

# ارزیابی قابلیت روستاهای شهرستان اردکان به منظور کاربرد انرژی خورشیدی با

## استفاده از GIS

### Evaluation of the Potential of Ardakan Villages for the Application of Solar Radiation by Using GIS

Alireza Dehghanpor<sup>1\*</sup>, Reza Dehghanizadeh<sup>2</sup>

Received: 22/02/2012

Accepted: 16/10/2014

علیرضا دهقانپور<sup>۱\*</sup>، رضا دهقانی زاده<sup>۲</sup>

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۲۴

دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۳

#### Abstract

The importance of environmental protection and energy security of electricity causes the process of producing electricity by the solar power plants to receive due attention. Due to the special geographical location and the placement on the radiation and desert belts, Iran has a warm and semiarid climate. As a result, most parts of Iran, especially its central parts have a bright and clear sky, which increases the radiation and sunshine hours compared with other parts of the world. Therefore, research on the construction and application of the solar sites in these regions of the country can help residents achieve clean energy. This paper uses the capabilities of GIS and predictive models of the overall radiation to calculate the hours of sunshine and the amount of the received radiant energy for each of the months of the year. In addition, places in which there were more than 7.7 hours of sunny day and 5.3 kilowatt hours per square meter a day of solar radiation were identified as suitable places for constructing solar sites. South and southwest of Ardakan villages are most appropriate for embedding solar panel and because of the establishment of the population centers on the plains and its being away from the influence of roughness during the year, the received radiant energy fluctuates less and consequently, most of Ardakan villages are suitable for constructing solar sites. This research also showed that solar energy can be used as a clean and sustainable energy, which contributes to the sustainable development of rural areas of Ardakan.

**Keywords:** Solar sites, Solar energy, The overall emission maps, GIS, Villages of Ardakan town.

#### چکیده

جدی بودن مسأله حفاظت از محیط زیست و همچنین امنیت انرژی الکتریسیته موجب شده که فرآیند تولید برق توسط نیروگاه های خورشیدی مورد تأکید قرارگیرد. به دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه و قرارگیری بر روی کمربند تابشی و بیابانی، کشور ایران دارای اقلیمی گرم و نیمه خشک می باشد. در نتیجه بیشتر قسمت های ایران به ویژه نواحی مرکزی آن دارای آسمانی صاف و شفاف است که این امر باعث افزایش ساعات آفتابی و تابش دریافتی در مقایسه با دیگر نقاط جهان شده است. به همین دلیل مطالعه و تحقیق در مورد احداث و به کارگیری سایت های خورشیدی در این مناطق از کشور می تواند باعث دست یابی به انرژی پاک و مطمئن برای ساکنان این مناطق شود. در این مقاله با استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل پیش بینی تابش کلی، میزان ساعات آفتابی و انرژی تابشی دریافتی برای هر کدام از ماه های سال محاسبه و مکان هایی که دارای ساعات آفتابی روزانه بیش از ۷/۷ و متوسط تابش خورشیدی بیش از ۵/۳ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز داشتند جهت احداث سایت های خورشیدی مناسب شناخته شدند و جهت تعبیه پانل های خورشیدی در روستاهای اردکان اولویت با جهت جنوب و جنوب غربی است و به دلیل استقرار مراکز جمعیتی بر روی دشت ها و دور بودن از تاثیر ناهمواری ها در طول سال، انرژی تابشی دریافتی نوسان کمتری دارد و بیشتر روستاهای اردکان جهت احداث سایت های خورشیدی مناسب است. این تحقیق همچنین نشان می دهد میتواند از انرژی خورشیدی به عنوان انرژی پاک و پایدار استفاده نمود و به توسعه پایدار مناطق روستاهای اردکان کمک کرد.

**کلید واژگان:** سایت های خورشیدی، انرژی خورشیدی، نقشه تابش کلی، GIS، روستاهای شهرستان اردکان.

1. \*Assistant Professor, Payame Noor University. (a\_dehghanpour@pnu.ac.ir)

2. M.A. student of Geography, Tarbat Modares University. (rezadehghanizadeh@gmail.com)

۱. \*استادیار گروه علمی جغرافیا، دانشگاه پیام نور (نویسنده مسئول).

[a\\_dehghanpour@pnu.ac.ir](mailto:a_dehghanpour@pnu.ac.ir)

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

rezadehghanizadeh@gmail.com

## مقدمه

دانشمندان از قرن‌ها پیش به مطالعه و بررسی ساختار خورشید، حرکات آن و تغییرات انرژی خورشیدی و میزان انرژی رسیده به سطح زمین پرداخته‌اند. با این حال اولین تحقیقات انجام شده در زمینه تابش خورشیدی به دهه ۱۹۲۰ باز می‌گردد که برای اولین بار آنگستروم<sup>۱</sup> از طریق مدت زمان ساعات آفتابی به بررسی و محاسبه تابش کلی انرژی خورشید اقدام نمود (Yorukoglu and Celik, 2006:2441). از این پس کار آنگستروم به وسیله پرسکات (Prescott, 1940:223) اصلاح گردید و به عنوان متداول‌ترین و پر استفاده‌ترین روش برای تخمین مقدار تابش ماهانه شناخته شد. بعد از این کار نیز بیشتر مدل‌های تجربی بر مبنای کار چانگ (Chang, 1968) به وجود آمد. وی معتقد بود که ارتباط قوی و معنی‌داری بین تابش خالص و تابش کلی وجود دارد و تابش کلی منشاء اصلی انرژی رسیده به سطح زمین می‌باشد. به طور کلی در حال حاضر دو گروه مدل برای تخمین و پیش‌بینی میزان تابش رسیده به سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد (Martin et al. 2010:1772).

**مدل‌های فیزیکی:** بر مبنای معادله‌های ریاضی است و با استفاده از پارامترهای جوی میزان تابش رسیده به سطح را محاسبه می‌کنند.

**مدل‌های آماری:** با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده میزان تابش در سال‌های گذشته و یا استفاده از داده‌های ایستگاه‌هایی که از نظر شرایط اقلیمی، وضعیت مشابه با ایستگاه داشته اقدام به برقراری رابطه و نهایتاً تخمین میزان تابش برای یک نقطه می‌کنند.

از بین مدل‌های نوع اول می‌توان به مدل‌های زیر اشاره نمود:

- همکاران (Al, Mahdi et al. 1992:65) المهدی و همکاران  
 کاپولینو (Coppolino. 1994:417)  
 (Al-Sulaiman & Ismail. 1997:62) السلیمان و اسماعیل  
 (Olmo et al., 1999 :678) ۴. المومو و همکاران  
 (L.diabate et al. 2004:733) ۵. الدیابیت و همکاران  
 (Abdalla & Baghdady.1985:209) ۸. عبدالله و بغدادی  
 از نمونه کارهای انجام شده در رابطه با مدل‌های نوع دوم می‌توان به  
 (Alawi and Hinai.1998:199) ۱. علاوی و هینایی  
 (Mohandes et al., 1998:179) ۲. مهندس و همکاران  
 (Sozen et al. 2004:273) ۳. سوزن و همکاران  
 (Sürri et al., 2004:175) ۴. سوری و همکاران  
 (Sürri et al., 2005:175) ۵. سوری و همکاران  
 (Sürri et al., 2007:305) ۶. سوری و همکاران  
 اشاره کرد که این مدل‌ها عموماً از شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۲</sup> بهره‌گرفته‌اند.  
 در ایران نیز مطالعاتی در زمینه انرژی خورشیدی صورت گرفته است که می‌توان به تحقیقات: خوش اخلاق و همکاران (Khosh, Akhlagh & et al. 2005:192)، صفائی و همکاران (Safaei & et al. 2006:27)، اکرامی و صادقی (Ekrami & Sadeghi. 2008:44)، عبدل‌زاده و همکاران (Abdul-Zadeh & et al. 2008:91)، بیات و میرلطیفی (Bayat, & Mirltifi. 2009:280)، علیزاده و خلیلی (Alizadeh, 2009:283) & Khalili. 2009:283) مراجعه کرد.

اردکان و تولید انرژی در محل مصرف می تواند هزینه های مصرفی این مراکز را به طور چشم گیری کاهش دهد. در نتیجه با استفاده از پنل های خورشیدی در این مراکز می توان برق لازم برای پمپاژ آب از چاه برای مزارع و مناطق حفاظت شده حیات وحش، روشنایی منازل و معابر عمومی، سیستم های گرمایشی و پیش گرمایشی، سیستم های خنک کننده، سیستم های مخابراتی و ایستگاه های تحقیقاتی دور افتاده را با هزینه کمتر و بدون هیچ گونه آلودگی در خود محل تهیه کرد.

### محدوده مورد مطالعه

شهر اردکان در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱). شهرستان اردکان با ۲۳۴۷۸ کیلومتر مربع مساحت در شمال استان یزد واقع گردیده است. از نظر توپوگرافی، بخش عمده شهرستان با خط تراز تقریبی ۱۵۰۰ متر محدود می شود. تنها حدود ۰.۵٪ مساحت شهرستان کوهستانی بوده و ارتفاع متوسط شهرستان از سطح دریا ۱۲۳۴ متر است. در محدوده شهرستان بلندترین نقطه ارتفاعی مربوط به کوه خوانزا با ارتفاع ۳۱۵۸ متر است. این شهرستان دارای آب و هوایی خشک بوده و بیشتر سطح آن پوشیده از بیابان است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی مراکز جمعیتی (روستاها و آبادی ها) شهرستان اردکان (ماخذ: یافته های تحقیق)

با توجه به کارهای مذکور اکثر مدل های تجربی که به منظور محاسبه میزان انرژی حاصل از تابش خورشید ابداع شده اند از پارامترهای هواشناسی و جغرافیایی و اقلیمی استفاده می کنند که در این بین ساعات آفتابی، درجه حرارت، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، بارش، رطوبت نسبی و ضریب ابرناکی آسمان استفاده می شود. کارهای صورت گرفته در کشور نیز عموماً مربوط به برآورد های اقتصادی استفاده از انرژی خورشیدی می باشد و بقیه نیز مربوط به مدل های پیش بینی تابش کلی هستند. تنها یک مورد در زمینه پهنه بندی انرژی تابش صورت گرفته است که بسیار کلی بوده و به دلیل مسطح در نظر گرفتن سطح زمین، نقشه حاصل از آن اعتبار چندانی ندارد. هدف اصلی ما در این پژوهش:

۱. تعیین طول روز و ساعات آفتابی ماهانه و سالانه برای هر یک از روستا های شهرستان اردکان با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه.
۲. ترسیم نقشه تابش کل ماهانه و سالانه برای شهرستان اردکان با در نظر گرفتن شرایط توپوگرافی به ویژه جهت گیری دامنه ها و ارتفاع از سطح دریا.
۳. مشخص کردن روستا های مستعد جهت اجرای طرح های خورشیدی با توجه به نقشه های ساعات آفتابی و نقشه تابش کل.

وضعیت گرم و خشک شهرستان اردکان باعث شده است تا مراکز جمعیتی به صورت پراکنده استقرار یابند. یکی از مشکلات عمده در رابطه با این مراکز، موضوع دور بودن آنها از شبکه های برق رسانی می باشد به نحوی که علاوه بر هزینه بالای اتصال این مراکز به شبکه سراسری، مقادیر زیادی انرژی نیز در مسیر انتقال از بین می رود که همین امر سالانه هزینه های بسیار زیادی را برای کشور و شهرستان اردکان در بر دارد.

از این رو مطالعه و سرمایه گذاری در بخش انرژی های نو به ویژه انرژی خورشید به دلیل شرایط خاص شهرستان

## داده ها و روش ها:

به منظور بررسی قابلیت یک منطقه جهت احداث سایت های خورشیدی در ابتدا داده های مربوط به دو پارامتر ضروری می باشد. (J.A. et al., 2010:881)

میزان ساعات آفتابی

میزان انرژی رسیده به سطح (تابش کلی)

تابش کلی خود به دو مولفه تابش مستقیم و پراکنده تقسیم می شود. تابش مستقیم که مستقیماً از طرف خورشید پس از عبور از جو به سطح زمین می رسد و تابش پراکنده که در نتیجه پراکنش انرژی تابشی به وسیله ذرات معلق در جو ایجاد می شود (Zhou, et al., 2004:1537; J.A. et al 2010:881)

J.A. et al 2010:881)

همچنین تابش سومی نیز وجود دارد که از برخورد انرژی تابشی انعکاس یافته از دیگر اجسام سطح زمین به شیء حاصل میشود اما به دلیل ناچیز بودن در محاسبات لحاظ نمی شود.

به طور کلی مهمترین عوامل موثر بر تابش کلی و ساعات آفتابی به شرح زیر می باشند: (D.G et al., 2006; Šúri and Hofierka, 2004; Sozen, et al., 2004)

ویژگی های ژئومتری، حرکت انتقالی و حرکت وضعی (زاویه میل خورشید، عرض، زاویه ساعتی تابش خورشید)

ویژگی های زمینی (ارتفاع، آلودگی، شیب و جهت آن و تاثیر سایه اندازی ناهمواری ها)

جذب اتمسفری (پخش و جذب به وسیله گازها و هواویزه ها و مهمتر از همه ابرها Lana and Lisa, 2010:1596)

شرکت ESRI در محیط نرم افزاری ARC GIS تحت عنوان Solar Radiation قرار داده است که بر اساس مدل تابشی (Fu, 2000:35) و (Fu and Rich, 2002:25) میزان تابش مستقیم، پراکنده، کلی و نیز طول روز را برای هر نقطه محاسبه می کند. از آنجایی که مدل مذکور محاسبات را تنها برای یک عرض جغرافیایی خاص

انجام می دهد، ابتدا DEM منطقه بر اساس عرض جغرافیایی تقسیم بندی و برش خورد تا محاسبات برای هر عرض به صورت جداگانه صورت گیرد. در این مدل با استفاده از DEM تاثیرات مربوط به جهت و شیب و سایه اندازی ناهمواریها برای هر نقطه شبیه سازی و نهایتاً یک فیلتر میدان دید به دست می آید که محاسبات طول روز و تابش دریافتی در داخل این میدان دید انجام می شود. یکی دیگر از عوامل تاثیر گذار بر میزان تابش و ساعات آفتابی و ویژگی های اتمسفری است که این عوامل تحت عنوان  $k_t$  (شاخص شفافیت جو) شناخته می شود (Aksakal and Rehman, 1999:72; Duffie and Beckman, 1999:72)

$$K_T = H/H_0$$

ملاک و معیار مشخصی برای  $K_T$  به منظور مشخص کردن شرایط آسمان وجود ندارد و محققان معیارهای مختلفی را ارائه کرده اند (Li et al., 2004:957; joao et al., 2009:999) به صورت تجربی شاخص شفافیت را در رابطه با درصد ابرناکی آسمان و ساعات آفتابی به ۴ دسته تقسیم کرده است.  $K_T \leq 0.35$  آسمان ابری،  $0.35 \leq K_T \leq 0.55$  تا اندازه ای ابری با برتری تابش پراکنده،  $0.55 \leq K_T \leq 0.65$  تا اندازه ای ابری با برتری تابش مستقیم و  $K_T \geq 0.65$  برای آسمان صاف. (Danny et al., 2010:799) نیز سه محدوده برای  $K_T$  مشخص کرد.  $0-0.24$  ابری،  $0.24-0.5$  تا اندازه ای ابری و بیش از  $0.5$  آسمان صاف.

## محاسبه ضریب $k_t$ برای منطقه

در این تحقیق با استفاده از داده های زمینی اندازه گیری شده و معادله جهانی محاسبه شاخص بی ابری ماهانه،  $K_T$  (Kaygusuz and Ayhan, 1999:545) برای ایستگاه یزد (تنها ایستگاه ثبت میزان تابش منطقه و با شرایط آب و هوایی مشابه در جنوب اردکان) محاسبه گردید.

معادله (۱)

$$K_T = H/H_0$$

ژانویه	۰.۳۸	۱۸۸	۱۷
فوریه	۰.۴۲۸	۲۰۷	۴۷
مارس	۰.۵۳۸	۲۱۵.۳	۷۵
آوریل	۰.۵۷	۲۳۹.۸	۱۰۵
می	۰.۶۸	۲۹۴.۳	۱۳۵
ژوئن	۰.۷۲۹	۳۳۸.۴	۱۶۲
جولای	۰.۷۱	۳۴۰.۱	۱۹۸
آگوست	۰.۶۷	۳۳۷	۲۲۸
سپتامبر	۰.۵۳۷	۳۱۱	۲۵۸
اکتبر	۰.۴۳۹	۲۸۰	۲۸۸
نوامبر	۰.۳۸۵	۲۲۰	۳۱۸
دسامبر	۰.۳۷	۱۹۷	۳۴۴

ماخذ: (Kaygusuz and Ayhan, 1999)

### یافته های تحقیق

با توجه به استقرار بخش اعظم مراکز سکونتگاهی در داخل دشت، بیشتر این مراکز تحت تاثیر ناهمواری ها نبوده و عرض جغرافیای محل، ساعات آفتابی را مشخص می کند. با این حال به دلیل پراکندگی این مراکز در یک عرض جغرافیایی تمام آنها ساعات آفتابی و تابش کلی دریافتی تقریباً یکسانی دارند. تنها چند مرکز که عمدتاً در داخل دره ها و یا دامنه ها پشت به آفتاب این شهرستان واقع شده بودند نتوانستند ساعات آفتابی لازم به ویژه در فصول سرد سال را کسب نمایند. در مجموع به دلیل تاثیر پذیری کم مراکز این شهرستان از ناهمواری ها اکثریت این مراکز در شرایط بسیار خوبی قرار داشته و برای احداث سایت های خورشیدی مناسب هستند ( شکل ۱ و ۲).

جدول ۲ و ۳ نام مراکز جمعیتی، معادن، کارگاه ها و کارخانجات، مزارع، چاه های پمپاژ آب و سایر مراکز

که در اینجا  $H_0$  متوسط ماهانه میزان تابش روزانه رسیده به بیرون از اتمسفر می باشد که از معادله (۲) به دست می آید:

معادله (۲)

$$H_0 = \left[ \frac{(24 \times 3600 \times I_{sc})}{\pi} \right] \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360n}{365} \right) \right] \left[ \cos \Phi \cos \delta \sin \omega_s + \left( \frac{\pi \omega_s}{180} \right) \sin \Phi \sin \delta \right]$$

$I_{sc}$  نیز ثابت خورشیدی می باشد و مقدار آن برابر با  $(1367 \text{ W/m}^2)$ ،  $N$  روز وسط هر ماه،  $\Phi$  عرض جغرافیایی و زاویه میل ( $\delta$ ) با استفاده از معادله (۳) به دست می آید.

معادله (۳)

$$\delta = 23.45 \sin \left[ 360 \left( \frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

$\omega_s$  نیز بر اساس معادله (۴) محاسبه می شود.

معادله (۴)

$$\cos \omega_s = (-\tan \Phi \tan \delta)$$

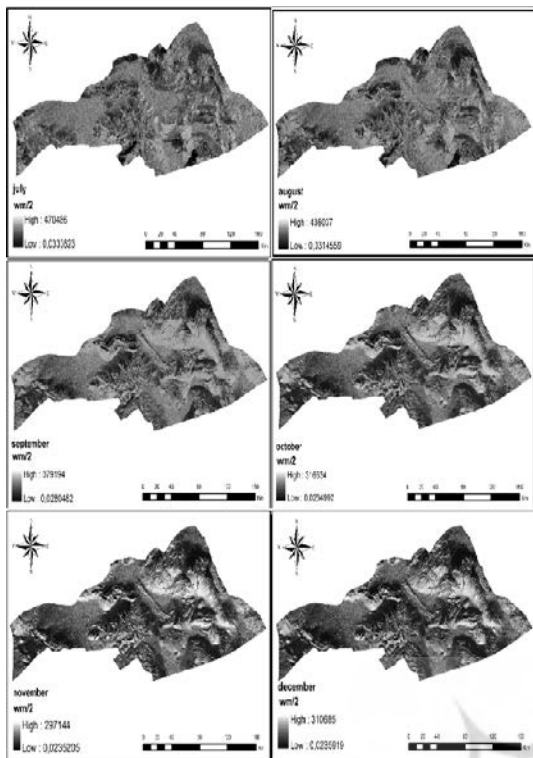
با توجه به داده های تابشی اندازه گیری شده زمینی  $K_T$  برای هر ماه به صورت جداگانه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱، نمایش داده شده است.

همانطور که ذکر شد ابتدا منطقه بر اساس عرض جغرافیایی به چند طبقه تقسیم و محاسبات تابش به صورت جداگانه برای هر عرض جغرافیایی صورت گرفت. نهایتاً با توجه به اطلاعات به دست آمده از تابش کل و میزان ساعات آفتابی هر نقطه به صورت ماهانه نقاطی که شرایط زیر را دارا بودند (شعبانیان، ۱۳۸۶) به عنوان مکانهای مساعد جهت استفاده از تجهیزات خورشیدی شناسایی شدند.

بیش از ۷/۷ ساعت تابش در روز یا ۲۸۰۰ ساعت در سال متوسط تابش خورشیدی ۵/۳ کیلو وات ساعت در متر مربع در روز

جدول ۱. ضریب  $kt$ ، ساعات آفتابی و  $n$

ماه	$K_t$	ساعات آفتابی ماهانه	$n$
-----	-------	---------------------	-----

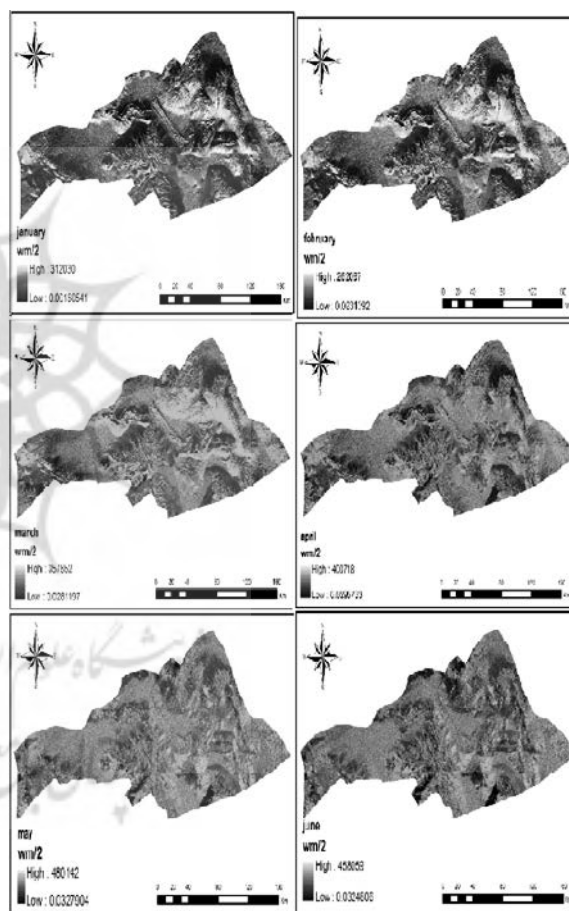


شکل ۳. میزان انرژی رسیده به سطح برحسب وات بر متر مربع برای ماه های ژوئای الی دسامبر (ماخذ: یافته های تحقیق)

جدول ۲. وضعیت قابلیت مراکز جمعیت برای استفاده از انرژی خورشیدی

نام مرکز	قابلیت	نام مرکز	قابلیت
مزرعه افخمی	نامناسب	مزرعه میرها	نامناسب
مزرعه اکبر	نامناسب	مزرعه نو	مناسب
مزرعه اکرمی	مناسب	مزرعه نورآباد	مناسب
مزرعه آب انبار	مناسب	مزرعه نوروز	مناسب
مزرعه آقا	مناسب	مزرعه هاشم آباد	مناسب
مزرعه بادامی	نامناسب	معدن اورانیوم	مناسب
مزرعه بالا	نامناسب	معدن آهن چادرملو	نامناسب
مزرعه بزرگ	مناسب	معدن باریت آبشور	نامناسب
مزرعه بمانعلی	مناسب	معدن باریت ۶	مناسب
مزرعه پاکنده	مناسب	معدن باریت ۷	مناسب
مزرعه پیشه اکبر	مناسب	معدن باریت ۸	مناسب
مزرعه جلیل آباد	مناسب	معدن چاه رمضان	نامناسب
مزرعه جنت آباد	مناسب	معدن خشومین	مناسب
مزرعه حاج لطفعلی	مناسب	معدن رزین	نامناسب
مزرعه حاجی	مناسب	معدن لای زاغ	مناسب
مزرعه حاجی آباد	مناسب	معدن سرب انجیره	مناسب
مزرعه افضل	مناسب	معدن طلاوزران	مناسب

انسان ساخت شهرستان اردکان که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته اند به همراه قابلیت هر یک از این مراکز جهت استفاده از انرژی خورشیدی را نشان می دهد. مراکز که میزان تابش کلی ماهانه و ساعات آفتابی آنها برای تمام ماه های سال بالاتر از حد تعریف شده قرار دارد مناسب و مراکز که به هر دلیل یکی از این دو عامل و یا هر دو آنها برای تمام ماه های سال از حد تعیین شده بالاتر نباشد نامساعد نشان داده شده است.



شکل ۲. میزان انرژی رسیده به سطح برحسب وات بر متر مربع برای ماه های فوریه الی ژوئن (ماخذ: یافته های تحقیق)

### نتیجه گیری و بحث

با توجه به این که شهرستان اردکان یزد در منطقه گرم و خشک واقع شده و شرایط آب و هوایی تقریباً یکسانی در سراسر آن حاکم است و نیز گسترش آن در عرض جغرافیایی چندان زیاد نیست می توان گفت از شرایط همگنی برخوردار است و از بین عوامل مورد بررسی ناهمواری و طول مدت تابش مهمترین عوامل تاثیر گذار بر تابش کلی منطقه می باشند. اما اگر بخواهیم به طور کلی در مورد ناهمواری ها و جهت دامنه ها حکم کنیم وضعیت انرژی دریافتی برای فصول مختلف و در رابطه با جهت های ۸ گانه به شرح زیر است (جدول ۴):

میزان انرژی رسیده به سطح از اعداد ۰ تا ۴ برای فصول مختلف سال طبقه بندی شده و در نقشه جهت ناهمواری ها ضرب گردیده است. همانطور که در این جدول نیز مشاهده می شود، دامنه های جنوبی و جنوب غربی در مقایسه با جهت های دیگر در فصول مختلف سال و در مجموع انرژی بیشتری دریافت می کنند. علاوه بر این در ماه های سرد سال نیز با توجه به زاویه پایین خورشید تنها دامنه های جنوبی و جنوب غربی توانسته اند تابش بیشتری دریافت کنند. با توجه به این جدول لازم است که در تعیین جهت پانل های خورشیدی در روستاهای اردکان اولویت با این دو جهت یعنی جنوب و جنوب غربی باشد. لازم به ذکر است که میزان تاثیر جهت دامنه ها و نیز سایه اندازی آنها بر روی دشت ها و آبرفت ها در فصول سرد به دلیل کم شدن زاویه تابش به شدت افزایش می یابد به همین دلیل مراکز واقع بر روی دشت ها به دلیل دور بودن از تاثیر ناهمواری ها در طول سال دارای نوسان کمتری بوده و بیشتر آنها جهت احداث سایت های خورشیدی مناسب است. مزیت تحقیق حاضر نسبت به تنها کار انجام شده در کشور (Safaei & et al. 2006:27) دقت بالاتر و تهیه

نامناسب	معدن سنگ پل سایی	مناسب	مزرعه حاجی آقا
نامناسب	معدن سنگ ساختمانی	مناسب	مزرعه حاجی باقر
مناسب	معدن شن و ماسه	مناسب	مزرعه حاجی حسن
نامناسب	معدن گچ کن	مناسب	مزرعه حاجی علی
نامناسب	معدن مرمریت عقدا	مناسب	مزرعه حاجی علی بیگ
نامناسب	معدن منگنز جابهائش	مناسب	مزرعه حاجی علی محمد
مناسب	معدن منگنز چاه باشه	مناسب	مزرعه حجت آباد
مناسب	معدن نمک	مناسب	مزرعه حسین آباد
نامناسب	مغستان اصغر	نامناسب	مزرعه حیدر
نامناسب	مغستان اکبر	مناسب	مزرعه خسرو

(ماخذ: یافته های تحقیق)

### جدول ۳. وضعیت قابلیت مراکز جمعیت برای استفاده از انرژی

#### خورشیدی

قابلیت	نام مرکز	قابلیت	نام مرکز
مناسب	کچیپ	نامناسب	سرشک
نامناسب	کذابچه	مناسب	سروسفلی
مناسب	کرمین	مناسب	سروعلیا
مناسب	کشاورزی اصیل	مناسب	سنجد
مناسب	کمال آباد	مناسب	سنگبری اباد
نامناسب	کمکوه	مناسب	شرکت آجرائالدق
نامناسب	کورمیز	مناسب	شرکت آجرسفیدزار
مناسب	کوره آجرپزی	مناسب	شرکت آجرشوره زار
مناسب	کوره آجرصدف نو	مناسب	شرکت آجرمرجان نو
مناسب	کوره اکبراسماعیل	مناسب	شرکت آهک زه نیاز
نامناسب	کی کوه	مناسب	شرکت پیروزی
نامناسب	گروه شهیدرجانی	مناسب	شرکت دوازده فروردین
نامناسب	گروه کشاورزی فجر	مناسب	شرکت شهیدبهشتی
نامناسب	گزستان	مناسب	شرکت هاطا
نامناسب	گزستان	مناسب	شرکت میلشبار
مناسب	گل آباد	نامناسب	شرکت هفت تیر
مناسب	گلریز	نامناسب	شفیع آباد
مناسب	مارنو	مناسب	شمس آباد
مناسب	ماهان	مناسب	شمس آباد
مناسب	مجتمع صنعتی اردکان	مناسب	شواب پیش
مناسب	مجدآباد	نامناسب	شوراب
نامناسب	محمدآباد	مناسب	شوراب پایین
مناسب	محمدآبادزرین	مناسب	شوراب کنج
نامناسب	محمودآباد	مناسب	شوراب میان
مناسب	محمودآباد	مناسب	شورابه
نامناسب	محمودآباد	نامناسب	شورآباد
نامناسب	محمودیه	نامناسب	شوره بالا
مناسب	مرغ گوشتی رامین	مناسب	شوره پایین

(ماخذ: یافته های تحقیق)

نقشه های با مقیاس بسیار بزرگتر می باشد. همچنین در این تحقیق بر خلاف کار مذکور وضعیت ناهمواری ها به عنوان یکی از مهمترین عوامل موثر بر تابش بررسی گردید. و به نقش مهم آنها توجه شده و در محاسبات انجام گرفته لحاظ شد و این تحقیق همچنین نشان می دهد اکثر روستاهای اردکان میتواند از انرژی خورشیدی به عنوان انرژی پاک و پایدار استفاده نمود و در واقع در جهت توسعه پایدار و کم کردن هزینه های انتقال انرژی گام برداشت.

جدول ۴. رتبه بندی جهت های ۸ گانه بر اساس انرژی رسیده به سطح در روستاهای اردکان در فصول مختلف

فصل	شمال غرب	غرب	جنوب غرب	جنوب	جنوب شرق	شرق	شمال شرق	شمال	بهار
بهار	۱	۳	۴	۴	۳	۲	۱	۰	۰
تابستان	۱	۲	۳	۳	۳	۴	۲	۱	۱
پاییز	۱	۳	۴	۴	۳	۲	۱	۰	۰
زمستان	۱	۲	۴	۴	۳	۲	۱	۰	۰

(ماخذ: یافته های تحقیق)

## References

1. Abdalla YAG, Baghdady MK(1985), Global And Diffuse Solar Radiation In Doha (Qatar). Solar and Wind Technology;2(3/4):209-12.
2. Abdul-Zadeh, M., Jafari, S., Rahnama, M., Ameri, M., (2008), Set The Angle To Get The Most Energy Efficient Of Solar Panels With Fixed Radiation In Kerman City, International Journal of Engineering, Iran University of Science and Technology, Volume 19, 10- b, p, 98-91.
3. Aksakal A., Rehman S.,( 1999), Global Solar Radiation In Northeastern Saudi Arabia Renewable Energy 1999;17:461-72.
4. Al Mahdi N., Al Baharna NS., Zaki FF.,(1992), Assessment Of Solar Radiation Models For The Gulf Arabian Countries, Renewable Energy;2(1):65-71.
5. Alawi, S., Hinai, H., (1998). An ANN Based Approach For Predicting Global Radiation In Locations With No Direct Measurement Instrumentation. Renewable Energy 14, 199-204.
6. Alizadeh; A., Khalili, N., (2009), Determine The Equation Angstroms And Develop Regression Equation Of Estimation For solar radiation (Case Study: Mashhad Region), Journal of Soil and Water, Vol. 23, 1, Spring, pp, 238-229.
7. Al-Sulaiman FA, Ismail B(1997). Estimation Of Monthly Average Daily And Hourly Solar Radiation Impinging On A Sloped Surface Using The Isotropic Sky Model For Dahrn, Saudi Arabia. Renewable Energy;11(2):257-62.
8. Bayat, K., Mirlitifi, S. M., (۲۰۰۹) Estimated Daily Solar Radiation Using A Regression Model And Artificial Neural Networks, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Volume XVI, III, p. 280-270.
9. Benganem M., and Joraid A.A., (2007), A Multiple Correlation Between Different Solar Parameters In Medina, Saudi Arabia, Renewable Energy 32 , 2424-2435
10. Coppolino S., A., (1994), New Correlation Between Clearness Index And Relative Sunshine, Renewable Energy, Vol. 4, No. 4, pp, 417~.23,
11. D.G. Kaskaoutis, H.D. Kambezidis, C.P. Jacovides, M.D. Steven. Modification Of Solar Radiation Components Under Different Atmospheric Conditions In The Greater Athens Area, Greece. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 68 (2006) 1043-1052.
12. Danny H.W. Li, Ernest K.W., Tsang, K.L., Cheung, C.O. Tam. (2010) An Analysis Of Light-Pipe System Via Full-Scale Measurements. Applied Energy 87, p 799-805.
13. Diabate L., Ph., Blanc, L., Wald, (2004), Solar Radiation Climate In Africa, Solar Energy 76 733-744



14. Duffie JA, Beckman WA. Solar Engineering Of Thermal Processes. New York:1991 John Wiley and Sons.
15. Fu, P. (2000). A Geometric Solar Radiation Model With Applications In Landscape Ecology. PhD. Thesis, Department of Geography, University of Kansas, Lawrence Kansas, USA.
16. Fu, P. and P.M. Rich. (2000). The Solar Analyst 1.0 Manual. Helios Environmental Modeling Institute (HEMI), USA.
17. Fu, P., and P.M. Rich. (2002). A Geometric Solar Radiation Model With Applications In Agriculture And Forestry. Computers and Electronics in Agriculture 37:25-35.
18. João F., Escobedo, Eduardo N., Gomes, Amauri P., Oliveira, J.S., (2009), Modeling Hourly And Daily Fractions Of Uv, Par And Nir To Global Solar Radiation Under Various Sky Conditions At Botucatu, Brazil, Applied Energy 86 , 299–309.
19. Kaygusuz K., Ayhan T.. (1999), Analysis of Solar Radiation Data For Trabzon, Turkey. Energy Conversion & Management 40 545-556
20. Khosh, Akhlagh, R., Sharifi, A., Kouchakzadeh, M., (2005), The Economic Evaluation Of Solar Energy Compared With Diesel Power Plant, Iranian Journal of Economic Research 24, Fall, pp, 171-192.
21. Lana El., Chaar, L., Lamont A,.. (2010) Global solar radiation: Multiple on-site assessments in Abu Dhabi, UAE. Renewable Energy 35 1596–1601
22. Li DHW., Lau CCS., Lam CJ., (2004), Standard Skies Classification Using Common Climatic Parameters. J Sol Energy Eng;126(3):957–64.
23. Martin , Z., Polo , N., Marchante, C., (2010), Prediction Of Global Solar Irradiance Based On Time Series Analysis: Application To Solar Thermal Power Plants Energy Production Planning, Solar Energy 84 , 1772–1781
24. Mohandes, M., Rehman, S., Halawani, T.O., (1998), Estimation of global solar radiation using artificial neural networks, Renewable Energy 14 (1–4), 179–184.
25. Olmo FJ, Vida J, Foyo I, Castro Diez Y, Alados-Arboledas L., (1999), Prediction of global irradiance on inclined surfaces from horizontal global irradiance. Energy;24:689–704.
26. Posadillo R., Lopez Luque R., (2009), Hourly Distributions Of The Diffuse Fraction Of Global Solar Irradiation In Cordoba (Spain), Energy Conversion and Management 50 , 223–231.
27. Rich, P.M., R. Dubayah, W.A. Hetrick, and S.C. Saving. (1994). Using Viewshed Models To Calculate Intercepted Solar Radiation: Applications In Ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers, pp 524-529.
28. Ruiz-Arias J.A., Alsamamra H., Tovar-Pescador J., Pozo-Vázquez D., (2010), Proposal Of A Regressive Model For The Hourly Diffuse Solar Radiation Under All Sky Conditions. Energy Conversion and Management 51 881–893.
29. Ruiz-Arias, Alsamamra, Tovar-Pescador, Pozo-Vazquez, (2010), Proposal Of A Regressive Model For The Hourly Diffuse Solar Radiation Under All Sky Conditions, Energy Conversion and Management 51 , 881–893
30. Sadeghi, M., Ekrami, A., (2006), Evaluation Of The Economic Development Of Solar Power Plants According To Environmental Considerations, Environmental Science And Technology, Period Tenth, 2, p. 51-44.
31. Safaei, B., Khalaji Asadi, M., Taghizadeh, H., Jylavy, A., Taleghani, G, Danesh, M., (2003), The Estimated Potential Of Solar Radiation In Iran And Prepared Radiation Atlas, The Journal Of Nuclear Science And Technology, 33, pp, 27-34.
32. Shrbafian, N., (2007), The Estimated Technical And Economic Potential Of Solar Thermal In Iran: A Strategy For The Sustainable Development Of Solar Energy, Energy-Economic Studies, Winter, 4 (15), pp, 35-53.

33. Sozen, A., Arcaklioglu, E., Ozalpa, M., Kanitc, E.G., (2004), Use Of Artificial Neural Networks For Mapping Of Solar Potential In Turkey, *Applied Energy* 77, 273–286.
34. Sürü M, Huld TA, Dunlop ED, (2005). PV-GIS: a web based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. *International Journal of Sustainable Energy*;24:55–67.
35. Sürü M, Huld TA, Dunlop ED, Ossenbrink HA, (2007). Potential Of Solar Electricity Generation In The European Union Member States And Candidate Countries. *Solar Energy*;81:1295–305.
36. Sürü M., Hofierka J., (2004), A New Gis-Based Solar Radiation Model And Its Application To Photovoltaic Assessments. *Transactions in GIS*;8:175–90.
37. Yorukoglu M., Celik A., (2006) A Critical Review On The Estimation Of Daily Global Solar Radiation From Sunshine Duration, *Energy Conversion and Management* 47, 2441–2450
38. Zhou Jin, Wu Yezheng, Yan Gang. (2004), Estimation Of Daily Diffuse Solar Radiation In China. *Renewable Energy* 29:1537–1548.

