

پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک در ایران با بهره‌گیری از روش فازی

محمد رضایی^۱، فرهاد حسینعلی^{۲*}، علیرضا شریفی^۲

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی - دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
mohammadrezaei22@yahoo.com

^۲ استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری - دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
{f.hosseinali, a_sharifi}@sru.ac.ir

(تاریخ دریافت اسفند ۱۳۹۷، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۸)

چکیده

انرژی خورشیدی در مقایسه با سایر منابع انرژی یکی از مهم‌ترین، قابل‌دسترس‌ترین و پاک‌ترین منابع انرژی کره زمین است که بهره‌برداری درست و بهینه از آن موجب پیشرفت‌های چشمگیر در بخش انرژی می‌گردد. این انرژی به عنوان یک منبع مفید و نامحدود که فاقد خطرات و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی است، می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی و همچنین فرصتی مناسب در مناطقی با اقلیم گرم و خشک از جمله بخش‌های وسیعی از ایران برای رشد و توسعه اقتصادی باشد. هدف از این پژوهش پتانسیل سنجی کشور ایران به لحاظ اقلیمی و زیرساختی جهت یافتن مناطق مستعد برای احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک است. به این منظور ابتدا به بررسی همه‌جانبه عوامل مؤثر بر انرژی خورشیدی، از جمله متغیرهای اقلیمی (شدت تابش و میانگین دمای سالیانه)، مکانی (فاصله از خطوط انتقال نیرو و راه‌های دسترسی، فاصله از شهرها و فاصله از گسل‌ها)، محیطی (ارتفاع، شیب، جهت شیب و کاربری اراضی) و هواشناسی (رطوبت، روزهای ابری، روزهای غبارآلود، سرعت باد) پرداخته‌شده و سپس با توجه به ماهیت مکانی متغیرهای مؤثر در مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک و با تلفیق آن‌ها به وسیله روش فازی در محیط سیستم اطلاعات مکانی، مناطق مستعد در سطح کشور شناسایی و در چهار سطح نامناسب (۶۵٪)، خوب (۲۳٪)، عالی (۱۱٪) و ممتاز (۱٪) برحسب بیشترین امتیاز برهم‌نهی فازی طبقه‌بندی می‌شود. در این رتبه‌بندی استان‌های کرمان، خراسان جنوبی، فارس، یزد، هرمزگان و سیستان و بلوچستان به ترتیب مناسب‌ترین مناطق شناخته شدند. در مجموع مساحتی بالغ بر ۵۵۷,۰۰۰ کیلومترمربع از خاک ایران دارای پتانسیل بالا جهت احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک است.

واژگان کلیدی: انرژی خورشیدی، نیروگاه فتوولتائیک، مکان‌یابی، ایران، فازی

۱- مقدمه

انرژی را می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل دخیل در رشد اقتصادی جوامع پیشرفته و در حال توسعه دانست. پژوهش‌های جدید نشان داده که بین سطح توسعه یک کشور و میزان مصرف انرژی آن، رابطه مستقیمی برقرار است. در حال حاضر بخش اعظم انرژی مصرفی در جهان به‌وسیله سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. احتراق سوخت‌های فسیلی باعث ورود حجم عظیمی از اکسیدهای سولفور و نیتروژن، مونوکسید کربن و دی‌اکسید کربن در هوا می‌گردد. این مسأله به این معناست که علاوه بر چالش بزرگ پایان‌پذیر بودن سوخت‌های فسیلی، چالش عمده دیگر اثرات آلودگی‌های زیست‌محیطی است که استفاده از منابع فسیلی بر جای می‌گذارد. از این‌رو بایستی به روش‌های دیگر برای پاسخگویی به این نیاز عظیم از جمله منابع انرژی جایگزین روی آورد. در میان منابع مختلف انرژی، خورشید یک منبع مهم انرژی است که بهره‌برداری از آن بسیار مقرون به صرفه، در دسترس و تجدید پذیر است و علاوه بر آن، خطرات و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی از خود باقی نمی‌گذارد.

تعیین مکان مناسب برای احداث نیروگاه خورشیدی به‌منظور بهره‌وری بیشینه، نیازمند شناسایی دقیق معیارهای مؤثر در مکان‌یابی از جمله متغیرهای اقلیمی (شدت تابش و میانگین دمای روزانه)، مکانی (فاصله از راه‌های دسترسی، خطوط انتقال نیرو، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از گسل‌ها)، محیطی (شیب، جهت شیب، ارتفاع و کاربری زمین) و هواشناسی (روزهای ابری، روزهای غبارآلود، رطوبت و سرعت باد) است که اکثر آن‌ها ماهیت مکانی دارند. از این‌رو برای طرح‌های مکان‌یابی یا بررسی توان اکولوژیکی و همچنین برای ترکیب لایه‌های مختلف در مسائل تصمیم‌گیری چند متغیره^۱، از سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ استفاده می‌شود [۱].

موقری و طاووسی (۱۳۹۲) تحقیقی را باهدف پهنه‌بندی و مکان‌یابی نقاط مستعد برای استقرار صفحات خورشیدی با تکیه بر متغیرهای اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان انجام داده‌اند. داده‌های مورد استفاده در این

تحقیق به‌صورت نقشه‌های رستر از مجموع ساعات آفتابی سالانه، تعداد روزهای ابری در سال، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای گردوغباری، میانگین سالانه رطوبت نسبی، ارتفاع و مجموع بارندگی سالانه به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر میزان تابش خورشیدی در محیط نرم‌افزاری وارد شده است و با استفاده از مدل هم‌پوشانی، نقشه موردنظر به‌دست آمده است [۲].

فرجی سبک‌بار و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی مطالعه جامعی را در رابطه با شناسایی مناطق مستعد و با پتانسیل بالا برای احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک در ایران ارائه کرده‌اند. برای انجام این پژوهش، در گام نخست پس از تعیین محدوده موردبررسی، معیارهای مؤثر در پتانسیل سنجی به کمک مطالعات پیشین و روش دلفی^۳ استخراج شده است. در گام بعد، از روش تصمیم‌گیری آزمایشی و تحلیلی^۴ برای پیاده‌سازی ساختار شبکه و از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۵ نیز، برای وزن‌دهی معیارها استفاده شده است. در ادامه، روش فرا ابتکاری اره‌ماهی^۶ برای تلفیق نتایج به کار گرفته شده است. نتایج همچنین نشان داد سه استان یزد، کرمان، خراسان جنوبی، به ترتیب دارای بهترین پتانسیل برای احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک هستند [۳].

مکریانی و عمرانی (۱۳۹۳) در تحقیقی رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها^۷ و فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۸ جهت بهینه‌سازی موقعیت جغرافیایی نیروگاه‌های خورشیدی در ایران را مدنظر قرار دادند. بنابراین با توجه به شاخص‌ها و موقعیت‌های مکانی و جغرافیایی نیروگاه‌های خورشیدی، شهرستان بیرجند نسبت به سایر شهرستان‌ها بیشترین کارایی جهت تأسیس نیروگاه خورشیدی در ایران را به دست آورد [۴].

نوراللهی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به پتانسیل سنجی کشور ایران از لحاظ اماکن مناسب جهت تأسیس نیروگاه‌های خورشیدی پرداختند. آن‌ها در مرحله اول، نقشه ناحیه‌های نامناسب بر اساس محدودیت‌های تعریف شده را استخراج کردند. در مرحله بعدی، به‌منظور

^۳ Delphi Method

^۴ Decision making trial & evaluation

^۵ Analytic Network Process (ANP)

^۶ Saw-Fish Metaheuristic Method

^۷ Data envelopment analysis (DEA)

^۸ Analytic Hierarchy Process (AHP)

^۱ Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM)

^۲ Geographic Information System

احمدی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای در استان ایلام مکان مناسب نیروگاه خورشیدی را با توجه به معیار و گزینه‌های مختلف از قبیل اقلیمی (دما، تابش، بارش، ساعت آفتابی، تبخیر)، توپوگرافی^۴ (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل)، محیط‌زیست (کاربری اراضی، رودخانه‌ها) و محیط انسانی (محدوده مسکونی، راه‌ها) در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از فرآیند مدل سلسله مراتبی تعیین کرده‌اند [۸].

با توجه به تحقیقات پیشین، کشور ایران یکی از مناسب‌ترین کشورهای جهان از نظر میزان دریافت انرژی خورشیدی است. لذا با توجه به این پتانسیل، برای بهره‌برداری بهینه از این منبع باید برنامه‌ریزی‌های لازم صورت گیرد. توسعه سیستم‌های مختلف انرژی خورشیدی و استفاده بهینه از آن‌ها در کشور نیازمند شناسایی دقیق و بررسی جمیع متغیرهای اقلیمی، محیطی، مکانی و هواشناسی مؤثر در پتانسیل سنجی است که باید با روش‌های مناسب مناسب اجرا شود [۹].

در این مقاله ابتدا در چهارچوب مطالعات کتابخانه‌ای به تعیین مجموع مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در تعیین پتانسیل فتوولتائیک پرداخته می‌شود. سپس چهارده متغیرها که در چهار دسته طبقه بندی شده است برای بررسی همه جانبه به صورت لایه‌های اطلاعاتی تهیه می‌گردد. بررسی پژوهشهای پیشین نشان داد که در مطالعات قبلی هیچگاه تا این تعداد عامل مؤثر برای این کار در نظر گرفته نشده است و از این رو بررسی همزمان این عوامل، یک نوآوری به شمار می‌رود. در مرحله بعد با استفاده از نظر کارشناسان خبره و با توجه به روش‌های مناسب مطرح‌شده، لایه‌های اطلاعاتی تحت توابع عضویت فازی می‌شوند تا در نهایت به وسیله برهم‌نهی فازی^۵ با یکدیگر ترکیب و نواحی مناسب و با پتانسیل بالا جهت احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک در سطح کشور تعیین گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطق فازی

منطق فازی توسط پروفسور لطفی زاده به‌عنوان ابزاری برای موقعیت‌هایی با عدم اطمینان معرفی گردید [۱۰]. در

شناسایی مناطق مناسب، ۱۱ معیار تعریف‌شده، ازجمله تابش خورشیدی، دمای متوسط سالانه، فاصله از خطوط انتقال قدرت، فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مناطق مسکونی، ارتفاع، شیب، کاربری زمین، متوسط سالیانه روزهای ابری، رطوبت متوسط سالیانه و میانگین سالیانه روزهای گردوغباری را شناسایی‌شده است. آن‌ها وزن نسبی معیارهای تعریف‌شده را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی^۱ (FAHP) تعیین کردند. سپس، با پوشش این لایه‌های معیار، نقشه نهایی اولویت‌بندی مناطق مختلف ایران برای بهره‌برداری از مزارع^۲ (PV) توسعه داده‌اند. بر اساس تقسیمات سیاسی ایران، تحقیق، تجزیه و تحلیل نتایج به مجموع ۱۰۵۷ منطقه از کشور ارائه‌شده است که هر منطقه در یکی از پنج طبقه تعریف‌شده از سطح عالی، خوب، متوسط، کم و فقیر قرار دارد. داده‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که $14/7\%$ (۲۳۷,۹۲۰ کیلومترمربع)، $17/2\%$ (۲۷۸,۲۷۰ کیلومترمربع)، $19/2\%$ (۳۱۱,۷۶۷ کیلومترمربع)، $19/3\%$ (۱۸۳,۰۵۷ کیلومترمربع)، $1/8\%$ (۳۰,۵۴۹ کیلومترمربع) و $35/8\%$ (۵۸۰,۲۶۴ کیلومترمربع) به ترتیب به‌عنوان مناطق عالی، خوب، منصفانه، کم، فقیر و نامناسب قرار گرفته است. علاوه بر این استان‌های کرمان، یزد، فارس، سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و اصفهان نیز به‌عنوان استان‌های عالی و مناسب برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی هستند [۵].

مقصودی (۱۳۹۵) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود برای مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی با استفاده از روش‌های تحلیل چندگانه، از روش تحلیل پوشش داده^۳ استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده پتانسیل بالای شهرهای یزد، شیراز و بیرجند بوده است [۶].

یوسفی و حافظ نیا (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با استفاده از روش فازی برای انتخاب مکان‌های مناسب استفاده کردند. کل توان انرژی الکتریکی قابل استحصال از مکان‌های مناسب در منطقه محاسبه گردید که نشان از پتانسیل بالای کرانه‌های اقیانوسی جنوب شرق ایران جهت بهره‌مندی از انرژی‌های تجدید پذیر است که می‌تواند موتور محرکی جهت توسعه صنعتی، اقتصادی و اجتماعی منطقه مکران باشد [۷].

^۱ Fuzzy Analytical Hierarchy Process

^۲ Solar Photovoltaic Plant

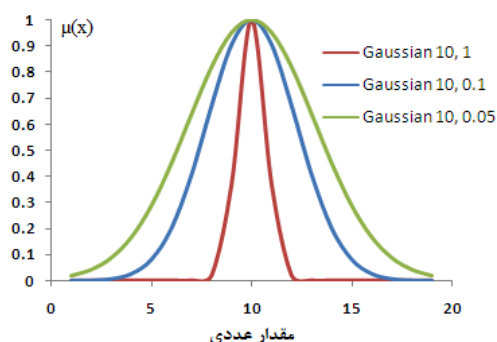
^۳ Data Envelopment Analysis

^۴ Topographic

^۵ Fuzzy Overlay

۱-۱-۲- تابع عضویت فازی گوسین^۱

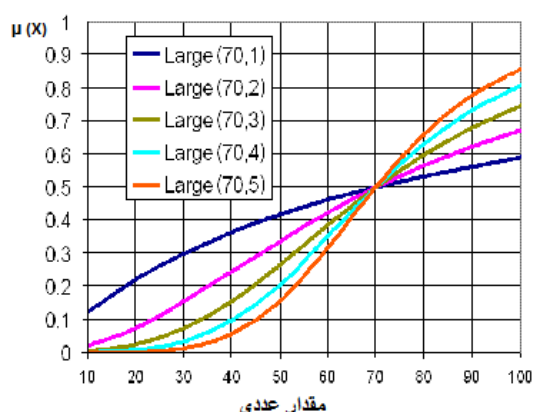
این تابع مقادیر اولیه را به توزیع نرمال تبدیل می‌کند. نقطه مرکزی توزیع نرمال، تعریف ایده‌آل برای مجموعه را تعیین می‌کند که همان مقدار عضویت فازی بیشینه یا عدد ۱ است، درحالی‌که مقدار ورودی باقیمانده در عضویت کاهش می‌یابد تا در طرفین دامنه ورودی به مقدار عضویت صفر برسد (شکل ۲) [۱۳].



شکل ۲- تابع عضویت فازی گوسین.

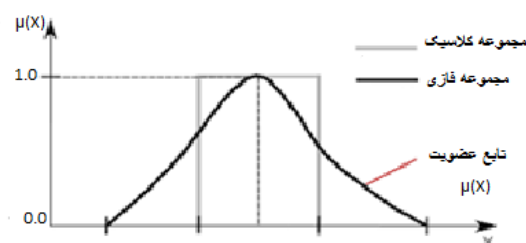
۱-۲-۲- تابع عضویت فازی بزرگ^۲

هنگامی از این تابع استفاده می‌شود که مقادیر ورودی بزرگ‌تر، بیشتر احتمال عضویت در مجموعه را داشته باشند. نقطه مرکزی^۳ تابع بزرگ یا نقطه متقاطع (اختصاص یک عضو به مقدار عضویت ۰/۵) را با مقادیری بیشتر از نقطه میانی تعیین می‌کند و پارامتر گسترش^۴ شکل منطقه انتقال را تعریف می‌کند (شکل ۳) [۱۳].



شکل ۳- تابع عضویت فازی بزرگ

منطق فازی به هر متغیر به جای یک عدد، تابعی در فضای آن متغیر نسبت داده می‌شود که بیانگر میزان تعلق متغیر به هر نقطه از فضای مجموعه است. بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در این تئوری عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع $\mu(X)$ مشخص می‌شود که X نمایانگر یک عضو مشخص و μ تابعی فازی است که درجه عضویت مربوط را تعیین می‌کند و مقداری بین صفر و یک دارد [۱۱]. در حقیقت نخستین نقطه افتراق بین مجموعه‌های فازی و کلاسیک نحوه ارتباط یک عضو با یک مجموعه است. در مجموعه‌های کلاسیک، یک عضو یا به یک مجموعه تعلق دارد یا ندارد. درحالی‌که مجموعه‌های فازی اجازه می‌دهند برای عضویت عنصری به یک مجموعه از میزان یا درجه عضویت استفاده شود. تئوری مجموعه‌های فازی مفهوم عضویت را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند [۱۲]. به بیان دیگر تفاوت به مجموعه‌های فازی و کلاسیک در چگونگی عضویت در آن‌ها است. اگر مجموعه A زیرمجموعه کلاسیک از مجموعه مرجع M باشد و تابع عضویت $\mu(X)$ عضویت X در مجموعه‌ها را نشان بدهد، تابع درجه عضویت را می‌توان مطابق شکل ۱ تعریف کرد:



شکل ۱- عضویت مجموعه‌های فازی و کلاسیک

توابع عضویت فازی، اطلاعات ورودی را به مقیاس صفر تا یک تبدیل می‌کند و بر اساس احتمال این که عضو یک مجموعه خاص باشد، مشخص می‌شود. عضویت صفر به مکان‌هایی تعلق دارد که قطعاً و به هیچ وجه عضو مجموعه مشخص شده نیستند و عضویت ۱ به آن مقادیری تعلق دارد که دقیقاً عضوی از مجموعه مشخص شده است [۱۳].

^۱ Gaussian

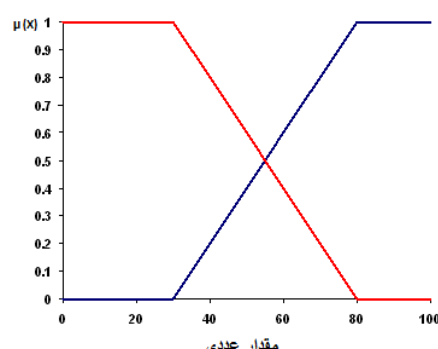
^۲ Large

^۳ Midpoint of large function

^۴ Spread Parameter

۲-۱-۳- تابع عضویت فازی خطی^۱

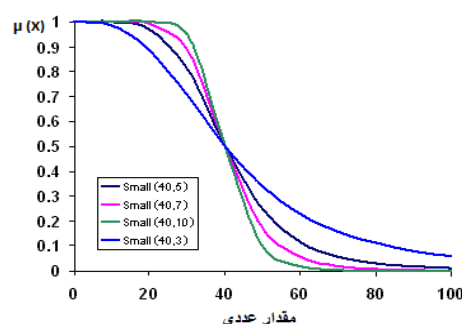
یک تابع خطی بین مقادیر حداقلی و حداکثری معین است که توسط کاربر اعمال می‌شود. هر مقداری در دامنه که کمتر از حداقل باشد، صفر (قطعاً یک عضو نیست) و هر مقداری که بیشتر از مقدار حداکثری یک (قطعاً یک عضو) خواهد بود. خط آبی در تصویر زیر نشان‌دهنده یک تحریک خطی با شیب مثبت با حداقل ۳۰ و حداکثر مقدار ۸۰ است. هر مقدار زیر ۳۰، مقدار صفر و مقادیر بالاتر از ۸۰، یک تعیین می‌شود. اگر مقدار عددی حداقل بیشتر از حداکثر باشد، یک رابطه خطی منفی (شیب منفی) ایجاد می‌شود (شکل ۴) [۱۳].



شکل ۴- تابع عضویت فازی خطی

۲-۱-۴- تابع عضویت فازی کوچک^۲

هنگامی از این تابع استفاده می‌شود که مقادیر ورودی کوچک‌تر احتمال بیشتری دارد که عضویت حداکثری مجموعه باشند. شکل ۵ نشان‌دهنده حالت کلی این تابع است.



شکل ۵- تابع عضویت فازی کوچک

نقطه مرکزی تابع یا نقطه متقاطع (با اختصاص یک عضو به عضویت ۰/۵) حد میانی تابع و پارامتر گسترش شکل منطقه انتقال را تعریف می‌کند [۱۳].

۲-۱-۵- عملیات بر روی مجموعه‌های فازی

این کار همانند مجموعه‌های کلاسیک تعریف می‌شود. مثلاً در منطق کلاسیک از عملگرهای AND و OR استفاده می‌شود و در منطق فازی نیز معادل همین عملگرها وجود دارد و به آن‌ها عملگرهای زاده^۳ گفته می‌شود [۱۱]:

- **عملگر فازی AND:** این عملگر حداقل درجه عضویت را در نظر می‌گیرد. رابطه^۱:

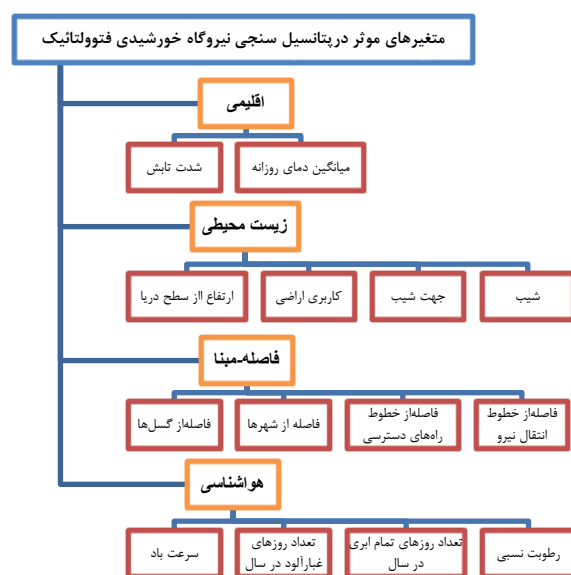
$$W_{and} = \min(W_1, W_2, \dots, W_n) \quad (1)$$

- **عملگر فازی OR:** این عملگر حداکثر مقادیر عضویت متغیرها را در خروجی نهایی وارد می‌کند. در نتیجه، با صرف نظر کردن از مقادیر پایین عضویت $(W_i, i = 1, 2, \dots, n)$ ، خروجی بسیار خوش‌بینانه‌ای دارد. رابطه^۲:

$$W_{or} = \max(W_1, W_2, \dots, W_n) \quad (2)$$

۲-۲- متغیرهای مؤثر در پتانسیل سنجی و مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی

مطابق شکل ۶، متغیرهای مکان‌یابی بهینه نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای در چهار گروه اقلیمی، زیست محیطی، فاصله-مبنا و هواشناسی طبقه‌بندی شده‌اند.



شکل ۶- متغیرهای مؤثر در پتانسیل سنجی نیروگاه خورشیدی

^۳ Zadeh operators

^۱ Linear
^۲ Small

۲-۲-۱- شدت تابش

برای ارزیابی مکان بهینه احداث مزرعه خورشیدی، تابش خورشیدی یکی از مهم‌ترین متغیرهایی است که در بین مکان‌های موردنظر اندازه‌گیری و در مورد کفایت میزان تابش در طول سال آن بحث می‌شود. معمولاً نیروگاه خورشیدی، در مکان‌هایی با شدت تابش بیشتر کارایی بالاتری دارند. به‌عنوان یک قاعده کلی برای بازده اقتصادی مزارع خورشیدی، به حداقل تابش ۳/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال نیاز است [۱۴].

۲-۲-۲- میانگین دمای سالیانه

کارایی پنل‌های خورشیدی بستگی به عوامل مختلفی از جمله درجه حرارت آن دارد که از درجه حرارت محیط و شدت تابش خورشید تأثیر می‌پذیرد. به‌هرحال عملکرد ماژول‌های سیستم‌های فتوولتائیک با افزایش دمای محیط کاهش می‌یابد. برای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای سلول در دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در محیط، مقدار انرژی تولیدشده حدود ۰/۰۴ تا ۰/۰۵ درصد کاهش می‌یابد [۱۵].

۲-۲-۳- فاصله از خطوط انتقال نیرو

با توجه به هزینه‌های بالای ساخت خطوط انتقال برق، یکی از معیارهای مهم در پتانسیل سنجی احداث نیروگاه خورشیدی، فاصله از خطوط انتقال نیرو است. به عبارتی دیگر نزدیکی محل ساخت نیروگاه به خطوط انتقال انرژی الکتریکی یک مزیت اقتصادی مهم است [۱۴].

۲-۲-۴- فاصله از راه‌های دسترسی

ساخت راه‌های دسترسی جدید برای حمل و نقل کالاها و تجهیزات، بسیار گران است و یکی از عوامل اجتناب‌ناپذیر در ساخت نیروگاه‌های خورشیدی است. بدیهی است، دسترسی کوتاه‌تر به نیروگاه‌ها کم‌هزینه‌تر بوده و درنهایت باعث کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری خواهد بود [۱۶].

۲-۲-۵- فاصله از شهرها

مسافت زیاد نیروگاه‌ها تا مناطق مسکونی به‌عنوان بازار هدف باعث هدر رفت نیروی الکتریسیته در اثر مقاومت بالا

می‌شود. از طرفی برای رعایت حریم شهر و اجتناب از اثرات نامطلوب از این دست، طبق نظر کارشناسان، بهترین فاصله جهت احداث مزارع خورشیدی در فاصله ۵ کیلومتری از شهرها و یک کیلومتری از مناطق روستایی است [۱۷].

۲-۲-۶- فاصله از گسل‌ها

برای ساخت یک نیروگاه خورشیدی نیاز به تجهیزات زیاد و گران‌قیمت است. نگهداری این تجهیزات گاهی منوط به مراقبت‌های دوره‌ای توسط نیروی انسانی است و گاه نیازمند ایمنی در مقابل پدیده‌های طبیعی ازجمله زلزله است که می‌تواند خسارت زیادی را وارد نماید. در واقع می‌توان گفت که فواصل نزدیک به گسل‌ها هزینه نگهداری را بسیار بالا می‌برد [۱۵].

۲-۲-۷- ارتفاع

ضخامت و ترکیبات جو در موج ورودی خورشید و انرژی طول موج رسیده به زمین تأثیر می‌گذارد. هرچه ارتفاع یک منطقه از سطح دریا کمتر باشد، ضخامت اتمسفر بیشتر است. از این‌رو، مناطق مرتفع از پتانسیل خورشیدی بیشتر برخوردارند، چراکه آن‌ها مقدار بیشتری از انرژی را دریافت می‌کنند. از طرفی ارتفاعات بالا دارای سطح دسترسی سخت و راه‌های صعب‌العبور هستند. از این‌رو ارتفاعات بسیار بالا و پایین نسبت به ارتفاعات میانه امتیاز کمتری می‌گیرند [۱۸].

۲-۲-۸- شیب

شیب یکی از عوامل بسیار مهم در انتخاب نیروگاه خورشیدی است. به‌طورکلی، اراضی با شیب بیش از ۴٪ دارای اولویت کمتری هستند زیرا پنل‌ها روی ردیف بعدی سایه می‌اندازند و بر کارایی سیستم تأثیر منفی می‌گذارد [۱۹].

۲-۲-۹- کاربری زمین

یک نگرانی در مورد ایجاد مزارع خورشیدی، استفاده از زمین به‌عنوان یک عامل مهم محیطی برای انتخاب سایت است. در این پژوهش، کاربری‌ها بر اساس نظر کارشناسی مطابق جدول ۱ به ۱۰ سطح، برحسب ارزش زمین تقسیم‌بندی شده است که مناطق بایر و کویری به‌عنوان بهترین مناطق محسوب می‌شوند.

جدول ۱- طبقه‌بندی ارزش کاربری اراضی

ارزش	نوع منطقه
۱	کویر و شورزار
۲	زمین بایر
۳	زمین‌های دیم و پوشش گیاهی اندک
۴	زمین‌های کشاورزی، پوشش گیاهی متوسط
۵	پوشش گیاهی انبوه، مراتع
۶	جنگل‌های تنک، باغ‌های بلااستفاده غیر مثمر
۷	باغ‌های مثمر، آبخوان‌ها، جنگل‌های متوسط
۸	جنگل‌های انبوه، مسیل‌ها و تالاب‌ها و کوهستانی
۹	فرودگاه‌ها، دریاچه‌های نمک، نوار ساحلی و دریاچه‌ها
۱۰	نظامی، مناطق حفاظت‌شده (محیط‌زیست) و مناطق مسکونی (شهری و روستایی)

روزهای ابری در یک منطقه بیشتر باشد، میزان کارکرد پنل‌های خورشیدی پایین‌تر می‌آید [۲۱]. در میان طیف گسترده‌ای از متغیرهای آب و هوایی مورد استفاده در تجزیه و تحلیل‌ها، بارش باران اثرات قابل‌توجهی را بر کارایی تأسیسات نشان داده است که در برخی موارد هم خروجی سیستم را با مشکلات چشم‌گیری مواجه می‌کند. به عبارت دیگر هرچه میزان بارش کمتر باشد کارایی دستگاه بیشتر است [۱۵]. در این پژوهش فرض بر آن است بارش باران نتیجه مستقیم روزهای تمام ابری (بارانی) هست.

۲-۲-۱۴- سرعت باد

بازدهی پنل‌ها بستگی به دمای صفحه خورشیدی دارد و دما خود بستگی به دمای هوای اطراف که تابع شدت تابش و دمای محیط و سرعت باد منطقه است، دارد. وزش باد ملایم می‌تواند صفحات خورشیدی را خنک نگاه دارد. از طرفی وزش بادهای شدید باعث بروز پدیده گردوخاک می‌شود و از این رو سرعت باید بسیار زیاد برای ما مطلوب نیست. [۱۵].

۳- پیاده‌سازی و نتایج تحقیق

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با مساحت ۱,۶۴۸,۱۹۵ کیلومترمربع در منطقه خاورمیانه در غرب آسیا در محدوده جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی جنوبی و ۴۴ درجه و ۵ دقیقه الی ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی غربی واقع شده است. از نظر اقلیم‌شناسی به چهار منطقه اقلیمی گرم و خشک (فلات مرکزی ایران)، سرد کوهستانی (مناطق کوهستانی غرب کشور)، معتدل و مرطوب (کرانه جنوبی دریای خزر) و اقلیم گرم و مرطوب (کرانه شمالی خلیج فارس و دریای عمان) تقسیم می‌شود [۲۲].

۳-۲- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش داده‌های اقلیمی شدت تابش و میانگین دمای سالیانه از پایگاه داده نرم‌افزار RETScreen برای صد شهر (نقطه ایستگاهی) در سطح کشور به دست آمد. همچنین داده‌های هواشناسی (رطوبت نسبی و روزهای تمام ابری، سرعت باد و تعداد روزهای غبارآلود)، از سایت سازمان هواشناسی کشور برای ۱۰۰ شهر در سطح کشور تهیه شد.

۲-۲-۱۰- جهت شیب

خورشید از جهت شرق طلوع می‌کند و در هنگام ظهر به بالاترین درجه تابش خود در جهت جنوب می‌رسد و سپس در جهت غرب، غروب می‌کند. به آن معنی که اگر پنل‌ها در زمین‌های مسطح به سمت جنوب نصب شوند و در زمین‌های شیب‌دار جهت شیب رو به جنوب باشد، بیشترین تابش را دریافت می‌کنند [۱۵].

۲-۲-۱۱- رطوبت نسبی

رطوبت، مقدار آب موجود در هوا است. رطوبت بر میزان نوردهی نور خورشید و ورود به محوطه سلول خورشیدی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، افزایش رطوبت به‌طور معکوس با کارایی پنل‌های خورشیدی ارتباط دارد [۲۰].

۲-۲-۱۲- روزهای غبارآلود

گردوغبار به‌عنوان ذره‌ای جامد با قطر کمتر از ۵۰۰ میکرومتر در نظر گرفته می‌شود. گردوغبار که خود تابع عوامل زیست‌محیطی و آب‌وهوایی است، بر کارایی و عملکرد پنل‌ها تأثیر گذاشته و همچنین باعث کاهش انرژی تابشی خورشید در منطقه می‌گردد. این ذرات ۱۵٪ انرژی خورشید در طول موج کوتاه فرودی را جذب می‌نماید. بنابراین مناطقی که حداقل مقدار گردوغبار را دارند، مناسب‌ترند [۲۰].

۲-۲-۱۳- روزهای تمام ابری

همان‌طور که تعداد روزهای ابری تأثیر زیادی بر تعداد ساعات آفتابی و عملکرد پنل‌ها دارد، هر چه میانگین سالانه

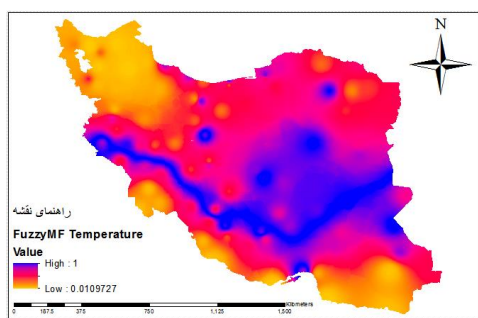
نهایتاً با استفاده از روش درون‌یابی معکوس فاصله وزن‌دار لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تهیه شد. نقشه‌های متغیرهای مکانی از جمله راه‌های دسترسی، نقشه گسل‌ها و شهرهای کشور به همراه نقشه کاربری اراضی نیز به‌صورت فایل برداری از پایگاه اینترنتی سازمان نقشه‌برداری کشور بارگیری شده است. همچنین نقشه خطوط انتقال نیرو از پایگاه اینترنتی سازمان انرژی‌های نو تحت نظر وزارت نیرو به‌دست‌آمده است. لایه شیب و نقشه شیب با ابزار موجود در نرم‌افزار ArcGIS 10.2 بر مدل رقومی زمین حاصل گردید.

۳-۳- فازی کردن لایه‌های اطلاعاتی

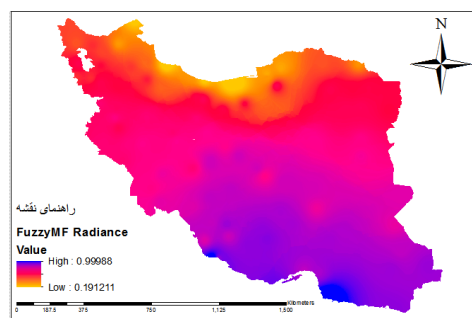
انواع توابع فازی به‌کاررفته در جدول ۲ مشاهده می‌شود:

لایه اطلاعاتی	بازه مقادیر	تابع عضویت فازی
شدت تابش (کیلووات ساعت بر متر مربع)	۳/۸۵ - ۶/۱۸	Gaussian(6.18,0.3)
میانگین دمای سالیانه (سانتیگراد)	۸/۸ - ۲۷/۸	Gaussian(19,0.05)
فاصله از خطوط نیرو (کیلومتر)	۰ - ۱۷۰	Gaussian (3.5,3)
فاصله از راه‌ها (کیلومتر)	۰ - ۱۳۰	Gaussian (3,3)
فاصله از شهرها (کیلومتر)	۰ - ۱۶۴	Gaussian(5,1)
فاصله از گسل‌ها (کیلومتر)	۰ - ۱۶۲	Large(22,3)
ارتفاع (متر)	-۸۵ - ۵۵۹۵	Gaussian (1000,3)
شیب (درجه)	۰ - ۷۸	Small(10,1)
جهت شیب (درجه)	۰ - ۳۶۰	Gaussian(180,0.001)
کاربری زمین	۱ - ۱۰	Small(4,3)
رطوبت (درصد)	۳ - ۸۴	Linear (10,75)
روزهای غبارآلود	۰ - ۱۲۶	linear(1,125)
روزهای تمام ابری	۱۳ - ۱۶۱	Linear(13,161)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۰/۵ - ۶/۱	Gaussian(3.5,5)

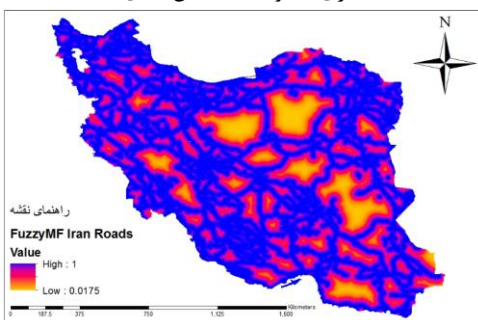
شکل ۷ نقشه فازی شده متغیرها را طبق توابع جدول ۲ نشان می‌دهد.



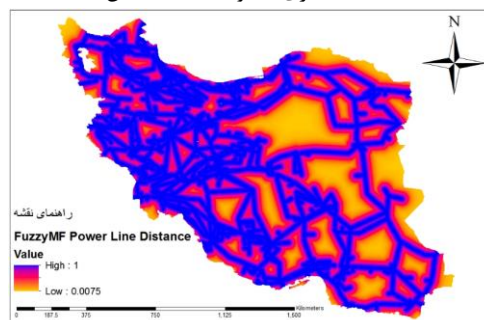
ب: نقشه فازی مطلوبیت میانگین دمای سالیانه.



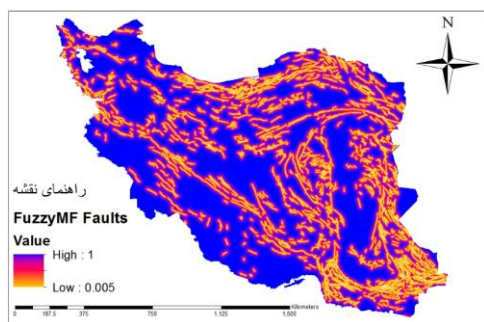
الف: نقشه فازی مطلوبیت شدت تابش.



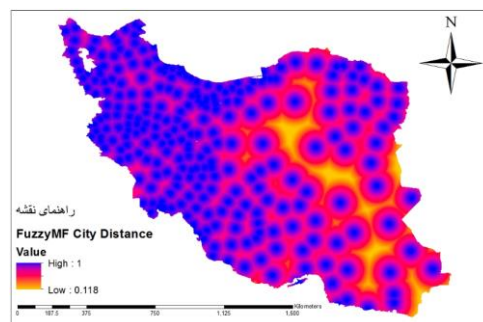
ح: نقشه فازی فاصله مطلوب از راه‌های دسترسی.



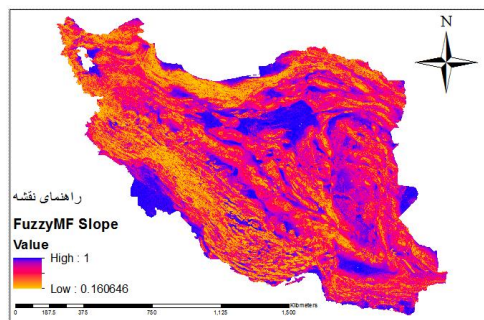
ج: نقشه فازی فاصله مطلوب از خطوط انتقال نیرو.



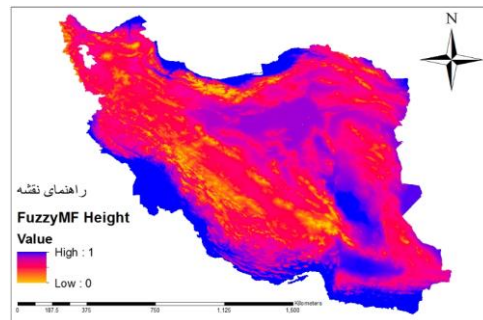
و: نقشه فازی فاصله مطلوب از گسل‌ها



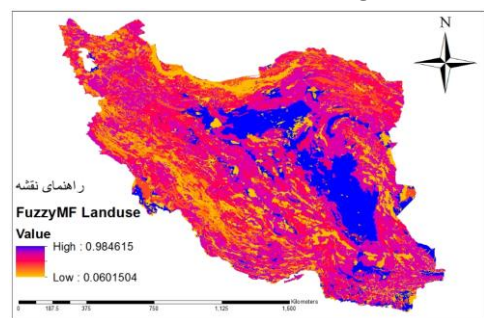
ه: نقشه فازی فاصله مطلوب از شهرها



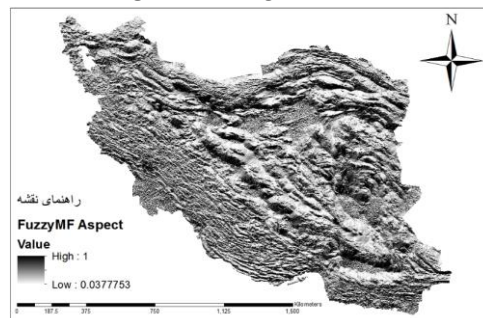
ح: نقشه فازی مطلوبیت شیب.



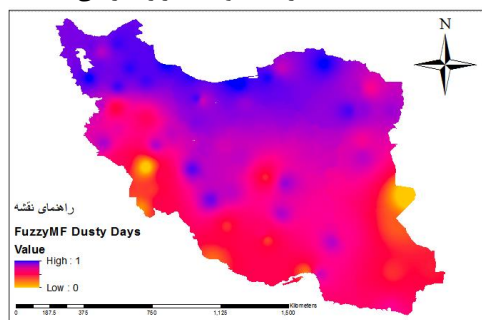
ز: نقشه فازی ارتفاع مطلوب از سطح دریا.



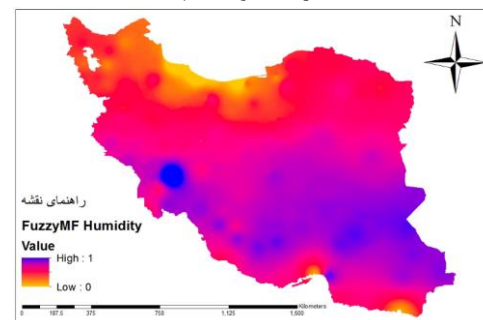
ی: نقشه فازی مطلوبیت کاربری اراضی.



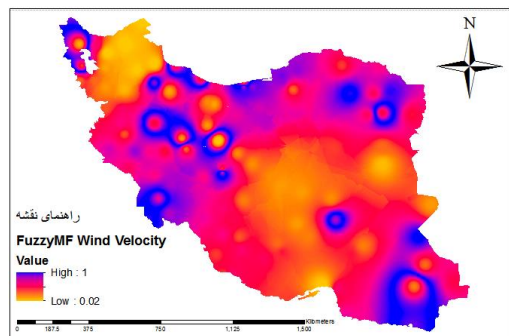
ط: نقشه فازی مطلوبیت جهت شیب.



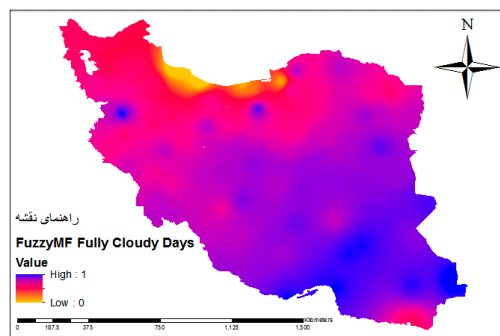
ل: نقشه فازی مطلوبیت روزهای غبارآلود.



ک: نقشه فازی مطلوبیت رطوبت.



ن: نقشه فازی مطلوبیت سرعت باد.



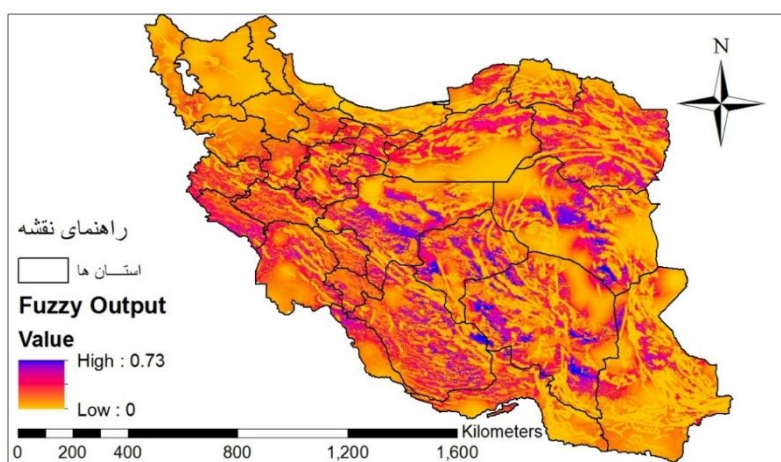
م: نقشه فازی مطلوبیت روزهای تمام ابری.

شکل ۷- نقشه فازی شده متغیرها

۳-۳- برهم‌نهی فازی

در این قسمت با استفاده از عملگر And به منظور نمایاندن مستعدترین مناطق، لایه‌های اطلاعاتی فازی شده را تلفیق کردیم که نتیجه آن در شکل ۸ مشاهده می‌شود. نقشه خروجی بر اساس شکست طبیعی داده‌ها در چهار سطح نامناسب، خوب، عالی و ممتاز بر اساس جدول ۳ طبقه‌بندی شده و نقشه سطوح مطلوبیت اراضی در شکل ۹ قابل مشاهده است. از مجموع مساحت تقریباً ۱,۶۴۸,۱۹۵ کیلومترمربعی کشور ایران حدود ۶۵ درصد یعنی مساحتی در حدود ۱,۰۷۱,۱۱۷ کیلومترمربع با بازدهی نامناسب، ۲۳ درصد یعنی مساحتی در حدود ۳۷۹,۰۸۵ کیلومترمربع خوب، ۱۱ درصد یعنی مساحتی در حدود ۱۸۵,۲۴۰ کیلومترمربع با امتیاز عالی و نهایتاً در حدود یک درصد از کل مساحت کشور یعنی مساحتی در حدود ۱۲,۷۵۳

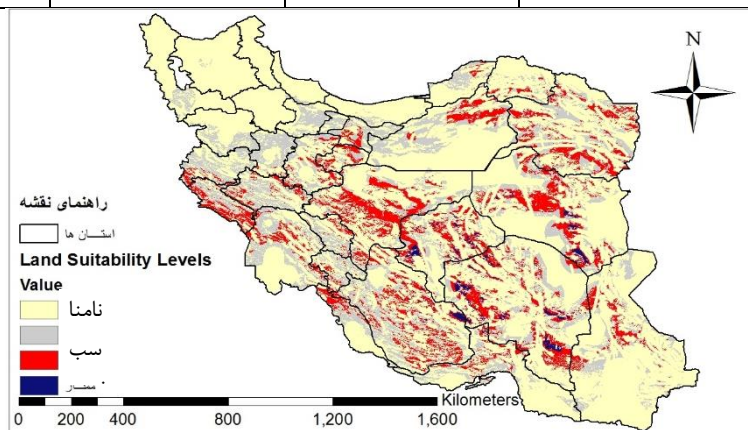
کیلومترمربع به‌عنوان مناطق ممتاز شناخته شدند. جدول ۴ نتایج بررسی‌ها را به‌صورت جزئی و به تفکیک برای ۱۰ استان برتر کشور را نشان می‌دهد. طبق نتایج آماری به دست آمده در جدول ۴، استان‌های کرمان، خراسان جنوبی، فارس، یزد، هرمزگان و همچنین اصفهان، سیستان و بلوچستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد به ترتیب ده استان برتر کشور، بر اساس بیشترین امتیاز برهم‌نهی فازی، برای احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک هستند. در این میان استان کرمان با بیشترین مساحت مناطق ممتاز یعنی ۵۴۰۶ کیلومتر مربع و ۲۵۶۹۰ کیلومتر مربع از مناطق عالی بهترین استان کشور برای تولید انرژی خورشیدی شناخته شد. در این رده بندی استان‌های یزد، فارس، خراسان جنوبی و اصفهان در رتبه‌های دوم تا ششم جای می‌گیرند.



شکل ۸- نقشه حاصل از برهم‌نهی فازی لایه‌ها

جدول ۳- بازه‌های کلاسه‌بندی نقشه خروجی

بازه امتیاز فازی	نامناسب	خوب	عالی	ممتاز
۰ - ۰/۱۵	۰/۱۵ - ۰/۳۵	۰/۳۵ - ۰/۶	۰/۶ - ۰/۷۳	۰/۷۳ - ۰/۹۵



شکل ۹- سطوح مطلوبیت اراضی جهت احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک.

جدول ۴- نتایج آماری نقشه مطلوبیت جهت احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک.

نام استان	امتیاز برهم‌نهی فازی	ممتاز		عالی		خوب		نامناسب	
		درصد (%)	کیلومتر مربع (km ²)	درصد (%)	کیلومتر مربع (km ²)	درصد (%)	کیلومتر مربع (km ²)	درصد (%)	کیلومتر مربع (km ²)
کرمان	۰/۷۲۸	۲/۹۹	۵۴۰۶	۱۴/۲۲	۲۵۶۹۰	۳۹۰۷۸	۲۱/۶۲	۱۱۰۵۵۱	۶۱/۱۷
خراسان جنوبی	۰/۶۷۰	۱/۴۴	۱۳۷۸	۱۳/۹۷	۱۳۳۳۰	۱۸۷۸۰	۱۹/۶۹	۶۱۸۹۷	۶۴/۸۹
فارس	۰/۶۶۴	۱/۱۳	۱۳۸۸	۱۶/۹۳	۲۰۷۶۰	۳۹۱۸۵	۳۱/۹۶	۶۱۲۷۵	۴۹/۹۸
یزد	۰/۶۵۱	۳/۴۱	۴۴۱۰	۱۷/۰۷	۲۲۷۱	۳۰۶۹۱	۲۳/۷۴	۷۲۱۱۳	۵۵/۷۸
هرمزگان	۰/۶۴۰	۰/۲۴	۱۶۹	۶/۸۹	۴۸۷۱	۱۶۵۶۳	۲۳/۴۳	۴۹۰۹۴	۶۹/۴۴
اصفهان	۰/۶۰۰	۰/۰۰۲	۲	۲۱/۱۷	۲۲۶۶۲	۲۲۶۴۴	۲۱/۱۶	۶۱۷۲۱	۵۷/۶۷
سیستان و بلوچستان	۰/۵۹۵	۰	۰	۴/۶۴	۸۴۴۱	۲۶۹۶۹	۱۴/۸۴	۱۴۶۳۷۷	۸۰/۵۲
چهار محال و بختیاری	۰/۵۸۰	۰	۰	۱۰/۰۵	۱۶۴۱	۷۰۴۵	۴۳/۱۵	۷۶۴۲	۴۶/۸۰
بوشهر	۰/۵۳۳	۰	۰	۱۴/۶۳	۳۳۲۸	۶۱۱۶	۲۶/۸۹	۱۳۲۹۹	۵۸/۴۷
کهگیلویه و بویر احمد	۰/۵۳۰	۰	۰	۱۰/۶۹	۱۶۵۸	۶۴۷۹	۴۱/۷۹	۷۳۶۷	۴۷/۵۲

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و با توجه به رشد مصرف انرژی، نیاز به توسعه و افزایش ظرفیت تولید انرژی خود دارد. از این رو باید یک موقعیت ویژه برای برنامه‌ریزی و تأمین انرژی در طرح توسعه خود در نظر بگیرد. بهره‌برداری گسترده از منابع انرژی فسیلی در بخش‌های مختلف اقتصادی، منجر به افزایش آلاینده‌ها و کاهش این منابع گردیده است.

بنابراین، تمایل به استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر باید با توجه به ویژگی‌هایی مانند قابلیت بازتولید، دسترسی، کاهش آلودگی، و مهم‌تر از همه، توسعه پایدار، مورد قرار گیرد. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی می‌تواند به اهداف ایران از جمله تنوع بخشی از انرژی، استفاده از منابع انرژی محلی، کاهش اثرات زیست محیطی و در نهایت توسعه پایدار بخش انرژی کمک کند. با توجه به روند رو به رشد سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های خورشیدی، شناسایی بهترین مکان برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی می‌تواند مهم‌ترین گام در توسعه این صنعت باشد. هدف اصلی از این پژوهش مکان‌یابی و پتانسیل سنجی کشور ایران برای تأسیس نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک بوده است. به این منظور ابتدا ۱۴ متغیر مؤثر پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای شناسایی شده و با استفاده از توابع عضویت، فازی شده است. ذکر این نکته لازم است که در این پژوهش، تمام متغیرهای مؤثر در پتانسیل سنجی نیروگاه خورشیدی لحاظ شده است. در ادامه با استفاده از برهم‌نهی فازی تحت عملکرد And،

لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر تلفیق شده و نقشه به‌دست‌آمده در چهار طبقه نامناسب، خوب، عالی و ممتاز کلاسه‌بندی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، ۲۳ درصد از مساحت کشور با بازدهی خوب، ۱۱ درصد با امتیاز عالی، و یک درصد از کل مساحت کشور با امتیاز فازی بالای ۰/۷۲، با رتبه عالی شناخته شدند. به عبارت دیگر مساحتی در حدود ۱۲،۷۵۳ کیلومتر مربع از اراضی کشور با کسب امتیاز ممتاز، حکایت از پتانسیل و بازدهی بالای کشور ایران برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی و تولید انرژی دارد. مناطق نامناسب با مساحتی معادل ۱،۰۷۱،۱۱۷ کیلومتر مربع با امتیاز کمتر از ۰/۱۵ نسبت به سایر مناطق توجیه پذیر نیستند. در توضیح این مطلب می‌توان گفت که با توجه به ساز و کار تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، در میان مناطق نامناسب حداقل یکی از متغیرها وضعیت نامناسبی با نمره کمتر از ۰/۱۵ دارد و جبران اثرات نامطلوب آن عامل یا ناممکن است و یا هزینه زیادی را متوجه این طرح می‌کند. اما در مقابل مساحتی بالغ بر ۵۵۷،۰۰۰ کیلومتر مربع دارای پتانسیل مناسب برای بهره‌برداری انرژی خورشیدی و احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک است که می‌تواند ایران را به دلیل شرایط مطلوب اقلیمی و زیرساختی، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده و حتی صادرکننده انرژی‌های خورشیدی در منطقه تبدیل کند. در رتبه بندی بر اساس امتیاز برهم‌نهی فازی استان‌های کرمان، خراسان جنوبی، فارس، یزد و هرمزگان و همچنین استان‌های اصفهان، سیستان و بلوچستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر و کهگیلویه و بویر احمد به ترتیب ده استان برتر کشور برای احداث نیروگاه

خورشیدی است. در این میان استان کرمان با امتیاز برهم‌نهی فازی ۰/۷۲ و با مجموع مساحت ۵۴۰۶ کیلومترمربع از اراضی ممتاز جهت احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک به‌عنوان بهترین استان در کشور شناخته شد. شایان ذکر است که استفاده همزمان از چهارده معیار برای تعیین مناطق مستعد احداث نیروگاه

فتوولتائیک از ویژگی‌های منحصر به فرد این تحقیق به شمار می‌رود. از این رو پیشنهاد می‌شود با توجه به نتایج این تحقیق، در پژوهش‌های آتی به تعیین محل دقیق برای سایت‌های مناسب احداث نیروگاه فتوولتائیک در استان‌های مستعدتر پرداخته شود.

مراجع

- [1] Khamar, G. and Sargolzaei, S. (1391). "Evaluation of adapting the land uses in the old texture of the Zabol city by GIS." *Spatial Planning*. Vol.60, No.3, PP. 35-49.
- [2] Tavoosi, T. and Movaghari, A. (1392). "Feasibility and zoning of susceptible sites for the establishment of solar panels based on climatic parameters in Sistan and Baluchestan province." *Planning and Policy Research*. Vol.26, No.1, PP. 16-24.
- [3] Faraji, H., paktinat, H. Rahimikian, A. and Ashoornejad, G. (1392). "Land suitability for the construction of photovoltaic farms by integrating weighted simplicity systems and fuzzy inference in Iran." *Natural Geography Research*. Vol.45, No.4, PP. 45-60.
- [4] Makriani, G., Omrani, H. (1393). "Combine Data Envelopment Analysis (DEA) and Analytical Hierarchy Analysis (AHP) models to locate solar power plants in Iran with indeterminate data." *International Conference of Managing in 21st Century*, Tehran. Iran.
- [5] Noorollahi, E., Fadayi, D. Akbarpoor, M. and Ghodsipoor, S.H. (2016). "Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) - A Case Study of Iran" *Energies*. Vol.643, No.9, PP. 124-136.
- [6] Maghsoodi, A. (1395). "Site selection of solar power plants using multiple analysis methods." *Masters Thesis*, Tehran University. Tehran.
- [7] Yusefi, H. and Hafeznia, H. (1395). "Solar Energy Potential for Power Generation in the Ocean Coast in the southern east of Iran." *the congress of geopolitical potential proceeding for development in the Ocean Coast in the southern east of Iran*, Makran, Iran.
- [8] Ahmadi, H., Morshedzade, J., and Azimi, F. (2016). "Solar Photovoltaic Power Planet locating Using Climatic Data and Spatial Information Systems – A Case Study of Ilam Province." *Remote Sensing and Geographic information Systems in Natural Sources*. Vol.7, No.10, PP. 41-55.
- [9] Mohammadi, M.S. (1391). "Using multi criteria decision making to locate areas susceptible to solar power plant deployment by GIS." *Master's Thesis*, Islamic Azad University. Tehran.
- [10] Wang, L.X. (1391). "Fuzzy Systems and Fuzzy Control." K.N. Toosi University. Tehran.
- [11] Na'imi A. (1390). "Implementing a routing system using instantaneous and past traffic data." *Master's Thesis*, K.N. Toosi University. Tehran.
- [12] Ghanbari, S., Ghaziaskar, A. (1397). "Evaluation of different methods of locating in the management of public parking construction in the commercial center of Isfahan using GIS" *Environmental Planning and Geography*. Vol.22, No.11, PP. 183-198.
- [13] Environmental Systems Research Institute. (2016). "What is ArcGIS 10.2." Esri. California.
- [14] Kiatreungwattana, K. and Mosey, G. (2013). "Best Practices for Siting Solar Photovoltaics on Municipal Solid Waste Landfills." *National Renewable Energy Laboratory*. Golden, Colorado.
- [15] Huld, T. and Amillo, A. (2015). Estimating PV Module Performance over Large Geographical Regions: The Role of Irradiance, Air Temperature, Wind Speed and Solar Spectrum. *Energies*. Vol.8, No.6, PP. 51-59
- [16] Ignizio, D.A. (2010) Suitability Modeling And The Location Of Utility-Scale Solar Power Plants In The Southwestern United States. *Masters Thesis*, University of New Mexico, Albuquerque, NM, USA., 2010.
- [17] Noorollahi, E. (2016) Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) - A Case Study of Iran. *Energies*, 2016. Vol.8, No.9. PP. 643-652.
- [18] Piazena, H. (1996). The effect of altitude upon the solar UV-B and UV- A irradiance in the tropical Chilean Andes. Vol.57.No.12. PP. 133-140.
- [19] Clifton, J. and Boruff, B. (2011). Site Options for Concentrated Solar Power Generation in the Wheatbelt. *Institute for Regional Development*, University of Western Australia. Fermantle.

- [20] Mekhilef, S., Saidur, R. and M. Kamalisarvestani. (2012). Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 16, No.5, PP.2920-2925.
- [21] Kosmopoulos, P., Kazadzis, S., kotroni, V. and Lagouvardos, K. (2015). Solar energy prediction and verification using operational model forecasts and ground-based solar measurements. Vol. 93, No.2, PP.1918-1930.
- [22] Kaviani, M.R. Mas'oodian, S.A. (2013). "Iran Climatoloy." University Of Isfahan Puplication. Isfahan.