جایگزینی توربین‌های گازی جدید به جای واحدهای گازی قدیمی

مصطفی حسن پناه

hassanpanah@alum.sharif.edu

اردی‌بهشت ۹۲

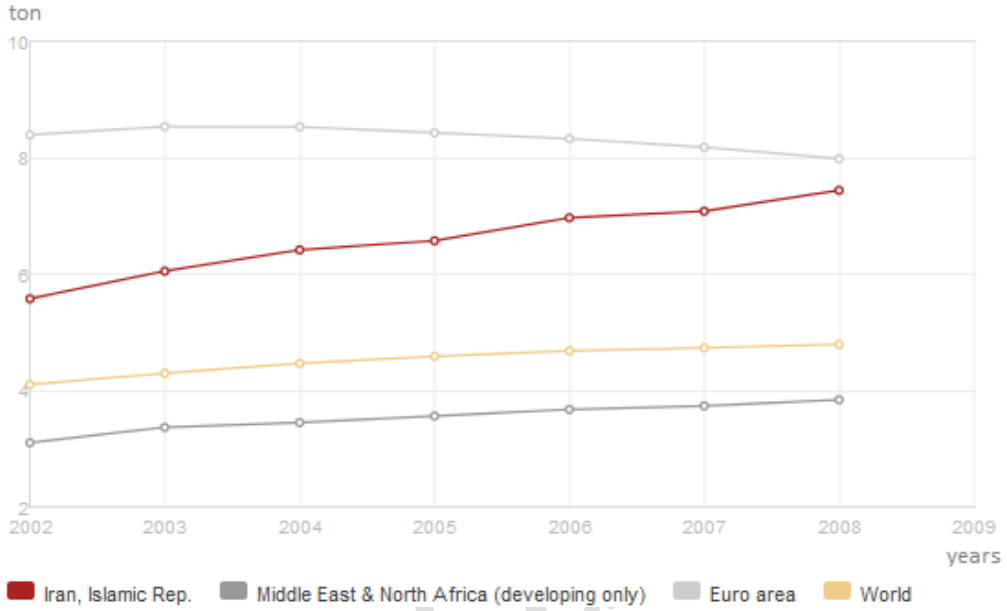
چکیده

در برخی از نیروگاه های گازی کشور مانند نیروگاه ری بعضاً واحد های گازی با عمر بیش از سی و پنج سال و فرسوده به چشم می‌خورند که بازده بسیار پایین، مصرف سوخت و آلایندگی بسیار بالایی دارند. با توجه به این که در کشور امکان ساخت نیروگاه های جدید (نیروگاه های گازی و سیکل ترکیبی تولید داخل) به خوبی وجود دارد، می‌توان به ازای جایگزینی نیروگاه های کوچک قدیمی با نیروگاه های بزرگ جدید به طوری که واحد های کم بازده و کوچک حذف و به جای آن‌ها واحد های بزرگ با بازده بالاتر تأسیس شوند و طی مدت پنج سال و با بهره بیست درصد از محل صرفه جویی در هزینه‌ی گاز طبیعی مصرفی هزینه تأسیس نیروگاه جدید را به دست آورد. هزینه های زمین و مجموعه های انتقال، چاه های آب و تأسیسات دیگر مورد نیاز در نظر گرفته نمی‌شوند زیرا در زمان تاسیس نیروگاه قدیمی، پرداخت شده‌اند و قرار نیست که ظرفیت کل یک نیروگاه بزرگ افزایش چندانی پیدا کند. به این ترتیب طی یک سرمایه گذاری سود آور که می‌توان سرمایه‌ی آن را از محل فروش اوراق مشارکت تأمین کرد، آلودگی هوا و تولید گازهای گلخانه ای کاهش و مصرف سوخت به شدّت بهبود می‌یابد.

مقدمه

ایران امروز در حوزه‌ی تولید انرژی الکتریکی از سوخت‌های فسیلی مشکلاتی دارد. این مشکلات در چند دسته‌ی مختلف تحریم‌ها، آلودگی هوا و محیط زیست، بالا رفتن رتبه در میان تولید کنندگان گاز های گلخانه ای [۱]، رشد روز افزون مصرف انرژی الکتریکی، قدیمی بودن تکنولوژی نیروگاه‌ها و فرسودگی برخی واحد های نیروگاهی قابل دسته بندی‌اند.

اشتهای شدید به مصرف انرژی، یکی از علل اصلی تخریب محیط زیست است. تخریب جنگل‌ها و انتشار بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای که آلودگی هوا و گرمایش زمین را به دنبال دارند، از جمله این آسیب‌ها برشمرده می‌شوند. در شکل ۱ می‌توان روند صعودی تولید کربن دی‌اکسید در ایران را با عنایت روند خنثی یا نزولی دیگران مشاهده نمود.



شکل ۱ میزان کربن دی‌اکسید تولیدی به ازای هر نفر در سال بر حسب تن، در حالی که این مقدار برای منطقه یورو نزولی است برای ایران صعودی است. این مقدار برای ایران از متوسط چین، خاور میانه و جهان هم بالاتر است [۱].

در گذشته موضوع از رده خارج نمودن نیروگاه‌های فرسوده مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است اما در اینجا، نکات و راهکارهای عملی بیشتر عرضه می‌گردند. نباید از یاد برد که تا زمانی که مدیریت نیروگاه‌ها در اداره‌ی مسائل داخلی و عادی با مشکل روبه‌رو هستند، نمی‌توانند مدیریت این پروژه‌ها را به درستی بر عهده بگیرند. بنابراین آنچه تا کنون در ادبیات موضوعی طرح شده است، شاید به خاطر در نظر نگرفتن برخی محدودیت‌ها موفق نشده است، راهکار عملی صحیحی ارائه نماید. در این نوشتار برای جایگزینی نیروگاه های فرسوده با نیروگاه های جدید توجیه اقتصادی ارائه می‌شود.

راهکار

یکی از راه‌کار های افزایش بازدهی میانگین نیروگاه های کشور، حذف واحد های با بازده خیلی پایین است، دقیقاً مانند آنچه در فرآیند از رده خارج کردن خودرو های فرسوده در کشور در نظر بوده است و هدف اصلی این کار بالا بردن

میانگین بازدهی است. ابزار این اقدام استفاده از پتانسیل ساخت داخل و به‌کارگیری نیروهای موجود با تمام تجاربشان به عنوان سنگ بنای توسعه‌ی نیروگاهی در کشور است. این اصلاح موجب دمیدن روحی جدید در کالبد نیروگاهی با تکیه بر کلیه نیروهای انسانی باسابقه می‌شود.

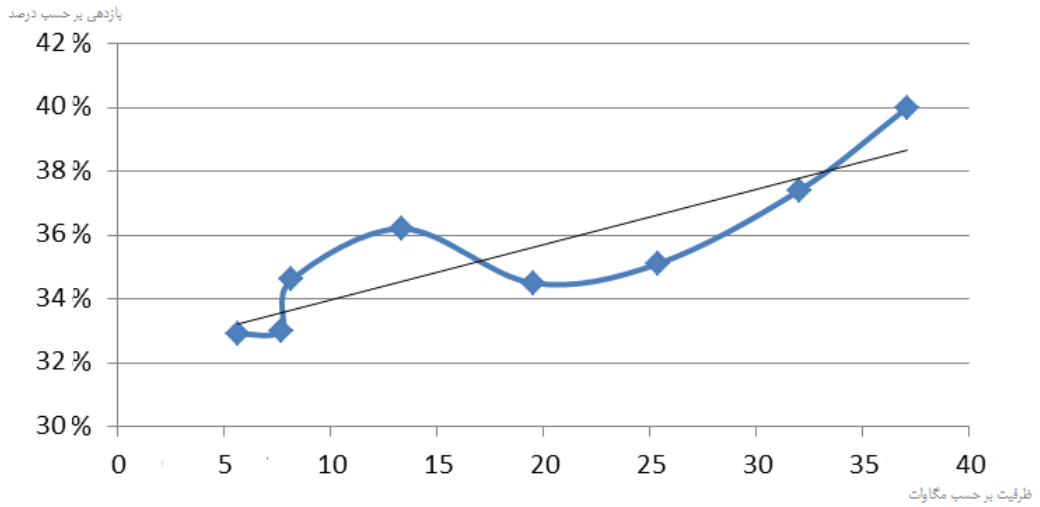
جایگزینی واحدهای فرسوده با واحد های بزرگ و نو

باید بازدهی واحدهای گازی به تفکیک بررسی شود. به این صورت که در یک دوره‌ی طولانی، کلّ انرژی داده شده از طریق سوخت در نظر گرفته شود و کل انرژی برق تولید شده بر آن تقسیم شود. با این تدبیر معیاری برای گزینش ترتیبی نیروگاه‌ها وجود خواهد داشت. پس از آن می‌توان از پایین (کم بازده‌ترین واحدها) چند واحد را که واقعاً نا به سامان هستند یافت و پس از آن بررسی نمود که آیا توجیه اقتصادی و زیست محیطی تعویض مجموع ظرفیت نامی آن‌ها، با توربین‌های گازی نو ـ و احیاناً سیکل ترکیبی یا بخار ـ وجود دارد یا نه.

توربین‌های جایگزین

توربین‌هایی که برای جایگزینی واحدهای قدیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید توربین‌های با ظرفیت بالا باشند زیرا بازدهی بالاتری دارند و قیمت تأسیس آن‌ها به ازای هر کیلووات ظرفیّت کمتر است. بدیهی است که توربین‌های گازی که قابلیت ارتقا به سیکل ترکیبی را دارند برای این کاربرد بهترین هستند. در نمودار ۱ برای دسته ای از محصولات شرکت زیمنس [۲] روند افزایش بازدهی با افزایش ظرفیت را می‌توان دید. شرکت زیمنس یکی از تولید کننده‌های بزرگ توربین‌های گازی است و البته همین روند در محصولات همه‌ی تولید کنندگان دیگر نیز به چشم می‌خورد. زیمنس همچنین، صاحب فن آوری توربین‌های گازی است که در ایران قابلیت تولید آن‌ها وجود دارد.

نمودار ۱ نمودار بازدهی بر حسب ظرفیت در واحدهای گازی کوچک، نمودار بر اساس اطلاعات مرجع ۲ ترسیم شده است.



در حال حاضر در ایران، غیر از توربین‌های بزرگی که مپنا می‌سازد (توربین‌های V94.2)، امکان واردات توربین‌های بزرگ و یا تولید آن‌ها نیست [۳]. هزینه تمام شده تولید و نصب واحد های گازی ۱۶۰ مگاواتی با یا بدون سیکل ترکیبی ۴۵۰ دلار آمریکا بر کیلو وات [۴] است که البته با توجه به اینکه ایران صادر کننده‌ی نفت است مشکلی در قسمت دلاری آن نباید باشد. بر این اساس قیمت یک توربین ۱۶۰ مگاواتی برابر با ۷۲ میلیون دلار خواهد بود. از این میزان تقریباً بیست درصد ارز و مابقی ریال ایران است [۴]. به نقل از مپنا [۴]، از توربین V94.2 تا حالا حدود صد دستگاه نصب شده است. از سفارش و دریافت کامل پول تا انتهای نصب حداقل یک سال کامل طول می‌کشد [۴]. برخی دیگر حداقل زمان نصب شانزده ماه برای نصب چهار واحد توربین گازی با قابلیت ارتقا به سیکل ترکیبی را یک رکورد دانسته‌اند [۵].

لزوم جایگزینی واحدهای فرسوده

راهی جز این وجود ندارد که واحد های گازی قدیمی و کم بازده از مدار خارج شوند، این امر اجتناب ناپذیر است. یکی از مشکلات بر سر راه این محدودیت منابع مالی است. این مشکل در بیشتر دستگاه های دولتی، بزرگ نمایی می‌شود، اما با توجه به ضرر عظیمی که در انتظار است و با این که فرهنگ یک کشور نفتی معمولاً آن را به راحتی می‌پذیرد نقش این مانع نباید بزرگ نمایی شود. می‌توان با انجام اقداماتی همچون انتشار اوراق مشارکت حداکثر پنج ساله مشکل کمبود منابع مالی را حل نمود. نقدینگی در اختیار مردم است، و جمع آوری نقدینگی خود یک امتیاز است.

در ادامه به این بررسی پرداخته خواهد شد که اگر برای تولید یک کیلووات ساعت انرژی میزان سوخت مورد نیاز نصف شود. چند سال طول می‌کشد تا سرمایه اولیه باز گردد. این فرض شالوده‌ی محاسبات توجیه اقتصادی را تشکیل می‌دهد. اگر زمان بازگشت سرمایه برای نیروگاه نو برابر با بیست سال باشد یعنی واحد گازی نو بیست سال با نرخ‌های فعلی گاز و برق عمر مفید داشته باشد. برای این نیروگاه بیست برابر نصف میانگین مصرف سوخت نیروگاه قدیمی در یک سال به عنوان تخفیف لحاظ خواهد شد. البته همان طور که مبلغ به قیمت جهانی و ارز گفته می‌شود. قیمت سوخت هم باید به قیمت جهانی محاسبه شود که پشتوانه‌ی منطقی داشته باشد.

مغالطه‌ی بزرگی که در سال‌های اخیر گریبان گیر بوده است، سیاست یک بام و دو هوا در انجام مطالعات امکان سنجی است. این مغالطه در اصل به وسیله‌ی سه عامل نادیده گرفتن هزینه های ناشی از تولید آلاینده‌ها، فراموشی اینکه تمام هزینه های ناشی از فعالیت‌ها در حوزه انرژی بر عهده دولت است و دولت را با یک بنگاه سرمایه گذار اشتباه گرفتن، شکل می‌گیرد. دولت سوخت را تأمین می‌کند، دولت متحمّل مشکلات آب و هوایی می‌شود، دولت هزینه های ناشی از آلودگی هوا را می‌پردازد، دولت با بیکاری و در عین حال هدر رفت منابع مواجه است و از همه مهم‌تر دولت خریدار برق و تأمین کننده‌ی سوخت نیروگاه‌ها است. با توجه به مسایل بحث شده در بالا، اصلاح پیشنهاد شده (جایگزینی واحد های فرسوده) نه تنها شدنی، بلکه لازم است.

توجیه اقتصادی

در اینجا محاسبات ساده اما قاطعی انجام می‌شود و صحت گفته های بالا نشان داده می‌شود. همان‌طور که گفته شد، فرض می‌شود که یک‌صد و شصت مگاوات ظرفیت فرسوده‌ی نیروگاهی با یک توربین گازی یک صد و شصت مگاواتی تولید مپنا جایگزین می‌شود. عوامل مؤثری که برای ساده شدن محاسبات از آن‌ها صرف نظر شده است و تماماً به نفع استدلال طرح شده هستند و با حذف آن‌ها بدترین و غیر اقتصادی‌ترین حالت توجیه اقتصادی اتفاق می‌افتد جدا از عوامل مطروح در بند قبل، به شرح زیر می‌باشند:

الف. سود ناشی از بازیافت اجزای واحد فرسوده

ب. قیمت سوخت ثابت در نظر گرفته شده در حالی که رو به افزایش است.

ج. سود ناشی از کاهش گازهای آلاینده و گلخانه ای

محاسبه‌ی صرفه جویی سالانه در هزینه‌ی گاز طبیعی

هزینه‌ی انرژی گاز طبیعی مصرف شده در نیروگاه جدید در جدول ۲ محاسبه شده است. بازدهی نیروگاه فرسوده بسیار خوش‌بینانه در محاسبات ۱۷/۵ درصد و بازدهی نیروگاه جدید دو برابر این مقدار، یعنی ۳۵ درصد در نظر گرفته شده است. گزارش شده است که بازدهی واحد های فرسوده تا ۱۳ درصد نیز پایین می‌رود [۶] اما در محاسبات این مقاله بازدهی آن‌ها تا نصف بازدهی واحد های نو بالا برده می‌شود، تا برخی از عوامل ناشناخته‌ی کاهش بازدهی در واحد های نو که ممکن است مانع رسیدن به ظرفیت و بازدهی اسمی شوند، جبران گردند.

بر این اساس به ازای تولید مقدار انرژی الکتریکی برابر، واحد های فرسوده به میزان دو برابر گاز یا دیگر سوخت‌های فسیلی را مصرف می‌کنند.

محاسبه‌ی مقدار مثبت خالص

برای توجیه اقتصادی از ابزار مقدار مثبت خالص استفاده می‌کنیم. محاسبه‌ی مقدار مثبت خالص (NPV) بر حسب میلیون دلار به صورت زیر انجام می‌گیرد:

(پایان سال اول) ۰ + (هزینه‌ی اولیه تأسیس واحد) ۷۲-

$$+ \frac{\text{۳۱}}{\text{۱/۲}^{\text{۱}}}$$ (پایان سال دوم)

$$+ \frac{\text{۳۱}}{\text{۱/۲}^{\text{۲}}}$$ (پایان سال سوم)

$$+ \frac{\text{۳۱}}{\text{۱/۲}^{\text{۳}}}$$ (پایان سال چهارم)

$$+ \frac{\text{۳۱}}{\text{۱/۲}^{\text{۴}}}$$ (پایان سال پنجم) = ۸/۳ میلیون دلار

یعنی در پایان سال پنجم حدود هشت میلیون دلار مازاد بر سرمایه‌ی مصرف شده، ثروت تولید شده ناشی از اجرای پروژه خواهد بود.

جدول ۱ محاسبه و مقایسه سود و سرمایه‌ی نیروگاه فرسوده و نیروگاه جایگزین

مصرف گاز سالانه نیروگاه جدید	هزینه اولیه	مدت بازگشت سرمایه
۳۱ میلیون دلار	۷۲ میلیون دلار	۲۰ سال
مصرف گاز سالانه‌ی نیروگاه فرسوده	ندارد	–
٦٢ میلیون دلار	ندارد	–
صرفه جویی سالانه پس از جایگزینی	–	–
۳۱ میلیون دلار	۷۲ میلیون دلار	کمتر از پنج سال

جدول ۲ محاسبه‌ی هزینه سوخت سالانه یک توربین گازی با بازدهی ۳۵ درصد

توان مگاوات	درصد ظرفیت نامی	کل انرژی در سال (مگاوات ساعت)	کل انرژی خروجی در سال (BTU)	بازده
١٦٠	۰/۹	١٢٦١٤٤٠	٤/٣٠ X ١٠^{١٢}	۰/۳۵
	هزینه گاز سالانه (میلیون دلار)	هزینه هر ۱ میلیون BTU گاز طبیعی	کل انرژی ورودی (گاز طبیعی در سال بر حسب BTU)	
	۳۱	۲/۵	۱/۲۳ X ۱۰^{۱۳}	

در محاسبه، نرخ سود برابر با بیست درصد در نظر گرفته شده است (با توجه به نرخ تورم). سال اول پس از پرداخت هزینه صرف ساخت شده است و هزینه ساخت واحد نقد به سازنده پرداخت شده است. هزینه‌ی زمین و آماده سازی و تأسیسات

و پرسنل معنایی ندارد، چون برای جایگزینی، واحد قبلی حذف می‌شود و زمین و دیگر امکانات آن آزاد می‌گردد. قیمت گاز طبیعی دو و نیم دلار به ازای هر یک میلیون BTU در نظر گرفته شده است [۷].

نکات محاسبه‌ی اقتصادی

در واقع میانبر در این محاسبه عدم دخالت قیمت برق است، زیرا به صورت طبیعی یک واحد نو طی بیست سال سرمایه‌ی خود را باز می‌گرداند. بیست سال بازگشت سرمایه یعنی اینکه نیروگاه جدید در صورت احداث، با همه‌ی هزینه های تعمیر و نگه داری در طول بیست سال سرمایه‌ی خود را باز می‌گرداند. حال آن که هزینه های تعمیر و نگه داری برای نیروگاه جدید در بدبینانه‌ترین حالت با نیروگاه قدیمی برابر است. و باز هم با بدبینی در آمد کسب شده به وسیله‌ی برق فروخته شده نیز تغییری ندارد. یعنی فرض شده است در شرایط فعلی تأسیس نیروگاه های جدید اقتصادی است ـ که رفتار مجموعه‌ی صنعت برق نیز همین امر را نشان می‌دهد. فقط باید هزینه‌ی ساخت نیروگاه جدید در برابر درآمد ناشی از صرفه جویی گاز قرار بگیرد که همین امر نیز صورت پذیرفته است.

در مورد هزینه‌های مستمر برای مثال هزینه‌ی پرسنل و هزینه‌ی تعمیرات و نگه داری و پایش قطعاً از حالت قبلی کمتر است و با این همه دست بالا منظور شده است، چون فقط صرفه جویی ناشی از کاهش مصرف گاز لحاظ گردیده است.

تأمین منابع مالی

منابع مالی لازم برای تأمین مالی نوسازی واحد های فرسوده را می‌توان از طریق فروش اوراق مشارکت، اوراق اجاره یا منابع بانکی به دست آورد. در این صورت مردم نیز در سود صرفه جویی سهیم می‌شوند.

فروش سهام واحد های جدیدی که به جای واحد های فرسوده نصب می‌شوند، در قالب سهام عدالت، بورس یا فرا بورس از راه های دیگر تأمین منابع مالی است.

روش‌های BOT و BOO نیز که پیش از این هم در ایران به کار گرفته شده‌اند، می‌توانند روش‌های خوبی باشند، مخصوصاً با توجه به اینکه در حال حاضر در ایران، سازنده‌ی نیروگاه گازی یا سیکل ترکیبی (مپنا) خود یک بنگاه اقتصادی بزرگ و نه منحصراً سازنده و فروشنده‌ی نیروگاه است.

نحوه‌ی اجرا

نکته‌ی مهم در نحوه‌ی اجرا از قلم نینداختن تمام عواملی است که به اقتصادی بودن طرح کمک می‌کنند. برای مثال، بازیافت نیروگاهی که اسقاط می‌شود باید با جدیت صورت بپذیرد. ظرفیت سازی بدون چارچوب نباید انجام شود یعنی منحصراً نوسازی ظرفیت که از ایجاد خطوط انتقال جدید برق و گاز و استخدام پرسنل جدید بی نیاز باشد، بدون هیچ جاده‌ی جدید یا عملیات عمرانی جدید یا پیچیده، باید در دستور کار قرار بگیرد. مطالعات اقلیمی و زیست محیطی نباید تکرار شوند، مگر در کنار نصب واحد جدید یک ارتقا روی آن در دستور کار باشد.

برای اینکه نحوه‌ی اجرا در تولید برق و مخصوصاً نیاز حداکثری تابستانی برق اختلال ایجاد نکند تدابیر مخصوصی باید اندیشیده شود. برای مثال اگر این اقدام از واحد های فرسوده‌ای آغاز شود که در آخرین پیک تابستانی در مدار نبوده‌اند، نگرانی وجود ندارد که واحد جدید بعدی که جای واحد های قدیمی ساخته می‌شود به پیک تابستانی بعدی برسد.

یک راه دیگر بهره جویی از زمین‌های موات اطراف نیروگاه‌ها است که حتی در برخی موارد در تملک نیروگاه‌ها هم هستند. در این صورت می‌توان در آن زمین‌ها نیروگاه را ساخت و بعد نیروگاه فرسوده را از مدار خارج نمود تا منحصراً یک دسته ادوات انتقال انرژی الکتریکی بیشتر مورد نیاز نباشد.

نتیجه گیری

در این مقاله لزوم نوسازی نیروگاه های با سوخت فسیلی کشور به طور عمومی و به طور خاص نیروگاه های گازی فرسوده‌ی با عمر بالا مورد تأکید قرار گرفت و لزوم آن از جنبه‌های مختلف مورد بحث قرار گرفت. همچنین در یک مثال عملیاتی به توجیه اقتصادی مورد خاص جایگزینی یک‌صد و شصت مگاوات ظرفیت نو به جای ظرفیت فرسوده‌ی متناظر پرداخته شد. در انتها در مورد نحوه‌ی اجرای بهینه و روش‌های تأمین منابع مالی سخن رفت. به طور کلی با توجه به ضرورت نوسازی واحد های فرسوده و توجیه اقتصادی پروژه های نوسازی و توانایی تولید داخلی انواع خاصی از توربین گازی در شرایط تحریم به نظر می‌رسد زمینه برای تسریع روند ارتقای میانگین بازدهی نیروگاه های گازی در ایران هموار باشد.

در مورد مثال خاص عملیاتی جایگزینی یک‌صد و شصت مگاوات ظرفیت توربین گازی نو به جای توربین‌های گازی فرسوده، مشخص شد که طی پنج سال از شروع پروژه سرمایه بازگردانده می‌شود.

به نظر می‌رسد در نظر گرفتن سود ناشی از کاهش دی اکسید کربن تولید شده، در نظر گرفتن افزایش قیمت گاز طبیعی و برق مصرفی، در نظر گرفتن رونق اقتصادی ناشی از این پروژه و بقیه‌ی موارد مطلوب فوق‌الذکر، روند بازگشت سرمایه سریع‌تر و نرخ سود به دست آمده بالاتر از بیست درصد خواهد بود.

مراجع

[1]. [Online] World Bank. http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC/countries/IR-XQ-XC-1W?display=graph.

[2]. [Online] Siemens, 2011. http://energy.siemens.com.

[3]. مپنا توربین .[بر خط] مپنا، http://www.mapnaturbine.com.

[4]. مصاحبه با مهندس صایب از همکاران مپنا، دی ماه ۱۳۹۰، ساختمان مپنا در خیابان میرداماد تهران

[5]. خبرگزاری مهر[بر خط]،http://www.mehrnews.com/fa/newsdetail.aspx?NewsID=1647425

[6]. مصاحبه با مهندس ماکویی از همکاران نیروگاه ری، پاییز ۱۳۹۰، نیروگاه ری

[7]. Bloomberg. [Online] http://www.bloomberg.com/energy.

behinesazaan.ir