نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۱۴۶-۱۲۵

مطالعه امکان سنجی مقدماتی طرح اولیه پروژه نیروگاه خورشیدی (مطالعه موردی: شهراهواز)

[۱] نسرین مرادی مجد*، [۲] علیرضا انتظاری

تاریخ دریافت:
۱۳۹۶/۴/۲۸

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۷/۳/۲

کلمات کلیدی:
امکانسنجی، انرژی خورشیدی، فتوولتائیک، منطق فازی، اهواز

چکیده

شهر اهواز، با وسعتی در حدود ۸۱۳۶کیلومتر مربع با جمعیتی حدود ۱۳۳۸۱۲۶نفر در جنوب غربی ایران در مرکز استان خوزستان واقع شده است. این شهر با میزان انرژی تابشی دریافتی در روز به طور متوسط ۱۹/۵۶مگاژول در هر متر مربع، میزان کل ساعات آفتابی سالانه به طور متوسط ۳۰۸۸/۲ ساعت، ضریب صافی آسمان بالاتر از ۰/۶۴ و شفافیت هوا بیش از۰/۰۷۶ پتانسیل بالایی را برای بکارگیری سیستم های انرژی خورشیدی دارا می باشد. در این تحقیق جهت امکانسنجی نیروگاه خورشیدی از روش‌های AHPفازی و TOPSIS فازی استفاده گردید. کلیه معیارها در ۵ بخش زمین شناسی، زیست محیطی، اقتصادی- اجتماعی، جغرافیایی و اقلیم به‌عنوان محیط‌های اصلی و ۱۴ زیرمعیار جهت امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شهر اهواز انتخاب شدند. در نهایت نتایج حاصل از روش AHP فازی نشان داد که معیار اقلیم با وزن ۰/۹۸۳، معیار اقتصادی- اجتماعی با وزن ۰/۲۹۲، معیار زیست محیطی با وزن ۰/۰۶۴ درصد، معیار زمین‌شناسی با وزن ۰/۰۱۹ و معیارژئومتری با وزن ۰/۰۰۷ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درجه اهمیت می‌باشد. در مجموع زیرمعیارهای دما، ساعات آفتابی، شدت تابش، جهت تابش، زاویه تابش، فاصله از راه ها، فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو، آلودگی سطحی، فاصله از شهر، فاصله از روستا، باد، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه ها، فاصله از گسل، فاصله از کانون زلزله، ارتفاع، فاصله از مناطق حفاظت شده و طول و عرض جغرافیایی و سازند زمین شناسی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین اهمیت می باشند. در تکنیک TOPSIS نیز نتایج به این صورت بود که معیار اقلیم با امتیاز ۱/۴۸۳ بیشترین امتیاز و سپس معیار اقتصادی- اجتماعی با امتیاز ۱/۳۰۰، معیار زیست محیطی با امتیاز ۱/۱۲۰، معیار زمین شناسی با امتیاز ۱/۰۸۸ و معیار جغرافیایی با امتیاز ۱/۰۲۸ رتبه‌های بعدی را بدست آوردند. در نتیجه نتایج حاصل از دو روش با یکدیگر مطابقت دارد که نشان‌دهنده صحت و دقت هر کدام از روش‌های یاد شده می‌باشد.

۱. دانشجوی دکترای اقلیم شناسی، گرایش آب و هواشناسی کشاورزی، دانشکده علوم محیطی و جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری (نویسنده مسئول) moradymajd@yahoo.com
۲. استادیار دانشکده علوم محیطی و جغرافیای گروه آب و هواشناسی دانشگاه حکیم سبزواری entezari@hsu.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

۱. مقدمه

در تمامی ادوار بشریت از نور خورشید برای گرم کردن و روشنایی بهره برده می شد، بعد از تحریم نفتی اعراب در ۱۹۷۳ و افزایش قیمت نفت در جهان، علاقه مندی شدیدی نسبت به استفاده از انرژی های نو بویژه انرژی خورشیدی برای تولید برق به وجود آمد (کاماچو [1] و دیگران، ۲۰۰۷) و این امر منجر به ساخت انواع نیروگاه های خورشیدی در جهان گردید. اهمیت و ارزش منابع انرژی همواره کشورهای پیشرفته را در پی پیدا کردن منابع نامحدود و با صرفه اقتصادی ترقیب کرده است. رشد شدید فن آوری های نوین در کلیه سطوح صنایع نیاز انسان را به استفاده روز افزون از نیروی برق به عنوان یک انرژی پاک و بهینه را بر می شمارد (اکبری، ۱۳۹۳). بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر یکی از راه های موثر برای مقابله با آلودگیهای زیست محیطی ناشی از فعالیت نیروگاه ها با سوخت فسیلی است. از جمله این نیروگاه ها، نیروگاه های خورشیدی هستند که در حال حاضر در صنعت برق کشور (در بخش انرژی های نو) مورد توجه قرار گرفته اند (لاجوردی ، ۱۳۹۶). استفاده از نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) بدلیل نامحدود بودن انرژی و ایجاد تاسیسات در هر مکانی با هزینه کم و بدون محدودیت و عدم نیاز به شبکه توزیع برق از مزیت بالایی برخوردار می باشد (اکبری، ۱۳۹۳). از ویژگی های این انرژی که باعث استفاده روزافزون از آن گردیده می توان دسترسی آسان و گسترده، ارزان بودن، بدون آلودگی بودن و پایدار بودن این منبع انرژی را نام برد (ذبیحی و دیگران ، ۱۳۹۴).

تولید برق با انرژی خورشید به دو شیوه صورت می گیرد: تولید مستقیم برق از نور خورشید با استفاده از سلول های فوتوولتائیک (PV)[2] و به صورت غیر مستقیم با جمع آوری و متمرکز کردن انرژی خورشیدی (CSP) [3] و انتقال آن به صورت (HTF)[4] و تولید بخار موردنیاز توربین ها توسط HTF (وترمارک[5]، ۱۹۸۸). درمورد تعریف نیروگاه های خورشیدی باید گفت تأسیساتی که با استفاده از آنها

1. Camacho,
2. Photovoltaic
3. Concentrating Solar Power
4. Heat Transfer Fluid
5. Wettermark,

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل میشود نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شود. این تأسیسات بر اساس انواع متمرکز کنندههای موجود و بر اساس اشکال هندسی آنان به سه دسته تقسیم می شوند: ۱- نیروگاه هایی که گیرنده آنها آینه های سهموی ناودانی هستند. (شلجمی باز) ۲- نیروگاه هایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه های بزرگی به نام هلیوستات[1] به آن منعکس میشود. (دریافت کننده مرکزی) ۳- نیروگاه هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) است (لاجوردی، ۱۳۹۶).

۲. مبانی نظری

شرایط اقلیمی مناسب در اهواز پتانسیل بسیار بالایی جهت تاسیس سیستم های تولید انرژی با استفاده از منابع انرژی خورشیدی بوجود آورده که با توجه به نامحدود بودن منابع و هزینه بر بودن اجرای پروژه ها، امکان سنجی جهت تاسیس و ذخیره سازی انرژی با کمترین هزینه مد نظر می باشد. استفاده از روش های نوین تولید انرژی الکتریکی در جهت برآورده کردن بخشی از انرژی مورد نیاز مصارف خانگی، صنعتی، پتروشیمی و پالایشگاه می تواند به رشد اقتصادی ایران کمک شایانی خواهدکرد. لذادر این تحقیق با استفاده از تکنیک های امکان سنجی به بررسی استقرار بهینه نیروگاه های خورشیدی و ذخیره سازی آن در شهرستان اهواز بصورت کاربردی با دو روش AHP فازی و TOPSIS فازی پرداخته شده است. به منظور دستیابی بدین هدف پس از بررسی پیشینه تحقیقاتی و بهره گیری از نظرات خبرگان با استفاده از ابزار پرسشنامه متشکل از ۴۵ نفر از کارکنان اداره محیط زیست، اداره منابع طبیعی و سازمان آب و برق استان خوزستان امکانسنجی نیروگاه خورشیدی بررسی شد. کلیه معیارها و زیرمعیار جهت امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شهر اهواز مدنظر و رتبه بندی ها توسط AHP فازی و TOPSIS فازی صورت گرفته است. یافته های این پژوهش می تواند کارایی اقدامات جهت استقرار نیروگاه های خورشیدی را در هدایت فرایند اجرا و غلبه بر موانع ارتقا دهد.

در مطالعات مشابه عباسپور و همکاران (۱۳۹۰) ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی نیروگاه‌های خورشیدی به وسیله نرم افزار RETScreen با توجه به قانون هدفمندسازی یارانه ها در

1. Heliostats

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

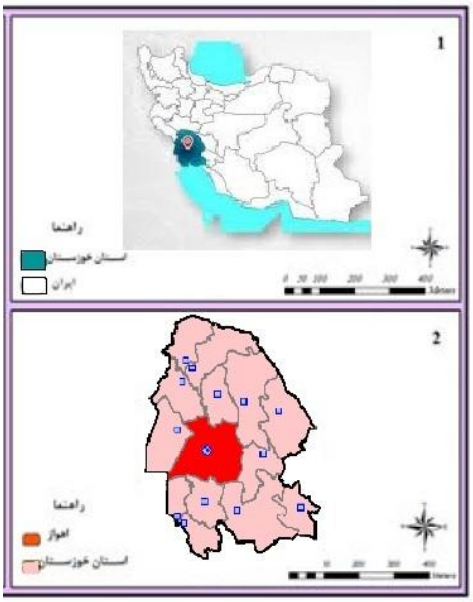
نیروگاه خورشیدی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی انجام دادند. در این تحقیق با توجه به قانون هدفمندسازی یارانه ها و تعرفه های جدید قیمت برق و مسئله کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از نیروگاه فوتوولتائیک سه سناریو اصلی مطرح و با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج تحقیق نشان داد که بهره گیری از فناوری های نوین در خصوص باتری و پانل ها و اتخاذ سیاست های حمایتی از طرف دولت می تواند زمان بازگشت سرمایه را در حد مطلوب کاهش دهد. ساکی پور و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله ای امکان استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای را بررسی کردند. در این مقاله شهر اهواز به عنوان مطالعه موردی و خانوارهای ۴ الی ۵ نفری به عنوان جامعه هدف انتخاب شدند. آنالیزهای اقتصادی و محیط زیستی توسط نرم افزار RETscreen انجام شد و میزان کاهش صدور آلاینده ها و هزینه های ناشی از آن در صورت طرح جایگزینی آبگرمکنهای خورشیدی در خانوارهای ۴ الی ۵ نفری منطقه محاسبه گردید. اکبری (۱۳۹۳) مکان یابی بهینه نیروگاه های خورشیدی (فتوولتائیک) و توسعه تکنولوژی انرژی های تجدید پذیر در ایران را انجام داد. این تحقیق با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معیارهای موردنظر با استفاده از مدل بخش های مختلف منطقه از نظر قابلیت استقرار نیروگاه های فتوولتائیک اولویت بندی شدند. ذبیحی لهارمی و همکاران (۱۳۹۴) به کنترل نیروگاههای خورشیدی سهموی خطی با کنترل کننده مدل پیشبین پرداختند. در این مقاله از روش منطق فازی برای نیل به این هدف بهره برده شد. نتایج شبیه سازی عملکرد مناسب منطق فازی را نشان می دهد. لاجوردی (۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان نیروگاههای خورشیدی، کاربرد انرژی پاک در تولید برق به بررسی نیروگاه های خورشیدی و انواع آنها، مکانیسم تولید انرژی از نور خورشید و همچنین معایب و مزایای استفاده از آنها پرداخته است.

۳. روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه: شهر اهواز، مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان، وسیع ترین شهر استان می‌باشد. موقعیت این شهر از نظر جغرافیایی در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه ی طول شرقی و در جلگه ای با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا قرار دارد (جوکار، ۱۳۹۰). این شهر با میزان انرژی تابشی دریافتی در روز به طور متوسط ۱۹/۵۶مگاژول در هر متر مربع، میزان کل ساعات آفتابی سالانه به طور متوسط ۳۰۸۸/۲ ساعت، ضریب صافی آسمان بالاتر از۰/۶۴ و شفافیت هوا بیش

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

از۰/۰۷۶ پتانسیل بالایی را برای بکارگیری سیستم های انرژی خورشیدی دارا می باشد (ساکی پور و دیگران، ۱۳۹۰). در شکل ۱ موقعیت شهر اهواز در کشور نشان داده شده است.



شکل۱. موقعیت شهر اهواز در کشور

در این مطالعه پس از بررسی پیشینه و مروری بر ادبیات تحقیق جهت بررسی امکانسنجی نیروگاه خورشیدی، مصاحبه‌هایی با کارکنان اداره محیط زیست، اداره منابع طبیعی و سازمان آب و برق استان خوزستان صورت گرفت و فهرستی از عوامل پس از تکمیل کاربرگ‌ها و بررسی مستندات مشخص گردید. همچنین با تکمیل پرسشنامه‌های بسته از گروه خبرگان در محیط مهم‌ترین معیارها در منطقه تحت بررسی تکمیل گردید. با توجه به تعداد زیاد این افراد در این تحقیق برای تعیین تعداد نمونه لازم از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. به این منظور ابتدا تعداد پرسشنامه به‌عنوان پیش‌آزمون در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه تکمیل شد. سپس با احتساب ضریب اطمینان ۹۰ و خطای

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

۳درصد، تعداد نمونه‌های لازم با استفاده از رابطه "کوکران" (آسافوآجایی[1]، ۲۰۰۲) به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$n = \frac{t2s2}{s2} = \frac{(90)2\,(0/231)2}{0/03} = 48/0249 \approx 49 \qquad (۱)$$

که در این رابطه: واریانس= s^2 ، خطای مطالعه برحسب درصد= d و ضریب اطمینان= t می‌باشد.

بدین‌منظور پرسشنامه‌ای تحت عنوان پرسشنامه۵۰، مرکب از ۴۳ سوال تنظیم و بین ۵۰ نفر توزیع و تکمیل شد. تعدادی از پرسشنامه‌ها پس از مطالعه و بررسی دقیق به‌دلیل مخدوش بودن حذف شد و درنهایت تعداد ۴۵ عدد پرسشنامه جهت تحلیل نهائی نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP): این روش نخستین بار توسط ساعتی[2] (۱۹۸۰) معرفی گردید. AHP یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیمگیری چندمعیاره (MCDM) می‌باشد (وایدیا[3] و دیگران، ۲۰۰۶) در این روش با تجزیهٔ مساله تصمیم‌گیری به معیارهای آن، مدل تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی ساخته می‌شود. اهمیت یا اولویت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از مقایسات زوجی کیفی مشخص می‌گردد (کورتیلا[4]، ۲۰۰۰). در روش تحلیل سلسله مراتبی سنتی، مقایسات زوجی اجزا در هر سطح با توجه به سطح بالایی سلسله مراتب تصمیم‌گیری با استفاده از اعداد ۱ تا ۹ توسط تصمیم‌گیرنده انجام می‌گیرد (چن[5] و دیگران، ۲۰۱۰). در روش تحلیل سلسله مراتبی سنتی قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان به‌صورت اعداد قطعی نمایش داده می‌شود. علیرغم مفهوم ساده و کاربرد وسیع، این رویکرد نمی‌تواند به درستی فرآیند تفکر انسانی را منعکس نماید و همچنین اعداد قطعی نمی‌توانند عدم قطعیت همراه با ادراک انسانی را به درستی در نظر بگیرند (کهرامن[6] ، ۲۰۰۸). برای غلبه بر این نقیصه، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و توسعه‌های بعدی آن برای حل مسائل سلسله مراتبی و انتخاب گزینه‌ها ارائه گردید. با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی (لطفی

1. Asafou-Ajaee
2. Saaty
3. Vaidya
4. Kurttila
5. Chen
6. Erensal

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

زاده، ۱۹۶۵) تصمیم‌گیرندگان قادر خواهند بود اطلاعات غیرقابل کمی‌شدن، اطلاعات غیرقابل دسترسی و اطلاعات ناقص را در مدل تصمیم‌گیری لحاظ نمایند. در نتیجه علیرغم دشواری‌های ریاضی، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ابزار مناسبی برای لحاظ نمودن عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در مسائل دنیای واقعی می‌باشد (ارنسال[1] و دیگران ، ۲۰۰۶). در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل گسترش یافته چانگ به‌عنوان یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین روش‌های حل مسائل تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده گردید. روش تحلیل گسترش یافته براساس اعداد فازی مثلثی عمل می‌نماید. مقیاس‌های فازی مورد استفاده در این روش در جدول ۱ارائه شده است.

جدول ۱. مقیاس‌های زبانی برای بیان درجه اهمیت

مقیاس های زبانی برای درجه اهمیت	اعداد مثلثی فازی	معکوس اعداد مثلثی فازی
عینا یکسان	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)
اهمیت برابر یا عدم ترجیح	(۱/۳،۱،۲/۲)	(۲/۲،۱،۳)
نسبتا مهم تر	(۳،۱/۲،۲)	(۱/۲،۲/۱،۳)
مهم‌تر	(۳/۵،۲،۲/۲)	(۲/۱،۵/۲،۲/۳)
خیلی مهم تر	(۵،۲/۳،۲)	(۱/۲،۳/۱،۵/۲)
بی نهایت(کاملا)مهم‌تر	(۵/۷،۳،۲/۲)	(۲/۱،۷/۲،۳/۵)

ماخذ (کهرامن، ۲۰۰۸)

در روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی برای تلفیق داده‌های بدست آمده از ماتریس مقایسات زوجی می‌توان از روش پیشنهادی چانگ و همکاران (۲۰۰۹) استفاده نمود درصورتی‌که $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$، وزن نسبی تلفیق شده‌ی معیار C_i نسبت به C_j، حاصل از تلفیق نظر k خبره باشد. که در آن a_{ijd} بیانگر قضاوت خبره‌ی Kام درخصوص وزن نسبی معیار C_i نسبت به C_j می‌باشد.

1. Erensal

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

$$l_{ij}= \min \{a_{ijd} \mathrm{d}=1,2,\ldots,\mathrm{k} \}$$
$$(\prod_{d=1}^{k} a_{ijd})^{1/k} = m_{ij} \quad (۲)$$

$$u_{ij} = \max \{a_{ijd} \}, \quad \mathrm{d} = 1,2,\ldots,\mathrm{k} \quad (۳)$$

پس از محاسبهٔ ماتریس‌های تلفیقی، این داده‌ها برای اولویت‌بندی معیارها با روش تحلیل گسترش‌یافته مورد استفاده قرار گرفتند. در روش تحلیل گسترش‌یافته، برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_i که خود یک عدد مثلثی است، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \quad (۴)$$

که در آن $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ به صورت زیر محاسبه میگردد:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = (\sum_{j=1}^{m} l_i, \sum_{j=1}^{m} m_i, \sum_{j=1}^{m} u_i) \quad (۵)$$

همچنین برای بدست آوردن $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ از رابطه ۶ و ۷ استفاده می‌گردد.

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \quad (۶)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \quad (۷)$$

در روش تحلیل گسترش‌یافته، پس از محاسبه S_i باید درجه بزرگی آنها را نسبت به‌هم به‌دست آورد. به‌طور کلی اگر دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_2 \geq M_1)$ نشان داده می‌شود و به‌صورت رابطه ۸ تعریف می‌شود.

$$= \mathrm{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M2}(d) \; V(M_2 \geq M_1)$$
$$= \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۸)$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه ۹ به‌دست می‌آید.

$$V(M_1 \geq M_2, M_3, \dots, M_k)=V[(M_1 \geq M_2),(M_1 \geq M_3),\dots.(M \geq M_k)] \quad (۹)$$

برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه زوجی به‌صورت رابطه ۱۰ عمل می‌شود.

$$w'(x_i) = \min V(M \geq M_i), \quad i=1,2,\dots,k \quad k\neq i \quad (۱۰)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به‌صورت رابطه ۱۱خواهد بود. که همان بردار ضرایب غیرنرمالیزه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی است.

$$w'(x_i) = (w'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (۱۱)$$

به‌کمک رابطه۱۲ نتایج غیرنرمالیزه به‌دست آمده از رابطه ۵ نرمال‌سازی می‌شود. نتایج نرمال‌سازی شده حاصل از رابطه W،۱۲ نامیده می‌شود.

$$W_i = \frac{w'_i}{\sum w'_i} \quad (۱۲)$$

تکنیک تاپسیس فازی: تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که m گزینه را با توجه به n معیار، رتبه‌بندی می‌کند. مبنای این روش، انتخاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مطلوب و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل نامطلوب دارد. در روش شباهت به گزینه ایده‌آل کلاسیک، برای تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از مقادیر دقیق و معین استفاده می‌شود. در بسیاری از مواقع تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تاثیرگذار است. در این گونه موارد بهتر است از روش‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده شود. مروری بر تحقیقات انجام شده در این حوزه، حاکی از روش‌هایی متعدد برای استفاده از تکنیک تاپسیس، به‌صورت فازی است. با توجه به ساختار ترسیم شده در این پژوهش، از روش تاپسیس فازی به‌روش چن و هوانگ استفاده شده است (چن و دیگران، ۲۰۱۰) مراحل تکنیک تاپسیس فازی به‌صورت زیر می‌باشد:

گام اول : در ابتدا ماتریس تصمیم D (که ماتریسی m×n است) با داده‌های فازی ایجاد می‌شود. ستون‌های این ماتریس شامل نظرات کارشناسان خبرگان بوده که برابر n ستون است. گزینه‌های ماتریس تصمیم شامل تمامی نهاده‌ها وستاده‌ها است که شامل m سطر می‌باشد. داده‌های جدول

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

تاپسیس فازی با انتخاب عبارات کلامی مناسب برای سنجش گزینه ها با توجه به معیارها تعیین می‌گردد (جدول۲).

جدول۲. عبارات کلامی و اعداد فازی متناظر با آن برای رتبه بندی گزینه

عبارت کلامی	عدد فازی متناظر
خیلی ضعیف	(۰، ۰، ۲۰)
ضعیف	(۰، ۲۰، ۴۰)
متوسط	(۳۰، ۵۰، ۷۰)
خوب	(۶۰، ۸۰، ۱۰۰)
خیلی خوب	(۸۰، ۱۰۰، ۱۰۰)

حال اگر عدد فازی به صورت مثلثی باشد، روابط زیر برقرار است:

$$\tilde{w}_j = (\alpha_j, \beta_j, \chi_j) \quad و \quad W = (\tilde{w}_1, ..., \tilde{w}_j, ..., \tilde{w}_r) \quad و \quad \tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \qquad (۱۳)$$

گام دوم: در این مرحله نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم است . به این منظور باید مقدارِ حداکثرِ هر ستون x_j^* و مقدارِ حداقلِ هر ستون x_j^- را مشخص و با استفاده از روابط ذیل، مقادیر r_{ij} را که مقدار بی‌مقیاس شده x_{ij} می‌باشند، محاسبه نمود. زمانی که x_{ij}ها به‌صورت فازی هستند. عدد مثلثی $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$، r_{ij} ها نیز فازی خواهند بود. حال اگر $\breve{x}^*_j = (a^*_j, b^*_j, c^*_j)$ و $\breve{x}^-_j = (a^-_j, b^-_j, c^-_j)$ به‌ترتیب بیشترین و کم‌ترین امتیازها باشند، روابط ۱۴ و ۱۵ برقرار است.

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{x}_{ij}(/)\breve{x}^*_j = (\frac{a_{ij}}{c^*_j}, \frac{b_{ij}}{c^*_j}, \frac{c_{ij}}{c^*_j}) \qquad (۱۴)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \breve{x}^-_j(/)\tilde{x}_{ij} = (\frac{a^-_j}{c_{ij}}, \frac{a^-_j}{b_{ij}}, \frac{a^-_j}{a_{ij}}) \qquad (۱۵)$$

گام سوم: محاسبه ماتریس نرمالایز شده موزون است. در این مرحله باید برای شاخص‌های جدول تاپسیس فازی، وزن در نظر گرفت. به این منظور از خبرگان خواسته شد تا با توجه به جدول ۳ عبارت کلامی مناسب را برای اهمیت معیارها انتخاب نمایند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جدول ۳. عبارات کلامی و اعداد فازی متناظر با آن برای تعیین ضرایب اهمیت هر معیار

متغیرهای کلامی	عدد فازی متناظر
خیلی کم	(۰ ، ۰ ، ۰/۲)
کم	(۰ ، ۰/۲ ، ۰/۴)
متوسط	(۰/۳ ، ۰/۵ ، ۰/۷)
زیاد	(۰/۶ ، ۰/۸ ، ۱)
خیلی زیاد	(۰/۸ ، ۱ ، ۱) **(0.8, 1, 1)**

عناصر ماتریس نرمالایز شده موزون ($\tilde{\mathbf{V}}_{\mathbf{ij}}$) برای اعداد فازی مثلثی با استفاده از رابطه ۱۶ قابل محاسبه است:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}.\tilde{w}_j = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right).(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}.w_{j1}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}.w_{j2}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}.w_{j3}\right)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}.\tilde{w}_j = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right).(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \qquad (۱۶)$$

$$= \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}.w_{j1}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}.w_{j2}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}.w_{j3}\right)$$

گام چهارم: یافتن حل ایده‌آل فازی[۱] (A^*,FPIS) و حل ضد ایده‌آل فازی[۲] (A^-,FNIS)، حل ایده‌آل فازی و حل ضدایده‌آل فازی به‌ترتیب به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$A^* = \{\breve{v}_1^*, \breve{v}_2^*, \dots, \breve{v}_n^*\}$$

$$A^- = \{\breve{v}_1^-, \breve{v}_2^-, \dots, \breve{v}_n^-\}$$

که $\breve{v}_i^*$ بهترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها و $\breve{v}_i^-$ بدترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد. این مقادیر از روابط ۱۷و۱۸ به‌دست می‌آید. گزینه‌هایی که در A^* و A^- قرار میگیرند نشان‌دهنده گزینه‌های کاملا بهتر و کاملا بدتر هستند.

$$\breve{v}_j^* = Max\{\breve{v}_{ij3}\} \quad i=1,2,\dots,m \quad , \quad j=1,2,\dots,n \qquad (۱۷)$$

8. Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS)
9. Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

$$\breve{v}_j^- = Min\{\breve{v}_{ij1}\} \quad i=1,2,\ldots,m \quad , \quad j=1,2,\ldots,n \qquad (۱۸)$$

گام پنجم: محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی، فاصله هر گزینه از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی از روابط ۱۹ و ۲۰ قابل محاسبه است. لازم به‌ذکر است که $d(\tilde{v}_{ij}, \breve{v}_j^*)$ و $d(\tilde{v}_{ij}, \breve{v}_j^-)$ اعداد قطعی هستند.

$$S_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \breve{v}_j^*) \quad , i=1,2,\ldots,m \qquad (۱۹)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \breve{v}_j^-) \quad , i=1,2,\ldots,m \qquad (۲۰)$$

در این رابطه d بیانگر فاصله بین دو عدد فازی است. اگر (a_1, b_1, c_1) و (a_2, b_2, c_2) دو عدد فازی مثلثی باشد، فاصله دو عدد برابر است با:

$$d_v(\breve{M}_1, \breve{M}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \qquad (۲۱)$$

محاسبه شاخص شباهت به گزینه ایده آل از رابطه ۲۲ به دست می‌آید.

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad i=1,2,\ldots,m \qquad (۲۲)$$

گام ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها، در این مرحله با توجه به میزان شاخص شباهت، گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند به‌طوری‌که گزینه‌های با شاخص شباهت بیشتردر اولویت قرار دارند.

٤. توصیف داده ها

تحلیل اهمیت معیارها و زیرمعیارها در امکانسنجی نیروگاه خورشیدی: معیار اقلیم با وزن ۰/۹۸۳، معیار اقتصادی- اجتماعی با وزن ۰/۲۹۲، معیار زیست محیطی با وزن ۰/۰۶۴ درصد، معیار زمین‌شناسی با وزن ۰/۰۱۹ و معیارجغرافیا با وزن ۰/۰۰۷ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درجه اهمیت می‌باشد.

در مقایسه زیرمعیارهای معیار اقلیم: در این تحقیق عناصر اقلیمی ، در مقایسه با معیارهای دیگر اهمیت بالاتری بوده و در نتیجه وزن بیشتری را به خود اختصاص داده است. در این خصوص پارامترهای اقلیمی دما، باد، ساعات آفتابی، جهت تابش، شدت تابش، زاویه تابش وآلودگی سطحی از زیر معیارهای اقلیمی بوده که

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

برای امکان سنجی احداث نیروگاه فتوولتائیک انتخاب شده است. دما مهمترین عامل در بین زیرمعیارهای اقلیم می باشد. هر چه دمای محیط بالاتر باشد کارایی نیروگاه پایین می آید و تاثیر بر روی میزان توان انرژی تولیدی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار دما وزن ۰/۶۷۴ را به خود اختصاص داده است. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار ساعات آفتابی وزن ۰/۵۳۰ را به خود اختصاص داده است. هر چه شدت تابش بیشتر شود انرژی الکتریکی بیشتری نیز تولید می شود و تاثیر بر روی میزان توان انرژی تولیدی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار شدت تابش وزن ۰/۴۰۲ را به خود اختصاص داده است. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار جهت تابش وزن ۰/۳۴۵ را به خود اختصاص داده است. هر چه زاویه تابش مستقیم تر باشد بازدهی سیستم بالاتر خواهد بود و تاثیر بر روی میزان توان انرژی تولیدی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار زاویه تابش وزن ۰/۱۷۱ را به خود اختصاص داده است. هر چه گرد و غبار و آلودگی سطحی بیشتر شود کارایی کم می‌شود و تاثیر بر روی میزان توان انرژی تولیدی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار آلودگی سطحی وزن ۰/۱۱۶ را به خود اختصاص داده است. همچنین با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار باد وزن ۰/۰۶۷ را به خود اختصاص داده است.

در مقایسه زیرمعیارهای اقتصادی– اجتماعی: یکی از معیارهای مورد بررسی پتانسیل سنجی و امکان سنجی نیروگاه های خورشیدی، معیار اقتصادی-اجتماعی هستند. این معیارها شامل زیر معیار های حداقل فاصله از راه های ارتباطی، فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو، حداقل فاصله از شهرها و روستاها است. هرچقدر به راه های دسترسی نزدیکتر باشد جهت تجهیز و نگهداری نیروگاه هزینه کمتری صرف می شود و تاثیرات اقتصادی و زیست محیطی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار فاصله از راه ها وزن ۰/۱۲۵ را به خود اختصاص داده است. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو وزن ۰/۱ را به خود اختصاص داده است. اهمیت فاصله از شهر جهت تامین برق و نیروی انسانی است و تاثیرات اقتصادی و زیست محیطی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار فاصله از شهر وزن ۰/۰۸۹ را به خود اختصاص داده است. اهمیت فاصله از روستا همچنین جهت تامین برق و نیروی انسانی است و تاثیرات اقتصادی و زیست محیطی دارد. با

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار فاصله از روستا وزن ۰/۰۷۸ را به خود اختصاص داده است.

در مقایسه زیرمعیارهای زیست محیطی: معیار های زیست محیطی یکی از عوامل مهم در امکان سنجی نیروگاه فتوولتائیک به شمار می آیند. توجه به این مقوله یکی ازاهداف پژوهشی در ایران وجهان است. معیار های زیست محیطی شامل: زیر معیار های فاصله از مناطق حفاظت شده،کاربری اراضی و فاصله از رودخانه ها می باشد. کاهش خسارات زیست محیطی ناشی از احداث و بهره برداری نیروگاه با درنظر گرفتن این گروه از زیرمعیارها بوجود می آید و تاثیرات اقتصادی، زیست محیطی در بر خواهد داشت. زیر معیار کاربری اراضی، فاصله از رودخانه ها و فاصله از مناطق حفاظت شده به ترتیب با وزن ۰/۰۳۷، ۰/۰۲۳ و ۰/۰۰۴ دارای بیشترین و کمترین امتیاز از بین زیرمعیارهای زیست محیطی می‌باشند.

در مقایسه زیرمعیارهای زمین شناسی: بررسی معیار های زمین شناسی جهت احداث نیروگاه برق فتوولتائیک ازنظر اقتصادی اهمیت ویژه ای برخوردار است. زیر معیار های زمین شناسی عبارتند از :فاصله از کانون های زلزله (لرزه خیزی)، فاصله از گسل ها و سازند زمین شناسی که برای تعیین مکان مناسب جهت احداث نیروگاه مورد توجه قرارمی گیرد. زیرمعیارهای فاصله از گسل و فاصله از کانون زلزله به دلیل تامین امنیت سازه های نیروگاهی و تاثیر اقتصادی به ترتیب دارای وزن های ۰/۰۱۲ ، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۰۲ می باشند.

در مقایسه زیرمعیارهای ژئومتری: یکی از عوامل اصلی که باید در امکان سنجی احداث نیروگاه برقی فتوولتائیک مورد توجه قرار گیرد، معیارهای جغرافیایی می باشد. زیر معیارهای ژئومتری مورد بررسی، ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی است. هر چه ارتفاع بیشتر باشد کارایی بالاتر می رود و تاثیر بر میزان توان انرژی تولیدی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار ارتفاع وزن ۰/۰۰۵ را به خود اختصاص داده است. طول و عرض جغرافیایی هر چه به خط استوا نزدیک تر باشد کارایی بیشتر می شود و تاثیر بر میزان توان انرژی تولیدی دارد. با توجه به شرایط محیط و منطقه مورد مطالعه و نظرات خبرگان زیر معیار طول و عرض جغرافیایی وزن ۰/۰۰۲ را به خود اختصاص داده است.

در مجموع زیرمعیارهای دما، ساعات آفتابی، شدت تابش، جهت تابش، زاویه تابش، فاصله از راه ها، فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو، آلودگی سطحی، فاصله از شهر، فاصله از روستا، باد، کاربری اراضی، فاصله

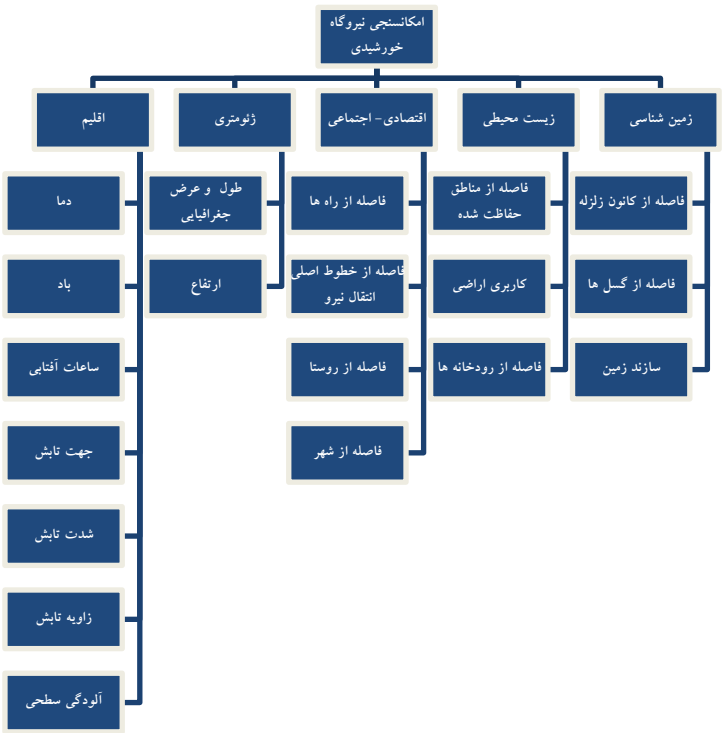
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

از رودخانه ها، فاصله از گسل، فاصله از کانون زلزله، ارتفاع، فاصله از مناطق حفاظت شده و طـول و عـرض جغرافیایی و سازند زمین شناسی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین اهمیت می‌باشند.

۵. نتایج اجرای مدل

نتایج ارزیابی به روش AHP فازی: در این پژوهش جهت تعیین و تعریف معیارها با استفاده از تکنیک دلفی و تکمیل پرسشنامه این روش نسبت به نظرسنجی و شناسایی معیارهـای مکـانی موردنیـاز در ارزیـابی امکانسنجی نیروگاه خورشیدی پرداخته شد. کلیـه معیـارها در ۵ بخـش زمـین شناسـی، زیسـت محیطـی، اقتصادی- اجتماعی، ژئومتری و اقلیم به‌عنوان محیط‌های اصلی تعیین امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شـهر اهواز انتخاب شدند. در معیار زمین شناسی، فاصله از کانون زلزله، فاصله از گسل ها و سازند زمین شناسـی از زیرمعیارهای این معیار شناسایی شدند. در معیار زیست محیطی، فاصـله از منـاطق حفاظـت شـده، کـاربری اراضی و فاصله از رودخانه ها از زیرمعیارهای این محیط شناسایی شدند. در معیار اقتصادی- اجتماعی، فاصله از راه ها، فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو، فاصله از شـهر و فاصـله از روسـتا از زیرمعیارهـای ایـن محـیط شناسایی شدند. در معیار ژئومتری، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از زیرمعیارهـای ایـن محـیط شناسـایی شدند. در معیار اقلیم، دما، باد، ساعات آفتابی، جهت تابش، شدت تابش، زاویـه تـابش و آلـودگی سـطحی از زیرمعیارهای این محیط شناسـایی شـدند. در شـکل ۲ نمـودار سـاختار سلسـله مراتبـی و عوامـل مـوثر در امکانسنجی نیروگاه خورشیدی آورده شده است. ماحصل این مقایسات تعیین اوزان نهایی معیارهـای اصـلی جهت به‌کارگیری در سایر مراحل فرآیند می‌باشند (جدول ۵).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



شکل ۲. ساختار سلسله مراتبی امکانسنجی نیروگاه خورشیدی

جدول۴. ماتریس تلفیق شده مقایسات زوجی شاخص‌های امکانسنجی نیروگاه خورشیدی

امکانسنجی نیروگاه خورشیدی	زیست محیطی	اقتصادی- اجتماعی	اقلیم	ژئومتری	زمین شناسی
زیست محیطی	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)	(۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶۷)	(۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶۷)	(۱ ،۱ ،۵ ،۲)
اقتصادی- اجتماعی	(۱،۱،۱،۱)	(۱،۱،۱،۱)	(۰/۴ ،۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶۷)	(۰/۴ ،۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶۷)	(۱ ،۱ ،۱ ،۵ ،۲)
اقلیم	(۱، ۵،۲،۲،۲،۲،۵)	(۱، ۵،۲،۲،۲،۲،۵)	(۱،۱،۱،۱،۱)	(۱/۵ ،۲،۲،۲،۱ ،۲/۵)	(۱ ،۱ ،۲ ،۲ ،۱ ،۵ ،۲)
ژئومتری	(۱/۵ ،۲ ،۲ ،۵)	(۱/۵ ،۲ ،۲ ،۵)	(۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶۷)	(۱،۱،۱)	(۱ ،۵ ،۲ ،۲ ،۵)
زمین شناسی	(۰/۵، ۰/۶۶۷ ،۱ ،۰/۵)	(۰/۵، ۰/۶۶۷ ،۱ ،۰/۵)	(۰/۵ ،۰/۶۶۷ ،۱ ،۰/۵)	(۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶۷ ،۰/۵)	(۱،۱،۱،۱)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جدول ۵. وزن‌های محلی، کلی و رتبه عوامل موثر در تعیین کاربری امکانسنجی نیروگاه خورشیدی

معیار اصلی	زیر معیار	امکان‌سنجی نیروگاه خورشیدی		
		وزن معیار اصلی	وزن محلی زیر معیار	وزن کلی زیر معیار
زیست محیطی	فاصله از مناطق حفاظت شده	۰/۰۶۴	۰/۰۴۷	۰/۰۰۴
	کاربری اراضی		۰/۲۸۸	۰/۰۳۷
	فاصله از رودخانه ها		۰/۱۴۵	۰/۰۲۳
اقتصادی- اجتماعی	فاصله از راه ها	۰/۲۹۲	۰/۵۸۴	۰/۱۲۵
	فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو		۰/۳۹۵	۰/۱۰۰
	فاصله از روستا		۰/۲۸۹	۰/۰۷۸
	فاصله از شهر		۰/۳۱۶	۰/۰۸۹
اقلیم	دما	۰/۹۸۳	۰/۶۶۴	۰/۶۷۴
	باد		۰/۰۸۶	۰/۰۶۷
	ساعات آفتابی		۰/۶۳۶	۰/۵۳۰
	جهت تابش		۰/۳۸۹	۰/۳۴۵
	شدت تابش		۰/۴۱۳	۰/۴۰۲
	زاویه تابش		۰/۲۱۶	۰/۱۷۱
	آلودگی سطحی		۰/۱۵۶	۰/۱۱۶
ژئومتری	طول و عرض جغرافیایی	۰/۰۰۷	۰/۰۳۴	۰/۰۰۲
	ارتفاع		۰/۰۸۴	۰/۰۰۵
زمین شناسی	فاصله از کانون زلزله	۰/۰۱۹	۰/۰۵۲	۰/۰۰۷
	سازند زمین شناسی		۰/۰۳۴	۰/۰۰۲
	فاصله از گسل		۰/۱۱۵	۰/۰۱۲

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج ارزیابی به روش TOPSIS فازی: در این پژوهش با استفاده از پرسشنامه TOPSIS ، ۵ معیار با ۱۴ زیرمعیار ذکر شده جهت امکانسنجی نیروگاه خورشیدی مقایسه و به هر بخش در مقابل هر فاکتور عددی تعلق گرفت. تعداد ۴۵ عدد پرسشنامه بین اعضای دلفی توزیع گشت و نتایج به صورت زیر ایجاد شد. در جدول ۷، +D، -D و CL آورده شده است. بنابراین با توجه به مقادیر CLها، می‌توان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

رتبه‌بندی گزینه‌ها را به صورت جغرافیایی< زمین شناسی < زیست محیطی< اقتصادی- اجتماعی < اقلیم می‌باشد.

جدول ۶. ماتریس رتبه‌بندی با استفاده از روش TOPSIS در امکانسجی نیروگاه خورشیدی

گزینه	CL	D-	D+	رتبه‌بندی
زیست محیطی	۱/۱۲۰	۰/۱۱۱	۰/۱۱۲	۳
اقتصادی- اجتماعی	۱/۳۰۰	۰/۰۸۹	۰/۱۰۶	۲
اقلیم	۱/۴۸۳	۰/۰۸۴	۰/۱۱۶	۱
ژئومتری	۱/۰۲۸	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۵
زمین شناسی	۱/۰۸۸	۰/۱۰۶	۰/۰۹۰	۴

در تکنیک TOPSIS نیز نتایج به این صورت بود که معیار اقلیم با امتیاز ۱/۴۸۳ بیشترین امتیاز و بعد از آن به ترتیب معیار اقتصادی- اجتماعی با امتیاز ۱/۳۰۰، معیار زیست محیطی با امتیاز ۱/۱۲۰، معیار زمین شناسی با امتیاز ۱/۰۸۸ و معیار جغرافیایی با امتیاز ۱/۰۲۸ رتبه‌های بعدی را بدست آوردند. این بدین معناست که اقلیم نقش بیشتری در امکانسنجی نیروگاه خورشیدی نسبت به سایر بخش‌ها دارد. درنهایت نتیجه‌گیری می‌شود که نتایج حاصل از دو روش مورد استفاده با یکدیگر مطابقت دارد که نشان‌دهنده صحت و دقت هر کدام از روش‌های یاد شده می‌باشد.

٦. نتیجه گیری و پیشنهادات

نیروگاه های خورشیدی، با مزایای بسیاری که در مقایسه با نیروگاه های فسیلی و اتمی دارند، در آینده می توانند به ویژه درسازگاری با محیط زیست، مشکل برق را به ویژه درهنگام به اتمام رسیدن ذخائر نفت وگاز حل کنند. یکی از مزایای این نیروگاه ها این است که برخلاف نیروگاه های فسیلی که قیمت برق تولیدی آن ها تابع قیمت نفت بوده و همیشه درحال تغییر و نوسان است، نیروگاه های خورشیدی نیاز به سوخت ندارند و این نوسان در آن ها وجود نداشته و می توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگاه داشت. سایر مزایای این نیروگاه ها شامل: عدم احتیاج به آب زیاد، عدم آلودگی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

محیط زیست، امکان تأمین شبکه های کوچک و ناحیه ای، استهلاک کم و عمر زیـاد و عـدم نیـاز بـه حضورافراد متخصص می باشد.

در این تحقیق، معیارهاجهت احداث نیروگاه های فتوولتائیک در سطح شهرستان شناسایی شـدند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشانگر اولویت داشتن شرایط اقلیمی به خصوص دما برای احداث این نوع نیروگاه ها می باشد. میزان دقت اطلاعات تا حـد زیـادی تحـت تـأثیر دقـت اطلاعـات پایـه‌ای و معیارهای انتخابی است که در مراحل مختلف تحقیق مورد استفاده قرار می گیرند. بـا تحقیقـات انجـام شده قابلیت تعمیم اطلاعات، ساخت مدل های جدید و آزمون روش های مختلف را دارا می باشند و بـر اساس معیارهای مورد نظرAHP و TOPSIS فازی با استفاده از مدل بخش های مختلف منطقه از نظر قابلیت استقرار نیروگاه های فتوولتائیک اولویت بندی شدند. این موضوع به برنامه ریزان کمـک زیـادی می کند تا بتوانند بر اساس داده های مکانی بهترتصمیم گیری نمایند. مسلم است هر چه از معیارهـای بیشتر و دقیق تری استفاده شود، نتیجه بهتری را می توان انتظار داشت . به رغم انتقاداتی کـه بـر ایـن روش وارد می شود، این روش دارای مزایای بسیاری جهت امکان سنجی جهت استقرارتأسیسات انسانی، انواع فعالیت ها و ارزیابی های زیست محیطی است و به خوبی از طریق آن می توان مناطق مناسـب و نامناسب را جهت استقرارانواع فعالیت ها که دارای بعد مکانی و فضایی هستند و همچنـین مکـان‌یـابی تسهیلات در فضای پیوسته به کار برد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، گسـترش معیارهـا و اسـتفاده در تحقیقات بعدی مورد توجه قرار گیرد.

در مقایسه با سایر پژوهش ها همانطور که ساکی پور و همکـاران (۱۳۹۰) در سـناریو جـایگزینی آبگرمکن های خورشیدی بـا آبگـرمکن هـای گـازی و عباسـپور و همکـاران (۱۳۹۰) درارزیـابی فنـی، اقتصادی و زیست محیطی نیروگاه های خورشیدی و لاجوردی (۱۳۹۶) در کاربرد انرژی پاک در تولیـد برق توسط نیروگاههای خورشیدی، بیان کردند استفاده از انرژی خورشیدی باعث صرفه جـویی در گـاز طبیعی شده و درآمد ملی کشور افزوده می شود و علاوه بر آن از انتشار co_2 جلوگیری می شود. اکبری (۱۳۹۳) در پژوهش خود عامل اقلیم را تاثیرگذارترین عامل جهت مکانیابی نیروگاه خورشیدی می دانـد که در این تحقیق نیز این نتیجه حاصل شـد. همچنـین عامـل محـیط زیسـت وزن کمـی دارد کـه در پژوهش حاضر وزن بالایی را به خـود اختصـاص داده و متفـاوت بـا نتـایج مشـاهدات اکبـری (۱۳۹۳) می‌باشد. ذبیحی لهارمی و همکاران (۱۳۹۴) استفاده از منطق فازی را باعث کـاهش خطـا و تلفـات در

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

نیروگاه خورشیدی می داند که در تحقیق حاضر نیز با کمکAHP و TOPSIS فازی نتایج دقیق تـری بدست آمد.

کاربرد انرژی های جایگزین در کشورهای آفتاب خیز منطقه مانند ایران می تواند در بلند مدت بـه راهکارهای حفاظت از محیط زیست بیانجامد .سیاست گذاری در زمینهٔ حمایت از گسترش بهره برداری از صورت های در دسترس انرژی تجدیدپذیر با محوریـت زیسـت بـوم و زیرسـاخت هـای کشـورهای خاورمیانه، گزینه ای است که باید به شکل مؤثری بر آن تکیه و تأکید گـردد و راهکارهـای لازم بـرای گسترش آن در منطقه خاورمیانه پشتیبانی گردد. در این رهگذر ایران نیز بعنوان عضوی از جامعه جهانی و نیز عضو معاهدات گوناگون زیست محیطی (از جمله کنوانسیون ساختاری سازمان ملل متحد در زمینه تغییرات اقلیمی) وظیفه تدوین و اجرای برنامـه هـای اسـتفاده بهینـه از منـابع انـرژی و نیـز جـایگزینی انرژی‌های آلاینده محیط زیست با انرژی های منطبق با محیط زیست را برعهده دارد.

منابع

[۱] اکبری، علیرضا (۱۳۹۳)، مکـان یـابی بهینـه نیروگـاه هـای خورشـیدی(فتوولتائیـک) و توسـعه تکنولوژی انرژی های تجدید پذیر در ایران، دومین همایش ملی رویکردی بر حسابداری، مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فومن و شفت، صص ۲۵-۱.

[۲] جوکار، سعید (۱۳۹۰)، بررسی الگوهای مراکز خرید و مجتمع های تجاری در شهر اهواز، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز.

[۳] ذبیحی لهارمی ، محمد؛ رحمانی ، زهرا و بهروز رضایی (۱۳۹۴)، کنترل نیروگاههای خورشیدی سهموی خطی با کنترل کننده مدل پیشبین، نشریه انرژی ایران ، دوره۱۸، شماره۲، صص۱۲۲-۱۰۵.

[۴] ساکی پور، مریم؛ کعبی نژادیان، عبـدالرزاق؛ سـخاوتجو، محمدصـادق و سـید علـی اکبـر جعفـری موسوی (۱۳۹۰)، امکان استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انتشار گازهـای گلخانـه ای در اهـواز، فصلنامه علمی – پژوهشی علوم بهداشتی، سال سوم، شمارهٔ ۴، صص۱-۱۱.

[۵] عباسپور، مجید؛ حاجی سید میرزا حسینی، سـید علیرضـا و ترانـه طـاهری (۱۳۹۰)، ارزیـابی فنـی، اقتصادی و زیست محیطی نیروگاه های خورشیدی به وسیله نرم افزار RETScreen بـا توجـه بـه قانون هدفمندسازی یارانه ها (مطالعه موردی: نیروگاه خورشیدی واحد علـوم و تحقیقـات، دانشـگاه آزاد اسلامی)، انسان و محیط زیست، شماره هیجدهم، صص ۱۶-۹.

[۶] لاجوردی، معصومه (۱۳۹۶)، نیروگاههای خورشیدی، کاربرد انـرژی پـاک در تولیـد بـرق، ماهنامـه صنعت برق.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

[7] Asafou-Ajaee, J. (2002), *Environmental economy for non economists*, Mc GRAWHILL, p 127.
[8] Camacho, E.F., Rubio, F.R., Berenguel, M. and Valenzuela, L.(2007), A survey on control schemes for distributed solar collector fields. Part I: Modeling and basic control approaches.Sol. Energy 81, 1240–1251.
[9] Chen, M.K. and Wang, S.C. (2010), The use of a hybrid fuzzy-Delphi-AHP approach to develop global business intelligence for information service firms. Expert Systems with Applications, 37(11): p. 7394-7407.
[10] Erensal, Y.C., Öncan, T. and Demircan, M.L. (2006), Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process: a case study of Turkey, Information Sciences, 2006. 176(18): p. 2755-277
[11] Kahraman, C.(2008), *Fuzzy multi-criteria decision making*, theory and applications with recent developments, Vol. 16.
[12] Kurttila, M. (2000), Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis a hybrid method and its application to a forest-certification, Forest Policy and Economics, 1(1): p. 41-52.
[13] Saaty T.L. (1980), *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill. New York .
[14] Vaidya O.S. and S. Kumar (2006), *Analytic hierarchy process: An overview of applications*, European Journal of operational research, 169(1): p. 1-29.
[15] Wettermark G. (1988), *Performance of the SSPS solar power plants at Almería*, J. Sol. Energy Eng. 110, 235–246.

پیوست ۱

پاسخگوی گرامی
با سلام و احترام

ضمن تشکر و قدردانی از مشارکت شما در این تحقیق بدین وسیله پرسشنامه با هدف امکانسنجی نیروگاه خورشیدی در شهر اهواز تقدیم می گردد. اطلاعات گردآوری شده برای مقاصد پژوهش استفاده و محرمانه تلقی خواهد شد. براین اساس از جنابعالی تقاضا می شود با اختصاص بخشی از وقت گرانبهای خود و پاسخ به پرسش های پرسشنامه در انجام این پژوهش همکاری فرمایید.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

مشخصات:

نام و نام خانوادگی (در صورت تمایل):.....

جنسیت:.....

تحصیلات:.....

رشته تحصیلی:.....

جدول۷. نمونه پرسشنامه ارائه شده جهت امکان‌سنجی نیروگاه خورشیدی

معیار اصلی	زیر معیار	شاخص امکانسنجی نیروگاه خورشیدی				
		تاثیر بسیار زیاد	تاثیر زیاد	تاثیر متوسط	تاثیر کم	تاثیر بسیار کم
زیست محیطی	فاصله از مناطق حفاظت شده					
	کاربری اراضی					
	فاصله از رودخانه ها					
اقتصادی- اجتماعی	فاصله از راه ها					
	فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو					
	فاصله از روستا					
	فاصله از شهر					
اقلیم	دما					
	باد					
	ساعات آفتابی					
	جهت تابش					
	شدت تابش					
	زاویه تابش					
	آلودگی سطحی					
ژئومتری	طول و عرض جغرافیایی					
	ارتفاع					
زمین شناسی	فاصله از کانون زلزله					
	سازند زمین شناسی					
	فاصله از گسل					

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]