیت تجدید داشته باشند سوق داده است. منظور از انرژی‌های جایگزین انرژیه‌ایی است که برای تولیدشان از منابع بدون کربن استفاده می‌گردد؛ مانند انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی دریایی، زمین گرمایی، نیروگاه‌های آبی و غیره. در این میان انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین و پاکترین انواع انرژیهای تجدیدپذیر در دنیاست (حیدری، ۱۳۸۸). کشور ایران به دلیل قرارگیری در عرض‌های پایین قابلیت بیشتری جهت دریافت این انرژی دارد. برای بهره‌برداری از این انرژی خدادادی نیاز به احداث نیروگاه‌های خورشیدی می‌باشد. پنل‌های خورشیدی که در نیروگاه‌های خورشیدی بکار گرفته می‌شوند، مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی می‌باشند. یکی از مهم‌ترین مسائل در استفاده از انرژی خورشیدی تعیین محل استفاده از آن می‌باشد که تأثیر زیادی در کارایی تجهیزات و وسایل تولید برق خورشیدی دارد. لذا بهره‌گیری از پتانسیل‌های آب و هوایی می‌تواند اثرات مثبتی در صرفه‌جویی منابع انرژی داشته باشد. در این خصوص شناسایی نواحی مستعد و مناسب که در آن انرژی خورشیدی در حد مناسبی بوده و بتواند جایگزین انرژی‌های فعلی شود از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. بنابراین تحقیقات زیادی در مورد پهنه بندی مکان‌ها جهت استفاده بهینه از انرژی خورشیدی صورت پذیرفته است. در تمامی این تحقیقات تلاش شده تا با استفاده از روش‌ها و مدل‌های گوناگون به شناخت نواحی مستعد جهت احداث نیروگاه‌ها اقدام شود. پس از مرور پژوهش‌های انجام پذیرفته در این زمینه و آگاهی از نقاط قوت و ضعف مدل‌های بکار برده شده تصمیم گرفته شد تا در این تحقیق از مدل همپوشانی وزنی[1] استفاده گردد. این پژوهش با هدف پهنه‌بندی و مکان‌یابی نقاط مستعد برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان انجام شده است. از آنجایی‌که این استان از ساعات آفتابی زیادی در طول سال برخوردار است، لزوم احداث نیروگاه‌های خورشیدی برای استفاده هرچه بیشتر از این انرژی نو و پاک ضروری به نظر می‌رسد.

1. Weighted Overlay

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۲. پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه مکان‌گزینی احداث نیروگاه‌های خورشیدی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. اما در بیشتر این پژوهش‌ها با توجه به محاسبات فیزیکی تابش خورشیدی به پتانسیل‌سنجی مناطق پرداخته شده است و تحقیقاتی که با تکیه بر عوامل اقلیمی به شناسایی مناطق مستعد بپردازد کمتر انجام پذیرفته است. همچنین در تحقیقاتی که در زمینه مکان‌یابی صورت گرفته مدل‌های مختلفی بکار رفته که در ادامه برخی از پژوهش‌های داخلی و خارجی صورت گرفته در این زمینه آورده شده است:

دیپو (۲۰۱۲) در کتاب خود تحت عنوان "نیروگاه‌های انرژی ژئوترمال" به اصول و روش‌های بهره‌برداری از انرژیهای زمین گرمایی پرداخته است.

کنیزارین (۲۰۰۷) در پژوهش خود افزایش مستمر در سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای را دلیل جهت‌گیری به سمت استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدید پذیر می‌داند.

هنمن (۲۰۱۲) در مقاله خود تحت عنوان "ساخت فتوولتائیک یکپارچه جهت تولید انرژی خورشیدی" به معرفی روش‌های کارامدتر جهت بهره برداری از انرژی خورشید توسط سلول‌های فتوولتائیک پرداخته است.

میلر و لامبی (۲۰۱۲) به معرفی روش‌های بهره‌برداری انرژی خورشیدی در نیروگاه‌های خورشیدی در کشور هند پرداخته اند.

فنگ (۲۰۱۲) در مقاله خود به اهمیت استفاده از انرژی خورشیدی برای خانواده‌های روستایی در فلات چینگ‌های و تبت برای انطباق با تغییرات آب و هوایی اشاره کرده است.

حیدری و همکاران (۱۳۸۸) به مکان‌یابی ساخت نیروگاه خورشیدی در ایران پرداخته و استان کرمان را مناسبترین مکان تشخیص دادند.

اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود تحت عنوان پتانسیل سنجی احداث نیروگاههای خورشیدی؛ شهرهای بهبهان، رامهرمز و باغ ملک در استان خوزستان را مستعد احداث این تاسیسات یافتند.

پیشگاهی‌فرد و همکاران (۱۳۹۰) به مکان‌یابی مناطق مخاطره‌آمیز شهری جهت استفاده در مدیریت بحران در منطقه ۸ شهرداری تبریز پرداخته و نتیجه گرفتند که ۱۳/۹۴ درصد از محدوده مورد مطالعه دارای وضعیت مطلوب تا بسیار مطلوب می‌باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیق خود تحت عنوان" مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی" استان اصفهان را جهت تاسیس نیروگاه خورشیدی مناسب دانسته‌اند.

در این پژوهش سعی شد تا با تأکید بر عوامل محلی (ارتفاع) و اقلیمی (فراسنج‌های اقلیمی) که بیشترین تاثیر را بر میزان تابش دریافتی یک مکان داراست، ابتدا به مکان‌گزینی و در نهایت پهنه‌بندی مناطق مستعد جهت استقرار تأسیسات تولید برق از انرژی خورشیدی اقدام گردد.

۳. مواد و روش‌ها

الف) ایجاد پایگاه داده

در این پژوهش پس از مطالعات کتابخانه‌ای صورت گرفته، فراسنج‌های اقلیمی زیر برای مکان‌یابی و پهنه‌بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی انتخاب گردیدند:

- مجموع ماهیانه و سالیانه ساعات آفتابی
- تعداد روزهای ابری در مقیاس ماهانه و سالیانه
- تعداد روزهای بارانی در مقیاس ماهانه و سالیانه
- تعداد روزهای توام با گرد و غبار در مقیاس ماهانه و سالیانه
- رطوبت نسبی
- مجموع بارندگی سالیانه
- نقشه توپوگرافی رقومی شده از منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ جهت تولید مدل ارتفاعی رقومی

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش شامل آمار ماهانه و سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژیک منطقه، برای یک دوره آماری ۳۰ ساله از سازمان هواشناسی کشور دریافت گردیده و در محیط نرم‌افزار Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس پایگاه داده‌ای متشکل از نام ایستگاه‌ها، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع و میانگین سالانه بلندمدت ۶ فراسنج اقلیمی مذکور ایجاد شد (جدول ۳-۱).

ب) تولید لایه های رقومی

با استفاده از نقشه توپوگرافی رقومی شده منطقه، نقشه ارتفاع استان در محیط نرم افزار Arc GIS تولید شده و موقعیت ایستگاه‌ها با توجه به مختصات جغرافیایی آنها به نقشه اضافه شد. آنگاه لایه مربوط به هر فراسنج با استفاده از روش درونیابی و مدل IDW تهیه گردید. سپس هر لایه به ۹ کلاس طبقه‌بندی شده

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

و هر طبقه با توجه به اهمیت آن وزن دهی شد. در ادامه تمامی لایه‌ها طبقه‌بندی مجدد شده و به هر طبقه امتیازی از ۱ تا ۹ داده شد. بدین صورت که مطلوب‌ترین طبقه امتیاز ۹ و نامطلوبترین طبقه امتیاز ۱ را به خود اختصاص داد.

ج) مدل همپوشانی وزنی

تحلیل فضایی مکانی، شناسایی مناطق مستعدی است که با معیارهایی از ارزش‌های هر پیکسل نقشه رستری استخراج می‌شود. مدل شاخص همپوشانی وزنی امکان ترکیب نقشه‌های بسیار مختلفی را امکانپذیر می‌سازد. این مدل به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S = \sum_{i}^{n} \frac{S_{ij} W_i}{W_i} \qquad (۱)$$

S امتیاز هر یک از سطوح، W_i وزن لایه ورودی I ام و Sij امتیاز کلاس j ام از لایه i ام. در این مدل علاوه بر اینکه به هر یک از کلاس‌های لایه‌های مختلف وزن خاصی تعلق می‌گیرد، با توجه به تأثیر و اهمیت مختلف هر یک از لایه ها نسبت به یکدیگر می‌توان به هر یک از لایه‌ها بر اساس اهمیت آن لایه در آن موضوع مورد بررسی وزنی تخصیص داد که این مورد یکی از ویژگی‌های این مدل در ترکیب لایه‌ها به‌شمار می‌آید (پیشگاهی فرد و همکاران، ۱۳۹۰).

جدول ۱. پایگاه داده ایجاد شده جهت تولید لایه‌ها

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	رطوبت نسبی	بارش	روزهای غباری	ساعات آفتابی	روزهای ابری	روزهای با بارش
ایرانشهر	۲۶/۲۷	۶۰/۷	۵۹۱/۱	۳۰	۱۱۰	۶۳/۷	۳۲۷۹/۸	۱۸/۱	۲۳/۵
زاهدان	۲۹/۴۶	۶۰/۸۸	۱۳۷۰	۳۳	۹۰/۶	۷۲	۳۲۵۸/۹	۲۷/۲	۲۷
چابهار	۲۵/۲۸	۶۰/۶۱	۸	۷۲	۱۱۱	۳۱	۳۱۴۴/۷	۱۴/۴	۱۴/۵
کنارک	۲۵/۴۳	۶۰/۳۶	۱۲	۶۵	۹۷/۱	۱۶۱/۸	۳۱۳۷/۵	۱۲/۷	۱۴
خاش	۲۱/۲۸	۶۱/۲	۱۳۹۴	۲۹	۱۵۰/۵	۷۴/۶	۳۳۹۷/۶	۲۰/۸	۳۳
سراوان	۲۷/۳۳	۶۲/۳۳	۱۱۹۵	۲۸	۱۰۷/۳	۶۰/۷	۳۴۱۶/۱	۱۲/۸	۲۷
زابل	۳۱/۰۳	۶۱/۴۸	۴۸۹/۲	۳۸	۶۱	۱۶۶/۷	۳۱۶۴/۸	۲۰/۳	۲۲
زهک	۳۰/۹	۶۱/۶۸	۴۹۵	۲۹	۵۳	۱۴۷/۳	۳۳۶۳/۱	۲۰/۸	۲۳/۴
نیکشهر	۲۶/۲۳	۶۰/۲۱	۵۱۰	۴۴	۵۳	۶۹	۳۱۲۹/۷	۱۷	۱۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

٤. بحث و نتایج

٤-١. لایه ساعات آفتابی

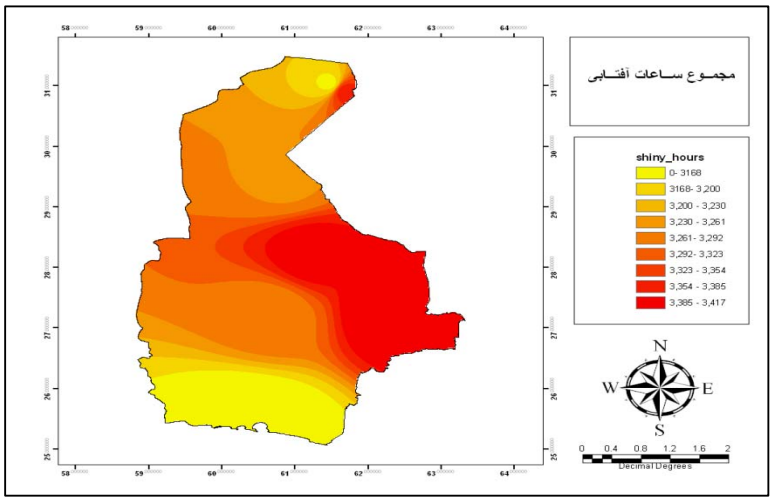
مجموع ساعات آفتابی ماهانه یا سالانه مهم‌ترین فراسنج اقلیمی است که میزان انرژی دریافتی از خورشید را نشان می‌دهد. عواملی چند بر میزان ساعات آفتابی تاثیر می‌گذارند که از جمله می‌توان به عرض جغرافیایی اشاره کرد که بطور مستقیم بر روی این فراسنج اثرگذار است. از عوامل دیگر میتوان ابرناکی آسمان و غبارآلودگی هوا را نام برد که بر روی ساعات آفتابی تأثیر منفی می‌گذارند. برای تهیه لایه ساعات آفنابی از میانگین مجموع ساعات آفتابی سالانه دوره ۳۰ ساله ایستگاه‌های منطقه استفاده شد. میانگین ساعات آفتابی استان ۳۲۵۴/۶۸ ساعت در سال می‌باشد که حاکی از استعداد زیاد جهت بهره‌برداری از انرژی خورشیدی می‌باشد. جدول (۲) وزن طبقات لایه ساعات آفتابی و نقشه آن ترسیم شده است (شکل ۱).

جدول ۲. میزان ساعات آفتابی و وزن اعمال شده

ساعات آفتابی (ساعت در سال)	وزن اعمال شده
۰-۳۱۶۸	۱
۳۱۶۸-۳۲۰۰	۲
۳۲۰۰-۳۲۳۰	۳
۳۲۳۰-۳۲۶۱	۴
۳۲۶۱-۳۲۹۲	۵
۳۲۹۲-۳۳۲۳	۶
۳۳۲۳-۳۳۵۴	۷
۳۳۵۴-۳۳۸۵	۸
۳۳۸۵-۳۴۱۷	۹

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل ۱. نقشه توزیع ساعات آفتابی در استان (ساعت در سال)

٤-۲. لایه تعداد روزهای ابری

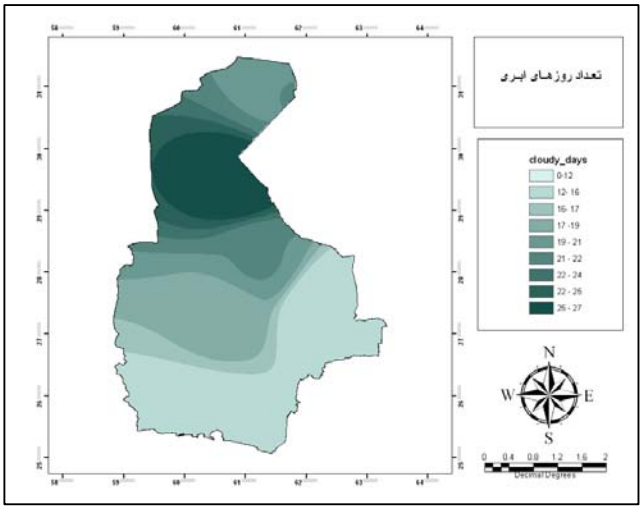
ابرها باعث کاهش تابش خورشید و در نهایت کاهش تابش موثر می‌شوند. ابرها به طور متوسط ۲۱ درصد انرژی طول موج کوتاه خورشید را برمی‌گردانند. در مواقعی که هوا آفتابی بوده و هیچ ابری در آسمان وجود ندارد، قسمت اعظم انرژی خورشید به زمین می‌رسد (علیجانی، ۱۳۸۳). از این رو مهم‌ترین عامل کنترل انرژی تابشی خورشید ابرناکی آسمان می‌باشد. شکل (۲) لایه تعداد روزهای ابری استان را نشان می‌دهد. ایستگاه سراوان با ۱۲/۷ کمترین روز ابری در سال و ایستگاه زاهدان با ۲۷/۲ بیشترین روز ابری در سال را دارا می‌باشد.

جدول ۳. روزهای ابری و وزن اعمال شده

روزهای ابری(در سال)	وزن اعمال شده
۰-۱۲	۹
۱۲-۱۶	۸
۱۶-۱۷	۷
۱۷-۱۹	۶
۱۹-۲۱	۵
۲۱-۲۲	۴
۲۲-۲۴	۳
۲۲-۲۵	۲
۲۵-۲۷	۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل ۲. نقشه توزیع تعداد روزهای ابری در استان

٤-۳. لایه تعداد روزهای بارانی

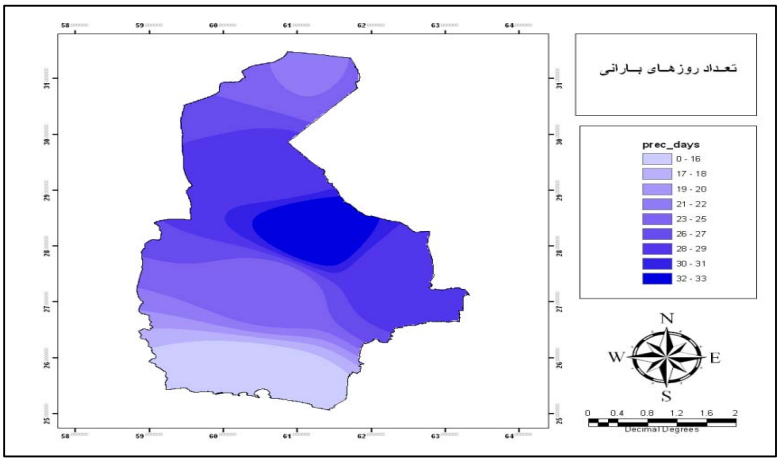
روزهای بارانی هم از نظر اینکه مانعی جهت رسیدن تابش خورشیدی به زمین هستند و هم از نظر اثرات مخربی که باران بر روی تاسیسات نیروگاههای خورشیدی و همچنین کثیف شدن سطح پنل‌ها دارد عاملی منفی جهت استقرار پنل‌ها می‌باشد. بیشترین روز بارانی مربوط به ایستگاه ایرانشهر با ۲۳/۵ روز بارانی در سال و کمترین روز بارانی متعلق به ایستگاه نیکشهر با ۱۱ روز بارانی در سال می‌باشد. شکل (۳) توزیع تعداد روزهای بارانی را در گستره استان نشان می‌دهد.

جدول ۴. روزهای بارانی و وزن اعمال شده

روزهای ابری(در سال)	وزن اعمال شده
۰-۱۲	۹
۱۲-۱۶	۸
۱۶-۱۷	۷
۱۷-۱۹	۶
۱۹-۲۱	۵
۲۱-۲۲	۴
۲۲-۲۴	۳
۲۲-۲۵	۲
۲۵-۲۷	۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل ۳. نقشه توزیع تعداد روزهای بارانی در استان

٤-٤. لایه تعداد روزهای همراه با گرد و غبار

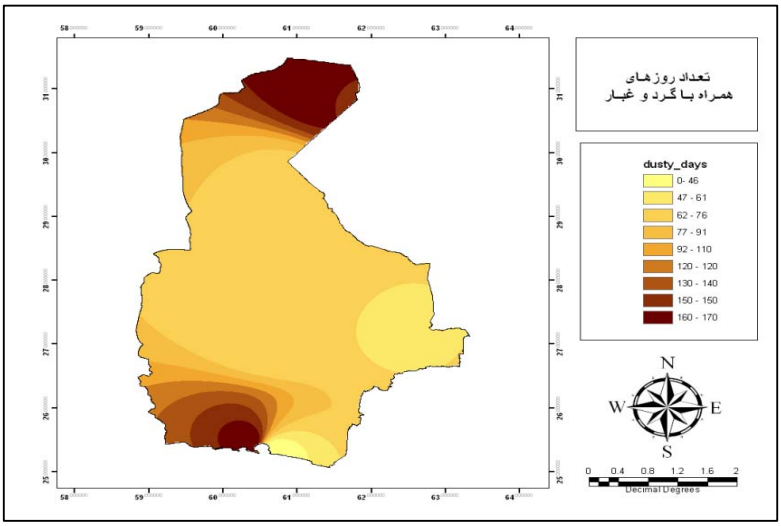
ذرات گرد و غبار یا هواویزها از ترکیبات مهم اتمسفر در نزدیکی سطح زمین می‌باشند. هواویزها باعث جذب تابش موثر و تابش برگشتی می‌شوند و افزایش آنها باعث کاهش مقدار تابش کوتاه خورشید می‌شود (علیجانی، ۱۳۸۳). بنابراین مناطقی حائز اهمیت‌اند که کمترین روزهای همراه با توفان گرد و غبار داشته باشند. شکل (۴) لایه پراکنش تعداد روزهای گرد و غباری در سطح استان را نشان می‌دهد. بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار متعلق به ایستگاه زابل با ۱۶۶/۷ روز در سال و کمترین آن متعلق به ایستگاه چابهار با ۳۱ روز در سال می‌باشد.

جدول ۵. روزهای غبارآلود و وزن اعمال شده

روزهای ابری (در سال)	وزن اعمال شده
۰-۱۲	۹
۱۲-۱۶	۸
۱۶-۱۷	۷
۱۷-۱۹	۶
۱۹-۲۱	۵
۲۱-۲۲	۴
۲۲-۲۴	۳
۲۲-۲۵	۲
۲۵-۲۷	۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل ۴. نقشه توزیع تعداد روزهای بارانی در استان

٤-٥. لایه رطوبت نسبی

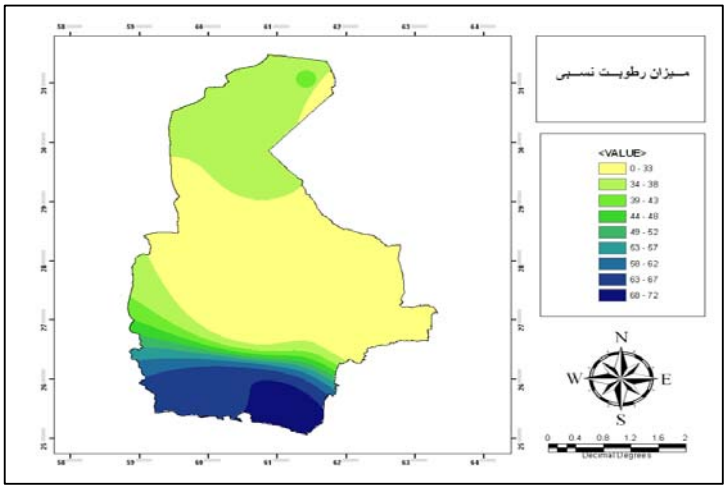
هوای خشک در طبیعت وجود ندارد و حتی در هوای ظاهرا خشک بیابان‌ها هم مقداری رطوبت موجود است. در شرایط معمولی، میزان بخار آب جو در ماه‌های گرم از ۱/۳ درصد و در ماههای سرد از ۰/۴ درصد تجاوز نمی‌کند. حالت غالب رطوبت در جو بخار آب است. بخار آب جو در بیلان انرژی جو و زمین نقش عمده‌ای دارد. مثلا انرژی موج کوتاه خورشیدی را باز می‌تاباند و انرژی موج بلند زمینی را جذب می‌کند (علیجانی، ۱۳۸۳). بنابراین مناطق با رطوبت نسبی بالا به دلیل بازتاباندن انرژی موج کوتاه خورشید مستعد احداث نیروگاه‌های خورشیدی نمی‌باشند. بیشترین رطوبت نسبی در استان متعلق به ایستگاه چابهار با میانگین سالانه ۷۲ درصد و کمترین رطوبت متعلق به ایستگاه سراوان به میزان ۲۸ درصد می‌باشد. در شکل (۵) لایه رطوبت نسبی استان و وزن مربوط به هر کلاس را مشاهده می‌کنید (جدول ۶).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول ۶. رطوبت نسبی و وزن اعمال شده

رطوبت نسبی (درصد)	وزن اعمال شده
۰-۳۳	۹
۳۴-۳۸	۸
۳۹-۴۳	۷
۴۴-۴۸	۶
۴۹-۵۲	۵
۵۳-۵۷	۴
۵۸-۶۲	۳
۶۳-۶۷	۲
۶۸-۷۲	۱

مأخذ: نتایج تحقیق.



شکل ۵. نقشه توزیع رطوبت نسبی در استان

٤-٦. لایه ارتفاع

ارتفاع با ضخامت اتمسفر رابطه معکوس دارد. به این معنی که با افزایش ارتفاع از ضخامت جو کاسته می‌شود. از دیگرسو هرچه ضخامت جو بیشتر باشد حاکی از غلظت بالاتر عناصر جذبی و انعکاسی می‌باشد. از آنجاکه مواد درشت‌تر و غلیظتر در طبقات پایین اتمسفر جمع می‌شوند، پس هرچه ارتفاع منطقه بیشتر باشد ترکیبات جو رقیق‌تر و ضخامت جو کمتر است و انرژی طول موج کوتاه خورشید

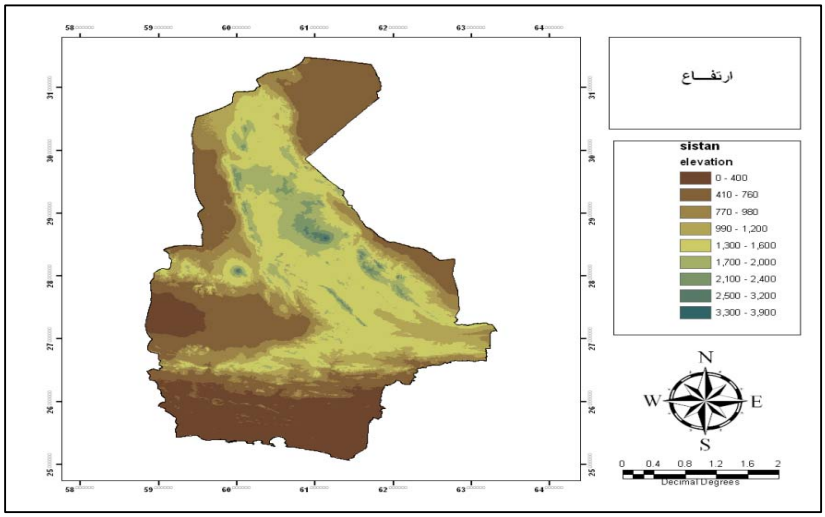
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

ورودی بیشتر خواهد بود (علیجانی، ۱۳۸۳). در نتیجه مناطق مرتفع‌تر پتانسیل بیشتری جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی دارند. جهت تولید لایه ارتفاع، نقشه توپوگرافی رقومی شده منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه و لایه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) برای پهنه استان ترسیم گردید (شکل ۶).

جدول ۷. ارتفاع و وزن اعمال شده

ارتفاع (متر)	وزن اعمال شده
۰-۴۰۰	۱
۴۱۰-۷۶۰	۲
۷۷۰-۹۸۰	۳
۹۹۰-۱۲۰۰	۴
۱۳۰۰-۱۶۰۰	۵
۱۷۰۰-۲۰۰۰	۶
۲۱۰۰-۲۴۰۰	۷
۲۵۰۰-۳۲۰۰	۸
۳۳۰۰-۳۹۰۰	۹

مأخذ: نتایج تحقیق.



شکل ۶. نقشه میزان ارتفاع در استان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

٤-٧. لایه میزان بارندگی سالانه

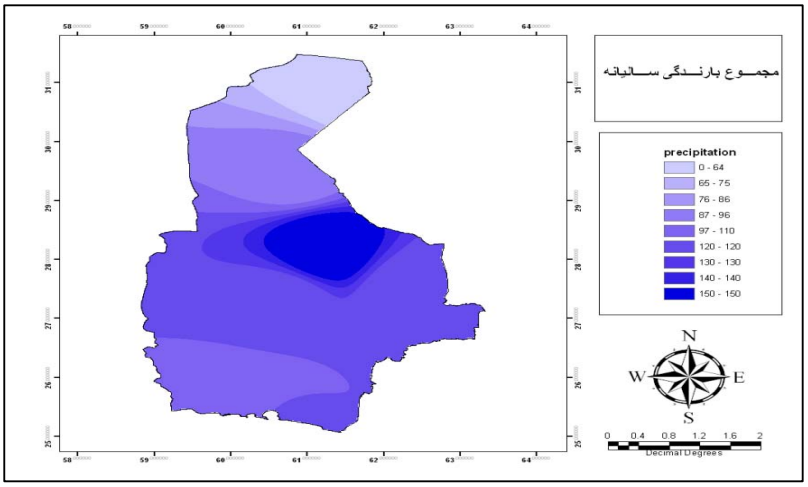
بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود، هر دو با هم در منطقه‌ای وجود داشته باشند (علیجانی، ۱۳۸۳). پس مناطق پرباران حکایت از بالا بودن رطوبت دارند که از عوامل مهم بازتاب انرژی طول موج کوتاه خورشید می‌باشد. از طرف دیگر از آنجاکه برای تشکیل باران نیاز به هسته های تراکم می‌باشد، بارش زیاد نشان‌دهنده وجود ذرات معلق زیاد در جو می‌باشد که در جذب و انعکاس تابش موج کوتاه نقش دارد. همچنین بارش باران اثرات نامطلوبی را، از اشکالات فنی گرفته تا کثیف شدن سطح صفحات فتوولتاییک سبب می‌شود (حیدری، ۱۳۸۳). میانگین بارش استان ۹۲/۶۱ میلیمتر می‌باشد که ایستگاه خاش با ۱۵۰/۵میلیمتر بیشترین میزان بارش و ایستگاه زهک با ۵۳ میلیمتر کمترین میزان بارش را به خود اختصاص داده است. لایه بارش استان (شکل ۷) و وزن هر یک از طبقات را در جدول (۸) مشاهده می کنید.

جدول ۸. بارش و وزن اعمال شده

رطوبت نسبی (درصد)	وزن اعمال شده
۰-۳۳	۹
۳۴-۳۸	۸
۳۹-۴۳	۷
۴۴-۴۸	۶
۴۹-۵۲	۵
۵۳-۵۷	۴
۵۸-۶۲	۳
۶۳-۶۷	۲
۶۸-۷۲	۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل ۷. نقشه میانگین سالانه بارش در استان

٤-٨. مدل شاخص همپوشانی وزنی

در نهایت به منظور تولید لایه پهنه‌های مناسب جهت استقرار پنل‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان، نقشه‌ها طبقه‌بندی شده و درصد تاثیر هر یک از فراسنج‌ها با توجه به نظرات کارشناسی نویسندگان این مقاله بر روی لایه‌ها اعمال گردید (جدول ۹).

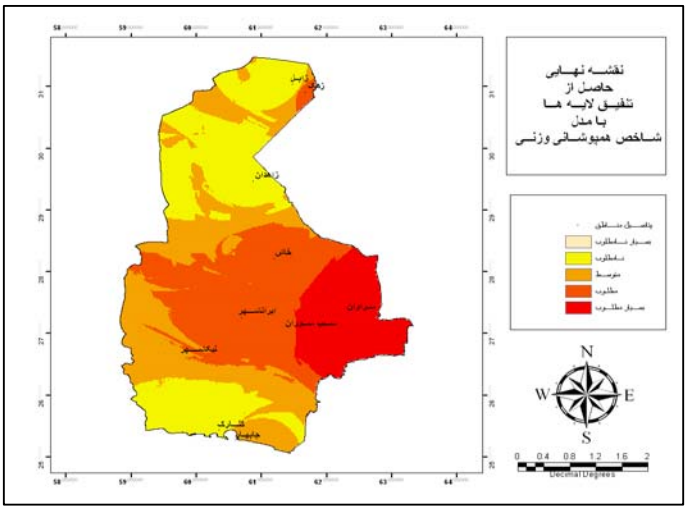
جدول ۹. درصد نفوذ اعمال شده به لایه ها در مدل همپوشانی وزنی

معیارهای مکان‌یابی به ترتیب اولویت	درصد اهمیت
مجموع ساعات آفتابی سالانه	۳۰
تعداد روزهای ابری در سال	۲۰
تعداد روزهای بارانی در سال	۱۶
تعداد روزهای گرد و غباری در سال	۱۰
میانگین سالانه رطوبت نسبی	۱۰
ارتفاع	۸
مجموع بارندگی سالانه	۶

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

پس از اعمال درصد تأثیر، لایه‌های مجموع ساعات آفتابی سالانه، تعداد روزهای ابری در سال، تعداد روزهای بارانی در سال، تعداد روزهای گرد و غباری در سال، میانگین سالانه رطوبت نسبی، ارتفاع و مجموع بارندگی سالانه از طریق مدل همپوشانی وزنی (Weighted Overlay) با هم تلفیق شده و لایه پهنه‌های مناسب جهت استقرار پنل‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان تهیه گردید (شکل ۸).



شکل ۸. نقشه پهنه‌های مناسب جهت استقرار پنل‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان

۵. نتیجه‌گیری

انرژی خورشید یکی از منابع تامین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است که از دیر باز به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است. بحران انرژی در سال‌های اخیر، کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت نمایند که در این میان جای‌گزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبرو شده است. در این میان کشور ایران به دلیل واقع شدن در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. متوسط ساعات آفتابی کشور حدود ۳۱۱۲ ساعت در سال می‌باشد که حاکی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

از پتانسیل بالای ایران برای بهره‌برداری از انرژی خورشید می‌باشد. در این پژوهش سعی شد تا با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی به شناسایی مناطق مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان پرداخته شود. پس از تهیه نقشه مکانهای مستعد مشخص شد که ۱۴/۲۳ درصد از مساحت 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. بهترین مکان برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی شهرستان سراوان و سیب سوران و پس از آن شهرهای خاش، ایرانشهر و بخش‌هایی از زهک و نیکشهر تشخیص داده شدند.

منابع

اسفندیاری، ع (۱۳۹۰)، پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از GIS، *همایش ملی ژئوماتیک*، تهران.

پیشگاهی فرد، ز (۱۳۹۰)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نقش آن در مکان‌یابی مناطق مخاطره‌آمیز شهری جهت استفاده در مدیریت بحران) مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تبریز *آمایش محیط*، ۱۰۴-۹۲.

حیدری، م (۱۳۸۳)، T مکان‌یابی ساخت نیروگاه‌های خورشیدی در ایران، *نفت و انرژی*، ۴۹-۳۸.

خوش اخلاق، ف (۱۳۸۶)، مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی، *نشریه سپهر، صص* ۸۰-۷۵.

موسوی، م (۱۳۹۱)، سطح‌بندی و مکان گزینی فعالیت‌های اقتصادی جهت ارائه راهبرد توسعه روستایی بر اساس مدل تحلیل شبکه (ANP) (مطالعه موردی: شهرستان بهاباد)، نشریه جغرافیا، صص ۲۳۸-۲۱۷.

Dipippo, R. (2012). *Geothermal Power Plants,* Massachusetts: Butterworth Heinemann.

Fang, Y. W. (20012), "Solar Energy Sorage Using Phase Changeh Materials", *Renewable Energy Focus*, PP. 508-518.

Henemann, A. (2008), "BIPV: Built-in Solar Energy", *Renewable Energy Focus*, PP. 14-19.

Kenisarin, M. (2007), Solar Energy Storage Using Phase Change Materials, PP. 1913-1965.

Miller, A. L. (2012), *Utiliti Scale Solar Power Plants,* NEW Delhi: IFC.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]