تاریخ دریافت: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۲۴ تیر ۱۴۰۲ صفحات ۶۰ الی ۷۴

امکان‌سنجی عملیاتی و شبیه‌سازی تامین انرژی صنایع منطقه مکران با استفاده از نیروگاه خورشیدی

دکتر مجید زارع زاده

کارشناس استاندارد هرمزگان، سازمان ملی استاندارد

Majid_zarezadeh_nu@yahoo.com

هدا منصوری

مدیر بازرسی شرکت نیک آزمای هرمزگان

h.mansouri۱۰۱۰@gmail.com

چکیده: در این پژوهش تامین انرژی مورد نیاز منطقه مکران بکمک نرم‌افزار PVSOL۲۰۲۱ و با استفاده از نیروگاه خورشیدی ۲۰۰ مگاواتی مدل سازی شده است. پس از بررسی موقعیت منطقه و مکان‌سنجی آن بر اساس الزامات فنی و اداری الزامی، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS اقدام به انتخاب موقعیت مناسب شده است. موقعیت مناسب در محدوده طول جغرافیایی ۵۷٫۳۶۹۶ درجه و عرض جغرافیایی ۲۷٫۸۴۳۸ درجه با مساحتی در حدود ۱۰۰ هکتار، انتخاب و مدل‌سازی پانل‌های خورشیدی، مبدل‌ها، خطوط انتقال و ... انجام شده است. شرایط مناسب تابش در طی سال با ۱۰ ساعت تابش موثر در طول روز طی ۹ ماه از سال، به پتانسیل بالقوه برای تولید انرژی تجدیدپذیر بوده است. نتایج مدل‌سازی نشان داده است اقلیم و توپولوژی مناسب منطقه، و میزان تابش موثر خورشیدی بالای آن، امکان تولید ۲۳۶۸۱۴۱۰۰ kWh/year و کاهش انتشار ۱۱۱۲۹۹۲۰۰ کیلوگرم گاز آلاینده Co_2 در سال وجود دارد. همچنین نتایج حاصل نشان دهنده بهره‌وری بالای نیروگاه خورشیدی در این منطقه است که احداث آن را جذاب نموده است.

واژه‌های کلیدی: انرژی پایدار، نیروگاه خورشیدی، امکان‌سنجی، مدیریت سبز، PVSOL

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

۱. مقدمه

اهمیت برق در تولید و اقتصاد کشور از آنجا ناشی می‌شود که صنعت برق در اقتصاد ملی و تامین رفاه اقتصادی و اجتماعی کشورها ارزش زیادی دارد و جز چند صنعت مهم زیربنایی است. به‌ویژه در صنایع، برق دارای ارزش و منزلت خاصی است، زیرا در بیشتر موارد نیروی برق، ماشین‌آلات کارخانه‌ها را به حرکت وا می‌دارد و تمام عملیات و فعالیت‌های تولیدی را امکان‌پذیر می‌نماید و به همین دلیل برخی صاحب‌نظران صنعت برق را مادر صنایع دانسته‌اند. با توجه به اینکه انرژی یکی از شاخص‌های تعیین کننده در توسعه اقتصادی است و توسعه و بهینه‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند نقش موثری در رشد اقتصادی و حفظ شرایط محیطی داشته باشد، که در این بین با توجه به پتانسیل مناسب ایران سیستم‌های فتوولتائیک ساختار قوی و نیاز به تعمیر و نگهداری کمی دارند و بنابراین برای کاربران روستایی از راه دور بسیار مناسب است(Zahedi and et al,۲۰۲۲). شاید تصور بسیاری از مردم از انرژی خورشیدی معطوف به روشن نمودن چراغ‌های راهنمایی و رانندگی و یا تولید ضعیف برق از آن باشد. چرا که گمان می‌کنند چون با نور خورشید برق تولید می‌شود پس نمی‌تواند قدرت کافی برای تامین توان‌های بزرگ را داشته باشد. با استفاده از پانل‌های خورشیدی می‌توان تا مگاوات‌ها برق تولید نمود و آن را برای استفاده از مصارف گوناگون و یا کمک به برق سراسری آماده ساخت. تامین برق سه فاز از طریق انرژی خورشیدی و یا باتری بانک می‌تواند راهگشای بسیاری از صنایع باشد که بنا به دلایلی یا قادر به تامین برق از شبکه سراسری نیستند و یا مقدار توان مورد نیاز آنها از توان حداکثری شبکه فراتر است. امروزه با توجه به افزایش چشمگیر گازهای گلخانه‌ای، و آثار مخرب زیست‌محیطی نیروگاه‌های دیزلی و گازی، رویکرد جدید به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به ویژه انرژی خورشیدی است. تامین انرژی پایدار برای انجام فعالیت‌های صنعتی و تجاری یکی از چالش‌های همیشگی مدیران و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

دولتمردان می‌باشد. از آنجائیکه هر توسعه عموما دارای تبعات زیست‌محیطی است، استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی تجدیدپذیر در کنار شهرک‌های صنعتی، پتروپالایشگاه‌ها، مراکز کشاورزی بزرگ و گلخانه‌های صنعتی آثار مثبتی در کاهش هزینه‌های تولید و تامین انرژی پایدار و استقلال این واحدها داشته است و منجر به بهبود کسب و کارهای مربوط شده است. از آنجائیکه فرایندهای تولیدی در پالایشگاه‌ها، پتروشیمی و سیستم‌های بانکرینگ منجر به آلایندگی زیادی می‌شوند، و همه این فرایندها انرژی‌بر نیز هستند، استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی برای تامین انرژی آنها، و جایگزینی آن با نیروگاه‌های خورشیدی کمک شایانی به کاهش آلایندگی در اطراف آن مناطق صنعتی خواهد شد. بر اساس تحقیقات انجام شده، منطقه مکران پتانسیل مناسبی برای تولید انرژی تجدیدپذیر خورشیدی دارد(Zahedi and et al,۲۰۲۳, Yousefi and et al,۲۰۱۶)، و اقلیم هرمزگان و صنایع آن، امکان بکارگیری این نیروگاه برای صنایع کوچک بررسی شده است(Zarezadeh,۲۰۲۳).

۲. مبانی نظری

توسعه منطقه مکران و افزایش تقاضا برای سرمایه‌گذاری در این منطقه نیاز به انرژی را افزایش داده است. تولید مستمر و بدون وقفه انرژی و پشتیبانی از پالایشگاه‌ها و بانکرینگ‌های وجود در منطقه موجب بهبود فرایندهای تولید و رضایتمندی مشتریان این صنایع خواهد شد. نیروگاه‌های خورشیدی با هزینه به مراتب کمتر از نیروگاه‌های دیزلی و یا سیستم‌های انتقال برق، می‌تواند متناسب با شرایط اقلیمی منطقه انرژی مورد نیاز را تامین نماید. معیارهای ساخت نیروگاه خورشیدی عبارتند از نوع تابش منطقه، ابرناکی ،گرد و غبار، توپوگرافی، دسترسی به مسیرهای تردد، نزدیکی به خطوط انتقال، نوع خاک بستر است. انجام مطالعات دقیق و شبیه‌سازی و مدل نمودن فرایند تولید انرژی، اگر به شکل مناسبی انجام شود میزان خطا و عدم

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

قطعیت خروجی مدل با عملیات اجرائی به شکل محسوسی کاهش خواهد یافت. نرم افزارهای صـــحه‌گذاری شـــده توانمند در حوزه اطلاعات مکانی و توپوگرافی و همچنین مدل‌ســـازی فرایند تولید، که خروجی آنها در ســـطح کلان کاربرد وســـعیی داشـــته، کمک موثری به این فرایند می‌باشـــد. انتخاب چندین موقعیت مکانی و اســـتفاده از قابلیت انتخاب مکان در ArcGIS کمک شایانی به رسیدن به هدف تعیین شده می‌نماید. یافتن حداقل فضای مورد نیاز برای برای ۲۰۰ MW انرژی تولید شـــده با اســـتفاده از نرم‌افزار موجب کاهش هزینه‌های ساخت نیروگاه خواهد شد. نیروگاه‌های خورشیدی به علت هزینه پائین نصب و نگهداری و تولید پایدار، از لحاظ مالی نیز مقرون به صرفه می‌باشند.

منطقه مکران در جنوب ایران یکی از مناطق در حال توسعه، به ویژه در حوزه نفت، پالایشگاه و پتروشـــیمی اســـت و با توجه به نیاز منطقه به انرژی در این منطقه، پژوهش پیش رو توســـط محققان این گروه انجام شـده اسـت تا به عنوان یکی از پیشـنهادات عملیاتی به کارگروه های توســـعه منطقه مکران ارائه گردد. چالش جدی در این منطقه افزایش آلایندگی با توجه به توسعه منطقه و صنایع موجود است که با این راهکار و استفاده از تکنیک های متفاوت نظیر امکانسنجی با ArcGIS ، شبیه سازی نصب نیروگاه خورشیدی و تحلیلی ۲۰ سال داده های اقلیمی اخذ شده از پایگاه هواشناسی در اطراف منطقه مکران مورد بررسی قرار گرفته است.

۳. پیشینه پژوهش

امروزه استفاده از سیستم فوتوولتائیک در راه اندازی صنایع و کارگاه‌ها به سرعت در حال افزایش اســت. در مطالعه کیم و همکاران، یک تحلیل اقتصـادی مقایسـه‌ای برای گلخانه‌های معمولی، کارخانه‌های گیاهی با نور طبیعی و مصنوعی، و آنهایی که فقط نور مصنوعی دارند، نشـان داده اسـت که، نور مصـنوعی و فتوولتائیک (PV) کاهش زیادی را به ترتیب ۴۲۴٪ و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

٪۳۴۰ از نظر مصـرف انرژی اولیه و انتشـار گازهای گلخانه‌ای داشـته‌اند (Kim and et al,۲۰۲۲). بنگلادش تعداد قابل توجهی کارخانه تولیدی بزرگ با سـقف‌های مناسـب دارد که می‌توانند برای اسـتقرار سـیسـتم‌های تبدیل انرژی خورشـیدی اسـتفاده شـوند. طالوت و همکاران در بنگلادش پژوهشـی را انجام دادند که با شـناسـایی ۶۰۴۵ کارگاه و کارخانه که امکان نصب پانل‌های خورشید را داشتند، نصب این پانل‌ها را بر روی سقف آنها مدل‌سازی نمودند. مسـاحت سـقف آنها از ۱۰۰ مترمربع تا ۵۰۰۰۰ متر مربع اسـت و مدل–سـازی فناوری فتوولتائیک خورشـیدی نشـان داد که می‌توان حدود GWp ۷٫۴ با تولید برق سـالانه TWh۱۱بدست آورد (Talut and et al,۲۰۲۲). دسای و همکاران برای غلبه بر مشکل تامین شـبکه مسـتمر برق و مجموعه ژنراتورهای دیزلی، سـیسـتم تبرید مبتنی بر خورشـیدی را برای خنک‌سـازی شـیر در سـطح کارخانجات بررسـی کردند. نتایج نشـان داد که اسـتفاده از انرژی خورشـیدی برای اسـتفاده تجاری آن در عملیات فرآوری لبنیات و همچنین طراحی و توسـعه سـیسـتم‌های تبرید مبتنی بر خورشـیدی برای صـنایع لبنی دارای دامنه وسـیعی اسـت(Desai and et al,۲۰۱۳). از انرژی خورشـیدی برای راه‌اندازی تجهیزات معدن اسـتفاده شـده اسـت. برای کاهش خطرات ناشـی از این سـناریوها، صـنعت به دنبال اسـتفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر اسـت. بهار و همکاران اسـتفاده از فناوری های خورشـیدی حرارتی و فتوولتائیک خورشیدی را برای تولید نیرو و گرما در فرآیندهای استخراج مس بررسی کردند (Behar and et al,۲۰۲۱). فرجانا و همکاران این موضـوع را در معادن سـرب بررسـی کردند. تجزیه و تحلیل مقایسـه‌ای در بین هفت کشـور با در نظر گرفتن چند مورد بر اسـاس طراحی سیسـتم گرمایش فرآیند صـنعتی خورشـیدی انجام می‌شـود. نتایج تجزیه و تحلیل این نتایج نشـان داد که نصـب کلکتور لوله تخلیه شـده در فرآیندهای صـنعتی صـرف نظر از هزینه انرژی خورشـیدی سـودمندترین خواهد بود(Farjana and et al,۲۰۲۰). انتخاب مکان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

برای ساخت نیروگاه خورشیدی تجدیدپذیر و انجام این فرآیند به بهینه‌سازی نتیجه نهایی و کاهش هزینه ها کمک می کند. محققان و دانشمندان در مؤسسات و مراکز تحقیقاتی در سراسر جهان عمدتاً از ترکیبی از روش‌های IDW در یک محیط GIS استفاده کردند(Sun and et al,۲۰۲۰).

٤. روش انجام کار

با توجه به الزامات بیان شده برای ساخت نیروگاه خورشیدی نظیر میزان تابش، توپولوژی منطقه، نزدیکی به مسیرهای تردد و خطوط انتقال نیرو، شرایط آب و هوایی و ... چند منطقه در نزدیکی سایت نفتی منطقه مکران انتخاب و بر اساس شرایط موجود و با استفاده از توانایی نرم‌افزار ArcGIS موقعیت مناسب در محدوده جغرافیایی طول جغرافیایی ۵۷٫۳۶۹۶ درجه و عرض جغرافیایی ۲۷٫۸۴۳۸ درجه که با مساحتی در حدود ۱۰۰ هکتار، در حدود ۴ کیلومتر از موقعیت سایت نفتی منطقه مکران فاصله داشت انتخاب شد (شکل ۱). نکته مهم در جانمائی نیروگاه خورشیدی، قرار گرفتن آن در موقعیت مناسب و توپوگرافی مسطح با ارتفاع مناسب نسبت به نقاط اطراف خود است تا از خطر بارش‌های فصلی سیل‌آسا و عبور جریان‌های موقت به دور باشد، که توپوگرافی نقطه انتخاب شده این نکته را تائید می‌نماید (شکل ۲).

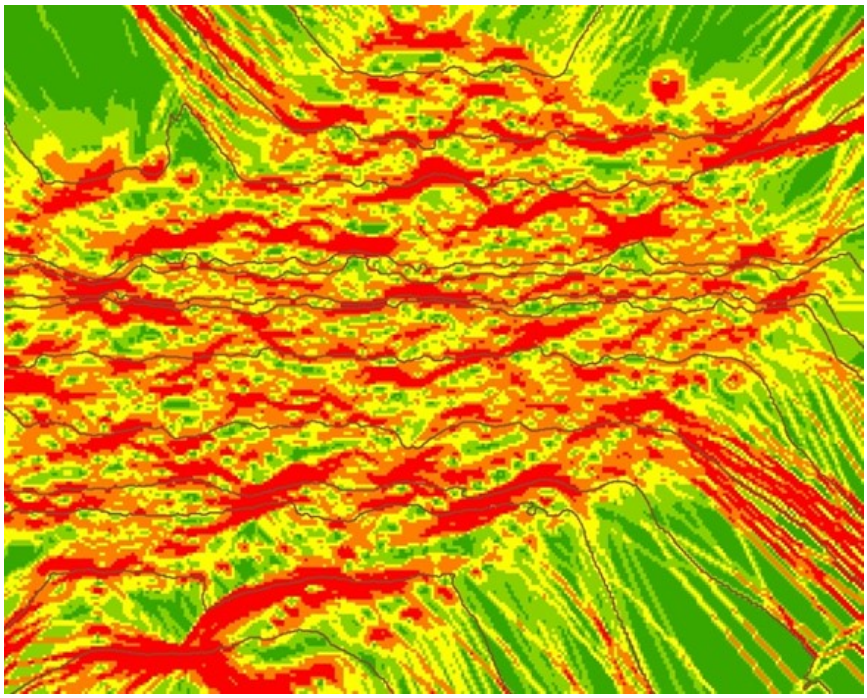
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]



شکل ۱. تصویر موقعیت انتخاب شده برای نصب نیروگاه خورشیدی

شرایط دمائی و تابش منطقه بگونه‌ای است که ۹ ماه از سال امکان ۱۰ ساعت استفاده مفید از انرژی خورشیدی وجود دارد و میانگین تابش منطقه مقدار مناسبی است (شکل ۳). با در نظر گرفتن ساخت نیروگاهی با انرژی MW ۲۰۰ برای تامین انرژی مورد نیاز سایت نفتی منطقه، در شبیه‌سازی با نرم‌افزار PVSOL۲۰۲۱ ازپانل‌های خورشیدی ۴۵۰ وات در دو ردیف با زاویه ۲۴ درجه نسبت به جنوب استفاده شده است. برای جلوگیری از افت ولتاژ و امکان درویابی متوازن، نیروگاه در قطاع‌های ۲MW طراحی و بر اساس آن برای توان مورد نظر توسعه یافته است. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه ضریب عملکرد نیروگاه بهره مناسبی داشته و مقدار ۷۵٫۲٪ است. همچنین توپولوژی مسطح و به دور از پستی و بلندی‌های طبیعی و عدم وجود سازه بلند در اطراف منجر به مقدار کم ضریب کاهنده سایه‌اندازی به حدود ۰٫۸ درصد در هر سال است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]



شکل ۲. تصویر توپوگرافی منطقه انتخاب شده

بر اساس نتایج خروجی شبیه‌سازی، برای رسیدن به توان خروجی مد نظر به تعداد ۴۳۰۰۰۰ پانل و خورشیدی و ۳۸۰۰ مبدل و زمینی به وسعت ۹۰ هکتار احتیاج است. برای برآورد تابش بازگشتی از الگوریتم هافمن[۱] استفاده شده است(Hoffman and et al,۲۰۱۷):

$$E_{clear} = 0.78E_{ext}\ \sin(\gamma_S)^{1.15} \quad (۱)$$

و برای محاسبه تابش نهایی الگوریتم، هی و دیویس بکار گرفته شده است Hoffman and et al,۲۰۱۷)):

$$A_i = \frac{DNI}{E_a} \quad (۲)$$

[۱] Hoffman

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

شرایط اقلیمی و تابش مستقیم منطقه تاثیر مهمی در عملکرد و افزایش بهره‌وری نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه دارند که این پارامترها بر اساس داده‌های خروجی نرم‌افزار PVSOL نشان می‌دهد میزان تابش اثر مستقیمی بر روی ضریب عملکرد مناسب نیروگاه وپانل‌های نصب شده داشته است (شکل ۴).

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6					1	4						
6 - 7			10	75	164	124	48	48	41	46		
7 - 8	83	115	220	317	360	283	158	200	277	341	284	121
8 - 9	440	397	405	457	491	407	271	314	409	497	519	489
9 - 10	552	515	516	568	585	505	362	411	510	602	616	600
10 - 11	622	599	602	643	645	566	434	490	593	672	674	664
11 - 12	659	652	656	676	674	594	471	536	642	716	704	689
12 - 13	671	675	665	678	674	597	478	549	646	710	702	690
13 - 14	655	646	631	650	651	579	460	535	611	665	666	659
14 - 15	613	589	564	591	600	535	419	487	547	591	603	605
15 - 16	525	506	479	490	513	452	339	395	446	478	495	515
16 - 17	321	379	361	370	398	340	234	278	309	269	262	280
17 - 18	9	74	99	177	218	204	119	125	76	9		
18 - 19				1	13	29	12	4				
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	5151	5147	5209	5692	5987	5220	3804	4372	5108	5596	5524	5312

شکل ۳. میانگین ساعتی تابش در ماه های مختلف سال در منطقه مکران

Map data		Per year	
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1839.8	kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1893.3	kWh/m²
Global horizontal irradiation	GHI	2145.3	kWh/m²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	877.7	kWh/m²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	2358.6	kWh/m²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	28 / 180	°
Air temperature	TEMP	27.4	°C
Terrain elevation	ELE	0	m

شکل ٤. داده‌های تابش در منطقه مکران

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

انتخاب پانل و مبدل متناسب با شرایط کاری، میزان توان و انرژی مورد نیاز و همچنین ضریب MPP متناسب، تاثیر زیادی در افزایش بهره مناسب و خروجی متناسب با شرایط دارد (جدول ۱ و ۲).

این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که خروجی این نیروگاه و میزان تزریق برق تولیدی kWh/year ۲۳۶۸۱۴۱۰۰ است که مقدار قابل توجهی بوده و این میزان منجر به کاهش تولید ۱۱۱۲۹۹۲۰۰ کیلوگرم گاز آلاینده Co_2 در سال می‌شود که توسط نیروگاه‌های دیزلی با همین میزان توان تولیدی کار می‌کنند.

جدول ۱. مشخصات فنی پانل‌های خورشیدی بکار رفته در شبیه‌سازی

مقدار ولتاژ MPP بر حسب ولت	۳۵٫۱
شدت جریان MPP بر حسب آمپر	۱۲٫۸۱
ولتاژ جریان باز بر حسب ولت	۴۲
جریان اتصال کوتاه بر حسب آمپر	۱۳٫۵۷
توان اسمی بر حسب وات	۴۵۰
بهره‌وری بر حسب درصد	۲۰٫۷۸
ابعاد بر حسب mm	۱۹۱۰×۱۱۳۳

جدول ۲. مشخصات فنی مبدل‌های بکار رفته در شبیه‌سازی

خروجی اسمی بیشینه در جریان مستقیم بر حسب KW	۵۰
بیشینه توان جریان مستقیم بر حسب kW	۶۶
ولتاژ اسمی مستقیم بر حسب ولت	۸۶۰
نرخ توانAC بر حسب kW	۵۰

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

۵. بحث و تحلیل نتایج

نتایج پایش محیطی و شبیه‌سازی نشان داده است که نصب نیروگاه خورشیدی در منطقه مکران می‌تواند تامین‌کننده انرژی مورد نیاز صنایع و پالایشگاه‌های این منطقه باشد. آلایندگی صفر این صنعت و هزینه تعمیر و نگهداری بسیار پائین و زمان بازده مناسب در منطقه که حدود ۱۰ ساعت در روز می‌باشد، گزینه بسیار مناسبی برای تامین انرژی پایدار و مستمر در منطقه مکران است. وجود زمین‌های مسطح با توپولوژی مناسب و اقلیم گرم و خشک عامل افزایش بهره‌وری سیستم‌های فوتوولتائیک است و با توجه به ساده بودن این سیستم‌ها، تعداد پرسنل فنی مورد نیاز در آنها نیز به نسبت دیگر نیروگاه‌ها کمتر است. تامین انرژی توسط این نوع از نیروگاه‌ها، به ویژه برای تامین انرژی پالایشگاه‌ها و پتروشیمی‌ها، تاثیر زیادی در کاهش میزان آلایندگی و ارتقا سطح کیفی مدیریت سبز خواهند داشت. با توجه به در حال توسعه بودن مناطق شرق هرمزگان و منطقه مکران، ایجاد زیربنای مناسب برای تامین انرژی از روش انرژی‌های تجدیدپذیر، علاوه بر توسعه ارزان قیمت و اقتصادی نسبت به دیگر روش‌ها، از آلایندگی محیط‌زیست در آن بخش جلوگیری می‌نماید. تجربه چندین سال گذشته نشان داده است، همواره تامین انرژی از طریق نیروگاه‌ها در فصول سرد سال به علت افت فشار گاز و نیاز مصارف خانگی، و در فصول گرم سال به علت مصرف سیستم‌های تهویه، به ویژه در مناطق جنوب کشور، چالشی بزرگ برای مدیران حوزه انرژی بوده است که با این روش می‌توان بر این مشکل فائق آمد.

بررسی و امکان‌سنجی برای ساخت اینگونه نیروگاه‌ها و همچنین برآورد اقتصادی آنها توسط کارشناسان خبره، منجر به ارائه موقعیت‌های مناسب سرمایه‌گذاری در این حوزه شده است. ایجاد یک نیروگاه اولیه پایلوت در این منطقه توسط بخش دولتی و یا با حمایت کامل دولت و ایجاد فرهنگسازی در این زمینه تاثیر بسیار زیادی در توسعه استفاده و بکارگیری نیروگاه‌های خورشید خواهد داشت. در تصور بسیار از مدیران و سیاستگذاران کشور، مناطق جنوب ایران به علت دمای بالا و رطوبت، مقرون به صرفه نبوده و موجب کاهش بهره‌وری نیروگاه

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

خورشیدی است و این در حالیست که کشورهای با وضعیت اقلیمی جنوب ایران همانند امارات متحده عربی، هند، اندونزی، مالزی سرمایه‌گذاری زیادی در این بخش داشته‌اند و به نتایج علمی و عملی بزرگی دست یافته‌اند. نکته قابل توجه این می‌باشد که در صورت فرهنگسازی در این زمینه و آموزش به مناطق محروم و روستاهایی منطقه مکران، علاوه بر تولیدی انرژی برای صنایع، با استفاده از نیروگاه‌های کوچک مقیاس نصب شده بر بام خانه‌های روستائی، ضمن تامین انرژی مناطق دورافتاده، می‌توان به معیشت، اقتصاد و استقلال مالی آنها کمک نمود. علاوه بر این با توجه به برنامه‌ریزی سازمان ملل در هفتمین برنامه توسعه پایدار با عنوان انرژی پاک و قابل دسترس، مطمئن، پایدار و نو برای همه، با تقویت همکاری بین المللی برای تسهیل دسترسی به پژوهش و فناوری مربوط به انرژی پاک و گسترش زیرساخت و ارتقا فناوری برای تامین خدمات نوین از برنامه‌های حمایتی این سازمان استفاده نمود. برنامه مذکور سازمان ملل در نظر دارد به صورت تدریجی و با بهره‌گیری از زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال و توسعه صنایع زیرساختی انرژی‌های سبز همچون انرژی خورشیدی، بیش از ۴۰۰ میلیون شغل در جهان ایجاد نماید. توجه داشته باشیم که علاوه بر پتانسیل فراوان برای اشتغال‌زایی به سبب نو بودن آن، از زیرشاخه‌های متعدد نیز برخوردار بوده که می‌توانند زمینه‌های گسترده‌ای برای اشتغال‌زایی جوانان متخصص را فراهم آورند. از حیث عدالت اقتصادی، باید توجه داشت که زمینه یاد شده به موجب تخصصی بودن مشاغل درگیر با آنها، فرصت‌های شغلی مساعدی را فراهم می‌کند. همچنین به دلیل مشارکت گسترده بخش خصوصی به عنوان موتور فعال و قلب تپنده انرژی‌های سبز و راندمان محور بودن بخش خصوصی در قیاس با بخش‌های دولتی، فرصت‌های شغلی به درستی و بر اساس مدل‌های توزیع عادلانه در اختیار جوانان متخصص قرار خواهد گرفت.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

٦. نتیجه‌گیری

مقایسه بین خروجی نتایج شبیه‌سازی انجام شده در منطقه با پژوهش‌های مشابه نشان داده است منطقه مکران با توجه به نوع اقلیم مناسب و وجود دشت‌های وسیع و نزدیکی به سواحل دریا می‌تواند عامل مهمی در تحقق اهداف پیشرو در توسعه نیروگاه‌های خورشیدی باشد. نتایج این تحقیق نشان داده است، نزدیکی منطقه مکران به ساحل خلیج فارس و دریای عمان منجر به بهبود عملکرد و کارائی پانل‌های خورشیدی شود. استفاده از تکنیک **AHP** در امکان‌سنجی و انتخاب موقعیت نصب نیروگاه خورشیدی، این قابلیت را توجیه نموده است. مقایسه نتایج تحقیقات میدانی و شبیه‌سازی این پژوهش با دیگر پژوهش‌های مشابه در منطقه و دیگر مناطق نشان می‌دهد انتخاب روش تعیین موقعیت چند معیاره در نرم‌افزار **ArcGIS** برای انتخاب موقعیت مناسب ساخت نیروگاه مزیت مناسبی را ایجاد خواهد نمود و منطقه مکران از این لحاظ دارای موقعیت چند معیاره مناسبی است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

۷. منابع

Aydin, N.Y., E. Kentel, and H.S. Duzgun,(۲۰۱۳), "GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey" , *Energy conversion and management*, ۷۰: p. ۹۰-۱۰۶.

Behar.O, Pena.R, Kouro.S, Kracht.W, Fuentealba.E, Moran.L, Sbarbaro.D, (۲۰۲۱). "The use of solar energy in the copper mining processes: A comprehensive review"*, Cleaner Engineering and Technology* ٤ ,۱۰۰۲۵۹.

Desai.D.D, Raol.J.B, Patal.S,Chauhan.I,(۲۰۱۳), "Application of Solar energy for sustainable Dairy Development", *European Journal of Sustainable Development*, ۲(٤), ۱۳۱-۱٤۰.

Farjana.Sh.H, Mahmud.A.A.P, Hida.N,(۲۰۲۰). "Solar process heat integration in lead mining process", *Case Studies in Thermal Engineering*, ۲۲, ۱۰۰۷٦۸.

Hofmann. M, Seckmeyer.G.(۲۰۱۷), "A New Model for Estimating the Diffuse Fraction of Solar Irradiance for Photovoltaic System Simulations", *Energies* ۱۰(۲), ۲٤۸; https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/en۱۰۰۲۰۲٤۸

Hofmann. M, Seckmeyer.G.(۲۰۱۷), "Influence of Various Irradiance Models and Their Combination on Simulation Results of Photovoltaic Systems", *Energies* ۱۰(۱۰), ۱٤۹٥; https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/en۱۰۱۰۱٤۹٥

Kim.Y, Shin.H.R, Oh.S.H, Yu.K.H,(۲۰۲۲). "Analysis on the Economic Feasibility of a Plant Factory Combined with Architectural Technology for Energy Performance Improvement", *Agriculture* ۱۲,٦۸٤.

Sánchez-Lozano, J.M., (۲۰۱٤), "GIS-based photovoltaic solar farms site selection using ELECTRE-TRI: Evaluating the case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain". *Renewable Energy*, ٦٦: p. ٤۷۸-٤۹٤.

Sun, L.(۲۰۲۱), "A GIS-based multi-criteria decision making method for the potential assessment and suitable sites selection of PV and CSP plants. Resources", *Conservation and Recycling*, ۱٦۸: p. ۱۰٥۳۰٦.

Talut.M, Bahaj.A.S, James.P,(۲۰۲۲). "Solar Power Potential from Industrial Buildings and Impact on Electricity Supply in Bangladesh", *Energies*, ۱٥, ٤۰۳۷.

Tercan, E.(۲۰۲۱), "A sustainable framework for spatial planning of photovoltaic solar farms using GIS and multi-criteria assessment approach in Central Anatolia, Turkey". *Land use policy*, ۱۰۲: p. ۱۰٥۲۷۲.

Yosefi, H. Hafefnia, H. Astaraie, F,R.(۲۰۱٦). "Feasibility of solar energy to produce electricity in the ocean coasts of southeastern Iran" ,*The conference on geopolitics, the processing of geopolitical potentials in the development of the southeast coast of the Iran*, ((۲۰۲۰),٤٥-٥۹,

Zahedi.R, Zahedi.A, Ahmadi.A.(۲۰۲۲), "Strategic Study for Renewable Energy Policy, Optimization and Sustainability in Iran", *Energy Sustainability*, ۱٤(٤), ۲٤۱۸-۲٤۳۲.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]

Zahedi, R. Sadeghitabar, E. Ahmadi, A.(۲۰۲۳). "Solar energy potential assessment electricity generation for on the south-eastern coast of Iran", *Future Energy*, ۲۰۲۳, (۲)۱,pp-۱۵-۲۲.

Zarezadeh, M. (۲۰۲۳). "Feasibility Construction Of a ٤ MW PV Power Plant to Provide Sustainable Electricity to Bandar Abbas Industrial Estate", *Journal of Solar Energy Research*, ۸(۱), ۱۲۵۰-۱۲٦۳.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-08]