نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۳، زمستان ۱۴۰۰

پتانسیل‌سنجی مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران به منظور کسب انرژی از خورشید با استفاده از منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی

دریافت مقاله: ۹۷/۴/۹ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۹/۱۰

صفحات: ۱۸-۱

زهرا حجازی زاده: استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی،تهران، ایران.
Email: hedjazizadeh@yahoo.com
آراس خسروی: کارشناسی ارشد Gis و سنجش از دور دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: aras_khosravi@yahoo.com
سید اسعد حسینی: دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[1]
Email: Hosseini.asad8@gmail.com
علیرضا رحیمی: استادیار پژوهشکده انرژی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
Email: rahimi2@kashanu.ac.ir
علیرضا کربلایی: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی سینوپتیک دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: karbalaee20@gmail.com

چکیده

انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین منابع انرژی در جهان است که به عنوان منبعی تجدید پذیر و با صرفه اقتصادی، استفاده از آن هیچ‌گونه صدمه‌ای به محیط‌زیست وارد نمی‌سازد. کشور ایران به دلیل قرارگیری مساحت نسبتاً زیادی از آن در عرض‌های پایین جغرافیایی و شرایط آب و هوایی نسبتاً خشک، از لحاظ بهره-برداری از انرژی خورشیدی از شرایط بسیار خوبی بهره می‌برد. لذا در این پژوهش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش ارزش‌گذاری فازی و روش وزن دهی بر اساس تحلیل سلسله مراتبی به پتانسیل سنجی مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران به‌منظور کسب انرژی از خورشید پرداخته شد. بدین منظور از ۱۴ معیار مربوط به شرایط اقلیمی، زیرساختی و فنی و فیزیکی منطقه استفاده شد. معیارهای مربوط به شرایط اقلیمی شامل تابش، ساعات آفتابی، دما، ابرناکی، گرد و غبار، بارش و رطوبت نسبی در طول دوره آماری(۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵)، معیارهای مربوط به شرایط فنی و فیزیکی نیز شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی و فاصله از گسل‌ها و معیارهای مربوط به زیرساخت‌ها نیز شامل فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از راه‌های ارتباطی در نظر گرفته شد. جهت همپوشانی فازی لایه‌ها نیز از عملگرهای Product، Gamma 0.7، Gamma 0.8، Gamma 0.9 و Sum Weighted برای مقایسه و ارائه نتایج استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل، عملگر Gamma 0.9 به دلیل حساسیت بالا دارای بیشترین دقت و عملگر Sum Weighted دارای کمترین دقت در بین عملگرهای مورد استفاده هستند. در نقشه همپوشانی شده با استفاده از عملگر Gamma 0.9 حدود ۲ درصد و در نقشه همپوشانی شده با عملگر Sum Weighted، حدود ۳۳ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل بالا برای کسب انرژی از خورشید تشخیص داده شد.

کلید واژگان: انرژی خورشیدی، بیابان، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، مکران.

---

۱ . **نویسنده مسئول:** اردبیل.خیابان دانشگاه. دانشگاه محقق اردبیلی. دانشکده علوم انسانی. گروه جغرافیای طبیعی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

مقدمه

امروزه رشد جمعیت، رشد صنعتی و اقتصادی کشورهای مختلف و تغییر در سبک زندگی به واسطه افزایش سطح رفاه، منجر به افزایش تقاضا در بخش انرژی شده است. انرژی یکی از عوامل اصلی و دخیل در رشد اقتصادی جوامع پیشرفته محسوب می‌شود. استفاده تجاری از انرژی شرط اساسی توسعه بوده و کشورهایی که بهره کمتری از آن دارند در زمره کشورهای فقیر محسوب می‌شوند (گندمکار و رحیمی، ۱۳۹۳: ۲). تقاضا برای انرژی الکتریکی در سراسر جهان رو به افزایش است و آمارها نشان می‌دهد که از سال ۱۹۷۳ مصرف انرژی جهان همواره روند رو به رشدی داشته است (کوکساری و همکاران[۱]، ۲۰۱۴: ۱۶۰۲). بخش اعظم انرژی مصرفی در جهان از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. احتراق سوخت‌های فسیلی باعث ورود حجم عظیمی از اکسیدهای سولفور، نیتروژن، مونواکسید کربن و دی‌اکسید کربن به جو می‌گردد(اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). رشد علم، صنعت و فن‌آوری در جهان امروز، روش‌های استفاده از انرژی را که در دوران قبل از انقلاب صنعتی معمول بود، دگرگون کرده و شناخت منابع انرژی جدید، تحولی عظیم در توسعه صنعتی و تکامل اجتماع بشر به وجود آورده است (بهشتی فر و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۸۴). افزایش مستمر در سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و صعود قیمت مواد سوختی، نیروهای محرکه اصلی در پشت تلاش‌های مؤثرتر جهت استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشند (کنیسارین و ماخاموف[۲]، ۲۰۰۷: ۱۹۱۳). در کشور ایران به دلیل رشد جمعیت، بالا رفتن سرانه مصرف انرژی الکتریکی، توسعه بخش‌های صنعتی، کشاورزی و غیره میزان تقاضای انرژی پیوسته در حال افزایش بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۲). ایران به عنوان کشوری درحال‌توسعه، نیازمند تأمین منابع انرژی جهت رسیدن به رشد و خودکفایی در زمینه‌های صنعتی، اقتصادی و دفاعی می‌باشد و از سوی دیگر کشور ایران از لحاظ منابع فسیلی از جمله ذخایر نفت و گاز جزو غنی‌ترین کشورهای جهان به شمار می‌رود که در حال حاضر بیشتر انرژی مورد نیاز خود را از طریق منابع فسیلی تأمین می‌کند. وابستگی به منابع فسیلی به دلیل تجدید ناپذیر بودن و زیان‌های زیست‌محیطی که مصرف این منابع به محیط‌زیست وارد می‌کند، صدمات جبران‌ناپذیری به خودکفایی کشور وارد می‌سازد. نیروگاه‌های خورشیدی به عنوان منابع تولید انرژی الکتریکی از مهم‌ترین بخش‌های شبکه-های انتقال و توزیع محسوب می‌گردند. تأثیر موقعیت مکانی نیروگاه در میزان تولید و بازدهی آن، هزینه‌ی تولید و انتقال انرژِی، محیط‌زیست و غیره، اهمیت موضوع انتخاب مکان بهینه احداث نیروگاه را آشکار می‌کند (ابراهیمی قوام‌آبادی و همکاران،۱۳۸۲: ۲). در این راستا چاوز و باهیل[۳] (۲۰۱۰) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و مدل‌سازی تابش خورشیدی به‌صورت آزمایشی به شناسایی پشت‌بام‌های مناسب برای نصب سیستم‌های فتوولتائیک در محدوده چهار مایل مربعی دانشگاه آریزونا پرداختند. زوهوری[۴] (۲۰۱۲) به بررسی مهم‌ترین منابع تأمین انرژی تجدید پذیر در ایران پرداخت و انرژی آبی، بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی را به ترتیب به‌عنوان با اهمیت‌ترین منابع انرژی ایران معرفی نمود. عساکره و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از منطق فازی و مدل تصمیم-گیری تحلیل سلسله مراتبی به بررسی مناسب‌ترین مکان جهت ایجاد مزارع خورشیدی در منطقه شودیروان در

۱. Kucuksari et al
۲. Kenisarin and Mahkamov
3. Chaves and Bahill
4. Zohoori

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

استان خوزستان پرداختند نتایج حاصل حدود ۱۴ درصد منطقه را برای ایجاد مزارع خورشیدی بسیار مناسب تشخیص داد. ماتیجیک[۱] (۲۰۱۵) با استفاده از سنجش از دور و روش تصمیم‌گیری چند معیاره به انتخاب مکان‌های مناسب کسب انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخت. نتایج نشان‌دهنده ارزش اقتصادی این روش در انتخاب مکان‌های مناسب کسب انرژی‌های تجدید پذیر است. ویسر و همکاران[۲] (۲۰۱۶) به بررسی نقش به‌کارگیری انرژی خورشیدی در کاهش آلودگی محیط‌زیست در ایالات‌متحده پرداختند و کاهش آلودگی را به‌عنوان عامل مهمی در افزایش استفاده از این انرژی عنوان کردند. جهانگیری و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی به‌کارگیری سیستم‌های ترکیبی جهت کسب انرژی از منابع بادی و خورشیدی با استفاده از منطق بولین در محیط GIS در خاورمیانه پرداختند. نتایج نشان داد شرق، مرکز و جنوب غرب ایران، جنوب عمان، تقریباً تمام عراق و یمن، قسمت‌های از شمال و جنوب مصر و جنوب اردن مناسب احداث نیروگاه‌های ترکیبی است. کومار و همکاران[۳] (۲۰۱۷) به بررسی پیشرفت برنامه‌های انرژی خورشیدی در کشور هند پرداختند. نتایج نشان داد استفاده از انرژی خورشیدی در این کشور گسترش یافته است و نگرانی اصلی، در پتانسیل‌سنجی مکان‌های مناسب نصب تجهیزات کسب انرژی از خورشید است. بلقسیم و همکاران[۴] (۲۰۱۸) به پتانسیل‌سنجی انرژی خورشیدی به منظور تولید برق در کشور لیبی پرداختند. نتایج نشان داد کشور لیبی نه تنها مناسب برای کسب انرژی از خورشید است، بلکه می‌تواند از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. موقری و طاووسی (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی مناطق مستعد استان سیستان و بلوچستان جهت کسب انرژی خورشیدی با استفاده از فراسنج‌های اقلیمی و روش همپوشانی وزنی در محیط GIS پرداختند و در نهایت ۱۴/۲۳ درصد از مساحت استان را در محدوده مطلوب تشخیص دادند. روستایی و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه و پهنه‌بندی مناطق مستعد دریافت انرژی خورشیدی برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی در استان آذربایجان شرقی پرداختند نتایج نشان داد مناطق جنوب شرقی، جنوب غربی و شمال غربی استان به‌منظور احداث نیروگاه خورشیدی، از مطلوبیت بیشتری نسبت به سایر مناطق برخوردار است. احمدی و همکاران (۱۳۹۵) به تعیین مکان‌های مناسب جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی در ایلام با استفاده مدل AHP در محیط ArcGIS پرداختند. و در نهایت مناطق جنوبی و غربی استان ایلام را پهنه مناسب برای کسب انرژی تشخیص دادند. رحیمی و همکاران (۱۳۹۶) به پتانسیل‌سنجی استقرار نیروگاه‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از مدل AHP و منطق فازی پرداختند. نتایج نشان داد شهرهای سراوان و نیک شهر برای احداث نیروگاه خورشیدی کاملاً مناسب هستند. سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی جزو سرمایه‌گذاری‌های پر هزینه و با ریسک است که نیازمند مطالعه علمی و دقیق همه شرایط مؤثر به‌منظور کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و بازگشت سرمایه در بلند مدت، می‌باشد. با توجه به اینکه وسعت زیادی از کشور را مناطق کویری و بیابانی تشکیل می‌دهند و این مناطق میزان ابرناکی، رطوبت، بارندگی و پوشش گیاهی ضعیفی دارند و از سوی دیگر در این مناطق کسب انرژی از آب به دلیل کمبود منابع آبی، پایین است و ضروری است در زمینه کسب انرژی از منابع تجدید پذیر مطالعات دقیقی صورت گیرد. به خصوص اینکه به دلیل شرایط مناسب

۱. Matejicek
2. Wiser et al
3. Kumar et al
4. Belgasim et al

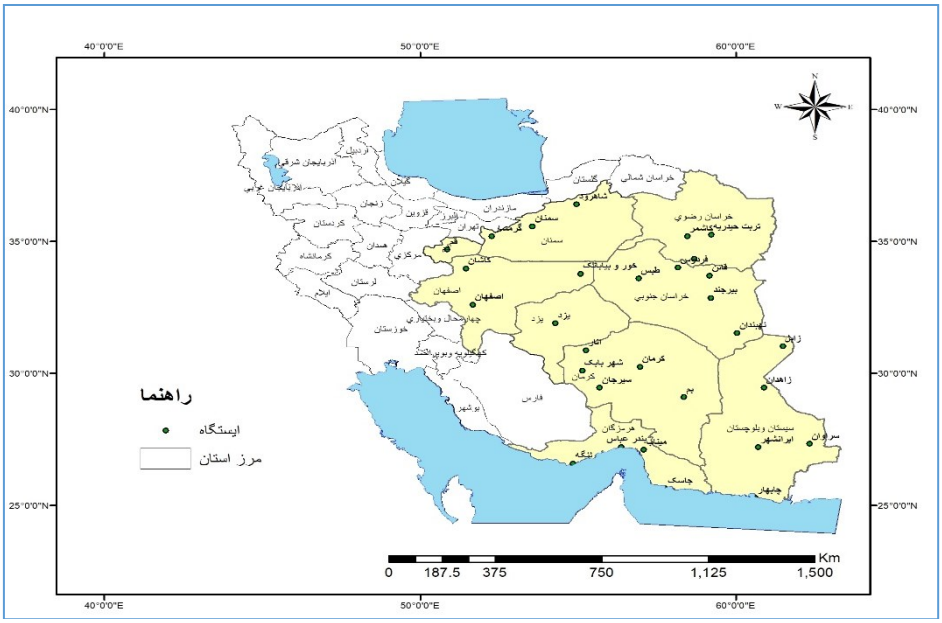
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

منطقه مورد مطالعه در کسب انرژی خورشید، می‌توان با بررسی علمی و صحیح در این زمینه، مکان‌های با پتانسیل بالا از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی را مشخص کرد و جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی، تصمیمات لازم جهت سرمایه‌گذاری اتخاذ گردد. لذا در این پژوهش به پتانسیل سنجی مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران به منظور کسب انرژی از خورشیدی با استفاده از معیارها و شاخص‌های همپوشانی مختلف پرداخته شد.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش بخش وسیعی از سرزمین ایران شامل مناطق کویری و بیابانی در شرق، مرکز و جنوب شرق کشور را در بر می‌گیرد که استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، کرمان، یزد، خراسان جنوبی، قم، نیمه جنوبی استان خراسان رضوی، نیمه شمالی و شرقی استان اصفهان و بیش از ۹۰ درصد استان سمنان را شامل می‌شود. جهت این بررسی از آمار هواشناسی ۳۰ ایستگاه همدید در طول دوره آماری۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ در سطح منطقه مورد مطالعه استفاده شد. شکل(۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل(۱). موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه و ایستگاه‌های مورد بررسی

داده‌ها و روش کار

تحقیق پیش رو بر اساس منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، به پتانسیل سنجی کسب انرژی خورشیدی در مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران پرداخته است. روش AHP یکی از کارآمدترین تکنیک‌ها

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

در زمینه تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی فعالیت‌های مختلف است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی[۱] مطرح شد (قدسی‌پور، ۱۳۸۸). در واقع مدل AHP یکی از جامع‌ترین سیستم‌ها طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این مدل امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد (ساعتی و تاکیزاوا[۲]، ۱۹۸۶: ۲۲۹) و ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمّی و کیفی مسائل چند معیاره می‌باشد که خصوصیات اصلی آن بر اساس مقایسه زوجی می‌باشد (نگایی و همکاران[۳]، ۲۰۰۵: ۲۹). بعد از شناسایی هر یک از معیارها برحسب اهمیت نسبی و میزان تأثیر هر یک از آن‌ها در تعیین پدیده مورد نظر باید وزن خاصی داده شود. اما تعیین وزن برای فاکتورهای مورد نظر با افزایش تعداد معیارهای تحت بررسی به سرعت مشکل می‌شود (مارینونی[۴]، ۲۰۰۴: ۶۳۷). مقایسات زوجی در روش AHP بر اساس جدول(۱) می‌باشد که درجه اهمیت با مقایسه میان دو معیار تشکیل می‌شود و بر این اساس ماتریسی تشکیل می‌شود که بر اساس درجه اهمیت‌های این جدول، ارزش‌گذاری می‌شود. لازم به ذکر است که برای تائید صحت تعیین وزن معیارها از نرخ ناسازگاری استفاده خواهد شد و زمانی که برابر یا بزرگ‌تر از مقدار ۰/۱ باشد، نشان از قضاوت‌های ناسازگار دارد و اگر کمتر از این مقدار باشد نشان از قضاوت‌های سازگار دارد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۶۶).

جدول(۱). مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی

ترجیحات	مقدار عددی
کاملاً مرجع با کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مرجع یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	۳
ارجحیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۲و ۴و ۶و ۷

منبع: قربانی و همکاران، ۱۳۹۲

منطق فازی نیز روش‌های مختلفی برای بررسی منطقی دانش و علومی است که همراه با ابهام و عدم قطعیت هستند. در مجموعه‌های کلاسیک همه اعضای یک مجموعه متعلق به آن مجموعه است ولی هریک از اعضای مجموعه‌های فازی با یک درجه از عضویتی به آن تعلق می‌گیرند و این درجه عضویت همواره مقداری عددی میان صفر و یک است. پارامترهای موجود در مسئله مکان‌یابی تا حدود زیادی ماهیت فازی دارند، برای مثال فاکتورهای مربوط به فاصله مناسب از برخی عوارض موجود، مجموعه‌های فازی هستند و هر یاخته با توجه به فاصله‌ای که از عارضه دارد درجه عضویت متفاوتی در این مجموعه دارد (وارثی و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۸). منطق

۱. Saaty, T. L
۲. Saaty and Takizawa
3. Ngai et al
۴. Marinoni

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

فازی این امکان را می‌دهد تا با تبدیل داده‌های گسسته (رتبه‌ای و اسمی) به داده‌های پیوسته (فاصله‌ای)، امکان استفاده از مدل‌سازی رستری در GIS برای تحلیل و ارزیابی از داده‌های مکانی فراهم شود (قراگوزلو و علیزاده، ۱۳۹۳: ۷۶). منطق فازی درجه‌ای از عضویت را بین دامنه صفر تا ۱ در نظر می‌گیرد که اجازه می‌دهد عنصری از مجموعه فازی به طور نسبی درست یا غلط باشد. یک زیرمجموعه فازی را می‌توان به صورت رابطه (۱) تعریف کرد.

$$A=\{X, \mu(X))/ X \in X\}$$ رابطه (۱)

در رابطه(۱) X یک عنصر است و $\mu(X)$ درجه‌ای از عضویت برای هر عنصر X است که متعلق به مجموعه فازی مزبور می‌باشد که این درجه عضویت بین صفر تا ۱ قرار دارد. توابع عضویت نیز معرف میزان درجه‌ای است که شخص به هریک از عناصر مجموعه فازی نسبت می‌دهد. تابع عضویت نشان دهنده توزیع و پراکندگی اعداد حول یک عدد خاص یا عدد مورد نظر است (کرم و یعقوب نژاد اصل، ۱۳۹۲: ۲۳۴). برای استانداردسازی معیارها از توابع عضویت مختلفی می‌توان استفاده کرد که هر کدام از این توابع عضویت، خصوصیات خاص خود را دارند که کاربر با توجه با نقش هر معیار و ویژگی‌های آن‌ها می‌تواند از توابع فازی استفاده کند. در جدول(۲) توابع استفاده شده در این پژوهش آورده شده است.

جدول(۲). انواع توابع عضویت برای فازی سازی لایه‌های مورداستفاده

Gaussian	تابع عضویت را بر اساس توزیع نرمال و یا گوسی بر اساس یک نقطه میانی تعریف می‌کند (عضویت فازی نقطه میانی ۱ است)
Large	این تابع وقتی استفاده می‌شود که مقادیر بزرگ‌تر در نقشه، عضویت نزدیک به ۱ داشته باشند و بر اساس یک نقطه میانی تعریف شده توسط کاربر تعریف می‌شود.
Linear	این تابع، عضویت فازی را بر اساس یک حداکثر با عضویت فازی ۱ و یک حداقل با عضویت فازی صفر تعریف می‌کند.

منبع: کرم و یعقوب نژاد اصل، ۱۳۹۲

پس از تعریف توابع فازی برای معیارها، در این تحقیق از دو عملگر همپوشانی فازی شامل ضرب فازی[۱] و گاما فازی[۲] و همچنین از یک عملگر همپوشانی برای لایه‌های رستری به‌نام جمع وزن‌دار[۳] استفاده شد. جهت پتانسیل سنجی کسب انرژی از خورشید معیارهای مورد بررسی به سه دسته معیارهای اقلیمی، معیارهای مربوط به زیرساخت‌ها و معیارهای فنی و فیزیکی و زیر معیارهای مربوط به آن‌ها تقسیم گردید جدول(۳). شرایط اقلیمی اولین شرط و مهم‌ترین شرط در استفاده از انرژی خورشیدی و تبدیل آن به سایر انرژی‌ها می‌باشد. مهم‌ترین عوامل اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش شامل تابش، ساعات آفتابی، دما، بارش، رطوبت نسبی، ابرناکی و گردوغبار است. برای تولید نقشه با استفاده از داده‌های اقلیمی از روش کریجینگ که برای درون‌یابی اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌ها با استفاده از معیارهای عملکردی مناسب تشخیص داده شد، استفاده شد. زیرساخت‌های

۱. Product Fuzzy Operator
۲. Gamma Fuzzy Operator
۳. Weighted Sum

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

تأثیرگذار نیز شامل زیرساخت‌های مربوط به فاصله از راه‌های ارتباطی و دسترسی به مراکز جمعیتی می‌باشند که این موارد برای پشتیبانی از تجهیز نیروگاه‌ها و تعمیرات آن‌ها و هم تأمین انرژی مراکز جمعیتی باید مورد توجه قرار بگیرند(روستایی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰۳). شرایط جغرافیایی و فیزیکی منطقه نیز به صورت ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی و فاصله از گسل‌ها طبقه‌بندی شدند جدول(۳).

جدول(۳). معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده در این پژوهش

معیارها	زیرمعیارها
معیارهای مربوط به شرایط اقلیمی	مجموع ساعات آفتابی
	دما بر حسب سلسیوس
	ابرناکی بر حسب اکتا
	روزهای توأم با گردوغبار
	بارش بر حسب میلی‌متر
	رطوبت نسبی بر حسب درصد
	تابش بر حسب ژول بر متر مربع
معیارهای مربوط به شرایط فنی و فیزیکی	ارتفاع بر حسب متر
	شیب بر حسب درجه
	جهت شیب
	کاربری اراضی
	فاصله از گسل‌ها بر حسب کیلومتر
معیارهای مربوط به زیرساخت‌ها	فاصله از مراکز جمعیتی بر حسب کیلومتر
	فاصله از راه‌های ارتباطی بر حسب کیلومتر

روش کار به این صورت است که ابتدا نقشه‌های مربوط به معیارهای مورد نظر تهیه شد. جهت تهیه نقشه معیارهای اقلیمی پس از اخذ داده‌ها از سازمان هواشناسی و سایت نووا (esrl.noaa.gov) در طول دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵و ورود اطلاعات داده‌های اقلیمی از فایل اکسل به محیط ArcGIS با استفاده از روش درونیابی کریجینگ میان داده‌های مربوط به تعداد ایستگاه منطقه درون‌یابی صورت گرفت. معیارهای مربوط به ارتفاع، شیب و جهت شیب از روی مدل رقومی ارتفاع (DEM) ۳۰ متری به دست آمد. نقشه‌های مربوط به کاربری اراضی، گسل‌ها، مراکز جمعیتی، راه‌های ارتباطی نیز از طریق نقشه‌های سازمان‌های مربوطه حاصل شد برای تعیین درجه اهمیت هر کدام از معیارها نسبت به همدیگر تعداد ۲۵ پرسشنامه طراحی و از کارشناسان مربوطه نظرخواهی صورت گرفت، در نهایت با میانگین‌گیری هندسی میان پرسشنامه‌های مربوطه ماتریس نهایی برای ورود به نرم‌افزار Expert Choice که ابزار بسیار کارآمدی برای محاسبه وزن معیارها بر اساس مدلAHP است، استفاده شد. پس از تهیه نقشه‌ها و استانداردسازی فازی لایه‌ها هر لایه در وزن به‌دست‌آمده توسط مدل AHP ضرب شد. جهت همپوشانی لایه‌ها نیز عملگرهای Product، Gamma 0.7، Gamma 0.8، Gamma 0.9 و Weighted sumاستفاده شد. سپس نتایج همپوشانی به‌صورت طبقه‌بندی شده بر اساس پنج طبقه بسیار مناسب تا بسیار نامناسب ارائه گردید.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

نتایج

وزن معیارهای مورد بررسی پس از نرمال‌سازی به شرح جدول(۴) به دست آمد. نرخ ناسازگاری مربوط به تحلیل مورد نظر به میزان ۰/۰۷ توسط نرم‌افزار Expert Choice به دست آمد که نشان از صحت وزن دهی دارد.

جدول(۴). وزن‌های به‌دست‌آمده برای معیارهای موردبررسی

ردیف	نام لایه	ضریب	ردیف	نام لایه	ضریب
۱	فاصله از گسل	۰/۰۱۹	۸	ساعات آفتابی	۰/۱۸۴
۲	تابش	۰/۲۰۲	۹	رطوبت	۰/۰۳۴
۳	دما	۰/۱۱۶	۱۰	گردوغبار	۰/۰۶۶
۴	بارش	۰/۰۵۱	۱۱	ابرناکی	۰/۰۷۱
۵	جهت شیب	۰/۰۶۵	۱۲	کاربری اراضی	۰/۰۶۹
۶	طبقات ارتفاعی	۰/۰۶۴	۱۳	فاصله از مراکز جمعیتی	۰/۰۲۱
۷	شیب	۰/۰۲	۱۴	فاصله از راه‌های ارتباطی	۰/۰۱۸

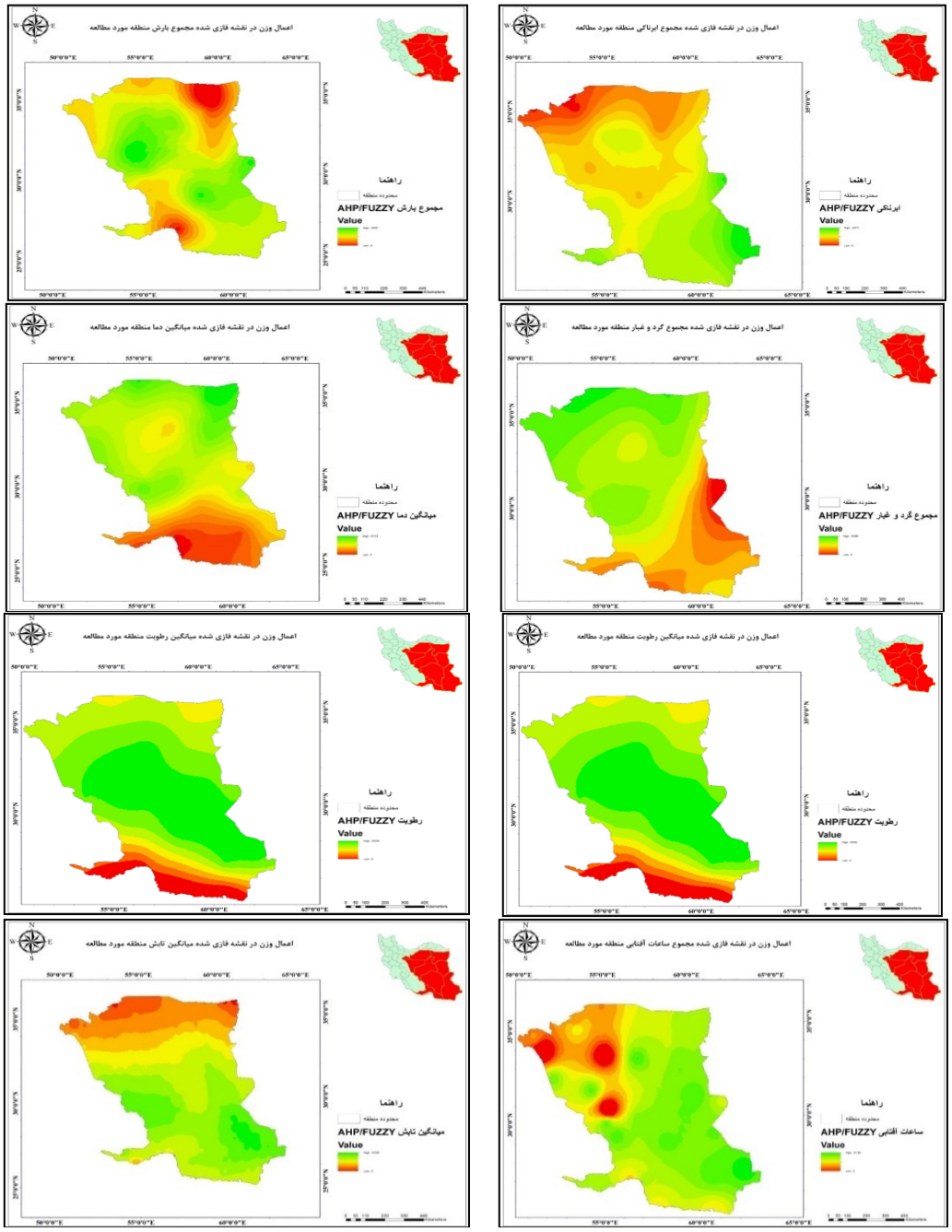
نوع تابع فازی برای فازی سازی معیارها نیز در جدول(۵) آورده شده است. برای استانداردسازی فازی معیارها، تمامی معیارها باید هم مقیاس و به نقشه‌های رستری تبدیل شوند. برای معیار کاربری اراضی نیز فیلدی تشکیل و برای هر کدام از کاربری‌ها به درجه تناسب کدی تخصیص داده شد که بیشترین عدد مربوط به بهترین کاربری می‌باشد، بنابراین با استفاده از تابع خطی کاهشی به استانداردسازی فازی لایه کاربری اراضی پرداخته شد. سایر لایه‌ها نیز بر اساس توابع مختلف فازی سازی شدند.

جدول(۵). نوع تابع فازی برای فازی سازی معیارهای مورد بررسی

ردیف	نام لایه	نوع تابع فازی	ردیف	نام لایه	نوع تابع فازی
۱	فاصله از گسل	خطی- افزایشی	۸	ساعات آفتابی	خطی- افزایشی
۲	تابش	خطی- افزایشی	۹	رطوبت	خطی- کاهشی
۳	دما	خطی- کاهشی	۱۰	گردوغبار	خطی- کاهشی
۴	بارش	خطی- کاهشی	۱۱	ابرناکی	خطی- کاهشی
۵	جهت شیب	گوسین- شیب ملایم کاهنده	۱۲	کاربری اراضی	خطی- کاهشی
۶	طبقات ارتفاعی	لارج- شیب ملایم	۱۳	فاصله از مناطق مسکونی	گوسین- شیب ملایم
۷	شیب	خطی- کاهشی	۱۴	فاصله از جاده	گوسین- شیب ملایم

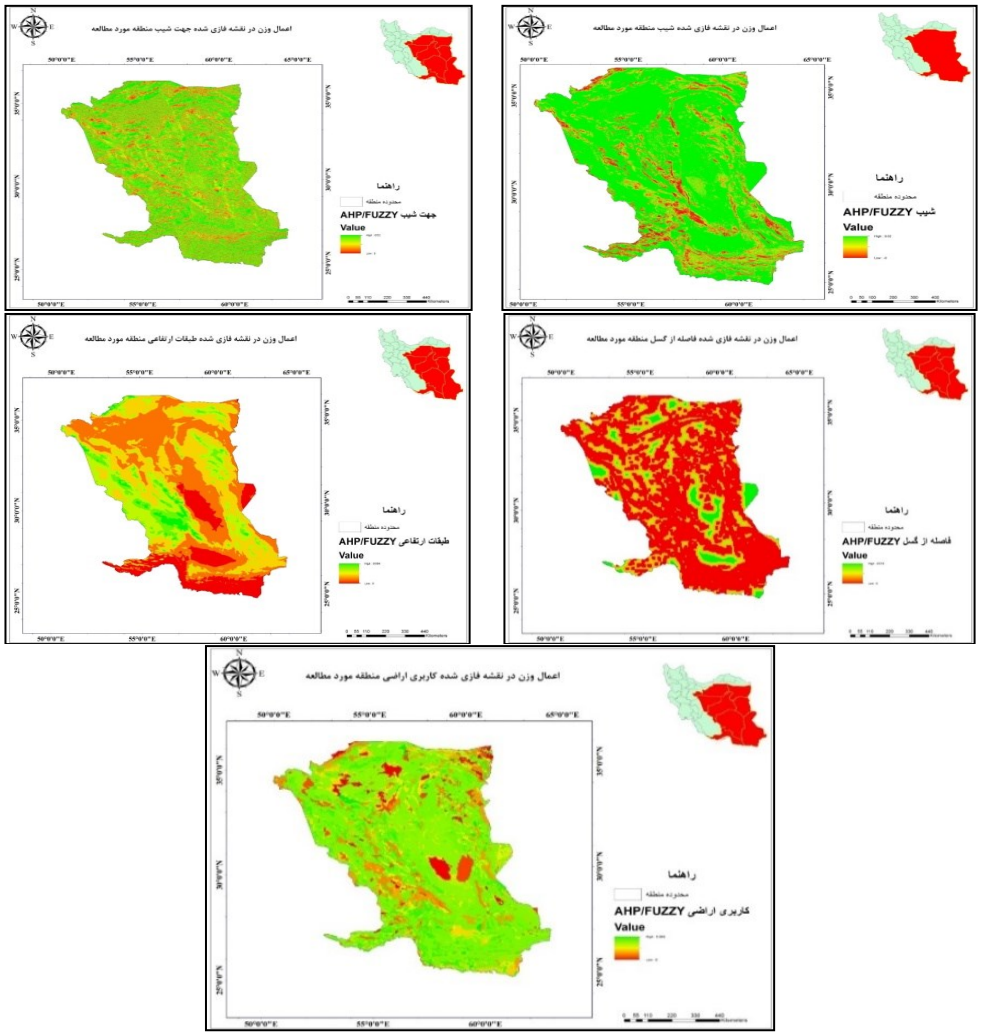
نقشه‌های مربوط به هر دسته از معیارها نیز پس از ضرب هر لایه فازی در وزن به‌دست‌آمده توسط مدل AHP در اشکال(۲ تا ۴) آورده شد. همان‌طور که از راهنمای نقشه‌ها مشخص است، نقشه‌ها در بازه ضرایب جدول (۴) قرار دارند و نشان از صحت ضرب وزن مربوط به هر معیار در نقشه فازی مربوطه است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

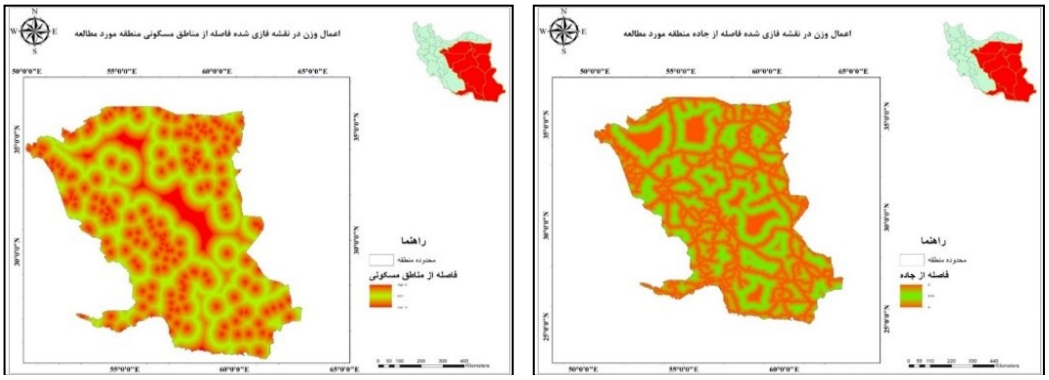


شکل(۲). لایه‌های Fuzzy-AHP مربوط به معیارهای اقلیمی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]



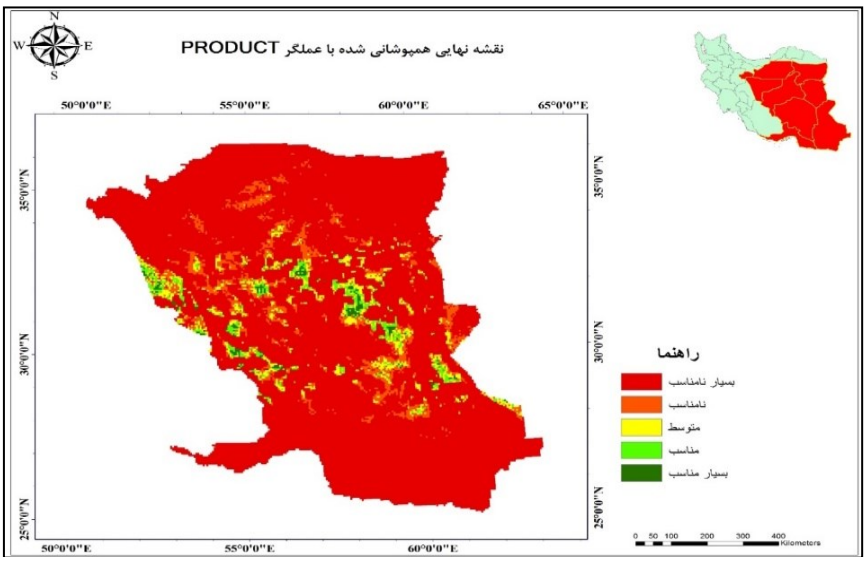
شکل(۳). لایه‌های Fuzzy-AHP مربوط به معیارهای فنی و فیزیکی



شکل(۴). لایه‌های Fuzzy-AHP مربوط به زیرساخت‌ها

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

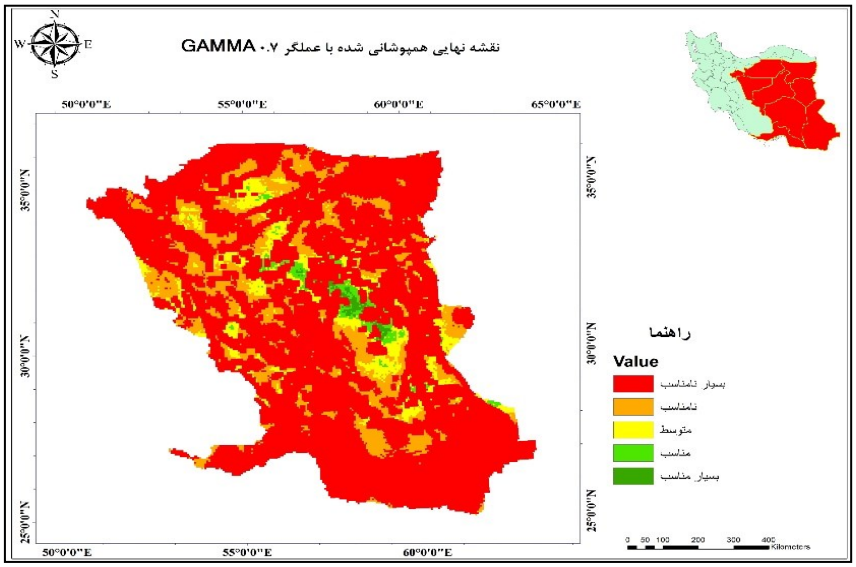
جهت همپوشانی این لایه‌ها از عملگرهای مختلف استفاده شد. در عملگرهای ضرب فازی و گاما فازی مستقیماً از لایه‌های Fuzzy-AHP برای همپوشانی و مکان‌یابی استفاده شد همچنین برای عملگر جمع وزن‌دار از لایه‌های فازی اولیه بدون ضرب وزن AHP آن‌ها استفاده شد و موقع همپوشانی لایه‌های فازی اولیه، وزن آن‌ها در لایه‌ها ضرب شد و نتایج همپوشانی و مساحت عملگرهای Product، Gamma 0.7، Gamma 0.8، Gamma 0.9 و Weighted sum مشخص شدند. نتایج همپوشانی به‌صورت طبقه‌بندی شده بر اساس پنج طبقه تقسیم‌بندی و مساحت‌هایی که هرکدام از آن‌ها مربوط به هر عملگر به خود اختصاص دادند با تبدیل لایه‌های فازی به لایه‌های برداری استخراج شدند جدول(۶). نقشه همپوشانی شده بر اساس تابع Product نشان می‌دهد که به‌دلیل حساسیت زیاد این عملگر مناطق بسیار کمی مستعد کسب انرژی از خورشید هستند. مناسب‌ترین مناطق، قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه شامل مرز میان استان‌های کرمان و خراسان و همچنین قسمت‌هایی از غرب منطقه مورد مطالعه شامل غرب استان یزد و کرمان را شامل می‌شود. به‌جز این مناطق قسمت‌های دیگر منطقه مورد مطالعه ارزش بسیاری کمی را به‌خود اختصاص داده‌اند شکل(۵). بر اساس نتایج حاصل از این عملگر بیش از ۸۶ درصد منطقه دارای شرایط بسیار نامناسب برای کسب انرژی از خورشید هستند و تنها ۰/۷ درصد منطقه دارای شرایط بسیار مناسب هستند جدول(۶).



شکل(۵). پهنه‌بندی منطقه از لحاظ کسب انرژی خورشیدی با عملگر Product

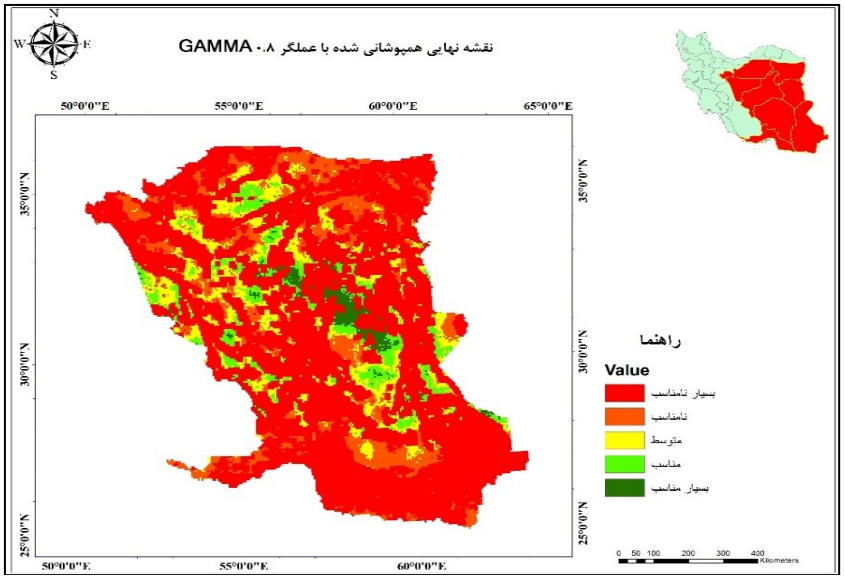
نقشه همپوشانی شده بر اساس تابع Gamma 0.7 نیز نشان می‌دهدکه قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه از جمله مرز میان استان‌های خراسان جنوبی و کرمان و یزد از بیش‌ترین ارزش برخوردار است. و قسمت‌های شمال، غرب و شرق منطقه مورد مطالعه نیز از ارزش متوسطی برخوردارند شکل(۶).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]



شکل(۶). پهنه‌بندی منطقه از لحاظ کسب انرژی خورشیدی با عملگر Gamma 0.7

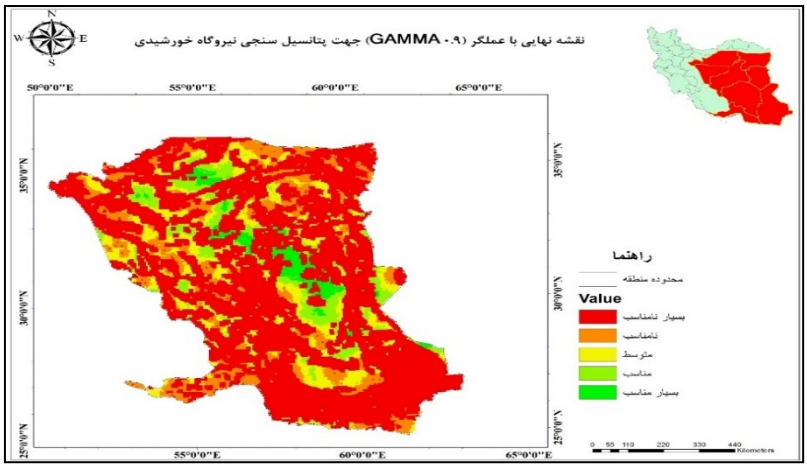
بیش‌ترین ارزش در نقشه همپوشانی شده بر اساس تابع Gamma 0.8 نیز مربوط به مناطق مرکزی منطقه مورد مطالعه شامل مرز میان استان‌های خراسان جنوبی، یزد و کرمان و همچنین قسمت‌هایی از شمال منطقه می‌باشد. قسمت‌هایی از مناطق شرقی، غربی و شمالی منطقه مورد مطالعه نیز از ارزش متوسطی برخوردارند و بقیه مناطق به‌خصوص مناطق جنوبی منطقه مورد مطالعه، ارزش کمی را به‌خود اختصاص داده‌اند شکل(۷).



شکل(۷). پهنه‌بندی منطقه از لحاظ کسب انرژی خورشیدی با عملگر Gamma 0.8

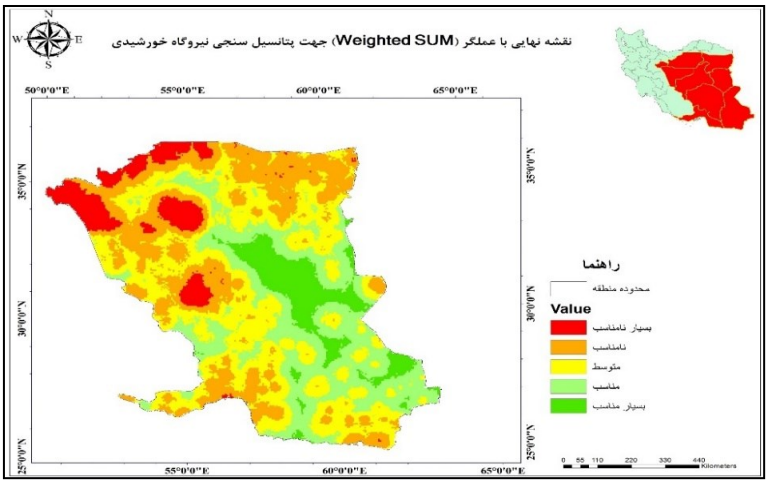
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

نقشه به‌دست آمده از عملگر Gamma 0.9 نشان از ارزش زیاد مناطق مرکزی منطقه مورد مطالعه شامل مرز میان استان‌های خراسان جنوبی، یزد و کرمان دارد. قسمت‌هایی از شمال منطقه مورد مطالعه شامل مناطق مرکزی استان سمنان و مناطق مرکزی استان یزد نیز مناسب هستند و قسمت‌هایی از مناطق غربی، شرقی و شمالی منطقه مورد مطالعه نیز دارای ارزش متوسطی هستند. بقیه مناطق به‌خصوص مناطق جنوبی منطقه مورد مطالعه ارزش کمی به‌خود اختصاص داده‌اند شکل(۸).



شکل(۸). پهنه‌بندی منطقه از لحاظ کسب انرژی خورشیدی با عملگر Gamma 0.9

براساس نقشه همپوشانی عملگر Weighted Sum، مناطق مرکزی منطقه مورد مطالعه شامل مرز میان استان-های خراسان جنوبی، یزد و کرمان، قسمت‌های مرکزی و جنوبی استان سمنان، قسمت‌های مرکزی استان یزد و قسمت‌هایی از شرق و مناطق غربی استان سیستان و بلوچستان از ارزش زیادی برای کسب انرژی برخوردارند. ضعیف‌ترین مناطق هم قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرد شکل (۹). بر اساس نتایج حاصل از این عملگر ۳۳ درصد منطقه دارای شرایط بسیار نامناسب و نامناسب هستند جدول(۶).



شکل(۹). پهنه‌بندی منطقه از لحاظ کسب انرژی خورشیدی با عملگر Weighted Sum

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

در مجموع بر اساس نتایج حاصل بیشترین مساحت مربوط به پهنه‌های بسیار مناسب حاصل از عملگرهای مختلف همپوشانی مربوط به نواحی کویری و در مرز میان استان‌های کرمان، یزد، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان واقع شده‌اند. که به دلیل مناسب بودن شرایط اقلیمی از نظر معیارهایی همچون ابرناکی کم و تابش زیاد در این ناحیه می‌باشد.

جدول(۶). مساحت پهنه‌های مختلف در عملگرهای همپوشانی مختلف برحسب درصد

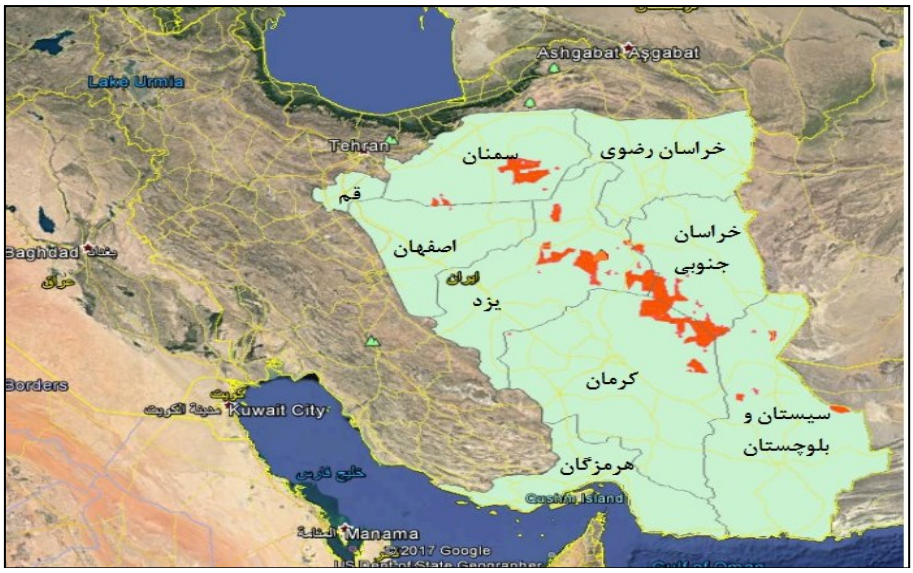
عملگر	بسیار مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب	بسیار نامناسب
Product	۰/۷	۲/۲	۳/۹	۷	۸۶/۲
Gamma 0.9	۰/۵	۱/۵	۶/۱	۱۵/۲	۷۶/۷
Gamma 0.8	۱/۹	۶	۹/۹	۱۱/۸	۷۰/۳
Gamma 0.7	۳	۷/۱	۱۱/۴	۱۰/۶	۶۸
Weighted Sum	۹	۲۴/۲	۳۳/۲	۲۵/۸	۷/۸

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه با رشد جمعیت کره زمین تقاضا برای تأمین انرژی افزایش یافته است و انرژی یکی از نشانه‌های توسعه-یافتگی کشورها است. سیاست جهانی نیز به دنبال یافتن راهکاری برای تأمین انرژی نامحدود و پاک برای حفظ مسیر رشد و توسعه خود می‌باشد و یکی از مهم‌ترین این منابع، انرژی خورشیدی است. به همین منظور در این پژوهش با استفاده از معیارهای مختلف به پتانسیل‌سنجی کسب انرژی از خورشید در مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران پرداخته شد و جهت همپوشانی معیارها از تابع‌های همپوشانی مختلف Product، Gamma و Weighted Sum استفاده شد. دلیل استفاده از چند تابع برای مقایسه هر چه بهتر و تخصیص حساسیت‌های مختلف برای انواع همپوشانی بود. بنابراین بر این اساس که نوع بهره‌برداری از انرژی خورشیدی و مقیاس بهره-برداری مانند مقیاس تولید نیروگاه‌ها و سایر معیارهای فنی و صنعتی که نیازمند برنامه‌ریزی‌ها و سرمایه‌گذاری-های مختلف می‌باشد، نقشه مورد نظر استفاده می‌شود. بر اساس نتایج حاصل چنانچه هدف احداث نیروگاه بزرگ با ظرفیت تولید انرژی الکتریکی بالا باشد، سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در این سطح ضروری است و در نتیجه ریسک سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد، بنابراین باید بهترین نقشه‌ها را برای تعیین محل احداث نیروگاه‌ها در نظر گرفت که با توجه به حساسیت امر می‌توان از نقشه فازی مربوط به عملگر Gamma 0.9 که دارای دقت و حساسیت بالایی است و بر اساس مقایسه با تمامی معیارهای اقلیمی، زیرساختی و فنی و فیزیکی و همچنین اطلاعات مربوط به تصاویر ماهواره‌ای از شرایط منطقی‌تری برخوردار است استفاده نمود. به همین منظور محدوده پهنه بسیار مناسب برای کسب انرژی از خورشیدی به ویژه برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی بر طبق عملگر Gamma 0.9 در شکل(۱۰) مشخص گردید در این شکل پهنه‌ی بسیار مناسب (با رنگ قرمز بر روی محدوده منطقه مورد مطالعه) بر اساس عملگر Gamma 0.9 بر روی نقشه Google earth مشخص شده است. چنانچه هدف احداث نیروگاه‌های محلی با ظرفیت تولید انرژی الکتریکی کم باشد، نیاز به سرمایه‌گذاری کاهش‌یافته که منجر به کاهش ریسک در این زمینه است و می‌توان از تابع همپوشانی که از حساسیت کمتری برخوردار است و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

نقشه خروجی حاصل از آن شامل مناطق مناسب بیشتری برای کسب انرژی خورشیدی می‌باشد استفاده کرد. بر طبق نتایج حاصل از بین تمامی توابع همپوشانی و در مقایسه با تمامی معیارهای مورد استفاده و همچنین تصاویر ماهواره‌ای، بهترین تابع همپوشانی برای اهداف با ریسک کمتر و نیاز به سرمایه‌گذاری کمتر، تابع Weighted Sum است. محدوده پهنه بسیار مناسب (با رنگ قرمز بر روی محدوده منطقه مورد مطالعه) بر اساس این عملگر بر روی نقشه Google earth در شکل(۱۱) آورده شده است.



شکل(۱۰). محدوده پهنه‌های بسیار مناسب بر اساس عملگر Gamma 0.9

شکل(۱۱). محدوده پهنه‌های بسیار مناسب بر اساس عملگر Weighted Sum

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

همان‌طور که مشخص شد این مدل‌ها با توجه حساسیت موضوع پژوهش در نهایت توانستند منطقه وسیع مورد مطالعه را تجزیه و تحلیل و در نهایت بهترین مکان‌هایی جهت کسب انرژی از خورشید را تعیین کنند. با توجه به نتایج حاصل بیشتر وسعت منطقه از لحاظ معیارهایی از جمله ساعات آفتابی، رطوبت، بارش، میزان ابرناکی از شرایط نسبتاً مناسبی برای کسب انرژی از خورشید برخوردارند. از طرف دیگر به دلیل شرایط منطقه و عواملی مانند بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، گردوغبار بخش‌هایی مهمی از منطقه را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد همچنین به دلیل اینکه بخش وسیعی از منطقه در عرض‌های پایین جغرافیایی قرار دارند، از لحاظ تابش ورودی به عنوان یک عامل مثبت، شرایط مناسبی دارند اما از طرف دیگر دمای بالای هوا به عنوان یک عامل منفی، وجود خواهد داشت. در نهایت پس از همپوشانی تمامی معیارها با عملگرهای فازی مختلف مشخص شد که عملگرهای Product و Gamma 0.9 دارای دقت بیشتر نسبت به سایر عملگرها هستند و به دلیل حساسیت بالای این عملگرها بخش‌های کمی از منطقه منطقه مورد مطالعه مناسب کسب انرژی از خورشید تشخیص داده شد ولی با استفاده از عملگر دارای حساسیت کمتر از جمله Weighted Sum بخش‌های بیشتری از منطقه دارای پتانسیل کسب انرژی از خورشید مناسب تشخیص داده شد که با توجه به اهمیت نوع استفاده از انرژی خورشیدی برای مقاصد مختلف می‌توان از نقشه‌های مختلف تولید شده استفاده کرد. نتایج حاصل از این پژوهش مطالعات موقری و طاووسی (۱۳۹۲)، روستایی و همکاران (۱۳۹۵)، رحیمی و همکاران (۱۳۹۶) را مورد تایید قرار می‌دهد.

منابع

ابراهیمی قوام‌آبادی، لیلا؛ دهقی فولادی، بهزاد. (۱۳۸۲). **کاربرد انرژی خورشیدی به عنوان یک انرژی تجدیدپذیر و سازگار با محیطزیست و نقش آن در پیشبرد اهداف توسعه‌ی پایدار**، سومین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، ۱۶ ص.

احمدی، هدی؛ مرشدی، جعفر؛ عظیمی، فریده. (۱۳۹۵)، **مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی با استفاده از داده‌های اقلیمی و سامانه اطلاعات مکانی(مطالعه موردی: استان ایلام)**، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی(کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۷(۱): ۵۷-۴۱.

اسفندیاری، علی؛ رنگرزی، کاظم؛ صابری، عظیم؛ فتاحی مقدم، مهدی. (۱۳۹۰). **پتانسیل سنجی احداث نیروگاه-های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده ازGIS**، همایش ملی ژئوماتیک، ۹ ص.

بهشتی‌فر، سارا؛ مسگری، محمد سعدی؛ ولدان زوج، محمدجواد ؛کریمی، محمدجواد. (۱۳۸۹). **استفاده از منطق فازی در محیط GIS به منظور مکان‌یابی نیروگاه‌های گازی**، نشریه مهندسی عمران و نقشه‌برداری، ۴۴ (۴): ۵۹۵-۵۸۳.

رحیمی، محمد؛ پازند، فاطمه؛ عبدالهی، علی‌اکبر. (۱۳۹۶). **پتانسیل‌سنجی استقرار نیروگاه‌های خورشیدی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از مدل AHP و منطق فازی**، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۵ (۴۹): ۳۶-۲۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]

[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

روستایی، شهرام؛ پیر نظر، مجتبی؛ زند کریمی، آرش؛ موسوی کجاباد، ندا. (۱۳۹۵). **امکان‌سنجی استقرار پنل‌های خورشیدی در استان آذربایجان شرقی با ارزیابی تابش ورودی و پارامترهای اقلیمی**، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۵(۱۹): ۱۱۶-۱۰۱.

صمدی، رضا؛ تیکا، سهراب. (۱۳۸۶). **تهیه مدل زیست‌محیطی جهت استقرار نیروگاه‌های حرارتی در کشور**، نشریه محیط‌شناسی،۳۳ (۴۴):۷۳-۸۲.

قدسی پور، سید حسن. (۱۳۸۸). **فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)**، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

قراگوزلو، علیرضا؛ علیزاده، معصومه. (۱۳۹۳). **ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار صنایع به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی- منطق فازی Fuzzy-AHP (مطالعه موردی: شهرستان ملارد)**، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۴): ۷۹-۷۴.

قربانی، رسول؛ پروین، نادر؛ قیصریان، جمال. (۱۳۹۲)، **مکان‌یابی مراکز تجاری نوین شهری در نواحی شهری با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (نمونه موردی: نواحی سه گانه شهرداری سقز)**، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۷(۴۵): ۱۸۱-۱۶۳.

کرم، امیر؛ یعقوب نژاد اصل، نازیلا. (۱۳۹۲). **کاربرد منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر مطالعه موردی: کلان‌شهر کرج**، فصلنامه جغرافیا، ۱۱ (۳۶): ۲۳۱-۲۴۹.

گندمکار، امیر؛ رحیمی، اعظم. (۱۳۹۳)، **پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان اصفهان با استفاده ازGIS**، اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیطزیست. ۶ ص.

موقری، علیرضا؛ طاووسی، تقی. (۱۳۹۲). **امکان‌سنجی و پهنه‌بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنج‌های اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان**. مجله برنامه‌ریزی و سیاست گذاری انرژی، ۱(۱): ۱۱۴-۹۹.

وارثی، حمیدرضا؛ شیران، غلامرضا؛ عزیزی حسنوند، عزیزی. (۱۳۹۴). **مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS(نمونه موردی: شهر خرم آباد)**، نشریه پژوهش و برنامه شهری، ۶ (۲۳): ۷۶-۵۵.

Asakereh, A., Omid, M., Alimardani, R., & Sarmadian, F. (2014). **Developing a GIS-based fuzzy AHP model for selecting solar energy sites in Shodirwan region in Iran**. International Journal of Advanced Science and Technology, 68: 37-48.

Belgasim, B., YasserAldali, Y., Abdunnabi, M., GamalHashem, G., Hossin, Kh. (2018). **The potential of concentrating solar power (CSP) for electricity generation in Libya,** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90: 1-15.

Chaves, A. Bahill, T. (2010). **Locating Sites for Photovoltaic Solar**. Arc User Online, available at http//www.esri.com/news/arcuser/1010/solarsiting.html.

Jahangiri, M., Ghaderi, R., Haghani, A., & Nematollahi, O. (2016). **Finding the best locations for establishment of solar-wind power stations in Middle-East using GIS: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 66: 38-52.

Kenisarin, M., & Mahkamov, K. (2007). **Solar energy storage using phase change materials. Renewable and sustainable energy reviews**, 11(9): 1913-1965.

Kucuksari, S., Khaleghi, A. M., Hamidi, M., Zhang, Y., Szidarovszky, F., Bayraksan, G., & Son, Y. J. (2014). **An Integrated GIS, optimization and simulation framework for optimal PV size and location in campus area environments**. Applied Energy, 113: 1601-1613.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]

[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]

Kumar, A., Prakash, O., Dube, A. (2017). **A review on progress of concentrated solar power in India,** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79: 304-307.
Marinoni, O. (2004). **Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. Computers & Geosciences**, 30(6): 637-646.
Matejicek, L. (2015). **Multicriteria analysis for sources of renewable energy using data from remote sensing.** The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(7): 889.
Ngai, E. W., & Chan, E. W. C. (2005). **Evaluation of knowledge management tools using AHP.** Expert systems with applications, 29(4): 889-899.
Saaty, T. L., & Takizawa, M. (1986). **Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks**. European journal of operational research, 26(2): 229-237.
Wiser, R., Millstein, D., Mai, T., Macknick, J., Carpenter, A., Cohen, S., & Heath, G. (2016). **The environmental and public health benefits of achieving high penetrations of solar energy in the United States**. Energy, 113: 472-486.
Zohoori, M, (2012). **Exploiting Renewable Energy Sources in Iran,** Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, 4(7): 849-862.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.63.3.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.63.1]