پتانسیل سنجی انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق بیابانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان گناباد، استان خراسان رضوی)

رخساره خشتابه [۱](نویسنده مسئول) ✉، حمیدرضا عسگری [۲]، چوقی بایرام کمکی [۳] ، حسن یگانه [۴]، مرتضی اکبری [۵]

۱-دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲-دانشیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳-استادیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴-دانشیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۵-دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

چکیده

مقدمه: تأمین انرژی یکی از ضروری‌ترین بخش‌ها در جهت پیشبرد توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه است. براساس گزارش‌های سازمان جهانی انرژی، در سال ۲۰۱۹، میزان انتشار در اکسید کربن ۰/۵ درصد و مصرف سرانه انرژی اولیه ۱/۳ درصد در سراسر جهان افزایش یافته است که این میتواند زنگ خطری برای بشر و محیطزیست باشد. یکی از راه‌های محقق شدن اهداف توسعه پایدار، کاهش اثرات زیست محیطی و بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر، خصوصا انرژی خورشیدی است. ایران و مناطق شرقی آن نیز به عنوان کشور و مناطق در حال توسعه نیازمند به امنیت انرژی هستند. تحقیقات گذشته حاکی از آن است که استان‌های شرقی ایران خصوصا مناطق بیابانی دارای پتانسیل خوبی از نظر دریافت تابش خورشیدی می‌باشند. از این رو با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور ایران نیز، گرایش به سمت استفاده از این انرژی و همچنین بهره‌برداری هرچه بیشتر از آن در کشور خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک که دارای شرایط بهتری نسبت به سایر مناطق هستند، افزایش یافته است. تحقیق حاضر به بررسی امکان استفاده از انرژی خورشیدی در شهرستان گناباد واقع در استان خراسان رضوی می‌پردازد.

مواد و روش ها: با استفاده از اطلاعات جغرافیایی و داده‌های ایستگاه های هواشناسی برای مدت ۲۲ سال در نرم افزارPVGIS و به روش درونیابی (IDW)، ارزیابی ظرفیت کل شهرستان انجام و مناطق دارای بالاترین پتانسیل بهره برداری با ابزار Solar Radiation Analysis Tools در نرم افزار ArcGIS محاسبه گردید و مشخص شد.

یافته‌ها: با بررسی داده‌های اقلیمی به مدت ۲۲ سال و پردازش آنها و اطلس انرژی‌های تجدیدپذیر ایران وضعیت بهره‌مندی بخش‌های مختلف شهرستان گناباد از انرژی خورشیدی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از ارزیابی، حداکثر ظرفیت متوسط دریافتی تابش روزانه خورشید ۱۸۴۹/۹۹ $j/cm^2/day$ برآورد شد. بیشترین میزان تابش روزانه خورشیدی در این شهرستان ۴/۷۵۴ کیلووات ساعت بر مترمربع و کمترین آن۳/۵۶۶ کیلووات ساعت بر مترمربع محاسبه شد.. اعداد بدست آمده از نظر میزان توزیع مکانی تابش خورشیدی گناباد حاکی از آن است که این منطقه، مناسب برای توسعهٔ بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر و تولید برق فتوولتائیک است.

نتیجه‌گیری: با توجه به اهمیت انرژی و در دسترس بودن آن در تمام مناطق از جمله مناطق بیابانی، روستاهای دور افتاده و مناطق حفاظت شده، میتوان با جایگزینی سیستم های فتوولتائیک خورشیدی به جای سوخت فسیلی، از چالش های انتقال انرژی کاست. با سرمایه‌گذاری دولت روی اینگونه انرژی‌ها، نه تنها اثرات منفی زیست محیطی سوخت های فسیلی کاهش می یابد؛ بلکه وابستگی به این سوخت ها نیز کمتر خواهد شد.

کلمات کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، توسعه پایدار، شهرستان گناباد، PVGIS، قابلیت‌های بیابان.

[۱]– **نویسنده مسئول:** رخساره خشتابه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری رایانامه: khashtabehrokhsareh@gmail.com تلفن: ۰۹۱۵۴۲۰۶۷۶۴

Measuring the potential of renewable energy in desert areas using geographic information system (Case study: Gonabad city, Razavi Khorasan province)

Rokhsareh khashtabeh[1]✉, Hamidreza asgari [2], Chooghi bairam Komaki [3], Hasan Yeganeh[4], Morteza Akbari[5]

1- Ph.D student of Desert Management and Control, Department of Arid and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Associate Professor, Faculty of Pasture and Watershed Management, Department of Arid Zones and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3- Assistant Professor, Faculty of Pasture and Watershed Management, Department of Arid Zones and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4- Associate Professor, Faculty of Pasture and Watershed Management, Department of Pasture and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
5- Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Department of Arid Zones and Desert Management, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Abstract

Introduction: Energy supply is one of the most essential sectors in order to promote sustainable development in developing countries. According to the reports of the World Energy Organization, in 2019, the amount of carbon dioxide emissions increased by 0.5% and the per capita consumption of primary energy increased by 1.3% worldwide, which can be a warning for humans and the environment. One of the ways to achieve sustainable development goals is to reduce environmental impacts and use renewable energy sources, especially solar energy. As a developing country and regions, Iran and its eastern regions also need energy security. Past research indicates that the eastern provinces of Iran, especially the desert areas, have good potential in terms of receiving solar radiation. Therefore, according to the geographical location of Iran, the tendency towards the use of this energy and its utilization as much as possible in the country, especially in arid and semi-arid regions, which have better conditions than other regions, has increased. The present research examines the possibility of using solar energy in Gonabad city located in Razavi Khorasan province.

Data and method: By using geographic information and meteorological station data for 22 years in PVGIS software and by interpolation method (IDW), the assessment of the entire city's capacity was carried out and the areas with the highest exploitation potential were calculated with Solar Radiation Analysis Tools in ArcGIS software.

Results: By examining the climate data for 22 years and processing them and Iran's renewable energy atlas, the status of benefiting from solar energy in different parts of Gonabad city has been evaluated. The results of the evaluation, the maximum average daily solar radiation capacity was estimated to be 1849.99 j/cm2/day. The highest amount of daily solar radiation in this city was 4.754 kilowatt hours per square meter and the lowest was

[1]- Corresponding Author: Rokhsareh Khashtabeh, Department of Arid and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. **E-mail:** Khahtabehrokhsareh@gmail.com Tel:09154206764

calculated to be 566.3 kilowatt hours per square meter. The numbers obtained in terms of the spatial distribution of solar radiation in Gonabad indicate that this area is suitable for development. Utilization of renewable energy and photovoltaic electricity production.

Conclusion: Considering the importance of energy and its availability in all regions, including desert areas, remote villages, and protected areas, it is possible to reduce energy transmission challenges by replacing fossil fuel with solar photovoltaic systems. With the government's investment in such energies, not only the negative environmental effects of fossil fuels should be reduced; Rather, the dependence on these fuels will also decrease.

Keywords: Renewable energy, sustainable development, Gonabad city, PVGIS, desert capabilities.

۱-مقدمه

دردهه‌های اخیر، به دلیل کاهش و رو به اتمام بودن منابع انرژی فسیلی و اثرات مخرب زیست محیطی آن در جهان، تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و بهره‌گیری از آن به عنوان یک سیاست جایگزین، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (شهسواری و اکبری، ۲۰۱۸؛ بنداک، ۲۰۱۸). علاوه بر آن، طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته تا سال ۲۰۳۰ جمعیت جهان به ۸/۵ میلیارد نفر خواهد رسید (UN, 2022). این رشد جمعیت تأثیر زیادی بر جامعه، اقتصاد و محیط زیست دارد و باعث توسعه و گسترش شهرها می‌گردد (کین و همکاران، ۲۰۲۲). این در حالی است که رشد یک درصدی شهرنشینی تقاضای مصرف انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی را تا ۰/۷۲ درصد افزایش خواهد داد (مرابت و همکاران، ۲۰۱۹). بر اساس آمار جهانی رشد مصرف انرژی در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال‌های گذشته ۵/۸ درصد افزایش یافته است که ۸۲ درصد آن توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. به همین دلیل امروزه یکی از چالش‌های مهم زندگی بشریت، بحث امنیت و تامین انرژی است (Bp, 2022). با توجه به این مورد که امنیت و تأمین انرژی در توسعه پایدار کشورهای دنیا بسیار ضروری است، وجود انرژی پاک و مقرون به صرفه به عنوان یکی از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد انتخاب شده است (Un, 2022).

از انقلاب صنعتی تاکنون به خصوص در دوره آنتروپوسن، آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش منابع انرژی‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های نو در جهان از اهمیت زیادی برخوردار شده است (شهسواری و همکاران، ۲۰۲۴؛ بریمانی و نژادیان، ۲۰۱۴; کارامان و همکاران، ۲۰۲۰). کشورهای جهان از یک طرف به دنبال منابع انرژی ارزان‌تر بوده و از طرف دیگر ملزم هستند تا تولیدات و فعالیت‌های خود را در چهارچوب‌های تعیین شده زیست محیطی به انجام رسانند. این امر اهمیت توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر را بیشتر نشان می‌دهد (زرنگار، ۲۰۱۸). انرژی‌های مختلف دارای مزایا و معایبی از جنبه‌های مختلف هستند. انرژی‌های فسیلی که بسیار مورد استفاده است از یک طرف در حال اتمام بوده و از طرف دیگر به دلیل ایجاد آلودگی های زیست محیطی استفاده از آن چندان به نفع جوامع انسانی نمی‌باشد (اوریا، ۲۰۱۹). با توجه به اهمیت امنیت انرژی، د ر زمان تأمین انرژی باید به موارد مهمی چون :قیمت مناسب، کاهش تولید کربن و پایداری آن توجه نمود (BP، ۲۰۲۲)منابع انرژی تجدیدپذیر علاوه بر موارد ذکرشده سبب حفاظت از محیط زیست، پایداری و امنیت انرژی نیز می‌شود (الریکابی، ۲۰۱۴). کاهش هزینه های مربوط به تولید انرژی از این منابع، باعث افزایش سرمایه گذاری در این زمینه و به دنبال آن باعث رشد اشتغال‌زایی می‌شود (شریف کریمی و همکاران، ۱۳۹۹). رشد مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر با تأثیر غیر مستقیمی که در رشد اقتصادی و زیست محیطی یک کشور دارد به توسعه پایدار کشورها کمک کرده می‌تواند سهم بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر در کل انرژی را تا ۱۰۰ درصد افزایش دهد (حکمت‌نیا و همکاران، ۲۰۲۰؛ گونای، ۲۰۱۹, نوراللهی و همکاران، ۲۰۲۰).

منابع جهانی انرژی را میتوان به سه گروه اصلی انرژی های فسیلی (نفت، گاز، زغالسنگ و ...)، انرژی هسته ای و انرژی‌های تجدیدپذیر (باد، خورشید، زمین‌گرمایی، بایومس و...) طبقه بندی کرد (علمداری وهمکاران،۲۰۱۳). بیشتر منابع انرژی که در حال حاضر به آنها متکی هستیم، محدودند و به دلیل تقاضای روزافزون تمام خواهند شد. علاوه براین، مشکلات جدی مانند آلودگی هوای محلی و آب

وخاک یکی از پیامدهای مصرف منابع انرژی مختلف است. ادامهٔ استفاده از سوخت های فسیلی، نه تنها به دلیل تأثیرات جهانی بر سیستم آب و هوایی، بلکه به علت آثار کوتاه مدت و بلندمدت بر جامعه و اکوسیستم هوشمندانه نیست (الیوت،۲۰۰۷). با افزایش آگاهیها از خطرات تغییر اقلیم، بسیاری از کشورها راهبردهای الزم را برای گذار به اقتصادهای کم کربن تأیید کرده اند. جایگزینی سوختهای فسیلی با منابع انرژی تجدیدپذیر یکی از راهبردهای اصلی کربن زدایی است (پانوار، ۲۰۱۱).

از انواع انرژی های تجدیدپذیر میتوان به انرژی خورشیدی ، انرژی زمین گرمایی ، انرژی بادی ، انرژی بیومس و قدرت جزرومد اشاره کرد (الریکابی، ۲۰۱۴). طبق گزارشات ویراست ۷۱ آمار جهانی انرژی ۲۰۲۲، انرژی های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی و بادی، رشد دلگرم کننده داشته و تا سال ۲۰۲۱ حدود ۱۳ درصد از کل انرژی برق تولید شده جهان را به خود اختصاص داده و برق تولیدی از انرژی های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۱ تقریباً ۱۷ درصد افزایش یافته است (BP، ۲۰۲۲). استفاده از انرژی‌های خورشیدی به دلایل مختلف مانند دسترسی آسان و سهولت تبدیل به انرژی الکتریکی (برق)، سازگاری با محیط زیست و تجدیدپذیری، از مطلوبیت زیادی برخوردار است (علمداری و همکاران، ۲۰۱۳). انرژی خورشیدی در مقایسه با سایر منابع انرژی یکی از مهم‌ترین، قابل‌دسترس‌ترین و پاک ترین منابع کره زمین است که برای بهره‌برداری از آن نیاز به تکنولوژی پیشرفته و پرخرج نیست (چانگ و همکاران، ۲۰۱۸). این انرژی به عنوان یک منبع مفید که فاقد خطر و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی است میتواند در مناطقی که محدودیت منابع انرژی‌دارند و همچنین مناطق خشک ازجمله ایران برای رشد و توسعه اقتصادی استفاده گردد (علمداری و همکاران، ۲۰۱۳, کو و همکاران، ۲۰۱۱). و چون ایران یکی از کشورهای مناسب در جهت تابش خورشید، روزهای آفتابی ۳۰۰ (روز)، درجه حرارت مناسب در نقاط مختلف با تابش خوب و شبکه‌های گسترده برق برای جابجایی تولید انرژی الکتریکی از خورشید است (فدایی، ۲۰۰۷, حجازی و کربلایی، ۲۰۱۸, نجفی و همکاران، ۲۰۱۵). این انرژی به روش های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و پتانسیل لازم برای جایگزینی با سایر منابع انرژی را دارد (رام و همکاران، ۲۰۱۷).

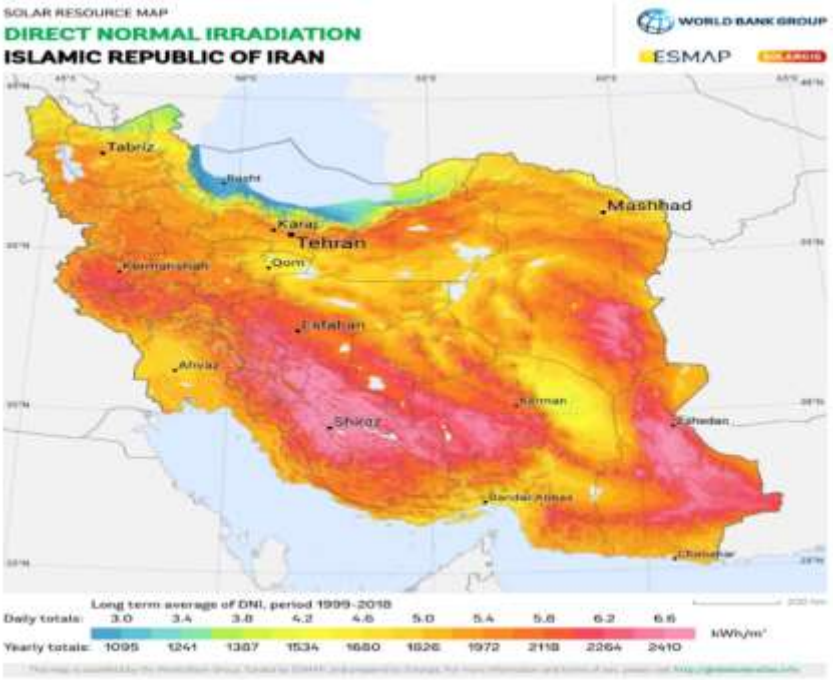
انرژی خورشیدی از جمله انرژی‌هایی هستند که کشور ایران از ظرفیت بالایی برای بهره برداری از آنها برخوردار است. ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی قرار گرفته و در منطقه ای واقع شده است که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده ها قرار دارد. متوسط تابش روزانه در آن خصوصا در بیابان‌ها و مناطق خشک و نیمه خشک، ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در روز است(جوانمرد و همکاران، ۲۰۱۹, محمدی و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی بر حسب آنچه گفته شد، کشور ایران به دلیل موقعیت ویژه جغرافیایی خود توان بالایی در دریافت این نوع انرژی دارد، که به طور میانگین سالانه تابش خورشید در کشور ۵ کیلووات ساعت در روز برآورد شده که این میزان در مقایسه با دیگر کشورها قابل ملاحظه است (فدایی، ۲۰۰۷).

تاکنون مطالعات متعددی درزمینهٔ ارزیابی امکان بهره‌مندی از منابع تجدیدپذیر در شهرهای مختلف کشور انجام گرفته است. دهدار و همکاران(۱۴۰۲) به بررسی پتانسیل استان ایلام برای بهره برداری از انرژی خورشیدی پرداختند. دراین بررسی به کمک نرم افزار ArcGIS و استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی و مدل سلسله مراتبی به مناطق با پتانسیل بالا شناسایی شد. علمداری و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی امکان‌پذیری استفاده از انرژی خورشیدی در مناطق مختلف ایران پرداختند. آنان به این منظور میانگین و

کمینه و بیشینهٔ تابش افقی سالانه را برای ایستگاه های مختلف محاسبه کردند و نتیجه گرفتند مناطق مرکزی و جنوبی ایران به جز مناطق ساحلی در جنوب، بالاترین مقادیر تابش های افقی را دریافت میکند. از میان این مناطق، خراسان رضوی، خراسان جنوبی و خوزستان مقادیر قابل توجهی از تابش خورشیدی را دریافت می‌کنند که این موضوع استفاده از سیستم های خورشیدی را در این مناطق از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر خواهد کرد. موقری و طاوسی (۲۰۱۳) نیز که بر روی استان سیستان و بلوچستان به منظور بررسی قابلیت این منطقه در میزان دریافت تابش نور خورشید مطالعه می‌کردند، به این مهم دست یافتند، که میزان دریافت تابش در مناطقی که در عرض های پایین تر (در کشور) واقع شده اند و همچنین از نظرساعات آفتابی، مقدار بیشتری را نسبت به مناطق مستقر در نواحی شمالی کشور به خود اختصاص داده اند؛ براساس طبقه بندی آنها در محیط GIS، ۱۴/۲۳ درصد از مساحت استان در محدوده ی بسیار مطلوب و ۲۸/۷۹ درصد از منطقه در سطح مطلوب برای بهره گیری از انرژی تابشی خورشید برآورد شد که این اعداد حاکی از بالا بودن پتاسیل های مناطق خشک و نیمه خشک در کشور محسوب می‌گردد. شیبانی ۱۳۹۵با استفاده از GIS و شاخص‌های هواشناسی به تحلیل تناسب مکانی بهر ه برداری از انرژی خورشیدی در استان خراسان رضوی پرداخته و نتایج آنها نشان داد که در اولویت اول شهرستان های کاشمر، فریمان و خواف و سپس شهرستان های گناباد و تربت حیدریه هستند. رضایی و همکاران، ۱۳۹۸, شورابه و همکاران، ۲۰۲۲, حیدری و همکاران، ۲۰۲۲)، اشاره نمود که همگی وجود پتانسیل انرژی خورشیدی و زمین گرمایی در شرق ایران را تایید نموده اند. بررسی پیشینه تحقیق نشان میدهد که مطالعات انجام شده بیشتر به پتانسیل سنجی بهره برداری از انرژی خورشیدی پرداخت اند.

ایران کشوری در حال توسعه است .مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر از جمله رشد نرخ مصرف گاز طبیعی ایران که در سال ۲۰۲۱ حدود ۸/۸۶ درصد و سال ۲۰۲۰ حدود ۸/۴۳ درصد بوده است، نسبت به سال قبل ۰/۴۳درصد رشد داشته است. این کشور با توجه به رشد مصرف انرژی باید ظرفیت تولید انرژی خود را توسعه دهد و یک برنامه ریزی ویژه در طرح توسعه خود داشته باشد. همینطور استفاده گستره از انرژی‌های فسیلی در بخش های مختلف کشور با افزایش آلاینده ها سبب آسیب زیاد به محیط زیست می‌شود. یکی از بهترین جایگزین ها برای سوخت های فسیلی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است، که سازگار با محیط زیست ، مقرون به صرفه و به کاهش گرمایش جهانی نیز کمک می‌کند (جیام و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران در جهت دریافت تابش خورشیدی (بالغ بر ۳۰۰ روز آفتابی) خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک آن و سایر فاکتور های اقلیمی مستعد برای ایجاد شبکه های برق خورشیدی (سیستم های فتوولتاییک)، مناسب می باشد، که در نقشه های شماره ۱و۲ به وضوح، پتانسیل بالای ایران را از لحاظ بهره گیری از انرژی خورشیدی را نشان می‌دهد. شکل شماره ۱، میزان مولفه انرژی تابشی که به یک سطح واحد که در همه زمان‌ها رو به خورشید باشد را تابش مستقیم نرمال و یا DNI[1] می‌نامند، نشان می‌دهد(برگرفته از وب سایت جهانی Solar GIS[2]). برای کاربردهایی که سازه‌های خورشیدی و تکنولوژی‌هایی که نور خورشید را متمرکز می‌کنند این پارامتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

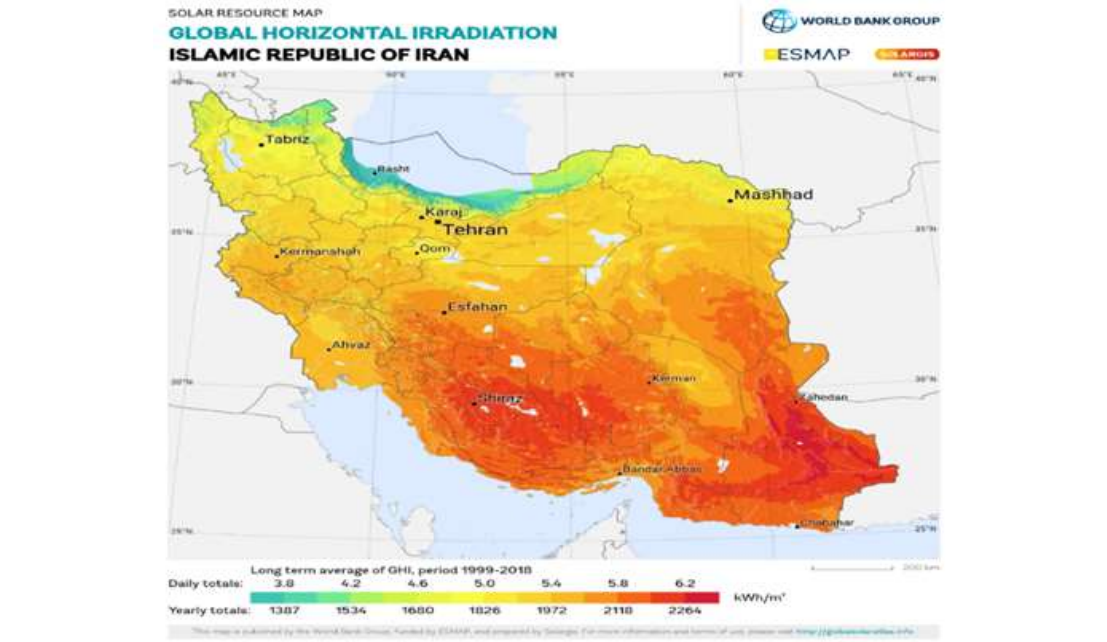
[1] Direct Normal Irradiation
[2] https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview



شکل (۱): نقشه تابش مستقیم نرمال (ایران) (اقتباس از سایت جهانی Solar GIS)

شکل نقشه شماره ۲، کل انرژی خورشیدی که به یک سطح افقی واحد می‌رسد را تابش مستقیم جهانی یا GHI[1] می‌نامند نشان می‌دهد. این انرژی عبارت است از انرژی خورشیدی که به طور مستقیم با نیروگاه‌های خورشیدی در ارتباط است که این نیروگاه‌ها هم از مؤلفه‌های پراکندگی و تابش مستقیم استفاده می‌کنند. در نیم کره شمالی کره زمین، سطحی که با زاویه نسبت به جنوب قرار داده شود میزان تابش سالانه بیشتری در مقایسه با سطحی که افقی قرار داده شود دریافت می‌کند.

[1] Global Horizontal Irradiation



شکل (۲): نقشه تابش مستقیم جهانی (ایران) (اقتباس از سایت جهانی Solar GIS)

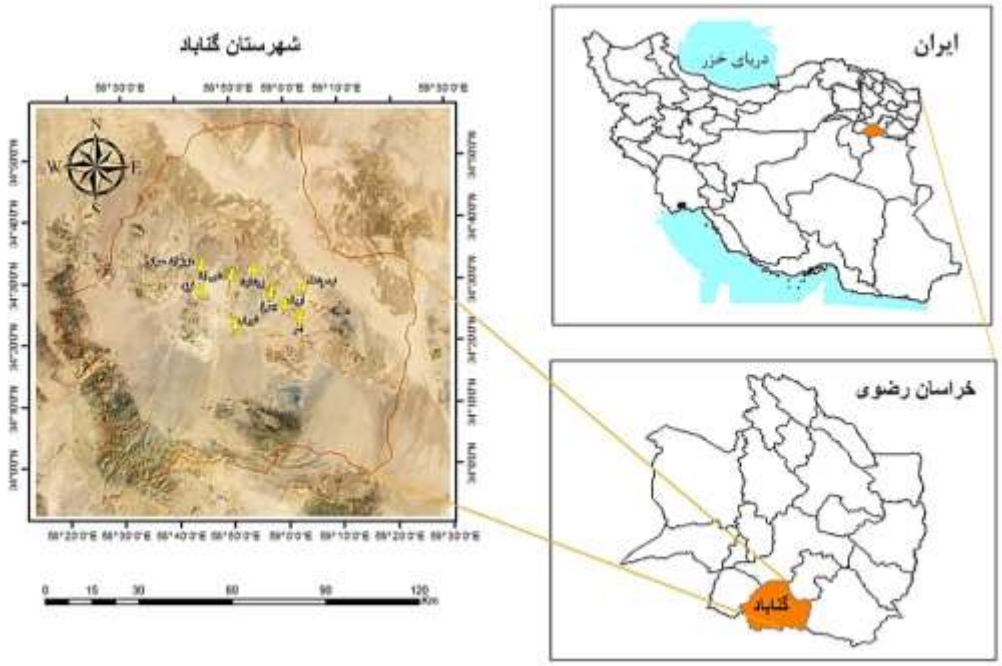
این پژوهش همانطور که پیشتر نیز بدان اشاره شد برای شهرستان گناباد واقع در خراسان رضوی انجام شده است. این منطقه آب و هوای گرم و خشک دارد و با چالش هایی مانند کمبود انرژی، افزایش هزینه‌های انرژی،کاهش سطح آب زیرزمینی و کمبود اشتغال مواجه است. این مشکالت باعث شده است که نیازبه تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیردر این منطقه به شدت احساس شود. همچنین، تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر در این منطقه با چالش‌هایی مانند عدم توانایی در تأمین منابع مالی، عدم دسترسی به فناوری‌های پیشرفته، عدم انتقال آسان انرژی و عدم توانایی در جذب سرمایه‌گذاری مواجه است. توسعۀ منابع تجدیدپذیر در شهرستان گناباد میتواند به عنوان راه حلی برای تأمین نیازهای انرژی به صورت محلی وتوسعۀ اقتصادی این منطقه به کار گرفته شود. با توجه به گرم و آفتابی بودن منطقه و زاویه تابش خورشیدی، این منطقه دارای پتانسیل قابل بررسی درزمینۀ انرژی خورشیدی است. همچنین، استفاده از فناوری‌های پیشرفته و جذب سرمایه گذاری در این حوزه نیز میتواند تأثیر به سزایی داشته باشد (دانشوری و خلیل‌زاده، ۲۰۱۹). بنابراین هدف از این مطالعه، ارزیابی استفاده از منابع تجدیدپذیر در این منطقه است.

۲- داده‌ها و روش‌شناسی

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

شهرستان گناباد، جنوبی‌ترین شهرستان خراسان رضوی و ازنظر تقسیمات سیاسی، این شهرستان جزء استان خراسان رضوی می‌باشد. گناباد در فاصله ۲۶۵ کیلومتری از مرکز استان واقع که از شمال به شهرستان مه ولات و از شرق به شهرستان خواف و از جنوب به

قاینات، فردوس و سرایان و از غرب به شهرستان بجستان محدود می‌شود. این شهرستان در طول شرقی ۵۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۷ دقیقه و عرض شمالی ۳۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۴ دقیقه واقع شده است. مساحت این شهرستان تا قبل از جدا شدن بجستان، ۹۵۸۴ کیلومتر مربع بوده است اما در حال حاضر مساحت آن ۵۷۶۸/۴۳ کیلومتر مربع و دارای دو بخش مرکزی و کاخک است. به‌طور کلی شهرستان گناباد دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. شکل ۳، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.



شکل (۳): نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲ روش انجام پژوهش

در این تحقیق برای پتانسیل تابش دریافتی شهرستان گناباد، از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی فتوولتائیک PVGIS استفاده شده است. تابش خورشیدی به پارامترهای دیگری مثل دما، ریزگرد و غیره بستگی دارد و برای درک بهتر آنها ما از این شاخص ها هم در مطالعه خود استفاده میکنیم. در کل هر چه تابش خورشیدی و ساعت آفتابی بیشتر باشد انرژی دریافتی از خورشید هم بیشتر خواهد بود. اطلاعات دریافتی از ایستگاه‌های هواشناسی به صورت روزانه و برای مدت ۲۲ سال دریافت گردید و پس از انجام پیش پردازش هایی چون درونیابی IDW لایه اطلاعاتی تعداد ساعتهای آفتابی و تابش دریافتی از خورشید حاصل گردید و شاخص تابش افقی با استفاده از PVGIS تهیه شد. در بخش توزیع مکانی تابش خورشیدی منطقه مورد مطالعه، به منظور ارزیابی میزان دریافت تابش خورشیدی، از مدل‌های رقومی ارتفاع[1](DEM) با استفاده از ابزارهای تحلیل تابش انرژی

[1] Digital Elevation Model

خورشیدی Solar Radiation Analysis Tools در محیط نرم افزار ArcGIS استفاده شد (کایوسکا و سارک، ۲۰۲۱, مارتینز و همکاران، ۲۰۰۹, تووار و همکاران، ۲۰۰۶). (این ابزار میزان دریافت انرژی تابشی خورشید را برای منطقه‌ی متخب توسط کاربر مشخص می‌نماید و از منوی spatial analyst tools از بخش Arc tool box قابل انتخاب است).

- ظرفیت انرژی خورشیدی

ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی برپایهٔ ظرفیت برداشت انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) انجام شده است. عامل اساسی در بهبود بهره وری سیستم های فتوولتائیک مقدار زمان مواجهه با تابش خورشیدی طی روز است. جهت تخمین کل تابش انرژی خورشیدی که بر سطوح افقی میتابد، ازمعادلهٔ ۱که برپایهٔ تعداد ساعت‌های آفتابی طی یک روز محاسبه می‌شود، استفاده شده است (رایدز و همکاران، ۲۰۲۰):

معادله (۱): $\frac{Q}{Qs} = 0.29 \times \cos(\theta) + 0.59(\frac{n}{N})$

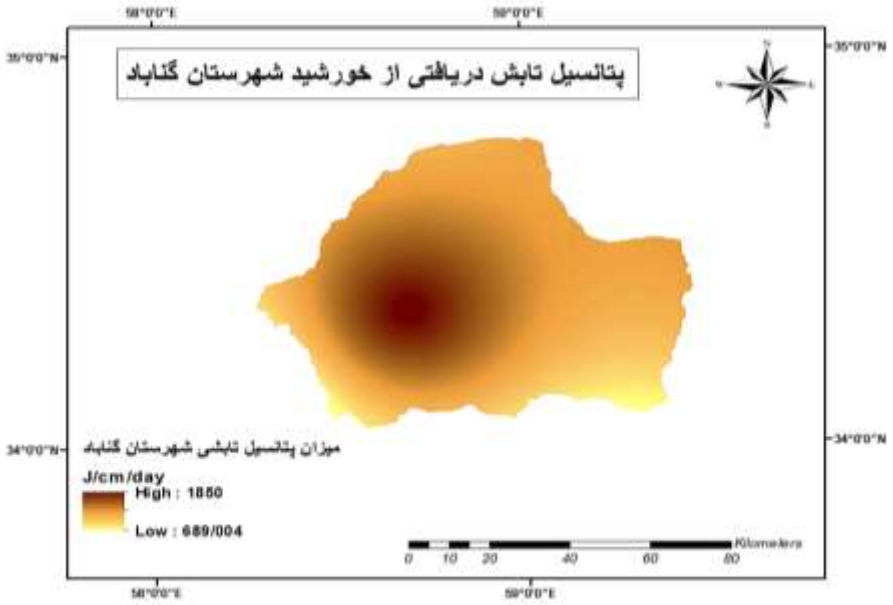
در این معادله، (Q) کل انرژی تابشی دریافت شده توسط یک سطح افقی را نشان می‌دهد،که با واحد $m^2.MJ^{-1}$ در روز اندازه گیری میشود؛ (n) شمار ساعت‌های دریافت نور خورشید دریک روز و(N) نشان دهندهٔ بیشینهٔ مقدار ممکن برای تعداد ساعت های آفتابی طی یک روز است. همچنین متغیر (Θ) عرض جغرافیایی مکان مورد نظر را معرفی میکند. این معادله به ارزیابی دقیق تر بار تابش خورشیدی برای مکانهای مختلف با توجه به ویژگیهای جغرافیایی کمک می‌کند.

۳- بحث و یافته‌ها

با بررسی داده‌های اقلیمی به مدت ۲۲ سال و پردازش آنها و اطلس انرژی‌های تجدیدپذیر ایران وضعیت بهره‌مندی بخش‌های مختلف شهرستان گناباد از انرژی خورشیدی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از بررسی انرژی خورشیدی در منطقه نشان داد که شهرستان گناباد با داشتن پتانسیل تابش دریافتی روزانه از نور خورشید در حالت کمینه ۶۸۹/۰۰۴ $j/cm^2/day$ و در حالت ماکزیمم ۱۸۵۰ $j/cm^2/day$ ،یک منطقهٔ مناسب برای توسعهٔ انرژی خورشیدی می‌باشد. میانگین تابش مستقیم نور خورشید روزانه در این منطقه معادل ۵/۲۰ $kWh.m^{-2}$ و میانگین تابش افقی جهانی روزانهٔ نورخورشید ۵/۳۰ $kWh.m^{-2}$ است. جدول ۱، مشخصات ظرفیت تابش و توان خورشیدی قابل برداشت در اقلیم منطقه مورد مطالعه را بیان می‌کند. علاوه بر این تابش پراکندهٔ روزانه منطقه نیز به طورمیانگین حدود ۲/۰۱ $kWh.m^{-2}$ می‌باشد. شکل ۴، نقشه پتانسیل تابش دریافتی روزانه شهرستان گناباد را نشان می‌دهد.

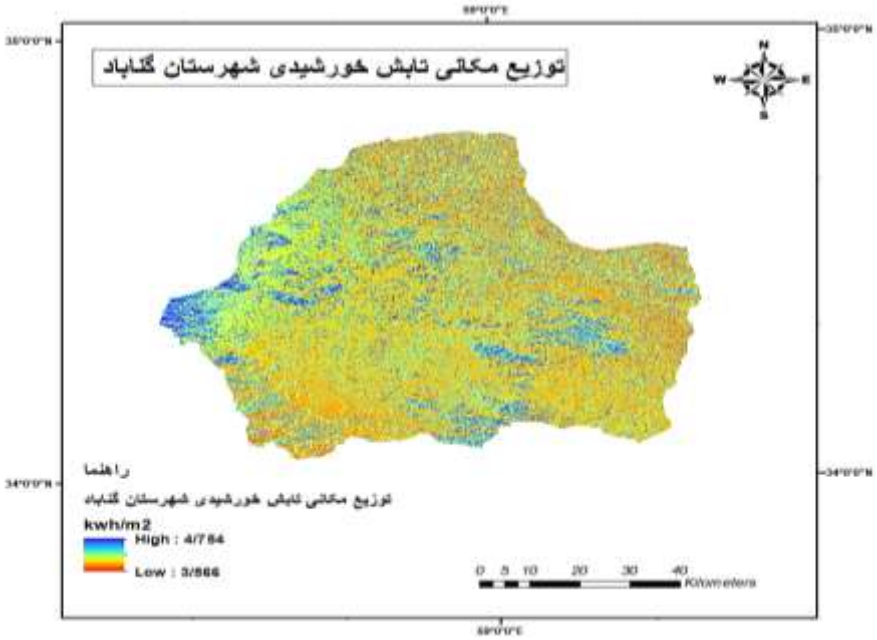
جدول (۱): مشخصات تابش و توان خورشیدی قابل برداشت در اقلیم مورد مطالعه

متغیر	مقدار	واحد
توزیع تابش خورشیدی برای تولید برق	۴/۷۵–۳/۵۶	$kWh.kW^{-1}$
میانگین تابش مستقیم	۵/۲۰–۴/۶۵	$kWh.m^{-2}$
میانگین تابش افقی جهانی	۵/۳۰–۴/۵۳	$kWh.m^{-2}$
تابش پراکنده روزانه	۲/۰۱–۱/۴۷	$kWh.m^{-2}$



شکل (۴): نقشه پتانسیل تابش دریافتی روزانه از خورشید در شهرستان گناباد

نتایج نیز نشان داد که بیشترین میزان تابش روزانه خورشیدی در این شهرستان ۴/۷۵۴ کیلووات ساعت بر مترمربع و کمترین آن۳/۵۶۶ کیلووات ساعت بر مترمربع می باشد (شکل ۵). به طور کلی مناطق خشک و بیابانی دارای پتانسیل بالاتری در دریافت تابش خورشید هستند و تعداد روزهای ابری و سایه اندازی کمتری می‌باشند. اعداد بدست آمده از نظر میزان توزیع مکانی تابش خورشیدی گناباد حاکی از آن است که این منطقه، مناسب برای توسعهٔ بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر و تولید برق فتوولتائیک است. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که انتخاب صحیح مناطقی که دارای دریافت تابشی بیشتری هستند، به بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه ها کمک می‌کند. این یافته ها میتواند به تصمیم‌گیری های بهتر در زمینه توسعه پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر خصوصا انرژی خورشیدی در این منطقه منجر شود.



شکل (۵): نقشه توزیع مکانی تابش خورشیدی در شهرستان گناباد

٤- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تغییرات اقلیم، همچون گرم شدن کره زمین و تلاش‌های جهانی جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، به علاوه افزایش تقاضا برای مصرف برق و عوامل دیگر، کشورها را به سمت استفاده و بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان انرژی پایدار و ایمن سوق داده است. شرق ایران به دلیل وسعت و جمعیت زیاد ، تنوع آب و هوایی و وجود نشانه‌هایی از انواع منابع تجدیدپذیر، از جمله انرژی خورشیدی، پتانسیل بالایی در این زمینه دارد. استفاده از این منابع نه تنها میتواند انرژی مورد نیاز منطقه را فراهم کند، بلکه با صادر کردن آن به مناطق دیگر، شرایط توسعه اقتصادی منطقه را نیز بهبود بخشد.

همانگونه که پیشتر نیز بدان اشاره شد، شهرستان گناباد از نظر اقلیمی، یک منطقه بیابانی است و اکثر بخش های مرتبط به آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل داده است. بنابراین، از تحلیل نقشه های پتانسیل تابش و توزیع تابشی خورشیدی آن میتوان دریافت که در نواحی خشک و نیمه خشک و بیابانی که اراضی خشک و بایر را داراست، آلبیدو (ضریب بازگشت یا انعکاس نور) و درجه حرارت تابشی بیشتری نسبت به مناطقی که دارای پوشش گیاهی هستند. لذا پتانسیل این مناطق را در جهت بهره‌گیری از تابش خورشیدی بالاتر می‌برد که از این جهت میتوان به یکی از قابلیت‌های بیابان نیز پی برد. نتایج حاصل از ارزیابی پتانسیل برداشت انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین انرژی مورد تقاضای شهرستان گناباد را نشان می‌دهد بهره برداری از انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر میتواند راهکار ارزشمندی به منظور برون‌رفت از چالش‌های تأمین تقاضای انرژی وتوسعهٔپایدار منطقه مورد توجه قرار گیرد.

۵- فهرست منابع

رضایی، محمد. حسینعلی، فرهاد .شریفی، علیرضا. (۱۳۹۸) پتانسیل سنجی احداث نیروگاه های فتوولتائیک در ایران با بهره‌گیری از روش فازی . نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، ۹(۳)، ۱۵۹-۱۷۱.

شریف کریمی، محمد .سهیلی، کیومرث . برزگری، شیما . (۱۳۹۹). رابطه بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد اقتصادی در ایران .علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲ (۶)، ۳۱-۴۷.

Alamdari, P., Nematollahi, O., & Alemrajabi, A. A. (2013). Solar energy potentials in Iran: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 778-788.

Alrikabi, N. (2014). Renewable Energy Types. Journal of Clean Energy Technologies, 61-64. https://doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.92.

Brimani, M., Kaabi Nejadian, A., (2014), Renewable energies in Iran and sustainable development in Iran, two scientific and specialized quarterly journals of renewable and new energies.

Benedek J, Sebestyén TT, Bartók B. (2018). "Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewable energy-based rural development," Renewable and Sustainable Energy Reviews., vol.90, p. 516–35.

Bp. (2022). Statistical Review of World Energy 2021. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf.

Chung. M, Shin. K, Jeoune. D. Park. S. (2018). Economic Evaluation of Renewable Energy Systems for the Optimal Planning and Design in Korea – A Case Study. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems.

Dehdar, M, Yousefi, H.(2023). "Potential measurement of solar energy in Ilam province." The first national conference of green management from theory to practice, [Persian].

Elliot D., (2007), Sustainable Energy: Opportunities and Limitations, London: Palgrave Macmillan.

Fadai. D. (2007). Utilization of renewable energy sources for power generation in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews. doi:10.1016/j.rser.2005.01.011

Giambastiani, B., Tinti, F., Mendrinos, D., & Mastrocicco, M. (2014). Energy performance strategies for the large scale introduction of geothermal energy in residential and industrial buildings: The GEO .POWER project. Energy Policy, 65, 315-322.

Güney, T. (2019). Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 26(5), 389-397

Heidary Dahooie, J., Husseinzadeh Kashan ,A., Shoaei Naeini, Z., Vanaki, A. S., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2022). A Hybrid Multi-Criteria-Decision-Making Aggregation Method and Geographic Information System for Selecting Optimal Solar Power Plants in Iran. Energies, 15(8), 2801. https://www.mdpi.com/1996-1073/15/8/2801

Hejazi, Z. Karbalaei, A. (2018). Estimation of solar radiation received from the ground in Isfahan province with the Homestorm range model, Journal of Geography and Development, No. 51, pp. 174-159.

Hekmatnia, H., Fatahi Ardakani, A., Mashayekhan, A., & Akbari, M. (2020). Assessing Economic, Social, and Environmental Impacts of Wind Energy in Iran with Focus on Development of Wind Power Plants, Journal of Renewable Energy and Environment, 3, 67-79. http://dx.doi.org/10.30501/jree.2020.216401.1074.

Javanmard. S, Yarahmadi, A. Khazanedari, l. (2019). Feasibility study of solar energy use in Iran. Journal of Meteorology and Atmospheric Sciences. Volume 2, Number 4, Winter 1398 Pages 354-335.

Karaman. O, Agir. T, Arsel.I. (2020). Estimation of solar radiation using modern methods. Alexandria Engineering Journal. Volume 60, Issue 2, April 2021, Pages 2447-2455. https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.12.048

Kausika. B, Sark. W. (2021). Calibration and Validation of ArcGIS Solar Radiation Tool for Photovoltaic Potential Determination in the Netherlands. Journal of Energies. https://doi.org/10.3390/en14071865

Ku. J. Park. K. Shin. D. (2011). Economic evaluation of renewable energy systems under varying scenarios and its implications to Korea's renewable energy plan. Journal of Applied Energy. doi:10.1016/j.apenergy.2010.12.063

Madadi, M., Hosieni, S. M., Khalili, I., & Abbas, A. (2017). A review on renewable energy resources in Iran. Proceedings of the IInternational Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges, with a Focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Tabriz, Iran.

Martínez-Durbán, M., Zarzalejo, L., Bosch, J., Rosiek, S., Polo, J., & Batlles, F. (2009). Estimation of global daily irradiation in complex topography zones using digital elevation models and meteosat images: Comparison of the results. Energy Conversion and Management, *50*(9), 2233-2238.

Mohammadi. K, Mostafaeipour. A, Sabzpooshani. M. (2014). Assessment of solar and wind energy potentials for three free economic and industrial zones of Iran. Journal of Energy.http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.024.

Movaqari. A, Tavousi. T. (2013). Feasibility study and zoning of potential places for the installation of solar panels based on climatic parameters in Sistan and Baluchestan province. Journal of Energy Planning and Policy Research. Year one. number one. Pages 114-99

Mrabet, Z., Alsamara, M., Saleh, A. S., & Anwar, S. (2019). Urbanization and non-renewable energy demand: A comparison of developed and emerging countries. Energy, 170, 832-839 .

Najafi. G, Ghobadian. B, Mamat. R. (2015). Solar energy in Iran: Current state and outlook. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.056

Noorolahi, Y., Golshanfard, A., Yousefi, H., & Ansaripour, S. (2020). The role of renewable energies on smart energy systems-A review. Journal of Renewable and New Energy, 7(2), 81-86 .

Ouria. M. (2019). Solar energy potential according to climatic and geometrical parameters of cities and buildings: A case-study from Tabriz City-Iran. Journal of Urban Climate. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100469.

Panwar, N. L., Kaushik, S. C., and Kothari, S., 2011, Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, PP.1513–24.

Qiu, Y., Zhao, X., Fan, D., Li, S., & Zhao, Y. (2022). Disaggregating population data for assessing progress of SDGs: methods and applications. International Journal of Digital Earth. https://doi.org/10.1080/17538947.2021.2013553.

Ram, J. P., Babu, T. S., & Rajasekar, N. (2017). A comprehensive review on solar PV maximum power point tracking techniques. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, 826-847.

Rydz E, Harper A, Leong B, Arrandale VH, Kalia S, Forsman-Phillips L, et al. (2020).“Solar ultraviolet radiation exposure among outdoor workers in Alberta, Canada,” Environ Res.vol. 189, p. 109902.

Shahsavari, A., Karimi, A., Akbari, M., & Alizadeh Noughani, M. (2024). Environmental Impacts and Social Cost of Non-Renewable and Renewable Energy Sources: A Comprehensive Review. *Journal of Renewable Energy and Environment*, *11*(1), 12-27. doi: 10.30501/jree.2023.382598.1545

Shahsavari, A., & Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90, 275–291. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.065.

Shorabeh, S. N., Samany, N. N., Minaei, F., Firozjaei, H. K., Homaee, M., & Boloorani, A. D. (2022). A decision model based on decision tree and particle swarm optimization algorithms to identify optimal locations for solar power plants construction in Iran. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.011.

Tovar-Pescador, J., Pozo-Vázquez, D., Ruiz-Arias, J., Batlles, J., López, G., & Bosch, J. (2006). On the use of the digital elevation model to estimate the solar radiation in areas of complex topography. Meteorological Applications, 13(3), 279-287.

UN. (2022a). United Nations, World Population Prospects 2022 Summary of Results. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd_2022_wpp_key-messages.pdf.

Zarnegar. M. (2018). Renewable energy utilization in Iran. Journal of Energy sources, PART A: recovery, utilization, and environmental effects. https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1457741.