

## بررسی امکان استفاده از سیستم فتوولتائیک در ایران و نقشه پهنه‌بندی آن

اله بخش کاووسی

استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

\*ایمیل نویسنده مسئول : a.kavoosi@razi.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۹/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۱/۲۵

### چکیده

کاهش استفاده از منابع تجدیدناپذیر و کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی و تامین انرژی پاک، امری مهم تلقی و همواره از دغدغه‌های جوامع مختلف به‌شمار می‌رود و برنامه‌ریزی برای اجرایی نمودن آن، یک ضرورت محسوب می‌گردد. از آن جایی که کشور ایران موقعیت جغرافیایی خاصی به دلیل قرارگرفتن در منطقه جغرافیایی با پتانسیل بالا و شدت تابش عالی خورشید دارد. با ارائه راهکاری مناسب و با شناخت قابلیت‌ها و پتانسیل‌های بالقوه در آن، می‌توان در تولید و کاربرد انرژی‌های نو بهره برد. هدف این مقاله ارائه راه کار مناسب جهت استفاده از انرژی‌های نو و قابل تجدید خورشیدی خصوصاً سیستم فتوولتائیک و پهنه بندی آن در ایران می‌باشد. برای تحقق این مهم، نیاز است با شناخت منابع تجدیدپذیر و قابلیت‌های موجود در هر نقطه از کشور، از انرژی‌های بومی تجدیدپذیر استفاده شود. نتایج مقاله نشان می‌دهد با مطالعه و شناخت قابلیت‌های انرژی خورشید و سیستم فتوولتائیک و کاربرد آن و شناخت موقعیت ایران و مطالعه میزان تابش نور خورشید در آن، این کشور بستر مناسبی جهت بهره برداری از سیستم های فتوولتائیک دارد که توجه به این مهم، سبب ارائه نقشه پهنه‌بندی اقلیمی سیستم فتوولتائیک ایران در این مقاله گردید.

### کلمات کلیدی

"خورشید"، "فتوولتائیک"، "جدیدپذیر"، "انرژی‌های نو"، "پهنه‌بندی"

## Investigating the possibility of using Photovoltaic System Zoning in Iran

Allah Bakhsh Kavoosi

Assistant Professor, Faculty of Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

Email Address : a.kavoosi@razi.ac.ir

### Abstract

Reducing the use of non-renewable resources, enhancing the natural environment, controlling environmental pollution, and providing clean energy are important issues of concern in different communities, and planning for its implementation is a necessity. Since Iran has a special geographical location due to its location in a region with high potential and high solar radiation intensity, it can be attempted to produce and apply new energy by providing a suitable solution and recognizing its capabilities and potentials. The purpose of this article is to propose a suitable solution for the use of new and renewable solar energy, especially the photovoltaic system and its zoning in Iran. To realize this, it is necessary to use renewable local energies by recognizing the renewable resources and capabilities available in every part of the country. The results show that by studying and understanding the solar energy, the photovoltaic system capabilities, and its application, understanding the position of Iran, and studying the amount of sunlight in it, Iran has a good base for exploiting photovoltaic systems. Accordingly, the climatic zoning of the photovoltaic system in Iran is discussed in this article.

### Keywords

"Sun", "Photovoltaic", "Renewable", "New Energy", "Zoning"

## ۱-۱- مقدمه

ظرفیت و طول عمر تکنولوژی سیستم های P.V در شرایط اقلیمی ایران و تحقیقات و مطالعات به عمل آمده استفاده می شود. با شناخت لایه های مربوط به محدودیت ها از نرم افزار GIS استفاده می شود در ادامه با در نظر گرفتن محدودیت های فنی، محدودیت های اقتصادی، محدودیت های اجتماعی و محدودیت های زیست محیطی در شناسایی پهنه های مناسب به ترتیب اولویت ها جهت بهره برداری انرژی خورشید استفاده می گردد. در این تحقیق از تاثیر لایه های مشخص شده GIS و با منطق AND در شناسایی و تعیین پهنه های فتوولتائیک در ایران استفاده می شود.

## ۱-۳- پیشینه تحقیق

جیسون رانکی از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تصمیم گیری چند معیاره فازی برای تحقیق و بررسی منابع باد و خورشید در ایالت کلرادو آمریکا استفاده می نماید او با در نظر گرفتن معیارهای زیست محیطی، حمل و نقل، برنامه ریزی، مدیریت تلفات، جنگل ها، منابع آب و مناطق کشاورزی و مسکونی و با در نظر گرفتن خطرات طبیعی به بررسی عامل تعیین مناطق با پتانسیل بالای انرژی خورشیدی و باد و همچنین معرفی مناطق مناسب جهت احداث مزارع بادی و خورشیدی با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره می پردازد [۳]. براساس اطلاعات به دست آمده از ۶۳ ایستگاه مورد مطالعه در زمینه مکان یابی و پتانسیل سنجی بهره برداری از انرژی خورشیدی برای مناطق مختلف ایران و همچنین استفاده از نقشه های تابش در محیط نرم افزار GIS پرداخته شده است و با توجه به بررسی های انجام شده به جز مناطق ساحلی جنوبی، بیشترین تابش مربوط به نواحی مرکزی و جنوبی کشور ایران می باشد و وجود تابش به میزان  $500 \text{ W/m}^2$  نشان دهنده پتانسیل این مناطق جهت بهره برداری از سیستم های فتوولتائیک است [۴].

## ۲- تولید و مصرف انرژی و پیش بینی تقاضای آن در آینده در جهان

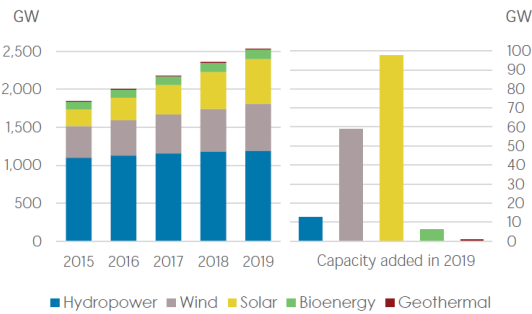
در سال ۱۹۹۰ تقاضای جهانی انرژی اولیه ۸۷۶۹ میلیون تن معادل نفت بود که تا سال ۲۰۱۱ حدود ۴۹ درصد افزایش یافته و به ۱۳۰۷۰ میلیون تن معادل نفت رسید. پیش بینی می شود تقاضای انرژی اولیه در سال ۲۰۲۰ به ۱۵۰۲۵ (میلیون تن معادل نفت) و در سال ۲۰۲۵ به ۱۵۸۷۷ (میلیون تن معادل نفت) و در سال ۲۰۳۰ به ۱۶۶۲۳ (میلیون تن معادل نفت) و در افق پیش بینی یعنی تا سال ۲۰۳۵ با رشد سالانه ۱/۲ درصد، در مجموع ۳۳ درصد افزایش یابد و در این سال به ۱۷۳۸۷ (میلیون تن معادل نفت) برسد [۵]. برای تکمیل بیان آمار فوق، نمودار آن به شکل (۱) ترسیم می گردد. در این نمودار سیر صعودی گویای افزایش تقاضای جهانی برای انرژی و در نتیجه افزایش نیاز به انرژی ترسیم شده است.

جهان امروز به شدت در حال تحول و توسعه می باشد از آن جایی که این مهم نیاز آن تلقی می شود برنامه ریزی و مدیریت اجرایی با هدفی مشخص را می طلبد تا توسعه با در نظر گرفتن نیاز امروز برای فردا تحقق یابد. از طرفی این توسعه برای حیات خود، نیاز به حفظ محیط زیست پیرامون و ارائه راه کارهای مناسب برای بهره بهتر و افزایش کیفیت محیط و بستر زیست محیطی طبیعی دارد. دردنیای امروز با رشد جمعیت هم زمان با تولید و مصرف بی رویه انرژی، بیشتر از هر زمانی در گذشته بحران های زیست محیطی گسترش یافته که محیط زیست را به شدت تهدید می کنند تا جایی که کارشناسان به این باور رسیدند که استفاده از انرژی های طبیعی و خدادادی بیش از هر زمانی بخوبی ضرورت یافته است. امروز به کمک تکنولوژی به راحتی می توان بخشی از نیازهای کشورها را به وسیله انرژی های پاک و خدادادی تامین نمود. از این رو می توان با شناخت منابع و ویژگی های انحصاری آنها، ضمن جلوگیری از مصرف بی رویه سوخت های فسیلی و آثار مخرب آنها و تحولات آب و هوایی، زمینه و قابلیت توسعه استفاده از این نوع انرژی بیش از پیش احساس و به تحقق رساند. زندگی جوامع امروز با تولید و مصرف انرژی مداوم و توسعه می یابد و اساس توسعه، ملزم به داشتن انرژی است. از سوی دیگر جهان امروز در حال توسعه و افزایش جمعیت است که هم زمان با آن، ثروت آنها نیز افزایش می یابد در این صورت نیاز به انرژی افزایش یافته و به موازات آن نیاز به منابع تولید انرژی و نحوه تامین آن هم ضرورت یافته است. بنابراین توسعه منابع انرژی نیاز به توسعه صنعتی هم دارد یعنی سرمایه گذاری های عظیم اقتصادی را می طلبد تا جوابگوی تامین نیاز جوامع امروز و فردا باشد. این نیاز در بخش های مختلف نظیر رشد جمعیت، تولید و مصرف انرژی و جلوگیری از آثار مخرب و تغییرات شرایط آب و هوایی، حائز اهمیت و برنامه ریزی می باشند. بقای انرژی نگرانی اصلی تلاش برای پایداری است. سوزاندن سوخت های فسیلی برای مصارف ساختمانی عامل اصلی تقریباً "نیمی از انرژی مصرفی سراسر جهان است. تولید انرژی مورد نیاز برای گرمایش، نورپردازی و تهویه به نفت، گاز، زغال سنگ برای سوختن در ساختمان یا در یک نیروگاه نیاز دارد. ارتباط بین سوزاندن سوخت های فسیلی و انتشار دی اکسید کربن بسیار مهم است، اما در مورد انرژی چنین نیست. اگر جامعه بتواند همه نیازهای انرژی خود را از منابع تجدید پذیر بدست آورد، مشکلی وجود نخواهد داشت [۱]. انرژی عامل اصلی در توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیطی در راستای توسعه انسانی است [۲].

## ۱-۲- روش تحقیق

در تحقیق پیش رو برای شناسایی مناطق مستعد با پتانسیل مناسب برخوردار از منابع انرژی خورشیدی، از اطلاعات جغرافیایی ایران و مطالعات اقلیمی آقای کسمایی به عنوان پایه استفاده می شود و با تاثیر دادن نظر متخصصین و کارشناسان در خصوص حداقل و حداکثر

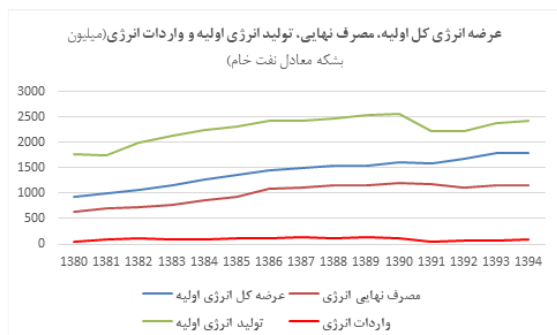
می‌شود. ظرفیت برق آبی ۱۲ گیگاوات (۱٪) و انرژی زیستی ۶ گیگاوات (۰.۵٪) افزایش یافته‌است. انرژی زمین‌گرمایی فقط افزایش یافته‌است.



شکل ۳- رشد ظرفیت انرژی تجدیدپذیر منابع آن [۱۰]

### چشم انداز مصرف انرژی در ایران

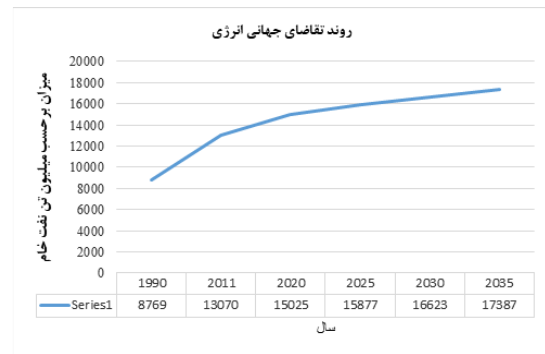
ایران با تولید سالانه ۸۵۰ میلیون تن گازهای گلخانه‌ای یکی از ۱۰ کشور اصلی دنیا در تولید این گازها است. براساس تعهدات الزام شده در COP، ایران تلاش خواهد کرد تا سال ۲۰۳۰ در حدود ۱۹۰ میلیون تن از حجم گازهای گلخانه‌ای خود را کاهش دهد. رسیدن به این تعهد و الزام قانونی، بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر را به‌عنوان یک راه‌کار مناسب پیش روی سیاست‌گذاران حوزه انرژی قرار می‌دهد [۱۱]. طبق آمار منتشر شده از سوی آژانس بین‌المللی انرژی، ایران نهمین کشور تولیدکننده انرژی، دهمین کشور مصرف‌کننده انرژی و هشتمین کشور تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای (CO<sub>2</sub>) در جهان است [۱۲]. با مطالعه عرضه انرژی کل اولیه، مصرف نهایی انرژی، تولید انرژی اولیه و واردات انرژی در ایران که در شکل (۴) ترسیم شده‌است. نمودارها نشان می‌دهند که تفاوت چشم‌گیر و قابل توجه بین تولید و واردات با عرضه و مصرف نهایی دارد.



شکل ۴- عرضه انرژی کل اولیه، مصرف نهایی انرژی، تولید انرژی اولیه و واردات انرژی در ایران [۱۳]

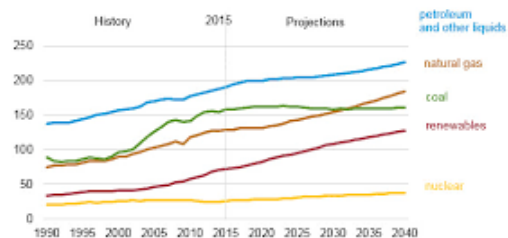
### انرژی خورشیدی و پتانسیل آن در جهان

از آن‌جا که پیدا کردن منابع جایگزین تامین‌کننده انرژی مورد نیاز بشر با توجه به افزایش جمعیت و تقاضا برای انرژی ضروری است توجه به منابع انرژی تجدیدپذیر که تمام نشدنی بوده و مشکلات ناشی از منابع فسیلی از قبیل افزایش دمای زمین و آلودگی‌های گازهای مضر را ندارد و مهم‌تر از همه، انواع مختلف آن به‌صورت رایگان در اکثر مناطق جهان موجود است افزایش یافته و استفاده‌های مختلفی از انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهانی گردیده‌است [۱۴]. تابش انرژی خورشید که



شکل ۱- افزایش تقاضای جهانی. ترسیم نگارنده با استفاده [۶]

براساس مطالعه اداره اطلاعات انرژی در وزارت انرژی آمریکا، مصرف انرژی جهان از ۵۲۴ کادریلیون بی‌تی‌یو (BTU 13196) (میلیون تن معادل نفت) سال ۲۰۱۰ به ۸۲۰ کادریلیون بی‌تی‌یو (۲۰۶۷۸ میلیون تن معادل نفت) در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید به این ترتیب طی ۳۰ سال، مصرف جهانی انرژی ۵۶ درصد افزایش خواهد یافت [۷]. در حال حاضر، به دلیل تصویب قوانین سخت‌گیرانه زیست محیطی و همچنین به علت بحران‌های انرژی، کشورهای صنعتی توسعه یافته، انرژی‌های تجدیدپذیر را جدی‌تر می‌گیرند [۸]. انرژی فونداسیون و پایه حیات اقتصاد صنعتی جوامع مختلف بوده و نقش زیربنایی برای توسعه اقتصادی را در دنیا دارد. در نمودار شکل (۲) پیش‌بینی‌ها نشان از مصرف انرژی تا سال ۲۰۱۵ و برنامه‌ریزی برای تامین منابع انرژی تا سال ۲۰۴۰ دارد که با در نظر گرفتن شرایط، برنامه‌ریزی جهت بهره‌بردن از این منابع، از اهمیت خاصی برخوردار است. بشر امروز نیک می‌داند که منابع غیر طبیعی انرژی فناپذیر بوده و استفاده از آنها هم مقرون به صرفه اقتصادی نیست. او با نگاه به فردا در جهت جایگزین نمودن دیگر منابع که اقتصادی و تجدیدپذیر باشد و به محیط زیست و چرخه طبیعی آسیب نرساند و به‌خوبی قابل بازگشت باشد روی می‌آورد. از طرفی انرژی از موارد ضروری برای زندگی روزمره مردم، توسعه اقتصادی، اجتماعی و ارتقای کیفیت زندگی است. وجود انرژی مستمر، پایدار و اقتصادی، لازمه هرگونه توسعه و رشد اقتصادی می‌باشد. این رشد اقتصادی به تبع رشد تقاضای انرژی در جهان را در پی دارد و این مهم توجه به منابع انرژی قابل تجدید را ضروری می‌نماید در شکل (۳)، پیش‌بینی‌ها رشد ظرفیت تجدیدپذیر انرژی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مصرف انرژی جهانی با توجه به منابع آن [۹]

ظرفیت تولید تجدیدپذیر با افزایش ۱۷۶ گیگاوات (۷.۴٪) در سال ۲۰۱۹. انرژی خورشیدی با افزایش ۹۸ گیگاوات (۲۰٪) و پس از آن انرژی باد با ۵۹ گیگاوات (۱۰٪) هم‌چنان منجر به گسترش ظرفیت

انرژی خورشید به دلیل آفتابی بودن کشور ما، راه حل مناسبی برای جلوگیری از بحران‌های درحال توسعه کره زمین به شمار می‌رود [۱۷]. انرژی خورشیدی یکی از بهترین و اقتصادی ترین انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران می‌باشد که نه تنها سبب کاهش بسیاری از دغدغه های بشری، مانند آلودگی‌های زیست‌محیطی و به دنبال آن بیماری‌های نوظدید، پایان‌پذیری منابع فسیلی و مانند آنها می‌شود، بلکه با توجه به شرایط اقلیمی و آب و هوایی کشور، می‌تواند به خوبی گسترش یابد. در ایران، در یک منطقه به مساحت ۲۰۰۰ کیلومترمربع، امکان نصب ۶۰ گیگاوات نیروگاه حرارتی خورشیدی وجود دارد. در سال‌های اخیر، استفاده از سیستم‌های انرژی خورشیدی به دلیل سادگی آن، حمل و نقل آسان، قابلیت اطمینان بالا، عدم وجود قطعات مکانیکی، سازگاری با محیط‌زیست و عدم نیاز به سوخت، در حال توسعه می‌باشند [۱۹].

### ۳- ضرورت روی آوردن به انرژی خورشید در ایران

ایران با داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم مساحت آن و متوسط تابش ۴/۵-۵/۵ کیلو وات ساعت برمترمربع در روز و ۲۸۰۰ ساعت آفتابی در سال یکی از مهم‌ترین مراکز تولید برق خورشیدی در آسیای غربی و در جهان است. از انرژی خورشیدی جهت مصارف خانگی، صنعتی، نیروگاهی، روشنایی معابر و جاده ها، چراغ‌ها، سیستم‌های مخابراتی، پمپ آب خورشیدی برای مصارف کشاورزی، تجهیز مناطق مرزی، روشنایی تونل‌ها و برق رسانی روستایی و همچنین تولید برق توسط تجهیزاتی نظیر کلکتورهای بشقابی مسطح و سلول‌های فتولتائیک استفاده می‌گردد. براساس گزارش‌های موجود حدود ۷۰۰ ساعت از نور آفتاب در فصل بهار، ۱۰۵۰ ساعت در تابستان، حدود ۸۳۰ ساعت در پاییز و حدود ۵۰۰ ساعت در زمستان در ایران وجود دارد [۲۰].

#### • تحلیل پتانسیل بهره برداری از انرژی خورشیدی

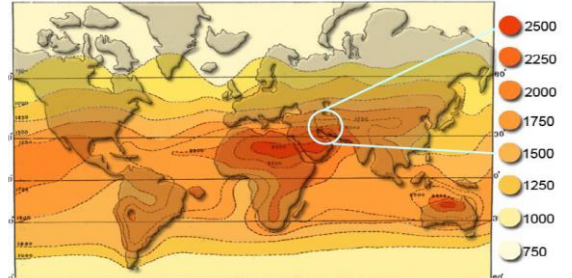
برای شناخت مکان‌های مستعد انرژی خورشیدی در ایران، توجه به معیارها و زیر معیارهای موثر بر قابلیت بهره‌برداری از انرژی خورشیدی از اهمیت مهمی برخوردار است. مسئله‌ی مهم دیگر در فرآیند بهره برداری از انرژی خورشیدی علاوه بر ضرورت وجود پتانسیل انرژی خورشیدی در منطقه، اولویت‌بندی مکان‌های مختلف با توجه به معیارهای متعدد فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) به‌عنوان یک ابزار بسیار مفید و کاربردی قادر به ایجاد یک پایگاه داده‌است که می‌تواند به‌عنوان نقطه‌ی آغاز برای هدایت هر سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS2) عمل کند [۲۱].

#### • قابلیت و آینده پیش‌رو کاربرد انرژی‌های

##### تجدیدپذیر در ایران

ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند تابشی خورشید از پتانسیل بالایی در زمینه بهره‌برداری از انرژی خورشیدی، برخوردار است. روزانه به‌طور متوسط ۵/۵ کیلووات ساعت انرژی خورشید بر سطح زمین می‌تابد و در حدود ۹۰٪ خاک کشورمان بیش از ۳۰۰ روز آفتاب خیلی مؤثر وجود دارد که با استفاده از پتانسیل موجود و به کمک یک سیستم خورشیدی مناسب، می‌توان انرژی مورد نیاز را در قسمت‌های ایران از مناطق پرباران شمالی، تا مناطق سردسیر غربی و مناطق گرم جنوب تامین نمود. در شکل (۶) اطلس کلی نقشه میزان تابش خورشید در نقاط

در طی یک سال بر سطح زمین می‌تابد چندین برابر انرژی مورد نیاز بشر در طی سال است. شکل (۵) بیانگر نقشه تابش خورشید در جهان و نمایش نمودار تابش متوسطه سالیانه خورشید بر نقاط مختلف کره زمین برحسب (KW,HR/M2) می‌باشد که ایران از موقعیت بسیار خوب جغرافیایی برای جذب انرژی خورشید قرار گرفته‌است. این مهم یک قابلیت مناسب برای کشور ما در استفاده از انرژی‌های طبیعی می‌باشد.



شکل ۵- نقشه تابش خورشید [۱۵]

انرژی خورشیدی می‌تواند بخشی از نیازهای جوامع را در بخش‌های صنعتی و شهری تامین نماید چنانچه اگر تنها یک درصد از انرژی خورشید روی زمین را بتوان به حدود ده درصد بازده الکتریکی تبدیل کرد ۳۰۰۰ گیگا وات انرژی تولید نمود که چهار برابر بیشتر از انرژی مصرفی سالیانه در مقیاس جهانی است [۱۶]. طبق برآوردهای بانک جهانی ارزش انرژی مصرفی در کشور در حدود ۱۲ میلیارد دلار است که ۳۰ درصد این مقدار یعنی حدود ۴ میلیارد دلار سالانه به دلیل عمر بالای تکنولوژی در صنایع و عدم بهره‌وری صحیح از انرژی هدر می‌رود و مصرف انرژی در بخش‌های زیادی از صنایع داخلی حدود دو برابر کشورهای صنعتی است [۱۶]. رشد تقاضا برای انرژی، آلودگی زیست محیطی را به دنبال دارد این رشد در ایران و در بخش مسکن و ساختمان بنا به دلایل زیر از منابع اساسی در تولید آلودگی می‌باشد. - بخش مسکن بیش از ۴۰٪ مصرف انرژی را به‌خود اختصاص می‌دهد که نسبت به سایر بخش‌ها بزرگترین مصرف‌کننده انرژی در ایران می‌باشد. - بیش از ۹۸٪ مصرف انرژی بخش مسکن از منابع تجدیدناپذیر است [۱۷]. - بخش مسکن با تولید ۲۶٫۴ درصد از تولید گاز دی اکسیدکربن یکی از منابع اصلی تولید آلودگی می‌باشد [۱۸]. جهان به طرز ناباورانه‌ای بعد از انقلاب صنعتی با پدیده افزایش گازهای گلخانه‌ای مواجه شد. این گازها ناشی از استفاده کنترل نشده سوخت‌های فسیلی بودند. دخالت بخش‌های مختلف در تولید گازهای گلخانه‌ای متفاوت است. بخش حمل‌ونقل ۲۱ درصد، بخش صنعت ۳۶ درصد، ساختمان ۳۳ درصد و دیگر موارد به مقدار ۱۰ درصد در افزایش این گازها نقش داشته‌اند [۱۹]. پیش‌رفت تولید گازهای گلخانه‌ای طی دو قرن اخیر که بعد از انقلاب صنعتی رخ داد پیام تهدیدآمیزی برای همه کشورهای جهان خصوصاً "کشورهای توسعه یافته می‌باشد. مهم‌ترین پیامد آن، تغییرات آب و هوایی، آب شدن یخ‌های قطبی، آسیب به لایه‌های اتمسفر و محیط زیست است که محصول آن، بالا آمدن آب اقیانوس‌ها و آب‌های آزاد حاصل از تغییر دمای محیط می‌باشد. بنابراین در حال حاضر و در آینده محیط‌زیست به شدت تهدید می‌شود و تعادل اکوسیستم زنده به هم می‌خورد، جمعیت حیوانات تغییر می‌یابد، حیات گیاهی متحول می‌گردد، در لایه ازن شکاف بوجود می‌آید و حیات همه جانداران بخصوص انسان تهدید می‌شود که لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر

مختلف ایران آمده است.

#### ۴- استفاده از معیارهای شناخت پتانسیل های بالقوه برای ایجاد سایت های انرژی خورشید در پهنه بندی اقلیمی P.V در ایران

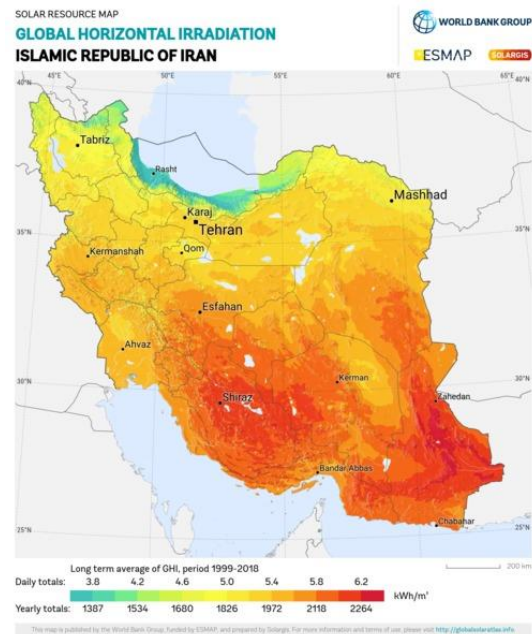
در تحقیق های انجام شده توسط متخصصین معیارهای متعددی جهت شناخت پتانسیل های بالقوه و موثر را بیان نموده اند که مهم ترین آنها عبارتند از:

- تابش مستقیم، تابش پراکنده، دما، رطوبت، روزهای ابری، ضریب شفافیت، ارتفاع، زمین شناسی، شیب، دسترسی به زمین، هزینه زمین، کاربری زمین، خطوط انتقال برق و نیروی متخصص
- روش های دیگر جهت یافتن مناطق مستعد و با پتانسیل بالا برای نیروگاه خورشیدی استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره و GIS می باشد.
- معیارهای تعداد روزهای آفتابی، ابرناکی، روزهای گرد و خاک، رطوبت نسبی، ارتفاع و بارش سالانه، معیارهای مورد استفاده در این پژوهش بودند.

مسئله مهم دیگر در فرآیند بهره برداری از انرژی خورشیدی علاوه بر ضرورت وجود پتانسیل انرژی خورشیدی در منطقه، اولویت بندی مکان های مختلف با توجه به معیارهای متعدد فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است. سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) به عنوان یک ابزار بسیار مفید و کاربردی قادر به ایجاد یک پایگاه داده است که می تواند به عنوان نقطه آغاز برای هدایت هر سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS) عمل کند [۲۵]. برای رسیدن به نقشه پهنه بندی اقلیمی سیستم های P.V در ایران، به ترتیب اولویت ها از نقشه و تاثیر لایه های مشخص شده GIS برای شناسایی مناطق مستعد با پتانسیل مناسب و برخوردار از منابع انرژی خورشیدی و با در نظر گرفتن محدودیت های فنی، محدودیت های اقتصادی، محدودیت های اجتماعی و محدودیت های زیست محیطی، از اطلاعات جغرافیایی و دمای مناسب و تاثیر تقسیمات کلی اقلیمی ایران جهت بهره برداری انرژی خورشید استفاده می شود.

تقسیمات کلی چهار گانه اقلیمی ایران در کتاب آقای کسمایی به کمک روش اولگی:

- اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل دریای خزر): تابستان روزها بین ۲۵ تا ۳۰ و شبها ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی گراد
- اقلیم سرد (کوهستان های غربی): متوسط در گرمترین بیش از ۱۰ و متوسط در سردترین کمتر از ۳- درجه سانتی گراد
- اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی): دمای هوا در روزهای گرم تابستان به ۴۰ تا ۵۰ درجه و شبها ۲۵ تا ۱۵ درجه سانتی گراد



شکل ۶- اطلس کلی نقشه میزان تابش خورشید [۲۲]

در کشور ما نیز از حدود سال ۱۳۷۰ تلاش ها و برنامه ریزی ها در جهت شناخت پتانسیل انرژی های نو به ویژه انرژی خورشید و کاربرد هر چه بیشتر آنها آغاز شده است. میزان تابش خورشید در نقاط مختلف ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده می شود که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. این پتانسیل مطلوب انرژی خورشید در بسیاری از نقاط کشور، زمینه مناسبی برای استفاده از تجهیزات خورشیدی فراهم نموده است [۲۳]. انرژی خورشید در ایران با در نظر گرفتن عرض جغرافیایی از پتانسیل و قابلیت ویژه ای برخوردار است. این میزان برای مناطق مختلف کشور با نقشه میزان تابش خورشید در شکل (۷) توسط وزارت نیرو و سازمان انرژی های نو ایران بیان شده است.



شکل ۷- نقشه میزان تابش خورشید در نقاط مختلف ایران [۲۴]

است که در این مقاله از آن استفاده می گردد. نقشه تقسیمات اقلیمی تابستان اقلیمی و معماری در شکل (۸) الف و ب و همچنین نقشه تقسیمات اقلیمی زمستان در شکل (۹) ترسیم شده است.

• اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی): دمای هوا در روزهای گرم تابستان به ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی گراد [۲۶]. لازم به یادآوری است که تقسیمات اقلیمی در تابستان و تقسیمات اقلیمی در زمستان حاوی اطلاعات کاربردی بیشتری



شکل ۸- (الف) نقشه تقسیمات اقلیمی تابستان



شکل ۸- (ب) نقشه تقسیمات اقلیمی زمستان [۲۶]

زمستان و نتایج حاصل از ترکیب مناطق اقلیمی تابستانی و زمستانی ۹ نوع اقلیم در ایران را مشخص نمود. که خلاصه آنها در جدول (۱) آمده است [۲۶].

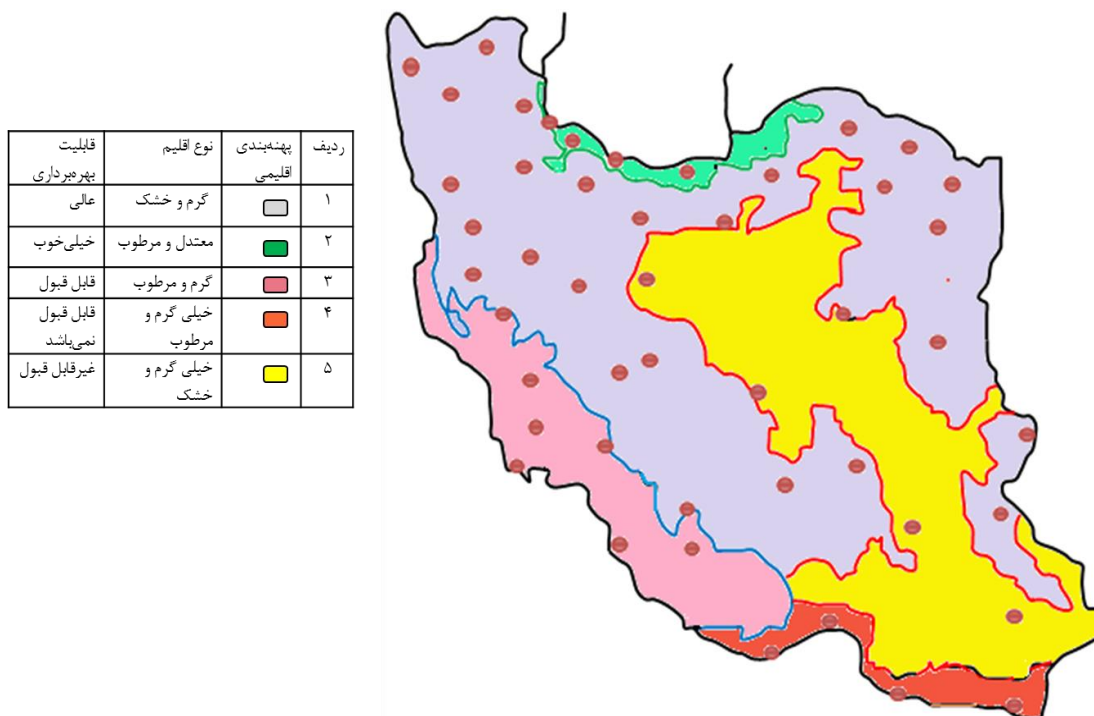
### ۵- تقسیمات نه گانه اقلیمی در ایران

تقسیمات اقلیمی در تابستان و تقسیمات اقلیمی در زمستان حاوی اطلاعات کاربردی بیشتری است. آقای کسمایی در کتاب اقلیم و معماری ایران، تقسیمات اقلیمی در تابستان و تقسیمات اقلیمی در

جدول شماره ۱- تقسیمات نه گانه اقلیمی در ایران [۲۶]

نوع اقلیم	ویژگی	متوسط حداکثر دما در تابستان c	متوسط حداقل دما در زمستان C	نمونه
۱	تابستان گرم و خیلی مرطوب، بدون فصل زمستان	۳۵ تا ۴۰	۱۰ تا ۱۵	جاسک-چاه بهار-بندرلنگه- بندرعباس-بوشهر
۲	تابستان خیلی گرم و مرطوب، بدون فصل زمستان	۴۵ تا ۵۰	۵ تا ۱۰	آبادان-اهواز
۳	تابستان گرم و مرطوب، زمستان معتدل	۳۵ تا ۴۰	۰ تا ۵	کازرون
۴	تابستان خیلی گرم، بدون فصل زمستان	۴۰ تا ۴۵	۵ تا ۱۰	ایرانشهر
۵	تابستان خیلی گرم و خشک، زمستان معتدل	۴۰ تا ۴۵	۰ تا ۵	طبس-کاشان
۶	تابستان معتدل و مرطوب، زمستان معتدل	۲۵ تا ۳۰	۰ تا ۵	بابلسر-بندر انزلی-رشت-گرگان
۷	تابستان گرم و خشک، زمستان معتدل	۳۵ تا ۴۰	۰ تا ۵	زابل-زاهدان-فسا-بیم
۸	تابستان گرم و خشک، زمستان سرد	۳۵ تا ۴۰	۰ تا -۵	تهران-شیراز-مشهد
۹	تابستان گرم و خشک، زمستان خیلی سرد	۳۵ تا ۴۰	-۵ تا -۱۰	اراک-همدان-زنجان-تبریز

در این جدول حداقل و حداکثر دما در تابستان و زمستان به کمک اطلاعات سازمان هواشناسی بیان گردیده است.



شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی سیستم‌های P.V در ایران

سوخت‌های فسیلی برخوردار می‌باشد اما به دلیل محدودیت‌های پیش رو برای استفاده از این نوع انرژی و هم چنین موقعیت جغرافیایی مناسب و برخوردار از شدت تابش عالی و پتانسیل بالا برای دریافت انرژی خورشیدی، مناسب‌ترین راه‌حل با توجه به موقعیت آن، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله خورشید به صورت سیستم فتوولتائیک می‌باشد زیرا با نگاه به آینده و برای بهبود کیفیت زندگی و محیط‌زیست، با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی استفاده از انرژی‌های نو یک ضرورت می‌باشد. در این مقاله با شناخت ویژگی‌های این سیستم و مطالعه خصوصیات اقلیم هفت‌گانه ایران و ویژگی‌های فنی و عمل‌کردی در مقایسه با پهنه‌بندی اقلیمی، نقشه پهنه‌بندی اقلیمی کاربرد سیستم‌های P.V در ایران تهیه گردید. در این راستا نکته قابل تامل، برنامه ریزی جهت کاربرد وسیع سیستم می‌باشد تا از خورشید به عنوان منبع بی‌انتهای نور و گرما و منبع عظیم و گران‌بهای حامل‌های انرژی استفاده شود.

#### ۶- دمای مناسب برای سیستم‌های P.V

پژوهش‌گران دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران دمای استاندارد برای عمل‌کرد مناسب سیستم‌های فتوولتائیک در ایران را ۲۵ درجه سلسیوس عنوان نمودند که در صورت بالا رفتن دما ۲ تا ۳ درصد راندمان این سیستم‌ها کاهش می‌یابد. هم‌چنین در دمای بیش از ۴۰ درجه در تابستان، افزایش دما موجب تجمع حرارت در سیستم فتوولتائیک می‌شود که این امر سبب کاهش عمر مفید آن خواهد شد [۲۷]. با عنایت به تقسیمات اقلیمی ایران و ویژگی‌های آنها در مراجع و دمای مناسب برای سیستم‌های P.V می‌توان نقشه با پهنه بندی اقلیمی، کاربرد سیستم‌های P.V در ایران را به صورت شکل (۹) می‌توان ارائه نمود. در این نقشه شرایط سخت خیلی گرم و خشک به دلیل دما بالا ۴۰ درجه و آسیب رسانی زیاد به سیستم‌ها شرایط قابل قبولی ندارد هم‌چنین منطقه معتدل و مرطوب شمال کشور ضمن برخوردار بودن از دمای مناسب به دلیل شرایط ابری زیاد در طول سال در اولویت اول نمی‌باشد.

#### ۷- نتیجه گیری

انسان با شناخت و به‌کارگیری نفت و مشتقات آن برای گرم کردن محیط زندگی خود بهره برد و با ازدیاد جمعیت و صنعتی شدن جهان و ایجاد شیوه‌های نوین زندگی، مصرف انرژی به شدت افزایش یافت. این مهم ضمن محدود نمودن منابع انرژی‌های فسیلی، سبب تهدید محیط‌زیست شد و به عنوان نگرانی نسل معاصر، بهترین گزینه برای پاسخ به نیاز، استفاده و جایگزینی انرژی‌های نو و قابل تجدید واقع گردید. در این میان کشور ما هم هرچند در حال حاضر از منابع غنی

منابع

- [۱] ادوارد، برایان؛ ترجمه: شهروز تهرانی، ایرج؛ رهنمون هایی به سوی معماری پایدار، مهرآزان، تهران ۱۳۸۹
- [2] Mahdavinejad-Mohammadjavad: Bemanian, Mohammadreza and Khaksar, Neda (2011) "Architecture and Identity- Explanation of the Meaning of Identity in Pre- Modern and Post-Modern Eeas; "Hoviatshahr; 4(7)113-122
- [3] Jason R. Janke, (2010). "Multicriteria GIS modeling of Wind and solar farms in Colorado", Renewable Energy.
- [4] A review", Renew. Sustain. Energy Rev; Vol. 38, PP. 686-699.
- [5] Prasad R.D; Bansal R.C; and A. Raturi (2014), "Multi-faceted Energy Planning: Internationl Energy agency (IEA), World energy outlook 2013, NOV 2013
- [6] Internationl Energy agency (IEA), World energy outlook 2013, October 2013
- [7] Energy Information Administration (EIA) (2013), International Energy OutLook 2013.
- [8] Bahrami, M. and Abbaszadeh, P. An overview of renewable energies in Iran. Renewable and Sustaianable Energy Reviews, 24: 198-208. 2013.
- [9] IEA. International Energy Agency.energy.2019
- [10] International Renewable Energy Agency. Renewable capacity highlights.March 2020
- [11] Besarati S.M; Padilla R.V; Goswami D.Y. and E Stefanakos (2016), "The Potential of Hamessing Solar Radiation in Iran: Generating Solar Maps and Viability Study of P.V Power Plants", Renew. Energy, vol. 53, No; pp. 193-199.
- [12] EIA, U.S. Energy Information Administration, Iran, March, Vol. 28, 2013, Full Report.  
[۱۳] تراز نامه انرژی ۱۳۹۴، معاونت برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی. ۱۳۹۶
- [14] www.iranea.org, accessed 16.05. 2019.
- [۱۵] وزارت نیرو-سازمان انرژی های نو ایران (سانا). ۱۳۹۸-انرژی خورشیدی
- [16] Smit,A. (2013), "The ClimateBonus: Co-benefits of Climate Policy", Oxon, Yaylor &Francis Group LLC.
- [17] Commission W.D. (2010), "Site Options for Concentrated Solar Power Generation in the wheatbelt Final Report".
- [18] Nasrollahi .f. (2010).co2 Emission Inventory in Iran "Young Cities Research Project, Berlin University of Technology  
[۱۹] حیدری، شاهین؛ برنامه ریزی انرژی در ایران، دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۴
- [20] Khorasanizadeh, H; K. Mohammadi, and A. Mostafaeipour. Establishing a diffuse solar radiation model for determining the optimum tilt angle of solar surfaces in Tabas, Iran. Energy Convers Manage, 78: 805-14.2014
- [21] Alamdari p; Nematollahi O; and A.A. Alemrajabi (2013). "Solar Energy Potentials in Iran: A review", Renew. Sustain. Energy Rev; Vol. 21, pp. 778-788.
- [22] https://globalsolaratlas.info, accessed 10.02. 2020  
[۲۳] حاج سقطی، اصغر - کرمی، شهرام؛ انرژی خورشیدی به روایت تصویر، تهران، ۱۳۹۰
- [24] www.sun.org.ir, accessed 21.02. 2020
- [25] Alamdari p; Nematollahi O; and A.A. Alemrajabi (2013). "Solar Energy Potentials in Iran: A review", Renew. Sustain. Energy Rev; Vol. 21, pp. 778-788.  
[۲۶] کسمایی، مرتضی؛ اقلیم و معماری، شرکت خانه سازی ایران، ۱۳۷۲
- [27] http://www.mashregnews.ir. accessed 15.06. 2019