کاربرد منطق فازی و FTOPSIS جهت مکانیابی نیروگاه خورشیدی با استفاده از GIS (مطالعه موردی استان تهران)

حسین یوسفی[۱]، یونس نورالهی [۲]، مجید سلطان محمدی[۳] ، رضا ارجمندی[۴]

تاریخ دریافت مقاله:
۹۱/۸/۲۵
تاریخ پذیرش مقاله:
۹۱/۱۱/۲۷

چکیده:

با توجه به نیاز روز افزون جوامع بشری به انرژی الکتریکی، روش‌های مختلف و نوینی برای تولید این انرژی با حداقل آلودگی های زیست محیطی متداول شده است که انرژی خورشیدی یکی از این روش‌های نوین می باشد. جهت دریافت این منبع انرژی، نیروگاه‌هایی تاسیس و با افزایش این تاسیسات نیاز به یافتن مکانی مناسب جهت احداث نیروگاه اجتناب ناپذیر می باشد. از این رو، تهران به دلیل دارا بودن بیشترین سهم از توسعه شهری و جمعیتی انتخاب گردید. در این تحقیق از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره جهت انتخاب و اولویت‌بندی مکان‌های پیشنهادی و از GIS به عنوان ابزاری قوی جهت پردازش داده‌ها استفاده شده است تا اطلاعات مفید و مورد نیاز را برای مدیریت بهینه منابع و امکانات فراهم نماید. در این راستا، پس از انتخاب پارامتر های مورد نیاز جهت مکانیابی، از منطق فازی به عنوان روشی جهت ارزش دهی به مناطق و تولید نقشه ها استفاده گردید. در نتیجه، ۹ منطقه به عنوان بهترین مکانها برای احداث نیروگاه خورشیدی انتخاب شد که در مجموع ۲۲ Km^2 مساحت داشته و ۰.۱۵ درصد از کل مساحت استان را به خود اختصاص می‌دهد در انتها، توسط روش Fuzzy TOPSIS گزینه‌های پیشنهادی اولویت‌بندی شده و بهترین مکان جهت احداث نیروگاه شناسایی گردید.

کلمات کلیدی:
مکان یابی، منطق فازی، GIS، MCDM، FTOPSIS

۱) استادیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست، دانشکده علوم وفنون نوین دانشگاه تهران Hoseinyousefi@ut.ac.ir
۲) استادیار گروه مهندسی انرژی های نو و محیط زیست، دانشکده علوم وفنون نوین دانشگاه تهران Noorollahi@ut.ac.ir
۳) کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات (نویسنده مسئول) Majid_Soltanmohammadi@yahoo.com
۴) استادیاردانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات Rezaarjmandi@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

مقدمه

پیش از شروع عصر فناوری، هدف از مکانیابی یک نیروگاه، یافتن محلی بود که برق مورد نظر را با کمترین هزینه تولید نماید و برای کاستن از پیچیدگی‌ها و طراحی سیستم انتقال نیرو، نیروگاه‌ها در بخشهای صنعتی، شهرها، شهرک‌ها و یا در نزدیکی آنها واقع می شد. با رشد جوامع انسانی و در پی آن، افزایش مصرف برق، نیاز به زمین برای مستقر کردن نیروگاه‌های جدید و یا توسعه نیروگاه‌های موجود افزایش یافت. از طرف دیگر، محدویت‌های ایجاد شده در اثر مقرارت منطقه بندی، باعث گردید تا اجازه ساخت و یا توسعه نیروگاه‌های موجود در مکان‌های اولیه صنعتی داده نشود (به عنوان نمونه: ممنوعیت استقرار صنایع بزرگ در شعاع ۱۲۰ کیلومتری شهر تهران و ۵۰ کیلومتری شهر اصفهان). از سوی دیگر، نیاز به تامین مداوم برق از طریق نیروگاه ها باعث شد تا این واحدها مجبور شوند در اطراف و حومه مناطق صنعتی تأسیس شوند. اما با مورد استفاده قرار گرفتن مکان‌های اولیه و مناسب برای ساخت نیروگاه، جستجو برای یافتن محل‌های جدید و مناسب پیچیده‌تر و مشکل‌تر شد و پارامترهای اقتصادی و فنی تحت تاثیر فشارهای اجتماعی و رقابت صنعتی قرار گرفتند. اما این مسأله که انرژی فسیلی رو به کاهش است و آلودگی زیست محیطی زیادی ایجاد می کند، باعث شد تا جامعه بشری رویکرد بهتری نسبت به این نوع انرژی داشته باشد. از این رو، جهت توسعه این انرژی نیاز به مکان‌های مناسب جهت استقرار این تاسیسات احساس می‌شود.

فناوری ساده، کاهش آلودگی هوا و محیط زیست و از همه مهمتر ذخیره شدن سوخت‌های فسیلی برای آینده از دلایل لزوم استفاده از انرژی خورشیدی در کشور هستند. با افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳، کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به استفاده از انرژیهای جانشین جدید تر بیندیشند. کشورهای صنعتی به این نتیجه رسیده‌اند که با بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع و ساختمانها ، مصرف انرژی را می‌توان ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش داد. پاک بودن این سیستم ، توجه بسیاری از کشورها و دولت‌های جهان را به خود معطوف کرده تا آنجا که انگلستان اخیرا با الزامی کردن استفاده از صفحات خورشیدی در ساختمانهای در حال ساخت، گامی بلند و موثر در بهینه سازی مصرف انرژی برداشته است. در ایران نیز در کلیه محورهای کابردهای انرژیهای خورشیدی مطالعاتی صورت گرفته است، بخشهایی از این تحقیقات به صورت پایلوت و دستیابی به فناوری بوده و در بخشهایی به تولید انبوه و کاربردی فناوریها دست یافته ایم. در بخش نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی موفق به طراحی و ساخت پایلوت نیروگاه حرارتی خورشیدی در شیراز شده ایم.

در سال ۲۰۰۶ حدود ۱۸ درصد از انرژی مصرفی جهانی از راه انرژی‌های تجدید پذیر به دست آمد. سهم زیست توده به طور سنتی حدود ۱۳ درصد، (بیشتر جهت حرارت دهی) و ۳ درصد انرژی آبی بود. ۴/۲ درصد باقیمانده شامل نیروگاه‌های آبی کوچک، زیست توده مدرن، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زمین‌گرمایی و سوخت‌های زیستی می‌باشد که به سرعت در حال گسترش هستند. خوشبختانه طی ۲۰ سال اخیر نرخ رشد تقاضا برای انرژی خورشیدی به طور ثابت ۲۰ الی ۲۵ درصد در سال بوده و در طول این سالها قیمت تمام شده برق تولیدی و قیمت خود تجهیزات بکار رفته نیزکاهش یافته است. در حال حاضر، نیروگاه‌های خورشیدی عمدتاً فتوولتائیک می‌باشند. نرخ رشد ظرفیت نیروگاه‌های فتوولتائیک در جهان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

در سال ۲۰۰۹ حتی سریعتر از برق بادی بوده و نسبت به سال قبل آن ۶/ ۴۳ درصد رشد داشته و از ۳/ ۱۴۱۹۳ مگاوات در سال ۲۰۰۸ به ۲۰۳۸۱ مگاوات در سال ۲۰۰۹ بالغ گشته است.

پیشینه تحقیق

شناخت و استفاده از انرژی خورشیدی به ماقبل تاریخ بازمی گردد ولی کاربرد انرژی خورشیدی برای اهداف خاص در قرن هجدهم آغاز شد. در سال ۱۷۷۴ ژوزف پریستلی[1] انرژی خورشیدی را بر روی اکسید جیوه متمرکز نمود و از آن اکسیژن را به دست آورد. یک قرن بعد، یک پلانت آب شیرین کن در صحرای شمال شیلی ساخته شد که ۴۸۰۰ متر مربع زمین را اشغال نموده و صفحات شیشه ای آب را تقطیر و ۲۵ مترمکعب آب شیرین را روزانه تولید می‌کرد.

تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی مکانیکی در نمایشگاه پاریس در سال ۱۸۷۸ نمایش داده شد که در آنجا انرژی خورشیدی بر روی یک مولد بخار متمرکز شده و یک موتور بخاری را جهت راه اندازی یک ماشین چاپ به کار می‌انداخت. در ادامه، در سال۱۹۰۱ یک ماشین بخار ۴ اسب ساخته شد و در سال ۱۹۱۱ ماشین بخاری به قدرت ۵۰ اسب جهت آبیاری از رودخانه نیل مورد استفاده قرار گرفت. در ۱۹۲۵، Herington اولین اقدامات را جهت تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته و همچنین ذخیره انرژی انجام داد و در سال ۱۹۸۰، اولین نیروگاه حرارتی خورشیدی ساخته شد.

از آن زمان تا کنون مقالات و پژوهش‌های بسیاری در داخل و خارج از کشور در راستای مکانیابی نیروگاه خورشیدی به انجام رسیده است که به چندی از آنها اشاره خواهیم داشت:

غلامرضا روشن، دکتر فرامرز خوش اخلاق و رضا برنا در پژوهشی با نام مکانیابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی، با استفاده از آمار ۳۳ ساله فراسنج‌های تابش، ابرناکی و باد به امکان سنجی استقرار نیروگاه خورشیدی در مناطق خشک ایران اقدام کرده اند.

سید محمد علی اشرف در پژوهشی امکان سنجی و مکانیابی نیروگاه‌های فتوولتائیک و بادی را در محدوده شرکت برق منطقه ای باختر به انجام رسانیده است.

Nazli Yonca Aydin در پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده فنی خاورمیانه به ایجاد روشی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی مناطق پیشنهادی، تاسیس نیروگاه بادی، خورشیدی و هیبریدی باد و خورشید با استفاده از سیستم تصمیم گیری چند معیاره فازی می پردازد.

Jason R. Janke در تحقیقی در ایالت کلرادو آمریکا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به بررسی منابع باد و خورشید پرداخته است.

E.W. Ramde, Y. Azoumah, A. Rungundu و G.Tapsoba در پژوهشی مکانیابی نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی را در غرب آفریقا انجام داده اند.

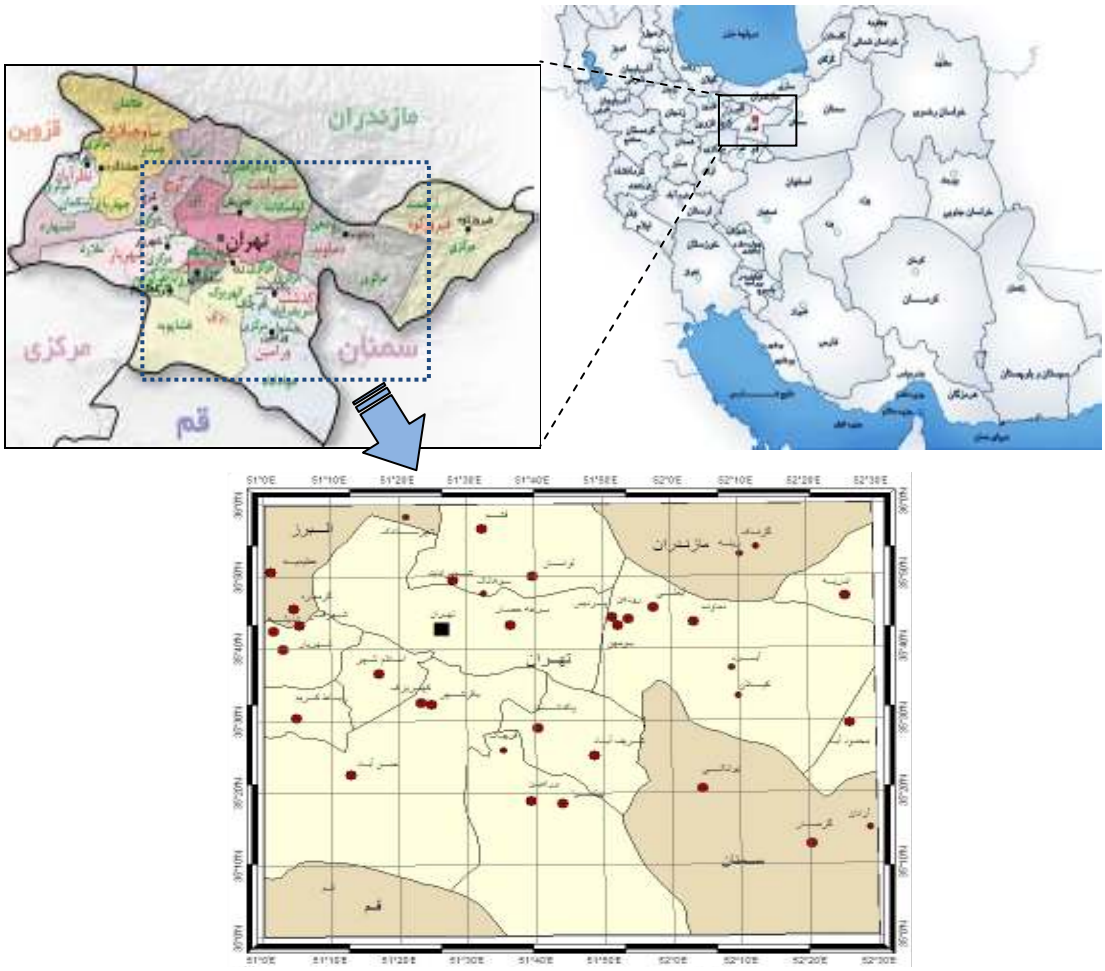
---

۱) priestly

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

محدوده مورد مطالعه

استان تهران به مرکزیت شهر تهران با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومتر مربع بین ۳۴ تا ۳۶.۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از جنوب غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود است. استان تهران با بیش از ۱۳ میلیون نفر جمعیت، ۱۹ درصد جمعیت کل کشور را در خود جای داده است. از این میزان، ۱۲.۲۵۲ هزار نفر در مناطق شهری و ۱.۱۶۱ هزار نفر در مناطق روستایی آن ساکن هستند. محدوده منطقه‌ای که در تحقیق مورد بررسی قرار خواهد گرفت به طور کلی شامل تهران و قسمت‌هایی از استانهای البرز (کرج)، مازندران، سمنان و قم می‌باشد.



شکل۱) منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

تجزیه و تحلیل و تلفیق داده ها

در بسیاری از مسائل برنامه ریزی و مدیریت فضایی مترتب بر جهان واقعی، تصمیم‌گیری چند معیاره فضایی (MCDM) مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد استفاده قرار می‌گیرد. GIS و MCDM ، به عنوان دو حوزه تحقیقی و مطالعاتی متمایز از هم می‌توانند از مزایا و قابلیت‌های همدیگر منتفع شوند. زیرا از یک طرف، فنون مبتنی بر GIS نقش مهمی را در تحلیل مسائل مبتنی بر MCDM بازی کرده و قابلیت‌های منحصر بفردی را در اتومات کردن، مدیریت و تحلیل دامنه متنوعی از داده‌های فضایی مطرح در تصمیم‌گیری به دست می‌دهند. از طرف دیگر، MCDM دامنه وسیعی از روش شناسی های مرتبط با آن نظیر تصمیم گیری چند هدفی(MODM) [۱] و تصمیم‌گیری چند صفتی (MADM) [۲] و مجموعه ارزشمندی از فنون و روش‌ها را برای نشان دادن الویت‌های تصمیم‌گیران و ترکیب آنها در مطالعات موردی مبتنی بر GIS به دست داده، در تبیین دامنه وسیعی از موقعیت‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد[۳]. از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفی مورد استفاده می‌توان به روش فازی و TOPSIS اشاره داشت.

۱. منطق فازی

مجموعه‌های فازی در ریاضیات جدید به مجموعه‌هایی اطلاق می‌شود که عضویت بعضی یا تمام اعضا کاملا روشن و مشخص نیست و عناصر آن به طور نسبی متعلق به آن مجموعه هستند[۳]. در مجموعه‌های فازی بر خلاف مجموعه‌های قطعی، عناصر به دو دسته عضو و غیر عضو تقسیم نمی‌شوند، بلکه بر اساس آنچه ما تعریف می‌کنیم، میزان عضویت عناصر مختلف در مجموعه‌های فازی بین صفر و یک متغیر است[۱۰]. معمولا برای تعیین تابع عضویت از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱. استفاده از دانش خبرگان

۲. استفاده از داده های جمع آوری شده.

روشهای متداولی برای نمایش توابع عضویت وجود دارند که عبارتند از:

الف. نمایش ترسیمی.

ب. نمایش به صورت جدول و لیست.

ج. نمایش عددی: این روش در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مجموعه مرجع نامحدود باشد. یک عدد فازی ممکن است به صورت خطی، مثلثی و یا ذوزنقه‌ای بیان شود.

با استفاده از علم مدیریت فازی، روش‌های علم مدیریت کلاسیک در محیط فازی به کار گرفته می‌شوند و می‌توان آن

---

۱) Multiple Objective Decision Making

۲) Multiple Attribute Decision Making

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

را در وظایف متعدد مدیریتی از جمله تصمیم گیری، سیاست گذاری و برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار داد[۸]. مجموعه‌های فازی به طبقه‌ای از عناصر و پدیده‌ها گفته می‌شود که محدوده مشخص و دقیقی که تعلق و یا عدم تعلق پدیده‌ها را به طبقه نشان دهند، ندارند و در این وضعیت، عارضه‌ها تا اندازه‌ای به مجموعه‌های چندگانه تعلق دارند. منطق فازی یکی از کاراترین و بهترین وجوه ارتقا یافته منطق بولی است که در راستای بکارگیری مفهوم حقیقت نسبی مطرح شده است. نکته اصلی در سامانه‌های فازی به این موضوع بر می‌گردد که ارزش‌های مربوط به حقیقت یا ارزش‌های عضویت به واسطه ارزشی در دامنه [۰،۱] نمایش داده می‌شوند. عملیات منطقی صورت گرفته بر روی مجموعه‌های فازی شامل بسط جبر متعارف بولی هستند و به طور کلی شامل ۵ عملگر می‌باشند:

- ✓ عملگر اشتراک فازی (Fuzzy AND)
- ✓ عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR)
- ✓ عملگر ضرب فازی (Fuzzy Algabric Product)
- ✓ عملگر جمع فازی (Fuzzy Algabric Sum)
- ✓ عملگر فازی گاما (Fuzzy Gamma Operation)

۲. مدل Fuzzy TOPSIS

در روش کلاسیک، برای تعیین وزن معیارها و رتبه بندی گزینه‌ها از مقادیر دقیق و معین استفاده می‌شود. در بسیاری مواقع، تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تاثیرگذار است. همان طور که بیان شد، در این گونه موارد بهتر است از روش‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده شود که روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی یکی از این روشهاست. چن[۱] و هوانگ[۲] مراحل استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی را با m گزینه و n معیار بدین صورت ارائه نموده‌اند[۹] :

مرحله ۱: تشکیل ماتریس تصمیم

$$\widetilde{D} \equiv \begin{bmatrix} \widetilde{x}_{11} \cdots \widetilde{x}_{1n} \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ \widetilde{x}_{m1} \cdots \widetilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

مرحله ۲:تعیین ماتریس وزن معیارها

$$\widetilde{W} \equiv \left[\widetilde{w}_1, \ldots\ldots, \widetilde{w}_n\right] \qquad (۲)$$

۱) chen
۲) hwang

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

مرحله ۳: بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند، برای درایه‌های مثبت از رابطه (۳) و برای درایه‌های منفی از رابطه (۴) و اگر اعداد فازی به صورت ذوزنقه‌ای باشند، برای درایه‌های مثبت از رابطه (۵) و برای درایه‌های منفی از رابطه (۶) استفاده می‌شود.

$$\tilde{r}_{ij} \equiv \left[\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right] \quad (۳)$$

$$\tilde{r}_{ij} \equiv \left[\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right] \quad (۴)$$

$$\tilde{r}_{ij} \equiv \left[\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*}\right] \quad (۵)$$

$$\tilde{r}_{ij} \equiv \left[\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right] \quad (۶)$$

مرحله ۴:تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن دار

$$\tilde{v}_{ij} \equiv \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (۷)$$

مرحله ۵: یافتن حل ایده آل فازی[۱](FPIS,A*)و حل ضد ایده آل فازی [۲] (FNIS, A~)

$$A^* = \{\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^* \cdots \tilde{v}_n^*\} \quad (۸)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^- \cdots \tilde{v}_n^-\} \quad (۹)$$

مرحله ۶: محاسبه فاصله از حل ایده آل فازی و ضد ایده آل فازی

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشند، فاصله بین دو عدد فازی برابر است با:

$$d_v = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2\right]} \quad (۱۰)$$

اگر اعداد فازی به صورت ذوزنقه‌ای باشند، فاصله بین دو عدد فازی برابر است با:

$$d_v = \sqrt{\frac{1}{4}\left[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2 + (d_1 - d_2)^2\right]} \quad (۱۱)$$

مرحله ۷: محاسبه شاخص شباهت

۱) Fuzzy Posetive Ideal Solution

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad i = 1,2,3,..... m \qquad (۱۲)$$

مرحله ۸: رتبه بندی گزینه‌ها

نتایج مطالعات مکانیابی، وابستگی شدیدی به شناسایی درست معیارهای آن دارد و عدم توجه به هر معیار نتایج مطالعات را مخدوش می‌سازد. معیارهای مکانیابی معمولا در چهار قالب دسته بندی می‌گردد، اما جهت دقت در مطالعات، معیارهای مکانیابی در این پایان‌نامه در پنج دسته طبقه بندی شده است:

- ✓ معیارهای فیزیکی
- ✓ معیارهای زیست محیطی (بیولوژیکی)
- ✓ معیارهای اقتصادی و اجتماعی
- ✓ معیارهای فنی و ایمنی
- ✓ زیرساخت‌ها

جدول۱) معیارهای مکانیابی

کلاس	زیر کلاس	معیار	اطلاعات مورد نیاز در لایه اطلاعاتی	دلیل اهمیت معیار
عوامل فیزیکی	شکل زمین	ارتفاع	ارتفاع از سطح دریا	کاهش هزینه ها و امکان احداث نیروگاه‌های بزرگتر
		شیب	درصد شیب زمین	
	زمین شناسی و خاک شناسی	پایداری زمین (زمین شناسی)	تیپ سنگ شناسی و خاک شناسی منطقه	تامین امنیت و کاهش هزینه های بازسازی و تعمیر
		گسل و معدن	اطلاعات محل گسلها و معادن منطقه	
		شنزار	محل مناطق شنی و تپه های شنی	
عوامل بیولوژیکی	پوشش گیاهی و کاربری زمین	جنگل	محل و اطلاعات توصیفی مناطق جنگلی، باغات و زمین‌های زراعی	افزایش میزان دریافت انرژی خورشیدی
		باغ		
		زمین زراعی		
	محدوده آبی	دریاچه و تالاب	اطلاعات توصیفی منابع آبی و شناسایی نقاط سیل خیز، رودخانه های اصلی و دائمی، محل باتلاق ها و مرداب های منطقه	تامین امنیت سازه های نیروگاهی
		مسیل		
		رودخانه		
		باتلاق و مرداب		
	محدوده زیست محیطی	مناطق حفاظت شده	اطلاعات توصیفی مناطق ۴ گانه	حفاظت از محیط زیست طبیعی
	محدوده جمعیتی	مراکز پر جمعیت	محل و اطلاعات توصیفی شهرها و روستاها و مناطق مسکونی	افزایش امنیت و جلوگیری از مشکلات زیبا شناختی
		مراکز کم جمعیت		
عوامل اقتصادی، اجتماعی	راه های ارتباطی	آزادراه و بزرگراه	اطلاعات توصیفی جاده های اصلی، فرعی و خطوط راه آهن	سهولت در دسترسی به محل وکاهش هزینه های حمل تجهیزات
		راه های محلی		
		راه آهن		
عوامل فنی و ایمنی	انتقال نیرو	خطوط انتقال نیرو	اطلاعات توصیفی محل خطوط انتقال نیرو	کاهش هزینه های انتقال نیرو و افزایش راندمان دریافت انرژی
	دریافت نیرو	میزان تابش دریافتی	میزان انرژی دریافتی از خورشید	
زیرساخت‌ها	تاسیسات	فرودگاه ها	محل و اطلاعات توصیفی فرودگاه آب بند، سد، پالایشگاه	تامین امنیت سازه و افزایش
		آب بندها و سد ها		

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

	خاص	پالایشگاه ها تاسیسات صنعتی	شهرکهای صنعتی و کارخانجات منطقه مورد مطالعه	راندمان دریافت انرژی

به منظور تهیه نقشه‌های فازی باید به گونه ای عمل نماییم که به ازای هر فاصله ارزشی متناسب با آن فاصله نسبت به هر پارامتر داده شود. این ارزش دهی توسط نمایش عددی در منطق فازی داده شده است. در بعضی از فاکتورها نظیر فاصله از فرودگاه‌ها، هر چه از آنها بیشتر فاصله بگیریم، امتیاز بالاتری گرفته است، ولی در بعضی دیگر مانند فاصله از خطوط انتقال نیرو، اگر فاصله بافر کشیده شده از حداکثر مجاز بیشتر شود، به ازای افزایش آن، امتیاز آن رو به کاهش می گذارد. این فواصل در قالب مقادیر فازی در جدول ۲ آمده است.

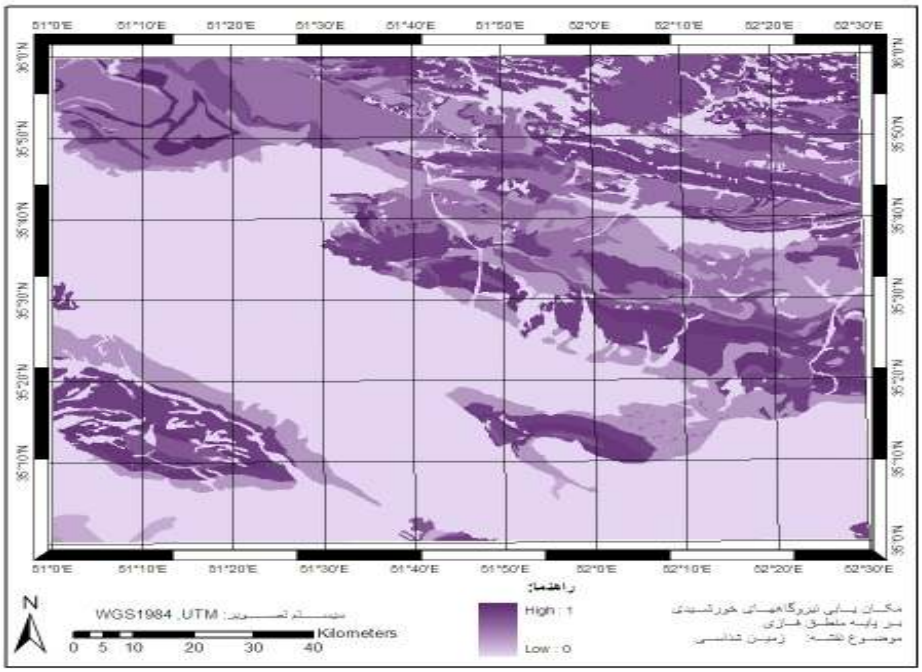
جدول۲) پارامترهای مکانیابی نیروگاه خورشیدی برای تهیه نقشه‌های فازی

پارامتر	زیر کلاس	نوع نمودار	a	b	c	d	منابع
کاربری اراضی	جنگل، باغات و مزارع	خطی(صعودی)	۵۰۰ m	۲ Km			[۱۶]
پتانسیل خورشیدی	انرژی دریافتی	خطی(صعودی)	۴.۵kwh/m^۲	۵kwh/m^۲			[۱۶،۲]
شیب	شیب	خطی(نزولی)	٪۳	٪۱۰			[۷،۲]
گسل و معدن	گسل و معدن	خطی(صعودی)	۱ Km	۶ Km			[۲،۱۳]
مراکز جمعیتی	کوچک	ذوزنقه ای	۵۰۰ m	۱.۵ Km	۲ Km	۷ Km	[۲،۱۶]
	بزرگ	ذوزنقه ای	۲ Km	۶ Km	۱۰ Km	۲۰ Km	[۲،۱۶]
منابع آبی	رودخانه	ذوزنقه ای	۵۰۰ m	۲ Km	۱۰ Km	۲۰ Km	[۲،۴]
	دریاچه	ذوزنقه ای	۱ Km	۵ Km	۱۰ Km	۲۰ Km	[۲،۴]
خطوط نیرو	خطوط نیرو	ذوزنقه ای	۲۵۰ m	۵۰۰ m	۱۰ Km	۴۰ Km	[۲،۱۳،۱۶]
خطوط مواصلاتی	آزادراه	ذوزنقه ای	۲ Km	۴ Km	۶ Km	۱۱ Km	[۲،۴،۱۶]
	بزرگراه	ذوزنقه ای	۱ Km	۳ Km	۵ Km	۱۰ Km	[۲،۴،۱۶]
	راه آسفالته	مثلثی	۵۰۰ m	۱ Km	۶ Km		[۲،۴،۱۶]
	راه آهن	خطی(صعودی)	۲۵۰ m	۱ Km			[۲،۴،۱۶]
زیرساختها	فرودگاه نظامی	خطی(صعودی)	۱۵ Km	۱۸ Km			[۲،۴،۱۶]
	فرودگاه مسافری	خطی(صعودی)	۳ Km	۸ Km			[۲،۴،۱۶]
	سد و آب بند	خطی(صعودی)	۵ Km	۱۰ Km			[۲،۴،۱۶]
	صنایع	ذوزنقه ای	۱ Km	۶ Km	۱۰ Km	۳۰ Km	[۲،۴،۱۶]

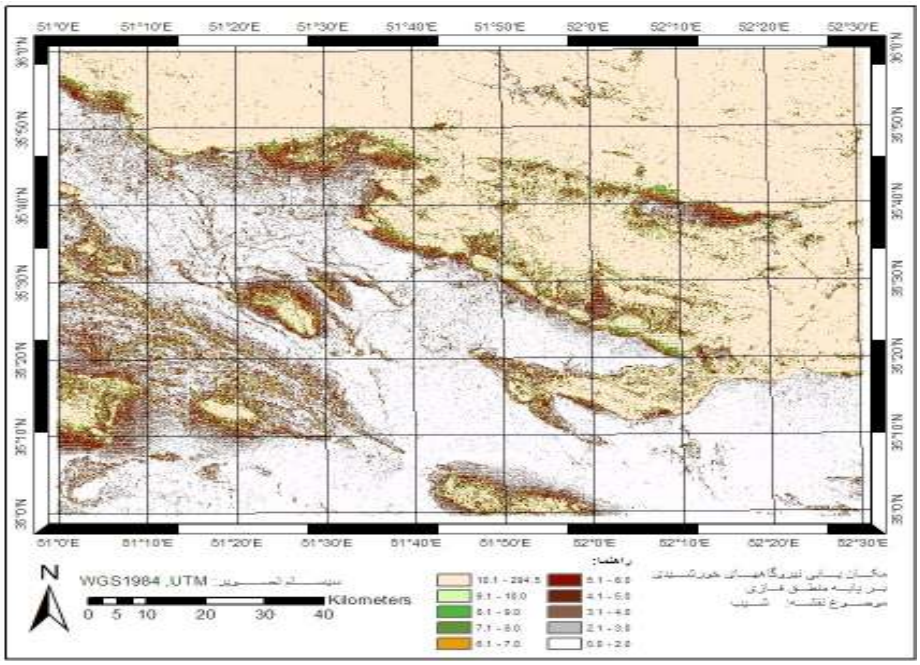
تجزیه و تحلیل داده ها و تهیه نقشه های فاکتور

به طوری که مشاهده می‌شود مدل منطق فازی روشی جهت اولویت بندی انتخاب‌ها با ارزش دهی یکسلهای مختلف در داده‌های رستری با ارزشی بین صفر و یک می‌باشد. درجه عضویت بیانگر اهمیت نسبی هر فاکتور می‌باشد و هیچ محدودیتی در انتخاب میزان درجه عضویت برای هر فاکتور وجود ندارد[۱۰].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

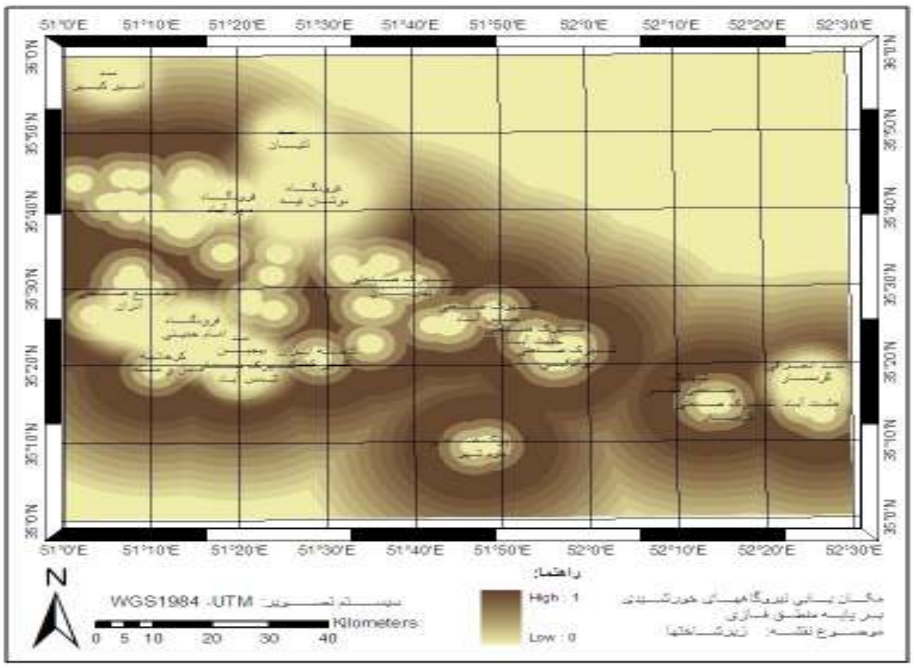


شکل۲) نقشه فازی زمین شناسی

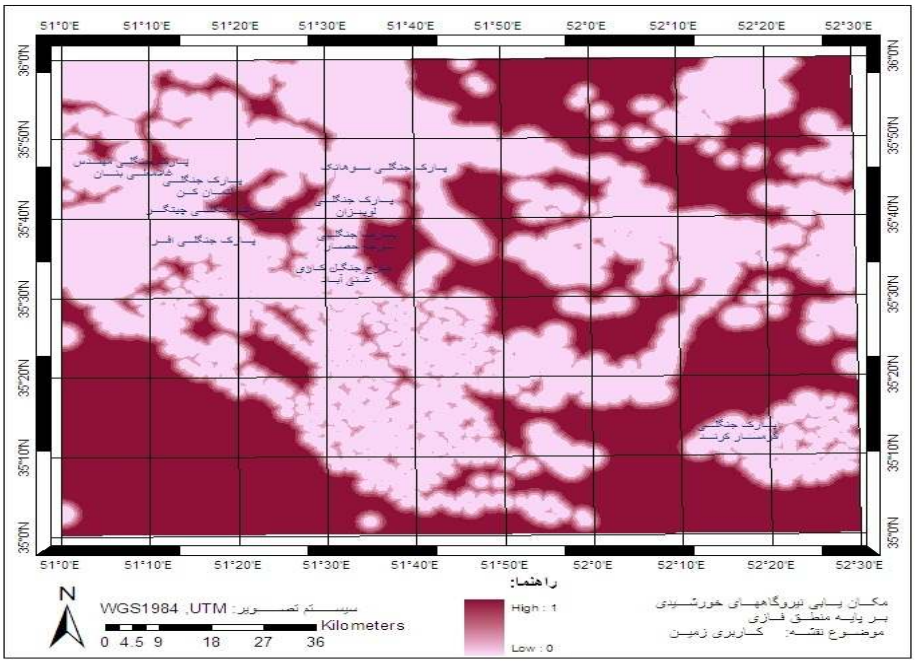


شکل۳) نقشه فازی شیب

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

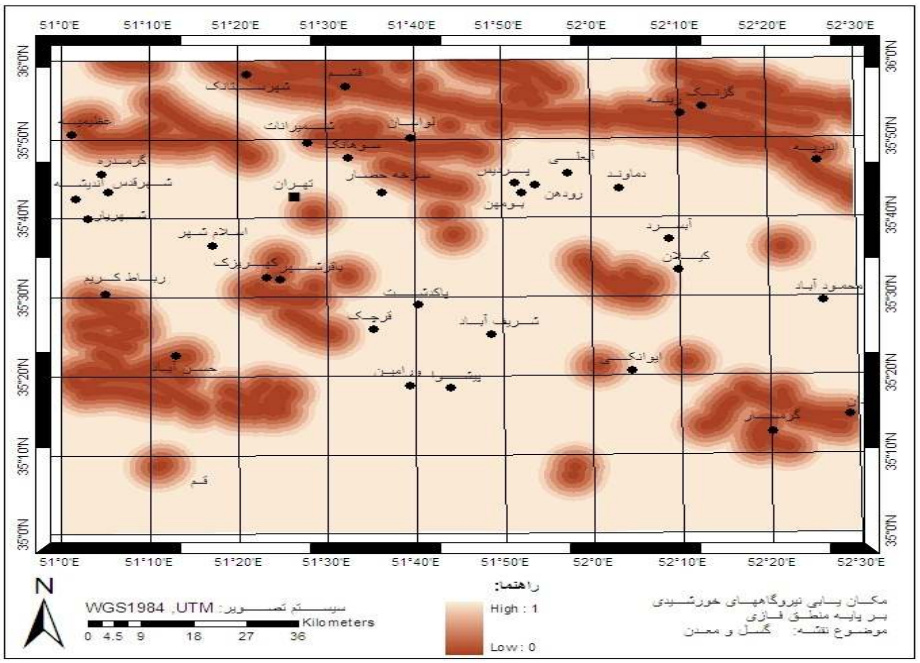


شکل٤) نقشه فازی فاصله از زیرساخت‌ها

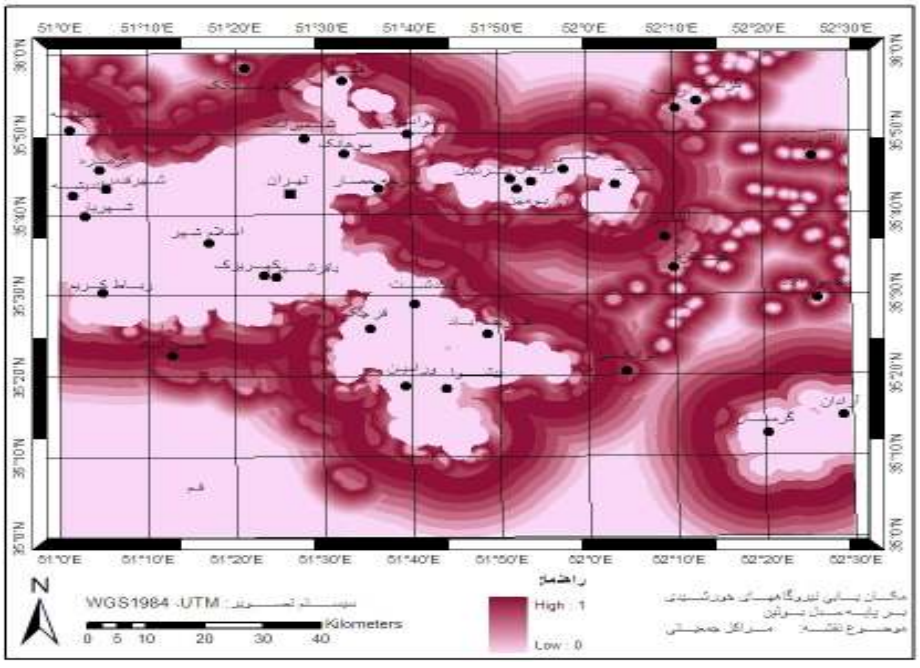


شکل٥) نقشه فازی کاربری اراضی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

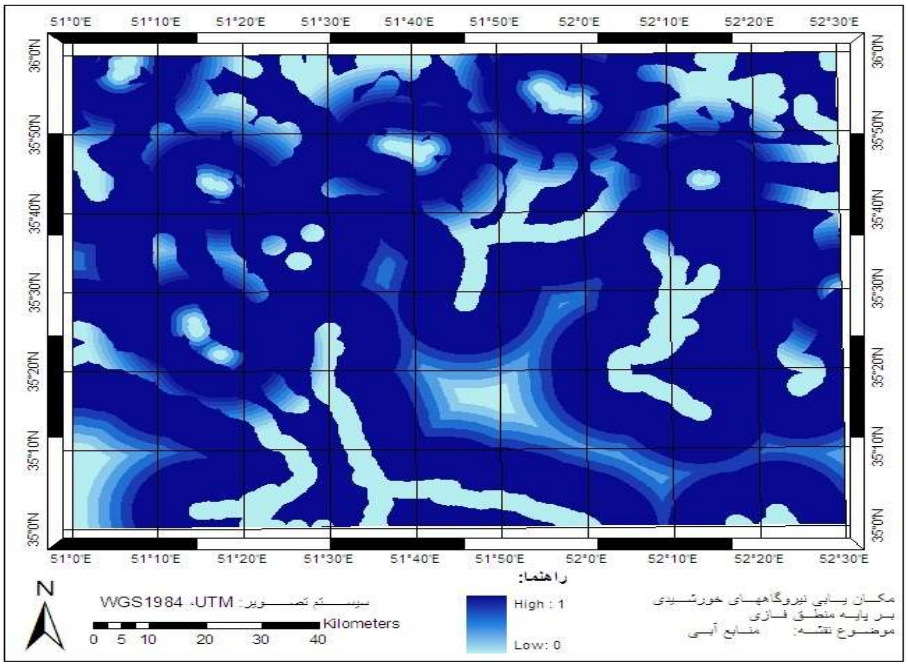


شکل٦) نقشه فازی فاصله از گسلها و معادن

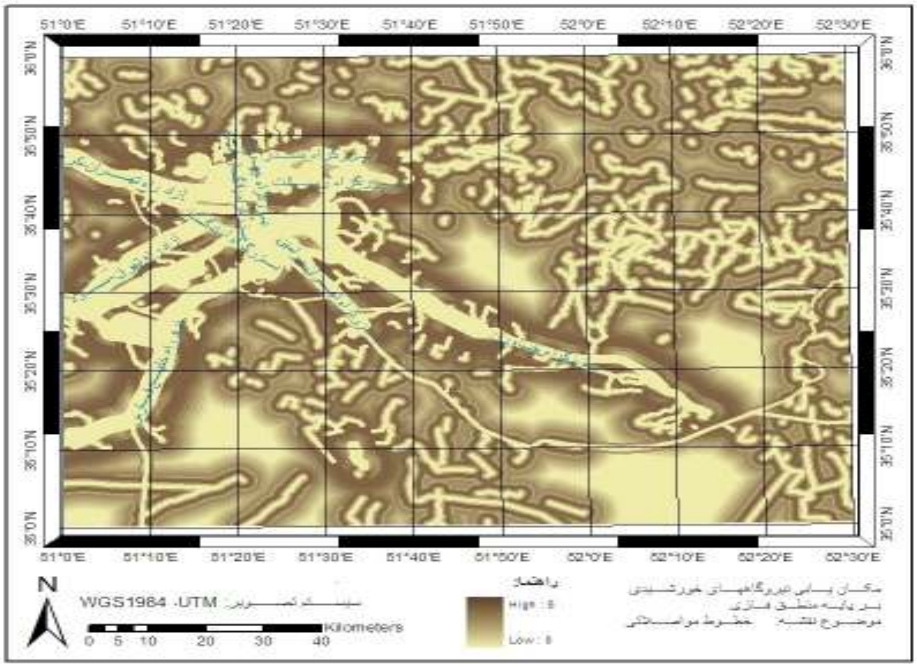


شکل۷) نقشه فازی فاصله از مراکز جمعیتی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

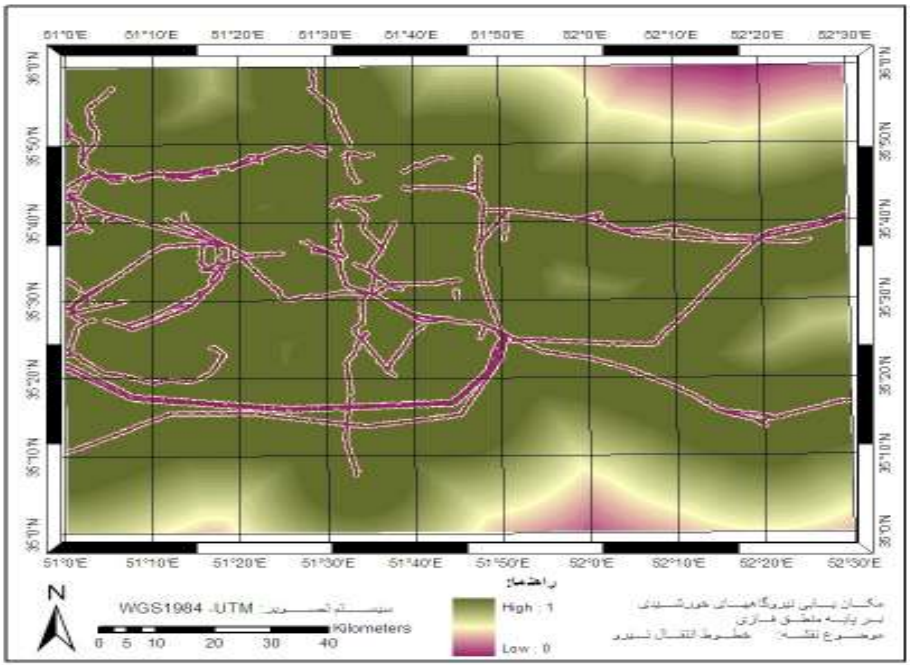


شکل۸) نقشه فازی فاصله از آبراهه ها

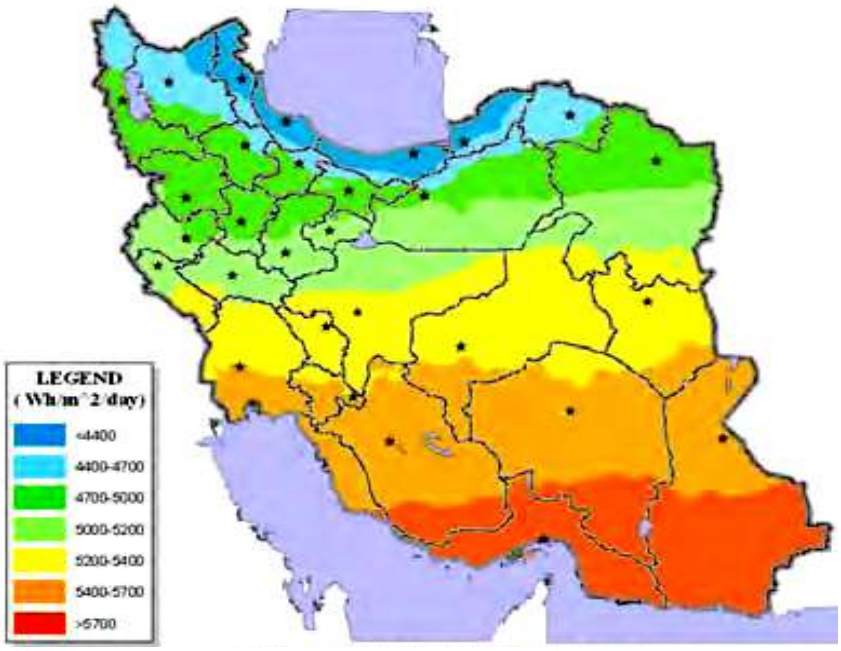


شکل۹) نقشه فازی فاصله از خطوط مواصلاتی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]



شکل۱۰) نقشه فازی فاصله از خطوط انتقال نیرو

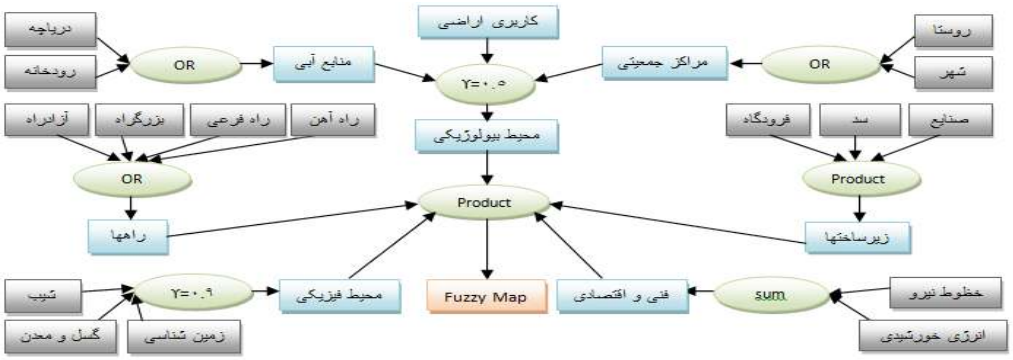


شکل۱۱) نقشه فازی پتانسیل انرژی خورشیدی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

پس از ارزش دهی فاکتورها و تهیه نقشه‌های فازی نیاز به تلفیق این نقشه‌ها با انتخاب عملگر مناسب فازی می‌باشد. انتخاب عملگر مناسب یکی از پیچیده ترین مراحل کار با منطق فازی می‌باشد زیرا عملگرها ارتباط و کنش و واکنش‌های متفاوتی را می‌توانند در یک نقشه ایجاد کنند که با توجه به نوع داده، عملگر مناسب را انتخاب می‌کنیم.

یک سیستم استنتاج فازی مراحل و نحوه ترکیب لایه‌های مختلف را نشان می‌دهد. همان طور که گفته شد، در استفاده از منطق فازی ۵ عملگر نقش اساسی را ایفا می‌کنند. چگونگی استفاده از این عملگرها در فاکتورهای مختلف و نحوه تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه نهایی توسط نمودار مفهومی شکل ۱۲ طراحی شده است.



شکل۱۲) سیستم استنتاجی فازی طراحی شده

با توجه به سیستم استنتاجی بالا، نکاتی قابل ذکر هستند که در ادامه به آنها پرداخته شده است:

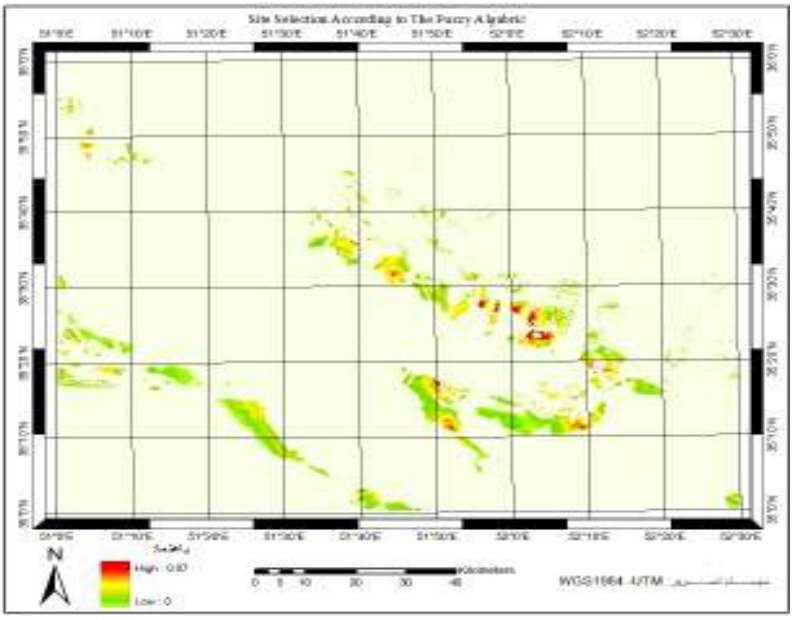
- ✓ همانطور که گفته شد، از مزایای نیروگاه‌های خورشیدی، عدم نیاز به آب فراوان می باشد، ولی در هر صورت، حداقل به یکی از منابع آبی در نزدیکی آنها نیاز دارند. به همین دلیل، لایه دریاچه و رودخانه با عملگر OR تلفیق شده تا مناطق دارای ارزش کمتر در نقشه خروجی حذف نشده و مناطق پیشنهادی در نقشه نهایی حداقل به یکی از منابع آبی نزدیک باشند.
- ✓ نیروگاه‌ها به دلیل امنیت تاسیسات و زیبایی‌شناختی منطقه نباید در نزدیکی مناطق مسکونی ساخته شوند. از طرفی، به دلیل تحمیل هزینه‌های زیاد نباید با فاصله زیاد از این مناطق احداث شوند. به همین دلیل، در تلفیق این لایه‌ها از عملگر OR استفاده شده است تا فاصله مجاز از مناطق مسکونی رعایت شود.
- ✓ در تلفیق لایه‌های زیرساخت‌ها از عملگر Product استفاده شده است. این عملگر ارزش لایه خروجی را کوچک کرده و به سمت صفر سوق می‌دهد تا با کوچک کردن ارزش مناطق دارای اختلاف ارزشی زیاد، مناطقی که ارزش نسبتاً معادلی را دارند، انتخاب گردند و در نقشه خروجی نمایش داده شوند.
- ✓ نیروگاه‌ها به دلیل دسترسی آسان‌تر و هزینه انتقال کمتر نیاز به نزدیکی به خطوط ارتباطی دارند. بدین دلیل، لایه راهها با عملگر OR تلفیق شده تا تأسیسات نیروگاهی حداقل به یکی از انواع خطوط مواصلاتی نزدیک باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

- ✓ لایه خطوط نیرو و تابش دریافتی از مهمترین لایه‌های تاثیرگذار در مکانیابی نیروگاه‌های خورشیدی می‌باشد. به همین علت، از عملگر sum که ارزش لایه ها را افزایش داده و به سمت ۱ سوق می‌دهد، استفاده گردیده است.
- ✓ در تلفیق لایه‌های فیزیکی و بیولوژیکی از عملگر گاما با لاندای ۰.۹ و ۰.۵ استفاده گردید تا علاوه بر اثر افزایشی عملگر Sum ، مناطقی که از لحاظ پارامترهای مرتبط از ارزش پایینی برخوردار هستند، به دلیل وجود عملگر Product کوچک شده و در نقشه منظور گردد.
- ✓ در نهایت، لایه‌های خروجی مراحل قبل با عملگر Product تلفیق شده تا مکان‌هایی که از لحاظ تمام معیارهای ارائه شده ارزش متوسط و رو به بالا دارند در نقشه نهایی ارزش بالاتری را به دست آورند.

تلفیق نقشه های فاکتور و تهیه نقشه فازی

در این مرحله، نتایج حاصل از شبکه استنتاجی طراحی شده را در شکل ۱۳ ملاحظه می‌کنید که مناطق مناسب به تفکیک ارزش هر منطقه در نقشه مشخص شده است.



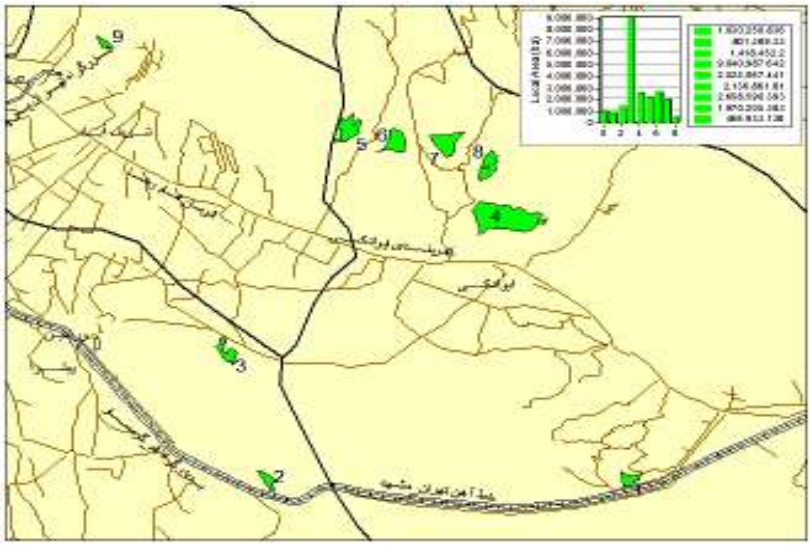
شکل۱۳) نقشه نهایی مکانهای مناسب حاصل از منطق فازی

با توجه به آمار و اطلاعات نیروگاه‌های احداث شده در نقاط مختلف دنیا، جهت احداث یک نیروگاه حرارتی خورشیدی از نوع سهموی خطی به ازای تولید هر مگاوات/ساعت انرژی الکتریکی به طور متوسط به ۶۶۰۰ مترمربع زمین نیاز است. افزایش توان نیروگاه‌های خورشیدی یکی از ساده ترین راههای کاهش هزینه های تولید برق خورشیدی است[۱۵].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

مطالعات نشان می دهد که با دو برابر شدن حجم تولیدی یک نیروگاه، هزینه تولید الکتریسیته به ازای هر کیلووات ساعت ۱۲ تا ۱۴ درصد کاهش می یابد[۱۵].

پس با در نظر گرفتن یک نیروگاه با ظرفیت متوسط ۳۰ مگاوات، مساحت مورد نیاز حدود ۲۰ هکتار برآورد می شود و همچنین با توجه به در نظر گرفتن توسعه آتی این نیروگاه، این میزان به ۴۰ هکتار نیز افزایش می یابد. با توجه به توضیحات داده شده، مناطقی که ارزش کمتر از ۰.۵ و مساحتی کمتر از ۴۰۰ هزار مترمربع دارند، جهت محدود کردن مناطق پیشنهادی و ارزیابی درست از مناطق با ارزش تر از نقشه حذف شده است. لذا با در نظر گرفتن معیار مساحت زمین مورد نیاز، نقشه مناطق مناسب در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



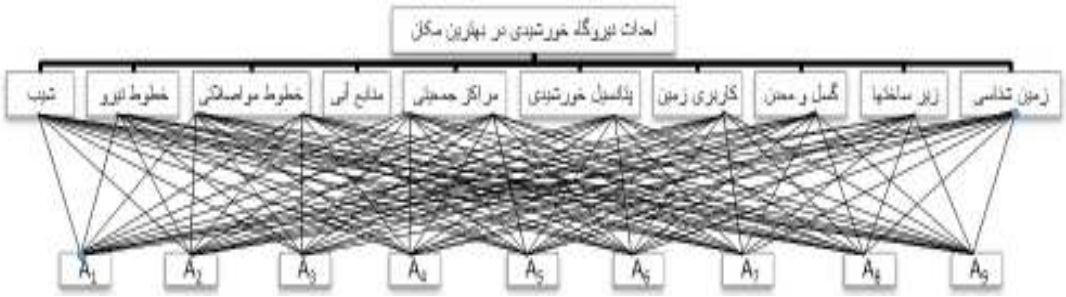
شکل۱٤) نقشه نهایی مکانهای پیشنهادی و موقعیت آنها روی زمین به تفکیک مساحت هر منطقه

روش شباهت به گزینه ایده آل فازی (FTOPSIS)

برای احداث نیروگاه خورشیدی ۹ گزینه ($A_1, A_2, \ldots, A_9$) پیشنهاد شده است که بر اساس ۱۰ معیار، شکل ۱۵ آنها را اولویت بندی کرده و بهترین آنها انتخاب شده است.

C_1: شیب زمین، C_2: دوری از خطوط انتقال نیرو، C_3: دوری از خطوط مواصلاتی C_4 : دوری از منابع آبی ، C_5: دوری از مراکز جمعیتی ، C_6: پتانسیل خورشیدی ، C_7: دوری از پوشش گیاهی، C_8: دوری از گسل و معدن، C_9 : دوری از زیرساخت‌ها، C_{10}: زمین شناسی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]



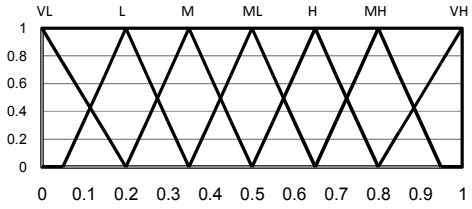
شکل۱۵) نمودار سلسله مراتبی نحوه اولویت بندی مکان مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی

مرحله ۱: ارزیابی اهمیت معیارها

به منظور تعیین محل مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی، ابتدا با استفاده از متغیرهای زبانی مندرج در جدول ۳ گزینه‌های مختلف، از نظر معیارهای مختلف، جهت ارزیابی اهمیت معیارها مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

جدول۳) متغیر زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها

متغیر زبانی	عدد فازی متناظر
خیلی کم(VL)	(۰,۰,۰.۲)
کم(L)	(۰.۰۵,۰.۲,۰.۳۵)
متوسط_کم(ML)	(۰.۲,۰.۳۵,۰.۵)
متوسط(M)	(۰.۳۵,۰.۵,۰.۶۵)
متوسط_زیاد(MH)	(۰.۵,۰.۶۵,۰.۸)
زیاد(H)	(۰.۶۵,۰.۸,۰.۹۵)
خیلی زیاد(VH)	(۰.۸,۱,۱)



اهمیت معیارها طبق جدول فوق به صورت زیر ارزیابی شده اند.

جدول٤) اهمیت معیارها

معیار	وزن معیار	عدد فازی	معیار	وزن معیار	عدد فازی
C_1	H	(۰.۶۵,۰.۸,۰.۹۵)	C_6	VH	(۰.۸,۱,۱)
C_2	VH	(۰.۸,۱,۱)	C_7	VL	(۰,۰,۰.۲)
C_3	H	(۰.۶۵,۰.۸,۰.۹۵)	C_8	L	(۰.۰۵,۰.۲,۰.۳۵)
C_4	ML	(۰.۲,۰.۳۵,۰.۵)	C_9	L	(۰.۰۵,۰.۲,۰.۳۵)
C_5	M	(۰.۳۵,۰.۵,۰.۶۵)	C_{10}	H	(۰.۶۵,۰.۸,۰.۹۵)

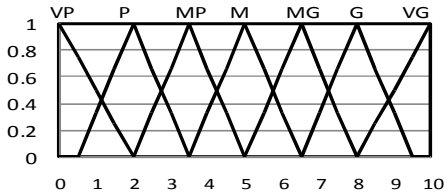
مرحله ۲: رتبه بندی گزینه ها

برای تصمیم گیری از متغیرهای زبانی جدول ۵ برای رتبه بندی گزینه‌ها استفاده شده است:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

جدول۵) متغیر زبانی برای رتبه بندی گزینه‌ها

متغیر زبانی	عدد فازی متناظر
خیلی ضعیف(VP)	(۰،۰،۲)
ضعیف(P)	(۰.۵،۲،۳.۵)
متوسط_ضعیف(MP)	(۲،۳.۵،۵)
متوسط(F)	(۳.۵،۵،۶.۵)
متوسط_خوب(MG)	(۵،۶.۵،۸)
خوب(G)	(۶.۵،۸،۹.۵)
خیلی خوب(VG)	(۸،۱۰،۱۰)



بدین منظور، با استفاده از اعداد فازی تعریف شده، نظرات کیفی تصمیم گیرندگان به اعداد فازی تبـدیل شـده و بـا بـه دست آوردن برآیند نظر تصمیم گیرندگان، ماتریس تصمیم فازی طبق جدول ۶ به صورت زیر محاسبه شده است:

جدول٦) ماتریس تصمیم

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
C_1	VG	VG	F	F	MG	F	MG	MP	G
عدد متناظر	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۵،۶.۵،۸)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۵،۶.۵،۸)	(۲،۳.۵،۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)
C_2	MG	F	VG	G	VG	VG	VG	VG	VG
عدد متناظر	(۵،۶.۵،۸)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)
C_3	G	G	G	G	G	G	G	G	MG
عدد متناظر	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۵،۶.۵،۸)
C_4	VG	VG	VG	G	VG	VG	VG	VG	VG
عدد متناظر	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)
C_5	P	VG	G	F	VG	VG	MG	G	MP
عدد متناظر	(۰.۵،۲،۳.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۵،۶.۵،۸)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۲،۳.۵،۵)
C_6	MG	F	MP	MP	P	P	P	P	MP
عدد متناظر	(۵،۶.۵،۸)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۲،۳.۵،۵)	(۲،۳.۵،۵)	(۰.۵،۲،۳.۵)	(۰.۵،۲،۳.۵)	(۰.۵،۲،۳.۵)	(۰.۵،۲،۳.۵)	(۲،۳.۵،۵)
C_7	G	G	MG	VG	G	G	G	VG	VG
عدد متناظر	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۵،۶.۵،۸)	(۸،۱۰،۱۰)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)
C_8	VG	VG	VG	G	VG	VG	VG	VG	VG
عدد متناظر	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۶.۵،۸،۹.۵)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)
C_9	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG
عدد متناظر	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)	(۸،۱۰،۱۰)
C_{10}	VP	MG	F	MG	F	F	F	F	G
عدد متناظر	(۰،۰،۲)	(۵،۶.۵،۸)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۵،۶.۵،۸)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۳.۵،۵،۶.۵)	(۸،۱۰،۱۰)

مرحله ۳: بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم

معیارهای اول تا سوم جنبه منفی دارند، بنابراین، برای بی مقیاس کرن آنها از رابطه(۴) استفاده می‌شود. معیارهای چهار تـا ده دارای جنبه مثبت هستند و برای بی مقیاس کردن آنها رابطه (۳) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول۷) ماتریس تصمیم بی مقیاس شده

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
C_1	(۰.۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۷۶،۰.۱،۰.۱۴۲)	(۰.۰۷۶،۰.۱،۰.۱۴۲)	(۰.۰۶۲،۰.۰۷۶،۰.۱)	(۰.۰۷۶،۰.۱،۰.۱۴۲)	(۰.۰۶۲،۰.۰۷۶،۰.۱)	(۰.۱،۰.۱۴۲۸،۰.۲۵)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)
C_2	(۰.۰۶۲۵،۰.۰۷۶۹،۰.۱)	(۰.۰۷۶،۰.۱،۰.۱۴۲)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)	(۰.۰۵،۰.۰۵،۰.۲۵)
C_3	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۵۲،۰.۰۶۲،۰.۰۷۶)	(۰.۰۶۲،۰.۰۷۶،۰.۱)
C_4	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)
C_5	(۰.۰۵،۰.۲،۰.۳۵)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۵،۰.۶۵،۰.۸)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۰۵،۰.۲،۰.۳۵)
C_6	(۰.۵،۰.۶۵،۰.۸)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۲،۰.۳۵،۰.۵)	(۰.۲،۰.۳۵،۰.۵)	(۰.۰۵،۰.۲،۰.۳۵)	(۰.۰۵،۰.۲،۰.۳۵)	(۰.۰۵،۰.۲،۰.۳۵)	(۰.۰۵،۰.۲،۰.۳۵)	(۰.۲،۰.۳۵،۰.۵)
C_7	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)
C_8	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)
C_9	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)	(۰.۸،۱،۱)
C_{10}	(۰،۰،۰.۲)	(۰.۵،۰.۶۵،۰.۸)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۵،۰.۶۵،۰.۸)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۳۵،۰.۵،۰.۶۵)	(۰.۶۵،۰.۸،۰.۹۵)

مرحله ۴: تشکیل ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده وزن دار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده وزن دار تشکیل و در جدول ۸ درج شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

جدول۸) ماتریس تصمیم بی مقیاس شده وزن دار

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
C_1	(۰.۰۳۲۵,۰.۰۴,۰.۲۳۷۵)	(۰.۰۳۲۵,۰.۰۴,۰.۲۳۷۵)	(۰.۰۵,۰.۰۸,۰.۱۳۵۷)	(۰.۰۵,۰.۰۸,۰.۱۳۵۷)	(۰.۰۴,۰.۶۱۵,۰.۰۹۵)	(۰.۰۵,۰.۰۸,۰.۱۳۵۷)	(۰.۰۴,۰.۶۱۵,۰.۰۹۵)	(۰.۰۶۵,۰.۱۴۲,۰.۲۳۷۵)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)
C_2	(۰.۰۵,۰.۰۷۶۹,۰.۱)	(۰.۰۶۱۵,۰.۱,۰.۱۴۲۸)	(۰.۰۴,۰.۰۵,۰.۲۵)	(۰.۰۴۲,۰.۰۶۲۵,۰.۰۷۶۹)	(۰.۰۴,۰.۰۵,۰.۲۵)	(۰.۰۴,۰.۰۵,۰.۲۵)	(۰.۰۴,۰.۰۵,۰.۲۵)	(۰.۰۴,۰.۰۵,۰.۲۵)	(۰.۰۴,۰.۰۵,۰.۲۵)
C_3	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۳۴۲,۰.۰۵,۰.۰۷۳)	(۰.۰۴,۰.۰۶۱۵,۰.۰۹۵)
C_4	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۳,۰.۲۸,۰.۴۷۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)
C_5	(۰.۰۱۷۵,۰.۱,۰.۲۳۷۵)	(۰.۲۸,۰.۵,۰.۶۵)	(۰.۲۳۷۵,۰.۱۶,۰.۶۱۷۵)	(۰.۱۲۲۵,۰.۱,۰.۴۲۲۵)	(۰.۲۸,۰.۵,۰.۶۵)	(۰.۲۸,۰.۵,۰.۶۵)	(۰.۱۷۵,۰.۳۲۵,۰.۵۲)	(۰.۲۳۷۵,۰.۱۶,۰.۶۱۷۵)	(۰.۰۷,۰.۱۷۵,۰.۳۲۵)
C_6	(۰.۴,۰.۶۵,۰.۸)	(۰.۲۸,۰.۵,۰.۶۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۱۶,۰.۳۵,۰.۵)
C_7	(۰.۰,۰.۰۱۹)	(۰.۰,۰.۰۱۹)	(۰.۰,۰.۰۱۶)	(۰.۰,۰.۰۲)	(۰.۰,۰.۰۱۹)	(۰.۰,۰.۰۱۹)	(۰.۰,۰.۰۱۹)	(۰.۰,۰.۰۲)	(۰.۰,۰.۰۲)
C_8	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۳۲,۰.۱۶,۰.۳۳)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)
C_9	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)	(۰.۰۴,۰.۲,۰.۳۵)
C_{10}	(۰.۰,۰.۰۰۴)	(۰.۴,۰.۶۵,۰.۸)	(۰.۱۲,۰.۱,۰.۴۲)	(۰.۴,۰.۶۵,۰.۸)	(۰.۱۲,۰.۱,۰.۴۲)	(۰.۱۲,۰.۱,۰.۴۲)	(۰.۱۲,۰.۱,۰.۴۲)	(۰.۱۲,۰.۱,۰.۴۲)	(۰.۰,۰.۰۱۹)

مرحله ۵: تعیین حل ایده آل و ضد ایده آل فازی

حل ایده آل و ضد ایده آل فازی به صورت زیر محاسبه شده است.

A^*=[((۰.۲۳۷۵,۰.۲۳۷۵,۰.۲۳۷۵),(۰.۵,۰.۵,۰.۵),(۱,۱,۱),(۰.۲۳۷۵,۰.۲۳۷۵,۰.۲۳۷۵),(۰.۵,۰.۵,۰.۵),(۰.۶۵,۰.۶۵,۰.۶۵),(۱,۱,۱),(۰.۲,۰.۲,۰.۲),(۰.۳۵,۰.۳۵,۰.۳۵), (۰.۳۵,۰.۳۵,۰.۳۵),(۰.۸,۰.۸,۰.۸))]

A^-=[((۰.۰۳۲۵,۰.۰۳۲۵,۰.۰۳۲۵),(۰,۰,۰),(۰,۰,۰),(۰.۰۳۲۵,۰.۰۳۲۵,۰.۰۳۲۵),(۰.۱۳,۰.۱۳,۰.۱۳),(۰.۰۱۷۵,۰.۰۱۷۵,۰.۰۱۷۵),(۰.۰۴,۰.۰۴,۰.۰۴),(۰,۰,۰),(۰.۰۳۲۵,۰.۰۳۲۵,۰.۰۳۲۵),(۰.۰۱۷۵,۰.۰۱۷۵,۰.۰۱۷۵),(۰,۰,۰))]

مرحله ۶: محاسبه فاصله هر گزینه از حل ایده آل و ضد ایده آل فازی

فاصله گزینه اول از حل ایده آل فازی از معیار اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S_{11}^{*}=\sqrt{\frac{1}{3}\left[(0.0325-0.02375)^2+(0.04-0.02375)^2+(0.02375-0.02375)^2\right]}=0.00011$$

بقیه گزینه ها نیز به همین منوال محاسبه شده و نتیجه به صورت زیر به دست آمده است:

فاصله گزینه اول از حل ایده آل فازی برابر است با:

A_1:۰.۰۰۰۱۱+۰.۱۷۷۸+۰.۸۸+۰.۰۳٤٥+۰.۰٤٦+۰.۰٥۳۱+۰.۰۹+۰.۰۲٦۷+۰.۰۳۹٥+۰.۰٤٥٥=۱.۳۹۲۹

بقیه گزینه ها نیز محاسبه شده و نتیجه به صورت زیر به دست آمده است:

A_2: ۱.۳۹۳۲ , A_3: ۰.۹۲۴۴ , A_4: ۱.۷۰۵ , A_5: ۱.۵۵۱ , A_6: ۱.۷۸۲۲ , A_7: ۱.۴۹۳۹ , A_8: ۲.۰۱۸۸ , A_9: ۱.۹۱۷۲

فاصله گزینه اول از حل ضد ایده آل فازی از معیار اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S_{11}^{-}=\sqrt{\frac{1}{3}\left[(0.0325-0.0325)^2+(0.04-0.0325)^2+(0.02375-0.0325)^2\right]}=0.0047$$

بقیه گزینه ها نیز به همین منوال محاسبه شده و نتیجه به صورت زیر به دست آمده است:

فاصله گزینه اول از حل ضد ایده آل فازی برابر است با:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

A_1:۰.۰۰۴۷+۰.۰۷۷۸+۰.۰۱۳+۰.۰۰۰۶+۰.۰۶۲+۰.۲۳۳۹+۰.۵۴۵۴+۰.۰۱۳+۰.۰۳۲۹+۰.۰۳۹۹=۱.۰۲۳۲

بقیه گزینه ها نیز محاسبه شده و نتیجه به صورت زیر به دست آمده است:

A_2: ۱.۰۲۴۶ , A_3: ۱.۰۱ , A_4: ۰.۵۵۶۷ , A_5: ۰.۷۰۷۲ , A_6: ۰.۵۱۸۹ , A_7: ۰.۷۱۱۸ , A_8: ۰.۳۲۰۸ , A_9: ۰.۴۶۹۴

مرحله ۷: محاسبه شاخص شباهت

شاخص شباهت برای گزینه اول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CC_1=1.0232/(1.3929+1.0232)=0.4259$$

محاسبات مشابهی برای سایر گزینه ها انجام گرفته که نتایج آن در جدول ۹ درج شده است.

جدول۹) شاخص شباهت برای گزینه های پیشنهادی

	شاخص شباهت		شاخص شباهت		شاخص شباهت
A_1(کاروانسرای عباسی)	۰.۴۲۳۴	A_4(حسین آباد)	۰.۱۳۷۱	A_7(سنگ آب)	۰.۲۴۶۱
A_2(قیه ناصریه)	۰.۴۲۳۸	A_5(چند آب)	۰.۳۱۳۲	A_8(کوروس بالا)	۰.۲۲۵۵
A_3(یوسف آباد)	۰.۳۲۲۷	A_6(سنگ آب)	۰.۴۰۷۵	A_9(حصار امیر)	۰.۱۹۶۷

مرحله ۸: اولویت بندی گزینه‌ها

با توجه به این محاسبات، ترتیب اولویت گزینه‌ها به صورت زیر است:

$$A_2>A_1>A_6>A_3>A_5>A_7>A_8>A_9>A_4$$

نتیجه گیری

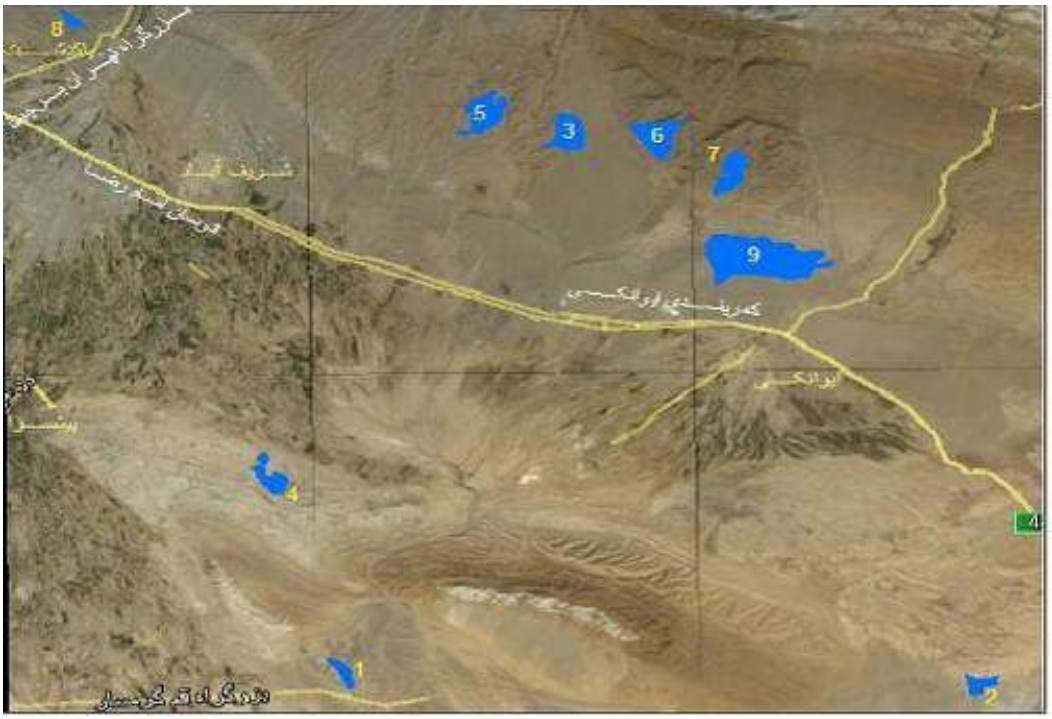
با توسعه اقتصادی و رشد جمعیت، تقاضای کشور براساس استفاده گسترده از سوخت های فسیلی با شیب تندی رو به افزایش است. توجه به استفاده از انرژی های نو از جمله انرژی خورشیدی برای تامین بخشی از انرژی الکتریکی و حرارتی مورد نیاز شهرها و روستاهای کشور جهت نیل به اهداف توسعه پایدار و تنوع بخشی سبد انرژی کشور و کاهش مصرف سوخت فسیلی ضروری است. از این رو، مکانیابی این نیروگاه‌ها به عنوان بخشی از مراحل احداث نیروگاه های خورشیدی جهت تسریع در امر پیشرفت تولید برق خورشیدی در دستور کار این تحقیق قرار گرفت.

در این تحقق، با استفاده از منطق فازی و به کمک نرم افزار ArcGIS ۹.۳ نقشه‌هایی به منظور یافتن مکانهای مناسب

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

جهت احداث نیروگاه خورشیدی تهیه گردید، بدین صورت که به مناطق مناسب ارزشی بین ۰ تا ۱ داده شد و نقشه‌های تولید شده توسط یک سیستم استنتاجی با عملگرهای مختلف منطق فازی تلفیق گشته و در نهایت هر پیکسل در نقشه خروجی دارای ارزش متفاوتی گشته است. جهت محدود کردن مناطق پیشنهادی و رسیدن به مناطق با ارزش‌تر، مناطق دارای ارزش کمتر از ۰.۷ را حذف کرده و دو پارامتر حداقل مساحت مورد نیاز جهت احداث نیروگاه و قابلیت توسعه سایت را در انتخاب مکانهای مناسب دخیل کرده‌ایم. نتیجه این کار، انتخاب ۹ منطقه به عنوان بهترین مکانها برای احداث نیروگاه خورشیدی بود که در مجموع حدود ۲۲ کیلومترمربع مساحت داشته و ۰.۱۵ درصد از کل مساحت منطقه را تشکیل می‌دهد.

در آخرین گام، توسط روش FUZZY TOPSIS ، یکی از روشهای تصمیم گیری چند شاخصه، اقدام به اولویت بندی مناطق پیشنهادی شده است که مناطق قیه ناصریه $A_۲$، کاروانسرای عباسی $A_۱$ و سنگ آب $A_۶$ به ترتیب به عنوان بهترین مناطق شناخته شدند.



شکل۱٦) نقشه اولویت مکان‌های پیشنهادی

مراجع

[۱] احمدی، حسن. (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

[۲] اشرف، سید محمد علی. نوراللهی، یونس. زمانی، محسن. (۱۳۹۰)، پتانسیل سنجی انرژی باد برق منطقه ای باختر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۴. شماره ۱

[۳] اصغرپور، محمدجواد. (۱۳۸۹)، تصمیم گیری های چند معیاره. چاپ هشتم. انتشارات دانشگاه تهران

[۴] بهشتی فر، سارا. سعدی مسگری، محمد. ولدان زوج، محمد جواد. کریمی، محمد. (۱۳۸۸)، استفاده از منطق فازی در محیط GIS به منظور مکان یابی نیروگاههای گازی، نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری، دوره ۴۴. شماره ۴. از صفحه ۵۸۳ تا ۵۹۸

[۵] تی تی دژ، امید. (۱۳۸۹)، خود آموز ArcGIS ۹.۳ و مفاهیم پایه GIS. چاپ سوم. انتشارات موسسه علم معمار

[۶] حق پرست کاشانی، آرش. صالح ایزد خواست، پژمان. لاری، حمیدرضا. (۱۳۸۸)، تدوین اطلس جامع GIS انرژی خورشیدی ایران بر اساس مدل تابش سنجی NRI، پژوهشگاه نیرو. پژوهشکده انرژی و محیط زیست، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق ۰۹-F-REN-۰۱۷۵

[۷] صمدی، رضا. یوسفی، حسین. (۱۳۸۵)، انتخاب بهینه محل احداث نیروگاه‌های حرارتی با لحاظ نمودن پارامترهای فنی، زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در استان فارس، سازمان بهره‌وری انرژی ایران، گروه محیط ریست

[۸] عادل، آذر. فرجی، حجت. (۱۳۸۹)، علم مدیریت فازی. چاپ چهارم. انتشارات موسسه کتاب مهربان نشر

[۹] عطایی، محمد. (۱۳۸۹)، تصمیم گیری چند معیاره فازی، انتشارات داشگاه صنعتی شاهرود

[۱۰] کوره پزان، امین. (۱۳۸۴)، تئوری مجموعه های فازی و کاربردهای آن در مسائل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

[۱۱] مالچفسکی، یاچک. ترجمه. پرهیزکار، اکبر. غفاری، عطا. (۱۳۸۵)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاره، انتشارات سمت

[۱۲] Abbaspour, M., Atabi, F., (۲۰۰۵)Climate Policy and Sustainable Development Opportunities for Iranian – German Cooperation:Case Study Solar Thermal Energy in Iran, Center for Environment and Energy Research and Studies

[۱۳] Janke, Jason. R., (۲۰۱۰)Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado, journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene, Renewable Energy ۳۵.۲۲۲۸-۲۲۳۴

[۱۴] Ramde, E.W., Azoumah, Y., Rungundu, A., and Tapsoba, G., (۲۰۱۱)Solar Thermal power Plant in West Africa: Site selection and potential assessment, Journees Scientifiques du ۲iE, ۴-۸

[۱۵] www.solarpaces.org

[۱۶] Yonca Aydin, Nazli., (۲۰۰۹)GIS-Based Site Selection Approach for WIND and SOLAR

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

Energy System: A Case study from western Turkey, A Thises submitted to the graduate school of natural and applied sciences of mmidle east technical universit

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]