

# مکانیابی احداث نیروگاه خورشیدی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی استان اصفهان)

مهديس سادات،\* محمود ذوقی، اسپیده کریمی، امیر هوشنگ احسانی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

Mahdissadat74@ut.ac.ir

۲. \* دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

Zoghi87@ut.ac.ir

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

Sepidehkarimi1989@yahoo.com

۴. دانشیار، گروه مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، Ehsani@ut.ac.ir

## چکیده

با توجه به نیاز روزافزون جوامع کنونی به انرژی، مضرات محیط زیستی سوخت‌های فسیلی و لزوم توجه به امنیت انرژی، روش‌های نوینی برای استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر متداول شده است. در این میان انرژی خورشیدی یکی از قابل دسترس‌ترین و پاک‌ترین منابع انرژی است که در مناطق خشک مانند کشور ایران جهت توسعه اقتصادی کارایی بالایی دارد. هدف از پژوهش حاضر پتانسیل سنجی اراضی استان اصفهان برای احداث نیروگاه خورشیدی با توجه به معیارهای اصلی و در نظر گرفتن وضعیت محیط زیستی منطقه می‌باشد. در این راستا ابتدا معیارهای تأثیرگذار در این امر بررسی و در ادامه به منظور تعیین اوزان هر یک از این عوامل از روش AHP استفاده شد. تلفیق لایه‌ها نیز به کمک نرم‌افزار GIS انجام و نقشه اولویت استقرار مکانی نیروگاه‌های خورشیدی این استان حاصل شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مناطق جنوبی و شرقی این استان و حاشیه شهرستان‌های اصفهان، شهرضا، مبارکه، نایین و خوربیا بانک پتانسیل خوبی برای اختصاص به این کاربری دارد.

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، پتانسیل سنجی، استان اصفهان، AHP، GIS.

## ۱- مقدمه

انرژی را می‌توان یکی از عوامل اصلی و دخیل در رشد اقتصادی جوامع دانست. استفاده تجاری از انرژی شرط اساسی توسعه است و کشورهایی که بهره کمتری از آن دارند در زمره کشورهای فقیر محسوب می‌شوند. اما تولید و مصرف تجاری انرژی با استفاده از منابع کنونی معضلاتی از قبیل تأثیرات مضر بر روی سلامت انسان، اثرات مخرب محیط زیستی، هزینه‌های اقتصادی ناشی از رکود منابع، هزینه‌های مالی ناشی از استفاده منابع انرژی متداول، هزینه‌های ناشی از افزایش احتکمال جنگ، هزینه‌های ناشی از مواد آلاینده، رادیواکتیو و هزینه‌های مرتبط با حوادث غیر مترقبه ناشی از آن‌ها و هزینه‌های اجتماعی و روانی درگیر در این منابع رابه همراه دارد. (۱). در سال‌های اخیر، ماهیت و کمیت نیاز به انرژی تغییر کرده است و با توجه به رشد جمعیت و تغییر در سبک و نحوه زندگی این مهم افزایش چشم گیری داشته است. این درحالیست که بیشتر این منابع که بخش عمده ای از نیازهای بشر را تأمین می‌کنند، محدود هستند و به دلیل افزایش تقاضا در آینده تهی خواهند گشت (۱۲). لذا امنیت انرژی ما را به بررسی و استفاده منابع جایگزین تجدید پذیر وامی‌دارد.

کشور ایران به علت قرارگیری بر روی کمربند گرم دنیا دارای یکی از بالاترین پتانسیل‌های جذب انرژی خورشیدی می‌باشد و با میانگین ۲۸۰ روز آفتابی ثبت شده در بیش از ۹۰ درصد اراضی کشور و  $1800$  تا  $2200$  kWh/m<sup>2</sup> انرژی خورشیدی در سال، در زمره کشورهای قرار دارد که حداکثر دریافت نور را دارند (۹). این در حالی است طبق سناریوهای تأیید شده ارزیابی اثرات منابع نفتی ایران بعد از ۴۳ سال، منابع گاز ۱۶۷ سال و زغال سنگ ۴۱۷ سال دیگر به پایان خواهند رسید (۷). در نتیجه امنیت انرژی حکم می‌کند که همواره به دنبال یافتن و استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر باشیم.

فناوری ساده، کاهش آلودگی هوا و محیط زیست و از همه مهم تر ذخیره شدن سوخت‌های فسیلی برای آینده از دلایل لزوم استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد (۸). سیستم‌های انرژی خورشیدی فناوری‌های جدیدی هستند که برای تأمین گرما، آب گرم، الکتریسیته و حتی سرمایه‌های منازل مسکونی، مراکز تجاری و صنعتی بکار می‌روند و به دوبرخش نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی و کاربردهای غیر نیروگاهی سیستم‌های خورشیدی تقسیم می‌شوند. اولین و مهم‌ترین قدم در بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، یافتن مناطق مناسب است حاصلین انرژیست. در ایران و در سایر کشورها تحقیقات متعددی پیرامون این امر انجام گشته است که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌گردد.

جدول شماره ۱. مروری بر تحقیقات صورت گرفته پیرامون انرژی خورشیدی

نویسنده	سال	نتایج
یوسفی و همکاران	۱۳۹۱	بررسی کاربرد منطق فازی و FTOPSIS جهت مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی با استفاده از در استان تهران پرداختند. در نهایت ۹ منطقه در این استان به عنوان بهترین مکان‌ها برای احداث نیروگاه خورشیدی انتخاب شد که در مجموع ۰٫۱۵ درصد از کل مساحت این استان را به خود اختصاص می‌دهند (۸).
اسفندیاری و همکاران	۱۳۹۱	به پتانسیل سنجی احداث نیروگاه خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از GIS پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شهرهای بهبهان، رامهرمز، باغ-ملک و منطقه کوچکی از شوش مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث نیروگاه خورشیدی می‌باشند (۱).
حسین زاده و همکاران	۱۳۹۱	به تحلیل تناسب مکانیابی استفاده از GIS و ANP به منظور احداث نیروگاه‌های خورشیدی در استان خوزستان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد مناطق شرقی و جنوب شرقی این استان و در حاشیه شهرهای باغملک، هندیجان و بهبهان مناسب‌ترین مکان‌ها برای این کاربری هستند (۳).
Gastli&Charabi et al	2011	به مکان‌یابی کشور عمان با استفاده از روش چند معیاره فازی جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی در کشور عمان پرداختند (۱۳)
Ara'nCarrión et al	۲۰۰۸	به بررسی نقش سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بر اساس روش AHP در انتخاب سایت‌های بهینه برای احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک پرداختند. و در این راستا از معیارهای مختلف محیط زیستی، آب و هوایی و مکانی استفاده نمودند (۱۰)

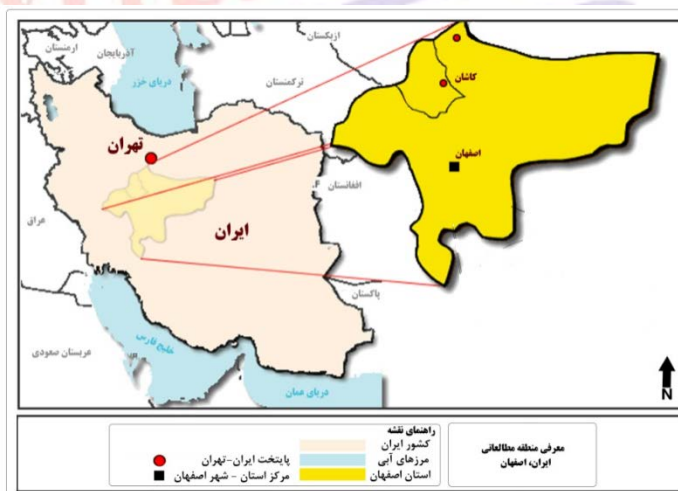
در پژوهش حاضر با توجه به تأثیر عوامل مختلف در فرآیند احداث نیروگاه‌های خورشیدی از یکسو و قابلیت بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از سوی دیگر، سعی شده تا با استفاده از سیستم

اطلاعات جغرافیایی GIS<sup>۱</sup> و مقایسات زوجی AHP<sup>۲</sup> به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، مکان یابی احداث نیروگاه خورشیدی انجام شود. از این رو استان اصفهان به عنوان یکی از بزرگ‌ترین استان‌های کشور که به دلیل برخورداری از شرایط آب و هوایی گرم و خشک و کمبود روزهای بارانی و ابری، دریافت کننده میزان بالایی از انرژی خورشیدی است، انتخاب و این مطالعه انجام شد.

## ۲- روش تحقیق

### ۱- منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با مختصات  $30^{\circ} 43'$  تا  $34^{\circ} 27'$  شمالی و  $49^{\circ} 36'$  تا  $55^{\circ} 31'$  شرقی و مساحت  $107017$  کیلومتر مربع، دارای  $23$  شهر،  $106$  دهستان و  $126$  روستا می‌باشد. این استان با جمعیت  $4879312$  نفر،  $6,49$  درصد جمعیت کل ایران را در خود جای داده است (۱۷). وجود کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی بزرگ، این استان را به یکی از مهم‌ترین مراکز صنعتی ایران تبدیل نموده است. عوامل ذکر شده سبب گشته‌اند تا مصرف انرژی برق در این استان مهم‌ترین مراکز صنعتی ایران تبدیل نموده است. از این رو پرداختن به مسأله انرژی در این استان مهم بوده و به عنوان یکی از نیازهای آتی این استان قلمداد می‌شود. از این رو استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان یکی از راهکارهای تأمین کمبود انرژی پیشنهاد گردید و لزوم بهره‌گیری از این انرژی شناخت پهنه‌های مستعد در سطح استان می‌باشد.



شکل ۱: معرفی استان اصفهان

### ۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای به مرور پیشینه‌ی تحقیق، روش‌های ارزیابی، تفسیر مطالب ثبت و معیارهای به کارگرفته شده توسط سایر پژوهشگران پرداخته شد. در ادامه در راستای ارزیابی پتانسیل استان اصفهان در احداث

<sup>۱</sup> - سیستم اطلاعات جغرافیایی

<sup>۲</sup> - روش تحلیل سلسله مراتبی

نیروگاه خورشیدی، روش ارزیابی چند معیاری با فرایند مقایسات زوجی با توجه به اهداف بررسی انتخاب شد. انتخاب روش تحلیل سلسله مراتبی با توجه به مزایای این روش نسبت به سایر روش‌های ارزیابی چندمعیاری صورت پذیرفته‌است. از دلایل به کارگیری این مدل نسبت به مدل‌های دیگر را می‌توان در توان مدل در کمی کردن شاخص‌های کیفی دانست که مدل‌های قبلی این توانایی را ندارند. همچنین، در این مدل می‌توان علاوه بر استفاده از آمار و ارقام از نظرهای جمعی و مشارکتی نیز استفاده نمود که از جمله دلایل مهم در به کارگیری این مدل در تحقیق حاضر است (۲). از سوی دیگر سیستم اطلاعات جغرافیایی با توجه به نگرانی‌های محیط‌زیستی، در شناسایی محل مناسب، منابع موجود و مناطق بکر توانایی بالایی دارد (۱۵). به طور کلی ترکیب فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی با یک روش پشتیبان تصمیم‌گیری با تجسم قوی و قابلیت نقشه‌سازی است که به نوبه خود با ایجاد نقشه، استفاده درخور و مناسب از زمین را تسهیل می‌کند (۱۴). در این مطالعه وزن‌دهی و اولویت دهی معیارها با بهره‌گیری از نظرات کارشناسی صورت گرفت، سپس با استفاده از نرم افزار کمکی مارینونی<sup>۳</sup> اطلاعات کمی معیارها در سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شده و برای هر یک از معیارها یک لایه مکانی تهیه شد. در مجموع ۷ معیار به عنوان معیارهای مهم و اثرگذار در ارزیابی توان منطقه مورد مطالعه بر حسب مطالعات، داده‌های موجود و نظرات کارشناسی انتخاب و نقشه‌سازی شد (جدول شماره ۲). طبقه‌بندی لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی با در نظر گرفتن شرایط مناطق به ۴ طبقه تقسیم‌بندی شد. ارزش دهی لایه‌ها شامل توان خوب (ارزش ۱)، متوسط (ارزش ۲)، ضعیف (ارزش ۳) و فاقد توان (ارزش ۴)، صورت گرفت. ارزش گذاری‌های مقایسات زوجی نیز در ماتریس AHP بر حسب روش ساعتی بین ۱ تا ۹ برای معیارها نمره دهی شد. سپس در مرحله آخر هر یک از لایه‌ها بر حسب وزنی که داشتند تلفیق و نقشه نهایی پتانسیل احداث نیروگاه خورشیدی در منطقه بدست آمد.

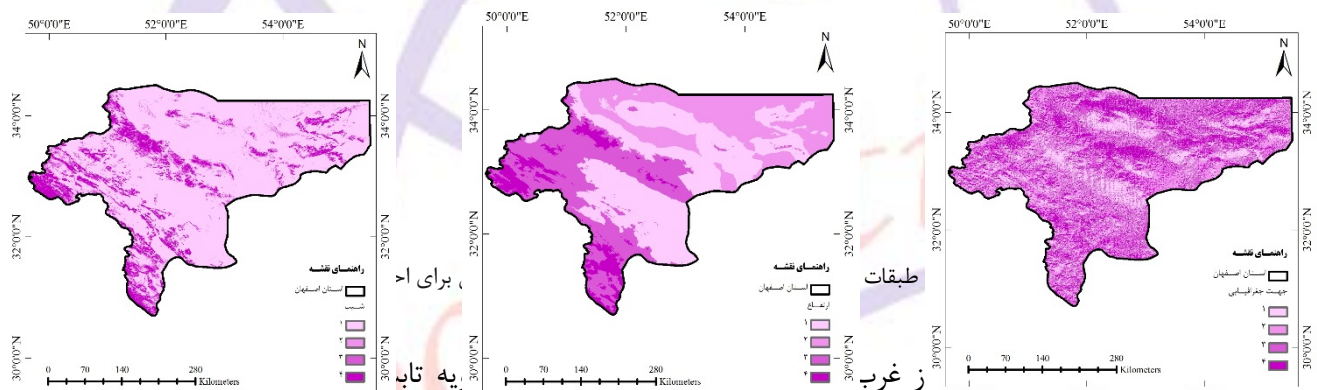
جدول شماره ۲. معیارهای مهم و اثرگذار در مکان‌یابی نیروگاه خورشیدی

کلاس	معیار	وزن معیار	دلیل اهمیت معیار
اقليمی	ساعات آفتابی	۰,۴۳	نشان دهنده میزان دریافتی مناطق از خورشید است (۱) (۱۶)
	تعداد روزهای دارای ابرناکی	۰,۱۳	ابرها می‌توانند ۲۱ درصد انرژی موج کوتاه خورشیدی را انعکاس دهند (۳)
	تعداد روزهای دارای گردوغبار	۰,۰۸	این ذرات ۱۵ درصد انرژی موج کوتاه خورشید را جذب می‌کنند (۱۱).
ژئومورفولوژیکی	شیب	۰,۰۵	به علاوه با افزایش شیب از توانایی زمین برای احداث نیروگاه خورشیدی کاسته می‌شود (۱۲).
	جهت	۰,۱۴	زیرا نیروگاه باید در جهتی احداث گردد که قادر به جذب بیشترین انرژی خورشیدی در طول روز باشد (۱۶).
	ارتفاع	۰,۰۵	دارای ارتباط مستقیم با معیارهای درجه حرارت و بارندگی (۳) با افزایش ارتفاع، دریافت انرژی خورشیدی افزایش یافته (۴)
محیط زیستی	کاربری اراضی	۰,۱۱	اراضی بایر مناسب‌ترین اراضی برای احداث این کاربری می‌باشند. لذا زمین‌هایی با سایر کاربری‌ها از مطلوبیت کمتری برخوردارند.

<sup>3</sup>- Marinoni

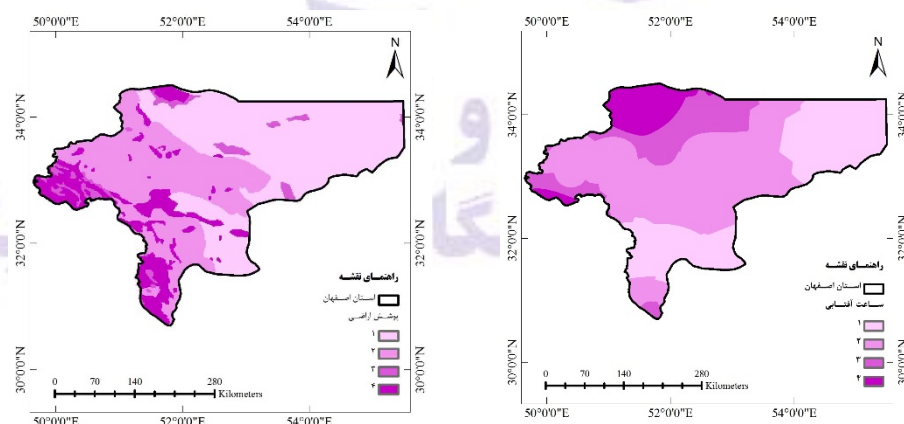
### ۳- یافته‌ها:

بر اساس نقشه‌های به دست آمده از عوامل مؤثر در ساخت نیروگاه‌های خورشیدی، استان اصفهان به لحاظ شرایط توپوگرافی خاص خود دارای بودن مناطق کوهستانی، دشت‌های وسیع و مناطق کویری پست، از نظر جهت و شیب کاملاً ناهمگن می‌باشد. از این رو منطقه مورد مطالعه از نظر معیار جهت در اکثر نقاط، به علت غالب بودن جهت‌های شمال، شمال غربی، شرق و شمال غربی از مطلوبیت کمی برای این کاربری برخوردار است. ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر نواحی غربی و جنوبی استان به علت وجود مناطق کوهستانی سبب کاهش مطلوبیت این مناطق گشته است. این در حالیست که هر به سمت شرق منطقه حرکت می‌نماییم به علت نزدیک شدن به مناطق کویری از ارتفاع منطقه کاسته و به مطلوبیت آن برای احداث نیروگاه افزوده می‌شود (شکل ۲).



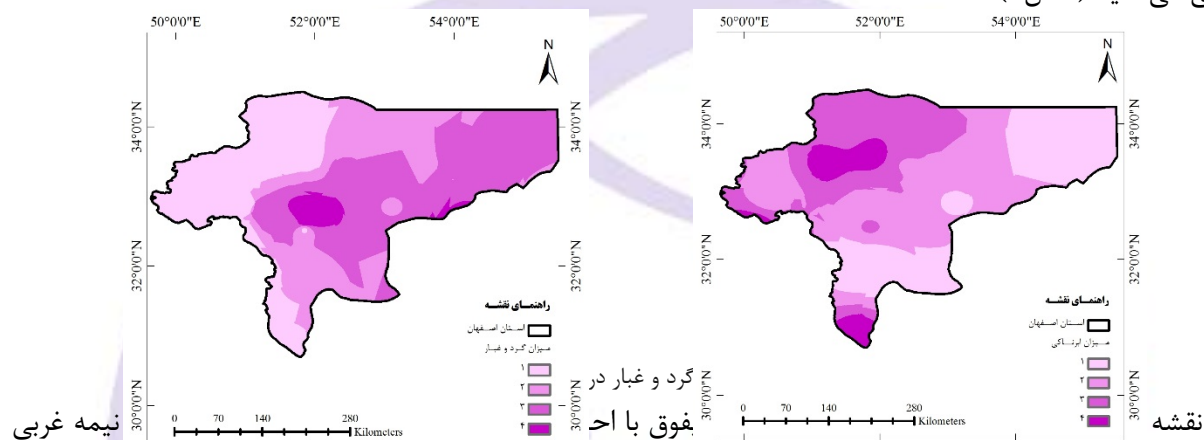
افزایش روند مطلوبیت در این بخش از استان کشته است. این درحالیست که بیشتر بودن این معیار در منطقه از ۱۵۰۰ ساعت در سال سبب گشته است تا مطلوبیت این استان برای اختصاص به این کاربری، عمدتاً در دامنه متوسط توان، برای احداث نیروگاه خورشیدی قرار دهد (شکل ۳).

همچنین وجود اراضی شهری و روستایی، مناطق چهارگانه جنگل‌های متراکم سبب گشته است تا جنوب و غرب استان اصفهان فاقد توان برای احداث این کاربری باشد. همچنین شمال و شرق این استان به دلیل وجود اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی و مراتع کم تراکم، برای احداث نیروگاه خورشیدی بسیار مناسب است (شکل ۳).

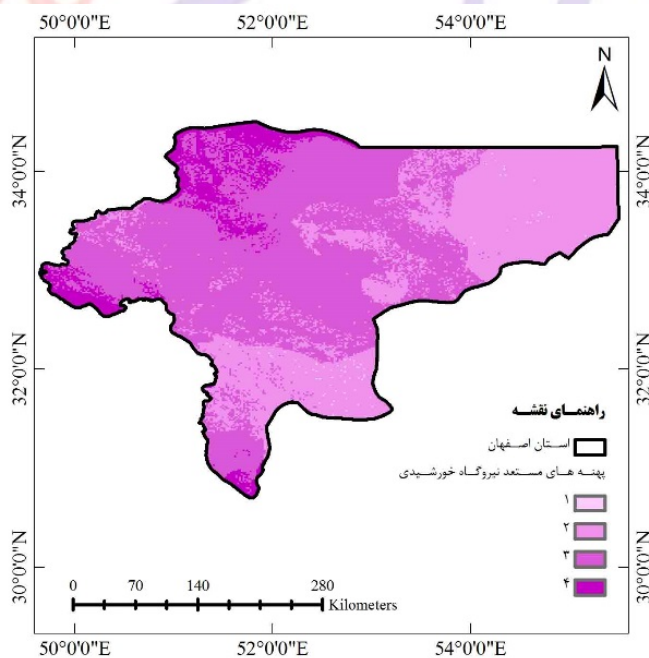


شکل ۳: نقشه تناسب میزان ساعات آفتابی و پوشش اراضی در استان اصفهان برای احداث نیروگاه خورشیدی

کاهش میزان نزولات جوی و ابرناکی منطقه از غرب به شرق و جنوب به شمال منطقه همراه با نزدیک شدن به مناطق کویری سبب گشته است تا روزهای دارای گرد و غبار در این نواحی بیشتر و مطلوبیت آن کمتر از نیمه جنوبی و غربی منطقه مورد مطالعه باشد. تا جایی که عوامل اقلیمی ذکر شده در نیمه غربی منطقه سبب کاهش این معیار به کمتر از ۲۰ روز در سال شده است که این بخش را کاملاً مناسب و مستعد احداث نیروگاه خورشیدی از نظر این فاکتور اقلیمی می‌نماید (شکل ۴).



به سمت نیمه شرقی و از شمال به سمت جنوب استان اصفهان نزدیک می‌شویم، مسوبیت و پدسیس مستعد برای احداث نیروگاه خورشیدی افزایش می‌یابد. علت این امر لحاظ مجموع فاکتورهای اقلیمی، محیط زیستی، ژئومورفولوژیکی و منطقه‌ای به‌ویژه تعداد ساعات آفتابی و تعداد روزهای ابری است که از میان سایر عوامل لحاظ شده وزن بیشتری دارد. همچنین می‌توان بیان داشت که از حیث تقسیمات سیاسی-اداری شهرستان‌های اصفهان، شهرضا، مبارکه، نایین و خوربابلانک در این بخش قرار دارد (شکل ۵).



شکل ۵: پهنه‌بندی مناطق مستعد برای احداث نیروگاه خورشیدی در استان اصفهان

همچنین می‌توان از میان فاکتورهای ارائه شده از ساعت آفتابی با وزن ۰,۴۳ و جهت با وزن ۰,۱۴ به عنوان تأثیر گزارترین پارامترها و همچنین ارتفاع و شیب با وزن ۰,۰۵ به عنوان پارامترهایی با درجه اهمیت کمتر نام برد. بطور کلی استفاده از مقایسات زوجی و ترکیب آن‌ها با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را می‌توان روشی مناسب و کارآمد در مکان یابی و پهنه بندی مناطق در جهت برنامه ریزی استقرار نیروگاه‌های خورشیدی نام برد.

#### ۴- نتیجه‌گیری:

با توسعه اقتصادی و رشد جمعیت، تقاضای همه کشورها از جمله کشور ایران بر اساس استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی با شیب تندی رو به افزایش است. لذا امروزه توجه به استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز شهرها و روستاهای کشور جهت نیل به اهداف توسعه پایدار و کاهش مصرف سوخت فسیلی با توجه به بحران‌های محیط زیستی مثل آلودگی هوا و ... ضروری است. یکی از مطالعات اولیه در زمینه بهره برداری از این انرژی، شناسایی مناطق مستعد و دارای پتانسیل بالا می‌باشد. از آنجا که مهم‌ترین قدم در بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، یافتن مناطق مناسب است حاصل این انرژیست، این پژوهش استان اصفهان را پهنه بندی کرده و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که هرچه از نیمه غربی به سمت نیمه شرقی و از شمال به سمت جنوب استان اصفهان نزدیک می‌شویم، مطلوبیت و پتانسیل منطقه برای احداث نیروگاه خورشیدی افزایش می‌یابد. به طوری که ۳۷ درصد از سطح منطقه پتانسیل خوب و نسبتاً خوبی را برای احداث نیروگاه خورشیدی دارد. این میزان بیان گر شرایط مناسب استان اصفهان در جهت برنامه ریزی برای استفاده از انرژی خورشیدی و توسعه زیرساخت‌های مناسب و مورد نیاز در جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی در مناطق مستعد می‌باشد. سایر تحقیقات و همچنین پهنه بندی کلی انجام شده برای کشور ایران نیز حاکی پتانسیل این استان در بهره‌گیری از انرژی خورشیدی دارد که می‌بایست مورد توجه قرار گرفته و برنامه ریزی مناسبی صورت گیرد. از سویی دیگر توسعه‌های صورت گرفته از آنجایی که استان اصفهان به لحاظ منابع ارزشمند اکولوژیکی شامل تالاب، پارک ملی، و سایر زیستگاه‌های طبیعی غنی می‌باشد لذا معیارهای محیط زیستی در مکان یابی آن‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بنابر این فاکتورهای ارائه شده ضمن تلفیق ویژگی‌های محیط زیستی در ارزیابی توان منطقه به ویژگی‌های فنی مورد نیاز برای نیروگاه‌های خورشیدی نیز اشاره کرده است. در پایان پیشنهاد می‌گردد در حاشیه شهرستان‌های اصفهان، شهرضا، مبارکه، نایین و خوربیبانک که پتانسیل مناسبی برای احداث این نیروگاه دارند، اقدام به احداث نیروگاه‌های خورشیدی شود تا در آینده بتوان با برنامه ریزی شاهد پایداری انرژی و استفاده از انرژی پاک خورشید به صورت گسترده در سطح این استان بود.

## یست و دومین

#### مراجع

۱. اسفندیاری. علی، رنگزن. کاظم، صابری. عظیم و فتاحی مقدم. مهدی، ۱۳۹۰، پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از GIS، هیجدهمین همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
۲. حافظنیا. محمدرضا، مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، چاپ هشتم، ۱۳۹۰، انتشارات سمت، تهران.

۳. حسینزاده، مریم، خیرخواه زرکش. میرمسعود وصابری. عظیم، ۱۳۹۱، تحلیل تناسب مکانی به منظور احداث نیروگاه خورشیدی در استان خوزستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به روش فرآیند تحلیل شبکه ای، دومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.
۴. علیجانی، بهلول، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۳، تهران.
۵. عزیززاده. امین، کمالی. غلامعلی، موسوی. فرهاد، موسوی بایگی. محمد، هوا و اقلیم شناسی، ۱۳۷۹، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۸۹ صفحه.
۶. کمالی. محمد رضا، مهاجرزاده. محمد و معصومی. رحیم، اصول و معیارهای مکان یابی صنایع راهبردی، انتشارات مینای خرد، ۱۳۸۹، تهران.
۷. هاشمی. محسن و کرونای. محمد علی، ۱۳۹۱، بررسی اجمالی طرح احداث تونل طویل ریلی البرز، اولین همایش منطقه ای مهندسی عمران با رویکرد توسعه پایدار، بندرگز.
۸. یوسفی. حسین، نورالهی. یونس، سلطان محمدی، مجید و ارجمند، رضا، ۱۳۹۱، کاربرد منطق فازی و FTOPSIS جهت مکانیابی نیروگاه خورشیدی با استفاده از GIS (مطالعه موردی استان تهران)، انرژی ایران، ۱(۴)، ۱-۲۵.
9. Alamdari P, Nematollahi. O & Alemrajabi A. *Solar energy potentials in Iran: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 778- 788.
10. Ara'nCarri'ón. J, Espi'n Estrella. A, Aznar Dols. F, Zamorano Toro. M, Rodri'guez. M & Ramos Ridao. A, 2008, *Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 2358-80.
11. Bunruamkaew. K & Murayama. Y, 2011, *Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP: A Case Study of SuratThani Province, Thailand*, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278.
12. Elliot. D, *Sustainable Energy: Opportunities and Limitations*, Palgrave Macmillan, 2007, Great Britain.
13. Gastli. A & Charabi. Y, 2010, *Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 790-797.
14. Marinoni. O, 2004, *Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS*. *ComputGeosci*, 30, 637-646.
15. Md. AR., 2003, *Application of GIS in ecotourism development: a case study in Sundarbans, Bangladesh*. M.S. thesis. Department of Social Science. Mid-Sweden Universit.
16. Sánchez-Lozano. J.M, Teruel-Solano J, Soto-Elvira P & García-Cascales M. *Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 24, 544-556.
17. [www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir)

بیست و دومین  
همایش و نمایشگاه ملی ژئوماتیک