تحقیقات اقتصادی / دوره ۵۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۹۷/ ص ۸۵۳-۸۲۹

ارزیابی مالی استفاده از برق خورشیدی: مطالعه‌ی موردی فاز ۱۳ میدان گازی پارس جنوبی

افسانه دهقانی[۱]، ابراهیم حیدری*[۲]، رضا روشن[۳]

۱. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه خلیج فارس بوشهر

Afsaneh_dehghani54@yahoo.com

۲. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه خلیج فارس بوشهر، eheidari@pgu.ac.ir

۳. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه خلیج فارس بوشهر، re.roshan@pgu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۸

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی مالی استفاده از نیروگاه خورشیدی در سکوی گازی فاز ۱۳ پارس جنوبی به جای نیروگاه فسیلی به‌منظور تأمین انرژی ضروری سکوی مذکور می‌باشد. بدین‌منظور از روش تحلیل هزینه‌ی چرخه عمر، هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت انرژی در سیستم فتوولتائیک و نیروگاه فسیلی (در دو سناریو) استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که هزینه هر کیلو وات ساعت تولید انرژی به‌دست آمده توسط نیروگاه خورشیدی، برابر ۲۶ هزار ریال و هزینه هر کیلو وات ساعت تولید انرژی توسط نیروگاه فسیلی در سناریوی اول با احتساب قیمت واقعی گازوئیل برابر ۴۵ هزار ریال و در سناریوی دوم با احتساب قیمت یارانه‌ای گازوئیل برابر ۴۱ هزار ریال می‌باشد. با مقایسه‌ی گزینه‌ها، نشان داده می‌شود؛ به‌کارگیری نیروگاه فسیلی با توجه به هزینه‌های بالا ناشی از مصرف بالای سوخت، نیاز به کارگر تمام وقت، ایاب ذهاب شناوری و آلودگی محیط زیست در هر دو سناریو توجیه اقتصادی ندارد و گزینه نیروگاه خورشیدی در مقایسه با نیروگاه دیزلی از اولویت بالاتری برخوردار است.

طبقه‌بندی JEL : D22 ,G11, L94, ,O13, Q42,Q49

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، سیستم فتوولتائیک، انرژی فسیلی، سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی، ارزیابی مالی

---

*. نویسنده مسئول، شماره تماس ۰۹۱۷۳۷۱۲۴۶۳

۱- مقدمه

انرژی خورشیدی یکی از منابع مهم انرژی‌های تجدیدپذیر است. بهره‌گیری از این انرژی، اثرات مخرب زیست محیطی را به همراه ندارد و از دیر باز به روش‌های گوناگون مورد استفاده‌ی بشر قرار گرفته است. میزان انرژیی‌ای که این منبع در مدت زمان یک ساعت به زمین ارزانی می‌کند، تأمین کننده‌ی تمامی انرژی مورد نیاز بشر در طول یک سال است.

بدون تردید یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های کشورهای پیشرفته در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی، گسترش تکنولوژی‌هایی است که جهت بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی استفاده می‌شوند. اگرچه بهره مندی از انرژی خورشید، مزایای زیادی دارد؛ ولی هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه موجب شده است تا در بسیاری موارد قابل رقابت با انرژی‌های فسیلی نباشد.

میدان گازی پارس جنوبی، بزرگ‌ترین منبع گازی جهان است که بر روی خط مرزی مشترک کشورهای ایران و قطر در خلیج فارس واقع شده است و یکی از اصلی‌ترین منابع انرژی کشور به شمار می‌رود. هم اکنون برنامه‌ریزی‌های دقیقی به‌منظور تولید ۷۹۰ میلیون مترمکعب گاز در روز، با توسعه ۲۴ فاز در این میدان انجام گرفته است. فاز ۱۳ میدان گازی پارس جنوبی به‌عنوان یکی از ۲۴ فاز مذکور که موضوع این تحقیق می‌باشد؛ در ۲۷۰ کیلومتری بندر بوشهر، واقع در دریای خلیج فارس واقع شده است. ظرفیت تولید این فاز از مخزن، برابر دو میلیارد فوت متر مکعب گاز در روز و هدف از اجرای این فاز، استخراج روزانه ۵۶ میلیون متر مکعب گاز غنی شده و پالایش آن می‌باشد. تاریخ شروع این پروژه از اواخر سال ۱۳۸۹ بوده است که پیشرفت این پروژه تا زمان انجام این تحقیق ۶۲/۵ درصد می‌باشد (سایت اینترنت شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۴).

انرژی مورد نیاز این سکو در بخش مسکونی، اداری، ایمنی، روشنایی و تاسیساتی از طریق برق تولیدی توسط دیزل ژنراتورها تأمین می‌شود. در این مطالعه تلاش شده است تا هزینه‌ی تأمین انرژی سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی برای بخش‌های ضروری آن سکو که شامل بخش‌های مسکونی، اداری، ایمنی و روشنایی می‌باشد؛ در قالب دو گزینه، یکی سیستم فتوولتائیک و دیگری نیروگاه فسیلی، با طول عمر ۳۰ سال برای هر کدام از گزینه‌ها، ارزیابی شود. ارزیابی مالی تأمین انرژی ضروری سکوی مذکور به روش

چرخه‌ی عمر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به اینکه بهره‌گیری از سیستم فتوولتائیک در سکوهای فراساحلی پارس جنوبی و دیگر سکوهای دریایی به‌صورت گسترده انجام نشده است؛ بهره‌گیری از فناوری فتوولتائیک در بخش‌های ضروری سکوی مذکور از نوآوری این پژوهش می‌باشد که مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است.

۲- ادبیات و پیشینه پژوهش

از آنجا که انرژی خورشید، فراوان‌ترین منبع انرژی جهان محسوب می‌شود؛ لذا بشر را وادار به بهره‌گیری از این انرژی رایگان کرده است. از مهم‌ترین دلایلی که این تحقیق را به بررسی ارزیابی مالی بهره‌گیری از سیستم فتوولتائیک به جای نیروگاه دیزلی سوق داده است؛ می‌توان به عواملی چون مصرف بالای انرژی در صنایع کشور، بالا بودن هزینه‌ی تأمین انرژی سکوهای دریایی به دلیل دور از دسترس بودن آن‌ها از شبکه‌ی برق سراسری، احتمال قطعی برق در سکوها به‌دلیل نقص‌های فنی احتمالی در دیزل ژنراتورها، اثرات منفی ناشی از آلودگی محیط‌زیست، به خطر افتادن حیات آبزیان، ایجاد گازهای گلخانه‌ای و تأخیر در سوخت رسانی به دیزل ژنراتورها به دلیل شرایط نامساعد جوی در دریا اشاره کرد که همگی سبب به‌وجود آمدن پاره‌ای مشکلات احتمالی برای کارکنان و سیستم‌های اضطراری و ایمنی می‌شود.

در این راستا طباطبایی یزدی و شهسوار (۱۳۹۶)، در مطالعه خود با این عنوان که آیا انرژی خورشیدی می‌تواند جایگزین انرژی‌های فسیلی شود، ادعا کرده‌اند که با وجود منافع زیاد این انرژی و هم‌چنین با وجود پتانسیل بالای این منبع در ایران نسبت به دیگر کشورها، هنوز موانع قابل توجهی از جمله هزینه‌های بالای تولید فناوری‌های خورشیدی و پایین بودن بازده سیستم‌های خورشیدی، روند استفاده‌ی بهینه از این فناوری را در ایران کند کرده است.

سلیمی‌فر و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ی خود با ارزیابی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش ساختمان، مطرح کرده‌اند که هر کدام از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی دارای منافع گوناگون اقتصادی برای تولید و عرضه می‌باشند.

شمس و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ی خود با عنوان مروری بر فناوری‌های تولید برق از انرژی خورشیدی و مقایسه‌ی آماری بزرگ‌ترین نیروگاه‌های خورشیدی جهان،

مطرح کرده‌اند که با توجه به پتانسیل بالای تابش نور خورشید در مناطق وسیعی از کشور ایران، از میان این منابع، انرژی خورشیدی دارای جذابیت بیشتری است.

ساکی پور و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهش خود امکان استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اهواز را مورد مطالعه و تحقیق قرار داده‌اند و نتایج آن‌ها نشان می‌دهد تابش نور خورشید در آن شهرستان از وضعیت مناسبی برخوردار است.

پیر حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهش خود استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان‌ها را بررسی کرده و باور داشته‌اند که در بین منابع انرژی موجود، انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی‌های بادی و خورشیدی به دلایل فراوانی و دسترسی آسان و هم‌چنین سهولت تبدیل آن‌ها به انرژی الکتریکی از محبوبیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

شعربافیان (۱۳۸۶)، در مطالعه خود با عنوان برآورد فنی- اقتصادی انرژی خورشیدی در ایران، به این نتیجه رسیده است که ایران دارای پتانسیل فنی زیادی در زمینه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، ولی برای تبدیل شدن این پتانسیل به پتانسیل اقتصادی، لازم است یک راهکار بازار - محور ارائه شود تا توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به‌صورت پایدار و توسط بخش‌های خصوصی و دولتی انجام گیرد.

شانگ چانگ[1] (۲۰۱۱)، در مطالعه‌ی خود پتانسیل انرژی خورشیدی در مصارف خانگی را برای کشور تایوان مورد ارزیابی قرار داده است. این پژوهش با بررسی مزایا و موانع استفاده از انرژی تجدیدپذیر به این نتیجه رسیده است که بازار و مشوق‌های سرمایه‌گذاری از جمله فاکتورهای تأثیرگذار بر نصب مولدهای انرژی خورشیدی در تایوان می‌باشند.

آنگاره و همکاران[2] (۲۰۱۰)، در مطالعه‌ی خود به ارزیابی پتانسیل کشور اردن برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژهای بادی و خورشیدی پرداخته‌اند و در نتایج به‌دست آمده، پتانسیل هر منطقه را برای بهره گیری از انرژی بادی و یا خورشیدی مشخص کرده‌اند. چاندراسکار و همکاران[3] (۲۰۱۰)، در مطالعه‌ی خود به بررسی و ارزیابی سیستم‌های فتوولتائیک برای تأمین برق مناطق روستایی کشور هندوستان

1. Sheng chang, 2011
2. Anagreh et al, 2010
3. Chandrasekar et al

پرداخته‌اند و با استفاده از روش تحلیل هزینه چرخه‌ی عمر، عنوان نموده‌اند که سیستم‌های فتوولتائیک از جنبه‌های اقتصادی و پیامدهای زیست محیطی بالایی برای تأمین برق مصارف خانگی روستاها برخوردارند.

در مجموع می‌توان گفت؛ در بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی محاسبه‌ی هزینه‌ی تولید انرژی‌های الکتریکی با روش‌های مختلف به ویژه سیستم فتوولتائیک، از روش تحلیل هزینه‌ی چرخه عمر استفاده شده است. از آنجا که در این مطالعه نیز از همین روش استفاده شده است، در بخش بعدی به بررسی آن پرداخته می‌شود.

۳- مبانی نظری و الگوی پژوهش

۳-۱- هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق خورشیدی

عواملی از قبیل میزان تابش نور خورشید، کارایی مدول‌ها و نرخ بهره، تأثیر به‌سزایی بر هزینه‌ی تولید برق، توسط نیروگاه خورشیدی دارند. میزان تابش نور خورشید در منطقه‌ی مورد بررسی، مشخص می‌کند که تا چه‌اندازه‌ی امکان تولید برق خورشیدی وجود دارد. با توجه به اینکه تابش نور خورشید در محل نصب سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی، برابر ۵/۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع می‌باشد؛ این منطقه دارای پتانسل خوبی برای استفاده از سلول‌های خورشیدی است. در طراحی سیستم‌های خورشیدی در مناطق گرمسیر، باید به تغییرات گرمایی نگاهی ویژه داشت. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض حرارت محیط، ممکن است؛ سبب تضعیف تدریجی توان خروجی تجهیزات سیستم خورشیدی و کاهش راندمان پنل‌ها شود. دمای سلول‌های خورشیدی از عواملی چون میزان تشعشات نور خورشید، رطوبت و مشخصات پنل‌های خورشیدی تأثیر می‌پذیرد. در طراحی سامانه‌ی خورشیدی، "ضریب دمای سلول" در محاسبه‌ی جبران‌سازی دما در تشعشعات خورشیدی و هم‌چنین دماهای محیطی استفاده می‌شود. راندمان تبدیل انرژی در سلول‌های خورشیدی به چند عامل از جمله شرایط جوی، دمای محیط، آلودگی هوا و اندازه‌ی طیف تشعشعات اشعه خورشید بستگی دارد. برای رسیدن به بالاترین راندمان، نیازمند به‌کارگیری مواد گرانبهایی در سلول‌های پیوندی پنل‌ها می‌باشیم. در این پژوهش با در نظر گرفتن رطوبت بالا و احتمال گرد و غبار و آلودگی هوا در منطقه پارس جنوبی، علاوه بر گزینش سلول‌هایی از نوع آمورف و

میکرومورف سیلیکون، در محاسبات فنی نیز کاهش ۳۰ درصدی راندمان سلول‌های خورشیدی، در نظر گرفته شده است.

الگوی مورد استفاده در این مطالعه به‌منظور محاسبه‌ی هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید برق خورشیدی، روش تحلیل هزینه، چرخه‌ی عمر می‌باشد که با توجه به ویژگی‌های فنی سیستم فتوولتائیک و جایگزین‌ها مطرح شده است. هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت انرژی فتوولتائیک با احتساب عواملی چون نرخ تنزیل ، طول عمر سیستم و میزان تابش نور خورشید در منطقه، محاسبه می‌شود. به‌منظور محاسبه‌ی هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید برق خورشیدی، از رابطه (۱) استفاده می‌شود، که توسط کلی و نوتون[1] ارائه شده است.

$$C_{pv=}\ \frac{\{[CRF(i,n)+INS][1+ID][MOD+BOS+PC.SP.n\ mod.n\ bos.nt]+OM\}}{n\ mod.n\ bos.INSOL.pc} \qquad (۱)$$

در اینجا: C_{pv} هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید برق خورشیدی برحسب دلار می‌باشد. i نرخ تنزیل واقعی، n طول عمر سیستم فتوولتائیک، CRF ضریب بازگشت سرمایه، INS هزینه‌ی بیمه، ID ضریب هزینه‌های پیش‌بینی نشده، MOD هزینه‌ی سرمایه‌گذاری مدول‌ها، BOS هزینه‌ی سرمایه‌گذاری تجهیزات جانبی سیستم فتوولتائیک مرتبط با منطقه، pc کارایی وضعیت توان، SP حداکثر توان تابشی خورشیدی، nmod کارایی مدل فتوولتائیک، nbos کارایی تجهیزات جانبی، nt ضریب تصحیح دمای سلول خورشیدی، OM هزینه‌ی تعمیر و نگهداری سالانه و INSOL نیز تابش سالانه‌ی انرژی خورشیدی بر روی پنل‌های مسطح و ثابت می‌باشد.

۳-۲- هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید برق با استفاده از سوخت فسیلی

در ارزیابی گزینه ی دیگر یعنی تولید برق با استفاده از نیروگاه فسیلی، به روش تحلیل هزینه‌ی چرخه عمر، با توجه به نرخ تنزیل واقعی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌ی عملیاتی و سایر موارد، هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت انرژی از مدل ذیل استفاده می‌شود:

$$C = \frac{ALCC}{E} \qquad (۲)$$

1. Kelly & Notton, 1998.

در اینجا، C، هزینه‌ی تولید متوسط سالانه انرژی الکتریسته توسط مولد دیزلی، ALCC، هزینه‌ی سالانه‌ی چرخه عمر و E، مصرف سالانه‌ی انرژی می‌باشد.

$$ALCC = \frac{LCC}{(P/A)} \quad (۳)$$

LCC، هزینه‌ی چرخه عمر و (P/A) ضریب ارزش فعلی یکنواخت تک پرداختی سالیانه می‌باشد.

$$\left(\frac{P}{A}\right) = \frac{(1+i)^{n_2}-1}{i(1+i)^{n_2}} \quad (۴)$$

در رابطه بالا n_1، زمان انجام تعمیر اساسی و n_2، طول عمر سیستم می‌باشد. در این مدل $\left(\frac{P}{A}\right)$ معکوس CRF، در الگوی (۱) است.

$$LCC = C_{\circ} + PW \quad (۵)$$

در اینجا، $C_{\circ}$ هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و PW، ارزش فعلی هزینه‌های جاری می‌باشد که به‌صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$PW = C_1\left((P|F), i, n_1\right) + C_2\left((P|A), i, n_2\right) \quad (۶)$$

که در آن، C_1، هزینه‌ی تعمیر اساسی و C_2، هزینه‌های جاری می‌باشد. $(P|F)$، ضریب ارزش آینده یکنواخت تک پرداختی سالیانه می‌باشد که عبارت است از:

$$\left(\frac{P}{F}\right) = \frac{1}{(1+i)^{n_1}} \quad (۷)$$

در اینجا i، نرخ تنزیل واقعی شبکه است که مطابق رابطه ذیل به‌دست می‌آید:

$$i = \frac{1+r}{1+p} - 1 \quad (۸)$$

در رابطه بالا ، p نرخ تورم انتظاری و r نرخ بهره اسمی می‌باشند که برحسب درصد بیان می‌شوند (لزورد، ۲۰۰۱)[1]. بنابراین می‌توان نوشت:

$$C_{PV} = f\left(\frac{1+r}{1+p} - 1\right) \quad OR \quad C_{PV} = f(i) \qquad , \quad \frac{dC_{PV}}{di} = f' < 0 \quad (۹)$$

"لذا با توجه به ارتباط معکوس بین هزینه‌ی تولید و نرخ تنزیل واقعی، می‌توان نرخ تنزیل اسمی را به‌طور معکوس و نرخ تورم انتظاری را به‌طور مستقیم در هزینه‌ی تولید مؤثر دانست، بنابراین کل سرمایه‌گذاری به دو عامل نرخ تنزیل و نرخ تورم وابسته است و چون سهم سیاست‌های پولی و مالی دولت و نرخ تورم به سیستم و ثبات اقتصادی وابسته است، بنابراین به‌طور غیرمستقیم نقش ثبات اقتصادی و تعدیل منطقی نرخ بهره در امر سرمایه‌گذاری اهمیت دارد". (خوش اخلاق، ۱۳۸۴، ص۸۱).

1. Lesourd, 2001

۴- محاسبات و تجزیه و تحلیل تجربی

۴-۱- برآورد برق مورد نیاز سکو

به‌منظور برآورد میانگین مصرف انرژی ضروری سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی، با استفاده از پیوست ۱، میزان بار مصرفی سکوی مورد نظر با میانگین بار مصرفی ۱۲ ساعت در روز، ۵۵ کیلو وات ساعت برآورد شده است. بر اساس موقعیت جغرافیایی[1] میدان گازی پارس جنوبی و هم‌چنین طبق اطلاعات به‌دست آمده از سایت جهانی سنجش آب و هوای جغرافیایی[2] و سازمان فضایی و هوانوردی ملی آمریکا (ناسا)، تعداد ساعات آفتابی در این منطقه در ۲۲ ژوئن (بهترین روز تابشی) دارای ۱۱ ساعت تابش و در ۲۲ دسامبر (بدترین روز تابشی) دارای ۷ ساعت تابش و شدت تابش نور خورشید در این منطقه برابر ۵/۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع[3] می‌باشد، که این ارقام نشان دهنده توان بالای منطقه به‌منظور استفاده از سلول‌های خورشیدی می‌باشد.

در این تحقیق، تجهیزات مورد نیاز از نوع فیکس و سلول‌های خورشیدی از نوع گالیوم (جهت بالا بردن توان در برابر رطوبت و گرد و غبار) پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین برای جبران تلفات ناشی از عوامل مذکور، به مصرف هر کدام از تاسیسات و تجهیزات تأمین کننده انرژی، ۳۰ درصد توان مصرفی اضافه می‌گردد، که برای برآورد تعداد پنل‌های خورشیدی مورد نیاز، ابتدا توان مصرفی سکو با احتساب ۳۰ درصد تلفات محاسبه می‌شود.

$$\text{توان مصرفی سکو} = (55_{kw} * 30\%) + 55_{kw} = 71.5_{kw} \quad (۱۰)$$

با توجه به میانگین ساعات کارکرد روزانه سکو برابر ۱۲ ساعت، توان ورودی سیستم خورشیدی طبق رابطه (۱۱) قابل محاسبه می‌باشد.

$$\text{توان مصرفی سیستم خورشیدی} = 71.5_{kw} * 12_{h} = 858_{kwd} \quad (۱۱)$$

از تقسیم توان مصرفی سیستم خورشیدی به‌دست آمده بر تعداد ساعات تابش نور خورشید، توان ورودی سلول‌های خورشیدی در یک شبانه روز برابر خواهد بود با:

$$\text{توان ورودی سلول‌های خورشید در یک شبانه روز} = {}^{858_{kwd}}/_{5.5_{h}} = 156_{kw} \quad (۱۲)$$

---

1. 270 30' 0" N, 520 37' 6.07" E
2. www.stormgeo.com
۳. یعنی نور خورشید در یک شبانه روز، توانایی تامین ۵/۵ ساعت انرژی مورد نیاز را دارد.

۴-۲- محاسبات فنی و اقتصادی سیستم فتوولتائیک

با توجه به اینکه ظرفیت هر عدد پنل مرسوم در بازار، جهت پروژه‌های مشابه، برابر ۲۵۰ وات ساعت در روز می‌باشد، لذا برای محاسبه تعداد پنل‌های خورشیدی مورد نیاز این پروژه، به‌منظور تأمین انرژی ضروری سکوی مذکور، بار مصرفی سیستم خورشیدی بر توان هر عدد پنل خورشیدی که برابر ۲۵۰ وات ساعت می‌باشد؛ تقسیم می‌شود تا تعداد پنل‌های مورد نیاز حاصل شود.

توان ورودی سلول‌های خورشید در یک شبانه روز $= {858_{kwd}}/{5.5_h} = 156_{kw}$ (۱۳)

تعداد پنل مورد نیاز $= \frac{156_{kw}}{250_w} = \frac{156000_w}{250_w} = 624$ (۱۴)

نوع پنل‌های مناسب برای این نوع پروژه، پنل‌های "ینگلی"[1] از نوع سلول‌های پیوندی آمورف و میکرومورف سیلیکون، می‌باشد و قیمت هر وات از این پنل‌ها، معادل ۳۰ هزار ریال برآورد شده است.

بنابراین هزینه‌ی کل پنل‌های خورشیدی برحسب میلیارد ریال قابل محاسبه است.

هزینه‌ی کل پنل‌های خورشیدی $= 624*250_w*30{,}000_r=4.7_{mr}$ (۱۵)

نوع شارژ کنترلرهای مناسب برای این نوع پروژه از نوع "استکا"[2]، ساخت کشور آلمان پیشنهاد شده است. تعداد شارژ کنترلر مورد نیاز برابر این پژوهش برابر ۳۷ عدد برآورد می‌شود، که با توجه به قیمت هر عدد برابر ۱۷/۲ میلیون ریال، هزینه‌ی کل شارژ کنترلرهای مورد نیاز برای این پژوهش، برابر ۶۳۶/۴ میلیون ریال به‌دست می‌آید.

در زمان‌هایی که تابش نور خورشید وجود ندارد (روزهای ابری و یا در شب)، از باتری‌های اتمی با طول عمر بالا و دو برابر مقدار نیاز این پژوهش، استفاده می‌شود تا بتوان طول عمر آن‌ها را به طول عمر سیستم فتولتائیک رساند. باطری‌های مناسب برای این پژوهش، ۱۱۰۰ عدد باطری ۱۲ ولت ۱۰۰ آمپر و از نوع "نیوماکس"[3]، ساخت کشور کره جنوبی پیشنهاد شده است. از آنجا که قیمت هر عدد باطری به‌طور میانگین معادل ۴/۵ میلیون ریال قیمت‌گذاری شده است، لذا هزینه‌ی کل باطری‌های مورد نیاز برای این پژوهش معادل ۴/۹۵ میلیون ریال برآورد می‌شود. به‌منظور جبران تلفات موجود در سیستم‌های فتوولتائیک، توان خروجی محاسباتی پنل‌ها را سه برابر شده و براساس توان

1. Yingli
2. Steca
3. New max

محاسباتی جدید، تعداد اینورتورها مشخص می‌شود. اینورتورهای مناسب برای این پژوهش، اینورتورهایی از نوع "استودر"[1]، ساخت کشور سوئیس می‌باشد که با توجه به قیمت هر یک کیلو وات برابر ۱۱ میلیون ریال، قیمت کل اینورتورهای مورد نیاز برای این پژوهش برابر ۱/۶۵ میلیون ریال محاسبه می‌شود.

سازه‌های[2] پیشنهادی برای این پژوهش از نوع پایه‌های ۳۰ سانتی متری می‌باشد. تعداد تجهیزات مورد نیاز، جهت راه‌اندازی نیروگاه خورشیدی، شامل سایر اقلام اعم از تابلو، کابل، داکت و دیگر موارد می‌باشد که به‌طور تقریبی ده درصد کل هزینه‌های فوق را شامل می‌شود (شرکت آینده سازان سیاره سبز، ۱۳۹۵).

با در نظر گرفتن نرخ بهره ۲۱ درصد[3] و نرخ تورم ۱۵/۵ درصد[4]، نرخ تنزیل واقعی قابل محاسبه می‌باشد. در این صورت خواهیم داشت:

$$i = \frac{1+r}{1+p} - 1 = \frac{1+0.21}{1+0.155} - 1 = 0.048 \qquad (۱۶)$$

ضریب بازگشت سرمایه یا استهلاک سالانه‌ی سرمایه، به طول عمر سیستم (n) و نرخ تنزیل واقعی (i)، بستگی دارد، که مقدار آن ثابت می‌باشد.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} = \frac{0.046\,(1+0.048)^{30}}{(1+0.048)^{30}-1} = 0.063 \text{ or } \%63 \qquad (۱۷)$$

هر عدد پنل مستطیلی شکل با ظرفیت توان ۲۵۰ وات ساعتی، دارای مساحتی معادل ۱/۴۹ متر مربع (با ابعادی به‌اندازه‌ی ۱/۶۵ متر در طول و ۰/۹ متر در عرض) می‌باشد، بنابراین مساحت کل پنل‌ها که طبق رابطه (۱۴) شامل ۶۲۴ عدد پنل می‌شود، مساحت کل پنل‌ها (S) برابر است با:

$$S_T = 624 * 1.49_{m^2} = 927_{m^2} \qquad (۱۸)$$

هم‌چنین با تقسیم هزینه‌ی کل پنل‌های خورشیدی (طبق رابطه ۱۵) بر مساحت کل پنل‌ها، هزینه‌ی سرمایه‌گذاری برای هر متر پنل خورشیدی برابر خواهد بود با[5]:

$$MOD_r = \frac{4.7}{927_{m^2}} = 5.05_{mr/m^2} = 168_{\$/m^2} \qquad (۱۹)$$

1. Studer
2. Stracture

۳. منبع: بانک مرکزی ایران و مصوبه شورای پول و اعتبار، مورخ ۱۵ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۴.

۴. منبع: بانک مرکزی ایران مورخ مرداد ماه ۱۳۹۴.

۵. ۴/۷ میلیارد ریال بر متر مربع، ۵/۰۵ میلیون ریال بر متر مربع.

از آنجا که هزینه‌ی تولید هر متر پنل خورشیدی محاسبه شده برحسب ریال می‌باشد، با توجه به نرخ ارز دولتی، برای هر دلار، معادل سی هزار ریال در سال ۱۳۹۴، هزینه‌ی مذکور برابر ۱۶۸ دلار بر متر مربع محاسبه می‌شود. به‌طور کلی هزینه‌ی تجهیزات جانبی شامل مجموع هزینه‌های شارژ کنترلرها، باتری‌ها، اینورتورها، سازه‌ها، نصب و تجهیزات، تعمیر و نگهداری می‌باشد، که برابر ۱/۲ میلیارد ریال برآورد شده است. از آنجا که هزینه‌ی تجهیزات جانبی مرتبط با منطقه (BOS)، برابر هزینه‌ی تجهیزات جانبی، تقسیم بر مساحت کل پنل‌های خورشیدی می‌باشد، بنابراین هزینه‌ی تجهیزات جانبی مرتبط با منطقه، برابر است با[1]:

$$\mathrm{BOS}_{\mathrm{r}} = \frac{11.8}{927_{\mathrm{m}^2}} = 12.7_{\mathrm{mr/m}^2} = 424_{\$/\mathrm{m}^2} \qquad (۲۰)$$

به‌منظور محاسبه‌ی هزینه هر متر تجهیزات جانبی مرتبط با توان (PC)، کافی است از همان روشی که هزینه‌ی تجهیزات جانبی مرتبط با منطقه، محاسبه شده است، استفاده کرد، با این تفاوت که به جای تقسیم مجموع کل هزینه‌ی تجهیزات جانبی بر مساحت کل پنل‌ها، از تقسیم مجموع کل هزینه‌ی تجهیزات جانبی بر کل توان خروجی پنل‌ها استفاده شود، که برابر خواهد بود با[2]:

$$\mathrm{PC}_{\mathrm{r}} = \frac{11.8}{156_{\mathrm{kw}}} = 7.6\,\frac{\mathrm{mr}}{\mathrm{kw}} = 2.5_{\,\$/\mathrm{kw}} \qquad (۲۱)$$

بر اساس نظر کارشناسان فنی سیستم‌های فتوولتائیک، هزینه‌ی تعمیر و نگهداری سیستم فتوولتائیک (OM)، معادل ۱۰ درصد مجموع هزینه‌های تجهیزات جانبی، به‌علاوه‌ی ۱۰ درصد هزینه‌ی پنل‌های خورشیدی می‌باشد.

$$\mathrm{OM} = 10\%(424 + 168)\$ = 59_{\,\$/\mathrm{kw}} \qquad (۲۲)$$

طبق اطلاعات کسب شده از سایت‌های مرتبط با وضعیت جوی و آب و هوایی و هم‌چنین با بهره‌گیری از آمار ارائه شده در نقاط مختلف کشور توسط شرکت انرژی‌های نو ایران، در محل نصب سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی، حداکثر تابش خورشید در هر یک متر مربع، معادل ۵/۵ کیلو وات ساعت در روز و ۳۰۰ روز آفتابی در سال تخمین زده شده است. در این صورت شدت تابش سالیانه خورشید بر هر یک متر مربع پنل‌های مسطح، برابر خواهد بود با:

---

۱. ۱۱/۸ میلیارد ریال بر متر مربع، ۱۲/۷ میلیون ریال بر متر مربع.

۲. ۱۱/۸ میلیارد ریال بر متر مربع، ۷/۶ میلیارد ریال بر متر مربع.

$$INSOL = 5.5_{\frac{Kwh}{m2}} * 300_{d} = 1650_{\frac{Kwh}{m2}} \quad (۲۳)$$

از آنجا که طبق مدارک، اسناد و کاتالوگ‌های مربوط به تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک و هم‌چنین نظر کارشناسان فنی سیستم‌های فتوولتائیک، کارایی مدول فتوولتائیک (nmod) برابر ۱۵ درصد، کارایی تجهیزات جانبی (nbos) برابر ۰/۹، کارایی وضعیت توان (pc) برابر ۰/۹۳ و ضریب تصحیح دمای سلول خورشیدی (nt) برابر ۰/۹۳می‌باشد، لذا هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق خورشیدی طبق رابطه‌ی (۱)، برابر ۸۷ سنت در هر کیلو وات ساعت خواهد بود ($C_{pv=} = 0.87\frac{\$}{kwh}$)، بنابراین با فرض نرخ هر دلار برابر ۳۰ هزار ریال در سال ۱۳۹۴، هزینه‌ی مذکور برابر ۲۶ هزار ریال بر کیلو وات ساعت برآورد می‌شود. جدول (۱)، محاسبات فنی تولید برق خورشیدی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. محاسبات فنی تولید برق در سیستم فتوولتائیک

متغیرها	برحسب (واحد)	علامت اختصاری	مقدار
نرخ تنزیل واقعی	.....	i	۰/۰۴۸
طول عمر سیستم فتوولتائیک	سال	n	۳۰
ضریب بازگشت سرمایه	.....	CRF	۰/۰۶۳
ضریب هزینه‌ی پیش‌بینی نشده	.....	ID	۰/۲۵
حداکثر توان تابشی خورشیدی	کیلو وات ساعت بر متر مربع	SP	۵/۵
تابش سالانه خورشید بر پنل‌های مسطح	کیلو وات ساعت بر متر مربع	INSOL	۱,۶۵۰
کارایی مدل فتوولتائیک	درصد	nmod	۰/۱۵
کارایی تجهیزات جانبی	درصد	nbos	۰/۹
ضریب تصحیح دمای سلول خورشیدی	درصد	Nt	۰/۹۳
کارایی وضعیت توان	درصد	Pc	۰/۹۵

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۲)، خلاصه محاسبات مالی و هزینه‌های تجهیزات جانبی تولید برق در سیستم فتوولتائیک ارائه شده است.

جدول ۲. محاسبات مالی و هزینه‌های تجهیزات جانبی سیستم فتوولتائیک

متغیرها	برحسب (واحد)	علامت اختصاری	مقدار
هزینه‌ی بیمه	دلار	INS	۰
هزینه‌ی هر متر مربع سرمایه‌گذاری مدول‌ها	دلار بر متر مربع	MOD	۱۶۸
هزینه‌ی هر متر مربع تجهیزات جانبی مرتبط با منطقه	دلار بر متر مربع	BOS	۴۲۴
هزینه‌ی هر کیلو وات تجهیزات جانبی مرتبط با توان	دلار بر کیلو وات ساعت	PC	۲,۵۱۶
هزینه‌ی هر متر مربع تعمیر و نگهداری سالانه	دلار بر متر مربع	OM	۵۹

منبع: یافته‌های تحقیق

با بهره‌گیری از محاسبات فنی و اقتصادی انجام شده در مباحث قبلی که در جداول ۲ و ۳ به اختصار آمده است؛ هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید انرژی در سیستم فتوولتائیک قابل محاسبه می‌باشد، که در جدول (۳) برحسب دلار و ریال به تفکیک قابل مشاهده است.

جدول ۳. هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت انرژی در سیستم فتوولتائیک

متغیرها	برحسب (واحد)	علامت اختصاری	مقدار
هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید برق خورشیدی	دلار بر کیلو وات ساعت	C_{pv}	۰/۸۷
هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق خورشیدی	هزار ریال بر کیلو وات ساعت	C_{pv}	۲۶

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۳- *محاسبات فنی و اقتصادی نیروگاه فسیلی (دیزلی)*

از آنجا که میزان پیک مصرفی برق ضروری سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی در تابستان، برابر ۵۵ کیلو وات ساعت در روز برآورد شده است؛ به‌منظور قابلیت اطمینان، ظرفیت مولد دیزلی به‌اندازه‌ای در نظر گرفته می‌شود که بتواند تا ۲۰ درصد بالاتر از مقدار پیش‌بینی شده را به دلیل افت ولتاژ احتمالی و بار مصرفی بالاتر از حد مجاز

تأمین کند. هم‌چنین با توجه به ۳۰ درصد تلفات در تجهیزات و کارایی ۸۰ درصدی دیزل ژنراتورها، می‌بایست دیزل ژنراتوری را طوری گزینش کرد که توانایی تولید ۷۵ تا ۸۰ کیلو وات ساعت برق را داشته باشد. دیزل ژنراتور مناسب برای این سکو، دیزل ژنراتوری با توان نامی ۸۰ کیلو وات ساعت در روز، از نوع "ولو پنتا" ساخت شرکت سوئد، انتخاب شده است (اسناد و مدارک سکوی فاز ۱۳، ۱۳۸۹). در ادامه محاسبات مربوط به هزینه‌ی تولید برق توسط نیروگاه فسیلی در قالب دو سناریو انجام می‌شود. در سناریوی اول، محاسبات بر پایه‌ی قیمت غیریارانه‌ای گازوییل و در سناریوی دوم بر پایه‌ی قیمت یارانه‌ای گازوییل می‌باشد.

۴-۳-۱- محاسبات نیروگاه فسیلی در سناریوی اول (بر پایه‌ی قیمت غیریارانه‌ای گازوییل)

در محاسبه‌ی هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت انرژی با بهره‌گیری از سوخت فسیلی به روش تحلیل چرخه هزینه‌ی عمر، برای محاسبه تمامی هزینه‌ها، اعم از هزینه‌های اولیه‌ی سرمایه‌گذاری، هزینه‌های جاری و تعمیر اساسی، با توجه به نرخ تنزیل واقعی، از روابط شماره‌ی ۲ الی ۵، استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که به‌دلیل محدودیت دسترسی به اطلاعات، به‌منظور محاسبه هزینه‌های غیرمستقیم آلودگی محیط زیست، ۱۵ درصد به هزینه‌های عملیاتی اضافه می‌شود (خوش اخلاق، ۱۳۸۴). مانند قبل با فرض نرخ بهره‌ی برابر ۲۱ درصد و نرخ تورم برابر ۱۵/۵ درصد، نرخ تنزیل واقعی (i)، طبق رابطه‌ی ۱۰، برابر ۰/۰۴۸ می‌باشد. با داشتن نرخ تنزیل واقعی، زمان انجام تعمیر اساسی (n_1)، طول عمر سیستم (n_2)، ضریب ارزش فعلی پرداخت‌های یکنواخت سالیانه و فاکتور ارزش فعلی زمان آینده مطابق روابط ۴ و ۷ عبارتند از:

$$\left(\frac{P}{F}\right) = 0.248 \ , \ \left(\frac{P}{A}\right) = 15.8$$

هزینه‌های تأمین برق ضروری سکو با بهره‌گیری از نیروگاه فسیلی، شامل هزینه‌های ثابت، جاری و تعمیر اساسی می‌باشد. هزینه‌ی ثابت اولیه (C_0)، شامل هزینه‌ی خرید دو دستگاه مولد دیزلی[۱]، حمل و نصب دیزل ژنراتور، ساخت موتورخانه، خرید کابل و سینی کابل، کابل‌کشی و دستمزد نیروی انسانی در خشکی و دریا از نظر

۱. به منظور بالا بردن قابلیت اطمینان برق تولیدی، از دو عدد مولد دیزلی با توان نامی ۸۰ کیلو وات ساعت استفاده می‌شود.

نوع فعالیت مورد نیاز می‌باشد. از آنجا که هزینه‌ی ثابت اولیه (C_0) برای هر دو سناریو یکسان است، ارزش هزینه‌های اولیه در سناریوی اول و دوم برحسب میلیارد ریال برابر می‌شود با:

$$C_0 = 10.65_{mr}$$

محاسبات مرتبط در پیوست (۲) در جداول۵، ۶، ۷، ۸، ارائه شده است. هزینه‌ی تعمیر اساسی سیستم دیزل ژنراتور، به‌طور تجربی برابر ۱۰درصد مجموع هزینه‌های ثابت می‌باشد (اسناد سکوی فاز ۱۳، ۱۳۸۹)، که برابر ۱/۱ میلیارد ریال، به‌دست می‌آید.

هزینه‌های جاری با احتساب قیمت واقعی سوخت گازوئیل، شامل مجموع هزینه‌های گازوئیل، روغن، ایاب ذهاب دریایی، خدمات بندری، تعمیر و نگهداری و آلودگی محیط‌زیست می‌باشد. از آنجا که میزان گازوئیل مصرفی برای یک دیزل ژنراتور ۸۰ کیلو وات ساعتی، با میانگین مدت زمان کارکرد ۱۲ ساعت در روز، برابر ۲۵۴/۳ لیتر در روز است، لذا با توجه به نرخ واقعی گازوئیل برابر ۱۳ هزار ریال در سال ۱۳۹۴، هزینه‌ی گازوئیل در روز برابر ۳/۳ میلیون ریال محاسبه می‌شود. هم‌چنین با توجه به میزان مصرف روغن دیزل ژنراتور برابر ۲/۴ لیتر در روز، هزینه‌ی میزان مصرف روغن، با نرخ ۵۲/۵ هزار ریال، برابر ۱۲۶هزار ریال، برآورد می‌شود، بنابراین مجموع هزینه‌ی سالیانه‌ی سوخت برابر ۱/۲ میلیارد ریال به‌دست می‌آید (اسناد و مدارک سکوی فاز ۱۳، ۱۳۸۹).

مجموع هزینه‌های سالیانه حمل و نقل دریایی[1]، به‌منظور تأمین سوخت و نگهداری دیزل ژنراتور، برابر مجموع هزینه‌های سالانه‌ی حمل و نقل گازوئیل، برابر۲/۹ میلیارد ریال، حمل و نقل روغن، برابر ۲۷ میلیون ریال، هزینه‌ی جابه‌جایی سه نفر پرسنل شیفتی، برابر ۲۱۶ میلیون ریال (شرکت فناوری آب‌های عمیق، ۱۳۹۵)، هزینه‌ی عوارض و حقوق بندری، برابر ۳۶۰ میلیون ریال، هزینه‌ی شرکت خدماتی کشتیرانی، برابر ۲۴۰ میلیون ریال، میانگین هزینه‌ی تأخیر زمانی به دلیل شرایط جوی نامساعد، برابر ۱/۸ میلیارد ریال که در مجموع برابر ۵/۵ میلیارد ریال، برآورد می‌شود (سازمان بنادر و دریانوردی ایران، ۱۳۹۴).

هزینه‌ی سالیانه تعویض قطعات سیستم دیزل ژنراتور، برابر ده درصد هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه سیستم دیزل ژنراتور می‌باشد که برابر ۱/۱ میلیارد ریال به‌دست

---

۱. فاصله سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی تا محل پایانه‌های نفتی در بندر بوشهر برابر ۱۵۱ مایل می‌باشد.

می‌آید. هزینه‌ی تعمیر و نگهداری دیزل ژنراتور همان هزینه‌ی دستمزد نیروی انسانی است، که شامل مجموع دستمزد[1] یک نفر کارگر، یک نفر تکنسین و یک نفر کارشناس می‌باشد که در مجموع برابر ۱/۰۵ میلیارد ریال، برآورد می‌شود (شرکت صنعتی دریایی ایران، ۱۳۹۴).

هزینه‌ی سالیانه تعویض، تعمیر و نگهداری دیزل ژنراتور شامل مجموع هزینه‌های خرید قطعات دیزل ژنراتور و دیگر متعلقات آن (۱/۱ میلیارد ریال) و دستمزد نیروی کار جهت تعمیر و نگهداری سیستم دیزل ژنراتور (۱/۰۵ میلیارد ریال) می‌باشد، که برابر ۲/۱۵ میلیارد ریال، برآورد می‌شود.

هزینه‌ی سالیانه عملیاتی در سناریوی اول، شامل مجموع هزینه‌های سالیانه سوخت با قیمت واقعی گازوئیل، دستمزد نیروی انسانی جهت تعمیر و نگهداری دیزل ژنراتور، حمل و نقل دریایی جهت تأمین سوخت دیزل ژنراتور و انتقال نفرات، تعویض قطعات سیستم دیزل ژنراتور می‌باشد که با مراجعه به جداول پیوست (۲) و محاسبات انجام شده در قبل، برابر ۸/۸۶ میلیارد ریال، برآورد می‌شود.

به دلیل محدودیت اطلاعات، هزینه‌ی غیرمستقیم آلودگی محیط زیست، ۱۵ درصد هزینه‌های عملیاتی در نظر گرفته می‌شود (خوش اخلاق، ۱۳۸۴)، که برابر ۱/۳ میلیارد ریال، برآورد می‌گردد.

هزینه‌های جاری سالیانه ازجمع هزینه‌های عملیاتی سالیانه و هزینه‌ی ناشی از آلودگی محیط زیست به‌دست می‌آید که برابر ۱۰/۲ میلیارد ریال، برآورد می‌شود. ارزش فعلی هزینه‌های جاری (PW) در سناریوی اول، با استفاده از روابط ۷،۶،۴ و هزینه‌ی تعمیر اساسی (C_1) برابر ۱/۱ میلیارد ریال، هزینه‌های جاری (C_2) برابر ۱۰/۲ میلیارد ریال، برابر ۱/۱ میلیارد ریال، به‌دست می‌آید.

هزینه‌ی چرخه عمر(LCC) طبق رابطه (۵) برابر ۱۷۱/۸ میلیارد ریال، هزینه‌ی چرخه عمر سالیانه رابطه (۳) برابر ۱۰/۹ میلیارد ریال و میزان انرژی ضروری سکو با توان نامی ۵۵ کیلو وات ساعت برای ۱۲ ساعت کارکرد روزانه برابر ۲۴۰/۹ هزار کیلو وات ساعت[2]، به‌دست می‌آید. با بهره‌گیری از مقادیر به‌دست آمده مربوط به هزینه‌ی

---

۱. بخش حقوق و دستمزد شرکت صنایع دریایی ایران بر اساس بخشنامه حداقل دستمزد ۱۳۹۴، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی.

2. E=P * T= 525 kw * 12 * 360 = 240,900 kwh

چرخه عمر و میزان انرژی مصرفی، هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت انرژی فسیلی با احتساب قیمت واقعی سوخت گازوئیل برحسب هزار ریال، طبق رابطه (۲) برابر است با: C=45.

با مقایسه‌ی هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق توسط سیستم خورشیدی برابر ۲۶ هزار ریال طبق جدول (۲) و هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق فسیلی، برابر ۴۵ هزار ریال و هزینه‌ی تولید برق ضروری سکو با بهره‌گیری از نیروگاه فسیلی در سناریوی اول، تقریباً ۱/۷ برابر هزینه‌ی تولید برق توسط نیروگاه خورشیدی می‌باشد.

۴-۳-۲- محاسبات سناریوی دوم (بر پایه‌ی قیمت یارانه‌ای گازوییل)

از آنجا که هزینه‌های ثابت و تعمیر اساسی در هر دو سناریو یکسان می‌باشد؛ لذا تنها به محاسبه هزینه‌های جاری در سناریوی دوم پرداخته می‌شود که این هزینه‌ها شامل مجموع هزینه‌های عملیاتی به‌علاوه‌ی هزینه‌ی آلودگی محیط زیست می‌باشد. تنها تفاوت سناریوی اول و دوم، در مقدار هزینه‌ی گازوئیل مصرفی دیزل ژنراتور (قیمت واقعی و یارانه‌ای) می‌باشد. این تفاوت قیمت تأثیر خود را در هزینه‌های عملیاتی و آلودگی محیط زیست نیز می‌گذارد.

طبق جداول پیوست (۲) و محاسبات انجام شده در قبل، هزینه‌های سالیانه‌ی عملیاتی، شامل مجموع هزینه‌های سالیانه سوخت سیستم دیزل ژنراتور (قیمت یارانه‌ای گازوئیل برای هر لیتر برابر ۳ هزار ریال)، هزینه‌ی حمل و نقل دریایی هزینه‌ی تعویض، تعمیر و نگهداری سیستم دیزل ژنراتور می‌باشد که در سناریوی دوم برابر ۷/۹ میلیارد ریال، می‌باشد. هزینه‌ی سالیانه آلودگی محیط زیست، طبق توضیحات داده شده در سناریوی اول، برابر ۱۵ درصد هزینه‌ی سالیانه عملیاتی می‌باشد، که برابر ۱/۲ میلیارد ریال، برآورد می‌گردد.

هزینه‌ی سالیانه جاری که شامل مجموع هزینه‌های سالیانه عملیاتی و آلودگی محیط زیست می‌باشد، برابر ۹/۱ میلیارد ریال محاسبه می‌شود. با بهره‌گیری از توضیحات داده شده در سناریوی اول، ارزش هزینه‌های جاری (PW)، در سناریوی دوم طبق رابطه (۶)، برابر ۱۴۳/۶ میلیون ریال، به‌دست می‌آید. هزینه‌ی چرخه عمر (LCC)، طبق رابطه (۵)، برابر ۱۵۴/۳ میلیارد ریال، به‌دست می‌آید.

با استفاده از هزینه‌ی چرخه عمر محاسبه شده در طول عمر مفید سکو (۳۰ سال) و فاکتور ارزش فعلی سری یکنواخت (P/A)، مقدار هزینه‌ی چرخه عمر سالیانه برای سناریوی دوم طبق رابطه (۳)، برابر ۹/۸ میلیارد ریال به‌دست می‌آید. با توجه به مقدار انرژی مصرفی محاسبه شده برابر ۲۴۰/۹ هزار کیلو وات ساعت و هزینه‌ی چرخه عمر

سالیانه‌ی محاسبه شده برای سناریوی دوم، هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت انرژی فسیلی با احتساب قیمت یارانه‌ای گازوئیل برحسب هزار ریال، برای سناریوی دوم، طبق رابطه‌ی (۲)، برابر است با: $C = 41$.

با مقایسه‌ی هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق فسیلی با قیمت یارانه‌ای گازوئیل، برابر ۴۱ هزار ریال و هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق خورشیدی برابر ۲۶ هزار ریال، در این سناریو نیز مانند سناریوی اول هزینه‌ی تولید برق فسیلی، تقریباً ۱/۷ برابر هزینه‌ی تولید برق خورشیدی می‌باشد.

از آنجا که در این پژوهش، تأمین برق مورد نیاز سکو از جمله منافع سکو می‌باشد و فروش محصول در اینجا مطرح نیست، به همین دلیل برای هر سه گزینه، یعنی برق خورشیدی، برق فسیلی با دو قیمت واقعی و یارانه‌ای گازوئیل، دارای منافع و جریان درآمدی یکسان می‌باشد، از این‌رو می‌توان گفت؛ با توجه به یکسان بودن منافع و جریان درآمدی در تمامی گزینه‌ها و اجتناب ناپذیری تأمین برق برای سکوها، نیازی به محاسبه و مقایسه‌ی درآمدها نمی‌باشد و تنها ارزیابی مالی و مقایسه هزینه‌ها برای انتخاب بهترین یا اقتصادی‌ترین گزینه در این مطالعه، کفایت می‌کند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور تأمین انرژی ضروری سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی که شامل بخش‌های مسکونی، اداری، سیستم‌های روشنایی، ناوبری و ایمنی سکوی مذکور می‌باشد؛ به ارزیابی مالی بهره‌گیری از نیروگاه خورشیدی به جای سوخت فسیلی پرداخته شده است. این ارزیابی با استفاده از دو الگو، یکی محاسبه هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق خورشیدی و دیگری هزینه‌ی تولید هر کیلو وات ساعت برق دیزلی (با سناریو یکی قیمت واقعی گازوئیل و دیگری قیمت یارانه‌ای گازوئیل)، به روش تحلیل هزینه‌ی چرخه‌ی عمر در نرخ تنزیل ۰/۰۴۸ با طول عمر ۳۰ سال و ضریب تابشی نور خورشید برابر ۵/۵ کیلو وات ساعت در هر متر مربع پرداخته است. در این فصل جمع بندی و نتیجه این پژوهش که برآمده از اطلاعات حاصل از تحلیل‌های بخش‌های قبلی می‌باشد، بیان می‌گردد.

با توجه به یکسان بودن منافع و جریان درآمدی در تمامی گزینه‌ها و اجتناب ناپذیری تأمین برق برای سکوها، در این پژوهش نیازی به محاسبه و مقایسه درآمدها نبوده و تنها به ارزیابی مالی و مقایسه هزینه‌ها پرداخته شده است. با مقایسه‌ی

هزینه‌های دو الگـوی اول و دوم در طـول عمـر مفیـد سـکوهای دریـایی و سـلول‌هـای خورشیدی برابر ۳۰ سال، نتیجه می‌شود؛ اگرچه هزینه‌ی ثابـت اولیـه جهـت راه‌انـدازی نیروگاه خورشیدی در سکوی مذکور، تقریباً ۱/۵۴ برابـر هزینـه‌ی سـرمایه‌گـذاری اولیـه نیروگاه فسیلی است؛ ولی هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید برق ضروری ایـن سـکو بـا استفاده از سوخت فسیلی با احتساب قیمت واقعی گازوئیل، تقریباً ۱/۷ برابر و بـا قیمـت یارانه‌ای گازوئیل، تقریباً ۱/۵ برابر هزینه‌ی هـر کیلـو وات سـاعت تولیـد انـرژی توسـط نیروگـاه خورشـیدی اسـت، بـه عبـارتی مـی‌تـوان بیـان کـرد کـه اگرچـه هزینـه‌هـای سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه خورشیدی بالا است، ولی بـه دلیـل عـدم نیـاز بـه پرداخـت هزینه‌های جاری در طول دوره‌ی زمانی ۳۰ سال، هزینه‌ی تولیـد هـر کیلـو وات سـاعت انرژی خورشیدی نسبت به نیروگاه فسیلی کمتر است.

به‌طور کلی در گزینه اول، هزینه‌ی هر کیلو وات ساعت تولید انرژی ضروری سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی توسط نیروگاه خورشیدی در نرخ تنزیل ۰/۰۴۸ بـا طـول عمـر ۳۰ سال، برابر ۲۶ هزار ریال می‌باشد و در گزینه‌ی دوم با احتساب دو سناریو، هزینـه‌ی هـر کیلو وات ساعت تولید برق، توسط نیروگاه فسیلی برای سـناریوی اول بـا احتسـاب نـرخ واقعی گازوئیل، برابر ۴۵ هزار ریال و برای سناریوی دوم با نرخ یارانـه‌ای گازوئیـل، برابـر ۴۱ هزار ریال می‌باشد. مشاهده می‌شود در هر دو سناریو، هزینه‌ی هر کیلـو وات سـاعت تولید انرژی با استفاده از نیروگاه فسیلی به مراتب از گزینه‌ی دیگر، یعنـی هزینـه‌ی هـر کیلو وات ساعت تولید انرژی با استفاده از نیروگاه خورشیدی، بیشتر است.

با مقایسه دو الگوی اول و دوم و بررسی هزینه‌های آلودگی محـیط‌زیسـت ناشـی از مصرف سوخت فسیلی سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی، نتیجه می‌شود؛ هزینه‌هـای تخریـب محیط زیست برابر ۱۵ درصد هزینه‌هـای عملیـاتی مـی‌باشـد. از آنجـا کـه هزینـه‌هـای سالیانه‌ی عملیاتی برای سناریوی اول بـا احتسـاب قیمـت واقعـی گازوئیـل، برابـر ۸/۸۵ میلیارد ریال و برای سناریوی دوم با احتساب قیمت یارانه‌ای گازوئیل، برابر ۷/۹ میلیـارد ریال می‌باشد؛ بنابراین هزینه‌ی سالانه تخریب محیط زیست بـا احتسـاب قیمـت واقعـی گازوئیل به‌طور تقریبی معادل ۱/۳ میلیارد ریال و با احتسـاب قیمـت یارانـه‌ای گازوئیـل معادل ۱/۲ میلیارد ریال قابل محاسبه می‌باشد.

با توجه به محاسبات و نتایج به‌دست آمده، به وضوح مـی‌تـوان اذعـان کـرد کـه در شرایط فعلی سکوهای دریایی از جمله سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی که انرژی مـورد نیـاز شان توسط سوخت‌های فسیلی تأمین مـی‌شـود، سـالانه هزینـه‌ی هنگفتـی بایـد بابـت آلودگی محیط زیست پرداخـت شـود و ایـن در حـالی اسـت کـه بهـره‌گیـری از انـرژی

خورشیدی خطراتی چون آلودگی محیط زیست، عدم سلامتی کارکنان و تهدید حیات آبزیان را به همراه ندارد.

پیوست‌ها:

پیوست ۱: داده‌های مربوط به سیستم خورشیدی

جدول ۴. هزینه‌ی تجهیزات جانبی برحسب ریال

عنوان	ظرفیت/واحد	تعداد	قیمت هر واحد (میلیون ریال)	قیمت کل (میلیون ریال)
شارژ کنترلر	۶۰ آمپر	۳۷	۱۷/۲	۶۳۶/۴
باتری	۱۲ ولت ۱۰۰ آمپر	۱۱۰۰	۴/۵	۴۹۵۰
اینورتور	۱۵۰	۱	۱۱	۱۶۵۰
سازه	.....	۱۶۵	۷/۵	۱۲۳۷/۵
نصب و راه‌اندازی	.....	۱۶۵	۲۰	۳۳۰۰
جمع کل			۶۰/۲	۱۱۷۷۳/۹

منبع: یافته‌های تحقیق

پیوست ۲: داده‌های مربوط به سیستم فسیلی

جدول ۵. هزینه‌ی خرید و مراحل نصب دیزل ژنراتور سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی

نوع هزینه‌ی ثابت	تعداد	قیمت هر واحد (میلیون ریال)	قیمت کل(میلیون ریال)
خرید مولد دیزلی	۲ عدد	۵۰۰	۱۰۰۰
حمل و نصب مولد دیزلی	۲ عدد	۱۰۰	۲۰۰
موتورخانه	۱ عدد	۲۵	۲۵
سینی کابل	۸۰۰ متر	۰/۲۵	۲۰۰
در پوش سینی کابل	۸۰۰ متر	۰/۰۵	۴۰
نگهدارنده سینی کابل (ساپورت)	۱,۰۰۰ کیلوگرم	۰/۳۰۵	۳۰/۵
متعلقات جانبی[1]	.....	۱۲/۵	۴۹/۵
جمع کل		۶۳۸	۱۵۴۵

منبع: اسناد و مدارک سکوی گازی فاز ۱۳ پارس جنوبی، ۱۳۸۹

۱. ده درصد مجموع هزینه‌های ایتم‌های شماره ۲ تا ۶ این جدول را شامل می‌باشد.

جدول ۶. هزینه‌ی خرید کابل و کابل کشی از تابلوی برق تا دیزل ژنراتور سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی

ردیف	نوع هسته کابل	سایز میلی متر	متراژ (متر)	قیمت هر متر کابل به ریال	قیمت هر متر کابل کشی	قیمت کل کابل (میلیون ریال)	قیمت کل کابل کشی (میلیون ریال)	جمع کل هزینه (میلیون ریال)
۱	c۱۰	۲.۵	۵۱	۱۲۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۳/۶	۸۴۰۰	۸۴۰۳/۵
۲	c۱۹	۱.۵	۱۶۴	۲۲۵,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۳۶/۹	۱۱/۵	۴۸/۴
۳	c۱	۱۵۰	۳۷۰	۷۵۰,۰۰۰	۱۱۰,۰۰۰	۲۷۷/۵	۴۰/۷	۳۱۸/۲
۴	tr۱	۱.۵	۱۰۶	۲۶,۲۵۰	۷۰,۰۰۰	۲/۸	۷/۴	۱۰/۲
۵	c۲	۱.۵	۱۳۷	۱۸,۷۵۰	۷۰,۰۰۰	۲/۶	۹/۶	۱۲/۱
۶	c۲	۲.۵	۵۳	۳۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۱/۶	۳/۷	۵/۳
۷	c۴	۱.۵	۲۶۵	۳۳,۷۵۰	۷۰,۰۰۰	۸/۹	۱۸/۵	۲۷/۵
۸	c۴	۲.۵	۱۶۹	۵۲,۵۰۰	۷۰,۰۰۰	۸/۹	۱۱/۸	۲۰/۷
۹	tr۷	۱.۵	۵۳	۱۸۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۹/۵	۳/۷	۱۳/۲
۱۰	c+n+e۱	۲.۵	۱۳۰	۴۰,۵۰۰	۷۰,۰۰۰	۵/۳	۹/۱	۱۴/۴
جمع کل به ریال			۱,۴۹۸	۱,۴۷۶,۷۵۰	۷۴۰,۰۰۰	۳۵۷/۶	۸۵۱۶	۸۸۷۳/۵

منبع: اسناد و مدارک سکوی گازی فاز ۱۳ پارس جنوبی، ۱۳۸۹.

جدول ۷. دستمزد نیروی انسانی جهت کابل کشی، نصب سینی کابل، ساپورت و دیگر تجهیزات دیزل ژنراتور

شغل	تعداد	هر ساعت به‌ریال	روزانه (۱۲ ساعت) به‌ریال	۳۰ روز بازای هر نفر(میلیون ریال)	مجموع دستمزد ۳۰ روز (میلیون ریال)
کارگر	۶	۴۹,۸۲۷	۵۹۷,۹۲۷	۱۷/۹	۱۰۷/۶
تکنسین	۳	۵۶,۲۱۳	۶۷۴,۵۵۶	۲۰/۲	۶۰/۷
کارشناس	۲	۵۸,۴۶۷	۷۰۱,۶۰۱	۲۱	۴۲/۱
جمع کل		۱۶۴,۵۰۷	۱,۹۷۴,۰۸۴	۵۹/۱	۲۱۰/۴

منبع: وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، بخشنامه حداقل دستمزد ۱۳۹۴

جدول ۸. دستمزد نیروی انسانی جهت نصب و راه‌اندازی اولیه دیزل ژنراتور در دریا

نوع شغل	تعداد	نفر ساعت	روزانه (۱۲ ساعت) (میلیون ریال)	۷ روز (میلیون ریال)
کارگر	۱	۷۳,۶۲۳	۰/۹	۶/۲
تکنسین	۱	۸۳,۲۰۱	۱	۷
کارشناس	۱	۸۶,۵۸۲	۱	۷/۳
جمع کل		۲۴۳,۴۰۶	۲/۹	۲۰/۵

منبع: وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، بخشنامه حداقل دستمزد ۱۳۹۴.

جدول ۹. هزینه‌ی حمل و نقل دریایی جهت تأمین سوخت دیزل ژنراتور

نوع هزینه	هزینه‌ی ماهیانه (میلیون ریال)	هزینه‌ی سالیانه (میلیون ریال)
هزینه‌ی انتقال گازوئیل دیزل ژنراتور	۲۳۸/۵	۲۸۶۲
هزینه‌ی انتقال روغن دیزل ژنراتور	۲/۲	۲۷
هزینه‌ی جابه‌جایی سه نفر پرسنل شیفتی	۱۸	۲۱۶
هزینه‌ی عوارض و حقوق بندری	۳۰	۳۶۰
هزینه‌ی شرکت خدماتی کشتیرانی	۲۰	۲۴۰
میانگین هزینه‌ی تأخیر زمانی به‌دلیل شرایط جوی نامساعد	۱۵۰	۱۸۰۰
جمع کل	۴۵۸/۷	۵۵۰۵

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۰. هزینه‌ی سوخت مصرفی (گازوئیل و روغن) دیزل ژنراتور سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی طبق سناریوی اول (قیمت واقعی)

نوع هزینه	هزینه‌ی هر واحد	هزینه‌ی هر ساعت به‌ریال	هزینه‌ی هر روز (۱۲ساعت)(میلیون ریال)	هزینه‌ی هر ماه (میلیون ریال)	هزینه‌ی هر سال (میلیون ریال)
گازوئیل مصرفی	۱۳,۰۰۰	۲۷۵,۴۷۰	۳/۳	۹۹/۲	۱۱۹۰
روغن مصرفی	۵۲,۵۰۰	۱۰,۵۰۰	۰/۱۲۶	۳/۸	۴۵/۴
جمع کل	۶۵,۵۰۰	۲۸۵,۹۷۰	۳/۴	۱۰۳	۱۲۳۵/۴

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۱. هزینه‌ی سوخت مصرفی (گازوئیل و روغن) دیزل ژنراتور سکوی فاز ۱۳ پارس جنوبی طبق سناریوی دوم (قیمت یارانه ای)

نوع هزینه	هزینه‌ی هر واحد به‌ریال	هزینه‌ی هر ساعت به‌ریال	هزینه‌ی روزانه (۱۲ساعت) (میلیون ریال)	هزینه‌ی هر ماه (میلیون ریال)	هزینه‌ی هر سال (میلیون ریال)
گازوئیل مصرفی	۳,۰۰۰	۶۳,۵۷۰	۰/۸	۲۲/۸	۲۷۴/۶
روغن مصرفی	۵۲,۵۰۰	۱۰,۵۰۰	۰/۱	۳/۸	۴۵/۴
سوخت مصرفی در سناریوی دوم	۵۵,۵۰۰	۷۴,۰۷۰	۰/۹	۲۶/۶	۳۲۰

منبع: یافته‌های تحقیق

منابع

۱. اسناد و مدارک سکوی گازی فاز ۱۳ پارس جنوبی (۱۳۸۹)، شرکت صنایع دریایی ایران، جزیره صنعتی صدرا، بخش برق و ابزار دقیق، دیزل ژنراتور، ۷، ۱۲-۲۰.

۲. بانک مرکزی ایران، مصوبه شورای پول و اعتبار، مورخ ۱۵ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۴.

۳. بهادری نژاد، مهدی و فرهمندپور، بهاره (۱۳۸۵). طراحی و بررسی اقتصادی سیستم برق خورشیدی برای یک ساختمان اداری در تهران، بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، ۲۰۳۷-۲۰۴۷.

۴. پیر حق شناس ولی، مسعود و معتضدیان، آسیه (۱۳۹۰). استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در ساختمان‌ها، نخستین همایش ملی انرژی باد و خورشید.

۵. خوش اخلاق، رحمان، شریفی، علی‌مراد و کوچک زاده، میثم (۱۳۸۴). ارزیابی استفاده از انرژی خورشیدی در مقایسه با نیروگاه دیزلی، فصلنامه علمی-پژوهش‌های اقتصادیِ ایران، ۲۴، ۱۷۱-۱۹۵.

۶. سایت اینترنتی مرکز آمار ایران، https://www.amar.org.ir (۱۳۹۴).

۷. سایت اینترنتی بانک مرکزی ایران، https://www.cbi.ir (۱۳۹۴).

۸. سایت اینترنتی سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (ناسا)، به آدرس www.nasa.gov

۹. سایت اینترنتی وزارت نفت، به آدرس https://www.mop.ir (۱۳۹۴).

۱۰. سایت اینترنتی شرکت ملی نفت ایران، به آدرس https://www.nioc.ir (۱۳۹۴).

۱۱. سازمان انرژی‌های نو ایران (۱۳۹۲). بخش آگاه‌سازی و روابط بین‌الملل.

۱۲. سازمان بنادر و دریانوردی ایران (۱۳۹۴). بخش عملیات دریایی و شناوری.

۱۳. ساکی پور، مریم، کعبی نژادیان، عبدالرزاق، سخاوت‌جو، محمدصادق و جعفری موسوی، سیدعلی اکبر (۱۳۹۰). امکان استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اهواز، فصلنامه علمی پژوهشی علوم بهداشتی، ۱-۱۰.

۱۴. سلیمی‌فر، مصطفی، مهدوی عادلی، محمد حسین، رجبی مشهدی، حبیب و قزلباش، اعظم (۱۳۹۲). ارزیابی اقتصادی انرژی برق خورشیدی و برق فسیلی در یک واحد خانگی در شهرستان مشهد، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران سال دوم، ۸، ۱۱۵-۱۳۶.

۱۵. شعربافیان، نیلوفر (۱۳۸۶). برآورد پتانسیل فنی اقتصادی انرژی خورشیدی حرارتی در ایران، راهکاریی برای توسعه پایدار انرژی خورشیدی، مطالعات اقتصادی، ۱۵، ۳۵-۵۴.

۱۶. شرکت آینده سازان سبز (۱۳۹۴). بخش اجرایی پروژه و طراحی سیستم‌های فنی فتوولتائیک.

۱۷. شرکت فناوری آب‌های عمیق (۱۳۹۵). امور قراردادها، قراردادهای اسکله و شناوری.

۱۸. شمس، محمدحسین، خاوری، فرشاد، محمدی، مسعود و نوری، جلال (۱۳۹۲). مروری بر فناوری‌های تولید برق از انرژی خورشیدی و مقایسه آماری بزرگ ترین نیروگاه‌های خورشیدی جهان، دوفصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۲۱، ۱-۲۲.

۱۹. شهسواری، امیر و طباطبایی یزدی، فاطمه (۱۳۹۶). آیا انرژی خورشیدی می‌تواند جایگزین انرژی‌های فسیلی شود، فرصت‌ها و چالش‌ها، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۲۰. وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی (۱۳۹۴). بخشنامه حداقل دستمزد.

۲۱. وزارت نیرو (۱۳۹۰). انرژی خورشیدی، معاونت امور انرژی، سازمان انرژی‌های نو ایران.

22. Anagreh, Y., & Bataineh, A. (2010). Renewable Energy Potential Assessment in Jordan, Renewable and Sustainable Energy Reviews, NO. 15, 2231-2239. Website:

23. https://www.researchgate.net/publication/227421456_Renewable_energy_potential_assessment_in_Jordan.pdf
24. Chandrasekar, B., & Kandpal, Tara. C. (2007). An Opinion Survey Based Assessment of Renewable Energy Technology Development in India, Renewable and Sustainable Energy Reviews, NO. 11, 688-701.
25. Clark, J.A., & Stachan, P.A. (2009). Simulation of Conventional & Renewable Building Energy Systems, Energy Systems Research Unit University of Strathclyde, Renewable Energy, 5, 1178-1189.
26. Evans, A., Valdmir, S., & Evans, T.J. (2009). Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, NO. 13, 1082- 1088.
27. Kelly, H., & Notton, G. (1998). Introduction to Photovoltaic Technology. In T. Johnsson etal., Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity, Island Press,Washington D.C.
28. Sheng Chang, Y.U. (2011). The Analysis of Renewable Energy Policies for the Taiwan Penghu Island Administrative Region, Renewable and Sustainable Energy Reviews, No.16, 958-965.
29. South Pars Gas Field Development Project Phse13 Offshore Platform, 2010, Electrical Single Line, Doc. No. Sp13-MSN-EL-DW-0005, Rev. No. 1, Class1.
30. South Pars Gas Field Development Project Phse13 Offshore Platform, 2010, Project No. POGC-652-89-35, Doc. No. Sp13-MSN-GE-DS-0007-01.
31. Diagram. Lesourd, J.B. (2001). Solar Photovoltaic Systems, the Economics of a Renewable Energy Resource, Environmental Modeling & Software, No. 16, 147-156.
32. http://www.sadra.ir

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی