Archive of SID

فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفتم / شماره‌ی ۲۶/ پاییز ۱۳۸۹/ صفحات ۸۵ - ۵۵

ارزیابی اقتصادی طرح تولید هم‌زمان برق و حرارت در مشهد

علی امامی میبدی

عضو هیات علمی دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی emami@atu. ac.ir

روح الله مهدوی

دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی r_mahdavi_ir@yahoo. com

موسی خوشکلام خسروشاهی

دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی mosa_khosrowshahy@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۵

چکیده

نحوه‌ی تولید و استفاده از انرژی، به عنوان یکی از عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی محیط زیست در مقیاس‌های ملی، ناحیه‌ای و بین‌المللی تلقی می‌شود. یکی از تکنولوژی‌هایی که از سال‌ها پیش در کشورهایی چون امریکا، انگلستان و کشورهای اسکاندیناوی به منظور استفاده‌ی بهینه از منابع انرژی مورد استفاده قرار گرفته است، تولید هم‌زمان برق و حرارت و در کنار آن به‌کارگیری سیستم گرمایش منطقه‌ای (DH) می‌باشد. در این مقاله و در ابتدا، طرح تولید هم‌زمان برق و حرارت و در کنار آن به‌کارگیری سیستم گرمایش منطقه‌ای (DH) قسمتی از شهر مشهد با استفاده از روش‌های ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازده‌ی داخلی (IRR) و نرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده (MIRR)، مورد ارزیابی مالی و اقتصادی قرار گرفته و سپس این طرح با استفاده از تحلیل حساسیت، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج ارزیابی مالی و اقتصادی نشان می‌دهد که طرح مورد نظر دارای توجیه اقتصادی و مالی برای اجرا می‌باشد. علاوه براین، نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که مؤثرترین عامل بر پارامترهای ارزیابی اقتصادی این طرح، قیمت گاز صادراتی است.

طبقه‌بندی JEL : O13 , P28 , H43

کلید واژه: ارزش فعلی خالص، نرخ بازده‌ی داخلی، نرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده، تولید هم‌زمان برق و حرارت، سیستم گرمایش منطقه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

انرژی به منزله‌ی موتور توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی انسان تلقی می‌شود. از سوی دیگر، توسعه‌ی پایدار و حفاظت از محیط‌زیست، در گرو استفاده‌ی درست و بهینه از منابع انرژی، به‌ویژه انرژی‌های تجدید شونده است.

بدون تردید منابع انرژی و به طور خاص سوخت‌های فسیلی، امروزه از مهم‌ترین منابع در چرخه‌ی تولید صنعتی به شمار می‌روند، به طوری که حداقل در کوتاه مدت امکان صرف نظر کردن از این منابع با تکیه بر هر منبع انرژی دیگری قابل تصور نیست. در این میان کشورهایی مثل ایران، بدون پرداخت هزینه‌های گزاف و تنها با تقبل هزینه‌ی استخراج، به طور وسیعی امکان بهره برداری از این منابع را دارا هستند و شاید این موضوع خود دلیلی بر کم اهمیت و حتی بی‌اهمیت تلقی کردن استفاده‌ی صحیح و مبتنی بر منطق اقتصادی از سوخت‌های فسیلی در ایران باشد. فعالیت‌های تولیدی گسترده‌ای در ایران بدون در نظر گرفتن اهمیت این موضوع به حیات خود ادامه می‌دهند و یا وارد عرصه‌ی تولید می‌شوند و با پرداخت عددی ناچیز به عنوان بهای یارانه‌ای سوخت، از این منبع تولیدی استفاده می‌کنند و نتیجه این‌که، سرانه‌ی استفاده از سوخت‌های فسیلی در فرایند تولید در ایران بسیار بالاتر از معیارها و استانداردهای تعریف شده جهانی می‌باشد. محدودیت و پایان پذیر بودن سوخت‌های فسیلی لاجرم ما را به سوی استفاده‌ی هرچه صحیح‌تر و بهینه‌تر از این ثروت ملی رهنمون می‌کند.

از سوی دیگر مصرف انرژی بیش‌تر، مترادف با انتشار بیش‌تر آلاینده‌های زیست‌محیطی است. در صدر تهدیدات زیست‌محیطی، مسأله‌ی گرم شدن کره‌ی زمین بوده که این تهدید سیاست انرژی بسیاری از کشورها را شکل داده و لازم است که این موضوع با جزئیات بیش‌تری مورد بررسی قرار گیرد. تحقیقات و بررسی در زمینه‌ی تغییرات آب و هوایی نشان می‌دهد که این پدیده رابطه‌ای بسیار قوی و محکم با سیستم‌های تأمین انرژی جوامع (عامل ضروری در روند توسعه کشورها می‌باشد) دارد.

بدون شک از مهم‌ترین منابع مصرف انرژی و در نتیجه انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، خانوارها و هم‌چنین نیروگاه‌های تولید برق هستند که از سوخت‌های فسیلی در فرایند تولید خود بهره می‌گیرند. از این رو یکی از زمینه‌های تأثیرگذار در مورد پایداری مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌های تولیدی (به‌ویژه گازهای گلخانه‌ای)، می‌تواند سیاست‌گذاری در این دو زمینه باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

از یک دیدگاه انرژی مدارانه، تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی فرایندی کاملاً اتلاف‌گر به شمار می‌رود. بدین معنا که در بهترین شرایط تولیدی، در این واحدها حدود ۵۰ درصد انرژی حرارتی به انرژی الکتریسیته تبدیل نشده و به صورت گرما از اگزوز نیروگاه به جو منتقل می‌شود. در این صورت، بسیار بهتر خواهد بود که گرمای اتلافی از فرایند تولیدی برای استفاده‌ی دوباره جمع‌آوری شود.

با ترکیب فرایندهای تولید برق و تولید گرما امکان ایجاد یک سیستم بسیار کارآمد که از انرژی اولیه استفاده‌ی بهینه می‌کند، وجود دارد. تولید هم‌زمان برق و حرارت یا CHP ، یک روش صرفه‌جویی انرژی است که در آن برق و حرارت به طور هم‌زمان تولید می‌شوند. حرارت حاصل از تولید هم‌زمان نیز می‌تواند به منظور گرمایش منطقه‌ای DH و یا در صنایع فرایندی مورد استفاه قرار گیرد. گرمایش منطقه‌ای، سیستمی است که در آن حرارت به صورت متمرکز تولید شده و از طریق لوله‌های انتقال به مشترکان رسیده و به آن‌ها فروخته می‌شود. این کار با استفاده از یک شبکه‌ی توزیع که از آب داغ یا بخار به عنوان حامل انرژی حرارتی استفاده می‌کند، انجام می‌پذیرد. در این صورت، دیگر نیازی به وجود تأسیسات حرارتی و موتورخانه در ساختمان‌هایی که از این سیستم بهره می‌گیرند، نخواهد بود.

این مورد نمونه‌ای از سیستم‌های تولید هم‌زمان گرما و توان CHP است که در آن گرمای بخشی از نواحی شهری مشهد مقدس (حرم مطهر حضرت علی ابن موسی الرضا(ع) و چهار قطاع اطراف آن)، توسط بازیافت انرژی حرارتی از واحدهای تولید برق نیروگاه مشهد و تحت سیستم گرمایش منطقه‌ای تأمین خواهد شد. این مورد نمونه‌ای، شامل سه بخش تولید گرما، انتقال و توزیع آن میان مصرف‌کنندگان می‌باشد. مساحت محدوده ۳۶۰/۹ هکتار بوده و طبق برآورد انجام گرفته حداکثر جمعیت قابل اسکان متغیر در حدود ۱۲۰ هزار نفر در شب می‌باشد.

سئوالاتی که در این تحقیق به دنبال بررسی آن هستیم عبارتند از : ۱- آیا اجرای طرح CHP نیروگاه مشهد و گرمایش منطقه‌ای حرم مطهر رضوی (ع) و محدوده‌ی

1- Combined Heat and Power.

- <7 ;7 , 9 $ # , " , :* 87 67 , - 0 # " 5
& #=/! >/? @ %/ A@ / B "

3- District Heating.

www.SID.ir

Archive of SID

اطراف آن، نسبت به وضعیت کنونی تولید برق در نیروگاه مشهد، از لحاظ اقتصادی- زیست‌محیطی دارای مزیت و توجیه اقتصادی است؟ ۲- آیا این طرح را می‌توان در قالب مکانیزم توسعه‌ی پاک تعریف کرده و از این طریق برای اجرای آن منبع تأمین مالی متصور شد؟

در ادامه‌ی مقاله، در بخش ۲ به بررسی تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها، گرمایش منطقه‌ای و مکانیسم توسعه‌ی پاک پرداخته و سپس در بخش ۳ و ۴ به‌ترتیب مبانی نظری تحلیل هزینه فایده و پیشینه‌ی تحقیق بیان می‌شود. در بخش ۵ ارزیابی طرح و در بخش ۶ نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

۲- تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها گرمایش منطقه‌ای و مکانیزم توسعه‌ی پاک

در این بخش ۳ مبحث اصلی شامل تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه‌ها، گرمایش منطقه‌ای و مکانیزم توسعه پاک به تفصیل بیان می‌گردد.

یکی از تکنولوژی‌هایی که از سال‌ها پیش در کشورهایی چون امریکا، انگلستان و کشورهای اسکاندیناوی، به منظور استفاده‌ی بهینه از منابع انرژی مورد استفاده قرار گرفته است، تولید هم‌زمان برق و حرارت و در کنار آن به‌کارگیری سیستم گرمایش منطقه‌ای (DH) ، می‌باشد. کارایی بالای این تکنولوژی و به تبع آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، مشوق خوبی برای استفاده‌ی روز افزون از آن در کشورهای دنیا بوده است.

به‌طور کلی، در نیروگاه‌های تولید برق، به پنج روش می‌توان حرارت را به منظور استفاده در DH، بازیافت کرد (چیت چیان، ۱۳۸۳):

الف) بازیافت از توربین زیرکش‌دار ب) بازیافت از توربین پس فشاری ج) بازیافت از توربین گازی د) بازیافت از سیکل ترکیبی ه) بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی

1- District Heating (DH).
2- Extraction Condensing.
3- Back-Pressure.
4- Gas Turbine Heat Recovery.
5- Combined Cycle.
6- Reciprocating Engines.

www.SID.ir

Archive of SID

بازیافت از توربین زیرکش دار: در این روش مقداری از بخار قبل از رسیدن به آخرین مرحله‌ی توربین از آن خارج می‌شود. بخار استخراج شده از توربین می‌تواند در گرمایش منطقه‌ای یا مصارف صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین در مواقعی که از توربین بخار استفاده نشود، می‌توان از ایستگاه کاهش فشار استفاده کرد. در این حالت، بخار مطمئن برای تأمین حرارت فرایندها تولید می‌شود.

بازیافت از توربین پس فشاری: در نیروگاه بخار معمولی، بخار فشار بالایی که در بویلر تولید شده (اصطلاحاً به آن بخار زنده می‌گویند) از میان توربین عبور می‌کند و پس از انبساط کامل، با فشار پایین وارد یک کندانسور می‌شود. در این بخش، حرارت باقی‌مانده در بخار از طریق هوا یا آب، به منظور استفاده در مصارف گرمایشی منتقل می‌شود. این بخار می‌تواند مستقیماً به عنوان بخار فرایند یا به عنوان سیال گرم در یک مبدل حرارتی برای گرم کردن آب مورد استفاده در سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

بازیافت از توربین گازی: یک سیستم ساده و کم هزینه‌ی تولید هم‌زمان برق و حرارت می‌تواند با ترکیب یک توربین گاز و یک بویلر بازیافت حرارت ایجاد شود. گازهای داغ خروجی از توربین گاز از یک بویلر بازیافت حرارت عبور کرده و بخار مورد نیاز فرایند یا گرمایش مورد نیاز را تأمین می‌کنند. در بسیاری از مواقع از گاز طبیعی به عنوان سوخت مصرفی استفاده می‌شود. اما گازوئیل یا ترکیبی از گاز و گازوئیل نیز به عنوان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان حرارت بازیافت شده، به نوع سوخت مصرفی و دمای حرارت بازیافت شده بستگی دارد.

بازیافت از سیکل ترکیبی: یک نیروگاه سیکل ترکیبی شامل یک یا چند توربین گازی و بخار است. بسته به نوع توربین بخار، نیروگاه می‌تواند معمولی یا تولید هم‌زمان باشد. اگر از خنک‌کن‌های کمکی برای خنک کردن مایعات خروجی از توربین بخار استفاده نشود، می‌توان این واحدها را به عنوان واحدهای CHP مورد استفاده قرار داد. ویژگی تمام نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، بازیافت حرارت از گاز خروجی توربین‌های گاز است. این حرارت توسط بویلرهای بازیافت و به منظور تولید بخار مورد نیاز توربین‌های بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً برای افزایش کیفیت بخار از مشعل‌های کمکی که از گاز خروجی توربین گاز به عنوان هوای ورودی استفاده می‌کنند، برای حرارت دادن به بویلر کمکی استفاده می‌شود. سیستم‌های سیکل ترکیبی که در آن‌ها از مایع

www.SID.ir

Archive of SID

خروجی از کندانسور برای تأمین حرارت استفاده مـی‌شـود، اسـاس سیسـتم‌هـای تولیـد هم‌زمان با سیکل ترکیبی را تشکیل می‌دهد.

بازیافت در نیروگاه‌های مجهز به موتورهای رفـت و برگشـتی: ایـن روش نیـز مشابه روش تولید هم‌زمان در نیروگاه‌های گازی است، با این تفاوت که به جـای تـوربین گازی از موتورهای درون سوز رفت و برگشتی استفاده می‌شود. در این نیروگاه‌ها حـرارت می‌تواند از روغن موتور یا آب خنک‌کن موتورها یا از حـرارت گازهـای خروجـی از اگـزوز بازیافت شود.

" !

گرمایش منطقه‌ای شامل سیستمی است که در آن حرارت به‌صورت متمرکز، تولید و به تعدادی مشتری فروخته می‌شود. این کار با استفاده از یک شـبکه‌ی توزیـع کـه از آب داغ یا بخار به عنوان حامل انرژی حرارتی بهره می‌برد، انجام می‌پذیرد.

مهم‌ترین خصوصیات سیستم گرمایش منطقه‌ای را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد (چیت چیان، حمید، ۱۳۸۳):

در واحدهای تولید هم‌زمان برق و حرارت، تلفات به حداقل می‌رسد. بازده‌ی کلی این واحدها بین ۸۰ تا ۹۰ درصد خواهد بود، این در حالی است که در یک نیروگـاه متـداول بازده‌ی حرارتی بین ۴۰ تا ۵۰ درصد است.

با توجه به این‌که واحدهای تولید هم‌زمـان، از حـرارت تولیـدی نیروگـاه‌هـا اسـتفاده می‌کنند، تولید انرژی حرارتی در آن‌ها بدون وقفه انجام می‌شود. هم‌چنین میـزان تولیـد برق و حرارت، با توجه به تقاضای آن‌ها قابل تغییر است.

*()'& % $ # " !

راندمان بالای واحدهای تولید هم‌زمان، این واحدها را به عنوان راه حلی قابـل قبـول برای تبدیل انرژی مطرح کرده است. هم‌چنین بازدهی بالای این واحدها، سبب می‌شـود تولید دی‌اکسیدکربن و سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیبـات گـوگردی و اکسـیدهای نیتـروژن کاهش یابد. از سوی دیگر در کشورهایی که قوانین سـخت‌گیرانـه‌ی زیسـت محیطـی در

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها اعمال می‌شود، با کاهش تعداد واحدهای تبدیل سوخت به حرارت مفید، کنترل واحدهای تولید آلاینده راحت‌تر انجام خواهد پذیرفت.

0 / ,- ./ +

در توجیه پذیری واحدهای CHP، باید محدودیت‌های مالی را به‌دقت لحاظ کرد. لازم است در هر ناحیه، انرژی‌های رقیب با واحدهای تولید هم‌زمان مقایسه و تصمیم‌گیری به‌دقت انجام پذیرد. معمولاً واحدهای تولید هم‌زمان، به سرمایه‌گذاری بیش‌تری نسبت به سیستم‌های معمول تبدیل انرژی نیاز دارند، ولی باید دقت داشت که میزان مصرف انرژی در آن‌ها بسیار پایین‌تر است، به عبارت دیگر، هزینه‌های متوسط تبدیل یک واحد انرژی در واحدهای CHP پایین‌تر از سایر روش‌هاست.

/8 49 5 :; " 6 * ,7 / 2& 3451

با استفاده از واحدهای تولید هم‌زمان، تجهیزات نصب شده در تأسیسات گرمایشی ساختمان‌ها کاهش می‌یابد، به همین دلیل فضای بیش‌تری در ساختمان‌ها قابل استفاده خواهد بود.

=)> / ,- ./ <

با توجه به این‌که برای استفاده از حرارت تولیدی در یک واحد تولید هم‌زمان، تجهیزات کم‌تری در هر ساختمان مورد نیاز است، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری تجهیزات نیز کم‌تر خواهد شد.

,CDM+) * " '($% & #

مکانیزم توسعه‌ی پاک در حقیقت طرحی است که بر طبق آن کشورهای توسعه‌ی یافته و متعهد پروتکل کیوتو، به‌منظور تحقق تعهدات خود در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و هم‌چنین کمک به توسعه‌ی پایدار در کشورهای در حال توسعه‌ی اجرا می‌کنند و کشورهای در حال توسعه نیز به ازای کاهش انتشار، گواهی یا CER را به‌صورت مبلغی پول دریافت می‌نمایند.

ازآن‌جا که عموماً جلوگیری و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای در حال توسعه با هزینه‌ی پایین‌تری در مقایسه با کشورهای توسعه یافته قابل انجام است،

1- Clean Development Mechanism.
2- Certified Emission Reduction.

www.SID.ir

Archive of SID

بسیاری از کشورهای توسعه یافته علاقه‌مند به اجرای این طرح‌ها در کشورهای در حال توسعه هستند.

در نتیجه‌ی این امر، یک کشور توسعه یافته در یک کشور درحال توسعه سرمایه‌گذاری می‌کند که به انتقال فناوری، ایجاد اشتغال، بهبود شرایط زیست‌محیطی و غیره در کشور در حال توسعه منجر می‌شود. علاوه بر موارد فوق، درآمدی نیز از قبل فروش گواهی کاهش انتشار و نیز کاهش هزینه‌های سوخت و مواد مصرفی عاید کشور در حال توسعه می‌شود.

به این ترتیب، کشور سرمایه‌گذار با میزان سرمایه‌گذاری کم‌تری به تعهد خود عمل کرده و کشور سرمایه پذیر علاوه بر تحصیل فناوری‌های نو و دوستدار محیط زیست، درآمدی را نیز کسب کرده است.

۳- مبانی نظری تحلیل هزینه - فایده

تحلیل هزینه فایده‌ی اقتصادی، علاوه بر ارزیابی مالی، مسائل دیگری هم‌چون مسائل محیط زیستی و اجتماعی را نیز در نظر می‌گیرد.

از نظر تئوری دو نگرش متداول نسبت به تحلیل هزینه-فایده وجود دارد، یکی دیدگاه بخش خصوصی (بنگاه اقتصادی) و دیگری دیدگاه بخش عمومی (دیدگاه جامعه) می‌باشد. در حالی که دیدگاه بخش خصوصی روی منافع و هزینه‌های مستقیم طرح برای صاحبان آن تکیه می‌کند، دیدگاه بخش عمومی به طور وسیع‌تری منافع و هزینه‌های حاصل از طرح‌ها را هم برای صاحبان آن‌ها و هم برای جامعه مدنظر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، دیدگاه بخش عمومی تحلیل هزینه- فایده اجتماعی است.

' " ! -

معیارهای غیرتنزیلی از ارقام حسابداری برای محاسبات استفاده کرده و بر خلاف معیارهای تنزیلی، ارزش واحد وجوه (ریال) در تمام سال‌های ساخت و بهره‌برداری از طرح را معادل هم فرض می‌کنند. به عبارت دیگر این معیارها برای پول ارزش زمانی قائل نمی‌شوند. ولی به وسیله‌ی معیارهای تنزیلی می‌توان طرح‌هایی که دارای عمر و طول بهره‌دهی متفاوتی هستند را ارزیابی کرد. به عبارت دیگر در این معیارها سودآوری طرح مبتنی بر عملیات طی عمر طرح است و تمامی دریافت‌ها و پرداخت‌های انجام

www.SID.ir

Archive of SID

شده در طی عمر طرح به زمان حال برگردانده می‌شود (ویلیامز، آلن، روبرت ساگدن، ۱۳۷۲).

الف) دوره‌ی بازگشت سرمایه ، ب) ارزش فعلی خالص (NPV) ، ج) نسبت فایده به هزینه، د) نرخ بازده‌ی داخلی (IRR) و نرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده (MIRR)

" /. ( ) !

دوره‌ی بازگشت یک طرح سرمایه‌گذاری، تعداد سال‌هایی را که برای پوشش هزینه‌ی اولیه‌ی سرمایه‌گذاری (از محل منافع خالص سالانه) لازم است را به ما نشان می‌دهد. براساس این ضابطه، طرح یا گزینه‌ای که در کوتاه‌مدت اصل مبلغ سرمایه‌گذاری انجام شده را برگشت دهد برتری می‌یابد. دوره‌ی برگشت سرمایه، نسبتی است از هزینه‌ی اولیه‌ی سرمایه‌گذاری به جریان نقدی سالانه است.

$$PBP \quad I / NCF \qquad (۱)$$

PBP= دوره‌ی برگشت سرمایه، I= هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه، NCF= جریان نقدی سالیانه که در این‌جا برای تمام سال‌ها مساوی است.

اگر جریان نقدی سالیانه مساوی نباشد، باید از رابطه‌ی ذیل استفاده کرد:

$$I \quad \sum_{t}^{n} (NCF)_t \qquad (۲)$$

که در آن 'n نشاندهنده‌ی دوره‌ی بازگشت است.

,NPV+0 1 -2'3 4 ! * 5! 4

مهم‌ترین و پرکاربردترین روش ارزیابی طرح‌های اقتصادی می‌باشد. در این روش، ارزش فعلی تمامی جریان‌های نقدی آینده طرح‌ها که در طول دوره‌های سرمایه‌گذاری با نرخ ارزش زمانی پول تنزیل شده‌اند، مقایسه می‌شود. نحوه‌ی محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص طرح به‌صورت معادله (۳) می‌باشد:

1- Pay Back Period.
2- Net Present Value.
3- Benefit –Cost Ratio.
4- Internal Rate of Return.
5- Modified Internal Rate of Return.

!

www.SID.ir

Archive of SID

$$NPV \quad \sum_{t}^{n} \frac{R_t \quad C_t}{(\quad r)^t} \qquad (۳)$$

R_t : درآمد سال t ام C_t : هزینه‌ی سال t ام r : نرخ تنزیل n : عمر طرح

معیار ارزش فعلی خالص مزایای قابل ملاحظه زیر را دارا می‌باشد:

الف) ارزش زمانی پول را در نظر می‌گیرد ب)جریان نقدی را در کل دوره در نظر می‌گیرد ج)کاملاً با هدف مالی حداکثر سازی ثروت سهامداران تطابق دارد د) ارزش فعلی خالص طرح‌های گوناگون، به ارزش پول امروز می‌تواند جمع شود.

" 6 (01 7 ! !% ! 3 .85 ' #

برای محاسبه‌ی نسبت فایده به هزینه یا شاخص سودآوری، ارزش فعلی جریان فایده‌ها بر ارزش فعلی جریان هزینه‌ها تقسیم می‌شود.

$$B/C \quad BPV/CPV \qquad (۴)$$

BPV: ارزش فعلی جریان فایده‌ها ، CPV: ارزش فعلی جریان هزینه‌ها

اگر نسبت به دست آمده بزرگ‌تر از یک باشد، طرح، از نظر مالی و اقتصادی قابل توجیه است و در غیر این صورت طرح، دارای توجیه مالی و اقتصادی نمی‌باشد.

با توجه به این که شاخص سودآوری و نسبت فایده به هزینه از روی ارزش فعلی خالص تعیین و براساس پارامترهای همان روش محاسبه می‌شود، بنابراین وقتی ارزش فعلی خالص صفر باشد، نسبت فایده به هزینه حتما یک می‌باشد و بالعکس.

MIRR (IRR)

نرخ بهره‌ای که بتواند درآمد و هزینه را متعادل کرده و کارایی نهایی سرمایه را به دست دهد، نرخ بازدهی داخلی IRR نام دارد. نرخ بازدهی داخلی را می‌توان با استفاده از فاصله‌ی بین نرخ بهره‌ای که درآمد را بزرگ‌تر از هزینه و نرخ دیگری که هزینه را بزرگ‌تر از درآمد نشان می‌دهد، تعیین کرد. اهمیت ویژه‌ی این روش در آن است که در شرایط نبودن بازار متشکل مالی و نرخ تنزیل واحد در اقتصاد، نرخ بازدهی داخلی را می‌توان به کار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

اگر فرایند مالی طرحی در طی N سال عمر خـود از جریانـات ورودی Rt و جریانـات خروجی Ct، تشکیل شده باشد، با حـل رابطـه‌ی زیـر مـی‌تـوان نـرخ بـازده‌ی داخلـی را مشخص کرد:

$$NPV \quad \sum_{t}^{N} \frac{R_t \quad C_t}{(\quad IRR)^t} \qquad (۵)$$

اگر ارزش خالص طرحی مثبت باشد، چنین نتیجه می‌شود که نـرخ بـازدهی داخلـی آن طرح از نرخ بازدهی قابل قبولی که برای سرمایه‌گذاری به کـار بـرده شـده، بـیش‌تـر است و بالعکس، اگر ارزش فعلی خالص طرحی منفی باشـد، نـرخ بـازده‌ی داخلـی آن از نرخ مورد قبول کم‌تر است و نیز اگر ارزش خالص طرحی صـفر باشـد، مـی‌تـوان نتیجـه گرفت که تمام سرمایه‌ی به کار رفته در طرح، به انضمام بهره‌های متعلقـه در هـر سـال، برگشت داده شده و نرخ بازده‌ی داخلی طـرح، معـادل نـرخ بـازدهی مـورد قبـول اسـت (داوودیان، ۱۳۷۷).

نرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده به عنوان نرخ تنزیلی که ارزش فعلی جریانات نقـدی خروجی را با ارزش فعلی جریانات نقدی ورودی برابـر مـی‌کنـد، تعریـف مـی‌شـود. نـرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده مزیت عمده‌ای نسبت به نـرخ بـازده‌ی داخلـی معمـولی دارد. نرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده فـرض مـی‌کنـد کـه جریانـات نقـدی بـا نـرخ هزینـه‌ی سرمایه‌ی طرح، سرمایه‌گذاری دوباره می‌شود، درحـالی‌کـه نـرخ بـازده‌ی داخلـی فـرض می‌کند که جریانات نقدی با نـرخ بـازده‌ی داخلـی خـود طـرح، سـرمایه‌گـذاری مجـدد می‌شود. به دلیل این‌که سرمایه‌گذاری مجدد با نـرخ هزینـه‌هـای سـرمایه‌ی شـرکت، در مجموع فرض بهتر و معقول‌تری است، نرخ بازده‌ی داخلی تعدیل شده شاخص مـؤثرتر و صحیح‌تری از قابلیت سودآوری طرح می‌باشد.

نحوه‌ی محاسبه‌ی MIRR به صورت زیر است (استرمولا و دیگران ، ۲۰۰۱):

$$MIRR \quad \sqrt[n]{q} \qquad (۶)$$

که در آن n تعداد سال‌های عمر طرح و q خارج قسمت تقسیم ارزش پایانی جریانات ورودی (که بر اساس نرخ سرمایه‌گذاری مجدد محاسبه شـده) بـر ارزش فعلـی جریانـات خروجی (که با نرخ تنزیل اولیه تنزیل شده) است.

1- Stermole et al.

www.SID.ir

Archive of SID

با وجود دقت نظری که در استفاده از همه‌ی این روش‌ها به‌کار رفته است، این روش‌ها از برخی جهات فاقد کارایی هستند. نخست آن‌که، روش‌های یاد شده جنبه‌ی حسابداری دارند و برای ارزیابی و مقایسه‌ی طرح‌هایی مناسب هستند که دارای مقاصد مالی است. دوم آن که، نرخ تنزیل در سرمایه‌گذاری بخش عمومی نسبت به سرمایه‌گذاری بخش خصوصی متفاوت است و حساب سود و هزینه‌ی اجتماعی را شامل می‌شود که در بازده‌های مالی اصلاً منظور نیست. این مسئله به ویژه در سرمایه‌گذاری‌های بزرگ زیربنایی صادق است و لازم است که در سرمایه‌گذاری برای این گونه تأسیسات، منافع و هزینه‌های اجتماعی به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند.

هر برآوردی می‌تواند توأم با اشتباه و بی‌اطمینانی باشد و به ندرت ممکن است رویدادهای آینده با پیش بینی‌های قبلی تطابق داشته باشد؛ زیرا هر تصمیم‌گیری مبتنی بر یک سلسله فروض در مورد تحولات سیاسی و اجتماعی، توسعه‌ی تکنولوژی، قیمت منابع مورد نیاز و محصول طرح در آینده است. چون در بیش‌تر موارد پیش‌بینی وضع آینده بر اساس اطلاعات ناقص درباره‌ی شرایط اقتصادی انجام می‌شود، تردید و بی‌اطمینانی نسبت به برآوردها، فزونی می‌یابد و حتی کاربرد و استفاده از آخرین فنون پیشرفته‌ی پیش‌بینی اقتصادی نیز نمی‌تواند بی اطمینانی نسبت به بسیاری از عوامل مؤثر بر سودآوری طرح‌های سرمایه‌گذاری را از میان بردارد. اشتباه و بی‌اطمینانی، در سه زمینه می‌تواند بروز کند (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۱):

۱. اشتباه در برآورد و تعیین تقاضای گذشته و کنونی، یا به دیگر سخن، اشتباه در آمارهای موجود.
۲. اشتباه در برآورد و تعیین نیاز یا تقاضای آینده.
۳. اشتباه در برآورد وتعیین نیاز تقاضای آینده، بنا به دلایل اقتصادی یا غیراقتصادی، مانند بحران سیاسی، جنگ، عوامل اجتماعی و غیره که به طور اتفاقی روی می‌دهد و پیش‌بینی آن میسر نیست.

در عمل در تمام تصمیم‌گیری‌های مربوط به طرح‌ها، عامل تردید کم و بیش جلوه‌گر می‌شود. تصمیم‌گیران به هنگام بررسی و سنجش مطلوبیت طرح (خودآگاه یا ناخودآگاه)، عناصر بی اطمینانی موجود در طرح را ارزیابی و آن را به ریسک‌های شناخته شده تبدیل می‌کنند و آن‌گاه با توجه به امکان تحقق این ریسک‌ها، در مورد پذیرش یا رد طرح تصمیم می‌گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل حساسیت یک طرح عبارتست از بازنگری ارزیابی اقتصادی انجام شده با تغییر پارامترهای اولیه‌ی طرح. به این منظور، باید مقدار یک یا چند عامل متغیر طرح، تغییر داده شده و سپس براین مبنا، پارامترهای ارزیابی اقتصادی آن محاسبه شود. میزان تغییر عامل مورد نظر، باید بر اساس تجربه در مورد طرح‌های مشابه قبلی و سایر ملاحظات انجام پذیرد. تحلیل حساسیت، باید درمورد اقلام عمده‌ی طرح و اقلامی انجام پذیرد که نسبت به آن بی‌اطمینانی و تردید قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.

در این قسمت مروری بر تحقیقات قبلی انجام گرفته در ارتباط با موضوع مقاله در داخل و خارج ازکشور ارائه شده است.

! "#$ % & ' ( )* +,

در داخل کشور تحقیقی در مورد ارزیابی اقتصادی پروژه‌های CHP انجام نشده است، ولی در زیر، چند تحقیقی که در زمینه‌ی ارزیابی اقتصادی پروژه‌های انرژی وجود دارد، ارائه شده است.

دهقانی (۱۳۸۵)، در تحقیقی با عنوان مقایسه‌ی اقتصادی تزریق گاز طبیعی به میادین نفتی و صادرات آن ، به ارزیابی دو بحث مربوط به صادرات گاز طبیعی و تزریق گاز به میادین نفتی به منظور افزایش ضریب بازیافت، پرداخت. وی در این تحقیق با استفاده از شاخص نرخ بازده‌ی داخلی به این نتیجه رسید که در قیمت‌های بالاتر از ۵۵ دلار در هر بشکه نفت خام، ارزش اقتصادی پروژه‌ی تزریق نسبت به پروژه‌ی صادرات گاز فزونی می‌یابد. هم‌چنین مقایسه‌ی نرخ بازدهی اقتصادی تزریق ۱۵۰ میلیون متر مکعب گاز طبیعی به میدان نفتی آغاجاری و نرخ بازدهی اقتصادی صادرات همین مقدار گار طبیعی به هند از طریق خط لوله در قیمت‌های مختلف نفت خام، نشان می‌دهد که از قیمت ۳۵ دلار به بالای نفت خام، ارزش اقتصادی پروژه‌ی تزریق، از ارزش اقتصادی پروژه‌ی صادرات بیش‌تر می‌شود.

رهبر و رام (۱۳۸۶)، در تحقیقی به ارزیابی اقتصادی صادرات گاز از طریق خط لوله و LNG، با صادرات فرآورده‌های پتروشیمی پرداختند. آن‌ها در این تحقیق با استفاده از روش NPV و IRR به این نتیجه رسیدند که اختصاص گاز به بخش پتروشیمی می‌تواند

www.SID.ir

Archive of SID

ارزش افزوده‌ی بالاتری ایجاد کند، ضمن این‌که صادرات گاز از دو طریق خط لوله و LNG نیز از توحیه اقتصادی برخوردار است.

پرویزی عمران (۱۳۸۸)، در پایان نامه‌ی خود علاوه بر استفاده از شاخص‌های مالی و اقتصادی برای ارزیابی نیروگاه خورشیدی یزد، سعی کرده است تا آثار زیست محیطی آن را نیز به‌صورت کمی محاسبه کند، تا وضعیت طرح را از منظر اجتماعی مورد بررسی قرار دهد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، طرح احداث نیروگاه سیکل ترکیبی خورشیدی یزد از لحاظ مالی و اقتصادی از دید بخش خصوصی و هم‌چنین از لحاظ شاخص‌های زیست محیطی، شرایط لازم را برای اجرا در سطح ملی دارد.

- ! "#$ % & ' ( )* +,

وربروگن (۱۹۹۲@ در مقاله‌ی خود پس از بررسی اصول ترمودینامیکی این تکنولوژی پیچیده (CHP)، خصوصیات بارز آن را بیان می‌کند. وی پس از آن به بیان عوامل تعیین‌کننده‌ای می‌پردازد که امکان‌سنجی چنین طرح‌هایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بدین منظور بر عملکرد بازارهای انرژی مرتبط با CHP تأکید خاصی می‌کند. از نظر وی این عوامل اقتصادی در آینده‌ی صنعت مزبور، بسیار تعیین کننده‌تر از خصوصیات ترمودینامیکی و فیزیکی مرتبط با این تکنولوژی هستند.

تاکی و همکاران (۱۹۹۳) ، یک طرح تولید هم‌زمان و گرمایش منطقه‌ای را برای شهر لی سستر انگلستان از سه جنبه بررسی کردند. آن‌ها تحلیل سه جانبه‌ای از دید انرژی، محیط زیست و اقتصاد ارائه و گزینه‌های مختلفی را برای سرمایه‌گذاری از جنبه‌ی تعداد نیروگاه‌ها و ظرفیت‌های تولیدی آن‌ها بررسی کردند. ارزیابی‌های مختلفی با توجه به سناریوهای اقتصادی و شرایط تقاضای متفاوت انجام و در نهایت این نتیجه حاصل شد که با در نظر گرفتن هزینه‌های زیست‌محیطی، استفاده از نیروگاه مرکزی جذاب‌ترین انتخاب از لحاظ مالی خواهد بود.

در این بخش ارزیابی مالی، اقتصادی و تحلیل حساسیت طرح بررسی می‌گردد.

1- Verbruggen.
2- Taki et. al.
3- Leicester

www.SID.ir

Archive of SID

* , /0 .

ارزیابی مالی طرح با نرخ تنزیل ۱۱درصد (نرخ مورد استفاده برای طرح‌های عمرانی دولت که نرخ حقیقی می‌باشد) محاسبه شده است. در این تحلیل درآمدهای مربوط به منافع زیست‌محیطی در نظر گرفته نشده است. دو سناریو و مفروضاتی که در این‌جا بررسی شده و در جدول (۱) آمده، عبارت از موارد زیر است:

CER	CER	
		* CER

CER

: فرض شده است که طرح، در قالب CDM، تعریف و CER آن به فروش برسد (تحلیل حساسیت مربوط به قیمت‌های مختلف CER در بخش تحلیل حساسیت این بخش ارائه خواهد شد). البته براساس ضرایب تخمینی در مورد هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلاینده‌های هوا، این سناریو خود به دو سناریوی دیگر تقسیم می‌شود.

: فرض شده طرح در قالب CDM تعریف نشود و از این حیث درآمدی نداشته باشد. البته این سناریو هم مانند سناریوی اول براساس ضرایب مربوط به هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلاینده‌های هوا به دو سناریو تقسم می‌شود

جدول (۲)، نتایج مربوط به ارزیابی مالی طرح را نشان می‌دهد. با توجه به معیارهای ارائه شده در این جدول، این طرح از لحاظ مالی دارای توجیه پذیری بسیار بالایی بوده و برای سرمایه‌گذار جذاب می‌باشد:

CER	CER	
		( ) NPV
		NPV RATIO
	!	IRR
		MIRR

!

www.SID.ir

Archive of SID

در حالت اول که طرح در قالب CDM تعریف شده و CER آن به فروش می‌رسد، ارزش حال خالص معادل ۱۳۱۹/۹۶ میلیارد ریال، نشان می‌دهد که این طرح در طی ۱۸ سال بهره‌برداری، سود خالصی معادل این مقدار خواهد داشت، که سود آوری بسیار بالایی برای یک طرح سرمایه‌گذاری به شمار می‌رود. این نشان می‌دهد که در این سناریو که منافع زیست محیطی طرح نیز نادیده گرفته شده، باز هم طرح از لحاظ مالی توجیه پذیر است. این مطلب با میزان نسبت NPV نیز تأیید می‌شود؛ به‌طوری‌که عدد ۰/۸۴ نشان می‌دهد که هر ریال سرمایه‌گذاری در این طرح، به میزان ۰/۸۴ ریال سود می‌دهد. نرخ بازده‌ی داخلی طرح در این حالت ۲۵٪ بوده و نشان می‌دهد که اگر دولت نتواند از هر ریال سرمایه‌گذاری خود بیش‌تر از ۲۵ درصد در سال سود کسب کند، این طرح بهترین انتخاب برای وی خواهد بود. به عبارت دیگر چون IRR بیش‌تر از نرخ تنزیل لحاظ شده، طرح دارای توجیه است. اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ ۱۶ درصد به‌طور کامل سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح ۱۸درصد سود به‌دست آورد، که مقدار MIRR نشان دهنده‌ی آن است.

در حالت دوم نیز ارزش حال خالص، معادل۷۱۴/۸۲ میلیارد ریال بوده، که باز هم نشان دهنده‌ی سود آوری خالص بالای طرح حتی در صورت لحاظ نکردن درآمد حاصل از فروش CER در درآمدهای طرح، می‌باشد. لحاظ کردن این درآمد سبب می‌شود که سود خالص تنزیل شده (NPV) به میزان ۸۵ درصد افزایش یابد، که بیان‌گر اهمیت زیاد CDM در این طرح می‌باشد. IRR طرح ۱۹ درصد است که بیش از نرخ هزینه‌ی فرصت سرمایه بوده و توجیه پذیری طرح را نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاری دوباره‌ی درآمدهای سالانه‌ی طرح با نرخ ۱۶درصد، سود واقعی با نرخ ۱۶/۴درصد نصیب طرح می‌کند.

1 2 3#4 /0 .

براساس ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۸۶ ایران، دو دسته ضریب برای تخمین هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلاینده‌های هوا ارائه شده است. یک دسته مربوط به تخمین ضرایبی است که توسط بانک جهانی (WB) و سازمان محیط زیست کشور معرفی شده و دیگری ضرایبی است که توسط آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) ارائه شده است. بر این

1- NPV Ratio .

www.SID.ir

Archive of SID

اساس، هر یک از دو سناریوی قبلی با استفاده از این دو دسته ضرایب، به دو سناریوی فرعی تقسیم شده‌اند. جدول (۳)، نتایج مربوط به ارزیابی اقتصادی طرح را نشان می‌دهد.

!

CER EPA	CER WB	CER WB	CER EPA	
! ! %	$ $	# "	!"	( ) NPV
"##	" !	" #	"	NPV RATIO
" %	" "	" %	"	IRR
" #	"	" $	" "	MIRR

!

!" در این سناریو فرض شده است که طرح به عنوان یک طرح در چارچوب CDM تعریف شده و فروش CER درآمدی برای آن محسوب می‌شود. در این‌جا قیمت هر CER یا هر تن CO2 برابر ۱۵/۶ دلار و نرخ ارز ۱۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. از طرفی برای ارزیابی منافع اجتماعی کاهش آلاینده‌های هوا از ضرایب ارائه شده توسط EPA استفاده شده است.

منافع حال خالص طرح برابر۲۱۵۰/۷۴ میلیارد ریال بوده، که نشان می‌دهد این طرح به این میزان منفعت خالص تنزیل شده خواهد داشت و از لحاظ اقتصادی دارای توجیه می‌باشد. طبق این سناریو هر ریال سرمایه‌گذاری در این طرح به میزان ۱/۰۳ ریال سود خواهد داشت. نرخ بازده‌ی داخلی ۳۱ درصد نیز نشان دهنده‌ی پتانسیل سود دهی بالای طرح می‌باشد و بیش‌تر بودن آن از نرخ هزینه‌ی فرصت، همانند NPV، توجیه‌پذیری طرح را نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاری دوباره‌ی درآمدهای حاصل از این طرح در هر سال با نرخ ۱۶درصد، می‌تواند این طرح را از ۲۰ درصد سود برخوردار کند.

شایان ذکر است که سناریوی اصلی، تحلیل هزینه - فایده‌ی اقتصادی و کامل‌ترین سناریو همین سناریوی (۱) می‌باشد که به عنوان جواب اصلی تحلیل هزینه - فایده

www.SID.ir

Archive of SID

طرح تولید هم‌زمان برق و حرارت و گرمایش منطقه‌ای حرم مطهر رضوی (ع) و محدوده‌ی اطراف آن می‌باشد.

#!" در این سناریو درآمد حاصل از فروش CER در نظر گرفته شده و برای محاسبه‌ی منافع زیست‌محیطی طرح نیز از ضرایب بانک جهانی استفاده شده است.

منافع حال خالص طرح برابر۱۴۳۹/۰۲ میلیارد ریال بوده، که نشان می‌دهد در طی عمر مفروض این طرح، به این میزان منفعت خالص تنزیل شده عاید آن می‌شود. در این سناریو، هر ریال سرمایه‌گذاری در این طرح، به میزان ۰/۹۲ ریال سود می‌دهد. نرخ بازده‌ی داخلی ۰/۲۶ درصد که بیش از نرخ هزینه‌ی فرصت می‌باشد، نشان می‌دهد که طرح دارای توجیه اقتصادی است. MIRR برابر ۱۸درصد نیز نشان دهنده‌ی آن است که اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ ۱۶درصد سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح ۱۸درصد سود کسب کند.

$!" در این سناریو فرض شده است که طرح به عنوان یک طرح در چارچوب CDM تعریف نشده است. از سویی برای ارزیابی منافع اجتماعی کاهش آلاینده‌های هوا از ضرایب ارائه شده توسط بانک جهانی و سازمان محیط زیست کشور استفاده شده است .

NPV طرح برابر۸۳۳/۸۸ میلیارد ریال بوده که نشان می‌دهد در طی عمر مفروض این طرح، به این میزان منفعت خالص تنزیل شده عاید آن می‌شود. هم‌چنین در این سناریو هر ریال سرمایه‌گذاری در طرح به میزان ۰/۵۳ ریال سود می‌دهد. نرخ بازده‌ی داخلی ۲۰ درصد نشان می‌دهد که طرح از لحاظ اقتصادی در این سناریو هم توجیه‌پذیر است. اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ ۱۶درصد تماماً سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح ۱۷درصد سود کسب کند .

!" در این سناریو نیز فرض شده است که طرح به عنوان یک طرح در چارچوب CDM تعریف نشده باشد و برای ارزیابی منافع اجتماعی کاهش آلاینده‌های هوا از ضرایب ارائه شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست استفاده شده است .

منافع حال خالص طرح برابر۱۵۴۵/۶۰ میلیارد ریال بوده که نشان می‌دهد این طرح به این میزان منفعت خالص تنزیل شده خواهد داشت. طبق این سناریو هر ریال سرمایه‌گذاری در این طرح به میزان ۰/۹۹ریال سود خواهد داشت. نرخ بازده‌ی داخلی

www.SID.ir

Archive of SID

۲۶درصد نیز همانند NPV نشان می‌دهد که طرح از لحاظ اقتصادی در این سناریو توجیه‌پذیر است. MIRR برابر ۱۹ درصد نشان دهنده‌ی آن است که اگر دولت درآمد حاصل از این طرح در هر سال را با نرخ ۱۶درصد سرمایه‌گذاری مجدد کند، می‌تواند از این طرح ۱۹ درصد سود کسب کند.

.

برای تحلیل حساسیت، بهتر است در ابتدا مهم‌ترین و تأثیرگذارترین اقلام هزینه و درآمد تعیین و سپس با توجه به آن‌ها تحلیل حساسیت انجام شود. قابل ذکر است که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر اقلام هزینه و فایده در طول عمر طرح را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

C1 ; B A8 تغییر نرخ تنزیل می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار مهم در تحلیل حساسیت مورد توجه قرار گیرد.

C; D 8 E F.2$ A/ در این مقاله، فرض شده است که گاز طبیعی صرفه جویی شده در اثر اجرای این طرح به قیمت گاز صادراتی به ترکیه می‌تواند به فروش برسد. قیمت گاز طبیعی صادراتی تابعی از قیمت جهانی نفت می‌باشد و روشن است که نوسانات همیشگی و وقوع رکود و رونق‌های غیرقابل پیش‌بینی، همواره بازار نفت را به یکی از ناپایدارترین بازارهای کالا در دنیا تبدیل کرده است. به عنوان مثال در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ قیمت گاز صادراتی به ترکیه تا ۴۵ سنت هم افزایش یافت، حال آن‌که در حال حاضر قیمت آن حدود ۲۸ سنت می‌باشد. از طرفی میزان گاز صرفه‌جویی شده در این طرح بسیار قابل ملاحظه است. بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که یکی از عوامل تأثیرگذار و البته بسیار متغیر، قیمت گاز صادراتی و می‌بایست افزایش یا کاهش آن با دقت بیش‌تری مورد ملاحظه قرار گیرد.

C:H=I HJ 8 HE -9 G .; F.2$ A طبق اعلام شرکت پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی، قیمت تمام شده، یک متر مکعب گاز طبیعی که شامل هزینه‌های پالایش، انتقال و توزیع آن می‌باشد، در سال ۱۳۸۷ برابر ۷۷۳ ریال بوده است. از سویی مقدار قابل ملاحظه‌ی گاز مصرفی مازاد بر تولید برق نیروگاه بعد از اجرای طرح، قلم هزینه آن را قابل توجه می‌کند. هر چند کشور ما دارای بزرگ‌ترین ذخایر گاز طبیعی در جهان بعد از روسیه می‌باشد و می‌توان انتظار داشت که هزینه‌ی تمام شده‌ی گاز طبیعی

www.SID.ir

Archive of SID

چندان متغیر نباشد، با این وجود بالا بودن هزینه‌ی گاز مازاد مصرفی می‌تواند توجیه خوبی برای تحلیل حساسیت طرح از این جنبه باشد.

C+ : J K :L; 8 E F.2$A تعرفه‌های شرکت گاز ایران برای مصرف خانگی، بستگی به منطقه‌ی مصرف دارد. بدین معنی که شرکت گاز، کشور را از لحاظ میزان مصرف به پنج منطقه تقسیم کرده است: منطقه‌ی سرد ۱، سرد ۲، سرد ۳، معتدل و گرم. تعرفه‌های هر یک از این مناطق با توجه به تفاوت میزان مصرف سرانه، متفاوت است با این وجود با توجه به این‌که مشهد در منطقه‌ی معتدل قرار دارد، میانگین قیمت گاز شهری برابر ۱۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. ولی ازآن‌جا که دولت در حال حاضر سیاست واقعی سازی قیمت حامل‌های انرژی را در دستور کار دارد و اهمیت فراوانی برای آن قائل است، افزایش آن در طی سال‌های اجرای طرح، دور از ذهن نیست. در این مقاله نیز فرض شده است که قیمت انرژی تحویلی به خانوارها در قالب گرمایش منطقه‌ای، معادل قیمت گاز طبیعی باشد که در حال حاضر پرداخت می‌کنند. لذا بسیار محتمل است که در سال‌های اجرای طرح، قیمت این انرژی تحویلی به خانوارها نیز افزایش یابد. از این رو بررسی قیمت‌های مختلف برای این انرژی تحویلی به خانوارها (که در این تحقیق معادل قیمت گاز شهری فرض شده است) اهمیت می‌یابد.

C=# M+ I + + :E F.2$A یکی از جنبه‌های نوآوری این مقاله، در نظر گرفتن مکانیزم توسعه‌ی پاک و امکان تعریف این طرح به عنوان یکی از طرح‌های CDM سازمان ملل می‌باشد. پتانسیل بسیار بالای کاهش گازهای گلخانه ای در این طرح، دلیل موجهی بر این امر می‌باشد. با این وجود، درآمد حاصل از این مکانیزم بسیار متأثر از قیمت گواهی‌های کاهش انتشار می‌باشد.

, 5 6 .

این بخش به بررسی تغییر هر یک از پارامترهای فوق به تنهایی پرداخته و تأثیر آن را بر معیارهای NPV و IRR بررسی می‌کند.

/7 8

نرخ تنزیل مورد استفاده در این طرح همان نرخ مورد استفاده برای طرح‌های عمرانی دولت و برابر ۱۱درصد می‌باشد. جدول (۴) و نمودار (۱) میزان تغییر در NPV را به ازای تغییر در نرخ تنزیل نشان می‌دهد .

www.SID.ir

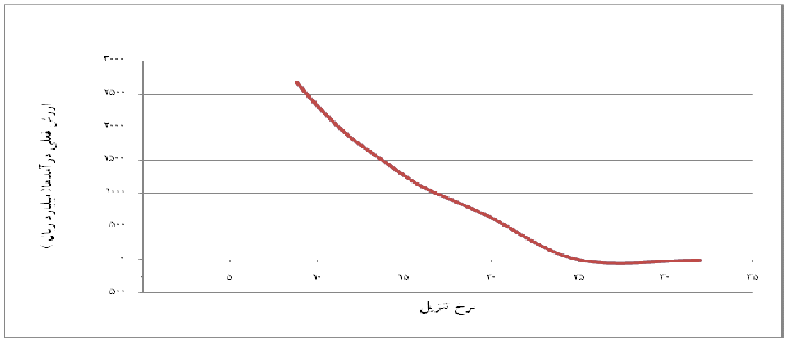
Archive of SID

> 9 =" < "8)+ 92&:ϕ 7 #$ 8

$%& ' ( ) *+, -. #+/0& "

NPV	NPV		

!



-/0 123 &) ., - +# $ %& ' ( ) *) " !

$%& ' (**NPV** *+, -. 1

دامنه‌ی تغییرات نرخ تنزیل برای تحلیل حساسیت از منفی ۲۰ درصد تا مثبت ۱۹۰ درصد است؛ یعنی عدد ۶۰ + درصد تغییرات نرخ تنزیل به منزله‌ی ۶۰ درصد افزایش در نرخ تنزیل و ۱۰- به منزله‌ی ۱۰ درصد کاهش در نرخ تنزیل می‌باشد.

در این صورت دامنه‌ی تغییرات NPV از مثبت ۳۰درصد تا منفی ۱۰۰. ۳۵ درصد می‌باشد، که نشان می‌دهد ارزش فعلی خالص نسبت به تغییرات نرخ تنزیل تقریباً بسیار حساس می‌باشد. به عنوان مثال ۲۰ درصد کاهش نرخ تنزیل سبب ۳۰ درصد افزایش در NPV می‌شود که مقدار قابل ملاحظه‌ای است.

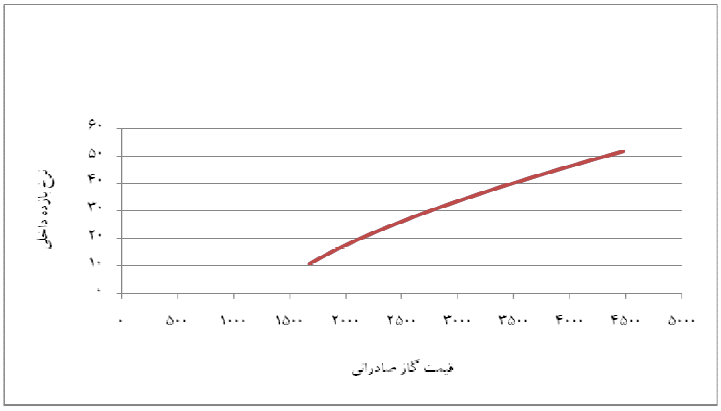
www.SID.ir

Archive of SID

3 45 12 (/0 - . ( )#*+ , (#$ %& ''' " ! >0

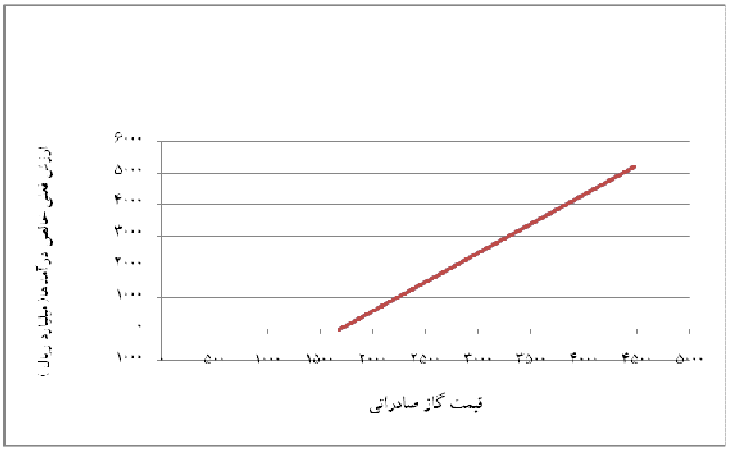
% & '( )

جدول (۵) و نمودارهای (۲) و (۳) حساسیت و میزان تغییر NPV و IRR را نسبت به تغییرات قیمت گاز صادراتی نشان می‌دهد.



5 6 &) (4 123 ( ) *) " !

& 2 3 *1+! (**IRR** *+, -. 1

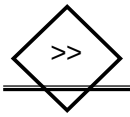


5 6 &) ., - + # $ %& ' ( ) *) " !

& 2 3 *1+! (**NPV** *+, -. 1

www.SID.ir

Archive of SID



9 =" < "8)+ 92&:ϕ 7 #$ 8

& 2 3 *1+! ( ) *+, -. #+/0& 4

/8 : '		/56 7 8 9		& 2 3 *1+!	
IRR	IRR	NPV	NPV		

!

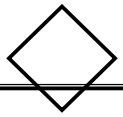
طبق جدول (۵) حساسیت NPV و IRR طرح نسبت به قیمت گاز صادراتی به اندازه‌ای است که اگر در اثر یک بحران قیمت گاز صادراتی ۴۰ درصد کاهش پیدا کند، طرح دیگر توجیه اقتصادی ندارد. نکته‌ی قابل توجه دیگری که از جدول مشخص می‌شود، این است که اثر منفی کاهش قیمت گاز صادراتی بر IRR بیش‌تر از اثر مثبت افزایش قیمت آن است؛ به عنوان مثال ۳۰ درصد افزایش در قیمت گاز صادراتی ۳۷ درصد نرخ بازدهی را افزایش می‌دهد، در حالی که ۳۰ درصد کاهش قیمت گاز صادراتی، باعث کاهش ۴۶ درصدی نرخ بازدهی می‌شود. بنابراین باید در این مورد دقت بیش‌تری داشت.

- ./ & *+, ('( )

جدول (۶) و نمودارهای (۴) و (۵)، حساسیت و میزان تغییر NPV و IRR را نسبت به تغییرات قیمت تمام شده‌ی گاز نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



!"# # $ %

!					
$% IRR	" # $% IRR	' NPV $( )	" # $% NPV		$% " #

!"

/ '0 / IRR +NPV , - . # ' ( ) #*+ %& $

2,1

. # & # ' ! "# $!% #

!"# # $ % **IRR** ' "# &

www.SID.ir

Archive of SID

' 0"# 0- . %, ( ) !%*" + #

12 &

!"# # $ % NPV ("# &

/ IRR +NPV '9 + , - 6 7 + 3+ 4

, , 47 2 # ' (7 ; < = 7 :

. # & # ' !"# $!% #

) " & ! * + $ % IRR "# &

www.SID.ir

Archive of SID

3 !%. ' !"# 0- . %, ( ) !%*" + #

(#

)"&! *+ $% **NPV** , "# &

2 ? 9@ . , '0 &*+ 6> 6 - 6 , 0
'0 # D + 7 /* . $ BC 7 ; #A 7 ? 9@
IRR 6 $ B+NPV 6 $ HI6? 9 @E/ , &% # + @ A $ @
27=#

-&" +)"&! *+ $% ,

#$ IRR	IRR !" #$	&0 NPV #'	!" #$ NPV		!" #$

www.SID.ir

Archive of SID

7 ; #A 7 / K L 6 MN 47 . # ' (J
. # , -

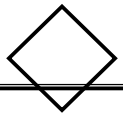
/ IRR +NPV ' 9 + , - 6 7 + 3+ 4
CER . 47 2 # ' (CER :
+ 2 , &T 4 6 D,7 6 SR + 6 + @ 47 6 P
2, < = #, IRR +NPV V U + '0 : 4

. # CER ! "# $!% #
CER **IRR** . '# &

CER ! "# 0 /- . % , ( ) !%*" +
CER **NPV** / "# &

www.SID.ir

Archive of SID



= >< ? < < 3 *1+! ( ) *+, -. #+/0& ;

$% IRR	! "# $% IRR	' NPV $( )	! "# $% NPV		! "# $%

!" #$

01 2, - 43 NPV % &'012 ,- / .# CER * + ,- () % &'

8 7" IRR % &'

F E 3 D ." @ 2 ABC" ; < 3 , 9 :

G &# J7 - F * + I ,# 1$ 0 H"G" $

F * + 3 C: %O @7OOF * + GM 7N 1F K,8 L * * +

O M 7P Q

L T U ?,#: O :" G" $ L * @ 0PR" :' F S

G PQ@ 7U3,8 7" K, V 3 GWC" X 3 2 G PQ

D." G" $,#[7" ?,#8 Y & Z M . :" N+ 3 ,

G &# J7 - F * + O :" S#" , ' F S DO !" #$

F EG" $ D." @ C@ GM 7N 1 K,8 L * * + 3

www.SID.ir

Archive of SID

" @ 2 @] G + D1U F7" S DO , \:+
,#8 7P" $,#[G PQ 7 *8 " 7 O!" #$ ^_' ,# 7"
lD #@` N G] - K 2 #2 ,#[
?7 - F * + D #@d ' #2 I # c M ba #2
U3 7 N 1 FK,8 L * * + 3- (e G &# J?% &',- <e
, %O @ ,-(e
?7 - F * + D #@" d ' # 2 I # c M(#2
U3 7 N 1 F K, 8 L * * + 3- ae G &# J?% &',- (e
,# %O @ ae
, - (e ?7 - F * + D #@d ' #2 I # ,b6 #2
, - ae U3 7 N 1 FK, 8 L * * + 3- ae G &# J?%O @
, % &'
<e?7 - F * + D #@d ' #2 I # , b< #2
U3 7 N 1 F K, 8 L * * + 3 - (e G &# J?%O @
, % &' ,- (e

3 : D E 1& *1+! # $%& C& 2 3 *1+! / A %B *+, -. #+/0& @
=? #8

1) ' ,	/ 0 1 2 3 ! 45' " - .' -			' ,) *+
$% IRR	NPV $( ) ' &	"7 8 ! .	.)6*! $%	! #	
					2 * ; :9
					2 * =7 :<
					2 * ':>
					2 * " ; :?

7 : 3 # c M ? # c M O #2 I @ ,O" C 4; 3,
C @2 8 7" G &# J % IRR 3 1!" #[DO NPV ? # ,
2 ^_' 2 M 7 f g N+ 3 ,O"

www.SID.ir

Archive of SID

M \:+ 3 K,8 7X#"? NPV ?2 K,8 ` N @ # ,
,O 7" 2

J 3 7 PM K J ?AU M 7PN' c c3 O K X:2 h U _"
% " F ?0K F3 3 i " DQ U K,8 G ,N 7PMK
jk2 3 K @ \:+ 3 7U " 7 ,":C8 7:* + _R#"
3 7U " 7 9 :2 K + 7 2 " 2 G PQ K:2
7U " 3 \:+ S " @ ,O 7" C \:+
H "G" $ F E @ ,O' C 2 G PQ 9 : K3l$8 7"
2 7 - F * + =RR 3NPV; \:+ 7 O :"
8 7" N X 7 . m 2 3 K 3 G" @ g 1 _ :"
@ , 7: :" @ 2 @] G + & :W
. gl" @ ?- <e 3, 7CO @ ^ 8 2 ; 1 n2
, 2 7 " S 7 _R#" * + % &' *: 7U2 G*:Q" o+ 3
3 2 \:+ q Q U # o+ 3 g 1 _ K p Y #
8 7" - r _Q O :' r1

?& , 8 M 71 @ GW 2 K F3 \:+ 7=a6>; N " ? *$ & 3
7 1 1 "l$ K pC ?8 72 #8 @ "

a6>t 2 s "

U3? 3 i " DQ U OD: 2 @=a6>6, * ? [[
. ?7P" o #" ul F % Oc3 % *O

. ?7:N#- ," " 2 ?7:N#- O 7 =a6// ; , T" ? 33

- 3 7:X " 7N 1 F r & \:+ _" ?a6>); Z ?7 _O
a>b6 A- ?7 K *8 ?L3 2 ? s \:+ 72D ?

www.SID.ir

Archive of SID

r F - \:+ 7 _" =a6>t; K \#" ?L 3 O ' ? 1O
\:+ NU R" " G \' ?7* 83 : OK 3 ' - ?LNG 3 U U ^M
a)) ba6t A- a< K *81L .[2 ?s

O 7 3 S :' 3 7#' " 3 N"? C@ &" 3 ," " 2
& @?a((C 1L3 3 3 , P? c &F . *#O =a6>a;
3 w [? C: 3 7*P$ v ,"

s OG" * + =a6>/; 7:X OK 3 ' % f 3 %B @ 8

S 7 1" 7+ $ 7P PM \#" , 2* =a6/(; ,F 2 3 ?U &" P 3
. K pC C:7*P$ K, ' # &O G PQ

Stermole, F. J. , John M. Stermole,(2001), "Economic Evaluation and Investment Decision Methods", 10th. Edition, Investment Evaluations Corp.

Taki, Y. , Ramiz F. Babus'Haq, Douglas Probert,(1993), "A Cogeneration-District-Heating Scheme for Leicester City, UK", Energy, Volume 18, Issue 6, Pages 687-698.

United Nations,(1998), "Kyoto Protocol to The United Nations Framework Convention on Climate Change".

Verbruggen, A. ,(1982), "District heating for the City of Ghent: Results of a project appraisal study", Energy Economics, Volume 4, Issue 2, Pages 111-120.

Verbruggen, Aviel,(1992), "Combined Heat and Power: A Real Alternative when Carefully Implemented", Energy Policy, Volume 20, Issue 9, Pages 884-892.

www.SID.ir

Archive of SID

Economic Evaluation of Simultaneous Production of Electricity and Heat in MASHAD City

Ali Emami Meibodi
Faculty Member, Faculty of Economics, University of Allameh Tabatabaei, emami@atu.ac.ir
Roholla Mahdavi
MA Student, Faculty of Economics, University of Allameh Tabatabaei, r_mahdavi_ir@yahoo.com
Musa Khoshkalam Khosroshahi
MA Student, Faculty of Economics, University of Allameh Tabatabaei, mosa_khosrowshahy@yahoo.com
Received: 2010/01/05 Accepted: 2010/06/15

Abstract

The method of production and use of energy is one of the contributing factors to environmental pollution on national, regional and international scales. The US, the UK and Scandinavian countries have been using simultaneous production of electricity and heat and applying the district heating (DH) system as one means of optimizing energy use. This paper applies the net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and adjusted internal rate of return (MIRR) methods to asses the financial and economic viability of electricity and heat simultaneous production and applying the District Heating (DH) system in a region of MASHAD city. The study then moves on to evaluate the sensitivity of its results. The results show that this project is economically and financially feasible. In addition, the results of the sensitivity analysis show that the export price of natural gas is the most important factor influencing the economic parameters of the viability of the project.

JEL Classification: O13 , P28 , H43.

Keywords: Net Present Value, Internal Rate of Return, Adjusted Internal Rate of Return, Simultaneous Production of Electricity and Heat, District Heating System.

www.SID.ir