

واکاوی و پهنه‌بندی توان‌های اقلیمی استان خوزستان به منظور استفاده از انرژی خورشیدی

فرامرز خوش‌اخلاق^{۱*}، اصغر مولایی‌پارده^۲، محمدمهدی آبادی جو^۳

۱- استادیار آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دوره دکتری اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی

۳- دانشجوی دوره دکتری اقلیم‌شناسی دیرینه، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

(دریافت: ۹۴/۱۰/۰۵، پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۶)

چکیده

یکی از مهمترین چالش‌ها در دهه‌های اخیر مسئله انرژی و منابع تأمین پایدار آن بوده است. در حال حاضر اکثر قریب به اتفاق جهانیان پذیرفته‌اند تا پایان سده کنونی بیشتر منابع فسیلی به پایان خواهد رسید. با این توضیح بهترین گزینه انرژی‌های نو و پاک بویژه انرژی باد و خورشید خواهد بود. از سوی دیگر باید پذیرفت که مناطق مختلف جهان قابلیت تولید و استفاده متفاوتی از انرژی خورشیدی را دارند، از این رو لازم است این قابلیت‌های تولید انرژی خورشیدی مورد شناسایی قرار گیرد. در تحقیق حاضر جهت رتبه‌بندی شهرستان‌های استان خوزستان از نظر توان‌مندی اقلیمی در تولید برق خورشیدی از میانگین داده‌های (ابرناکی، نم نسبی، ساعات آفتابی، گرد و غبار و همچنین ارتفاع و عرض جغرافیایی) ۱۳ ایستگاه استان خوزستان در دوره زمانی ۱۹۹۱-۲۰۰۵ استفاده شد و در ادامه با استفاده از روش Topsis کار رتبه‌بندی مناطق انجام گرفت و نهایتاً نقشه پهنه‌بندی استان از نظر توان‌مندی‌های تولید برق خورشیدی با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شد. بر اساس نتایج به دست آمده از واکاوی داده‌های محیطی و اقلیمی، مناطق شرقی استان خوزستان بهترین موقعیت برای ایجاد مزارع خورشیدی را دارا هستند. بر این اساس ایستگاه ایده مناسب‌ترین و ایستگاه امیدیه نامطلوب‌ترین مکان برای ایجاد نیروگاه‌های خورشیدی است.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی اقلیمی، انرژی خورشیدی، روش Topsis، خوزستان.

مقدمه

همکاران، (۱۳۹۱). قرارگیری ایران در منطقه جنب‌حاره با اقلیم خشک و نیمه‌خشک همراه با ساعات آفتابی زیاد و رطوبت کم و شیب‌های رو به جنوب خصوصاً در منطقه خوزستان امکانات محیطی مناسبی جهت دریافت و بهره‌گیری از این منبع عظیم انرژی خورشیدی فراهم کرده است تا بتوان از آن به عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی استفاده کرد. در پژوهش حاضر از داده‌های ۱۵ ساله ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان با استفاده از روش Topsis برای رتبه‌بندی و پهنه‌بندی استان از نظر پتانسیل تولید برق خورشیدی استفاده شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته در مناطق مختلف جهان مدل TOPSIS بهترین مدل برای ارزش‌دهی به داده‌های مختلف از جمله داده‌های جوی است تا به آسانی بتوان آن‌ها را با هم مقایسه و ارزیابی کرد.

صمیمی (۱۳۷۳) با استفاده از یک مدل متوسط ماهانه تابش خورشیدی کل دریافتی در بیش از ۲۰ شهر ایران را محاسبه

فراگیر شدن انقلاب صنعتی و استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی مسائل و مشکلاتی را برای زندگی بشر ایجاد کرده است. برهم خوردن تعادل بین ذخایر سوخت‌های فسیلی و مصرف سوخت که بطور مشخص از سال ۱۹۷۰ رخ داد و منجر به مطرح شدن بحران جهانی انرژی شده است (ثقفی، ۱۳۸۲). افزایش گازهای گلخانه‌ای و تخریب جنگل‌ها و مراتع خصوصاً در مناطق پر باران حاره و افزایش گاز دی‌اکسید کربن از ۲۷۵ به ۳۷۵ واحد در میلیون که گرمایش جهانی را در پی داشته از یک طرف و وابستگی شدید به منابع انرژی که عامل اصلی رشد و توسعه اقتصادی است از سوی دیگر که جزء با توسعه سامانه‌های انرژی‌های کم‌هزینه و مطمئن و سازگار با محیط، ممکن نخواهد بود، ضرورت شناسایی توان‌های مناطق مختلف در استفاده از انرژی‌های پاک را در اولویت قرار داده که یکی از این منابع سازگار با محیط، انرژی خورشیدی است (حسینی و

جزیره عربستان مورد سنجش و ارزیابی قرار دادند. ردی و رانجان^۳ (۲۰۰۳) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی تابش کل خورشید را با استفاده از داده‌های جوی دما، بارش، سرعت باد و نم نسبی و نیز طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا تخمین زده‌اند. تیمویوز^۴ و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی تابش خورشید را با روش انگستروم برآورد کردند. یانگ^۵ و همکاران (۲۰۰۶) مدلی جهانی برای برآورد میزان تابش ساعتی و روزانه ارائه دادند که در این مدل علاوه بر تابش خورشید میزان فشار، توزیع جهانی ضخامت لایه اوزن، بارش و توزیع جهانی ضریب تیرگی انگستروم را نیز در نظر گرفته‌اند.

منطقه پژوهش

استان خوزستان با وسعت ۶۴۰۰۰ کیلومتر مربع حدود ۴ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده و از اینرو وسیع‌ترین استان در نیمه غربی کشور است. این استان در محدوده عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۳۳ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ تا ۵۰ درجه شرقی قرار گرفته است و از جنوب با خلیج فارس و غرب با کشور عراق و استان بوشهر در جنوب شرق و استان‌های کهگیلویه و بویر احمد و چهارمحال بختیاری در شرق و همچنین با لرستان و ایلام در شمال و شمال غرب دارای مرز مشترک است (شکل ۱).

کرد. کاویانی (۱۳۸۱) در مقاله‌ای با عنوان "تنگناهای انرژی و ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران"، با تأکید بر نیاز رو به رشد مصرف انرژی در سال‌های آینده به اهمیت انرژی خورشیدی برای تأمین بخش مهمی از کسری انرژی کشور اشاره کرده و با استفاده از آمار ساعات آفتابی و میزان ابرناکی ۸۵ ایستگاه همدید طی دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶ و کاربرد روش انگستروم به ارزیابی شدت تابش خورشیدی پرداخته و ایران را از بابت شار تابش پهنه‌بندی کرده است. خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۵) در مقاله‌ای تحت عنوان "مکانیابی نیروگاه - خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی"، ایستگاه‌های اصفهان، کرمان و زاهدان را از نظر ویژگی‌های فراسنج‌های اقلیمی جهت استقرار نیروگاه‌های خورشیدی با ایستگاه یزد (بعنوان بهترین ایستگاه) مقایسه و شبیه‌ترین ایستگاه به یزد را جهت ایجاد نیروگاه خورشیدی، ایستگاه اصفهان معرفی کردند. کامیار و میرلطیفی (۱۳۸۸) جهت تخمین میزان کل تابش ورودی روزانه در ایستگاه‌هایی که فاقد آمار ثبت شده بودند، از داده‌های ایستگاه‌های مشابه و با روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. جوادی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان "برآورد پتانسیل تابش خورشید در ایستگاه یزد"، فراسنج‌های دما، بارش، ساعات آفتابی و تابش ورودی را با استفاده از روش‌های مختلف واکاوی و تفسیر کردند. بایگی و اشرف (۱۳۹۰) به منظور شناسایی مکان‌های که پتانسیل دریافت انرژی تابشی بالایی دارند، آمار تابش ۱۲۰ ایستگاه را مورد واکاوی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که ساعات آفتابی ۸۰ درصد از دریافت انرژی تابشی را توجیه می‌کند و بیشترین همبستگی را با آن دارد. طغرل و اونات^۱ (۱۹۹۹) با استفاده از شش فراسنج، دمای هوا، تابش خورشیدی، ساعات آفتابی، فشار هوا، میزان ابرناکی و دمای خاک یک مدل وایازی خطی چند متغیره برای تخمین میزان تابش منطقه الازیگ ترکیه ارائه کردند. اکساکال^۲ و رحمان (۱۹۹۹) میزان تابش خورشید را در شمال شرق شبه

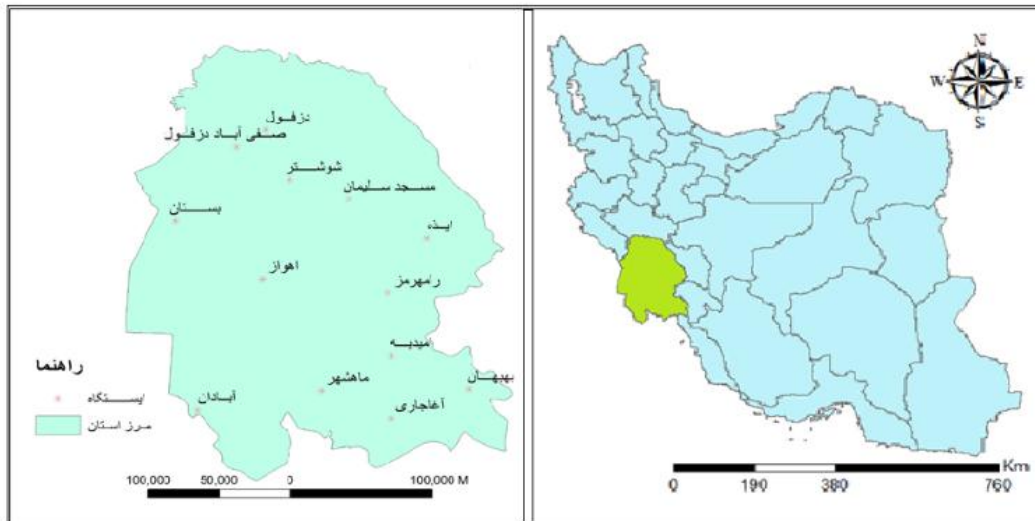
3- Redy, K.S., and Ranjan

4- Tymvios

5- Yang

1- Togrul I.T. and Onat

2- Aksakal



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (از نگارندگان)

برای ارزش دهی به فراسنج های محیطی با مقدارها و واحدهای متفاوت می باشد استفاده شده، زیرا مناسب ترین گزینه باید کمترین فاصله را از نقطه آرمانی مثبت (بهترین حالت) و بیشترین فاصله را از نقطه آرمانی منفی (بدترین حالت) داشته باشد (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۱) تا به راحتی بتوان آن ها را با هم مقایسه و رتبه بندی کرد.

مواد و روش ها

در پژوهش حاضر از آمار ۱۵ ساله فراسنج های محیطی شامل ابرناکی، نم نسبی، ساعات آفتابی و گرد و غبار ۱۳ ایستگاه هواشناسی استان خوزستان در دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۵ استفاده شده است (جدول ۱). فراوانی کارهای پژوهشی از این دست که برای مکان یابی جهت استقرار نیروگاه های خورشیدی است اندک است و برای مقایسه ایستگاه های استان خوزستان از لحاظ پتانسیل تولید برق خورشیدی روش تاپسیس^۱ که بهترین روش

جدول ۱- ارایه داده های اقلیمی منطقه پژوهش

گزینه ها	شاخص	عرض جغرافیای	ارتفاع (متر)	تعداد روزهای نیمه ابری و ابری	تعداد روزهای همراه با گردوغبار	رطوبت نسبی (درصد)	ساعات آفتابی
امیدیه		30.46	34.9	45.7	120.1	42.6	2913.7
اهواز		31.2	22.5	76.3	71.8	42.9	3174.3
آبادان		30.22	6.6	75.9	38.2	43.9	3275.0
آجاجاری		30.46	27	70.2	40.6	43.3	3117.1
ایذه		31.51	767	87.1	30.3	40.1	3214.2
بستان		31.43	7.8	85.7	49.7	46.7	3130.5
بهبهان		30.36	313	64.0	23.9	42.4	3247.1
دزفول		32.24	143	83.0	93.4	49.5	2801.6
رامهرمز		31.16	150.5	86.7	28.5	38.5	3154.1
شوشتر		32.3	67	64.5	24.6	37.5	3157.8
صفی اباد		32.16	82.9	77.1	70.4	50.3	3080.8
ماهشهر		30.33	6.2	72.0	46.9	45.8	3181.2
مسجد سلیمان		31.56	320.5	77.5	64.2	40.9	3030.0

- تعداد قابل توجهی معیار در نظر گرفته می‌شود.
- این روش به سادگی و با سرعت مناسب اعمال می‌گردد.
- عملکرد سامانه به صورت مطلوب و قابل قبول است.
- اطلاعات ورودی را می‌توان تغییر داد و نحوه پاسخگویی سامانه را بر اساس این تغییرات بررسی کرد (پایگاه علمی پژوهشی پارس مدیر).

یافته‌ها و نتایج

مراحل انجام روش بر روی داده‌های جوی ایستگاه‌های منطقه پژوهش و یافته‌های آن به شرح زیر است:

الف) مرحله اول: تشکیل آرایه تصمیم بر اساس m گزینه و n شاخص (جدول ۲) به صورت داده‌های خام از ۶ شاخص و ۱۳ گزینه، مربوط به فراسنج‌های اقلیمی ایستگاه‌های استان است. در این آرایه a_i نشان‌دهنده گزینه‌ها و X_j نشانگر شاخص‌ها است. a_{mn} مقدار عددی به دست آمده گزینه A_m و از شاخص X_n در نقطه تقاطع i و j می‌باشد (خوش‌اخلاق ۱۳۸۵).

واژه لاتین TOPSIS سرنام جمله‌ای است که به معنی روش مرتب‌سازی ترجیحی بر اساس مشابهت به راه‌حل آرمانی^۱ است (برگرفته از پایگاه علمی پژوهشی پارس مدیر^۲). این مدل توسط هوانگ^۳ و یون^۴ (۱۹۸۱) پیشنهاد شد و منجر به چاپ اولین مقاله درباره معرفی واکاوی پوششی داده‌ها در ۱۹۸۷ گردید. این روش که عمدتاً به عنوان یک روش اندازه‌گیری کارایی در جهان شناخته شده است در حین اندازه‌گیری کارایی، نوع بازده نسبت به مقیاس را نیز ارائه می‌دهد. خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۸۵) در رتبه‌بندی خشکسالی‌های استان خوزستان، نسترن و همکاران (۱۳۸۹) برای تحلیل و اولویت‌بندی توسعه پایدار مناطق شهری اصفهان، تقوی و همکاران (۱۳۹۰) برای سطح‌بندی محلات شهری براساس میزان بهره‌مندی از امکانات و خدمات از این مدل استفاده کرده‌اند.

از جمله مزایای روش تاپسیس می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- معیارهای کمی و کیفی در ارزیابی به صورت همزمان دخالت دارند.

جدول ۲- نحوه تشکیل آرایه تصمیم

شاخص \ گزینه	X_1	X_2	...	...	X_n
A_1	a_{11}	...	....	...	a_{1n}
A_2	...	...	...	...	...
A_n	a_{m1}	...	...	...	a_{mn}

و واحدهای متفاوت را از طریق رابطه زیر به گونه‌ای استاندارد سازی می‌شوند که قابل مقایسه با هم شوند (جدول ۳ و ۴).

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}$$

ب) مرحله دوم: بهنجارسازی داده‌ها و تشکیل آرایه استاندارد در واقع در این مرحله داده‌ها و فراسنج‌های مختلف با مقیاس‌ها

جدول ۳- داده‌های بهنجار شده و آرایه استاندارد

شاخص گزینه	X_1	X_2	...	...	X_n
A_1	a_{11}	...	....	...	a_{1n}
A_2	...	...	...	...	...
A_n	a_{m1}	...	...	...	a_{mn}

1- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
 2- <http://www.parsmodir.com>
 3- Hwang
 4- Yoon

جدول ۴- آرایه بهنجارشده داده‌های منطقه پژوهش

گزینه‌ها	شاخص	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	تعداد روزهای نیمه ابری و ابری	تعداد روزهای همراه با گردوغبار	رطوبت نسبی (درصد)	ساعات آفتابی
امیدیه		0.27	0.04	0.17	0.55	0.27	0.26
اهواز		0.28	0.02	0.28	0.33	0.27	0.28
آبادان		0.27	0.01	0.28	0.17	0.28	0.29
آغاچاری		0.27	0.03	0.26	0.19	0.28	0.28
ایذه		0.28	0.83	0.32	0.14	0.26	0.29
بستان		0.28	0.01	0.32	0.23	0.30	0.28
بهبهان		0.27	0.34	0.24	0.11	0.27	0.29
دزفول		0.29	0.16	0.31	0.43	0.32	0.25
رامهرمز		0.28	0.16	0.32	0.13	0.25	0.28
شوشتر		0.29	0.07	0.24	0.11	0.24	0.28
صفی‌آباد		0.29	0.09	0.28	0.32	0.32	0.27
ماهشهر		0.27	0.01	0.27	0.21	0.29	0.28
مسجد سلیمان		0.28	0.35	0.29	0.29	0.26	0.27

ج) مرحله سوم: مشخص کردن جهت شاخص (یعنی این که شاخص مورد نظر در پدیده تأثیر مثبت دارد یا منفی) (جدول ۵).

جدول ۵- جهت (گرایش‌ها) شاخص‌ها در منطقه پژوهش

گزینه‌ها	شاخص	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	تعداد روزهای نیمه ابری و ابری	تعداد روزهای همراه با گرد و غبار	رطوبت نسبی (درصد)	ساعات آفتابی
جهت شاخص		منفی	مثبت	منفی	منفی	منفی	مثبت

مورد از هر ستون بر مجموع ستون، گام سوم: محاسبه شاخص K
و E با استفاده از تعداد گزینه‌ها (M) از طریق روابط زیر:

$$K = \ln(M) \quad E = 1/\ln(M)$$

گام چهارم:

$$e_i = a_{11} * \ln(a_{11}) + a_{21} * \ln(a_{21}) + a_{m1} * \ln(a_{m1})$$

$$e_j = e_i * -(e) \quad \text{گام پنجم:}$$

$$d_j = 1 - e_j \quad \text{گام ششم:}$$

$$d_j - e_j \quad \text{گام هفتم:}$$

محاسبه اوزان از طریق رابطه زیر:

$$d_j - e_j / \sum d_j - e_j \quad \text{گام هشتم:}$$

ه) مرحله پنجم: آرایه بی‌مقیاس وزین که از ضرب هر یک از

اوزان بر ستون خود به دست می‌آید.

د) مرحله چهارم: در این مرحله وزن هر یک از شاخص‌ها بر اساس رویکردها و نظریات کارشناسانه به دست می‌آید. باید در نظر داشت که مجموع وزن معیارها باید برابر با ۱ شود. سپس عدد هر معیار را در وزن همان معیار ضرب کرده و آرایه نرمال یعنی $\sum_{i=1}^n = 1$ به دست می‌آید. در این تحقیق از روش آنتروپی که یکی از روش‌های وزندهی است استفاده شده است (جدول ۶).

روش آنتروپی

گام اول: در روش آنتروپی تشکیل آرایه است (مرحله اول تاپسیس، جدول ۲). گام دوم: بی‌مقیاس‌سازی از طریق تقسیم هر

جدول ۶- وزن‌دهی به شاخص‌های گزینه‌ها در منطقه پژوهش

اوزان	0.17	0.09	0.20	0.15	0.20	0.20
جهت شاخص	منفی	مثبت	منفی	منفی	منفی	مثبت
گزینه‌ها	عرض جغرافیا	ارتفاع (متر)	تعداد روزهای همراه با ابرناکی	تعداد روزهای همراه با گرد و غبار	رطوبت نسبی (درصد)	ساعات آفتابی
امیدیه	0.045	0.003	0.034	0.080	0.054	0.052
اهواز	0.047	0.002	0.056	0.048	0.055	0.057
آبادان	0.045	0.001	0.056	0.025	0.056	0.058
آغاجاری	0.045	0.003	0.051	0.027	0.055	0.056
ایذه	0.047	0.073	0.064	0.020	0.051	0.057
بستان	0.047	0.001	0.063	0.033	0.059	0.056
بهبهان	0.045	0.030	0.047	0.016	0.054	0.058
دزفول	0.048	0.014	0.061	0.062	0.063	0.050
رامهرمز	0.047	0.014	0.064	0.019	0.049	0.056
شوشتر	0.048	0.006	0.047	0.016	0.048	0.056
صفی‌آباد	0.048	0.008	0.057	0.047	0.064	0.055
ماهشهر	0.045	0.001	0.053	0.031	0.058	0.057
مسجد سلیمان	0.047	0.030	0.057	0.043	0.052	0.054

و) مرحله ششم: ایده‌آل مثبت که برای منفی‌ها، کمینه و برای مثبت‌ها، بیشینه است. در ایده‌آل منفی، منفی‌ها بیشینه و مثبت‌ها کمینه در نظر گرفته می‌شوند از طریق دو رابطه زیر بدست می‌آید (مهرگان ۱۳۸۷ و مومنی ۱۳۸۶) (جدول ۷).

$$A^+ = \{(\max_j v_{ij} | j \in J), (\min_j v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min_j v_{ij} | j \in J), (\max_j v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

جدول ۷- ایده‌آل‌های مثبت و منفی

A ⁺	0.045	0.073	0.034	0.016	0.048	0.058
A ⁻	0.048	0.001	0.064	0.080	0.064	0.050

ز) مرحله هفتم: محاسبه فاصله داده‌ها $d \pm$ از مقادیر ایده‌آل با استفاده از روابط زیر (مومنی ۱۳۹۰) (جداول ۸ و ۹).

$$d^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1,2,3,\dots,m$$

$$d^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1,2,3,\dots,m$$

جدول ۸- اندازه فاصله از A+

جهت شاخص	منفی	مثبت	منفی	منفی	منفی	مثبت		
گزینه ها	عرض جغرافیا	ارتفاع (متر)	تعداد روزهای همراه با ابرناکی	تعداد روزهای همراه با گردوغبار	رطوبت نسبی (درصد)	ساعات آفتابی	جمع	جذر
امیدیه	4.34E-02	0.005	0.0000000	0.0041	4.4E-05	4.15E-05	5.25E-02	0.229031
اهواز	2.14E-06	0.005	0.0005021	0.0010	4.9E-05	3.22E-06	6.54E-03	0.080896
آبادان	0.00E+00	0.005	0.0004912	0.0001	6.8E-05	0.00E+00	5.83E-03	0.076373
آغاچاری	1.28E-07	0.005	0.0003225	0.0001	5.6E-05	7.92E-06	5.42E-03	0.073613
ایذه	3.71E-06	0.000	0.0009203	0.0000	1.1E-05	1.17E-06	9.55E-04	0.030897
بستان	3.26E-06	0.005	0.0008615	0.0003	1.4E-04	6.63E-06	6.47E-03	0.080449
بهبهان	4.37E-08	0.002	0.0001799	0.0000	4.0E-05	2.47E-07	2.07E-03	0.04547
دزفول	9.10E-06	0.003	0.0007479	0.0021	2.4E-04	7.12E-05	6.70E-03	0.081857
رامهرمز	1.97E-06	0.003	0.0009022	0.0000	1.9E-06	4.65E-06	4.33E-03	0.06578
شوشتر	9.65E-06	0.004	0.0001889	0.0000	0.0E+00	4.36E-06	4.60E-03	0.06779
صفی اباد	8.39E-06	0.004	0.0005288	0.0010	2.7E-04	1.20E-05	5.97E-03	0.077287
ماهشهر	2.70E-08	0.005	0.0003717	0.0002	1.1E-04	2.79E-06	5.91E-03	0.076884
مسجد سلیمان	4.00E-06	0.002	0.0005424	0.0007	1.9E-05	1.91E-05	3.09E-03	0.055614

جدول ۹- اندازه فاصله از A-

جهت شاخص	منفی	مثبت	منفی	منفی	منفی	مثبت		
گزینه ها	عرض جغرافیا	ارتفاع (متر)	تعداد روزهای همراه با ابرناکی	تعداد روزهای همراه با گرد و غبار	رطوبت نسبی (درصد)	ساعات آفتابی	جمع	جذر
امیدیه	0.000008	0.000007	0.000920	0.000000	0.000096	0.000004	0.001035	0.032170
اهواز	0.000003	0.000002	0.000063	0.001039	0.000089	0.000044	0.001240	0.035212
آبادان	0.000010	0.000000	0.000067	0.002986	0.000066	0.000071	0.003200	0.056567
آغاچاری	0.000008	0.000004	0.000153	0.002814	0.000079	0.000032	0.003089	0.055580
ایذه	0.000001	0.005188	0.000000	0.003589	0.000170	0.000054	0.009002	0.094881
بستان	0.000002	0.000000	0.000001	0.002209	0.000021	0.000034	0.002267	0.047610
بهبهان	0.000008	0.000844	0.000286	0.004118	0.000101	0.000063	0.005421	0.073625
دزفول	0.000000	0.000168	0.000009	0.000318	0.000001	0.000000	0.000496	0.022274
رامهرمز	0.000003	0.000187	0.000000	0.003732	0.000225	0.000039	0.004186	0.064701
شوشتر	0.000000	0.000033	0.000275	0.004056	0.000268	0.000040	0.004673	0.068361
صفی اباد	0.000000	0.000053	0.000054	0.001100	0.000000	0.000025	0.001232	0.035097
ماهشهر	0.000009	0.000000	0.000122	0.002383	0.000033	0.000046	0.002593	0.050925
مسجد سلیمان	0.000001	0.000885	0.000050	0.001392	0.000145	0.000017	0.002490	0.049896

ح) مرحله هشتم: محاسبه فاصله نسبی $A+$ از $A+$ (جدول ۱۰).

جدول ۱۱- رتبه‌بندی شهرستان‌های خوزستان

بر اساس صفر و یک

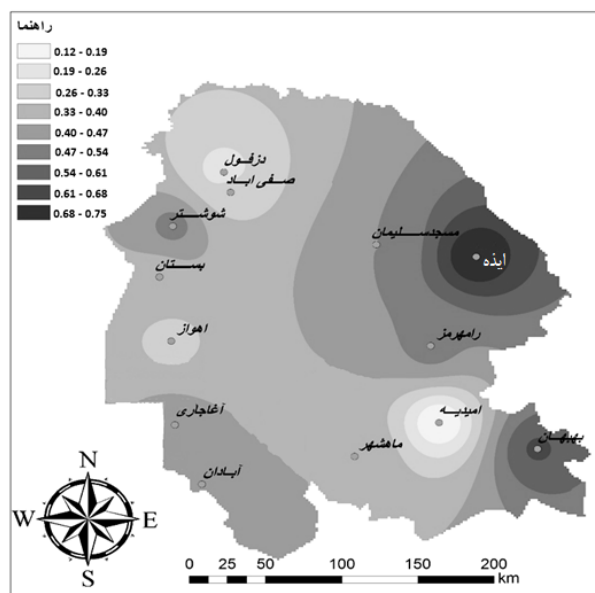
گزینه‌ها	فاصله نسبی $A+$	رتبه صعودی	رتبه نزولی
امیدیه	0.12	13	1
اهواز	0.30	11	3
آبادان	0.43	7	7
آغاجاری	0.43	6	8
ایذه	0.75	1	13
بستان	0.37	9	5
بهبهان	0.62	2	12
دزفول	0.21	12	2
رامهرمز	0.50	4	10
شوشتر	0.50	3	11
صفی‌آباد	0.31	10	4
ماهشهر	0.40	8	6
مسجد سلیمان	0.47	5	9

جدول (۱۰): محاسبه فاصله نسبی از $A+$

گزینه‌ها	
امیدیه	0.12
اهواز	0.30
آبادان	0.43
آغاجاری	0.43
ایذه	0.75
بستان	0.37
بهبهان	0.62
دزفول	0.21
رامهرمز	0.50
شوشتر	0.50
صفی‌آباد	0.31
ماهشهر	0.40
مسجد سلیمان	0.47

در شکل (۲) بر اساس نتایج فاصله نسبی، نقشه پهنه‌بندی توان‌های محیطی خوزستان در رابطه با تولید برق خورشیدی ارائه شده است.

ط) مرحله پایانی: در واقع کار چینش ایستگاه‌ها بر اساس فاصله از ایده‌آل مثبت (۱) یا صعودی و یا بر اساس فاصله از ایده‌آل منفی (صفر) یا نزولی خواهد بود (جدول ۱۱).



شکل ۲- پهنه‌بندی توان‌های محیطی دشت خوزستان در رابطه با تولید برق خورشیدی

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، استان خوزستان با توجه به ویژگی‌هایی چون عرض جغرافیایی پایین و آسمان کم‌ابر و عوامل دیگر، شرایط مناسبی برای تولید برق خورشیدی دارد. با توجه به خصوصیات روش تاپسیس، رتبه‌بندی شهرستان‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها بر اساس ویژگی‌های محیطی و انتخاب بهترین ایستگاه با بیشترین میزان تولید برق خورشیدی می‌باشد. در واقع مهمترین متغیرها در رتبه‌بندی پتانسیل دریافت انرژی خورشیدی، ساعت آفتابی و مقادیر کم ابرناکی و گرد و غبار است. در این بررسی مشخص شد مدل بکار گرفته شده در این پژوهش تفاوت زیادی بین شهرستان‌های استان از نظر توانمندی‌های محیطی را به تصویر نمی‌کشد. در نهایت با توجه به خروجی مدل نتیجه گرفته می‌شود که ایستگاه ایده بهترین و امیدیه بدترین وضعیت را از نظر شرایط محیطی و فراسنج‌های اقلیمی برای استقرار نیروگاه خورشیدی برخوردارند. دلایل را می‌توان تأثیر ارتفاع در دریافت تابش ورودی بیشتر، همچنین - کمتر بودن تعداد روزهای گرد و غبار، نم نسبی کمتر و بالا بودن ساعات آفتابی (بعد از ایستگاه بهبهان) برای ایستگاه ایده است. متقابلاً ایستگاه امیدیه به علت تعداد زیاد روزهای گرد و غبار و ساعات آفتابی کمتر و عرض جغرافیایی بالاتر نسبت به ایستگاه‌های جنوبی استان در پایین‌ترین رتبه قرار می‌گیرد. البته همانطور که ذکر شد همه ایستگاه‌های منتخب از نظر توان‌های محیطی با هم تفاوت چندانی ندارند. اما اگر قرار بر استقرار نیروگاه خورشیدی باشد، بهترین شرایط به ترتیب برای ایستگاه‌های ایده، بهبهان، شوشتر و رامهرمز می‌باشد و در اولویت‌های بعدی ایستگاه‌های مسجد سلیمان، آبادان، آغاچاری، صفی‌آباد و در رتبه آخر امیدیه و دزفول قرار می‌گیرند.

منابع

۱- اکبری، نعمت‌ا...، زاهدی کیوان، مهدی، ۱۳۸۷، کاربرد روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چندشاخصه، انتشارات موسسه فرهنگی اطلاع رسانی و مطبوعاتی، ۱۳۸۷.

- ۲- جوادی، شهرام و همکاران، ۱۳۸۹، برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در شهر یزد، فصل‌نامه انرژی ایران، شماره ۳۳.
- ۳- خوش‌اخلاق، فرامرز و همکاران، ۱۳۸۵، مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی، نشریه سپهر، دوره هفدهم، شماره ۶۷.
- ۴- خوش‌اخلاق، فرامرز، حجازی‌زاده، زهرا، محمدی، حسین و روشن، غلامرضا، ۱۳۸۵، رویکردی از روش TOPSIS در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی (مطالعه موردی استان خوزستان)، نشریه علوم جغرافیایی، ج ۵، ش ۶ و ۷.
- ۵- سقفی، محمد، ۱۳۸۲، انرژی‌های نو، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۶- سلیمی، مهدی، حسینی، محمدسلطان، شعبانی بهار، غلامرضا، ۱۳۹۱، مکان‌گزینی اماکن ورزشی با استفاده از مدل‌های پیوسته و گسسته فضایی مبتنی بر ترکیب دو مدل AHP و TOPSIS، مطالعات مدیریت ورزشی، شماره ۱۳.
- ۷- شریفی، علی مراد و همکاران، ۱۳۸۸، فصل‌نامه مطالعات انرژی، سال ششم، شماره ۲۱.
- ۸- صمیمی، جلال، ۱۳۷۳، برآورد تابش خورشیدی بر اساس ارتفاع و کاربرد آن در اقلیم خورشیدی ایران، مجله فیزیک، شماره ۲، ص ۱۸ تا ۲۶.
- ۹- فرج‌الله حسینی، سیدجمال و همکاران، ۱۳۹۱، مجله محیط‌شناسی، سال هشتم، شماره ۶۲.
- ۱۰- کاویانی، محمدرضا، ۱۳۸۱، تنگناهای انرژی و ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی اصفهان (مطالعات و پژوهش‌های دانشکده ادبیات و علوم انسانی)، شماره ۳۰-۳۱.
- ۱۱- موسوی بایگی، محمد، اشرف، بتول، ۱۳۹۰، شناسایی مناطق با کمترین میزان ابرناکی به منظور پهنه‌بندی نواحی پرتابش کشور، نشریه آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۳.
- ۱۲- مومنی، منصور، جعفرنژاد، احمد، صادقی، شکوفه، ۱۳۹۰، جایابی بهینه مراکز توزیع در فرآیند بازاریابی با استفاده از روش‌های ریاضی، مدیریت صنعتی، دوره ۳، شماره ۶.

- 17- Aksakal A., and Rehman S. 1999. Global solar radiation in Northeastern Saudi Arabia, *Renewable Energy* 17: 461472.
- 18- Reddy, K.S. , and Ranjan, M. 2003. Solar resource estimation using artificial neural networks and comparison with other correlation models. *J. Energy Conversion and Management*, 44: 2519-2530.
- 19- Togrul I .T., and Onat E. 1999. A study for estimating solar radiation in Elazig using geographical and meteorological data, *Energy Conversion and Management* 40:1577
- 20- Tymvios, F. S. , Jacovides, C. P., Michaelides, S. C., and Scouteli, C. 2005. Comparative study of Angstrom and artificial neural network methodologies in estimating global solar radiation . *J. SolarEnergy*, 78: 752-762.
- 21- Yang K., Koike T ., and Ye B. 2006. Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets, *Agricultural and Forest Meteorology* 137:43–55.
- ۱۳- مومنی، منصور، جهانبازی، افشین، ۱۳۹۰، طراحی مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی برای انتخاب مدیران، دو ماهنامه دانشور رفتار دانشگاه شاهد، سال ۱۴، شماره ۲۶.
- ۱۴- مهرگان، محمدرضا، دهقان نیری، محمود، ۱۳۸۷، رویکرد منسجم BSC-TOPSIS جهت ارزیابی دانشکده‌های مدیریت‌های برتر دانشگاه‌های استان تهران، نشریه مدیریت صنعتی، دوره ۱، شماره ۲.
- ۱۵- میرلطیفی، مجید، کامیار، بیات، ۱۳۸۸، تخمین تابش کل خورشیدی روزانه با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد شانزدهم، شماره سوم.
- ۱۶- نسترن، مهین، ابوالحسینی، فرحناز، ایزدی، ملیحه، ۱۳۸۹، کاربرد تکنیک تاپسیس در تحلیل و اولویت‌بندی توسعه پایدار مناطق شهری (مطالعه موردی: مناطق شهری اصفهان) مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۸، شماره ۲.