تحلیل فضایی – مکانی تابش دریافتی سطح استان کرمانشاه و مکان‌یابی سایت‌های خورشیدی

فیروز مجرد
دانشیار گروه جغرافیا (اقلیم‌شناسی)، دانشگاه رازی؛ کرمانشاه، ایران
امان‌ا... فتح نیا
استادیار گروه جغرافیا(اقلیم‌شناسی)، دانشگاه رازی؛ کرمانشاه، ایران
سعید رجایی *
دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی؛ کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵

چکیده

اطلاع دقیق از شدت تابش کل دریافتی خورشید در یک مکان برای گسترش پروژه‌های خورشیدی ضروری است. به همین دلیل برآورد تابش از اصلی‌ترین فاکتورها برای مکان‌یابی سایت خورشیدی است. در تحقیق حاضر به‌وسیله مدل لیو و جردن مقدار تابش دریافتی برآورد شده و با در نظر گرفتن لایه‌های مختلف از جمله شیب و جهت شیب، ارتفاع، دما و رطوبت و با استفاده از مدل AHP مکان بهینه تعیین گردید. با توجه به نتایج مدل لیو و جردن استان کرمانشاه بررسی شد و نتایج نشان داد که به‌طور متوسط در طی روز ٤٩٥ کالری در سانتیمتر مربع انرژی خورشیدی دریافت می‌نماید. چهار شهرستان شامل سنقر، صحنه، اسلام آباد و جوانرود و به دنبالان شهرستان قصر شیرین به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تابش را دریافت می‌کنند. مقدار متوسط تابش روزانه در شهرستان جوانرود و قصر شیرین به ترتیب معادل ٥٢٨ و ٤٤٣ کالری در سانتیمتر مربع است. بر اساس نتایج مکان‌یابی نیز شهرستان کرمانشاه با مساحت‌های ۹۰۸ کیلومتر مربع بیشترین مطلوبیت برای گسترش سایت خورشیدی را دارند و سرپل ذهاب با ۱۱۸ کیلومتر مربع مساحت کمترین پتانسیل را دارد.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی، تابش خورشیدی، لیو و جردن، AHP، کرمانشاه.

مقدمه

تخمین تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین کاربردهای زیادی در علوم معماری، مهندسی انرژی، کشاورزی و هیدرولوژی دارد. برآورد صحیح مقدار تابش خورشیدی از اصول اولیه و مهم طراحی شبکه‌ها و برنامه‌ریزی آبیاری است. تابش خورشیدی عاملی بسیار مهم در معادلات برآورد تبخیر– تعرق گیاه است و تخمین مناسب آن در توسعه مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان اهمیت زیادی دارد (المورکس و هونتوریا، ۲۰۰۴: ۱۵۲۹). همچنین

نویسندهٔ مسؤل: ۰۹۳۶۰۰۱۷۲۱۸

* E-mail:Rajaee_saeed@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

تابش خورشیدی یکی از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در توازن حرارتی سیستم جو– زمین است و اساس بیشتر مطالعات اقلیمی را شکل می‌دهد (یزومون و مایر، ۲۰۰۲: ۱۶۳۱). دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری تابش خورشیدی استفاده از پیرانومتر است که استفاده از آن در همه نقاط کره زمین به علت نبود امکانات و هزینه زیاد، اندک است. به منظور اندازه‌گیری میزان تابش کل دریافتی، تنها ایستگاه‌های اندکی در سطح جهان از این ابزار استفاده می‌کنند. بنابراین، محاسبه تابش خورشیدی به‌جای استفاده از وسایل هواشناسی امری طبیعی به نظر می‌رسد (المورکس و هونتوریا، ۲۰۰۴: ۱۵۲۹؛ چن و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۹۹۱). در نتیجه پژوهشگران امروزه برای تخمین آن با استفاده از پارامترهای مؤثر اقلیمی و محیطی تلاش می‌کنند (بلچر و دگاتنو، ۲۰۰۷: ۳۲۹). تابش خورشیدی یکی از ایمن‌ترین، مؤثرترین و اقتصادی‌ترین منابع انرژی است که پتانسیل تبدیل‌شدن به منبع اصلی انرژی در آینده نه‌چندان دور را دارد. برآورد و تخمین اشتباه میزان تابش دریافتی بزرگ‌ترین ریسک در یک پروژه ایجاد سایت خورشیدی می‌باشد. مجریان همواره نیازمند بررسی منبع تابش برای تعیین مکان مناسب سایت خورشیدی و در پی آن تولید انرژی برق هستند. استفاده بهینه از انرژی خورشیدی نیازمند مکان‌یابی دقیق سایت خورشیدی است (دینسر، ۲۰۰۰: ۱۵۷). مدل انگستروم در سال ۱۹۲۴ بر اساس ارتباط بین تابش دریافتی و ساعت‌های آفتابی ارائه شد (انگستروم، ۱۹۲۴: ۱۲۱) و در سال ۱۹۴۰ مجدداً اصلاح شد (پرسکات، ۱۹۴۰: ۱۱۴). بیشتر مدل‌ها برای تخمین تابش خورشیدی در زمان از ساعات آفتابی استفاده می‌کنند (چن و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۷۵۹؛ منگز و همکاران، ۲۰۰۶: ۳۱۴۹). برخی پژوهشگران از رطوبت نسبی و ساعت‌های آفتابی (سورتمن و اوگانلد، ۱۹۶۷: ۱۷۰) و برخی از رطوبت نسبی، ساعت‌های آفتابی و دمای میانگین در محاسبه‌ها استفاده کردند (ردی و همکاران، ۱۹۷۱: ۲۸۹). صباغ و همکاران (۱۹۷۶: ۳۰۷)، از معادله تجربی با پارامترهای ساعت‌های آفتابی، رطوبت نسبی، دمای حداکثر، عرض جغرافیایی و ارتفاع در جایی که نزدیک به سطح دریا باشد استفاده کردند. اثر رطوبت نسبی بر کارایی پنل‌های خورشیدی در نیجریه نشان داد که مقدار ولتاژ با کاهش رطوبت نسبی به کمتر از ۶۹ درصد افزایش قابل توجهی می‌یابد، همچنین مقدار ولتاژ در مقادیر رطوبت نسبی ۷۰ تا ۷۴ درصد نسبتاً باقی می‌ماند (اتاه و همکاران،۲۰۱۲: ۸).

سبزی پرور (۲۰۰۸: ۱۰۰۲) با گنجاندن ارتفاع، تعداد روزهای گرد و غبار و وردایی فصلی مسافت زمین تا خورشید در مدل‌های صباغ، پالتریج و دانشیار تابش خورشیدی را برای سطوح افقی در شهرهای مختلف خشک مرکزی ایران محاسبه کرد و به این نتیجه رسید که مدل اصلاح‌شده صباغ برآورد بهتری با خطای کمتر از دو درصد دارد. ایران با وجود دارا بودن رتبه اول منابع گازی و رتبه سوم منابع نفتی جهان در آینده با محدودیت انرژی مواجه خواهد شد. بهره‌برداری از انرژی‌های نو در سطح جهان رو به گسترش بوده که انرژی خورشیدی در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. متوسط تابش دریافتی ایران حدود Whm-2day-1 5300 می‌باشد و این مقدار در مناطق مرکزی ایران – با متوسط ساعت‌های آفتابی بیش از ۷/۷ ساعت– بیشتر نیز است. ایران با ظرفیت اسمی حدود ۳۲ گیگاوات توان تولید انرژی خورشیدی در میان کشورهای جهان در رده ۲۱ قرار دارد (کاظمی کارگر و همکاران، ۲۰۰۲: ۱). کشور ایران با ۲۴۰ تا ۲۵۰ روز آفتابی در سال، تقریباً از مساحت آن دارای میانگین سالانه تابش خورشیدی حدود ۴/۵ تا ۵/۴ کیلو وات‌ساعت بر مترمربع می‌باشد؛ لذا مجال گسترده‌ای برای استفاده از انرژی خورشیدی در اختیار قرار می‌دهد (مقدم و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۰۷). اطلاع دقیق از شدت تابش کل دریافتی خورشید در یک مکان برای گسترش پروژه‌های خورشیدی و در بلند مدت برآورد تغییر کار آبی سیستم‌های خورشیدی، ضروری است. چنین اطلاعاتی در طراحی، برآورد هزینه و محاسبه بازدهی پروژه استفاده می‌شود. به‌علاوه، میانگین ماهانه اطلاعات روزانه برای تخمین بلند مدت کار آبی سیستم‌های خورشیدی مورد نیاز است. در مناطق بدون ابزار اندازه‌گیری، معمولاً به منظور مشخص کردن میزان تابش

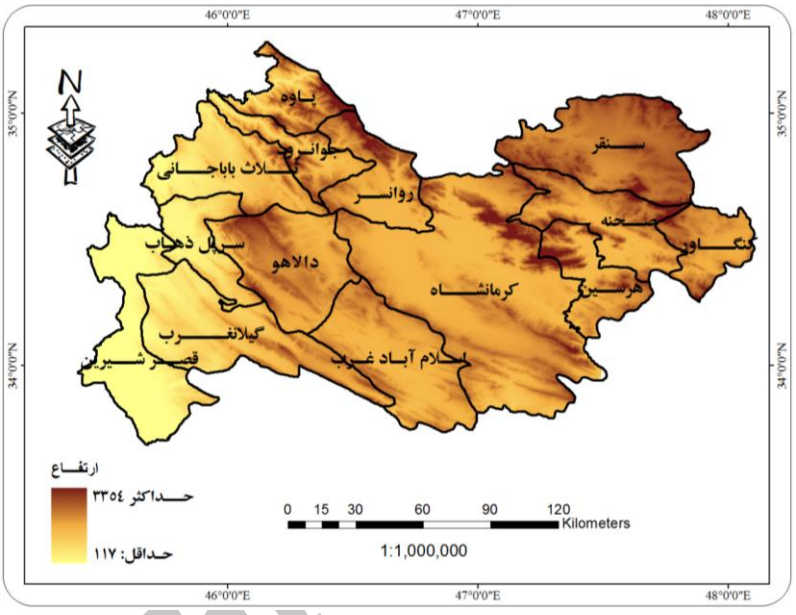
Archive of SID

www.SID.ir

خورشیدی با همبستگی مناسب از مدل‌های محاسباتی تجربی استفاده می‌شود (هتل و وایلیر، ۱۹۵۸: ۷۴). در پژوهش حاضر با برآورد مقدار تابش دریافتی با مدل لیو و جُردن سعی بر تعیین مکانی مناسب جهت ایجاد سایت خورشیدی در استان کرمانشاه داریم.

داده‌ها و روش‌ها

استان کرمانشاه طول و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. تنوع شرایط محیطی و توپوگرافی استان شرایط متفاوت تابشی را در سطح استان ایجاد کرده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه و وضعیت توپوگرافی آن (ترسیم از نگارندگان)

برآورد مقدار تابش دریافتی از اولیه‌ترین نیازها جهت شناخت و تعیین مکان مناسب جهت ایجاد و گسترش سایت خورشیدی است. در مقاله حاضر از مدل لیو و جُردن جهت برآورد مقدار تابش دریافتی استفاده شد. لیو و جُردن (۱۹۶۳: ۵۳) ارتباط بین تابش مستقیم و پراکنده را با بهره‌گیری از ضریبی بنام ضریب ماهانهٔ شفافیت آسمان اصلاح و بر روی سطوح شیب‌دار اعمال نمودند که به صورت رابطهٔ ۱ تعریف می‌شود:

رابطهٔ ۱)
$$K_T = \frac{\bar{H}}{H_O}$$

که در آن K_T ضریب شفافیت آسمان، $\bar{H}$ میانگین تابش کل روزانه در هر ماه و H_O تابش اندازه‌گیری‌شده در خارج از جو است.

برای محاسبهٔ تابش اندازه‌گیری‌شده در خارج از جو (H_O) می‌توان از رابطهٔ ۲ استفاده کرد (دافی و بِکمن[1]، ۲۰۰۶: ۴۰):

رابطهٔ ۲)
$$H_O = \frac{24*3600*G_{SC}}{\pi}\left(1 + 0.033\,Cos\,\frac{360\,n}{365}\right) * [Cos\,\emptyset\,Cos\,\delta\,Cos\,\omega_s + \frac{\pi\,\omega_s}{180}\,Sin\,\emptyset\,Sin\,\delta]$$

[1]-Duffie And Beckman

www.SID.ir

که در آن G_{sc} تابش تشعشعی خارج از جو، معادل ۱۳۶۷ وات بر متر مربع، n میانگین ساعات آفتابی هر ماه، $\emptyset$ عرض جغرافیایی، δ زاویهٔ میل خورشیدی نسبت به استوا (۲۳/۴۵>δ>۲۳/۴۵–) که مقدار آن از معادلهٔ تقریبی کوپر[1] (۱۹۶۹: ۳۳۳) محاسبه می‌شود و ω زاویهٔ ساعتی خورشید برحسب درجه است.

مقادیر δ و ω به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه می‌شود:

$$\delta = 23.45 \sin(360 \frac{284+n}{365})$$ رابطهٔ ۳)

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \emptyset \tan\delta)$$ رابطهٔ ۴)

که در آن n روز جولیوسی می‌باشد.

با توجه به روابط ۲ تا ۴ مقدار جذب اتمسفری تحت عنوان K_T محاسبه گردید که در واقع عبارت است از: نسبت تابش رسیده به سطح زمین به میزان تابش خورشید در خارج از جو. (دنی[2] و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۹۹) شاخص شفافیت آسمان را به ۴ رده، به شرح جدول ۱ تقسیم کرده است:

جدول ۱: ردههای شاخص K_T

ردهٔ شاخص	مقدار شاخص	وضعیت آسمان
ردهٔ اول	$K_T \leq ۰/۳۵$	غیر شفاف
ردهٔ دوم	$۰/۳۵ \leq K_T \leq ۰/۵۵$	تا اندازه‌ای شفاف با برتری تابش پراکنده
ردهٔ سوم	$۰/۵۵ \leq K_T \leq ۰/۶۵$	تا اندازه‌ای شفاف با برتری تابش مستقیم
ردهٔ چهارم	$K_T \geq ۰/۶۵$	شفاف

در این پژوهش با استفاده از داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده به‌وسیلهٔ دستگاه پیرانومتر و میزان انرژی تابشی خارج از جو (رابطهٔ ۲)، مقادیر شاخص K_T برای استان کرمانشاه محاسبه گردید. با توجه به ویژگی‌های متنوع ارتفاعی استان کرمانشاه مقدار تابش در مناطق مختلف بسیار متغیر است؛ بنابراین با استفاده از مدل رقومی زمین و اِعمال اثر ارتفاع، شیب و جهت شیب بر اساس زاویهٔ تابش و ارتفاع خورشید با مدل لیو و جُردن (۱۹۶۳: ۱۰) مقدار انرژی دریافتی سطوح مختلف در استان محاسبه گردید.

در نهایت به منظور مکان‌یابی لایه‌های مختلفی از جمله شیب و جهت شیب، ارتفاع و مقدار تابش دریافتی به همراه لایه‌های دما و رطوبت وزن دهی شده و مکان بهینه جهت ایجاد و گسترش سایت خورشیدی انتخاب می‌شود. قابل‌ذکر است وزن دهی به روش AHP و بر اساس نظر کارشناسان خبره صورت می‌گیرد. عوامل تأثیرگذار بر مکان‌یابی یک سایت خورشیدی به همراه شرح مختصری بر آن در جدول ۲ قابل مشاهده است.

---

[1]-Cooper
[2]-Danny

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: شاخص‌های مورد استفاده در مکان‌یابی سایت خورشیدی

	ویژگی‌ها	ارزش گذاری کلاس‌ها
۱	دما	در صورتی که دما به بیش از ۴۰ درجه افزایش یابد از راندمان سلول خورشیدی بیش از ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.
۲	رطوبت نسبی	افزایش رطوبت نسبی موجب نشست بخار آب بر روی سلول خورشیدی شده و راندمان سلول را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد.
۳	مقدار تابش دریافتی	هر چه مقدار تابش دریافتی بیشتر باشد مقدار توان تولید انرژی از سلول خورشیدی بیشتر است.
٤	شیب	مناسب‌ترین شیب شیب‌های بین ۷ تا ۱۵ درصد و نهایت ۲۰ درصد است. شیب بیش از این مقدار امکان نصب تجهیزات نیست.
٥	جهت شیب	مناسب‌ترین شیب جهت جنوب و جنوب غربی و جنوب شرقی است.
٦	کاربری اراضی	جهت گسترش سایت نمی‌توان در زمین‌های کشاورزی، کوهستانی و دور از مناطق مسکونی سایت ایجاد نمود
۷	ارتفاع	با افزایش ارتفاع بر میزان تابش افزوده می‌شود ولی ارتفاع بیش از ۱۸۰۰ متر در استان کرمانشاه کوهستانی شده و شهری وجود ندارد.

بحث

مدل لیو و جُردن

ارتفاع خورشید (ω)، زاویه انحنایی خورشید (δ) و ساعت–های آفتابی (n) مقدار تابش دریافتی را کنترل می‌نماید. افزایش ارتفاع خورشید و کاهش زاویه انحنایی خورشید موجب افزایش ساعات آفتابی و افزایش مقدار تابش دریافتی می‌شود. بیشترین ارتفاع خورشید در ماه ژوئن و کمترین در ماه ژانویه می‌باشد. در فصل زمستان با کاهش ارتفاع خورشید فشار و جرم بسته هوا افزایش می‌یابد. افزایش جرم هوا موجب افزایش مسیر گذر تابش و برخورد بیشتر با ذرات جامد و بخار آب می‌شود که نتیجه آن افزایش مقدار جذب و پخش تابش است. تابستان شرایطی عکس با شرایط زمستان حاکم می‌شود. افزایش طول روز نیز در عرض‌های شمالی استان بیش از عرض‌های جنوبی می‌باشد که خود موجب تأثیر قابل‌توجه در مقدار تابش دریافتی می‌شود. در ایستگاه کرمانشاه طولانی‌ترین روزها در ماه ژوئن (۱۴/۲ ساعت) کوتاه‌ترین روزها در ماه ژانویه (۱۰/۱) و دسامبر (۹/۸) قابل مشاهده است (جدول ۳).

جدول ۳: ارتفاع خورشید، زاویه انحنایی خورشید، طول روز و حداکثر طول روز در ایستگاه کرمانشاه

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
δ	-۲۰/۱	-۱۱/۷	-۰/۳	۱۱/۵	۲۰/۱	۲۳/۲	۱۹/۸	۱۰/۸	-۱/۱	-۱۲/۷	-۲۰/۸	-۲۳/۱
ω	۷۵/۷	۸۱/۹	۸۹/۸	۹۷/۹	۱۰۴/۳	۱۰۶/۸	۱۰۴/۱	۹۷/۴	۸۹/۳	۸۱/۲	۷۵/۱	۷۳/۲
n	۴/۹	۵/۵	۷/۱	۸/۲	۷/۹	۱۱/۳	۱۱/۴	۱۰/۳	۱۰/۴	۸/۱	۶/۹	۶/۳
N	۱۰/۱	۱۰/۹	۱۱/۹	۱۳	۱۳/۸	۱۴/۲	۱۴	۱۳/۱	۱۲/۱	۱۱	۱۰/۱	۹/۸

بیشترین ضریب گذر تابش در جو (K_T) که از نسبت $\bar{H}$ (میانگین تابش کل روزانه در هر ماه) و H_o (تابش اندازه‌گیری شده در خارج از جو) حاصل می‌شود؛ در فصل تابستان و ماه آگوست با میزان ۰/۵۳ صورت می‌پذیرد (جدول ۴). در تابستان مقدار گذر جو کاهش یافته و کمترین حذف و پخش در مقایسه با فصل زمستان صورت می‌پذیرد. در ماه ژانویه مقدار گذر جوی (۰/۴۲) از مقدار کل تابش می‌باشد که نتیجه آن کاهش مقدار تابش مستقیم دریافتی در سطح زمین و افزایش مقدار تابش پراکنده‌تر مقایسه به مقدار کل تابش است. بیشترین مقدار تابش پراکنده در ماه ژانویه (۰/۴۴) و کمترین آن در ماه ژوئن می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤ :ضریب متوسط ماهانه گذر جو (K_T) و تابش پراکنده (Diff) با استفاده از مدل "لیو و جُردن"

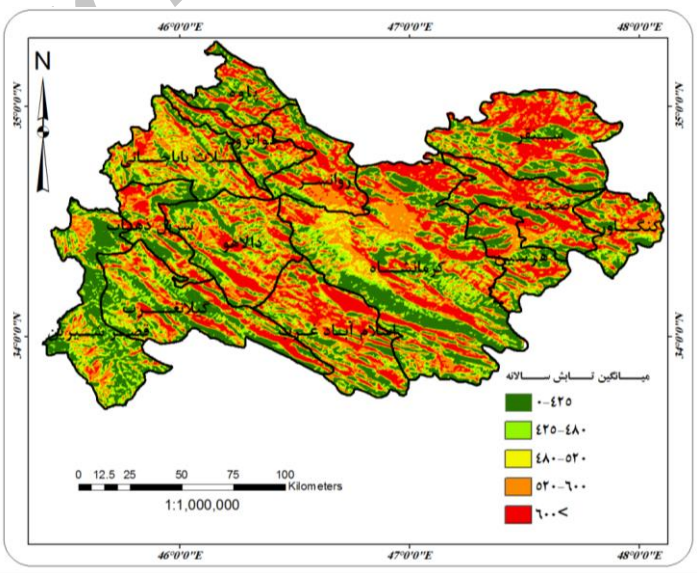
ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آپریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
K_T	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۹
Diff	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۴	۰/۴۱	۰/۳۷

با توجه به جداول فوق و اعمال ضرایب K_T و تابش پراکنده نتایج جدول ۵ حاصل گردید. بیشترین تابش دریافتی در ماه ژوئن (۱۳۶۲Cal/Cm^2/Day) و کمترین مقدار تابش دریافتی با توجه به شرایط محیطی (زاویه تابش و مقدار گذر جو)، در ماه ژانویه (Cal/Cm^2/Day ۷۱۰/۴) است. فصل پاییز با توجه به زاویه تابش و نوسانات ارتفاع میزان تغییرات تابش بسیار زیاد می‌باشد. با نزدیک شدن به تابستان ارتفاع خورشید افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

جدول ٥: متوسط ماهانه مقدار جریان تابش در آسمان صاف (Cal/Cm^2/Day) با استفاده از مدل "لیو و جُردن"

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آپریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
حداکثر	۷۱۰/۴	۸۷۸/۵	۱۰۳۲/۲	۱۲۹۸	۱۳۶۰	۱۳۶۲	۱۳۱۴	۱۱۹۳/۸	۱۰۳۸	۸۸۶/۸	۸۹۲/۳	۸۴۰/۴
میانگین	۳۸۶/۳	۵۱۵/۹	۵۱۷/۴	۵۶۳/۱	۵۴۱/۶	۵۲۴/۳	۵۰۲/۹	۴۷۶/۹	۴۷۸/۹	۴۹۹/۶	۴۹۵	۴۲۲/۴
انحراف معیار	۱۲۳/۴	۱۵۹/۱	۱۲۷/۴	۱۰۳/۶	۹۱/۹	۹۸	۹۰/۷	۸۶/۷	۱۱۴/۳۶	۱۵۲/۹	۱۷۱/۴	۱۶۸

بنابراین استان کرمانشاه به‌طور متوسط روزانه ۴۹۵ کالری در سانتیمتر مربع انرژی دریافت می‌نماید که در مناطق شهری و بدون در نظر گرفتن تابش دریافتی ارتفاعات این مقدار بین ۳۹۰ الی ۴۶۰ کالری در سانتی‌متر مربع متغییر است. از این میزان تابش دریافتی ارتفاعات با مقدار ۱۰۲۸ کالری در سانتی‌متر مربع و مناطق پست با متوسط ۶ کالری در سانتیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تابش دریافتی تابش دریافتی را دارند.



شکل ۲: متوسط تابش دریافتی روزانه سطح زمین داستان کرمانشاه در طی سال $Cal/cm^2/day$ با استفاده از مدل "لیو و جُردن"

Archive of SID

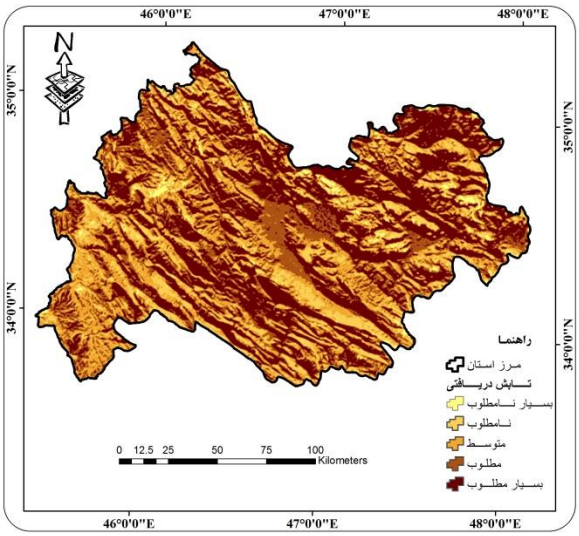
www.SID.ir

به تفکیک شهرستان نیز بیشترین تابش دریافتی در شهرستان‌های سنقر، صحنه، اسلام آباد و جوانرود به دلیل متوسط ارتفاع بیشتر و کوهستانی بودن و کمترین تابش در شهرستان قصر شیرین که کم ارتفاع‌ترین شهرستان استان کرمانشاه است دریافت می‌شود. مقدار متوسط تابش روزانه در شهرستان جوانرود و قصر شیرین به ترتیب معادل ۵۲۸ و ۴۴۳ کالری در سانتی‌متر مربع می‌باشد.

جدول ٦: متوسط تابش دریافتی $Cal/cm^2/day$ با استفاده از مدل "لیو و جُردن"

شهر	متوسط تابش دریافتی	انحراف معیار
کرمانشاه	۴۸۹/۶	۱۰۷/۸
سنقر	۵۱۷/۴	۱۱۵/۲
حرصین	۴۹۵/۴	۱۱۲/۱
جوانرود	۵۲۸/۱	۹۸/۹
کنگاور	۴۹۲/۶	۱۱۴/۲
گیلان غرب	۴۸۲/۲	۱۰۲/۱
سرپل ذهاب	۴۸۹/۹	۱۱۳/۵
قصر شیرین	۴۴۳/۶	۸۵/۹
صحنه	۵۲۷/۵	۱۱۰/۴
اسلام آباد	۵۱۷/۲	۱۰۲/۲
بلباجانی ثلاث	۵۰۰/۲	۸۹/۲
پاوه	۴۷۸/۷	۱۱۶/۶

تابش: همان‌گونه که اشاره شد یکی از تعیین‌کننده‌ترین فاکتورها برای تعیین محل مناسب برای یک سایت خورشیدی، مقدار تابش دریافتی در سطح زمین می‌باشد. استان کرمانشاه از نظر مقدار تابش دریافتی به پنج سطح بسیار نامطلوب تا بسیار مطلوب تقسیم می‌گردد که در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: مقدار بندی تابش دریافتی استان کرمانشاه

Archive of SID

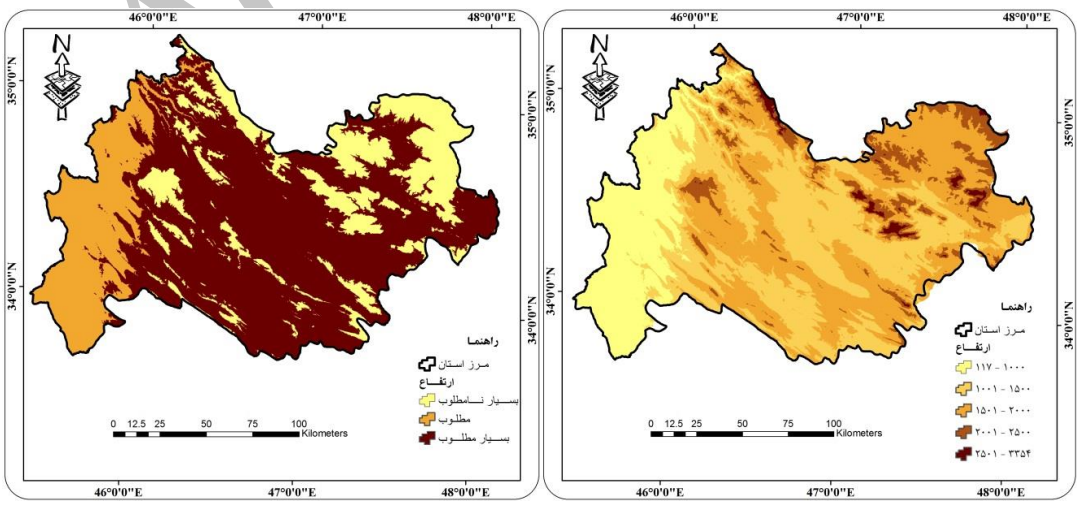
www.SID.ir

با توجه به شکل ۳ و نتایج آن، تنها ۳/۴ درصد از مساحت استان یعنی مساحت ۸۵۰/۶ کیلومتر مربع در شرایط تابشی بسیار نامطلوب است. این مناطق معمولاً در دامنه‌های شمالی و درها قرار گرفته‌اند. بیشترین مساحت استان کرمانشاه در شرایط مطلوب با مساحت حدود ۹۴۲۵/۷ کیلومتر مربع معادل ۳۸ درصد از مساحت استان می‌باشد. نتایج به تفکیک طبقه‌ها در جدول ۷ قابل مشاهده است.

جدول ۷: مساحت طبقه‌های مختلف مطلوبیت تابش دریافتی و درصد آن نسبت به‌کل استان کرمانشاه

ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	بسیار نامطلوب	۸۵۰/۶۱	۳/۴۳
۲	نامطلوب	۴۵۸۴/۹۸	۱۸/۵
۳	متوسط	۸۵۸۶/۶	۳۴/۶۵
٤	مطلوب	۹۴۲۵/۷	۳۸/۰۴
٥	بسیار مطلوب	۱۴۲۳/۱	۵/۷۴

ارتفاع: از دیگر عوامل تأثیرگذار برتابش دریافتی ارتفاع منطقه از سطح دریا است. کمترین ارتفاع در استان کرمانشاه در منطقه غربی با ارتفاع ۱۱۷ متر و مرتفع‌ترین منطقه استان ۳۳۵۴ متر ارتفاع دارد. شهرستان‌های قصر شیرین، سرپل ذهاب و قسمتی از ثلاث باباجانی و گیلان‌غرب کم ارتفاع‌ترین و سنقر مرتفع‌ترین مناطق استان می‌باشد. شد افزایش ارتفاع موجب افزایش تابش دریافتی می‌گردد. در نتیجه مناطق مرتفع شرایط مناسب‌تری جهت دریافت تابش دارند. ولی در استان کرمانشاه مناطق شهری با ارتفاع بیش از ۱۷۰۰ وجود ندارد. درنتیجه از این ارتفاع به بالا معمولاً مناطق کوهستانی بوده و جهت ایجاد سایت و دسترسی دارای بستر مناسبی نیست. ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر نیز به جهت دریافت تابش کمتر دارای ارزش کمتری نسبت به مناطق با ارتفاع بیش از این مقدار است. بنابراین استان کرمانشاه در سه‌طبقه ارتفاعی قرار می‌گیرد. طبقه کمتر از ۱۰۰۰ متر، طبقه بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ متر و طبقه ارتفاعی بیش از ۱۷۰۰ متر که به ترتیب با عنوان طبقه‌های مطلوب، بسیار مطلوب و نامطلوب جهت مکان‌یابی شناخته می‌شوند.



شکل ٤: طبقه‌های ارتفاعی استان کرمانشاه

Archive of SID

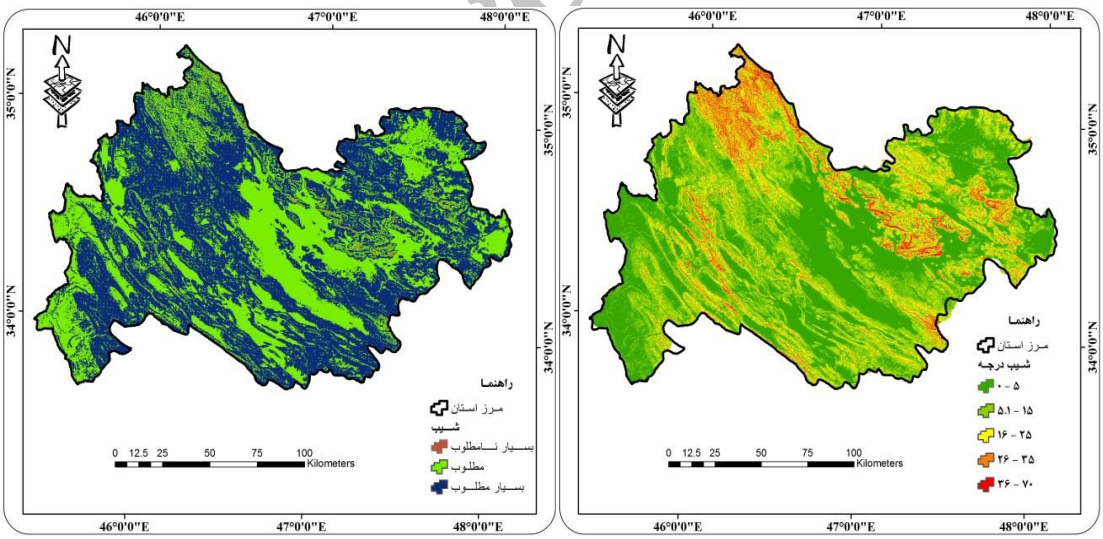
www.SID.ir

بیشتر مناطق استان کرمانشاه در شرایط بسیار مطلوب یعنی ارتفاع کمتر از ۱۷۰۰ متر و بیش از ۱۰۰۰ متر است. مساحت این طبقه ۱۵۰۷۴ کیلومتر مربع و معادل ۶۰ درصد مساحت منطقه می‌باشد. مناطق کمتر از ۱۰۰۰ متر که غالباً در غرب استان قرارگرفته‌اند ۱۸ درصد مساحت استان را در برگرفته است (جدول ۸).

جدول ۸: مساحت طبقه‌های مختلف مطلوبیت ارتفاع و درصد آن نسبت به‌کل استان کرمانشاه

ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	نامطلوب	۵۲۱۵/۵	۲۱
۲	مطلوب	۴۵۸۰/۶	۱۸/۴۸
۳	بسیار مطلوب	۱۵۰۷۴/۸۹	۶۰/۸

شیب: بیشتر مناطق استان کرمانشاه دارای شیب کمتر از ۱۵ درصد می‌باشند. به‌ویژه شهرستان‌های کرمانشاه و قصر شیرین در بیشتر سطح شهرستان شیبی کمتر از ۵ درصد دارند. بیشترین شیب در استان کرمانشاه در شمال استان و شهرستان‌های پاوه، جوانرود و روانسر قابل‌مشاهده است. افزایش شیب تا حد مشخصی باعث ایجاد زاویه با خورشید شده و بر میزان تابش دریافتی اثر مثبت دارد؛ اما افزایش شیب از ۲۵ درجه به بالاتر برای نصب و گسترش تجهیزات مربوط به سایت خورشیدی و کاهش نسبی تابش خورشیدی ایجاد مشکل می‌کند. مناطق با شیب بسیار کم نیز در فصل گرم تابش مناسبی دریافت نموده ولی در فصل سرد به دلیل زاویه تابش انرژی کمتری به سطح می‌رسد. بنابراین استان به سه‌طبقه مطلوب، بسیار مطلوب و نامطلوب تقسیم می‌گردد (شکل ۵).



شکل ۵: طبقه‌های شیب استان کرمانشاه

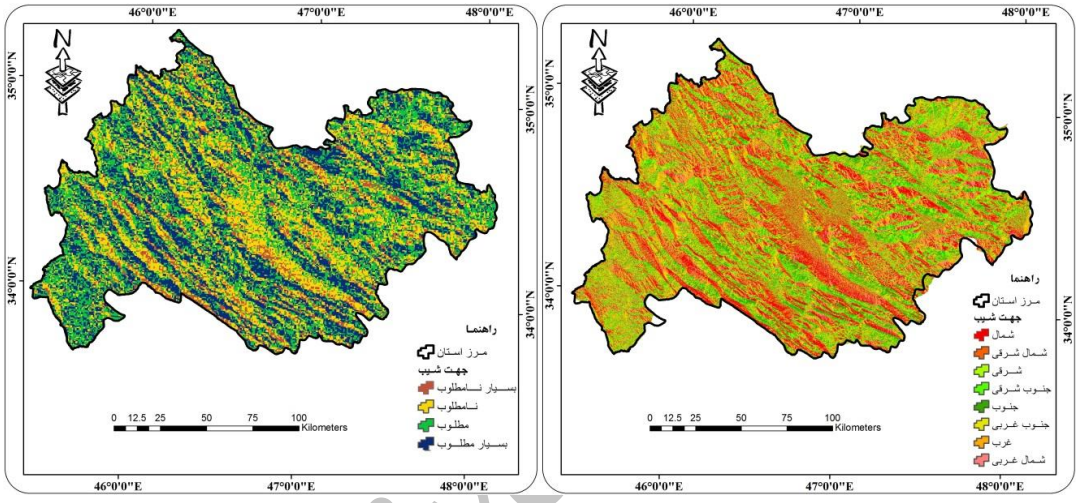
شیب بسیار تند تنها ۰/۴۹ درصد از مساحت استان کرمانشاه را تشکیل می‌دهند که بسیار محدود و ناچیز است. بیشترین مناطق استان کرمانشاه شیب بسیار مطلوب جهت ایجاد سایت خورشیدی می‌باشد. مساحت مناطق با شیب بسیار مطلوب ۱۴۳۰۲ کیلومتر مربع و معادل ۵۷ درصد مساحت استان را تشکیل می‌دهد (جدول ۹).

www.SID.ir

جدول ۹: مساحت طبقه‌های مختلف مطلوبیت شیب و درصد آن نسبت به‌کل استان کرمانشاه

ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	نامطلوب	۱۲۲/۲۹	۰/۴۹
۲	مطلوب	۱۰۴۴۶/۸۹	۴۲/۱۶
۳	بسیار مطلوب	۱۴۳۰۲/۱۶	۵۷/۷

جهت شیب: در استان کرمانشاه در تمامی سال خورشید به سمت دامنه‌های جنوبی می‌تابد و در دامنه‌های شمالی تابش بیشتر به صورت تابش پراکنده است. مطلوبیت برای ایجاد و گسترش سایت‌های خورشیدی، شیب‌های با جهت شمالی بدترین شرایط و شیب‌های جنوبی بهترین شرایط جهت گسترش سایت خورشیدی را دارا می‌باشند.



شکل ٦: طبقه‌های جهت شیب استان کرمانشاه

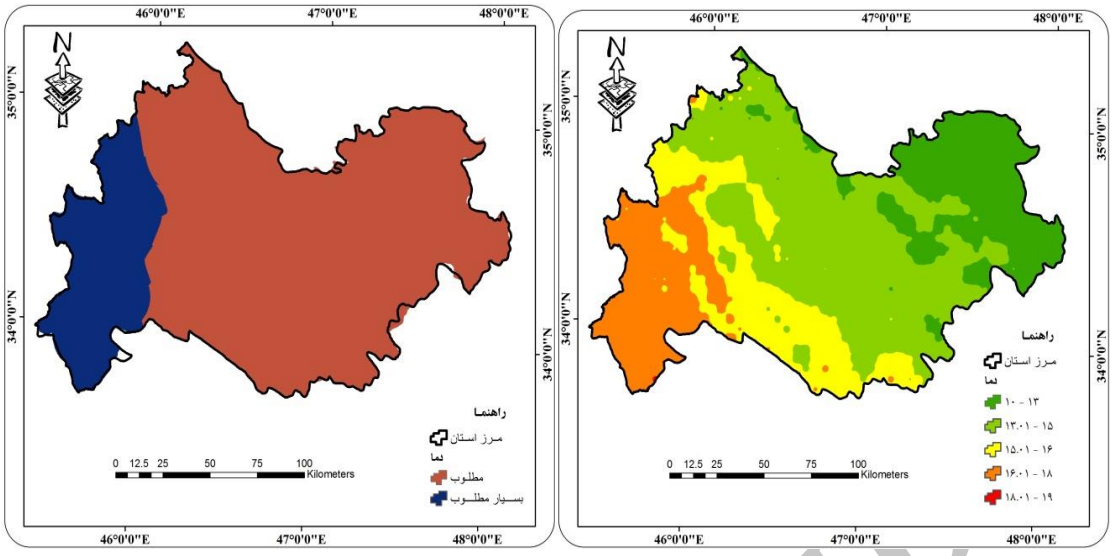
شیب‌های شمالی کمترین مساحت در استان کرمانشاه در بر می‌گیرد. مساحت کل شیب‌های شمالی در استان کرمانشاه ۲۱۲۶ کیلومتر مربع است که ۸/۵ درصد از مساحت استان کرمانشاه را شامل می‌شود. شیب بسیار مطلوب که شیب جنوبی می‌باشد ۳۰/۱۴ درصد از کل استان را در بر می‌گیرد. (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: مساحت طبقه‌های مختلف مطلوبیت جهت شیب و درصد آن نسبت به‌کل استان کرمانشاه

ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	بسیار نامطلوب	۲۱۲۶/۶۴	۸/۵۸
۲	نامطلوب	۷۴۳۹/۴۶	۳۰
۳	مطلوب	۷۸۳۶/۱۷	۳۱/۶۱
٤	بسیار مطلوب	۷۴۶۸/۸۳	۳۰/۱۴

دما: با افزایش دما به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد شاهد افتی در حدود ۴۰ درجه در تولید برق به‌وسیله سلول‌های خورشیدی هستیم. از سوی دیگر کاهش شدید دما نیز کارایی سلول را تحت تأثیر قرار داده و از مقدار تولید انرژی به‌وسیله سلول خورشیدی می‌کاهد. متوسط دمای استان کرمانشاه در حدود ۱۸ درجه است که شرایط بسیار مطلوبی برای ایجاد سایت خورشیدی می‌باشد.

Archive
www.SID.ir



شکل ۷: طبقاه‌های دما استان کرمانشاه

مساحت ۱۹۷۹۸/۹ کیلومتر مربع معادل ۷۹/۹ درصد از مساحت استان در شرایط مطلوب است. سطح بسیار مطلوب استان نیز که بیشتر در غرب و جنوب‌غربی استان قرار دارد معادل ۵۰۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد که این طبقه ۲۰/۴۷ درصد استان را پوشش می‌دهد (جدول ۱۱).

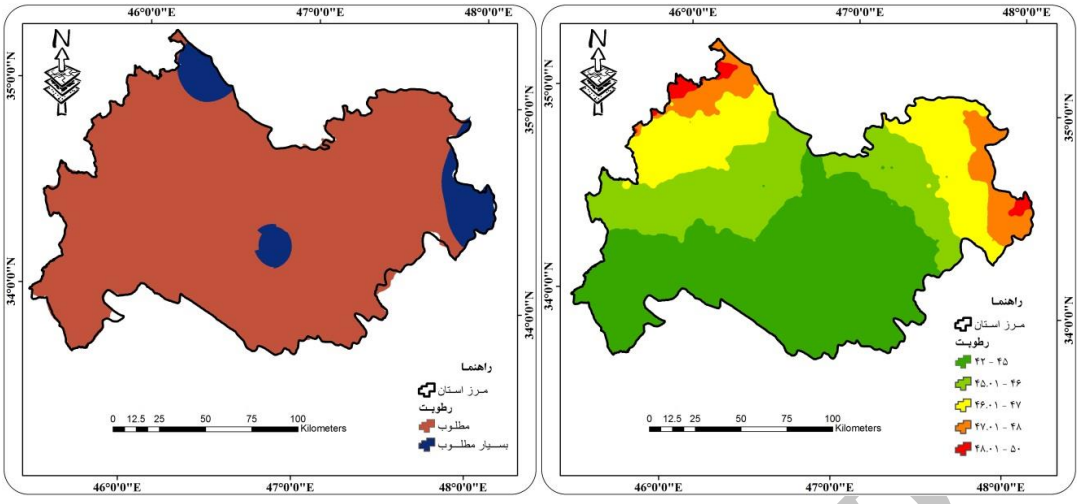
جدول ۱۱: مساحت طبقه‌هی مختلف مطلوبیت دما و درصد آن نسبت به کل استان کرمانشاه

ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	مطلوب	۱۹۷۹۸/۹	۷۹/۹
۲	بسیار مطلوب	۵۰۷۲	۲۰/۴۷

رطوبت: رطوبت زیاد موجب ایجاد لایه آب بر روی سلول‌های خورشیدی شده و از مقدار توان سلول تا میزان حدود ۴۰ درصد می‌کاهد. حداقل رطوبت نسبی بر اساس برداشت ایستگاه‌های سینوپتیک حدود ۴۲ درصد و حداکثر مقدار رطوبت نسبی با مقدار ۵۰ درصد قابل‌مشاهده است که شرایط بسیار مطلوبی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸: طبقه‌های رطوبت استان کرمانشاه

استان کرمانشاه در دو طبقه ارزشی بسیار مطلوب و مطلوب قرار گرفته و به ترتیب ۸ و ۹۲ درصد از مساحت استان را پوشش می‌دهند (جدول ۱۲).

جدول ۱۲: مساحت طبقه‌های مختلف مطلوبیت رطوبت و درصد آن نسبت به‌کل استان کرمانشاه

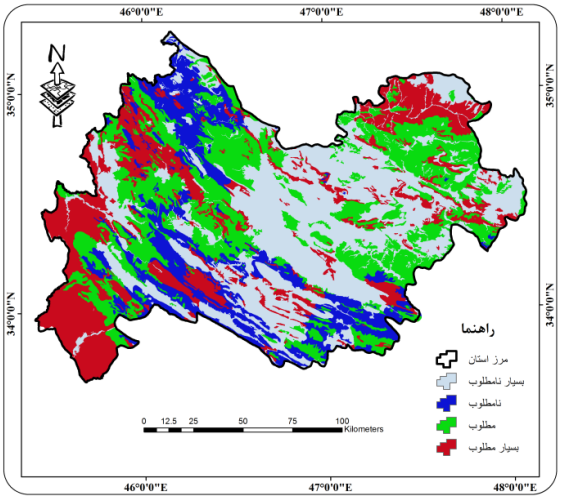
ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	مطلوب	۲۲۸۲۳/۹۹	۹۲
۲	بسیار مطلوب	۲۰۴۷	۸

کاربری اراضی

معمولاً مناطق غیرشهری، از شرایط مناسب و مقرون به صرفه برای گسترش سایت‌های خورشیدی و تأمین انرژی برخوردار می‌باشند. تأمین انرژی مناطق شهری به دلیل جمعیت و مصرف انرژی فراوان از توان سایت‌های خورشیدی خارج است. مناطق غیرشهری و روستایی به‌ویژه مناطق صعب‌العبور هدف اصلی مکانی برای ایجاد و گسترش سایت‌های خورشیدی می‌باشند. همچنین اراضی کشاورزی و جنگلی در اولویت استقرار سایت-های خورشیدی قرار نمی‌گیرند. به همین دلیل نقشه کاربری اراضی بر اساس بافت شهری، روستایی، جنگل و سطح تراکم جنگل، مرتع و سطح تراکم مرتع، کشاورزی، آب و مسیل، کوهستان و بایر طبقه‌بندی و از نظر مطلوبیت ارزش‌گذاری شدند (شکل ۹). قابل‌ذکر است به این منظور از نقشه‌های آرشیو سازمان امور اراضی کشور استفاده‌شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹: کاربری اراضی از نظر سطح مطلوبیت در استان کرمانشاه

بیشترین مساحت استان کرمانشاه شامل سطح بسیار نامطلوب است که ۳۴ درصد معادل ۹۴۷۹۳۲ کیلومتر مربع از مساحت استان را پوشش می‌دهد. مناطق بسیار مطلوب تنها ۲۲ درصد از سطح استان کرمانشاه را پوشش می‌دهند (جدول ۱۳).

جدول ۱۳: مساحت طبقه‌های مختلف مطلوبیت کاربری اراضی و درصد آن نسبت به مساحت کل استان کرمانشاه

ردیف	ارزش	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
۱	بسیار نامطلوب	۹۴۷۹۳۲	۳۴/۳
۲	نامطلوب	۴۱۶۹۸۱	۱۵/۱
۳	مطلوب	۷۷۶۸۶۱	۲۸/۲
٤	بسیار مطلوب	۶۱۷۶۶۴	۲۲/۴

با توجه به نظر کارشناسان خبره در زمینه سلول‌های خورشیدی، بیشترین نقش برای ایجاد یک سایت خورشیدی را پارامترهای جهت شیب و مقدار تابش دریافتی در یک منطقه ایفا می‌کنند. در روش تحلیل مقایسه زوجی، جهت شیب با ضریب ۰/۲۵ و مقدار تابش دریافتی بر روی سطح با ضریب ۰/۳۶۴ بیشترین تأثیرگذاری را دارند. کمترین ضریب اثرگذاری برای ایجاد سایت خورشیدی مربوط به رطوبت نسبی و دماست. ضریب اثر رطوبت نسبی و دما به ترتیب ۰/۰۲۹ و ۰/۰۱۹ است (جدول ۱۴).

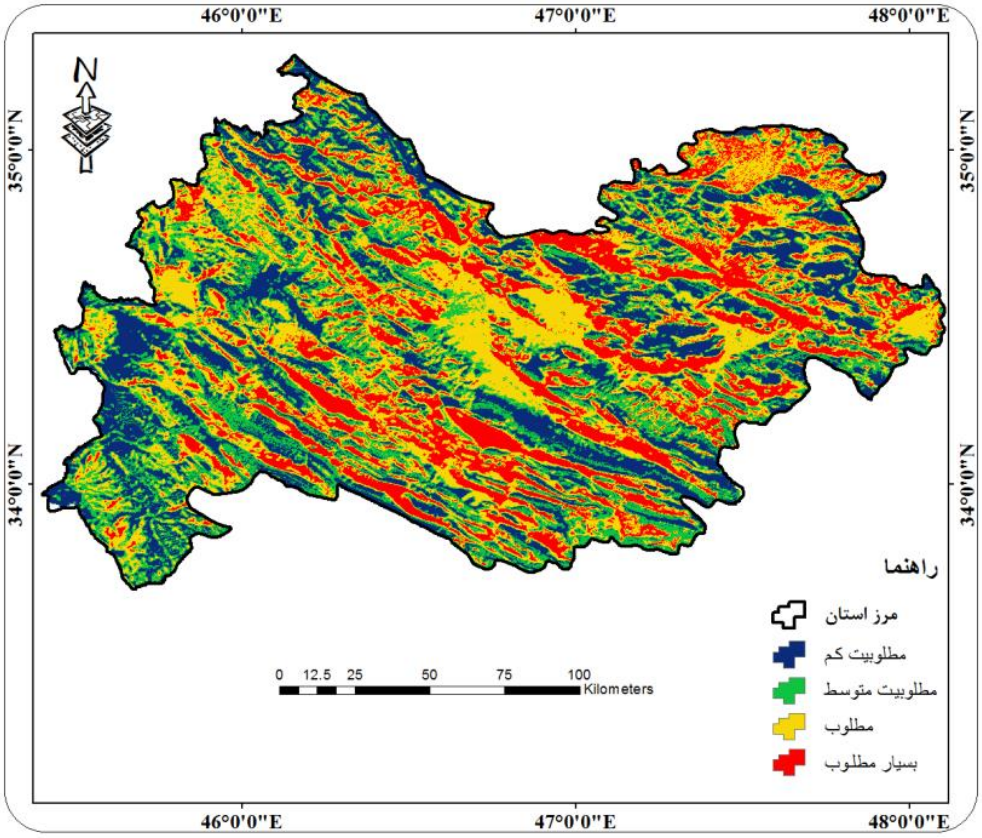
جدول ١٤: ارزش پارامترهای اثرگذار در مکان‌یابی سایت خورشیدی با روش AHP

مدل سلسله مراتبی پارامترها		
ردیف	پارامتر	ضریب
۱	مقدار تابش دریافتی	۰/۳۶۴
۲	ارتفاع	۰/۰۹
۳	شیب	۰/۰۸۶
٤	جهت شیب	۰/۲۵
٥	کاربری اراضی	۰/۱۶۲
٦	رطوبت	۰/۰۲۹
۷	دما	۰/۰۱۹

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین مکان بهینه برای ایجاد سایت‌های خورشیدی در این پژوهش با وزن دهی به لایه‌های تابش، شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، رطوبت و دما به روش AHP صورت پذیرفت. بیشترین سطح مطلوب و مناطق مستعد جهت ایجاد و گسترش سایت‌های خورشیدی را شهرستان سرپل ذهاب دارا است. در مرتب پایین‌تر نیز شهرستان‌های کنگاور و جوانرود دارای شرایطی مناسب جهت ایجاد و گسترش سایت‌های خورشیدی می‌باشند. بدترین شرایط در شهرستان قصر شیرین قابل‌مشاهده است که با وجود دریافت انرژی تابشی نسبتاً بالا در قیاس با سایر شهرستان‌ها کمترین مطلوبیت جهت ایجاد و گسترش سایت خورشیدی را داراست (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: مناطق مستعد برای ایجاد سایت خورشیدی استان کرمانشاه

با توجه به جدول ۱۵ که مساحت طبقه‌های مختلف منطقه را از نظر مطلوبیت استقرار سایت‌های خورشیدی نشان می‌دهد (بر اساس پهنه‌های شکل ۱۰)، در شهرستان‌های استان کرمانشاه شهرستان‌های کرمانشاه و سنقر به ترتیب با مساحت‌های ۹۰۸ و ۶۹۱ کیلومتر مربع مناطق بسیار مستعدی برای ایجاد سایت‌های خورشیدی به شمار می‌آیند. شهرستان کرمانشاه به دلیل دارا بودن شرایط کاربری اراضی مناسب و شیب مناسب، بیشترین مناطق مستعد را در کل استان دارا است. شهرستان سنقر نیز با شرایطی مشابه شهرستان کرمانشاه، اما با مساحتی کمتر ولی ارتفاع بیشتر، شرایط مطلوبی را برای استقرار سایت‌های خورشیدی داراست. کمترین مطلوبیت مربوط به شهرستان سرپل ذهاب با مساحت ۱۱۸ کیلومتر مربع است و از این نظر اختلاف فاحشی با سایر شهرستان‌ها دارد. در این شهرستان مقدار تابش دریافتی، شرایط کاربری اراضی و ارتفاع در مقایسه با دیگر شهرستان‌ها نامناسب‌تر است.

www.SID.ir

جدول ۱۵: مساحت طبقه‌های مطلوبیت استقرار سایت‌های خورشیدی در شهرستان‌های استان کرمانشاه

شهرستان	سطح مطلوبیت (کیلومتر مربع)	
	مطلوب	بسیار مطلوب
اسلام‌آباد	۸۷۸	۴۹۴
دالاهو	۷۷۲	۴۲۴
قصر شیرین	۹۱۲	۱۸۷
گیلان غرب	۸۰۱	۴۰۱
هرسین	۳۸۱	۲۰۰
جوانرود	۳۱۶	۱۳۹
کنگاور	۲۹۸	۱۳۱
کرمانشاه	۲۴۳۵	۹۰۸
پاوه	۴۲۹	۱۴۱
روانسر	۵۰۲	۳۱۱
صحنه	۵۲۶	۴۳۱
سرپل ذهاب	۴۱۲	۱۱۸
ثلاثی	۷۹۴	۳۰۲
سنقر	۷۶۲	۶۹۱

نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از انرژی‌های نو به‌ویژه انرژی خورشیدی در سطح جهان رو به گسترش است. ایران با متوسط تابش دریافتی ۵۳۰۰ $Whm^{-2}day^{-1}$ و با متوسط ساعت‌های آفتابی بیش از ۷/۷ ساعت ظرفیت بسیار مناسبی جهت تولید انرژی خورشیدی دارد. چنین شرایطی موجب قرار گرفتن در رده در رده ۲۱ جهان به منظور تولید انرژی خورشیدی است.

بر اساس نتایج بیشترین ارتفاع خورشید در ماه ژوئن و کمترین در ماه ژانویه است. در فصل تابستان با افزایش ارتفاع خورشید فشار و جرم بسته‌هوا کاهش می‌یابد. کاهش جرم هوا موجب کاهش مسیر گذر تابش و برخورد کمتر با ذرات جامد و بخار آب می‌شود که نتیجه آن کاهش مقدار جذب و پخش تابش می‌باشد. در نتیجه بیشترین مقدار تابش در این فصل صورت می‌گیرد، در زمستان شرایط عکس حاکم است. استان کرمانشاه به‌طور متوسط در طی روز ۴۹۵ کالری در سانتی‌متر مربع انرژی خورشیدی دریافت می‌نماید. در مناطق مرتفع این رقم بسیار بیشتر شده و تا بیش از ۶۰۰ کالری در سانتیمتر مربع افزایش می‌یابد. در مناطق شهری و بدون در نظر گرفتن تابش دریافتی ارتفاع‌های این مقدار بین ۳۹۰ الی ۴۶۰ کالری در سانتی‌متر مربع متغییر است. بنابراین مقدار تابش دریافتی جهت ایجاد سایت خورشیدی بسیار مناسب است. به منظور مکان‌یابی سایت خورشیدی با توجه به نظر کارشناسان خبره این رشته لایه‌های مختلفی از جمله مناطق روستایی و جاده‌ها، شیب و جهت شیب، ارتفاع، دما و رطوبت تأثیرگذار می‌باشند. در میان لایه‌های نامبرده جهت شیب با ضریب ۰/۹۱ و مقدار تابش دریافتی بر روی سطح با ضریب ۰/۸۴ بیشترین تأثیرگذاری را دارند. کمترین ضریب اثر برای ایجاد سایت رطوبت و ارتفاع ایفا می‌کنند. ضریب اثر رطوبت و ارتفاع به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۹ می¬باشد.

شهرستان‌های کرمانشاه و سنقر به ترتیب با مساحت‌های ۹۰۸ و ۶۹۱ کیلومتر مربع بیشترین مناطق دارای مطلوبیت بسیار بالا برای گسترش سایت خورشیدی را دارند. کمترین مطلوبیت در شهرستان سرپل ذهاب با مساحت ۱۱۸ کیلومتر مربع است که در میان تمامی شهرستان‌ها با اختلاف

Archive of SID

www.SID.ir

فاحشی کمترین مقدار را دارد. در شهرستان سرپل ذهاب، مقدار تابش دریافتی حداقل بوده و شرایط رطوبتی و دمای مناسبی جهت گسترش سایت برخوردار نمی‌باشد.

منابع

1- Almorox, J., Hontoria, C., (2004): Global Solar Radiation Estimation Using Sunshine Duration in Spain, Energy Conversion and Management, Vol. 45, No. 9-10, pp. 1529–1535.

2- Angstrom, A., (1924): Solar and Terrestrial Radiation, Quart. J. Roy. Met. Soc., Vol. 50, pp. 121–125.

3- Belcher, B. N., DE Gaetano, A. T., (2007): A Revised Empirical Model to Estimate Solar Radiation Using Automated Surface Weather Observations, Solar Energy, Vol. 81, No. 3, pp. 329–345.

3- Bird, R. E., and Hulstrom, R. L., (1981): A Simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces, Technical Report, Solar Energy Research Institute, Golden, Colorado, SERI/TR-642-761.

4- Chen, R., K. Ersi, S. Lu. Yang and W. Zhao, (2004): Validation Of Five Global Radiation Models With Measured Daily Data In China, Energy Conversion and Management, Vol. 45, PP. 1759–1769 .

5- Chen, R.; Kang, E.; Lu, S.; Yang, J.; Ji, X.; Zhang Z. and Zhang, J., (2006): New Methods to Estimate Global Radiation Based on Meteorological Data in China, Energy Conversion and Management, Vol. 47, No. 18-19, pp. 2991–2998.

6- Cooper, P.I., (1969): The Absorption of Solar Radiation in Solar Sills, Solar Energy, Vol. 12, pp. 333-346.

7- Danny, H.W., Ernest, Li., Tsang, K.W., Cheung, K.L., Tam, C.O., (2010): An Analysis of Light-Pipe System Via Full-Scale Measurements, Applied Energy, Vol. 87, No. 9, pp. 799-805.

8- Davies, J. A., McKay, D. C., Luciani, G., Abdel-Wahab, M., (1988): Validation of Models for Estimating Solar Radiation on Horizontal Surfaces, IEA Task IX, Final Report, Atmospheric Environment Service of Canada, Downs View, Ontario, Canada.

9- Dincer, I., (2000): Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 4, No. 2, pp. 157-175.

10- Duffie, J.A., Beckman, W.A., (2006): Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, 3nd Edition, New York, U.S.A.

11- Ettah1, E. B. U. Doimuk, A. B. Obiefuna, J. N. Opara, F. E. (2012): The Effect of Relative Humidity on the Efficiency of Solar Panels in Calabar, Nigeria, Universal Journal of Management and Social Sciences, Vol. 2 , pp. 8-11.

12- Hottel, H. C. and A. Whillier., (1958): Evaluation of Flat-Plate Solar Collector Performance, Transaction of Conference on the Use of Solar Energy, II: 74–104.

13- Iziomon, M.G., Mayer, H., (2002): Assessment of Some Global Solar Radiation Parameterizations, Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 64, No 2, pp. 1631–1643.

14- Kazemi Karegar, H., Zahedi, A., Ohis, V., Taleghani, G., Khalaji, M., (2014): Wind and Solar Energy Developments in Iran, Available at: http://www.itee.uq.edu.au/ ~aupec/aupec02/Final-Papers/ H-Kazemi1.pdf. Accessed: August 15, 2014.

Archive of SID

www.SID.ir

15- Kasten, H., (1966): A New Table and Approximation Formula For The Relative Optical Air Mass, Archive For Motorola Geophysics and Bioklim, p. 206–223.
16- Leckner, B., (1978): The Spectral Distribution of Solar Radiation at The Earth's Surface-Elements of a Model, Solar Energy, Vol. 20, No. 2, pp. 143–150.
17- Liu, B.; Jordan, R., (1961): Daily Insolation on Surfaces Tilted Towards Equator, Solar Energy- Resources & Availability, Vol. 10, Pp: 1-10.
18- Menges, H.O., C. Ertekin, Sonmete, M., H., (2006): Evaluation of Global Solar Radiation Models for Konya, Energy Conversion and Management, Vol. 47, pp. 3149–3173.
19- Moghadam, H., Farshchi Tabrizi, F., Zolfaghari Sharak, A., (2011): Optimization of Solar Flat Collector Inclination, Desalination, Vol. 256, No. 1-3, pp. 107-111.
20- Prescott, J. A., (1940): Evaporation From a Water Surface in Relation to Solar Radiation, Trans. R. Soc. South Aust., Vol. 64, pp. 114–118.
21- Reddy, S. J., (1971): An Empirical Method for The Estimation of The Total Solar Radiation, Solar Energy, Vol. 13, p: 289.
22- Sabbagh, J. Sayigh, A. A. M., Al-Salam, E. M. A., (1977): Estimation of The Total Solar Radiation From Meteorological Data, Solar Energy, Vol. 19, pp. 307-311.
23- Sabziparvar, A. A. (2008), A Simple Formula For Estimating Global Solar Radiation in Central Arid Deserts of Iran, Renewable Energy, Vol. 33, pp. 1002–1010.
24- Swartman, R. K., Ogunladeo, (1967): Solar Radiation Estimates From Common Parameters, Solar Energy, Vol.11, pp. 170-172.

Archive of SID

www.SID.ir