Online ISSN: 3041-9255

**Journal of Human Ecology**

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

# Feasibility and Optimization of Solar Cell Town in Kerman Province (Case Study: Rayen City)

**Reza Peykanpour Fard*[1]**

[1] PhD candidate, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran.
.

**Keywords**

**Site selection Solar energy clean energy Sustainable and appropriate development**

**A B S T R A C T**

**The trend of use and waste of natural resources by humans has increased sharply in recent years. Therefore, one of the most important concerns of scientists and environmentalists is the principled location and location of solar energy towns for sustainable and appropriate development, which can be done using a geographic information system. In this study, using the weighted linear combination strategy method, which is a conservative method by considering lower priorities, other thematic maps participating in the suitability assessment of suitable places for use are evaluated at lower degrees of suitability, which, of course, is also closer to what happens in nature in terms of summarizing the factors. Kerman province has a good advantage in solar energy due to its more than 300 days of sunlight per year, which is why the study of solar radiation assessment in Rayan city in Kerman province is of interest for potential solar energy applications. The total area intended for the construction of the solar town is about 700 hectares, of which about 600 hectares will be allocated for the installation of solar panels. Every 12 square meters in this area produces about 1 kilowatt of electricity. As a result, there is a potential to produce about 580,000 kilowatts of electricity in the study area. A solar module is made by placing the amounts of solar cells together, and by placing the solar modules next to each other, a solar panel is made, and for consumption, a large row of solar panels is placed together and forms a solar series. Silicon solar panels are made in two types: monocrystalline and polycrystalline. It is suggested that in future research, in addition to location options, technical options should also be examined.**

*Corresponding Author.
Email Adresses: r.peykanpour@na.iut.ac.ir and Telephone: +98 313 2303007
Peykanpour Fard, R. (2024). Feasibility and Optimization of Solar Cell Town in Kerman Province (Case Study: Rayen City). Human Ecology, 3(7), 495-508.

**Doi:** 10.22034/el.2024.496635.1033

سال سوم، شماره هفتم ، تابستان ۱۴۰۳، ۴۹۵-۵۰۸.

شاپای الکترونیکی: ۹۲۵۵-۳۰۴۱

**فصلنامه اکولوژی انسانی**

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

**مقاله پژوهشی**

# امکان‌سنجی و بهینه‌یابی شهرک سلول خورشیدی در استان کرمان (مطالعه موردی: شهر راین)

**رضا پیکانپور فرد*[۱]**

۱. دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

**چکیده**

**روند استفاده و هدر رفت منابع طبیعی به دست انسان‌ها در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است. از این رو یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های دانشمندان و دوستداران محیط زیست، جانمایی و مکان‌یابی اصولی شهرک‌های انرژی خورشیدی در جهت توسعه پایدار و درخور است که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل انجام است. در این پژوهش با استفاده از روش راهبرد ترکیب خطی وزن‌دار که یک روش محافظه کارانه با لحاظ کردن اولویت‌های پایین‌تر دیگر نقشه‌های موضوعی شرکت کننده در ارزیابی تناسب مکان‌های واجد تناسب برای کاربری است را در درجات تناسب کمتر ارزیابی می‌کند که البته از نظر جمع‌نگری به عوامل به آنچه در طبیعت اتفاق می‌افتد نیز نزدکتر است. استان کرمان به دلیل تابش خورشید بیش از ۳۰۰ روز در سال از مزیت خوبی در انرژی خورشیدی برخوردار است به همین دلیل مطالعه ارزیابی تابش خورشیدی در شهر راین در استان کرمان برای کاربردهای بالقوه انرژی خورشیدی مورد توجه است. مساحت کل در نظر گرفته شده برای احداث شهرک خورشیدی حدود ۷۰۰ هکتار می‌باشد که از این مساحت حدود ۶۰۰ هکتار برای نصب پنل‌های خورشیدی اختصاص می‌یابد. هر ۱۲ متر مربع در این محدوده حدود ۱ کیلووات برق تولید می‌کند در نتیجه در منطقه مورد مطالعه قابلیت تولید حدود ۵۸۰۰۰۰ کیلووات برق وجود دارد. از کنار هم قرار دادن مقادیر سلول‌های خورشیدی ماژول خورشیدی ساخته می‌شود و با قرار گرفتن ماژول‌های خورشیدی در کنار یکدیگر یک پنل خورشیدی ساخته می شود و برای مصرف ردیف زیادی از پنل خورشیدی در کنار هم قرار می‌گیرند و یک سری خورشیدی تشکیل می دهند. پنل های خورشیدی سیلیکونی در دو نوع مونوکرسیتال و پلی‌کریستال ساخته می‌شود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی علاوه بر گزینه‌های مکانی، گزینه‌های فنی نیز مورد بررسی قرار گیرند.**

**واژگان کلیدی**

**مکان‌یابی انرژی**
**خورشیدی انرژی پاک**
**توسعه پایدار و درخور**

## ۱. مقدمه

گسترش روزافزون جمعیت و روند صنعتی شدن کشورهای جهان باعث استفاده بیشتر از منابع انرژی می‌شود (امراللهی جلال آبادی و همکاران، ۱۴۰۱). پیشرفت تمدن صنعتی بشر تا حدود زیادی بر پایه انرژی بنیان نهاده شده است و همچنان با پیشرفت بیشتر جوامع انسانی نیاز به انرژی رو به افزایش است. 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 (صفری و همکاران، ۱۴۰۲).

انرژی‌های مختلف دارای مزایا و معایبی از جنبه های مختلف هستند. انرژی های 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 (آمبایا و همکاران[1]، ۲۰۲۱). مصرف انرژی الکتریکی به دلیل رشد جمعیت و بالا رفتن سرانه، توسعه بخش های صنعتی، کشاورزی پیوسته در حال افزایش بوده و تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کنندگان مستلزم توسعه شبکه برق کشور همچنین احداث نیروگاه های تولید برق تجدیدپذیر می‌باشد (حسینی فشمی و همکاران، ۱۴۰۲).

انرژی خورشیدی عظیم ترین منبع انرژی در جهان است. انرژی خورشیدی جایگزین‌های امیدوارکننده‌ای برای سوخت‌های فسیلی در مکان‌هایی هستند که انرژی خورشیدی بالا در دسترس است (لی و همکاران[2]، ۲۰۲۴). این انرژی پاک، ارزان و بی پایان بوده و در بیشتر مناطق کره زمین قابل استحصال می‌باشد. محدودیت منابع فسیلی و پیامدهای حاصل از تغییرات زیست محیطی و آب و هوای جهانی، فرصت‌های مناسبی را برای رقابت انرژی خورشیدی با انرژی‌های فسیلی خصوصا در کشورهایی با پتانسیل بالای تابش ایجاد نموده است (خان سالاری و همکاران، ۱۴۰۱).

روند استفاده و هدر رفت منابع طبیعی به دست انسان‌ها در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است. از این رو یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های دانشمندان و دوستداران محیط زیست، جانمایی و مکان‌یابی اصولی شهرک‌های انرژی خورشیدی در جهت توسعه پایدار و درخور است. که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS[3]) قابل انجام است.

GIS مجموعه‌ای متشکل از اطلاعات تصویری (نقشه‌ها) و اطلاعات توصیفی و رقومی مربوط به عوارض زمین است. این دو گروه از اطلاعات رابطه منسجمی دارند. در سیستم اطلاعات جغرافیایی، پدیده‌های (عوارض) روی زمین و اطلاعات مربوط به آن پدیده‌ها یکجا و به‌صورتی منسجم جمع شده‌اند. به‌طور خلاصه GIS مجموعه‌ای مرتبط از سخت‌افزارها و روش‌ها است که به کمک آن می‌توان عمل وارد کردن، ذخیره، تلفیق، تحلیل و بازیابی اطلاعات چند موضوعی جغرافیایی را برای حل مسائل برنامه‌ریزی و مدیریت و ارزیابی‌های محیطزیستی انجام داد (مالکوسکی[4]، ۲۰۰۶).

امروزه باتوجه به گرم شدن زمین، مصرف انرژی و عوامل اقلیمی در راستای رسیدن به پایداری اکولوژیک در همه زمینه‌ها به‌ویژه در کاربری‌های مرتبط با انسان بسیار پراهمیت شده است (رمضان و همکاران[5]، ۲۰۲۳). منابع در دسترس انسان برای بهره‌برداری در کره زمین بسیار محدود است و همین منابع محدود نیز در اثر استفاده بی‌رویه و نادرست در حال نابودی می‌باشند. استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین در بسیاری از نقاط دنیا که منجر به نابودی پتانسیل های طبیعی و منابع موجود در آن شده دیگر جای شکی باقی نمی‌گذارد که نایل شدن به توسعه پایدار، مستلزم اجرای انواع طرح‌های توسعه و بهره‌برداری از منابع طبیعی براساس توان بالقوه منابع و ظرفیت قابل تحمل محیطزیست است. تعیین توان بالقوه و تخصیص کاربری‌های متناسب با توان روشی است که می‌تواند میان توان طبیعی محیط، نیاز جوامع و کاربری‌ها و فعالیت‌های انسان در فضا یک رابطه منطقی و یک سازگاری پایدار به‌وجود آورد. ارزیابی توان ابزاری برای برنامه‌ریزی راهبردی استفاده از سرزمین است که بر دو منبه مهم توان منا بع و اقتصاد استوار است (مخدوم، ۱۳۷۸).

به‌منظور حل مسئله انتخاب، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود و یکی از روش‌های متداول استفاده از روش MCDM[6]

[1] Ambaye et al
[2] Li et al
[3] Geographic Information System (GIS)
[4] Malczewski
[5] Ramzan et al
[6] Multi Criteria Decision Making (MCDM)

است. MCDM یک روش روش‌شناختی ارائه می‌دهد که به‌طور هم‌زمان از معیارهای تصمیم‌گیری درباره سود و هزینه اطلاعات و نظرات تصمیم‌گیرندگان برای حذف گزینه‌های کم‌اهمیت از لیست گزینه‌های دیگر استفاده می‌کند (ایموون و آقانیورو[1]، ۲۰۲۰).

روش برنامه‌ریزی چندمنظوره و توافقی بدون توجه به ترجیحات تصمیم‌گیرنده و تنها توسط برنامه‌ریز طراحی می‌شود. برای توجه به ترجیهات تصمیم‌گیرنده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیار می‌توان استفاده کرد. این روش یک ارزیابی پیشرفته از ترجیحات تصمیم‌گیرنده است که از تعامل بین تصمیم‌گیرنده و نتایج به‌دست آمده از حل مسئله به‌دست می‌آید. در این روش سعی می‌شود باتوجه به مجموعه کار و ترجیحات تصمیم‌گیرنده راه‌حل بهینه (بهترین توافق) تعیین شود (پیکانپور فرد و همکاران، ۱۴۰۳).

این معیارها اغلب ناهمگون و گاهی متضاد هستند. سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیار مبتنی بر مبنای نظری به نسبت قوی بوده و چارچوب مناسبی برای کمک به تصمیم‌گیری‌های پیچیده ارائه می‌کنند. این سیستم‌ها مجموعه‌ای از روش‌های تحلیلی است که به تصمیم‌گیرندگان در حل مسائل پیچیده و دارای ساختار ضعیف کمک می‌کند (مالکوسکی[2]، ۱۹۹۷).

البته در هر منطقه‌ای از دنیا که بیشترین میزان دریافت انرژی خورشید را داشته باشد، می‌تواند بهترین بستر برای ایجاد نیروگاه‌های خورشیدی باشد، که ایران نیز از این قضیه مستثنی نیست. کشور ایران علیرغم برخورداری از پتانسیل‌های بالا در منابع تجدیدپذیر، در زمینه به کارگیری ظرفیت‌های عملی تولید انرژی از این منابع، به طور نسبی از دنیا عقب تر است و ادامه این روند، موجب عمیق‌تر شدن شکاف با سایر کشورها می‌گردد. از این رو ضروری است راهبردها و برنامه‌های زیربنایی و اصولی برای استفاده هر چه بیشتر از این انرژی ها در کشور تدوین شود.

کشور ایران یکی از مناسب‌ترین کشورهای جهان از نظر میزان دریافت انرژی تابشی خورشیدی می‌باشد به طوری که بر اساس برآوردها ایران به طور متوسط بیش از ۲۳۱۱ ساعت آفتابی در سال دارد. به عبارت دیگر در اکثر نقاط کشور بیش از ۹۱۱ روز آفتابی داریم بنابراین باید با توجه به پتانسیل موجود کشور، برنامه ریزی های لازم به منظور بهره برداری از این منبع انرژی صورت گیرد (irimo.ir).

توسعه سیستم‌های مختلف انرژی خورشیدی و استفاده بهینه از آنها در کشور نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات تابش خورشیدی قابل اعتماد می‌باشد. در این راستا ساخت نیروگاه خورشیدی و می‌تواند گامی موثر در تولید انرژی پاک باشد. از جمله اهداف این مقاله می‌توان به مکان‌یابی و استفاده از منابع عظیم انرژی‌های پاک و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی اشاره کرد.

## ۲. پیشینه پژوهش:

انرژی برای فعالیت‌های صنعتی و توسعه اجتماعی در یک جامعه ضروری است. تولید برق در یک نیروگاه سوخت فسیلی بر مبنای احتراق سوخت که باعث تبدیل انرژی شیمیایی به حرارت و سپس استفاده از حرارت برای گردش توربین صورت می‌گیرد. از دیدگاه زیست محیطی نوع سوخت و نیز روش تولید الکتریسیته از سوخت دارای اهمیت قابل توجهی است. به دلیل تاثیرات محیطی سوخت‌های فسیلی و محدودیت منابع، اهمیت استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در حال افزایش است. یکی از مناسب ترین انرژی‌های تجدیدپذیر انرژی خورشیدی است (نظری–هریس و همکاران[3]، ۲۰۱۸).

انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مهمی در قرن بیست و یکم ایفا خواهند کرد. به این ترتیب که انرژی خورشیدی می‌تواند به عنوان مهم‌ترین، در دسترس‌ترین و پاک ترین منبع انرژی، توسط پنل‌های خورشیدی به انرژی قابل استفاده تبدیل شود. با این حال، این نوع انرژی نیاز به استفاده دقیق و برنامه‌ریزی در یک مکان بهینه دارد تا فرصتی عالی برای رشد و توسعه اقتصادی ایجاد کند (ذوقی و همکاران[4]، ۲۰۱۵).

[1] Emovon & Oghenenyerovwho
[2] Malczewski
[3] Nazari-Heris et al
[4] Zoqi et al

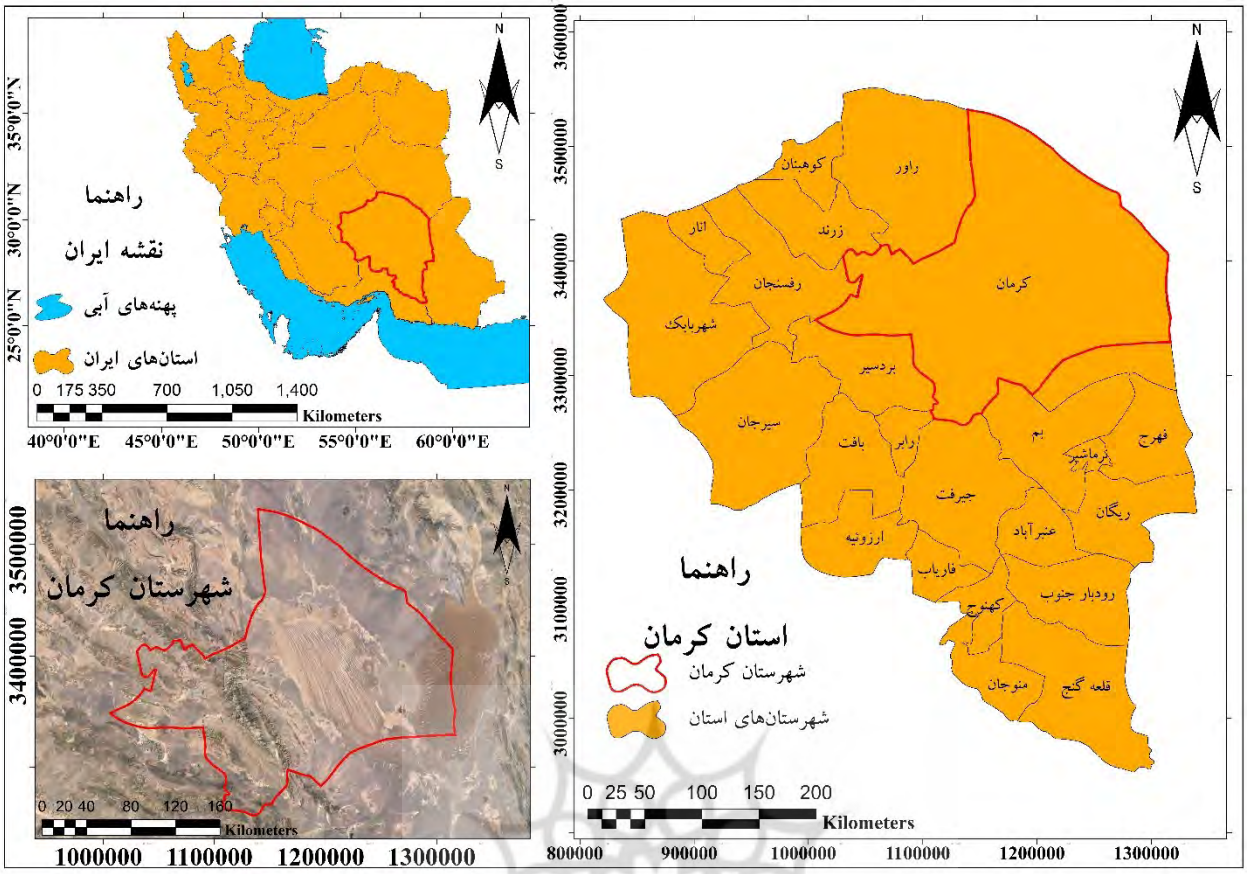
صادقی و همکاران در سال ۹۲ به تحقیق درباره اولویت‌بندی عوامل موثر بر مکان‌یابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته‌اند. در این تحقیق آن‌ها دریافته‌اند که روند مصرف انرژی در سال های گذشته بسیار سریع و نگران کننده بوده است. این روند در کشورهای در حال توسعه و علی‌خصوص در ایران بسیار بالاتر از میانگین جهانی است. یک واقعیت پذیرفته شده برای جوامع بشری این است که انرژی موردنیاز دنیا، به سرعت رو به افزایش است و در حال حاضر منابع انرژی فسیلی ارزان قیمت نیز به آرامی، اما بطور یقین، در چندین دهه ی دیگر به اتمام خواهد رسید. برای حفظ این منابع فسیلی با ارزش برای نسل‌های آتی و جلوگیری از خسارت‌های زیست محیطی ناشی از سوختن آن‌ها و پاسخگویی به افزایش تقاضای روزافزون انرژی، راهی جز روی آوردن بشر به استفاده از انرژی های پاک و تجدیدشونده باقی نمانده است. در این تحقیق در ابتدا به بررسی عوامل مؤثر بر انرژی خورشیدی و بادی پرداخته شده است و سپس با استفاده از نرم افزار GIS و تکنیک های تصمیم‌گیری چندمعیاره MADM[1] مناسب ترین مکان ها در استان کرمان جهت احداث نیروگاه‌های بادی و خورشیدی شناسایی شده‌اند. برای شناسایی مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه بادی از نرم افزار GIS استفاده شده است و برای شناسایی مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی از روش هایAHP [۲]، TOPSIS[۳]، SAW[4]و در نهایت روش های تلفیقی MADM استفاده شده است. در این تحقیق شهرستان سیرجان به عنوان مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی و شهرستان رفسنجان به عنوان مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه بادی شناسایی شد.

درمطالعه‌ای (تونیک و همکاران[5]، ۲۰۱۹) محققان به انتخاب مکان بهینه برای نیروگاه‌های خورشیدی با استفاده از GIS و AHP در یکی از شهرهای ترکیه پرداخته‌اند. در ترکیه، برق تولید شده از سیستم های انرژی خورشیدی نقش کلیدی در تامین نیازهای انرژی ایفا می کند زیرا موقعیت جغرافیایی ترکیه برای بهره مندی از سیستم های انرژی خورشیدی مناسب است. در این چارچوب آن‌ها عوامل موثر بسیاری از جمله پتانسیل انرژی خورشیدی، جاده ها، خطوط انتقال انرژی، مراکز توزیع برق، شیب، موقعیت سدها و رودخانه‌ها، خطوط لوله گاز طبیعی، خطوط گسل، پوشش زمین و مناطق مسکونی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه کرده‌اند. در نتیجه تمام این فرآیندها، نقشه ای ارائه شد که مکان‌های بهینه نیروگاه‌های انرژی خورشیدی را نشان می‌دهد.

## ۳. منطقه مورد پژوهش:

استان کرمان در جنوب شرقی فلات ایران بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی با مساحت ۱۸۲۷۲۶ کیلومتر مربع واقع شده است و بیش از ۱۱/۱۵ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده و بخش وسیعی از پیکره جنوب شرقی فلات مرکزی ایران را می‌پوشاند. استان کرمان از شمال به استان‌های خراسان جنوبی و یزد، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان سیستان و بلوچستان و از غرب به استان فارس محدود شده است. از نظر وسعت شهرستان کرمان با مساحت ۴۴۴۹۱/۸ کیلومتر مربع(۲۴/۳۴ درصد از کل استان) بزرگترین شهرستان این استان است. همچنین شهرستان کرمان دارای سه اقلیم گرم و فراخشک در شرق، سرد و خشک در نواحی مرتفع و گرم و خشک در سایر مناطق می‌باشد (وحیدی، ۱۴۰۱).

[1] Multi Attribute Decision Making (MADM)
[2] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[3] Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[4] Simple Additive Weight (SAW)
[5] Tunc et al




**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه**

## ۴. مواد و روش‌ها

### ۱.۴. استانداردسازی و وزن‌دهی به زیرمعیارها

روش بهترین بدترین (BWM) در روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، تعدادی گزینه باتوجه‌به تعدادی شاخص ارزیابی می‌شود تا بهترین گزینه انتخاب شود. بر اساس روش بهترین بدترین (رضایی[1]، ۲۰۱۵)، بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد؛ سپس یک مسئله حداکثر حداقل برای مشخص‌کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌شود؛ همچنین در این روش فرمولی برای محاسبه نرخ ناسازگاری به‌منظور بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته شده است. این نرخ سازگاری در بازه [۱ – ۰] قرار می‌گیرد و هر چه به صفر نزدیکتر باشد مقایسات از سازگاری و ثبات بیشتری برخوردارند و هر چه به یک نزدیکتر باشد مقایسات از سازگاری و ثبات کمتری برخوردارند (رضایی[2]، ۲۰۱۶) (جدول ۱).

**جدول ۱. شاخص سازگاری روش BWM**

| $a_{Bw}$ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص | ۰.۰۰ | ۰.۴۴ | ۱.۰۰ | ۱.۶۳ | ۲.۳۰ | ۳.۰۰ | ۳.۷۳ | ۴.۴۷ | **۵.۲۳** |

[1] Rezaei
[2] Rezaei

سازگاری

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}}$$

در این مدل خطی اوزان شاخص‌ها نیز محاسبه می‌شود یکی از مزیت‌های این مدل خطی، محاسبه نرخ ناسازگاری بدون استفاده از شاخص سازگاری است. یعنی مقدار $\xi^1$ همان نرخ ناسازگاری است. همچنین وزن‌های این مدل خطی از دقت بیشتری برخوردار هستند (رابطه ۱).

$$\begin{aligned}
&\min \xi \\
&\text{s.t.} \\
&|w_b - a_{Bj}.w_j| \le \xi \quad \text{برای تمامی } j \text{ ها} \\
&|w_j - a_{jw}.w_w| \le \xi \quad \text{برای تمامی } j \text{ ها} \\
&\textstyle\sum_j w_j = 1 \\
&W_j \ge 0, \text{ for all } j \quad \text{برای تمامی } j \text{ ها}
\end{aligned} \qquad (۱)$$

## ۲.۴. فرآیند مکان‌یابی

۱- فرآیند مکان‌یابی با نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۳ شامل یک‌سری مراحل معین و مشخصی بوده که برای دست‌یابی به نتایج قابل اطمینان اجرای آن‌ها اجتناب ناپذیر می‌باشد. به طور کلی فرآیند مکان‌یابی مبتنی بر پیدا کردن مناطق واجد شرایط برای هر کاربری است که خصوصیات مناسب هر کاربری با استفاده از تعریف معیارها و زیرمعیارها مشخص می‌شود. در این میان مهمترین بخش تعیین معیارهای مناسب است که زیربنای اصلی تمام زیرمعیارها محسوب می‌شود. در این پژوهش معیارها را به چهار دسته اصلی تقسیم شده‌اند که عبارت‌اند از (پیکانپور فرد و همکاران[1]، ۲۰۲۳):

۱) عوامل فیزیکی: مانند فاکتورهای مختلف از جمله آب، خاک و هوا
۲) عوامل بیولوژیکی: حفظ حریم مناطق چهارگانه در پی جلوگیری از وارد شدن آسیب به فون و فلور منطقه.
۳) عوامل اقتصادی و اجتماعی: فاصله از مراکز جمعیتی، دسترسی به نیروی کار مناسب و سایر موارد مشابه.
۴) عوامل زیرساختی: شامل عوامل و فاکتورهای مؤثر جهت تأمین امکانات زیربنایی مانند دسترسی مناسب به مانند جاده، آب، برق و گاز می‌باشد.

۲- راهبرد ترکیب خطی وزن‌دار (WLC[2]) محافظه کارانه با لحاظ کردن اولویت‌های پایین‌تر دیگر نقشه‌های موضوعی شرکت کننده در ارزیابی تناسب مکان‌های واجد تناسب برای کاربری را در درجات تناسب کمتر ارزیابی می‌کند که البته از نظر جمع‌نگری به عوامل به آنچه در طبیعت اتفاق می‌افتد نیز نزدکتر است (رجائی و همکاران ۱۳۹۵).

۱) تهیه ماتریس ارزیابی با بررسی پیشینه تحقیق و نظرات و تجربیات کارشناسان و خبرگان.
۲) جمع‌آوری و آماده سازی لایه‌های اطلاعاتی و داده‌های مورد نظر (فرمت مناسب داده‌ها، مدل نمایش داده‌ها، کیفیت داده‌ها، زمان تهیه داده‌ها، مقیاس پروژه، محدوده و مرز منطقه مطالعاتی و...)
۳) استاندارد کردن داده‌ها: به معنای همسان کردن تغییرات داده‌ها بین صفر و یک می‌باشد. عوامل مورد استفاده در ارزیابی چند معیاری غالبا ماهیت متفاوتی دارند بنابراین معیار اندازه‌گیری آن‌ها نیز متفاوت است. جهت استفاده موثر از کلیه عوامل در تجزیه و تحلیل و ارتباط بین آن‌ها و در نهایت دستیابی به مکان‌یابی مناسب یا تناسب اراضی، ارزش‌های مربوط به هر لایه اطلاعتی تحت قاعده خاصی نرمال می‌شود. برای استاندارد کردن داده‌ها از روش‌های فازی استفاده

[1] Peykanpour Fard et al
[2] Weighted Linear Combination (WLC)

می‌شود. توابع فازی تجزیه و تحلیل فرآیندهایی را که بدلیل تغییرات تدریجی در مکان تعیین مرز مشخص بین کلاس‌های مختلف آن‌ها مشکل است را امکان‌پذیر می‌کند. این توابع می‌توانند خطی، S شکل و یا J شکل باشند که هر سه نوع می‌توانند جز یکی از انواع کاهشی، افزایشی و یا متقارن قرار گیرند.

۴) وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها: معیارهای مکان‌یابی دارای اهمیت متفاوتی در فرآیند ارزیابی هستند و اهمیت و اثرگذاری مختلفی دارند. لذا در فرآیند ارزیابی لازم است اهمیت نسبی هرکدام از معیارها مشخص شود و براساس آن ضرایب ویژه‌ای به عنوان وزن در تجزیه و تحلیل‌ها اعمال گردد. روش‌های مختلفی برای تعیین وزن لایه‌ها یا معیارها وجود دارند که عبارت اند از:

- روش رتبه‌ای
- روش نسبتی
- روش تحلیل توازن
- روش مقایسه دوتایی: این روش بدلیل امکان مقایسه دو به دو معیارها از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوادار است. این روش برای اولین بار توسط ال ساعتی در زمینه فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی ابداع شد که تعداد معیارها در این روش برای جلوگیری از پیچیدگی روابط نباید بیش از ۱۰ عدد باشد. با استفاده از این روش برای هرکدام از متغیرها وزن خاصی تعریف می‌گردد که اساس تعیین وزن در این روش را مقایسه دو به دو معیارها تشکیل می‌دهد. مجموع وزن‌های تعیین شده که اهمیت نسبی معیارها را نشان می‌دهد معادل یک است. در این روش اهمیت نسبی عوامل در یک مقیاس پیوسته به ۵ بخش تقسیم می‌گردد (جدول ۲).

**جدول ۲. ضرایب تحلیل سلسله مراتبی**

| ضرایب | شدت اهمیت |
|---|---|
| ۱ | **اهمیت برابر** |
| ۲ | **اهمیت متوسط تا برابر** |
| ۳ | **اهمیت متوسط** |
| ۴ | **اهمیت متوسط تا قوی** |
| ۵ | **اهمیت قوی** |

۵) تلفیق و تحلیل اطلاعات: لایه‌های وزن‌دهی شده و استاندارد شده تلفیق می‌شوند و سپس طبق مدل مفهومی میزان تناسب را محاسبه خواهیم کرد.

یکی از دلایل کاربرد گسترده این مدل سادگی کاربرد و درک آسان آن برای تصمیم سازان است. این مدل دو مولفه اصلی دارد که شامل وزن فاکتورها و لایه مورد استفاده است. الگوریتم مورد بررسی در این مدل به شرح فرمول ذیل است (مالکوسکی[1]، ۲۰۰۴):

$$S = \sum_{n}^{i=1} W_i \cdot X_i \times C_j \qquad (۱)$$

- S: تناسب برای هر کاربری؛
- Wi: وزن فاکتور i که با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین می‌گردد؛

[1] Malczewski

- Xi: فاکتور i شامل فاکتورهای مورد بررسی؛
- Cj: لایه‌های محدودیت که شامل نقشه‌های بولین هستند.

**۳**- روش رتبه‌بندی براساس تشابه به راه‌حل ایده‌آل یا همان TOPSIS یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاره است که توسط هوانگ و یون[1] (۱۹۸۱) ایجاد شد. در این روش گزینه‌ای مناسب است و اولویت بالاتری دارد که حداقل فاصله را نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت و حداکثر فاصله را نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (پیکانپور فرد و همکاران، ۱۴۰۰).

۱) تشکیل ماتریس تصمیم: گام اولیه این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم این روش شامل یکسری معیار و گزینه می‌باشد. یک ماتریسی که معیارها در ستون ها قرار می‌گیرند و گزینه ها در سطر هستند و هر سلول ماتریس، ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است. بعد از اینکه ماتریس تصمیم تشکیل شود باید توسط نظرات خبرگان تکمیل گردد که این فرایند توسط طیف لیکرت[2] یا ساعتی و یا اعداد واقعی صورت می‌گیرد. در مواقعی که معیار کمی است، عدد واقعی آن برای هر گزینه مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در مواردی که معیار کیفی است و عدد کمی برای آن مفهومی ندارد از طیف مورد نظر برای آن استفاده می‌کنیم.

۲) بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم (نرمال سازی ماتریس تصمیم): بی‌مقیاس کردن در روش TOPSIS با استفاده از روش‌های زیر صورت میگیرد.

- بی‌مقیاس کردن خطی
- بی‌مقیاس کردن فازی
- بی‌مقیاس کردن با استفاده از مجموع نرم: از تقسیم هر سلول بر جذر مجموع مربعات تمام سلول‌های موجود در یک ستون بدست می‌آید.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad (۲)$$

۳) تعیین ماتریس بی‌مقیاس وزن‌دار: در این گام باید وزن معیارها که از روش‌های دیگر بدست آمده است را در ماتریس نرمال ضرب کنیم تا ماتریس وزن‌دار حاصل شود (روش TOPSIS به تنهایی قادر به محاسبه وزن معیارها نیست بنابراین باید از روشهای دیگر نظیر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، آنتروپی و... وزن معیارها را محاسبه کرد و به عنوان ورودی به این روش داد).

۴) یافتن راه‌حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل: در این خصوص باید نوع معیارها مشخص شود معیارها یا جنبه مثبت و یا منفی دارند. معیارهای مثبت معیارهایی هستند که افزایش آن‌ها باعث بهبود در سیستم می‌شوند و ضد ایده‌آل که افزایش آن‌ها باعث تضعیف سیستم می‌شوند.

- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل مثبت بزرگترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل منفی کوچکترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل مثبت کوچکترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

۵) محاسبه فاصله از راه‌حل ایده‌ال و ضد ایده‌آل: در این گام براساس روابط زیر فاصله هر گزینه ایده‌ال مثبت و منفی محاسبه می‌شود.

[1] Hwang and Yoon
[2] Likert spectrum

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (۳)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (۴)$$

۶) محاسبه شاخص شباهت و رتبه بندی گزینه‌ها: شاخص شباهت نشان‌دهنده امتیاز هر گزینه است و براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود هرچقدر این شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد نشان از برتری آن گزینه است.

$$cl_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + a_i^+} \quad (۵)$$

## ۵. یافته‌های پژوهش

یکی از مسائل مهم در احداث مکانی با کاربری صنعتی تعیین موقعیت مکانی آن است. طرح مورد نظر دارای اثراتی بر محیط فیزیکیو شیمیایی همچنین اکولوژیک منطقه بوده به همین دلیل می‌بایست محلی انتخاب شود که اثرات پروژه بر آن به حداقل برسد. در راستای مکان‌یابی ابتدا از نظرات کارشناسان آشنا با محیط منطقه کمک گرفته و مطابق با شرایط محلی معیارهایی جهت مکانیابی سایت تعیین شده اند. پس از تعیین معیارهایی که با کاربری تطابق داشتند برای تعیین اهمیت هر کدام از معیارها ارزش هایی در نظر گرفته که این ارزش ها به صورت عددی و کمی بوده و هر عدد بیانگر ارزش مربوطه است. اهمیت و ارزش هر معیار عددی بین ۱ تا ۵ گرفته که عدد ۵ بیانگر ارزش خیلی بالا و اهمیت آن معیار در مکانیابی و عدد ۱ ارزش خیلی پایین و بیانگر اهمیت پایین آن معیار بوده است. در جدول ۳ زیرمعیارها همراه با ارزش مربوطه بیان شده اند.

**جدول ۳. وزن‌های زیرمعیارهای پژوهش**

| شاخص | فیزیکی | | | | بوم شناختی | | | | اقتصادی-اجتماعی | | | | | | آب | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معیار | زیرساخت | | مسکونی | | کاربری اراضی | | نواحی حفاظتی | | توپوگرافی | | اقلیم | | زمین شناسی | | آب | |
| **وزن زیر معیار** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| زیرمعیار | خطوط برق | ۰/۰۵ | شهری | ۰/۰۳ | کشاورزی | ۰/۰۴ | منطقه حفاظت شده | ۰/۰۵ | شیب | ۰/۱۶۶ | تابش | ۰/۰۹ | بافت خاک | ۰/۰۵ | مسیل | **۰/۰۲** |
| | جاده | ۰/۰۲ | | | شهری | ۰/۰۳ | | | جهت | ۰/۰۹ | غبار | ۰/۰۶ | | | چشمه | **۰/۰۱** |
| | | | | | منطقه صنعتی | ۰/۰۲ | | | | | | | | | قنات | **۰/۰۰۸** |
| | | | | | شوره زار | ۰/۰۱ | | | | | | | | | | |
| | | | | | مرتع درجه ۱ | ۰/۰۱ | | | | | | | | | | |
| | کارخانه | ۰/۰۱ | روستایی | ۰/۰۱ | مرتع درجه ۲ | ۰/۰۱ | شکار ممنوع | ۰/۰۲ | سایه روشن | ۰/۰۴ | باران | ۰/۰۳ | گسل | ۰/۰۲ | چاه | **۰/۰۰۵** |
| | | | | | مرتع درجه ۳ | ۰/۰۰۹ | | | | | | | | | | |
| | | | | | اراضی بایر | ۰/۰۰۹ | | | | | | | | | | |

نقشه مطلوبیت WLC برای سه ناحیه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود به ترتیب ۰/۹۵، ۰/۹۶ و ۰/۹۷ بوده است. به همین دلیل نیاز به اولیت‌بندی بین آن‌ها می‌باشد. برای انجام این مرحله از روش TOPSIS استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است. بررسی نتایج حاصل از جدول ۳ در راستای مکان‌یابی محل مناسب برای احداث شهرک صنعتی خورشیدی راین حاکی از آن است که به لحاظ میزان امتیاز دریافتی تفاوت زیادی مابین مکان‌های فوق وجود نداشته اما با این وجود گزینه شماره ۲ در بین سایرین امتیاز بالاتری کسب کرده است. این محدوده به لحاظ دسترسی به مراکز شهری و جاده دارای دسترسی مناسبی می باشد. همچنین این محدوده با کاربریهای همجوار تعارضی نداشته و در آینده باعث بروز مشکلات و تعارضات اجتماعی نخواهد شد. به لحاظ برخورداری از منبع انرژی خورشیدی با توجه به نیازمند بودن به سطحی با دریافت نور بالا محدوده مورد نظر دارای پتانسیل بالای دریافت انرژی خورشید بوده است. از جمله مواردی که منجر به کسب امتیاز پایین این کاربری شده است قرارگیری مسیلهای متعدد در محدوده بوده است.

گزینه شماره ۱ در مقایسه با دو گزینه دیگر رتبه دوم را کسب کرده است. این گزینه همچون گزینه ۲ دارای پتانسیل برخورداری از منبع انرژی خورشیدی بالایی است اما با توجه به قرارگیری مسیل در مرزبلافصل و همچنین وجود مسیل دیگری در سمت غرب آن همراه با آبراهه‌های متعدد فصلی امتیاز پایین تری کسب کرده است. علاوه بر آن به دلیل وجود اراضی کشاورزی در جنوب آن، این کاربری با سایر کاربری های اطراف تعارض خواهد داشت. در جنوب محدوده مراکز سکونتگاهی انسانی روستایی(روستاهای افضل آباد و دشت گلاب ) نیز قرارگرفته است. این محدوده در فاصله نامناسبی نسبت به جاده اصلی واقع شده است که از نظر این عامل نیز امتیاز پایینی کسب کرده است.

گزینه ۳ که نسبت به دو گزینه دیگر امتیاز پایین‌تری کسب کرده است در فاصله کمی از جاده قرارگرفته که از نقاط قوت آن محسوب شده اما به دلیل نزدیکی به شهر راین همچنین نزدیکی به اراضی کشاورزی و قرارگیری در محدوده مستثنیات امتیاز پایین‌تری را نسبت به سایرین کسب نموده است. علاوه بر موارد مذکور، در محدوده شرقی و غربی مرزبلافصل چند رشته قنات واقع شده است که در صورت احداث در این محدوده باید حریم قنوات رعایت شود . با توجه به محدودیت این منطقه توسط جاده، اراضی کشاورزی و مراکز صنعتی محدوده مورد نظر مساحت کمتری نسبت به دو گزینه دیگر داشته است که از نکات منفی در مورد این گزینه می‌باشد.

**شکل ۲. پهنه‌های مکان‌یابی شده جهت ایجاد شهرک خورشیدی**

**جدول ۲. معیارهای استقرار در گزینه‌های مکانی پژوهش**

| گزینه‌ها / معیارها | گزینه شماره ۱ | گزینه شماره ۲ | گزینه شماره ۳ |
|---|---|---|---|
| خاک | ۳ | ۳ | ۳ |
| شیب و جهت زمین | ۴ | ۴ | ۴ |
| فاصله از گسل | ۴ | ۴ | ۲ |
| فاصله از مسیل | ۱ | ۱ | ۳ |
| فاصله تا جاده اصلی | ۲ | ۵ | ۴ |
| فاصله از مناطق چهارگانه | ۵ | ۵ | ۵ |
| فاصله تا ابراهه | ۱ | ۱ | ۳ |
| فاصله از روستا | ۴ | ۴ | ۳ |
| کاربری اراضی | ۴ | ۴ | ۴ |
| پوشش گیاهی و جانوری | ۳ | ۵ | ۳ |
| بادغالب | ۴ | ۴ | ۲ |
| مجموع اهمیت معیارها | ۳۵ | ۴۰ | ۳۴ |
| درصد اهمیت براساس روش TOPSIS | ۳۲/۱ | ۳۶/۷ | ۳۱/۲ |

## ۶. بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

سوختهای فسیلی مورد استفاده برای تولید الکتریسیته را می توان زغال سنگ، گاز و نفت و مشتقات آن مانند نفت گاز و نفت کوره دانست. کاربرد گاز طبیعی و یا سایر مشتقات آن در نیروگاه های برق به دلایل متعدد فنی و زیست محیطی در کلیه کشورهای جهان و نیز در کشور ما رو به افزایش است. استفاده از گاز برای تولید برق مشکلات مربوطه به زایدات، بخصوص زایدات جامد و نیمه جامد را در صنعت برق و نیروگاه‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. کاربرد نفت و گاز هم غالباً در توربینهای گازی و نیروگاههای دیزلی انجام می گیرد. از نفت کوره عمدتاً در نیروگاههای حرارتی بخصوص در فصول سرد سال استفاده می شود که با توجه به وجود انواع ناخالصی‌ها ، عناصر سنگین و گوگرد در آن، مسائل زیست محیطی و زایدات مرتبط با فعالیت نیروگاه به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. در حالی‌که سوخت‌های فسیلی به‌طور تدریجی رشد کرده‌اند، صنعت خورشیدی هر ساله به‌طور چشم‌گیری در حال رشد است و وضعیتش با دهه‌های گذشته تفاوت پیدا کرده است. تولیدات کافی و توجیه اقتصادی زمینه رقابت انرژی خورشیدی را با ذغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و انرژی هسته‌ای فراهم کرده است.

کشور ایران با داشتن میانگین تابش خورشیدی ۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز از ظرفیت بالایی برای استفاده از انرژی خورشیدی برخوردار است. بر اساس پیش بینی ها تا سال ۲۰۵۰ میلادی ۳۴ درصد از کل برق مصرفی دنیا از انرژی خورشیدی تامین می گردد. استان کرمان به عنوان یکی از استان های کشور بدلیل قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی پایین و کثرت ساعات آفتابی بطور بالقوه از پتانسیل بالایی در انرژی خورشیدی برخوردار است. منابع انرژی تجدیدپذیر در بسیاری از کشورها برای حل مشکلات زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است. استان کرمان به دلیل تابش خورشید بیش از ۳۰۰ روز در سال از مزیت خوبی

در انرژی خورشیدی برخوردار است که می تواند موقعیت استان را در زمینه تامین انرژی پاک و همچنین جذب سرمایه گذاران خارجی بهبود بخشد. به همین دلیل مطالعه ارزیابی تابش خورشیدی در این منطقه برای کاربردهای بالقوه انرژی خورشیدی مورد توجه است.

هر ۱۲ متر مربع سایت حدود ۱ کیلووات برق تولید می‌کند و بدون در نظر سایر تجهیزات و کاربری ها در سایت مورد مطالعه قابلیت تولید حدود ۵۸۰۰۰۰ کیلووات برق وجود دارد که با کم کردن فضای سبز و معابر و راه های غیر قابل دسترس حدود ۴۰۰۰۰۰ کیلووات برق تولید خواهد شد. عمر مفید پنل‌های خورشیدی بین ۲۵ تا۳۰ است و پس از اتمام عمر مفید آنها و یا در صورت خرابی زودتر از موعد این صفحات باید از چرخه سیستم خارج شود و به بازیافت تبدیل گردد.

سیلیس یکی از فراوان ترین عناصر روی زمین می باشد. که به علت فراوانی به صورت $SiO_2$ و واکنش زیاد الکترون هایش به نور خورشید در ساختار پنل های خورشیدی که اغلب به عنوان پنل های خورشیدی نسل اول از آن یاد می شود. از کنار هم قرار دادن مقادیر سلول‌های خورشیدی ماژول خورشیدی ساخته می شود و با قرار گرفتن ماژول‌های خورشیدی در کنار یکدیگر یک پنل خورشیدی ساخته می شود و برای مصرف ردیف زیادی از پنل خورشیدی در کنار هم قرار می گیرند و یک سری خورشیدی تشکیل می دهند. پنل های خورشیدی سیلیکونی در دو نوع مونوکرسیتال و پلی‌کریستال ساخته می‌شود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی علاوه بر گزینه‌های مکانی، گزینه‌های فنی نیز مورد بررسی قرار گیرند.

## ۷. منابع


۱. امراللهی جلال آبادی، مهناز، دهقانی قناتغستانی، محسن، علی پور، ولی و پیکانپور، پروانه. (۱۴۰۱). الگوی سیستم مدیریت محیط زیستی با رویکرد اقدامات کنترل آلودگی صنایع مس. پژوهش های محیط زیست ۱۳(۲۶): ۳-۲۰.

۲. پیکانپور فرد، رضا، لطفی، علی، مرادی، حسین و پورمنافی، سعید. (۱۴۰۰). تخصیص بهینهٔ کاربری‌های اراض

۳. ی شهرستان مبارکه با استفاده از روش MOLA. برنامه ریزی فضایی ۱۱(۲): ۱۴۳-۱۶۲.

٤. پیکانپور فرد، رضا، سفیانیان، علیرضا، احمدی، محسن و پورمنافی، سعید. (۱۴۰۳). پهنه‌بندی چندهدفه مناطق تحت حفاظت با استفاده از روش‌های MCE و MOLA مطالعه موردی: پناهگاه حیات‌وحش عباس‌آباد، استان اصفهان. جله علمی پژوهشی اکولوژی کاربردی ۱۳(۱): ۴۷-۶۰.

۵. حسینی فشمی، فاطمه، متولی، علی، نبوی پله سرائی، اشکان و هاشمی، سید جعفر. (۱۴۰۲). بررسی و مقایسه اثرات زیست محیطی تولید خیار گلخانه ای با منابع انرژی خورشیدی و فسیلی. پژوهش‌های مکانیک ماشینهای کشاورزی ۱۲(۲): ۲۷-۳۸.

٦. خان سالاری، سکینه، کردجزی، محمد، مجیدی، عثمان، ملا عرازی، عبدالجبار و رنجبر سعادت آبادی، عباس. (۱۴۰۱). جستجوی نواحی مستعد نصب سلول‌های خورشیدی در استان گلستان با استفاده از داده‌های دیده‌بانی، GEOS-5وERA5 . مجله ژئوفیزیک ایران ۱۷(۱): ۱۶۳-۱۸۴.

۷. رجائی، فاطمه، اسماعیلی ساری، عباس، سلمان ماهینی، عبدالرسول، دلاور، مجید، قلی پور، مصطفی و مساح بوانی، علیرضا. (۱۳۹۵). پیش‌بینی مستعدترین پهنه‌های کشاورزی حوزه آبخیز تجن با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره. مجله علمی ۹(۱): ۱۱۱-۱۲۷.

۸. صادقی، زین‌العابدین، دلال‌باشی اصفهانی، زهرا و حری، حمیدرضا. (۱۳۹۲). اولویت‌بندی عوامل موثر بر مکان‌یابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره. مجله پژوهش های برنامه ریزی و سیاستگذاری انرژی ۲: ۱۱۰-۹۳.

۹. صفری، محمد، موسی خانی، نسیم و صفری، غلامحسین. (۱۴۰۲). مروری بر منابع تولید، مزایا و معایب سوخت‌های زیستی به عنوان یک منبع انرژی تجدید پذیر. مطالعات علوم محیط زیست ۹(۱): ۸۰۵۴-۸۰۷۱.

۱۰. مخدوم، مجید. (۱۳۸۷). شالودهٔ آمایش سرزمین، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۱ صفحه.

۱۱. وحیدی، حمیدرضا. (۱۴۰۱). سالنامه آماری استان کرمان ، چاپ اول، تهران، سازمان برنامه و بودجه، ۷۶۰ صفحه.

12. Ambaye, T. G., Vaccari, M., van Hullebusch, E. D., Amrane, A., & Rtimi, S. J. I. J. O. E. S. (2021). Mechanisms and adsorption capacities of biochar for the removal of

organic and inorganic pollutants from industrial wastewater. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(10), 3273-3294.
13. Emovon, I., & Oghenenyerovwho, O. S. (2020). Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. Results in Materials, 7, 100115.
14. https://data.irimo.ir/
15. Li, M., Liu, X., & Yang, M. (2024). Analyzing the regional inequality of renewable energy consumption and its driving factors: Evidence from China. Renewable Energy, 223, 120043.
16. Malczewski, J. (1997). Propagation of errors in multicriteria location analysis: a case study. In Multiple criteria decision making: Proceedings of the twelfth international conference Hagen (Germany) (pp. 154-155). Springer Berlin Heidelberg.
17. Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in planning, 62(1), 3-65.
18. Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International journal of geographical information science, 20(7), 703-726.
19. Nazari-Heris, M., Mohammadi-Ivatloo, B., & Gharehpetian, G. B. (2018). A comprehensive review of heuristic optimization algorithms for optimal combined heat and power dispatch from economic and environmental perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 2128-2143.
20. Peykanpour Fard, Reza, Moradi, Hossein, Lotfi, Ali, Pourmanafi, Saeid, & Bihamta Toosi, Neda. (2023). Advancing the mapping of optimal land use structure in industrialized areas: incorporating AERMOD modeling and MCE approach. GeoJournal, 88(2), 1979-1995.
21. Ramzan, M., Razi, U., Quddoos, M. U., & Adebayo, T. S. (2023). Do green innovation and financial globalization contribute to the ecological sustainability and energy transition in the United Kingdom? Policy insights from a bootstrap rolling window approach. Sustainable Development, 31(1), 393-414.
22. Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57.
23. Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega, 64, 126-130.
24. Tunc, A., Tuncay, G., Alacakanat, Z., & Sevimli, F. S. (2019). GIS based solar power plants site selection using Analytic Hierarchy Process (Ahp) In Istanbul, Turkey. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 1353-1360.
25. Zoqi, M. J., Ganjidoust, H., Mokhtarani, N., & Ayati, B. (2015). Optimization of Solidification and Cement Stabilization of Electroplating Sludge by Response Surface Methodology and Artificial Neural Network Methods. Nashrieh Shimi va Mohandesi Shimi Iran, 34(2), 97-109.