

# مقایسه اقتصادی طرح بازتوانی کامل واحد ۴ نیروگاه بندرعباس با طرح‌های رقیب توسعه ظرفیت نیروگاهی

اکبر نمازی تجرق، فرشته رحمانی، محمد ابراهیم سربندی فراهانی

پژوهشگاه نیرو، تهران

واژه‌های کلیدی — بازتوانی کامل<sup>۱</sup>، ارزش فعلی خالص<sup>۲</sup>، قیمت تمام شده<sup>۳</sup>، نرخ بازده داخلی<sup>۴</sup>، دوره بازگشت سرمایه<sup>۵</sup>

## ۱. مقدمه

تعیین اولویت سرمایه‌گذاری در طرح‌های رقیب تولید برق یکی از چالش‌هایی است که ذهن متخصصین این حوزه را در کشور به خود مشغول کرده است. درخواست انجام این مطالعه از سوی توانیر، شاهدهی بر اهمیت این موضوع است. تصمیم‌گیری در خصوص تعیین اولویت طرح‌های رقیب به عواملی نظیر سرمایه‌گذاری اولیه، قیمت سوخت، قیمت برق، طول عمر طرح و راندمان واحد مربوط می‌باشد.

طرح بازتوانی یکی از واحدهای بخاری نیروگاه بندرعباس و مقایسه آن با گزینه‌های رقیب از جمله اهداف انجام مطالعه حاضر می‌باشد. از جمله طرح‌های قابل مقایسه با طرح بازتوانی، تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس و احداث یک بلوک سیکل ترکیبی V94.2 با هدف افزایش ظرفیت تولید و راندمان در آن ناحیه است.

چکیده — تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز با به کارگیری اقتصادی ترین فناوریها از جمله اهداف صنعت برق در ایران است. جهت نیل به این هدف، افزایش ظرفیت واحدهای موجود در کنار احداث واحدهای جدید از جمله راهکارهای تامین برق مورد نیاز در کشور می‌باشد. بدین منظور در این مطالعه، طرح‌های رقیب توسعه ظرفیت انرژی الکتریکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. طرح بازتوانی کامل یکی از واحدهای بخاری نیروگاه بندرعباس، تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس و احداث یک بلوک سیکل ترکیبی تیپ V94.2 به عنوان طرح‌های رقیب مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی این موضوع در قالب یک پروژه و به سفارش شرکت توانیر حاکی از آن است که اولویت‌بندی طرح‌های افزایش ظرفیت بخش تولید از جمله سرفصلهای مورد توجه در این زمینه می‌باشد. برای این مهم، بعد از تعیین مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی طرح‌های رقیب، در ادامه طرح‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص‌های اقتصاد مهندسی ارزیابی گردیدند و با لحاظ کردن سناریوهای قیمتی سوخت مورد مقایسه قرار گرفتند. همچنین طرح‌های مذکور بر اساس افزایش مقدار ظرفیت عملی و انرژی الکتریکی تولیدی سالانه تعیین اولویت شدند.

<sup>۱</sup> Full Repowering

<sup>۲</sup> Net Present Value

<sup>۳</sup> Levelized Energy Cost

<sup>۴</sup> Internal Rate Of Return

<sup>۵</sup> Payback Period



در این مقاله بعد از ارائه مشخصات فنی و اقتصادی طرح‌های رقیب  
پیش گفته، شاخص‌های اقتصادی مورد استفاده ارائه می‌گردد و سپس بر  
اساس این شاخص‌ها، اولویت این طرح‌ها در سناریوهای مختلف قیمت  
سوخت تعیین می‌گردد. همچنین طرح‌های پیش گفته بر اساس افزایش

جدول ۱: مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی طرح بازتوانی واحد (۴)

بندرعباس

مقدار واحد بازتوانی شده	مقدار واحد فعلی	پارامتر
۵۵,۷۴	۳۶,۱	راندمان (%) [۳]
۹۰۳,۲	۳۲۰	توان نامی (مگاوات) [۳]
۷۳۰	۲۷۸	توان عملی (مگاوات) [۳]
۷۵	۶۴	ضریب بهره‌برداری (%) [۳]
۲۶۴,۷۴۸	-	سرمایه‌گذاری اولیه (هزار یورو) [۱]
۱,۵	۲	هزینه O&M درصدی از سرمایه‌گذاری اولیه [۲]

۲-۲- طرح تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل

ترکیبی نیروگاه خلیج فارس

نیروگاه گازی خلیج فارس در استان هرمزگان، در فاصله ۴۵ کیلومتری شمال شرقی بندرعباس و ۱۱ کیلومتری میدان گازی سرخون واقع شده است. واحدهای این نیروگاه طی سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ به بهره‌برداری رسیده است. این نیروگاه دارای ظرفیت نامی ۹۹۰ مگاوات شامل ۶ واحد گازی ۱۶۵ مگاواتی مدل GT13E2 ساخت شرکت آلتوم است که در زمینی به مساحت ۱۰ هکتار واقع شده است. مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی طرح تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس در جدول (۲) خلاصه شده است.

مقدار ظرفیت عملی و انرژی الکتریکی تولیدی سالانه تعیین اولویت

شدند.

۲. مشخصات فنی و اقتصادی طرح‌های

رقیب افزایش ظرفیت

در این تحقیق سه طرح رقیب در نظر گرفته شده است که در ادامه مشخصات فنی و اقتصادی این طرح‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- بازتوانی کامل نیروگاه بندرعباس

نیروگاه بندر عباس در ۱۷ کیلومتری شمال غربی بندرعباس و در مسیر جاده اصلی بندرعباس-اسکله شهید رجایی و در کنار دریا واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۵,۵ متر و دمای اولیه طراحی برای آن ۳۲ درجه می‌باشد. این نیروگاه دارای چهار واحد به قدرت نامی ۳۲۰ مگاوات می‌باشد که واحدهای ۱ تا ۴ آن به ترتیب در سالهای ۱۳۵۹، ۱۳۶۲، ۱۳۶۳ و ۱۳۶۴ به بهره‌برداری رسیده‌اند.

استفاده از فناوری بازتوانی کامل یکی از روش‌های افزایش توان و راندمان در واحدهای بخاری است. در بازتوانی کامل، گاز خروجی از توربین گاز به درون یک مولد بخار بازیاب حرارت (HRSG) جهت تولید بخار (برای واحد بخار) هدایت می‌گردد. این مولد بازیاب حرارت عملاً جایگزین بویلر واحد بخار می‌گردد. بدین ترتیب از انرژی دود خروجی توربین گاز جهت تولید بخار برای چرخه بخار استفاده می‌گردد.

مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی طرح بازتوانی کامل واحد ۴ نیروگاه بندرعباس در جدول (۱) خلاصه شده است.

جدول ۲: مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی طرح تکمیل بخش بخار نیروگاه

خلیج فارس

پارامتر	واحدهای گازی خلیج فارس	واحد سیکل ترکیبی بعد از تکمیل بخش بخار نیروگاه خلیج فارس
راندمان (%) [۳]	۳۲٫۹	۵۰٫۰۸
توان نامی (مگاوات) [۳]	۳۳۰	۴۶۸
توان عملی (مگاوات) [۳]	۳۰۲٫۸	۴۳۴٫۵۹۵
ضریب بهره‌برداری (%) [۳]	۶۱	۷۵
سرمایه‌گذاری اولیه (هزار یورو) [۴]	-	۱۳۳٫۰۴۵
هزینه O&M درصدی از سرمایه‌گذاری اولیه [۲]	۲٫۵	۱٫۵

### ۳- روشهای ارزیابی اقتصادی برای مقایسه طرحهای رقیب توسعه ظرفیت توان نامی واحدهای حرارتی

در این بخش روش‌های ارزیابی اقتصادی به منظور تعیین اولویت طرح‌های نیروگاهی بررسی می‌گردد.

#### ۳-۱- روش ارزش فعلی<sup>۱</sup>

در این روش جریان‌های وجوه چه به صورت درآمد و چه به صورت هزینه، به مبدا زمان انتقال می‌یابند. این امر با توجه به حداقل نرخ قابل قبول، که به آن نرخ تنزیل می‌گویند و نشان دهنده ارزش زمانی پول است، صورت می‌گیرد. پس از تبدیل جریان نقدی طرح‌های مختلف به زمان حاضر، ارجحیت انتخاب با گزینه‌ای است که دارای بیشترین ارزش فعلی خالص باشد ارزش فعلی خالص مطابق رابطه (۱) قابل مقایسه می‌باشد [۵].

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

که در آن  $B_t$  و  $C_t$  به ترتیب منافع و هزینه‌ها در سال  $t$  نرخ تنزیل و  $T$  گستره زمانی هستند. بر اساس ملاک ارزش فعلی خالص، تصمیم‌گیری در خصوص اجرا یا عدم اجرای یک پروژه به شرح زیر خواهد بود [۵]:

- اجرای پروژه از نظر اقتصادی دارای توجیه است  $\Rightarrow NPV > 0$

- اجرای پروژه با عدم اجرای آن یکسان می‌باشد  $\Rightarrow NPV = 0$

- پروژه قابل قبول نبوده و اجرای آن زیان ده است  $\Rightarrow NPV < 0$

#### ۳-۲- روش نرخ بازدهی داخلی<sup>۲</sup>

روش ارزش فعلی، روش دقیقی می‌باشد که به محاسبات نسبتاً ساده‌ای نیاز دارد. اما برای محاسبه معیارهای اقتصادی از طریق این روش ها، لازم است که حداقل نرخ قابل قبول یا نرخ تنزیل معلوم باشد. در

### ۳-۲-۳- بلوک سیکل ترکیبی V94.2

بررسی گزینه احداث واحدهای جدید نیروگاهی سیکل ترکیبی V94.2 از جمله گزینه‌های مورد بررسی در این مطالعه می‌باشد که مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی این طرح در جدول (۳) خلاصه شده است.

جدول ۳: مقادیر پارامترهای فنی و اقتصادی طرح یک بلوک سیکل ترکیبی

تیپ V94.2

پارامتر	واحد سیکل ترکیبی بعد از تکمیل بخش بخار نیروگاه خلیج فارس
راندمان (%) [۲]	۵۱٫۹۰
توان نامی (مگاوات) [۳]	۴۸۴
توان عملی (مگاوات) [۳]	۴۳۱
ضریب بهره‌برداری (%) [۳]	۷۵
سرمایه‌گذاری اولیه (هزار یورو) [۲]	۲۸۵٫۳۴۴
هزینه O&M (درصدی از سرمایه‌گذاری اولیه) [۲]	۱٫۵

<sup>۱</sup> Net present value (NPV)

<sup>۲</sup> Internal Rate of Return (IRR)

$I_t$ : هزینه سرمایه گذاری اولیه بر روی طرح مورد نظر در سال  $t$ ام  
 $O \& M_t$ : هزینه تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری طرح مورد نظر  
 در سال  $t$ ام

$F_t$ : هزینه سوخت مصرفی طرح مورد نظر در سال  $t$ ام

$E_t$ : مقدار برق تولیدی طرح مورد نظر در سال  $t$ ام

## ۴. تعیین اولویت طرح‌های رقیب نیروگاهی

### بر اساس شاخص‌های اقتصادی تبیین

#### شده

همانگونه که پیشتر مطرح شد، مقایسه طرح بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس با گزینه‌های رقیب از جمله اهداف مطالعه حاضر می‌باشد. از جمله طرح‌های قابل مقایسه با طرح بازتوانی کامل واحد چهار بندرعباس، تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس و احداث یک بلوک سیکل ترکیبی V94.2 با هدف افزایش ظرفیت تولید و راندمان در آن ناحیه است. با توجه به محدودیت منابع مالی در دسترس برای سرمایه‌گذاری در صنعت برق، تعیین اولویت سرمایه‌گذاری طرح‌های رقیب اقدامی ضروری است که در این بخش ابتدا بر اساس مدل و شاخص‌های اقتصادی ارائه شده، به تعیین اولویت طرح‌های رقیب مطرح شده در این تحقیق پرداخته می‌شود.

در تعیین اولویت طرح‌های رقیب افزایش ظرفیت واحدهای حرارتی کشور دو رویه مدنظر قرار می‌گیرد:

**دیدگاه ملی:** در این رویکرد طرح‌هایی که دارای ارزش فعلی خالص مثبت هستند انتخاب می‌گردند و طرح‌های منتخب بر اساس شاخص قیمت تمام شده به صورت صعودی مرتب می‌گردند که در این صورت ترتیب صورت گرفته اولویت سرمایه‌گذاری از دیدگاه ملی و وزارت نیرو را نشان می‌دهد چون که در فضای دولتی شاخص قیمت تمام شده گویای هزینه‌های تامین هر کیلووات ساعت برق توسط وزارت نیرو می‌باشد، بنابراین بهینه‌سازی شاخص قیمت تمام شده برق تولیدی هر کیلووات ساعت برق تولیدی از دیدگاه ملی مطلوب است چون

بعضی شرایط، تعیین این نرخ مشکل و بحث‌انگیز می‌باشد. یکی از متداول ترین روش‌های تحلیل اقتصادی پروژه‌ها که این مشکل را بر طرف می‌سازد، روش نرخ بازده داخلی است.

نرخ بازده داخلی، نرخ است که در ازای آن ارزش فعلی کلیه درآمدها با ارزش فعلی کلیه هزینه‌ها مساوی گردد. بعبارت دیگر نرخ بازده داخلی، نرخ است که در آن ارزش فعلی خالص (NPV) مساوی صفر می‌شود.

پس از محاسبه نرخ بازده داخلی، آن را با حداقل نرخ بازده قابل انتظار مقایسه کرده و در صورتی که نرخ بازده داخلی بیشتر از حداقل نرخ قابل انتظار باشد طرح پذیرفته و در غیر اینصورت رد می‌گردد. نرخ بازده داخلی (IRR) از طریق رابطه (۲) قابل محاسبه است [۵]:

$$\sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (2)$$

#### ۳-۳- روش مدت دوره بازگشت<sup>۱</sup>

در روش دوره بازگشت هدف تعیین طول دوره‌ای است که سرمایه گذاری اولیه بدون در نظر گرفتن نرخ بهره باز خواهد گشت [۵].

#### ۳-۴- قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی<sup>۲</sup>

قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی معمولاً برای انتخاب یک فناوری از بین فناوری‌های تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع هزینه تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی هر فناوری را در طول عمر آن طرح محاسبه می‌کند و فناوری با کمترین قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی اقتصادی‌ترین فناوری می‌باشد. روش قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی را می‌توان به صورت عبارت (۳) بیان کرد [۶].

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{I_t + O \& M_t + F_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

که:

<sup>۱</sup> Payback period

<sup>۲</sup> Levelized Energy Cost (LEC)

مقادیر چهار شاخص اقتصادی پیش گفته برای سه طرح رقیب پروژه حاضر در شرایط سناریو یک در جدول (۴) نشان داده شده است. در این جدول طرح‌های رقیب بر اساس شاخص قیمت تمام شده به صورت صعودی مرتب شده‌اند، بدین صورت که طرح‌ها از کمترین قیمت تمام شده به بیشترین مرتب شدند. قابل ذکر است که در محاسبه این شاخص در طرح‌های افزایش ظرفیت مقدار هزینه‌ها و تولید برق اضافی واحد جدید نسبت به واحد فعلی لحاظ می‌گردد، بدین معنا که به ازای تولید هر کیلووات ساعت برق تولیدی اضافی نسبت به حالت موجود در طرح بازتوانی کامل واحد چهار بندرعباس ۳،۱۸ سنت و در طرح تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی خلیج فارس ۳،۰۲ سنت هزینه می‌گردد. در طرح احداث سیکل ترکیبی V94.2 کل هزینه ناشی از سرمایه‌گذاری اولیه، سوخت مصرفی و تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری لحاظ می‌گردد. همچنین در ارزیابی اقتصادی این طرح کل درآمد ناشی از فروش برق لحاظ می‌گردد. اگر در بررسی طرح‌های رقیب دیدگاه ملی وجود داشته باشد، این شاخص بهترین نتیجه را می‌دهد زیرا این شاخص مقدار هزینه لازم برای تولید هر کیلووات ساعت برق تولیدی را نشان می‌دهد و درآمدها را مد نظر قرار نمی‌دهد. بنابراین در صورت مد نظر قرار دادن دیدگاه ملی اولویت سرمایه‌گذاری به ترتیب تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی خلیج فارس، بازتوانی کامل واحد چهار بندرعباس و احداث سیکل ترکیبی V94.2 می‌باشد. شایان ذکر است بر اساس این شاخص، طرح‌های تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی خلیج فارس و بازتوانی کامل واحد چهار بندرعباس اختلاف ناچیزی با یکدیگر دارند.

جدول ۴: مقایسه اقتصادی طرح‌های رقیب در سناریو یک

شاخص اقتصادی				طرح
Payback Period	IRR	NPV	LEC	
سال	درصد	دلار	سنت بر کیلووات ساعت	
۷،۰۲	۲۷،۷	۳۳۸،۰۰۲،۱۵۰	۳،۰۲	تکمیل بخش بخار خلیج فارس
۴،۷۶	۴۰،۲	۹۰۲،۲۴۴،۵۷۲	۳،۱۸	بازتوانی کامل واحد ۴ بندرعباس

این شاخص کمترین هزینه به ازای واحد تولید برق را تبیین می‌کند.

#### -دیدگاه خصوصی: شاخص‌های ارزش فعلی خالص، نرخ

بازدهی داخلی و دوره بازگشت سرمایه برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی نسبت به شاخص قیمت تمام شده مطلوب‌تر هستند، زیرا بخش خصوصی دنبال طرح‌های سودآور با جذابیت اقتصادی بیشتر می‌باشد. در این رویه تعیین اولویت طرح‌ها بدین ترتیب صورت می‌گیرد که طرح‌هایی که دارای ارزش فعلی خالص مثبت باشند از لحاظ اقتصادی انجام طرح مزبور به صرفه هستند، در مرحله بعد از شاخص‌های نرخ بازده داخلی و مدت بازگشت سرمایه استفاده می‌شود بدین ترتیب که هر طرحی که دارای بیشترین نرخ بازده داخلی و کمترین مدت بازگشت سرمایه باشد از این لحاظ اقتصادی‌تر است.

با توجه به عدم قطعیت در قیمت سوخت‌های مصرفی واحدها، دو سناریو برای قیمت سوخت و برق لحاظ شده است.

#### -سناریوی اول: این سناریو که شرایط بین‌المللی نامیده می‌شود

قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی ۱۵ سنت دلار و قیمت هر کیلووات ساعت برق تولیدی نیروگاه ۷ سنت دلار لحاظ گردیده است. قابل ذکر است که قیمت گاز بر اساس بشکه نفت ۵۰ دلاری محاسبه شده است.

#### -سناریو دوم: در این سناریو که قیمت‌های داخلی لحاظ گردیده

است، قیمت گاز طبیعی ۸۰۰ ریال بر متر مکعب (۲،۷ سنت دلار) و قیمت هر کیلووات ساعت برق تولیدی نیروگاه ۷۰۰ ریال بر کیلووات ساعت (۲،۳ سنت دلار) در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که قیمت سوخت مصرفی و برق بر اساس نرخ تبدیل دلار ۳۰۰۰۰ ریالی صورت گرفته است.

لازم به ذکر است در مقایسه اقتصادی طرح‌های رقیب، هزینه‌های زیست محیطی در نظر گرفته نشده است و همچنین نرخ تنزیل برای هر دو سناریو ۱۰ درصد لحاظ شده است

#### ۴-۱- تعیین اولویت طرح‌های رقیب نیروگاهی مورد

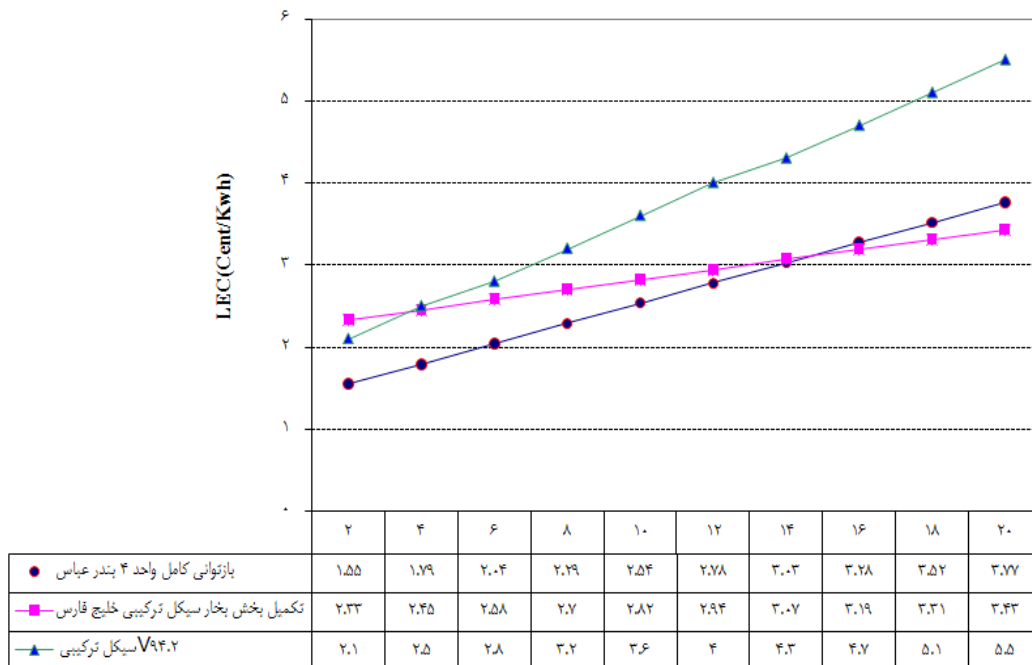
#### مطالعه در شرایط سناریو یک

شکل (۱) نمودار تحلیل حساسیت قیمت تمام شده برق تولیدی طرح‌های رقیب مطرح در مطالعه حاضر را نسبت به تغییرات قیمت گاز طبیعی نشان می‌دهد که قیمت گاز طبیعی از ۲ الی ۲۰ سنت لحاظ شده است، همان طور که مشاهده می‌گردد تا گاز طبیعی ۱۳ سنت، قیمت تمام شده طرح بازتوانی کامل واحد چهار بندرعباس از دو طرح دیگر کمتر است و برای قیمت‌های ۱۳ تا ۲۰ سنت، طرح تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی خلیج فارس دارای کمترین قیمت تمام شده در بین طرح‌های رقیب است. همچنین تا گاز طبیعی ۴ سنت احداث سیکل ترکیبی V94.2 دارای قیمت تمام شده کمتری نسبت به طرح تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی است و طرح احداث سیکل ترکیبی V94.2، برای قیمت‌های ۴ سنت تا ۲۰ سنت به ازای هر متر مکعب گاز طبیعی بیشترین قیمت تمام شده را داراست.

۷,۲۷	۲۵,۴۸	۵۳۹,۴۶۶,۲۲۸	۴,۵	احداث سیکل ترکیبی V94.2
------	-------	-------------	-----	-------------------------

هزینه‌ها و درآمد طرح‌ها در محاسبات شاخص‌های ارزش فعلی خالص، نرخ بازده داخلی و دوره بازگشت سرمایه با هم دیگر مد نظر قرار می‌گیرند. مقادیر این شاخص‌ها برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی بسیار با اهمیت است. چون بخش خصوصی دنبال طرح‌هایی با سودآوری بالا و بازگشت سرمایه در کوتاهترین زمان ممکن است.

هر سه طرح مطرح شده در این پروژه با دید بخش خصوصی و سودآوری از لحاظ اقتصادی به صرفه هستند. چون مقدار ارزش فعلی خالص برای هر سه طرح مذکور مثبت می‌باشد، بدین ترتیب در صورت تعیین اولویت با سه شاخص مذکور بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس، تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی خلیج فارس و احداث سیکل ترکیبی V94.2 به ترتیب دارای اولویت سرمایه‌گذاری هستند.



شکل ۱ - نمودار قیمت تمام شده برق برای طرح‌های رقیب در قیمت‌های مختلف سوخت (گاز طبیعی)

نتایج خروجی حاصل از اجرای مدل اقتصادی در شرایط سناریو دو (گاز طبیعی ۲,۷ سنت بر متر مکعب و قیمت برق ۲,۳ سنت بر کیلووات

۲-۴- تعیین اولویت طرح‌های رقیب نیروگاهی مورد مطالعه در شرایط سناریو دو

تکمیل بخش بخار خلیج فارس	۱،۸۳	۲۶،۹۶۳،۲۴۸	۱۲	۱۸،۷
احداث سیکل ترکیبی V94.2	۲،۲	۲۲،۴۵۰،۲۹۰	۱۰،۷۹	۲۳،۴

ساعت) در جدول (۵) نشان داده شده است. از دید هزینه‌ای و نگاه ملی اولویت سرمایه‌گذاری به ترتیب بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس، تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس و احداث سیکل ترکیبی V94.2 می‌باشد که مقدار شاخص قیمت تمام شده به ترتیب ۱،۵، ۱،۸۳ و ۲،۲ سنت به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی می‌باشد.

#### ۴-۳- مقایسه بازتوانی کامل واحد ۴ بندرعباس با طرح‌های رقیب بر اساس افزایش ظرفیت و تولید انرژی

با توجه به اینکه طرح‌های رقیب مطرح در مطالعه حاضر ظرفیت تولید را افزایش می‌دهند، در این بخش اولویت طرح‌های پیش گفته بر اساس افزایش ظرفیت و تولید انرژی با سرمایه‌گذاری اولیه ثابت (یک میلیارد یورو) تعیین می‌گردد.

با انجام طرح بازتوانی کامل واحد چهار بندر عباس مقدار توان عملی واحد از ۲۷۸ به ۷۳۰ مگاوات افزایش می‌یابد، بنابراین ۴۵۲ مگاوات به ظرفیت عملی واحد اضافه می‌گردد. همچنین با تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس ۱۳۳ مگاوات به ظرفیت عملی افزوده می‌گردد. همچنین توان عملی واحد سیکل ترکیبی تیپ V94.2 برابر ۴۳۱ مگاوات برآورد شده است. بنابراین از لحاظ شاخص افزایش ظرفیت عملی به ترتیب طرح بازتوانی کامل واحد چهار بندرعباس، احداث سیکل ترکیبی V94.2 و تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی خلیج فارس به ترتیب دارای اولویت هستند.

اولویت طرح‌های فوق‌الذکر بر اساس شاخص افزایش تولید ویژه به صورت جدول (۶) می‌باشد.

با توجه به اینکه مقدار ارزش فعلی خالص برای هر سه طرح مثبت است بنابراین در شرایط سناریو دو هر سه طرح از لحاظ اقتصادی سودآور و به صرفه است. با لحاظ کردن شاخص مدت بازگشت سرمایه، طرح بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس کمترین مقدار شاخص مذکور را در بین سه طرح داراست که مقدارش برابر با ۱۰،۶ سال می‌باشد که مقدار جذابی برای سرمایه‌گذاری نیست چون در این شرایط مدت بازگشت سرمایه بیش از ده سال می‌باشد که با شرایط تورمی و سود بالای پرداختی بانک‌ها به سپرده‌ها منطقی نیست سرمایه‌گذار سرمایه خود را در چنین پروژه‌های سرمایه‌گذاری کند.

همچنین مقدار شاخص مدت بازگشت سرمایه برای طرح‌های تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی نیروگاه خلیج فارس و احداث سیکل ترکیبی V94.2 به ترتیب ۱۸،۷ و ۲۳،۴ سال می‌باشد. بنابراین در شرایط سناریو دو، با وجود اینکه سرمایه‌گذاری در هر سه طرح رقیب با مدنظر قرار دادن مقدار مثبت شاخص ارزش فعلی خالص، اقتصادی است، ولی جذابیت کافی برای جذب سرمایه‌گذار را ندارد، چون که برگشت سرمایه اولیه در بهترین حالت که برای طرح بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس اتفاق می‌افتد، بیشتر از ده سال است که با توجه به تورم موجود در کشور و نرخ سود پرداختی بانک‌ها به سپرده‌ها، مقدار جذابی برای سرمایه‌گذاری نیست.

جدول ۶: اولویت طرح‌های رقیب بر اساس افزایش تولید ویژه

طرح	افزایش تولید ویژه بر حسب مگاوات ساعت در سال
بازتوانی کامل واحد ۴ بندر عباس	۳،۲۵۵،۴۹۵
احداث سیکل ترکیبی تیپ V94.2	۲،۷۷۷،۸۶۸
تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی خلیج فارس	۱،۹۳۶،۹۷

جدول ۵: مقایسه اقتصادی طرح‌های رقیب در سناریو دو

طرح	شاخص اقتصادی		
	Payback Period	IRR	NPV
	سنت بر کیلووات ساعت	درصد	دلار
بازتوانی کامل واحد ۴ بندرعباس	۱،۵	۱۷	۱۷۵،۶۲۱،۱۳۴



اشاره، طرح‌های رقیب را از نظر اقتصاد تولید از یک زاویه خاص مورد توجه قرار می‌دهند.

- قیمت تمام شده، تمامی هزینه‌های طول عمر طرح را به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی محاسبه می‌کند که طرحی که کمترین قیمت تمام شده را داشته باشد از لحاظ هزینه‌ای اقتصادی‌ترین گزینه می‌باشد که در سناریو یک طرح تکمیل بخش بخار سیکل ترکیبی خلیج فارس، در سناریو دو طرح بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس کمترین هزینه را به ازای تولید یک کیلووات ساعت برق اضافی دارد.

- به ازای قیمت گاز طبیعی کمتر از ۱۵ سنت، طرح بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس اقتصادی‌ترین طرح از دیدگاه قیمت تمام شده است و در قیمت‌های بالای ۱۵ سنت گاز طبیعی، طرح تکمیل بخش بخار نیروگاه خلیج فارس از لحاظ شاخص اقتصادی پیش گفته دارای بالاترین اولویت می‌باشد.

- سه شاخص ارزش فعلی خالص، نرخ بازده خالص و دوره بازگشت سرمایه با لحاظ کردن جریان هزینه و درآمد در طول عمر طرح‌ها، معیاری از سودآوری را به سرمایه‌گذاران ارائه می‌کند. طرح بازتوانی کامل واحد چهار نیروگاه بندرعباس در هر دو سناریو بالاترین اولویت را در صورت مقایسه با سه شاخص پیش گفته داراست.

- با وجود اینکه در سناریو دو (قیمت گاز طبیعی ۸۰۰ ریال بر متر مکعب و قیمت فروش برق ۷۰۰ ریال بر کیلووات ساعت) هر سه طرح اقتصادی هستند اما با توجه به مدت بازگشت سرمایه اولیه از لحاظ اقتصادی زیاد جذاب نیستند، به طوری که در اقتصادی‌ترین طرح بیش از ۱۰ سال طول می‌کشد تا سرمایه اولیه باز گردد.

- در یک جمع بندی کلی با توجه به ناچیز بودن اختلاف قیمت تمام شده برق تولیدی طرح بازتوانی واحد شماره ۴ نیروگاه بندرعباس و طرح تکمیل بخش بخار نیروگاه خلیج فارس و برتری محسوس طرح بازتوانی نیروگاه بندرعباس نسبت به طرح‌های دیگر در سایر شاخص‌های اقتصادی، انجام طرح بازتوانی کامل این نیروگاه از اولویت بالاتری نسبت به سایر گزینه‌ها برخوردار است. در صورت محدودیت منابع، انجام طرح بازتوانی نیروگاه بندرعباس به عنوان اولویت اول توسعه ظرفیت در بین سه طرح رقیب می‌باشد.

## ۶. مراجع

مقدار افزایش تولید ویژه سالانه با یک میلیارد یورو سرمایه‌گذاری اولیه برای طرح‌های رقیب مطرح در پروژه حاضر به صورت جدول (۷) می‌باشد.

جدول ۷: مقدار افزایش تولید ویژه طرح‌های رقیب بر اساس مگاوات ساعت در سال با سرمایه‌گذاری یک میلیارد یورو

طرح	افزایش تولید ویژه بر حسب مگاوات ساعت در سال
بازتوانی کامل واحد ۴ بندرعباس	۱۲۲۹۶۵۸۲
احداث سیکل ترکیبی تیپ V94.2	۹,۷۳۵,۱۵۶
تکمیل بخش بخار یک بلوک سیکل ترکیبی خلیج فارس	۸,۹۷۲,۱۲۳

## ۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در یک جمع‌بندی کلی اهم نتایج بدست آمده از این تحقیق به شرح زیر قابل جمع‌بندی است:

- مدل اقتصادی قیمت تمام شده برق تولیدی از دیدگاه وزارت نیرو به عنوان متولی تامین برق شاخص تعیین کننده و مهمی به شمار می‌رود. در فضای دولتی این شاخص گویای هزینه‌های تامین برق توسط وزارت نیرو می‌باشد. طبیعی است که هر یک از مراکز هزینه نظیر هزینه سرمایه‌گذاری، تعمیرات و نگهداری، سوخت و هزینه‌های اجتماعی می‌تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در تصمیم‌سازی مورد توجه قرار گیرد. جهت همراستا کردن منافع ملی و منافع ذینفعان، شاخص‌های دیگری نظیر نرخ بازده داخلی، دوره بازگشت سرمایه و ارزش فعلی خالص می‌تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در این شرایط عواملی نظیر قیمت فروش برق و سایر عوامل تاثیر گذار در اقتصاد تولید برق به عنوان اهرم سیاست‌گذاری مورد استفاده متولیان مربوطه قرار می‌گیرد.

- مدل اقتصادی توسعه یافته شامل چهار شاخص قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی، ارزش فعلی خالص، نرخ بازده خالص و مدت بازگشت سرمایه می‌باشد. هر یک از شاخص‌های اقتصادی مورد

[۱] گزارش مرحله چهارم تدوین استراتژی بازتوانی و رفع محدودیت‌های تولید نیروگاه‌های بخاری قدیمی کشور، پژوهشگاه نیرو، گروه بهره‌برداری، ۱۳۸۹

[۲] گزارش تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق ۳۰ ساله با در نظر گرفتن کلیه حامل‌های انرژی، پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده تولید، گروه بهره‌برداری، ۱۳۹۰

[۳] گزارش آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید در سال ۱۳۹۲، شرکت مادر تخصصی توانیر

[۴] اطلاعات دریافتی از سازمان توسعه برق ایران، ۱۳۸۹

[۵] دانشگاه صنعتی امیرکبیر، اقتصاد مهندسی ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی، تالیف دکتر محمدمهدی اسکونژاد

[۶] Expansion Planning for Electrical Generating Systems. A Guidebook, IAEA, 1984.