



دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی

گروه آموزشی جغرافیا

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی جغرافیای طبیعی گرایش آب‌وهوا شناسی

عنوان:

پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی در استان کردستان

استاد راهنما:

دکتر برومند صلاحی

استاد مشاور:

دکتر سعید رجایی نجف‌آبادی

پژوهشگر:

سجاد حشمتی

زمستان 95

نام خانوادگی دانشجو: حشمتی	نام: سجاد
عنوان پایان نامه: پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی در استان کردستان	
استاد راهنما: دکتر برومند صلاحی	
استاد مشاور: دکتر سعید رجایی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: جغرافیای طبیعی
گرایش: آب و هوا شناسی	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: علوم انسانی	تاریخ دفاع: 95/12/14
	تعداد صفحات: 74
چکیده:	
<p>انرژی از جمله عوامل اصلی دخیل در رشد و توسعه جوامع بشری است و کشورهایی که بهره‌مندی کمتری از آن دارند جزء کشورهای فقیر جهان محسوب می‌شود. با توجه به روند روزافزون جمعیت در جهان و بروز مشکلات زیست-محیطی شدید ناشی از استفاده بی‌رویه از منابع سوخت‌های فسیلی دسترسی به منابع پاک و ارزان انرژی برای تداوم چرخه حیات بشری ضروری به نظر می‌رسد. در این میان انرژی‌های تجدید پذیر بیش تر مورد توجه کشورهای توسعه یافته قرار گرفته است. در بین منابع انرژی‌های تجدید پذیر انرژی خورشیدی یکی از بهترین و قابل دسترس ترین انرژی تجدید پذیر است. در ایران به دلیل مصرف زیاد انرژی و هم چنین مشکلات ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی استفاده از این قبیل انرژی ضروری به نظر می‌رسد. در پژوهش حاضر پتانسیل انرژی خورشیدی در استان کردستان با استفاده از داده‌های اقلیمی و محیطی مورد بررسی قرار گرفت داده‌های اقلیمی مورد استفاده در پژوهش که شامل دما، رطوبت، فشار و ساعت آفتابی مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک استان کردستان که در دوره‌ی مشترک بین ایستگاه‌ها از سال 1999 تا 2010 از سازمان هواشناسی اخذ گردید. مدل برد و هول استورم یکی از دقیق ترین مدل‌های برآورد میزان انرژی دریافتی سطح زمین است که علاوه بر داده‌های ذکر شده در بالا از یک سری داده نجومی نیز مانند طول روز نجومی، زاویه‌ی سمت الراس خورشیدی، ارتفاع خورشیدی و هم چنین پارامترهایی مانند جرم جو، ضریب جذب بخار آب، ضریب جذب متان، ضریب جذب CO₂، ضریب آل بدوی جو و ضریب آل بدوی زمین برای برآورد میزان تابش دریافتی در استان کردستان استفاده می‌کند. نتایج تحقیق نشان داد که در ماه ژانویه کمترین انرژی دریافتی و ماه ژوئن بیشترین انرژی دریافتی را دارد. در بین مناطق قروه بیشترین انرژی دریافتی و مریوان کمترین انرژی دریافتی سالانه را دارد. به طور کلی مناطق جنوبی استان کردستان انرژی تابشی بیشتری نسبت به مناطق شمال استان دریافت می‌دارد. به لحاظ فصلی نیز فصل تابستان بیشترین انرژی دریافتی و فصل پاییز کمترین انرژی دریافتی را دارد.</p>	
کلیدواژه‌ها: انرژی خورشیدی، کردستان، پتانسیل سنجی، مدل برد و هول استورم	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول: کلیات پژوهش	
2	1-1 بیان مسئله.....
3	1-2 پیشینه پژوهش.....
3	1-2-1 پیشینه ی داخلی.....
6	1-2-2 پیشینه ی خارجی.....
8	1-3 سؤالات پژوهش.....
9	1-4 فرضیه های پژوهش.....
9	1-5 هدف پژوهش.....
9	1-6 ضرورت و اهمیت پژوهش.....
فصل دوم: مبانی نظری پژوهش	
12	مقدمه.....
13	2-1 ثابت خورشیدی.....
13	2-2 مدت تابش.....
14	2-3 شدت تابش.....
14	2-4 اثر مرکب مدت و شدت تابش.....
14	2-5 تابش زمینی.....
15	2-6 پخش تابش.....
15	2-6-1 پخش رالی.....
15	2-6-2 پخش مای.....
16	2-6-3 پخش غیرانتخابی.....
16	2-7 قوانین تابش.....
16	2-7-1 قانون استفان بولتزمن.....
17	2-7-2 قانون کیرشهف.....
17	2-7-3 قانون ماکس پلانک.....
17	2-7-4 قانون جابجایی وین.....
18	2-8 یکای انداز‌گیری انرژی خورشیدی.....

- 2-9- عوامل مؤثر بر تابش خورشیدی 18
- 2-9-1- مقدار تابش گسیل شده و لکه های خورشیدی 18
- 2-9-2- فاصله خورشید تا زمین 18
- 2-9-3- ارتفاع (زاویه ی) خورشید 19
- 2-9-4- دایره البروج و زاویه ی مدار میل خورشید: 19
- 2-9-5- نمودار مسیر حرکت خورشید 19
- 2-10- توزیع جغرافیایی انرژی تابشی در سطح زمین **Error! Bookmark not defined.**
- 2-11- حالات مختلف انرژی پس از برخورد با سطح زمین **Error! Bookmark not defined.**
- 2-12- تأثیر آبدو بر تابش خورشید **Error! Bookmark not defined.**
- 2-13- تغییرات زاویه میل خورشید **Error! Bookmark not defined.**
- 2-14- تأثیر توپوگرافی بر تابش **Error! Bookmark not defined.**
- 2-14-1- موازنه تابش **Error! Bookmark not defined.**

فصل سوم: معرفی منطقه مورد مطالعه

- مقدمه **Error! Bookmark not defined.**
- 3-1- سرزمین های مرتفع (کوهستانی) **Error! Bookmark not defined.**
- 3-1-1- ناهمواری های بخش غربی **Error! Bookmark not defined.**
- 3-1-2- ناهمواری های بخش شرقی **Error! Bookmark not defined.**
- 3-2- دشت های استان **Error! Bookmark not defined.**
- 3-2-1- دشت های بخش شرقی **Error! Bookmark not defined.**
- 3-2-2- دشت های بخش غربی **Error! Bookmark not defined.**
- 3-3- رودخانه ها و دریاچه ها **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4- آب و هوای حاکم بر استان کردستان **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-1- ایستگاه های سینوپتیک استان **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-2- تحلیل آماره های مهم اقلیمی استان کردستان **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-2-1- بارش سالانه **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-2-2- میانگین دما **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-2-3- ساعت آفتابی **Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-2-4- رطوبت نسبی **Error! Bookmark not defined.**

- 3-4-3- توده های هوای مؤثر بر منطقه.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-3-1- کم فشار مدیترانه.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3-4-3-2- توده پرفشار سیبری.....**Error! Bookmark not defined.**
- 3-5-4- تعیین اقلیم منطقه با استفاده از نرم افزار اقلیم.....**Error! Bookmark not defined.**

فصل چهارم: مواد و روش

- مقدمه.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-1- داده های مورد نیاز.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-2- مدل برد وهولاستورم.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-2-1- روابط مربوط به محاسبه پارامترهای نجومی.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-2-2- روابط مربوط به محاسبات تأثیرات جو بر میزان انرژی دریافتی **Error! Bookmark not defined.**
- 4-2-3- روابط مربوط به محاسبه تابش دریافتی.....**Error! Bookmark not defined.**
- 4-3- پهنه بندی میزان انرژی دریافتی.....**Error! Bookmark not defined.**

فصل پنجم: یافته های پژوهش

- مقدمه.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5-1- جداول متغیرهای ماهانه ی اقلیمی مورد استفاده برای ماه های مختلف در ایستگاه های استان کردستان
-**Error! Bookmark not defined.**
- 5-2- میزان تابش دریافتی برای ماه های مختلف سال.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5-3- توزیع انرژی تابشی دریافتی در فصول مختلف و در کل سال.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5-4- پهنه بندی انرژی خورشیدی در سطح کل استان کردستان.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5-4-1- پهنه بندی انرژی خورشیدی در ماه های مختلف سال در سطح استان کردستان **Error!**
- Bookmark not defined.**
- 5-4-2- نحوه پراکنش انرژی خورشیدی در فصول مختلف سال.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5-4-3- پراکنش مجموع انرژی تابشی سالانه در استان کردستان.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5-5- بررسی تأثیر ارتفاع بر میزان انرژی دریافتی.....**Error! Bookmark not defined.**

فصل ششم: نتیجه گیری

- 6-1- نتیجه گیری.....**Error! Bookmark not defined.**
- 6-2- آزمون فرضیات.....**Error! Bookmark not defined.**
- 6-2-1- فرضیات تحقیق.....**Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.....منابع و مأخذ

فهرست جداول

صفحه	عنوان
Error! Bookmark not defined.	جدول 3-1- مختصات ایستگاه های سینوپتیک استان کردستان
Error! Bookmark not defined.	جدول 3-2: آماره های مهم اقلیمی استان کردستان
Error! Bookmark not defined.	جدول 3-3: نتایج مربوط به تعیین اقلیم منطقه
Error! Bookmark not defined.	جدول 5-1 متغیرهای اقلیمی ایستگاه بیجار
Error! Bookmark not defined.	جدول 5-2 متغیرهای اقلیمی ایستگاه سقز
Error! Bookmark not defined.	جدول 5-3 متغیرهای اقلیمی ایستگاه سنندج
Error! Bookmark not defined.	جدول 5-4 متغیرهای اقلیمی ایستگاه قروه
Error! Bookmark not defined.	جدول 5-5 متغیرهای اقلیمی ایستگاه مریوان
Error!	جدول 5-6 مقادیر تابش دریافتی در سطح زمین در استان کردستان برحسب مگاژول بر مترمربع در روز
Bookmark not defined.	
Error! Bookmark	جدول 5-7 مجموع تابش دریافتی در فصول مختلف و در کل سال در استان کردستان
	not defined.

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
Error! Bookmark not defined.....	شکل 3-1 موقعیت استان کردستان در سطح کشور
Error! Bookmark not defined.....	شکل 3-2 تقسیمات سیاسی استان کردستان
Error! Bookmark not defined.....	شکل 3-3 نقشه طبقه‌بندی توپوگرافی استان کردستان
Error! Bookmark not defined.....	شکل 4-1 نقشه موقعیت استان کردستان و ایستگاههای مورد استفاده در پژوهش ...
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-1 میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه ژانویه..
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-2 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه فوریه
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-3 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه مارس
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-4 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه آوریل
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-5 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه می
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-6 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه ژوئن
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-7 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه ژوئیه
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-8 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه اوت
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-9 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه سپتامبر..
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-10 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه اکتبر ..
defined.	
Error! Bookmark not defined.....	شکل 5-11 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه نوامبر...
defined.	

شکل 5-12 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در ماه دسامبر **Error! Bookmark not defined.**

شکل 5-13 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در فصل زمستان **Error! Bookmark not defined.**

شکل 5-14 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در فصل بهار ... **Error! Bookmark not defined.**

شکل 5-15 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در فصل تابستان **Error! Bookmark not defined.**

شکل 5-16 پراکنش میزان انرژی دریافتی در سطح استان کردستان در فصل پاییز . **Error! Bookmark not defined.**

شکل 5-17 میزان انرژی خورشیدی دریافتی سالانه در سطح استان کردستان **Error! Bookmark not defined.**

شکل 5-18 مدل رقومی ارتفاع استان کردستان **Error! Bookmark not defined.**

فصل اول:

کلیات پژوهش

1-1 بیان مسئله

از مهم‌ترین عناصری که در توسعه پایدار مؤثر است منابع انرژی می‌باشد. داشتن انرژی مناسب عمده‌ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی پس از نیروی انسانی می‌باشد چراکه انرژی یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه می‌باشد (بریمانی و کعبی نژادیان، 1393: 21). روند مصرف انرژی در سال‌های گذشته بسیار سریع و نگران‌کننده بوده است. این روند در کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه در ایران بسیار بالاتر از میانگین جهانی است. با نگاهی به افزایش مقدار انرژی درخواستی و کاهش منابع انرژی فسیلی که به‌عنوان منابع اصلی انرژی بشر شناخته می‌شود که به‌طور یقین، منابع فسیلی در چندین دهه‌ی دیگر به اتمام خواهد رسید پس حفظ این منابع فسیلی با ارزش برای نسل‌های آتی بسیار مهم است (صادقی و همکاران، 1392: 95). از طرفی مسائل زیست‌محیطی و منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای مشخصاً پیمان کیوتو و از سوی دیگر تغییر دیدگاه به جایگزینی منابع جدید تجدید پذیر اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (گرگانی فیروز جاه و همکاران، 1394: 1). به دنبال بحران نفت در سال 1970 میلادی و افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر رونق گرفت. با توجه به پدیده گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی تأمین انرژی پایدار جوامع بسیار حائز اهمیت می‌باشد (عتابی و همکاران، 1391: 68). در کشور ایران به سبب مشکلات منابع انرژی فسیلی (محدودیت و آلودگی‌های زیست‌محیطی)، محدودیت برق‌رسانی و وجود منابع عظیم انرژی خورشیدی در سراسر ایران استفاده روزافزون از این انرژی ضروری به نظر می‌رسد (راحیل وفايي، 1388: 46). انرژی خورشیدی در مقایسه با سایر منابع انرژی یکی از مهم‌ترین، قابل‌دسترس‌ترین و پاک‌ترین منابع کره زمین است که برای بهره‌برداری از آن نیاز به فناوری پیشرفته و پرخرج نیست. این انرژی به‌عنوان یک منبع مفید که فاقد خطر و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی است می‌تواند در مناطقی که محدودیت منابع زیرزمینی دارند و همچنین مناطق خشک از جمله ایران برای رشد و توسعه اقتصادی

استفاده گردد (اسفندیاری و همکاران، 1390: 98). طبق گزارش انجمن انرژی خورشیدی اروپا تا چند سال آینده میلادی ظرفیت تولید بیش از 130 گیگاوات برق خورشیدی در سراسر جهان ایجاد می‌شود. در اروپا نیز تا سال 2020 میلادی به تدریج هزینه تولید برق خورشیدی معادل با سایر روش‌های تولید برق خواهد شد اما رشد استفاده از انرژی خورشیدی در سایر نقاط دنیا سریع‌تر صورت خواهد گرفت. در ایران نیز با وجود اینکه از نظر جغرافیائی و آب‌وهوا در بهترین وضعیت کره زمین قرار گرفته است و میزان تابش خورشیدی در آن بین 1800 تا 2200 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است. هم‌اکنون در کل کشور روزانه فقط حدود 5000 کیلووات ساعت برق خورشیدی تولید می‌شود این در حالی است که مجموع تولید برق کشور بیش از 40 هزار مگاوات است (خاتم و مردانی، 1391: 3)؛ بنابراین با توجه به نقش اساسی انرژی در توسعه کشورها و کمبود انرژی‌های فسیلی و وجود ظرفیت‌های بالای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در اکثر نقاط ایران انجام پژوهشی درباره پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی در استان کردستان لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

1-2 پیشینه پژوهش

1-2-1 پیشینه داخلی

ابراهیم پور و همکاران (1388) در تحقیقی به ارائه یک رابطه جدید برای تخمین میزان تابش کل در اقلیم‌های مختلف ایران با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده میانگین ماهانه و روزانه تابش کل خورشیدی توسط سازمان هواشناسی کشور در دوره (1992-2005) یک مدل جدید برای برآورد تابش اقدام نمودند نتایج نشان می‌دهند که رابطه جدید ارائه شده و همچنین روش واتانابه به شرطی که ضریب صافی هوا به صورت صحیح برآورد شود، برای شهرهای مختلف ایران نتایج خوبی به دست می‌دهد. بیات و میر لطیفی (1388) در پژوهشی برای تخمین تابش کل خورشیدی روزانه در ایستگاه‌های کرج و شیراز از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی با مبنا قرار دادن پارامترهای ساعات آفتابی حداکثر، تابش فرازمینی و دماهای حداقل و حداکثر استفاده گردید. صفری پور و مهربان (1388) در شهر کرمان برای پیش‌بینی میانگین مقدار کل تابش خورشیدی روزانه از یک رابطه‌ی رگرسیون خطی با تأثیر دادن هفت پارامتر جغرافیایی و هواشناسی استفاده شد. علیزاده و خلیلی (1388) در تحقیقی با استفاده

از داده‌های اندازه‌گیری شده روزانه تابش رسیده به سطح زمین در سال‌های 1378 الی 1380 در ایستگاه سینوپتیک مشهد، ضرایب رابطه آنگستروم - پرسکات بر اساس نسبت ساعات آفتابی واقعی روزانه به حداکثر ساعات آفتابی واسنجی گردید. همچنین یک معادله رگرسیونی منطقه‌ای با در نظر گرفتن عوامل مختلف هواشناسی شامل اطلاعات روزانه مقدار کمبود فشار بخار اشباع، بارش، دمای میانگین هوا، درصد رطوبت نسبی و نسبت n/N ارائه شد. نتایج آنالیز آماری روابط نشان داد که دقت معادله منطقه‌ای چندمتغیره با رابطه آنگستروم - پرسکات اختلاف معنی‌داری نداشته و می‌توان بدون صرف هزینه و زمان لازم برای جمع‌آوری داده‌های هواشناسی و تنها با داشتن داده‌های ساعات آفتابی و محاسبه تابش فرازمینی، تابش واقعی خورشیدی را در منطقه مشهد با ضرایب $a=0/23$ و $b=0/44$ با دقت مناسبی تخمین زد. خسروی و همکاران (1392) در پژوهشی به مطالعه برآورد میزان تابش کل رسیده به سطح افقی با استفاده از عناصر اقلیمی (کمینه، بیشینه و میانگین دما، کمینه رطوبت، ابرناکی آسمان و ساعات آفتابی) و پهنه‌بندی آن در گستره استان آذربایجان شرقی پرداختند. بدین منظور از داده‌های ماهانه تابش خورشید اندازه‌گیری شده در ایستگاه تبریز طی سال‌های 2001 تا 2006 برای مدل‌سازی و برای برآورد میزان تابش هم از داده‌های اقلیمی 6 ایستگاه سینوپتیک در سطح استان طی سال‌های 1987 تا 2007 استفاده شد. با به دست آوردن ضرایب رگرسیون چند متغیره به آزمون صحت مدل و بررسی خطاهای آن پرداخته شد. پس از اطمینان از صحت مدل، لایه‌های موردنیاز در محیط GIS ایجاد و با اعمال ضرایب مدل رگرسیون در لایه‌های ایجادشده، میزان تابش کل رسیده به سطوح افقی در سطح استان مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کمترین میزان تابش مربوط به ماه ژانویه و بیشترین میزان آن مربوط به ماه ژوئن هست. توزیع تابش سالانه استان از جنوب غربی به شمال و شمال شرقی روند کاهشی نشان می‌دهد. میانگین تابش سالانه در استان، 4244 وات بر مترمربع در روز برآورد گردید. عرفانیان و بابایی حصار (1392) از یک مدل فیزیکی نسبتاً ساده بنام مدل هیبرید در تخمین تابش خورشیدی روزانه 10 ایستگاه هواشناسی ایران شامل اصفهان، بجنورد، بندرعباس، تبریز، تهران، رامسر، زاهدان، کرمان، کرمانشاه و مشهد استفاده شد و نتایج آن با مدل‌های اصلاح‌شده دانشیار و صباغ که در تحقیقات قبلی برای شرایط مختلف آب و هوایی پیشنهادشده مقایسه گردید. مدل هیبرید با استفاده از

تعداد نسبتاً کم پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، فشار و ساعات آفتابی، میزان تابش را با دقت قابل قبولی برآورد کرد. صادقی و همکاران (1392) در تحقیقی به مطالعه اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و انرژی باد) در استان کرمان با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداختند. در این تحقیق در ابتدا به بررسی عوامل مؤثر بر انرژی خورشیدی و بادی پرداخته شده است و سپس با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره MADM و با استفاده از نرم‌افزار GIS مناسب‌ترین مکان‌ها در استان کرمان جهت احداث نیروگاه‌های بادی و خورشیدی شناسایی شده‌اند. برای شناسایی مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه بادی از نرم‌افزار GIS استفاده شده است و برای شناسایی مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی از روش‌های AHP, TOPSIS, SAW استفاده شده و در نهایت روش‌های تلفیقی MADM استفاده شده است. در این تحقیق شهرستان سیرجان به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی و شهرستان رفسنجان به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه بادی شناسایی شد. گرگانی فیروز جاه و همکاران (1394) در تحقیقی پتانسیل سنجی استحصال انرژی خورشید و باد در مناطق ساحلی دریای خزر در مقایسه با مناطق مرکزی و جنوبی ایران را بررسی کردند. نقاط مورد استفاده در این تحقیق، مجموعاً چهارده نقطه با تفکیک‌پذیری 1 درجه در طول و عرض جغرافیای است که متشکل از 9 نقطه در سواحل دریای خزر و 5 نقطه در مناطق مرکزی، جنوب شرقی، جنوب و جنوب غربی می‌باشند. اطلاعات به‌دست‌آمده از نقاط منتخب، شامل اطلاعات تابش خورشید و سرعت وزش باد به‌طور متوسط ماهانه در دوره 22 ساله می‌باشند. همچنین در روند استخراج و آماده‌سازی اطلاعات موردنیاز، روش آماری مونت‌کارلو برای مدل‌سازی عدم قطعیت انرژی در دسترس باد مورد استفاده قرار گرفته است. تحلیل‌ها بر پایه درآمد حاصل از فروش انرژی برق تولیدی توسط توربین بادی و خورشیدی نمونه انجام شده و نقاط شایسته معرفی شده‌اند. در نهایت میزان درآمد حاصل از فروش برق در هر نقطه با تکیه بر طرح خورشیدی، بادی و ترکیبی ارائه شده است. در پژوهشی مجرد و همکاران (1394) با استفاده از مدل برد و هول‌استورم و با داده‌های ایستگاه سینوپتیک در محدوده‌ی سال‌های (2009-1990) به بررسی میزان تابش دریافتی در استان کرمانشاه پرداختند آن‌ها در بررسی‌های خود به این

نتیجه رسیدند که بیشترین تابش دریافتی در منطقه در ماه ژوئن اتفاق می‌افتد که میزان آن برابر با 32 تا 42 مگاژول بر مترمربع است و در فصول پاییز و زمستان به دلیل نقش تابش پراکنده اختلاف مناطق مختلف استان کم است. کمان‌گر و همکاران (1395) به مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی حرارتی جهت تأمین انرژی پایدار در استان هرمزگان با استفاده از منطق فازی پرداختند. گام اول برای توسعه استفاده از انرژی خورشیدی، مکان‌یابی نواحی است که در آن انرژی خورشیدی در حد مطلوب است استان هرمزگان با قرار گرفتن در عرض جغرافیایی پایین، پتانسیل بالایی جهت بهره‌برداری از انرژی خورشیدی دارد. به این منظور، ابتدا معیارهای ساعات آفتابی، شیب، فاصله از مناطق جمعیتی، فاصله از راه‌ها، فاصله از خطوط انتقال نیرو، کاربری اراضی و لایه محدودیت‌ها در نظر گرفته شد و اهمیت آن‌ها با روش تحلیل سلسله مراتبی به دست آمد. سپس با استفاده از توابع فازی مثلثی لایه‌های اطلاعاتی فازی گردیده و در سامانه اطلاعات جغرافیایی تلفیق شدند. بر اساس این روش، 22524/115 کیلومترمربع از مساحت استان هرمزگان و بیشتر در شمال استان در طبقه بسیار مناسب، جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی قرار گرفت.

2-2-1 پیشینه‌ی خارجی

پالتریج و پروکتور¹ (1976) در پژوهشی با به کار بردن ضریب ابر و زاویه سمت الراس خورشیدی در مدل تجربی‌شان توانستند میزان تابش روزانه مستقیم و پراکنده را بر سطح افقی زمین تعیین کنند. به نقل از صباغ و همکاران² (1997) در کشورهای مصر، لبنان و کویت برای محاسبه‌ی انرژی خورشیدی از یک مدل مبتنی بر پارامترهای ساعات آفتابی، دمای حداکثر هوا، رطوبت نسبی و همچنین عوامل محلی مانند ارتفاع و عرض جغرافیایی استفاده شد. استفاده از این مدل در نقاط مسطح مشابه مناطق خشک و نیمه‌خشک، از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران که فاقد آمار تابش هستند، مناسب است. در چین وو یو و همکاران³ (2007) در ترکیه بکیرسی⁴ (2009) و در تبوک عربستان مقرابی⁵ (2009) برای مدل‌سازی و برآورد میزان تابش خورشیدی از عواملی مانند میزان ساعات آفتابی، بارش، دمای

1. Paltridge and Practor
2. Sabbagh et al
3. Wu et al
4. Bakirci
5. Maghrabi

نقطه‌ی شب‌نم، رطوبت نسبی، دما و فشار هوا استفاده شد. همچنین برای برآورد تابش خورشیدی کل، هانسن^۱ (1999) از روش‌های دیگری مانند روش‌های آماری رگرسیونی و سلطانی و همکاران^۲ (2004) درون‌یابی خطی استفاده گردید. پلتکا^۳ و همکاران (2007) در تحقیقی مقادیر انرژی‌های تجدید پذیر از جمله انرژی خورشیدی را ارزیابی کرده‌اند و در پتانسیل سنجی مناطق جهت احداث نیروگاه خورشیدی سهمی معیارهای تابش، شیب زمین و حداقل مقدار زمین حدود 4500 مترمربع برای تولید هر مگاوات برق را جهت احداث نیروگاه دخیل دانسته‌اند و شناسایی مناطقی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی را انجام دادند. برای و کینس^۴ بر پایه داده‌های تابش خورشیدی جهانی که ناسا آن را در پیکسل سایزهای 110 کیلومتر در 110 کیلومتر با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور تهیه می‌کند و همچنین معیارهای جمعیت، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و حداقل زمین موردنیاز در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی پرداخته‌اند. محمد رمضان و عادل نصیب^۵ (2010) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل هزینه و سود اجرای سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک در کشور کویت پرداختند. هدف آن‌ها این بود که امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی با سیستم‌های فتوولتائیک در کشور کویت را بررسی کنند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که کشور کویت ظرفیت بالایی برای تولید برق خورشیدی از سیستم‌های فتوولتائیک را دارد برای مثال در یک واحد 1 مگاواتی با بهره‌وری 15 درصد هزینه تولید 1 کیلووات برق در حدود 0/20 دلار بست که در مقایسه با نیروگاه‌های عادی خیلی به صرفه است علاوه بر این که زیان‌های زیست‌محیطی و تولید گازهای گلخانه‌ای نیز کاهش می‌یابد. تائوپان و همکاران^۶ (2013) پژوهشی را باهدف پارامتریزه کردن مدل بریستو-کمپبل برای برآورد تابش خورشیدی روزانه جهانی در فلات تبت و پیشنهاد یک روش برای بررسی تابش روزانه‌ی خورشیدی به انجام رساندند. مشاهده تابش و دما روزانه با داده‌های خورشیدی از یازده ایستگاه روی فلات تبت در طول دوره‌ی 1971-2010 برای کالیبره کردن و اعتبارسنجی مدل تابش بریستو-کمپبل مورد استفاده قرار گرفت. تابش فرازمینی و آسمان صاف عبور اتمسفری بر روی پلت فرم سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

1. ansen
2. Soltani et al
3. Pletka et al
4. Breyer and knies
5. Mohamma Ramezan and Adel Nasib
6. Tao Pan et al

محاسبه شد. بر اساس نتایج به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که بریستو-کمپیل کالیبره شده عملکرد خوبی برای فلات تبت دارد و می‌تواند برآورد منطقی و دقیق از تابش ارائه می‌دهد. مدل تابش بریستو-کمپیل همراه با PRISM در محاسبه تابش جهانی خورشید مؤثر است. لانگ چن و همکاران¹ (2014) به برآورد ماهانه میانگین تابش دریافتی جو با استفاده از سنجنده MODIS در سراسر چین اقدام کردند. 8 مدل استفاده از بخشی از ابر (CF)، ضخامت نوری ابر (COT)، بخار آب (PWV) و ضخامت نوری آئروسل (AOT) در 50 ایستگاه در سراسر چین به کار رفت. همه مدل‌ها نتایج مناسبی دارند با میانگین RMSE1/247 مگاژول بر مترمکعب و mape آن در حدود 9/9 درصد مدل‌ها RMSE کمتری در هوای سرد (CT) دارند و در مناطقی با دمای هوای گرم (WT). از نظر مدل‌های MAPE بهتر در منطقه آب‌وهوایی چینگ های فلات تبت انجام شود (لانگ چن و همکاران 2014: 63). بوجانوسکی و همکاران² به مقایسه منابع داده برای ایجاد یک سری زمانی بلندمدت از تابش شبکه‌بندی شده برای اروپا پرداختند. در این مطالعه به بررسی امکان ادغام مؤثر دو مجموعه داده تابش خورشیدی برای تولید یک شبکه بلندمدت سری زمانی تابش خورشیدی برای اروپا می‌پردازیم. به علاوه، ما ارزیابی اینکه آیا تحلیل مجدد ERA موقت یا اندازه‌گیری درون‌یابی تابش خورشیدی (JRC-MARS) را می‌توان به‌عنوان جایگزینی برای شکاف داده‌های موجود دانست و آیا ممکن است مجموعه داده مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان می‌دهد که ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق تابش خورشیدی مشابه محاسبه‌شده در برابر داده‌های اندازه‌گیری شده تابش خورشیدی مقایسه مبتنی بر شبکه از LSA-SAF و مجموعه داده CM-SAF یک تفاوت در سراسر اروپا نشان داد متوسط ریشه میانگین مربع خطا حدود 2 مگا ژول بر مترمربع و متوسط تفاوت 0/37 مگاژول بر مترمربع است نتیجه می‌گیریم که هر دو محصولات مبتنی بر داده ماهواره‌ای می‌تواند به ایجاد سری زمانی بلندمدت شبکه‌بندی شده از تابش خورشیدی برای اروپا منجر شود. (بوجانوسکی و همکاران 2014: 152).

1-3 سؤالات پژوهش

بیشترین پتانسیل تولید انرژی خورشیدی در کدام منطقه استان کردستان است؟

1. Long Chen et al
2. Bojanowski et al

نقش کدام عناصر یا عوامل اقلیمی در دریافت میزان انرژی بیشتر مؤثر است؟

پراکنش تابش در استان کردستان چگونه است؟

1-4 فرضیه‌های پژوهش

به نظر می‌رسد مناطق مرتفع استان بیشترین پتانسیل برای دریافت انرژی خورشیدی دارا هستند.

به نظری رسد نقش عنصر ساعت آفتابی در دریافت انرژی بیش از سایر موارد است

به نظری رسد پراکنش میزان تابش در سراسر استان یکسان است

1-5 هدف پژوهش

بررسی امکان بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در استان کردستان.

پهنه‌بندی میزان انرژی تابشی در استان کردستان.

1-6 ضرورت و اهمیت پژوهش

ایران با آنکه یکی از کشورهای نفت‌خیز جهان و دارای منابع عظیم گاز طبیعی است، به دلیل شدت تابش خورشید در بیشتر نقاط کشور، می‌تواند صرفه‌جویی بسیار زیادی در مصرف سوخت‌های فسیلی داشته باشد. فناوری ساده، کاهش آلودگی هوا و محیط‌زیست و از همه مهم‌تر ذخیره شدن سوخت‌های فسیلی برای آینده یا تبدیل آن‌ها به مواد پرارزش دیگر با استفاده از روش‌های لازم، از دلایل لزوم استفاده از انرژی خورشیدی در کشور هستند. ایران با قرار گرفتن در عرض جغرافیایی 25 تا 45 درجه شمالی در منطقه مناسبی برای دریافت انرژی خورشیدی قرار دارد. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده توسط محققین میزان انرژی که زمین در یک ساعت از خورشید دریافت می‌کند، بیش از انرژی مصرفی جهان در یک سال است (کازمی و همکاران¹، 2014: 2). انرژی خورشیدی یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین انرژی‌های تجدید پذیر در ایران محسوب می‌گردد، که نه‌تنها بسیاری از دغدغه‌های زیست‌محیطی را جوابگو است بلکه به‌عنوان منبعی پایان‌ناپذیر، با توجه به شرایط جغرافیایی، محیطی و اقلیمی ایران، می‌تواند به‌خوبی در ایران مورد بهره‌برداری قرارگیری (عشورنژاد و همکاران، 1393: 34). با توجه به آن‌چه که در قسمت بالا بیان شد و با توجه به سرمای هوا در استان کردستان و همچنین با توجه به موقعیت این منطقه که در

1. Kazemi et al

قسمت مرزی کشور قرار دارد و در انتهای خطوط انتقال نفت و گاز قرار دارد و به‌سختی این مواد در اختیار مردم این استان قرار می‌گیرد به همین دلیل استفاده از انرژی‌های نو در این استان ضروری به نظر می‌رسد.

فصل دوم:

مبانی نظری پژوهش

مقدمه

تابش فرآیندی است که انتقال گرما در آن بدون کمک هیچ‌گونه واسطی حتی در فضای خلأ انجام می‌گیرد. در فضای بین خورشید و زمین که هیچ واسطی برای انتقال انرژی وجود ندارد تابش خورشید مهم‌ترین عامل انتقال انرژی گرمایی است (قائمی: 1375:60) تابش خورشید منبع اصلی انرژی سیاره زمین و عامل اصلی کنترل حیات و آب‌وهوا در سطح زمین به شمار می‌آید. انرژی خورشید، با کنترل حرارت سطح زمین، پراکندگی زمانی و مکانی رطوبت و فشار را تعیین می‌کند بنابراین بررسی همه‌جانبه آن برای درک آب‌وهوای کره زمین ضروری است (علیجانی 1393: 59). خورشید جسم هیدرودینامیکی شگفت‌انگیزی است به قطر 1390000 کیلومتر که از یک توده گاز، عمدتاً هیدروژن تشکیل شده است. هسته خورشید به شدت گرم است، به طوری که همجوشی اتم‌های هیدروژن و تشکیل هلیوم را امکان‌پذیر می‌سازد. بر اثر این همجوشی، انرژی به صورت تشعشعات الکترومغناطیسی با فرکانس زیاد آزاد می‌شود. این انرژی به وسیله یک رشته فرآیندهای تشعشعی پی‌درپی به سطح خورشید منتقل می‌شود پرتوهای خورشید در فضا پراکنده شده و بخشی از آن به زمین می‌رسد. تشعشعات الکترومغناطیسی که به صورت اشعه واگرا از خورشید ساطع می‌گردند، با سرعت 300000 کیلومتر در ثانیه در فضا منتشر می‌شوند. زمین که در فاصله 150 میلیون کیلومتری خورشید قرار دارد، تنها در حدود 2 میلیاردم انرژی منتشرشده از خورشید را می‌گیرد. مقدار متوسط انرژی خورشیدی که به جو زمین می‌رسد، در حدود $1/353$ کیلووات بر هر مترمربع است. مقدار انرژی که به سطح زمین می‌رسد، بسیار کمتر و مقداری که قابل بهره‌برداری است، از آن هم کمتر است. بالاترین رقم انرژی خورشیدی قابل دریافت تقریباً برابر 1 کیلووات بر مترمربع و آن هم به مدت یکی دو ساعت در ظهر روزهای گرم تابستان است. در بیشتر نواحی کره زمین این رقم به طور متوسط در حدود 200 وات بر مترمربع است (محمود ثقفی 1382: 43). انرژی خورشیدی راننده جو است. همین انرژی است که جو را گرم می‌کند و بادهای را به حرکت درمی‌آورد. توزیع فصلی انرژی خورشیدی تابعی از خصوصیات هندسی مدار گردش زمین به دور خورشید است. چرخش

زمین حول محور خود چرخه‌ی روزانه انرژی را پدید می‌آورد. از هنگام طلوع تا ظهر خورشیدی مقدار تابش افزایش می‌یابد و از این هنگام تا غروب خورشید روبه کاهش می‌گذارد. بخش کلانی از این انرژی جذب سطح زمین می‌شود و انرژی لازم را برای فتوسنتز و حیات فراهم می‌کند. مقدار تابش‌های فروسرخ ورودی اندکی کمتر از تابش‌های فروسرخ خروجی است و تراز بندی منفی این تابش‌ها در شب و روز اثر سرمایشی ایجاد می‌کند. اثر سرمایشی مداوم تابش‌های فروسرخ و اثر گرمایشی خورشید در هنگام شب و روز در مجموع چرخش روزانه تابش خالص را به وجود می‌آورد (ابوالفضل مسعودیان و همکاران 41:1392).

1-2- ثابت خورشیدی

اساس محاسبات در مورد توزیع تابش خورشیدی در سطح زمین ثابت خورشیدی است که با نشانه اختصاری I_0 نشان داده می‌شود. ثابت خورشیدی مقدار انرژی تابشی است که در هر دقیقه در فاصله متوسط زمین تا خورشید، از خورشید به مرز بیرونی اتمسفر زمین به‌طور عمود بر سطحی به مساحت یک سانتیمتر مربع می‌تابد. سازمان جهانی هواشناسی مقدار این تابش را $1/98$ کالری در دقیقه بر سانتیمتر مربع اعلام کرده است. انرژی ثابت خورشیدی نه‌تنها در مقطع بلکه در تمام سطح کره زمین توزیع می‌شود بنابراین در هر سانتیمتر مربع از دایره مقطع زمین مقدار مفید آن به سطح زمین می‌رسد (علیجانی و کاویانی 76:1393).

2-2- مدت تابش

مدت تابش همان طول روز است. طول روز توسط گردش زمین به دور محور خود کنترل می‌شود ولی چون محور چرخش زمین به دور خود با سطح مدار گردش زمین به دور خورشید یک زاویه $67/5$ درجه‌ای می‌سازد بنابراین در نیمکره تابستانی روزها بلندتر از نیمکره زمستانی است. جمع کل ساعاتی که هر نقطه از کره زمین در مقابل خورشید قرار می‌گیرد با نقاط دیگر برابر است به‌طوری‌که حداکثر طول مدت تابش در نزدیک قطب‌ها اتفاق می‌افتد که در این مناطق 6 ماه‌روز و 6 ماه شب است. فقط در اعتدالین یعنی 23 مارس (1 فروردین) و 22 سپتامبر (1 مهر) روزها و شب‌ها در همه جای زمین یکسان است (ذوالفقاری 38:1393).

3-2- شدت تابش

مدار گردش زمین به دور خورشید بیضوی است بنابراین فاصله بین زمین و خورشید در طول گردش زمین به دور خورشید تغییر می‌کند. در حوالی سوم ژانویه زمین کمترین فاصله را با خورشید دارد یعنی در حالت حضیض قرار داشته و فاصله بین آن‌ها به 147 میلیون کیلومتر می‌رسد. در چهارم ژوئیه زمین در دورترین فاصله از خورشید قرار دارد یعنی در حالت اوج بوده و 152 میلیون کیلومتر با خورشید فاصله پیدا می‌کند در نتیجه تابش خورشیدی رسیده به رأس‌الجد در ژانویه حدود 7 درصد بیشتر از ژوئیه است و این اختلاف در تمام عرض جغرافیایی یکسان است. به نظر می‌رسد در این شرایط بایستی نیمکره جنوبی تابستان گرم‌تری نسبت به شرایط تابستان نیمکره شمالی داشته باشد و زمستان‌های آن سردتر باشد در حالی که عوامل مهم دیگری نیز وجود دارد که باعث اختلاف در شدت تابش خورشید می‌شود که خود آن‌ها نیز تحت تأثیر مستقیم ارتفاع خورشیدی قرار دارند (ذوالفقاری 1393:39).

4-2- اثر مرکب مدت و شدت تابش

تأثیر کلی مدت و شدت تابش نشان می‌دهد که روزهای طولانی تابستان در عرض‌های بالاتر، تأثیر زاویه‌ی تابش بالاتر عرض‌های مناطق حاره را جبران می‌کند. در اعتدالین که طول روز در تمام عرض‌های جغرافیایی ثابت است حداکثر تابش خورشید در نواحی نزدیک به خط استوا است. در انقلابین مجموع تابش با افزایش عرض جغرافیایی از جنوب به شمال از ژوئن تا ژوئیه افزایش می‌یابد و شرایط عکس از دسامبر تا ژانویه اتفاق می‌افتد (ذوالفقاری 1393:40).

5-2- تابش زمینی

سطح زمین و اتمسفر آن متناسب با دمایی که دارند طبق قانون استفان بولتزمن انرژی را از خود به صورت موج گسیل می‌کنند. با توجه به دمای معمول سطح زمین و اتمسفر طبیعی است که امواج مذکور در محدوده طول امواج بلند یعنی بین 4 تا 100 میکرون انتشار می‌یابد که به آن تابش زمینی یا تابش گرمایی می‌گویند. این گسیل عامل مهمی در دفع انرژی سطح زمین است. طول موج شدیدترین محدوده دمای کره زمین تقریباً بین 240 تا 300 کلوین یا 27 درجه سلسیوس در مناطق حاره‌ای و منفی 33 درجه سلسیوس در مناطق قطبی می‌باشد. با توجه به قانون جابجایی وین بین 9/6 تا 11/9

میکرون است که اگر تنها تابش گسیل شده از سطح زمین موردنظر باشد این مقدار برابر با 10 میکرون خواهد بود (علیجانی و کاویانی 100:1393).

6-2- پخش تابش

پرتوهای خورشیدی در برخورد با مانع موجود در اتمسفر به همه سو پراکنده می‌شوند. این مانع‌ها از جمله مولکول‌های هوا، قطرات آب (ابر، مه و غبارتر) بلورهای یخ در ابرهای مرتفع و اجزای غیر گازی یا آئروسول‌های مختلف موجود در هوا هستند. در نتیجه قسمتی از انرژی تابشی که به سمت خارج از زمین در فضای خارج از اتمسفر بازتاب می‌یابد و در واقع از دست می‌رود و تنها بخشی از تابش که به سمت سطح زمین انتشار می‌یابد به سطح زمین می‌رسد. همین قسمت از تابش که به سمت زمین می‌آید جلوه‌ی زیبایی آسمان را سبب می‌شود. بازتاب این تأثیرات با ایجاد شکل‌های رنگارنگ مختلف در ابرها و آسمان جلوه می‌کند (علیجانی، 81:1393).

1-6-2- پخش رالی

لرد رالی^۱ (1842-1919) برای نخستین بار نظریه‌ای درباره‌ی پراکندگی تابش بیان داشت. قانون رالی تابع مستقیمی از قطر ذراتی است که به پراکندگی حساس هستند و با توان چهارم طول موج نسبت وارونه دارد. رابطه‌ی پراکندگی رالی فقط هنگامی به کار گرفته می‌شود که نسبت قطر ذرات به طول موج کمتر از $0/1$ میکرون باشد یعنی اندازه ذرات خیلی کوچک‌تر از طول موج تابش خورشید باشد. بر پایه این قانون مقدار بازتاب امواج کوتاه‌تر نسبت به امواج بلندتر بسیار بیشتر است. کاربرد نظریه رالی برای پراکندگی طول موج آبی است که ناشی از وجود مولکول‌های گاز و ذرات گردو خاک بسیار ریز در اتمسفر است. از این رو است که آسمان نیز به رنگ آبی دیده می‌شود. (تقی طاووسی، 248:1390)

2-6-2- پخش مای

اگر نسبت قطر ذرات به طول موج بزرگ‌تر از $0/1$ میکرون باشد قانون رالی پذیرفته نیست و نظریه پراکندگی مای^۲ جانشین آن می‌شود. بر پایه این نظریه هنگامی که قطر ذرات مساوی طول موج تابش خورشید باشد بیشتر نور سرخ پراکنده می‌شود؛ بنابراین نور خورشید که اساساً سفید است اغلب به صورت

1. Lord Raly
2. Mei

قرمز به سطح زمین می‌رسد. هنگام غروب که نور سفید خورشید بزرگ‌ترین مسیر را در اتمسفر می‌پیماید پراکندگی نور آبی به بیشینه مقدار روزانه خود می‌رسد اما تنها قسمت سرخ آسمان دیده می‌شود زیرا امواج خورشید به‌طور مایل از طبقات پایین اتمسفر می‌گذرند و ذرات درشت‌تر در این طبقات بیشتر است. علت سرخی آسمان به هنگام شفق و فلق، بازتاب بیشتر امواج در باند قرمز است (تقی طاووسی، 1390:38).

3-6-2- پخش غیرانتخابی

ذرات درشت‌تر اتمسفر مانند قطرات آب تمام امواج را به‌طور یکسان بازتاب می‌دهند که آن را پخش انتخابی نامیده‌اند. این‌گونه پراکندگی هنگامی صورت می‌پذیرد که قطر ذره بسیار بزرگ‌تر از طول موج تابش خورشید باشد. علت سفید دیده شدن ابرها از بالا و یا رنگ شیری آسمان گرد آلود پخش انتخابی تابش در باند مرئی است (تقی طاووسی، 1390:38).

7-2- قوانین تابش

همه‌ی اجسامی که دارای گرمای بیش از صفر مطلق منفی $273/15$ درجه سلسیوس باشد به‌طور مداوم و پیاپی از خود انرژی الکترومغناطیسی تابش می‌کنند بنابراین کلیه پدیده‌های روی زمین نیز از خود انرژی الکترومغناطیسی تابش می‌کنند. مقدار انرژی تابیده‌شده از هر چیز بستگی زیادی به گرمای آن دارد. ثابت‌شده است که یکای سطح هر جسم با داشتن یک گرمای معین می‌تواند مقدار انرژی در زمان مشخص تابش نماید (حاج سقطی اصغر، 1393:30).

1-7-2- قانون استفان بولتزمن

مقدار کل انرژی تابشی جسم سیاه به مقدار گرمای آن جسم بستگی دارد. جسم سیاه جسمی است که تمام انرژی تابیده به خود را جذب و دوباره گسیل می‌کند. این قانون بیان می‌کند که شار انرژی گسیلنده از یک جسم سیاه متناسب با توان چهارم آن جسم برحسب کلوین است (قائمی 1375:87).

$$E_b = \alpha T^4 \text{ K} \quad \text{رابطه 2-1}$$

α ضریب ثابت استفان بولتزمن که برابر است با $(5.67 \cdot 10^{-12} \cdot \text{K}^{-4})$ وات بر سانتی‌متر مربع

T_K برابر است با گرمای مطلق یا انرژی جنبشی جسم تابش کننده

به جسمی که در هر طول موج بیشترین شدت انرژی را در یک دمای معین گسیل دارد جسم سیاه می‌گویند. همچنین جسم سیاه را جسم ایدآل نیز گفته‌اند که تمام تابش تابیده‌شده بر خود را جذب و دوباره بازتابش می‌کند (قائمی، 1375: 72)

2-7-2- قانون کیرشهف

بر پایه این قانون ضریب جذب انرژی یک جسم سیاه در طول موج و گرمای مشخص مساوی با گسیل‌مندی آن جسم در همان طول موج و گرما است (قائمی 1375: 87).

2-7-3- قانون ماکس پلانک

بر پایه رابطه ماکس پلانک، بارش ذرات کوانتا به صورت یکنواخت بر روی سطح پراکندگی ندارند و کم‌وزیاد می‌شوند به طوری که به جریان انرژی حالت موجی می‌دهد یعنی ذرات کوانتا در بستر این موج‌ها حرکت می‌کنند. مقدار انرژی که هر کوانتوم حمل می‌کند از رابطه زیر به دست می‌آید (علیجانی و کاویانی 1371: 54).

$$E=h*v$$

معادله 2-2

h همان ضریب ثابت پلانک است که برابر $(6.626*10^{-24})$ ژول در ثانیه

E انرژی یک کوانتوم برحسب ژول در ثانیه

V فرکانس کوانتوم است

2-7-4- قانون جابجایی وین

بر اساس قانون جابجایی وین به ازای هر درجه دمای جسم یک بیشینه طول موج به دست می‌آید. این قانون بیشینه طول موجی را نشان می‌دهد که یک جسم با داشتن یک درجه مشخص از گرما در آن طول موج بیشترین انرژی را گسیل می‌نماید (قائمی 1375: 88).

رابطه 2-3

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{tr}$$

λ_{\max} بیشترین طول موج تابشی از جسم موردنظر برحسب میکرومتر

T_r گرمای مطلق جسم تابش کننده برحسب درجه کلون

2898 ضریب ثابت وین

8-2- یکای اندازه‌گیری انرژی خورشیدی

یکای انرژی تابشی خورشیدی در دانش هواشناسی و اقلیم‌شناسی مقدار شار انرژی گرمایی است که در یکای زمان (ثانیه) به یکای سطح (سانتیمتر مربع) برسد. شدت تابش آفتاب در سیستم انگلیسی با واحد (BTU-F) کالری بر فوت مربع در ساعت و یا روز اندازه‌گیری می‌شود و یک BTU برابر (10) کالری انرژی است. انرژی خورشیدی به‌صورت شار گرما و با توجه به مقدار انرژی در یکای سطح و زمان سنجیده می‌شود (قائمی 105:1375).

9-2- عوامل مؤثر بر تابش خورشیدی

مقدار کل انرژی خورشیدی که در مدتی معین به یک سطح مشخص می‌رسد تحت تأثیر چهار عامل تغییر می‌کند که عبارت‌اند از مقدار انرژی تابشی گسیل‌شده از خورشید و لکه خورشیدی، فاصله خورشید تا زمین، ارتفاع خورشید و دایره‌البروج و زاویه‌ی مدار میل خورشید

1-9-2- مقدار تابش گسیل‌شده و لکه‌های خورشیدی

مقدار تابش انرژی یا همان نور از سوی خورشید همواره مقدار ثابتی است. مگر این‌که شرایط ویژه‌ای مانند فعالیت لکه‌های خورشیدی یا طوفان‌های خورشیدی پیش بیاید که مقدار آن تغییر کند در نتیجه فعالیت‌های دوره‌ای معین لکه‌های تیره‌رنگی بر سطح خورشید ظاهر می‌شود و پرتوافکنی آن را هرچند ناچیز تغییر می‌دهد لکه‌های خورشیدی اصولاً هر 11 سال یک‌بار ظاهر می‌شود و در نتیجه ارسال انرژی تابشی خورشید نیز دستخوش تغییر قرار می‌گیرد (عزیزی، 0:1389، 50)

2-9-2- فاصله خورشید تا زمین

زمین در گردش انتقالی خود به دور خورشید مداری بیضی‌شکل را می‌پیماید که خورشید در یکی از کانون‌های آن قرار دارد فاصله زمین تا خورشید در انقلاب زمستانی از زمان حسیض که اول دی‌ماه است به حداقل آن که 147 میلیون کیلومتر است می‌رسد و در انقلاب تابستانی زمان اوج که اول تیرماه است به حداکثر آن که 152 میلیون کیلومتر است می‌رسد این تغییر فاصله بیان‌گر این حقیقت است که چرا ثابت خورشیدی در حداقل حسیض آن حدود 7 در صد بیشتر از مواقع اوج آن است از این‌رو ظاهراً دمای دی‌ماه باید حدود 4 درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای تیرماه و زمستان‌های نیمکره شمالی گرم‌تر از

زمستان‌های نیمکره جنوبی باشد اما در عمل به دلیل کجی محور زمین و وجود خشکی‌های وسیع در نیمکره شمالی همیشه تابستان گرم‌تر از زمستان و نیمکره شمالی سردتر از نیمکره جنوبی است.

3-9-2- ارتفاع (زاویه‌ی) خورشید

ارتفاع خورشید شدت انرژی تابشی رسیده به واحد سطح را مشخص می‌کند هرچقدر ارتفاع خورشید بیش‌تر باشد امواج تابش عمودتر می‌تابند و مساحت کمتری در معرض تابش قرار می‌گیرد بنابراین دمای تولیدشده در واحد سطح بالا می‌رود عوامل مهم در تعیین ارتفاع خورشید در یک محل عبارت‌اند از: عرض جغرافیایی محل، فصل سال و ساعت روز (علیجانی و کاویانی، 1371: 63).

4-9-2- دایره‌البروج و زاویه‌ی مدار میل خورشید:

زمین در حرکت انتقالی خود به دور خورشید سطحی را به وجود می‌آورد که سطح مدار زمین دایره‌البروج نامیده می‌شود محور زمین نسبت به سطح دایره‌البروج حدود $23/27$ درجه انحراف دارد که آن را انحراف البروج می‌نامند بر اثر این انحراف خورشید همیشه بر روی مدار استوا عمود نمی‌تابد و مدار تابشی عمودی آن در طول سال بین $23/27$ درجه جنوبی و شمالی تغییر می‌کند مداری که خورشید هنگام ظهر عمود بر آن می‌تابد مدار میل خورشیدی نام دارد سطح استوای زمین در طول حرکت انتقالی آن در دو زمان بر سطح دایره‌البروج منطبق می‌شود و در نتیجه فقط بر مدار استوایی عمود می‌تابد این دو زمان مصادف با اول بهار و اول پاییز است که اعتدالین نامیده می‌شوند. مقدار متوسط ثابت خورشیدی برای مدار میل خورشیدی صادق است و در عرض‌های جغرافیایی دورتر از آن کاهش می‌یابد مقدار این کاهش با دور شدن مدار میل خورشید زیادتر می‌شود و تابعی است از زاویه ارتفاع خورشید در محل است (علیجانی و کاویانی، 1393: 64).

5-9-2- نمودار مسیر حرکت خورشید

موقعیت خورشید در هر نقطه از سطح کره زمین در هرروز و هر ساعت از سال متفاوت است مثلاً در نیمکره‌ی شمالی خورشید در تابستان از شمال شرق طلوع و در شمال غرب غروب می‌کند در حالی که در زمستان از جنوب شرق طلوع و در جنوب غرب غروب می‌کند تنها در اول فروردین و اول مهرماه (اعتدالین است) که خورشید در تمام نقاط کره زمین درست از شرق طلوع و در غرب غروب می‌کند در



University of Mohaghegh Ardabili

Faculty of Literature and Humanities

Department of Geograpy

Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.A. in Field of physical geography - climatology

Title:

Potential survey of solar energy in Kurdistan provience

Supervisor:

Bromand Salahi (Ph. D)

Advisor:

Saeed Rajae (Ph. D)

By:

Sajad Heshmati

March – 2017